

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



“Modelo basado en Esquemas y Relaciones entre Tareas, Perfil de Usuario y Patrones de Usabilidad para diseñar Interfaces Gráficas de Usuario Adaptativas”

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Presenta:

Tania Elena Almanza Sevilla

Universidad Autónoma de Baja California
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FOLIO No. 085

Tijuana, B. C., a 16 de noviembre de 2012

C. TANIA ELENA ALMANZA SEVILLA
Pasante de: Maestro en Ciencias
Presente

El tema de trabajo y/o tesis para su examen profesional, en la
Opción TESIS

Es propuesto, por el C. Dr. J. Reyes Juárez Ramírez

Quien será el responsable de la calidad de trabajo que usted presente, referido al
tema: Modelo basado en esquemas y relaciones entre tareas, perfil de usuario y
patrones de usabilidad para diseñar interfaces graficas de usuario adaptativas.

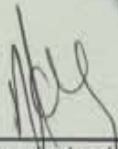
el cual deberá usted desarrollar, de acuerdo con el siguiente orden:

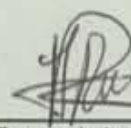
- I.- INTRODUCCIÓN
- II.- FUNDAMENTOS TEORICOS Y ESTADO DEL ARTE DE LA INTERACCION HUMANO COMPUTADORA
- III.- MODELO PROPUESTO PARA DISEÑO DE INTERFACES GRAFICAS DE USUARIO ADAPTATIVAS
- IV.- EXPERIMENTOS REALIZADOS
- V.- ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS
- VI.- USO Y APLICACIONES DEL MODELO PROPUESTO
- VII.- CONCLUSIONES
- VIII.- REFERENCIAS
- IX.- APENDICE

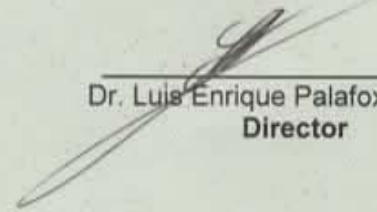
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS
QUÍMICAS E INGENIERÍA


Q. Noemí Hernández Hernández
Sub-Director Secretario


Dr. J. Reyes Juárez Ramírez
Director de Tesis


Dr. Luis Enrique Palafox Maestre
Director

*"It is far better to adapt the technology to the user than to force the user
to adapt to the technology."*

- Larry Marine

*"The logical approach is the wrong way to go about understanding the
needs of customers. You have to talk to them, watch them; this is the only
way to understand their interests, their motives, their needs".*

-Donald Norman

RESUMEN

Modelo basado en Esquemas y Relaciones entre Tareas, Perfil de Usuario y Patrones de Usabilidad para diseñar Interfaces Gráficas de Usuario Adaptativas

En esta tesis se propone un modelo para aumentar el grado de usabilidad de un sistema creando una interfaz adaptativa basada en el perfil del usuario.

En el modelo se consideran tres entidades principales: usuario, tareas y patrones de usabilidad. Una tarea es una actividad que se puede realizar por un usuario en un sistema para lograr un objetivo en específico. La tarea es dependiente del dominio del problema y para poder completarla el usuario necesita realizar diferentes procesos cognitivos, sensoriales y motrices. Los patrones de usabilidad se utilizan como parte de la solución para facilitar la realización de la tarea, tomando en cuenta el valor de los atributos del perfil de usuario.

El modelo se compone de 23 postulados y 21 esquemas. Cada esquema está compuesto por un número finito de elementos por medio de los cuales se describen las tres entidades. Los elementos del usuario se describen mediante 8 esquemas. Los patrones de usabilidad se describen mediante 5 esquemas. Las tareas se representan por medio de 5 esquemas. Para establecer relaciones entre las entidades se tienen 3 esquemas.

El comportamiento adaptativo se define a través de un sistema de reglas de adaptación que siguen la estructura IF-THEN. Las condiciones y las salidas de las reglas se integran con los elementos de los esquemas. En las salidas se establece un valor de recomendación para las diferentes formas de ejecución de la tarea de acuerdo a las condiciones del perfil de usuarios y los aspectos de las tareas.

Para utilizar los esquemas y diseñar las interfaces adaptativas se sigue una metodología de tres etapas: especificaciones, diseño e implementación.

Se realizó un caso de estudio diseñado bajo dos escenarios: (1) modelo propuesto y (2) metodología tradicional. El sistema diseñado es una agenda. La experimentación se llevó a cabo con la participación de 44 usuarios, 28 de ellos interactuaron con el escenario del modelo propuesto y 16 con la metodología tradicional. Los datos obtenidos durante la evaluación se utilizaron para cuantificar cuatro de los atributos de usabilidad: facilidad de aprendizaje, eficiencia, fiabilidad y satisfacción. Los resultados arrojados confirmaron que la usabilidad era mayor cuando los usuarios interactuaban con el escenario que se definió para su perfil, principalmente en el caso de los usuarios novatos.

La versión actual del modelo requiere que se ingresen previamente los valores de los atributos del perfil de usuario y se diseñen las reglas de adaptación. Se pretende en un futuro que el sistema pueda ir conociendo a los usuarios en tiempo real, aprender e inferir una interfaz específica para sus necesidades.

Palabras clave: *Interfaz de usuario, adaptativa, perfil de usuario, reglas de adaptación, esquemas, usabilidad*

ABSTRACT

Modeling based on Schemes and Relations between Tasks, User Profile and Usability Patterns to design Adaptive Graphical User Interfaces

In this thesis, a proposal is made which increases the usability level of a system, creating an adaptive interface based on the user profile.

This model considers three main entities: user, tasks and usability patterns. A task is an activity which a user can do in a system to achieve a specific objective. The task is dependent on the problem domain and to be able to complete it, the user need to achieve different cognitive, sensory and motor processes. The usability patterns are used as part of the solution to facilitate the realization of the task, taking into account the value of the attributes of the user profile.

The model is composed by 23 postulates and 21 schemes. Each scheme is composed by a finite number of elements by which they describe the three entities. The user elements are described by 8 schemes. The usability patterns are described by 5 schemes. The tasks are represented by 5 schemes. To establish relations between the entities we have 3 schemes.

The adaptive behavior is defined through an adaptation rule based system which follows the IF-THEN structure. The conditions and outputs of the rules are integrated into the elements of the schemes. In the outputs a recommendation value is established for the different manners of execution of the task according to the conditions set by the user profiles and aspects of the tasks.

To use the schemes and design adaptive user interfaces a three stage methodology is followed: specifications, design, and implementation.

A case study was done under two scenarios: (1) proposed model, and (2) traditional methodology. The designed system is an agenda. Experimentation was done with the participation of 44 users, 28 which interacted with the proposed model scenario, and 16 with a traditional methodology. The data obtained during the evaluation was used to quantify four of the usability attributes: learnability, efficiency, reliability, and satisfaction. The results confirmed that the usability was higher when the users interacted with the scenario which was predefined for their profile, mainly in the case with novice users.

The actual version of the model requires that the user profile attribute values be previously entered and the adaptation rules be designed. It is intended that in the future the system can incrementally recognize the users in real time, learn and infer a specific interface which fits their needs.

Keywords: *user interface, adaptive, user profile, adaptation rules, schemes, usability*

AGRADECIMIENTOS

A lo largo del proceso de realización de este trabajo han sido muchas personas las que han influenciado y ayudado.

Gracias a mis padres por todo el apoyo que siempre me han brindado y por impulsarme a seguir esforzándome. Por sus palabras de aliento en los momentos difíciles y por su ejemplo de superación constante. Son mi mejor ejemplo para buscar un equilibrio entre la vida profesional y personal.

Les agradezco a mis padres y mi hermana el haberme escuchado hablar y hablar de este tema que en ocasiones ni yo me entendía y quería que ellos me dieran un consejo. Gracias por soportar y una disculpa por todos los cambios de humor que tenía cuando el estrés y la presión estaban al tope.

A mis compañeros de posgrado y amigos, especialmente: Rocío, Lorena, Itzel y Mauricio por escuchar cada una de mis dudas y quejas. Por sus comentarios que en ocasiones aclaraban mis dudas y en otras generaban más. Por esos momentos de distracción que ayudaban a relajarnos un poco para quitarnos el estrés.

A mis amigos que sin entender completamente del tema o del ambiente me escuchaban y trataban de dar consejos. Por soportar las largas y recurrentes conversaciones sobre el proceso de este trabajo. Gracias Pasten y Sergio.

A mis alumnos, pues gracias a sus inquietudes y trabajos adquiría nuevos conocimientos sobre el área. Me ayudaron a entender mejor a los usuarios y sus reacciones ante los sistemas.

A mi director de tesis Dr. J. Reyes Juárez por su guía para la investigación y realización de este trabajo. A mis sinodales del comité y maestros durante esta etapa: Dr. Antonio Rodríguez Díaz, Dr. Juan Ramón Castro Rodríguez, Dr. Guillermo Licea Sandoval y Dr. Manuel Castañon Puga.

A la Universidad Autónoma de Baja California por brindarme la oportunidad de alcanzar un escalón más en mi vida profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico que facilitó una mejor dedicación a la investigación

Gracias a todos los usuarios que me ayudaron directa o indirectamente. Por ser conejillos de indias, en muchas ocasiones sin saberlo. Gracias a mi familia y amigos por ser los mejores usuarios y dejarse observar para las experimentaciones. Intentaré ayudarlos más en lugar de sólo observar los motivos por los cuales no entendían cada interfaz y sin tantas preguntas.

Finalmente, por sí se me olvida alguien en específico; gracias a tí si me ayudaste en algún momento, ya se positivamente o no. De cada obstáculo en el camino también se aprende.

¡Muchas gracias!

ÍNDICE

RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE POSTULADOS	XV
ÍNDICE DE ESQUEMAS	XVII
TABLA DE ACRÓNIMOS	XIX
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2. OBJETIVOS	4
1.3. METAS.....	5
1.4. HIPÓTESIS	6
1.5. ORGANIZACIÓN DE TESIS.....	6
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE DE LA INTERACCIÓN HUMANO COMPUTADORA	9
2.1. EVOLUCIÓN DE LAS INTERFACES DE USUARIO	11
2.1.1. INTERFACES ADAPTABLES Y ADAPTATIVAS.....	12
2.2. EL USUARIO	14
2.2.1. MODELOS MENTALES	14
2.2.2. MODELADO DE USUARIOS	15
2.2.3. ESTADOS DE LAS ACTIVIDADES DEL USUARIO	17
2.2.4. MODELOS DEL USUARIO	19
2.3. USABILIDAD	20
2.3.1. USABILIDAD COMO ATRIBUTO DE CALIDAD	21
2.3.2. ATRIBUTOS DE LA USABILIDAD	22
2.4. INGENIERÍA DE LA USABILIDAD	24
2.4.1. CICLO DE VIDA DE LA INGENIERÍA DE LA USABILIDAD	24
2.5. ARQUITECTURA DE SOFTWARE	33
2.5.1. PATRÓN MODELO-VISTA-CONTROLADOR	34

2.6.	PROYECTO STATUS	35
2.6.1.	ATRIBUTOS.....	35
2.6.2.	PROPIEDADES	36
2.6.3.	PATRONES.....	37
2.6.4.	RELACIONES ENTRE ATRIBUTOS, PROPIEDADES Y PATRONES (PROYECTO STATUS)	38
3.	MODELO PROPUESTO PARA DISEÑO DE INTERFACES GRÁFICAS DE USUARIO	
	ADAPTATIVAS	41
3.1.	POSTULADOS, ESQUEMAS Y REGLAS.....	42
3.1.1.	USUARIO	43
3.1.2.	PATRONES DE USABILIDAD	50
3.1.3.	TAREAS.....	53
3.1.4.	RELACIONES ENTRE ATRIBUTOS DE USUARIO CON ELEMENTOS DE USABILIDAD	57
3.2.	REGLAS DE ADAPTACIÓN	59
3.3.	FACTORES ADAPTATIVOS	66
3.4.	CATÁLOGOS	67
3.4.1.	CATÁLOGO DE ATRIBUTOS DE USUARIO.....	68
3.4.2.	CATÁLOGO DE PATRONES DE USABILIDAD	73
3.4.3.	CATÁLOGO DE RELACIONES USUARIO-USABILIDAD	79
3.5.	METODOLOGÍA PARA INTERFACES DE USUARIO ADAPTATIVAS	80
3.5.1.	ETAPA DE ESPECIFICACIONES	81
3.5.2.	ETAPA DE DISEÑO	87
3.5.3.	ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN	94
3.5.4.	COMPORTAMIENTO ADAPTATIVO.....	101
4.	EXPERIMENTOS REALIZADOS	103
4.1.	OBJETIVOS	104
4.2.	ANÁLISIS DEL PERFIL DE USUARIO	105
4.3.	METODOLOGÍA PROPUESTA.....	107
4.3.1.	ESPECIFICACIONES	107
4.3.2.	DISEÑO.....	109
4.3.3.	IMPLEMENTACIÓN.....	117
4.3.4.	PROCESO DE EVALUACIÓN CON LOS USUARIOS DEL ESCENARIO A	119
4.3.4.1.	INTERACCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ.....	119
4.3.4.2.	RESULTADOS DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ	122
4.4.	METODOLOGÍA TRADICIONAL.....	129
4.4.1.	ESPECIFICACIONES	129
4.4.2.	DISEÑO DE LA INTERFAZ	130
4.4.3.	PROCESO DE EVALUACIÓN CON LOS USUARIOS DEL ESCENARIO A	131
4.4.3.1.	INTERACCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ.....	131
4.4.3.2.	RESULTADOS DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ	132
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	141

5.1.	INTERFACES DEL MISMO ESCENARIO	141
5.2.	COMPARACIÓN DE ESCENARIOS PARA EL ESTEREOTIPO NOVATO	147
5.3.	COMPARACIÓN DE ESCENARIOS PARA EL ESTEREOTIPO EXPERTO	149
6.	USOS Y APLICACIONES DEL MODELO PROPUESTO	152
7.	CONCLUSIONES	157
7.1.	TRABAJO A FUTURO	160
7.1.1.	INSTANCIAS DE LOS CATÁLOGOS	161
7.1.2.	CREAR ESTEREOTIPOS PARA NECESIDADES ESPECIALES	161
7.1.3.	SISTEMAS INTELIGENTES	161
7.1.4.	PUBLICACIONES	162
	REFERENCIAS.....	164
	APÉNDICE A: DEFINICIONES Y CONCEPTOS.....	168
A.1	LENGUAJE FORMAL	168
7.1.5.	CONJUNTOS	168
7.1.6.	TUPLAS.....	169
7.1.7.	POSTULADO	169

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: MODELOS MENTALES	15
FIGURA 2.2: ACTIVIDADES DE UN USUARIO SEGÚN NORMAN	18
FIGURA 2.3: EL MODELO HUMANO PROCESADOR- MEMORIAS Y PROCESADORES	19
FIGURA 2.4: CICLO DE VIDA DE LA INGENIERÍA DE USABILIDAD	25
FIGURA 2.5: EJEMPLIFICACIÓN DEL FLUJO DEL PATRÓN MVC	34
FIGURA 2.6: RELACIONES DEL PROYECTO STATUS	39
FIGURA 3.1: COMPORTAMIENTO PARA UNA INTERFAZ DE USUARIO ADAPTATIVA.....	42
FIGURA 3.2: AYUDA SENSIBLE AL CONTEXTO Y SUS RELACIONES DE USABILIDAD	62
FIGURA 3.3: PATRONES DE USABILIDAD DEL MODELO	74
FIGURA 3.4: METODOLOGÍA PARA INTERFACES DE USUARIO ADAPTATIVAS.....	81
FIGURA 3.5: FASES DE ESPECIFICACIONES.....	81
FIGURA 3.6: MODELADO DE USUARIO	82
FIGURA 3.7: ANÁLISIS DE TAREAS.....	85
FIGURA 3.8: RELACIONES ENTRE TAREAS, MÉTODOS Y PASOS.....	86
FIGURA 3.9: REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA DE TAREAS (TAREAS, MÉTODOS Y PASOS).....	86
FIGURA 3.10: FASES DEL DISEÑO	87
FIGURA 3.11: ANÁLISIS DEL PERFIL DE USUARIO.....	88
FIGURA 3.12: ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	91
FIGURA 3.13: CONJUNTOS Y RELACIONES PARA LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	92
FIGURA 3.14: ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE RELACIONES ENTRE LOS ELEMENTOS DE LAS TAREAS.....	93
FIGURA 3.15: FASE DE CONSTRUCCIÓN DE REGLAS DE ADAPTACIÓN	94
FIGURA 3.16: REPRESENTACIÓN A BLOQUES DE LA ARQUITECTURA DE IMPLEMENTACIÓN DE MIGUA..	95
FIGURA 3.17: DIAGRAMA DE CLASES DEL BLOQUE TAREAS.....	96

FIGURA 3.18: DIAGRAMA DE CLASES BLOQUE PERSONA.....	97
FIGURA 3.19: DIAGRAMA DE CLASES DEL CONTROLADOR PERFIL DE USUARIO.....	98
FIGURA 3.20: DIAGRAMA DE CLASES DEL CONTROLADOR PATRONES DE USABILIDAD	100
FIGURA 3.21: DIAGRAMA DE CLASES DEL CONTROLADOR DE REGLAS.....	101
FIGURA 4.1: CREAR NUEVO EVENTO	109
FIGURA 4.2: REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA DEL MÉTODO NOVATO	112
FIGURA 4.3: REPRESENTACIÓN JERÁRQUICA DEL MÉTODO EXPERTO	114
FIGURA 4.4: INTERFAZ DISEÑADA PARA USUARIOS NOVATOS	118
FIGURA 4.5: INTERFAZ DISEÑADA PARA USUARIOS EXPERTOS.....	118
FIGURA 4.6: INTERFAZ DEL ESCENARIO B	130
FIGURA 6.1: COMUNICACIÓN	155

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: GUÍAS PARA EL DISEÑO DE INTERFACES DE USUARIO	12
TABLA 2.2: GUÍAS PARA DISEÑO DE INTERFACES ADAPTATIVAS	13
TABLA 2.3: FACTORES DEL MODELADO DE USUARIO.....	16
TABLA 2.4: TÉCNICAS PARA ANÁLISIS DE USUARIOS.....	26
TABLA 2.5: PROPIEDADES DE LA USABILIDAD	36
TABLA 2.6: PATRONES DE USABILIDAD.....	37
TABLA 3.1: ELEMENTOS DE LAS REGLAS DE ADAPTACIÓN	61
TABLA 3.2: RELACIÓN ENTRE LOS FACTORES QUE INTEGRAN A UN SISTEMA ADAPTATIVO Y LOS ELEMENTOS PROPUESTOS	67
TABLA 3.3: ARTEFACTO DEL MODELADO DE USUARIO	68
TABLA 3.4: MEMORIA DE CORTO PLAZO	69
TABLA 3.5: MEMORIA DE LARGO PLAZO	71
TABLA 3.6: EXPERIENCIA EN TECNOLOGÍAS	72
TABLA 3.7: EXPERIENCIA EN EL DOMINIO DEL PROBLEMA	73
TABLA 3.8: ARTEFACTO PARA OBJETOS.....	75
TABLA 3.9: MENSAJE DE ERROR EN DATOS DE ENTRADA	76
TABLA 3.10: ALERTA.....	77
TABLA 3.11: PROCESAMIENTO DE PÁGINAS.....	77
TABLA 3.12: CONFIRMACIÓN.....	78
TABLA 3.13: ARTEFACTO PARA RELACIONES USUARIO-USABILIDAD	79
TABLA 3.14: INSTANCIAS DE RELACIONES USUARIO-USABILIDAD	80
TABLA 3.15: RESULTADOS DEL MODELADO DE USUARIO	84
TABLA 3.16: EJEMPLIFICACIÓN DE RESULTADOS DEL MODELADO DE USUARIO	89

TABLA 4.1: CUESTIONARIO 1 GUÍA DE PREGUNTAS PARA EVALUAR LA EXPERIENCIA EN EL DOMINIO DEL PROBLEMA	105
TABLA 4.2: CUESTIONARIO 2 GUÍA DE PREGUNTAS PARA EVALUAR LA EXPERIENCIA DE LOS USUARIOS CON LAS TECNOLOGÍAS	106
TABLA 4.3: RELACIONES ENTRE ATRIBUTOS Y PATRONES.....	111
TABLA 4.4: CUESTIONARIO 3 GUÍA PARA EVALUAR LOS ATRIBUTOS DE USABILIDAD DEL SISTEMA.....	121
TABLA 4.5: RESULTADOS DE LOS USUARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE ATRIBUTO DE ADAPTACIÓN EXPERIENCIA EN EL DOMINIO DEL PROBLEMA.....	122
TABLA 4.6: RESULTADOS DE LOS USUARIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO DE ADAPTACIÓN EXPERIENCIA CON TECNOLOGÍAS	123
TABLA 4.7: RESULTADOS DE LOS PERFILES DE USUARIO	124
TABLA 4.8: EFICIENCIA BASADA EN EL TIEMPO DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LOS USUARIOS	125
TABLA 4.9: ERRORES CON LA INTERFAZ OBTENIDOS POR LOS USUARIOS.....	126
TABLA 4.10: RESULTADOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA INTERACCIÓN CON EL SISTEMA.....	127
TABLA 4.11: PREFERENCIAS DEL TIPO DE AYUDA POR PERFIL DE USUARIO	128
TABLA 4.12: PREFERENCIAS SOBRE LOS ESCENARIOS PROPUESTOS.....	128
TABLA 4.13: CUESTIONARIO 4 GUÍA PARA EVALUAR LOS ATRIBUTOS DE USABILIDAD DEL SISTEMA EN EL ESCENARIO B.....	132
TABLA 4.14: RESULTADOS DE LOS USUARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE ATRIBUTO DE ADAPTACIÓN EXPERIENCIA EN EL DOMINIO DEL PROBLEMA.....	133
TABLA 4.15: RESULTADOS DE LOS USUARIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO DE ADAPTACIÓN EXPERIENCIA CON TECNOLOGÍAS	134
TABLA 4.16: RESULTADOS DE LOS PERFILES DE USUARIO	135
TABLA 4.17: EFICIENCIA BASADA EN EL TIEMPO DE LAS TAREAS REALIZADAS POR LOS USUARIOS	136
TABLA 4.18: ERRORES EN EL ESCENARIO B.....	137
TABLA 4.19: RESULTADOS DE LOS USUARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE ATRIBUTO DE ADAPTACIÓN EXPERIENCIA EN EL DOMINIO DEL PROBLEMA.....	138

TABLA 5.1: CUANTIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS USABILIDAD..... 146

ÍNDICE DE POSTULADOS

POSTULADO 1: TODO ATRIBUTO DE USUARIO TIENE UN CONJUNTO DE RANGOS POSIBLES PARA SU MEDICIÓN O CLASIFICACIÓN.	43
POSTULADO 2: TODO CONJUNTO DE ELEMENTOS UTILIZADOS COMO RANGOS DE UN ATRIBUTO DE USUARIO DEBE SER FINITO PARA PODER INTEGRARLO COMO FACTOR ADAPTATIVO.....	43
POSTULADO 3: UN ATRIBUTO DE USUARIO PUEDE ESTAR COMPUESTO DE UN CONJUNTO DE ATRIBUTOS DE USUARIO.....	44
POSTULADO 4: UN ATRIBUTO DE USUARIO GUARDA UNA RELACIÓN CON UNO O MÁS ATRIBUTOS DE USUARIO, LA RELACIÓN PUEDE SER POSITIVA O NEGATIVA.	45
POSTULADO 5: UN ATRIBUTO DE ADAPTACIÓN DEFINE LOS RANGOS QUE DEBEN CONSIDERARSE DE UN ATRIBUTO DE USUARIO PARA UNA ADAPTACIÓN.....	46
POSTULADO 6: EL CONJUNTO DE ATRIBUTOS DE ADAPTACIÓN DE UNA INTERFAZ INTEGRAN EL PERFIL BÁSICO DE USUARIO PARA EL CUAL SE DEBERÍA DE DISEÑAR LA INTERFAZ.....	47
POSTULADO 7: SE PUEDEN AGRUPAR ATRIBUTOS DE USUARIO CON RANGOS ESPECÍFICOS PARA DESCRIBIR USUARIOS QUE COMPARTEN CARACTERÍSTICAS SIMILARES.....	48
POSTULADO 8: ES IMPORTANTE EL NÚMERO DE USUARIOS QUE RECAE EN CADA RANGO DE MEDICIÓN EN UN ATRIBUTO DE USUARIO.	49
POSTULADO 9: TODO SISTEMA ES DISEÑADO PARA CUMPLIR UN OBJETIVO PRINCIPAL.	51
POSTULADO 10: TODO SISTEMA TIENE UN CONJUNTO DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS RELACIONADOS AL OBJETIVO PRINCIPAL QUE DEBE CUMPLIR.	51
POSTULADO 11: LOS PATRONES DE USABILIDAD SON UNA FORMA DE RESOLVER PROBLEMAS DE USABILIDAD EN UNA INTERFAZ	51
POSTULADO 12: LOS PATRONES DE USABILIDAD SEGÚN SU ENFOQUE SE PUEDEN CLASIFICAR EN: INTERACCIÓN, NAVEGACIÓN Y ADAPTACIÓN.	51
POSTULADO 13: UNA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO ESTÁ COMPUESTA POR DIFERENTES OBJETOS DE INTERACCIÓN	52

POSTULADO 14: LOS OBJETOS UTILIZADOS EN UNA UI PERTENECEN A DIFERENTES PATRONES DE USABILIDAD.....	52
POSTULADO 15: LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS SE CUMPLEN MEDIANTE LOS ASPECTOS DE USABILIDAD, POR LO TANTO, EXISTE UNA RELACIÓN ENTRE ELLOS.....	53
POSTULADO 16: TODO SISTEMA TIENE UN CONJUNTO DE TAREAS REPRESENTATIVAS PARA EL USUARIO	54
POSTULADO 17: UNA TAREA PUEDE REALIZARSE POR MEDIO DE UN CONJUNTO FINITO DE MÉTODOS	54
POSTULADO 18: UN MÉTODO ESTÁ COMPUESTO POR UN CONJUNTO ORDENADO Y FINITO DE PASOS	54
POSTULADO 19: UN PASO SE EJECUTA POR MEDIO DE UN CONJUNTO FINITO DE ACCIONES	54
POSTULADO 20: UNA ACCIÓN SE EJECUTA SOBRE UN OBJETO	54
POSTULADO 21: UN ATRIBUTO DE USUARIO PUEDE TENER UNA RELACIÓN DIRECTA CON UNO O MÁS PATRONES DE USABILIDAD	57
POSTULADO 22: UN ATRIBUTO DE USUARIO PUEDE TENER UNA RELACIÓN DIRECTA CON UNO O MÁS OBJETOS DE INTERACCIÓN	57
POSTULADO 23: UN REQUERIMIENTO DE USABILIDAD ESTABLECE LA RELACIÓN ENTRE UN USUARIO, UN OBJETO, UNA ACCIÓN, UNA TAREA Y EL OBJETIVO POR EL CUAL SE SELECCIONA DICHO OBJETO. ...	58

ÍNDICE DE ESQUEMAS

ESQUEMA 1: $\Delta (\sigma_{\Delta}, \delta_{\Delta}, \varepsilon_{\Delta}, \lambda)$ SON LOS ELEMENTOS QUE DEFINEN A UN ATRIBUTO DE USUARIO.	43
ESQUEMA 2: $\lambda (u_1, u_2, \dots, u_n)$ CADA u_n ES UN PAR ORDENADO UTILIZADO PARA REPRESENTAR LOS RANGOS DE MEDICIÓN DE UN ATRIBUTO DE USUARIO.	43
ESQUEMA 3: $\Lambda (\sigma_{\Lambda}, \theta)$ ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE UN ATRIBUTO QUE SE COMPONE DE OTROS ATRIBUTOS.	44
ESQUEMA 4 : $\Sigma (\pi_1, \pi_2, \tau_{\Sigma}, \varepsilon_{\Sigma})$ DEFINE UNA RELACIÓN ENTRE DOS ATRIBUTOS.	45
ESQUEMA 5: $\Phi (\sigma_{\Phi}, \lambda_{\Phi})$ ES LA ESTRUCTURA QUE DEFINE A UN ATRIBUTO DE ADAPTACIÓN.....	46
ESQUEMA 6: $\beta (\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n)$ SON LOS H ATRIBUTOS DE ADAPTACIÓN QUE COMPONEN AL PERFIL BÁSICO.	47
ESQUEMA 7: $\xi (\sigma_{\xi}, < \pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n >)$ ATRIBUTOS DE ADAPTACIÓN QUE DEFINEN A UN ESTEREOTIPO.	48
ESQUEMA 8: $\Gamma_{\text{USUARIO}} (P_r, A, \Sigma_{\Delta}, \Sigma_{\Lambda})$ SON LOS ELEMENTOS ORDENADOS NECESARIOS PARA DESCRIBIR UN REQUERIMIENTO DE USUARIO.	49
ESQUEMA 9: $\Xi (\sigma_{\Xi}, O_{\Xi e})$ SON LOS ELEMENTOS QUE REPRESENTAN LOS OBJETIVOS DEL SISTEMA.....	51
ESQUEMA 10: $\Omega (\sigma_{\Omega}, \delta_{\Omega}, \tau_{\Omega}, \Psi)$ DEFINE LOS CUATRO ELEMENTOS ESENCIALES PARA DESCRIBIR UNA INSTANCIA DE UN PATRÓN DE USABILIDAD.....	51
ESQUEMA 11: $\Psi (u_1, u_2, \dots, u_n)$ CADA u_n ES UN PAR UTILIZADO PARA REPRESENTAR UNA PROPIEDAD Y UN ATRIBUTO DE USABILIDAD QUE SE TIENE COMO OBJETIVO ALCANZAR CON UN PATRÓN DE USABILIDAD.....	52
ESQUEMA 12: $\Theta (\sigma_{\Theta}, \delta_{\Theta}, \varepsilon_{\Theta}, \rho_{\Theta}, \sigma_{\Omega})$ ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA REPRESENTACIÓN DE UN OBJETO DE INTERACCIÓN.....	52
ESQUEMA 13: $Z (\sigma_o, \sigma_u)$ ES UN PAR ORDENADO QUE ESTABLECE LA RELACIÓN ENTRE UN OBJETIVO ESPECIFICO Y UN ASPECTO DE USABILIDAD.	53
ESQUEMA 14: $T(\sigma_T, \delta_T, M_T)$ ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE UNA TAREA.....	54
ESQUEMA 15: $M(\sigma_M, \delta_M, P_M)$ SON LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE UN MÉTODO	55

ESQUEMA 16: $P(\sigma_P, \sigma_{nP})$ SON LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE UN PASO SIMPLE.....	55
ESQUEMA 17: $P(\sigma_p, A_p)$ SON LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE UN PASO.....	55
ESQUEMA 18: $A(\sigma_A, \Theta_{CA})$ SON LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE UNA ACCIÓN. .	55
ESQUEMA 19: $\Upsilon_{patrón}(\pi, \sigma_{\Omega}, \tau_Y)$ ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA REPRESENTACIÓN DE UNA RELACIÓN ENTRE UN ATRIBUTO DE USUARIO Y UN PATRÓN DE USABILIDAD.....	57
ESQUEMA 20 : $\Upsilon_{objeto}(\pi, \sigma_{\Theta}, \tau_Y)$ ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA REPRESENTACIÓN DE UNA RELACIÓN ENTRE UN ATRIBUTO DE USUARIO Y UN OBJETO DE INTERACCIÓN.	57
ESQUEMA 21: $\Gamma_{usabilidad}(\alpha, \sigma_{\Gamma}, \sigma_A, \sigma_{\Theta}, \sigma_{\Upsilon})$ SON LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE UN REQUERIMIENTO DE USABILIDAD	58

TABLA DE ACRÓNIMOS

ACM	ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY
CTA	ANÁLISIS DE TAREAS COGNITIVAS
GOMS	OBJETIVOS, OPERADORES, MÉTODOS Y REGLAS DE SELECCIÓN
GUI	INTERFACES GRÁFICAS DE USUARIO
HTA	ANÁLISIS JERÁRQUICO DE TAREAS
IEEE	INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS
IHC	INTERACCIÓN HUMANO COMPUTADORA
ISO	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
KLM	MODELO A NIVEL DE COMBINACIÓN DE TECLAS
MHP	MODELO DE PROCESADOR HUMANO
MIGUA	MODELO PARA INTERFACES GRÁFICAS DE USUARIO ADAPTATIVAS
MVC	MODELO-VISTA-CONTROLADOR
STATUS	SOFTWARE ARCHITECTURE THAT SUPPORTS USABILITY
UI	INTERFAZ DE USUARIO
UIA	INTERFAZ DE USUARIO ADAPTATIVA

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Cada día se puede ver que aumenta el número de sistemas informáticos que rodean a las personas, estos sistemas son utilizados para realizar desde las tareas más básicas y cotidianas hasta algunas sumamente complejas (D. Norman, 2002). A la par de la aparición de sistemas informáticos para las tareas cotidianas crece el rango de usuarios que utilizan estos sistemas, por lo cual, ha sido necesario que los diseñadores de interfaces de usuario piensen en la simplicidad, facilidad de aprendizaje, entre otros aspectos que ahora deben de reflejar sus diseños (Biswas & Robinson, 2010).

Debido a las necesidades, capacidades y habilidades que los usuarios tienen, a principios de los 40's diferentes investigadores vieron la complejidad del diseño de interfaces de usuario y la necesidad de incluir otras áreas que parecían poco relacionadas con las ingenierías, de esta forma surgió la Interacción Humano Computadora(IHC) (Butler & Jacob, 1997).

Según la ACM (Hewett, 1992):

“La Interacción Humano Computadora es la disciplina relacionada con el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para el uso de los seres humanos, y con el estudio de los fenómenos más importantes con los que está relacionado”

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad el diseño de sistemas computacionales no es una tarea sencilla, pues se involucran muchas variables importantes. Los diseñadores deben considerar que todas las personas son diferentes; por lo tanto, sus usuarios serán muy variados en cuanto al desarrollo de habilidades físicas, psicológicas, sensoriales, contexto, experiencias, entre otros aspectos que por el simple hecho de ser humanos varían entre cada usuario (Donald A. Norman & Draper, 1986).

En los últimos años se ha hablado de interfaces que no solamente estén destinadas a un rango de usuarios específicos y que traten de cubrir sus necesidades, sino de hacer diseños que cubran las necesidades de un **usuario en específico**, es decir, un diseño especial para cada usuario(Stephanidis, 2001).

1.2. Objetivos

El planteamiento del problema ha dado pie a los objetivos del presente trabajo, los cuales se separaron en un objetivo central y en objetivos específicos que lo complementan y particularizan.

Objetivo central:

Establecer un modelo para la representación de las entidades más importantes y las relaciones necesarias para el diseño de interfaces gráficas de usuario adaptativas para lograr aumentar el grado de usabilidad de las mismas.

Objetivos específicos:

O1: Definir los atributos esenciales para representar a un usuario en su interacción con un sistema.

O2: Definir las entidades y atributos principales de la usabilidad que componen a una interfaz de gráfica de usuario.

O3: Definir la estructura de las tareas que forman parte del dominio del problema de un sistema.

O4: Definir las estructuras de las relaciones entre las tareas, usuario y usabilidad.

1.3. Metas

Para lograr los objetivos descritos en la sección anteriores se plantearon algunas metas, las cuales se puntualizan en esta sección.

M1 (Objetivo central): Establecer cada uno de los principales dominios que intervienen en el diseño de interfaces gráficas de usuario.

M2 (O1): Establecer los atributos de los humanos que conforman un perfil de usuario para el diseño de interfaces gráficas de usuario.

M3 (O2): Establecer los aspectos de usabilidad más importantes tomados en cuenta en el proceso de diseño de interfaces gráficas de usuario.

M4 (O3): Analizar los componentes que integran a una tarea en el proceso de interacción.

M5 (O4): Analizar las posibles intersecciones entre una tarea, un usuario y el atributo de usabilidad.

1.4. Hipótesis

Se establecieron tres hipótesis sobre las cuales está enfocado el presente trabajo y se describen en esta sección.

H1: Es posible diseñar interfaces de usuario adaptativas a las necesidades y requerimientos de los usuarios estableciendo una relación entre los factores humanos y los elementos de una interfaz de usuario.

H2: Los patrones de usabilidad guardan una relación directa con los atributos que conforman un perfil de usuario en la interacción humano-computadora.

H3: Si se establecen relaciones entre los factores humanos y los patrones de usabilidad se puede lograr aumentar el grado de usabilidad de las interfaces de usuario.

1.5. Organización de Tesis

El presente documento está organizado en siete capítulos a través de los cuales se explica el trabajo de tesis desarrollado:

Capítulo 1: Es la introducción del trabajo en donde se definieron las motivaciones, justificaciones, objetivos e hipótesis.

Capítulo 2: Se establece el marco teórico y estado del arte producto de la investigación realizada durante el desarrollo del trabajo y sobre el cual está fundamentada la propuesta.

Capítulo 3: Se describe detalladamente los elementos del modelo propuesta y la metodología para el desarrollo de interfaces gráficas de usuario adaptativas.

Capítulo 4: Se detalla el proceso de un caso de estudio con 44 usuarios utilizando elementos del modelo propuesto contrastado con la metodología tradicional.

Capítulo 5: Se analizan y discuten los resultados obtenidos mediante la experimentación en cuanto a los objetivos del mismo caso de estudio así como las hipótesis referentes al trabajo de tesis y expuestos en el primer capítulo.

Capítulo 6: En este capítulo se describen algunos de los posibles usos que se le podrían dar al modelo propuesto así como en cuáles aplicaciones tendría mayor impacto e importancia su implementación.

Capítulo 7: Se puntualizan las conclusiones a las que se ha llegado al final del trabajo, así como los aspectos que se verán de trabajar en un futuro como parte de una mejora o integración de elementos al modelo.

CAPÍTULO 2

*FUNDAMENTOS TEÓRICOS
Y ESTADO DEL ARTE DE
LA INTERACCIÓN HUMANO
COMPUTADORA*

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTADO DEL ARTE DE LA INTERACCIÓN HUMANO COMPUTADORA

La IHC es multidisciplinaria (Kumar, 2005) debido la gran cantidad de factores que deben ser considerados en el diseño de interfaces, un conjunto de ocho disciplinas contribuyen para el diseño, evaluación e implementación de los sistemas. La Figura 1 es un diagrama representativo de las áreas que representan a la IHC.

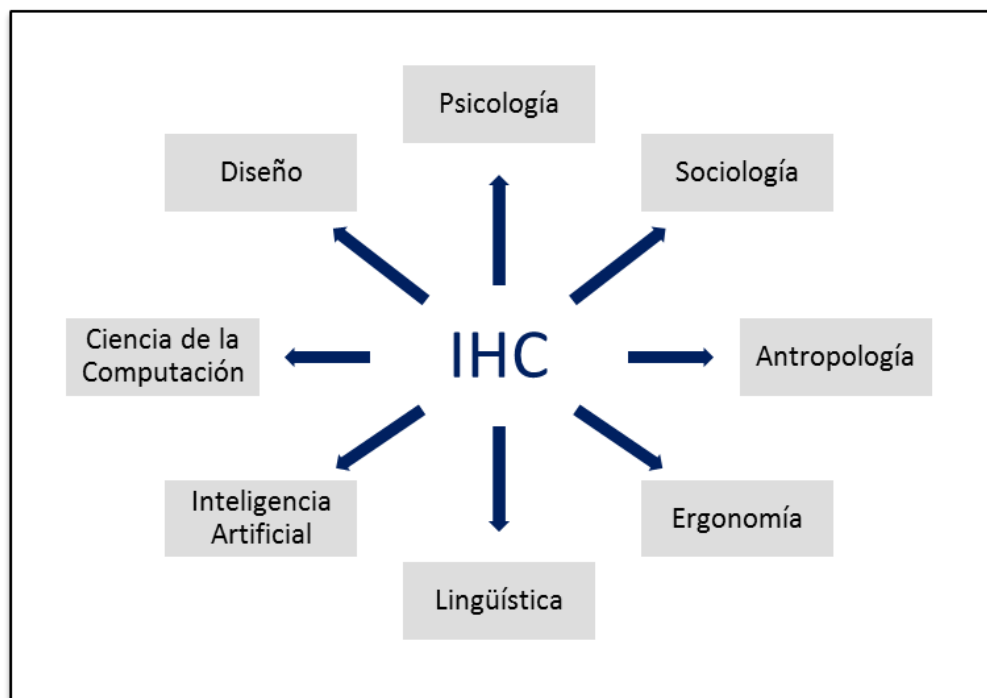


Figura 1: Disciplinas de la Interacción Humano-Computadora

Las diferentes áreas tratan de cubrir todos los entes que intervienen en el proceso de la IHC, por lo cual unas tienen principalmente un enfoque hacia los factores del usuario, otros sobre las computadoras y finalmente en algunos donde convergen estos dos entes.

Las cuatro áreas que cubren principalmente los factores humanos son: psicología, sociología, antropología y lingüística.

La psicología y las ciencias cognitivas ayudan para conocer sobre las habilidades de percepción y cognición de los usuarios (Gardiner & Christie, 1987). También ayudan a entender las limitaciones cognitivas del usuario y el funcionamiento de la interacción en grupo (Dordevic & Rancic, 2008). La sociología es para entender el contexto más amplio de la interacción. La antropología estudia lo referente a los aspectos culturales del usuario y su grupo. La lingüística aporta todo lo referente a los diálogos que son utilizados durante el proceso de la Interacción del humano con la computadora.

Por otro lado, las áreas que cubren los aspectos de la tecnología (de las computadoras principalmente) son: ciencias de la computación, inteligencia artificial y diseño.

La inteligencia artificial busca que la computadora haga lo más conveniente en el momento adecuado, de acuerdo al usuario correspondiente (Amgoud & Prade, 2004). El diseño es la parte referente a los aspectos que cubren al diseño gráfico y el diseño de información, de forma que se creó una interfaz agradable y amigable para el usuario (Sharp, Rogers, & Preece, 2002).

Finalmente, en una de las áreas convergen los dos entes: ergonomía; la cual es encargada del diseño de hardware y software para que estos no afecten al usuario, también estudia el desempeño y eficiencia; se basa principalmente en el análisis de las

capacidades físicas, con la ayuda de las cuatro áreas que cubren los factores humanos(Bach & Scapin, 2003).

Todas las áreas de la IHC ayudan en el diseño de interfaces de usuario, ya sean las de hardware o software. Dentro de las interfaces de usuario de software se encuentran las Interfaces Gráficas de Usuario, mejor conocidas como GUI por sus siglas en inglés (Sharp, Rogers, & Preece, 2007). Una GUI sigue la base de cualquier interfaz ya que se utiliza como un intermediario, en este caso entre la computadora y un usuario, se distingue por ser visual. Sus principales componentes son imágenes y otros objetos gráficos que permiten la representación y manipulación de un sistema.

2.1. Evolución de las interfaces de usuario

El diseño de interfaces de usuario ha estado en constante evolución (Jakob, 1993), las primeras interfaces eran utilizadas solamente por las mismas personas del ámbito científico que las construían, sin embargo, conforme el tiempo fue pasando el rango de usuarios que las utilizaban aumentaba, con ello se generó la necesidad de nuevas interfaces que fueran más amigables para todos los usuarios.

Existen actualmente algunas guías que indican que debe de tener una interfaz, todas ellas intentan ayudar al desarrollador en el camino de la selección de los mejores componentes para la interfaz tomando en cuenta al usuario. En la Tabla 2.1 se muestra un compendio de las fuentes más importantes de guías para el diseño.

Tabla 2.1: Guías para el diseño de interfaces de usuario

Fuente	Descripción
Patrones de Interacción (Welie, 2003)	Consiste en una librería de casi 100 Patrones sobre componentes gráficos, de cada uno de ellos se explica el problema, la solución, cuando utilizarlo, porqué, como y un ejemplo. Disponibles en : http://www.welie.com/patterns/
Mac OS X Human Interface Guidelines (Apple, 2012)	Enfocada principalmente en guías sobre los componentes y apariencia de sistemas desarrollados para los sistemas Mac.
Windows User Experience Interaction Guidelines (Microsoft Corporation, 2010)	Se describe una guía de puntos para realizar una interfaz y posteriormente se explican los diferentes componentes gráficos de los que consta este ambiente.

Actualmente se busca que las interfaces se utilicen por cualquier persona, sin importar si tiene alguna limitación o poco conocimiento de las tecnologías. Así han surgido varios conceptos de nuevas interfaces de usuario. Entre ellos las interfaces adaptables y las adaptativas.

2.1.1. Interfaces adaptables y adaptativas

En las interfaces adaptables los usuarios pueden modificar el comportamiento o la representación visual de la información, por otro lado, una interfaz adaptativa es aquella que automáticamente genera cambios en la misma de acuerdo a lo que predice ser mejor para el usuario partiendo de un conocimiento (Rossen & Rashev, 1997).

La principal diferencia es entre los dos conceptos recae en el actor que desencadena el cambio en la interfaz, en las adaptables es el usuario y en las adaptativas el sistema.

El comportamiento adaptativo se compone de cuatro factores principales: (1) constituyentes; elementos que se pueden adaptar en la interfaz, (2) determinantes; son los factores que propician el cambio para la adaptación, (3) objetivos; los motivos por los cuales se establece el proceso de adaptación y (4) reglas; son las guías que permiten el cambio en los elementos constituyentes dependiendo de los determinantes (Charalampos Karagiannidis, 1995)

En la Tabla 2.2 se tienen las fuentes más importantes y útiles que se encontraron durante el proceso de investigación para la elaboración de interfaces adaptativas.

Tabla 2.2: Guías para diseño de interfaces adaptativas

Fuente	Descripción
<p>“100 Things Every Designer Needs to Know About People” (Weinschenk, 2011)</p>	<p>Enlista 100 afirmaciones sobre la forma en la que las personas perciben, leen, ponen atención, memorizan, piensan, lo que los motiva, como deciden, como actúan socialmente, los errores, etc. Y después de cada afirmación da pequeñas explicaciones del impacto que tienen sobre el diseño de las interfaces, que hacer y que evitar.</p>
<p>“Designing with the mind in mind” (Johnson, 2010)</p>	<p>Es un compendio en donde a través de 12 unidades el autor explica las limitaciones sensoriales y cognitivas que tienen los seres humanos y como estas impactan en el diseño de interfaces. La información contenida es recopilación de autores renombrados en el área como Jakob Nielsen, Don Norman Aaron Marcus, Shneiderman, entre otros.</p>
<p>“User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction” (Donald A. Norman & Draper, 1986)</p>	<p>Norman es uno de los autores más importantes en el campo de la ingeniería cognitiva, pues su enfoque es hacia lo que las personas sienten cuando utilizan la tecnología, de los errores de diseño en productos tan cotidianos como un microondas, etc. En donde va narrando lo que es mejor para los usuarios de acuerdo a sus limitantes.</p>

2.2. El usuario

Sin lugar a dudas el usuario es el ente más importante en la IHC, pues al final de cuentas es para él la interfaz que se diseña. Por lo tanto, los diseñadores de interfaces de usuario deben considerar todas las características que integran a un usuario, tanto físicas, sensoriales, cognitivas, cultura, entre muchos otros aspectos, pues no se debe de olvidar que las personas tienen habilidades distintas de la máquina, y ésta debe utilizar las suyas para sobrellevar las de aquella. Debido a ello existen en la IHC dos conceptos que ayudan en el diseño: modelos mentales y modelado de usuarios (Fischer, 2001).

2.2.1. Modelos mentales

Un modelo mental es una representación hipotética que una persona se crea sobre un concepto o un evento. En la IHC un modelo mental tiene relación directa con la forma en que los usuarios especulan que será la manera de utilizar el sistema o el significado de la interfaz en general, por otro lado está el modelo mental que se genera el desarrollador del sistema (Donald A. Norman & Draper, 1986). Mientras más converjan el modelo mental del usuario y el del diseñador la interacción será mejor.

En la Figura 2.1 se establece gráficamente las relaciones que se tienen entre el modelo del usuario, el del diseñador y el sistema.

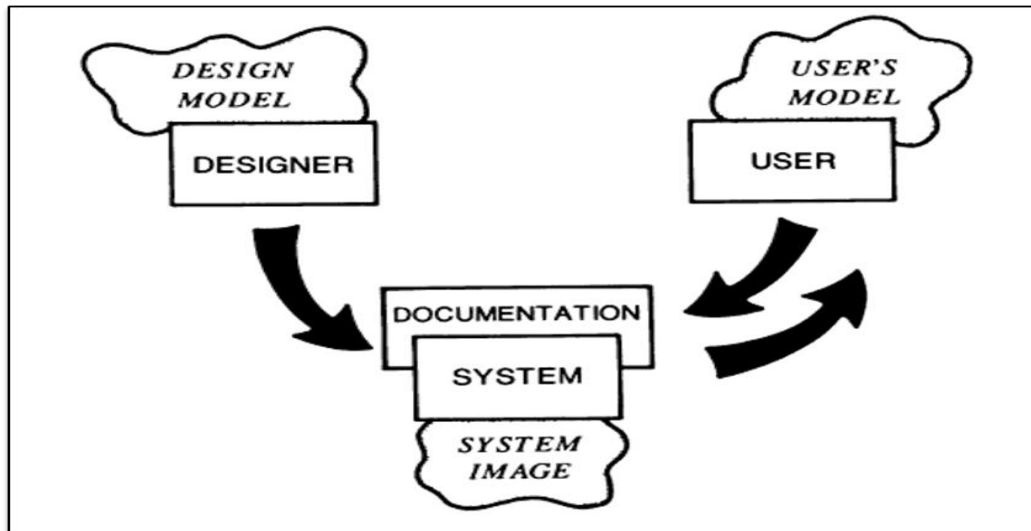


Figura 2.1: Modelos mentales¹

Los modelos mentales son el reflejo de experiencias con sistemas anteriores, con el dominio del problema del sistema y en general con las experiencias del mundo real (Covert, 1987). Su impacto en la interacción con una interfaz de usuario es directa ya que mientras el sistema y su interfaz se apeguen más al modelo mental del usuario el uso y tiempo de aprendizaje del mismo será más sencillo, pues los usuarios no tienen que reconocer algo nuevo sino solamente reforzar o agregar pequeños trozos de información lo que actualmente tienen como parte de su conocimiento y su mundo.

2.2.2. Modelado de usuarios

El modelado de usuario tiene como objetivo la representación de las preferencias, habilidades y conocimientos de los usuarios (Biswas & Robinson, 2010; Tatjana &

¹ Norman, D. A. and S. W. Draper (1986). User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction, L. Erlbaum Associates Inc. Pág. 46

² Cañas, J., P. Gámez, et al. (2001). El factor humano. La interacción persona-ordenador. J. Lores. Granada, España. Pág. 7

³ Stuart K. Card, T. P. M., Allen Newell (1983). The Psychology of Human-Computer Interaction.

Alexander), mediante este proceso se puede obtener un perfil de usuario, el cual puede estar compuesto de innumerables factores humanos (Cañas, Gámez, & Salmerón, 2001). Un factor humano es una característica de usuario que de alguna tiene relevancia por su intervención en la interacción entre un usuario y una computadora, producto o sistema (Zudilova-Seinstra, 2007).

La Tabla 2.3 es una recopilación de varias fuentes de algunos de los factores humanos que integran al perfil de usuario (Cañas et al., 2001; Johnson, 2010; Quiroga, Crosby, & Iding, 2004; Stuart K. Card, 1983; Weinschenk, 2011; Zudilova-Seinstra, 2007).

Tabla 2.3: Factores del modelado de usuario

Grupo	Descripción	Factores/Atributos
Demográficos	No tienen un impacto directo en el diseño de una interfaz, pero si ayudan a contextualizar a los usuarios en otros aspectos.	Edad, género, lugar de nacimiento, cultura.
Cognitivos	Como los seres humanos procesan la información, todo lo relacionado a la mente y sus procesos	Percepción, memoria, atención, aprendizaje, concentración, toma de decisiones.
Sensoriales	Son aquellos regidos por los cinco sentidos y ayudan principalmente para la comunicación	Visión, audición, tacto, gusto, olfato
Motrices	Aspectos ligados al sistema motriz, músculos y movimientos físicos.	Movimiento, control, coordinación.
Motivación	La motivación mueve al usuario a utilizar un sistema, influye directamente en como los usuarios perciben e interpretan el sistema.	Actitud, necesidades, tareas, expectativas.
Experiencia	Forman parte del contexto del usuario y es derivado de experiencias previas con	Habilidades con la tecnología, conocimientos

	sistemas y el dominio del sistema	del sistema, profesión.
--	-----------------------------------	-------------------------

El modelo ergonómico de Wagner (Zudilova-Seinstra, 2007) es uno de los más completos en cuanto a la cantidad de factores que se integran. Está compuesto por un total de 87 factores clasificados en 25 grupos.

Cada uno de los factores de la Tabla 2.3 puede tener varios atributos y estos diferentes rangos de medición, los cuales pueden ser cuantitativos o cualitativos y también pueden ser finitos (rango definido) o infinitos (rango desconocido). Por ejemplo, la audición tiene varios atributos como lo son la frecuencia, amplitud, ángulo de fase, etc. y cada uno de ellos tienen sus valores para medición (Cañas et al., 2001); la percepción, se puede clasificar en: auditiva y visual. También en tiempos que demora una persona en percibir cada uno de ellos (Stuart K. Card, 1983).

2.2.3. Estados de las actividades del usuario

Todo usuario pasa por un proceso al interactuar con un sistema y poder llegar a cumplir el objetivo o fin específico por el cual está utilizando el sistema. Para Donald A. Norman (Donald A. Norman & Draper, 1986), existen siete estados o actividades que un usuario requiere llevar a cabo para interactuar con un sistema:

1. Establecer una meta
2. Formar una intención
3. Especificar la secuencia de la acción
4. Ejecutar la acción
5. Percibir el estado del sistema

6. Interpretar el estado

7. Evaluar el estado del sistema respecto a las metas e intenciones establecidas previamente.

En la Figura 2.2 se pueden apreciar los estados descritos anteriormente y se puede observar que estas se llevan a cabo principalmente en la mente, por lo tanto, se consideran parte del proceso cognitivo. Solamente la etapa cuatro y cinco tienen una relación con los aspectos físicos (motrices y sensoriales) de un usuario (Cañas et al., 2001).

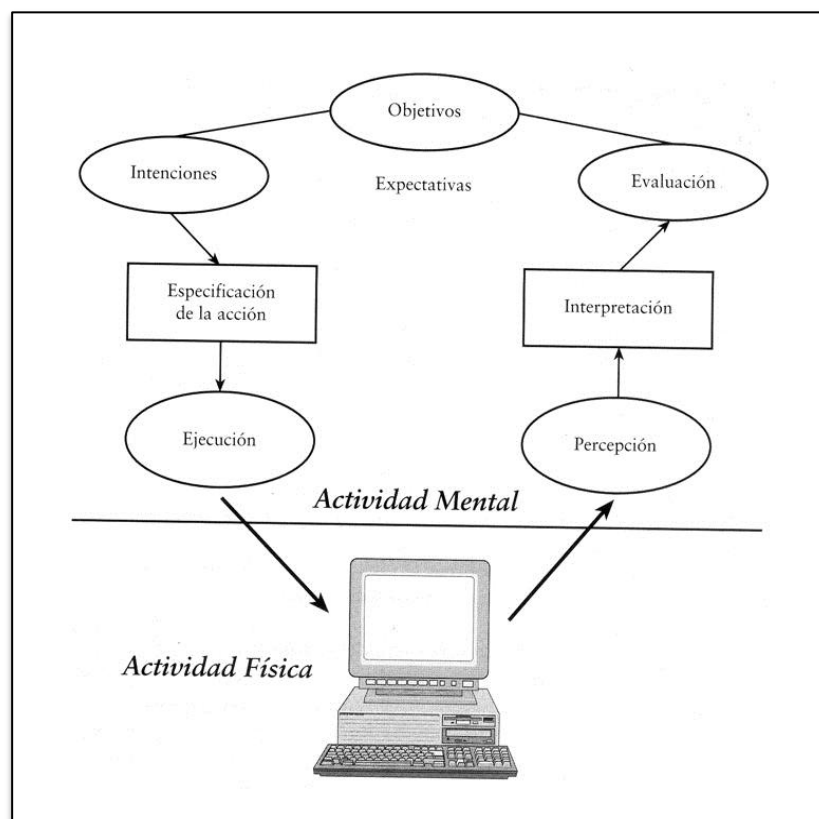


Figura 2.2: Actividades de un usuario según Norman²

2.2.4. Modelos del usuario

Existen diferentes modelos cuyo objetivo es obtener valores cuantificables de los diversos factores humanos de un usuario y así predecir y/o diseñar el grado de usabilidad que tendrá un sistema (Ritter, Baxter, Jones, & Young, 2000).

2.2.4.1. Modelo de procesador humano

El Modelo de Procesador Humano (MHP por sus siglas en inglés) fue propuesto por Card, Moran, Newell en 1983, este define una serie de etapas del procesamiento de la información durante la interacción con una computadora (Stuart K. Card, 1983). En la Figura 2.3 se presenta la imagen que representa el flujo del MHP y sus elementos.

² Cañas, J., P. Gámez, et al. (2001). El factor humano. La interacción persona-ordenador. J. Lores. Granada, España. Pág. 7

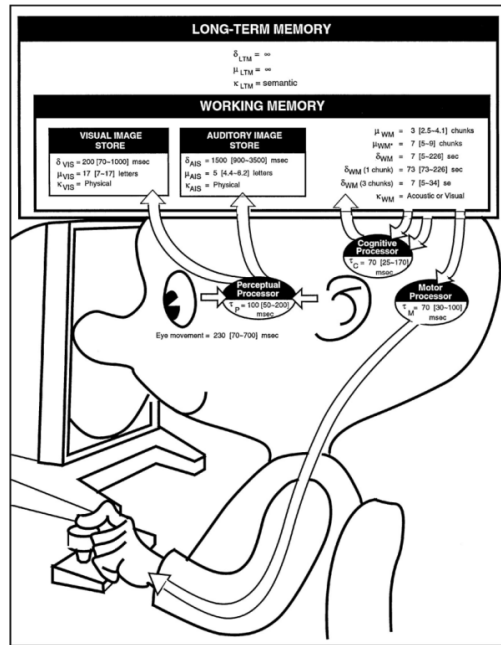


Figura 2.3: El modelo humano procesador- memorias y procesadores ³

El MPH se divide en tres subsistemas interactivos: (1) sistema perceptual, (2) sistema motor y (3) sistema cognitivo. Cada uno compuesto de sus propios procesadores y memorias.

El sistema perceptual es el relacionado con cómo la gente percibe los estímulos sensoriales del mundo exterior.

El sistema motor es el que se encarga de controlar y realizar las acciones de los músculos del cuerpo humano.

El sistema cognoscitivo o cognitivo es el encargado de proporcionar el tratamiento necesario para unir los dos anteriores (Newell & Card, 1985). Las tareas que

³ Stuart K. Card, T. P. M., Allen Newell (1983). The Psychology of Human-Computer Interaction. Hillsdale, NJ, USA, L. Erlbaum Associates Inc. Pág 26

principalmente desempeña son complejas e involucran la forma en que se aprende, recuperación de datos de la memoria (recordar), solución de problemas, entre otros.

Cada uno de los tres procesadores tiene rangos distintos para la medición de diferentes aspectos: μ ; capacidad de almacenamiento de los elementos, δ ; el tiempo de duración de un elemento, κ ; el principal tipo de codificación (físico, acústico, visual y semántico) y τ ; tiempo del ciclo.

2.3. Usabilidad

La usabilidad tiene dos enfoques en el diseño de interfaces de usuario como: (1) atributo de calidad y (2) un proceso de desarrollo de software.

2.3.1. Usabilidad como atributo de calidad

Según el ISO 9241-11 (Timo Jokela, 2003):

“La usabilidad es el grado en que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto específico de uso”

La efectividad se refiere al grado en que el usuario logra cumplir los objetivos por los que está utilizando el producto y va ligado a la eficiencia, la cual ayuda a evaluar la rapidez y los medios por los que el usuario logra su objetivo (Quesenbery, 2004).

La satisfacción es el atributo más subjetivo de la usabilidad de un producto, pues intervienen factores poco cuantificables y muy variables para cada usuario, se consideran la actitud, emoción, agrado, etc. Todo aquello que un usuario puede opinar sobre un producto de acuerdo a factores subjetivos como su personalidad, preferencias, entre otros (Jakob, 1993).

En el concepto de usabilidad se remarca usuarios específicos, es importante conocer cuáles son las características de los usuarios finales y sobre ellos evaluar si realmente el sistema es usable en cuanto al alcance del cumplimiento de sus objetivos.

Los objetivos específicos se refieren a los motivos o metas por los cual es un usuario ha decidido utilizar el sistema, por ejemplo: aprender, informarse, comunicarse, entretenerse, etc. Estos objetivos serán cumplidos mediante la realización de diversas tareas. Una tarea es una serie de actividades que el usuario requiere llevar a cabo para lograr sus objetivos (Sousa & Furtado, 2005).

2.3.2. Atributos de la usabilidad

La usabilidad es una cualidad demasiado abstracta como para ser medida directamente. Para poder estudiarla se descompone habitualmente en atributos que permiten una mejor apreciación cuantitativa de la usabilidad, los atributos básicos manejados en la literatura son (Jakob, 1993): (1) facilidad de aprendizaje, (2) eficiencia, (3) tasa de errores/ fiabilidad, (4) recuerdo en el tiempo y (5) satisfacción.

2.3.2.1. *Facilidad de aprendizaje*

Este atributo es sobre la facilidad que llega a tener un sistema para que los usuarios aprendan a manejar las principales funcionalidades (Quesenbery, 2004). Principalmente se mide el tiempo que a un usuario le toma entender las tareas básicas del sistema, posteriormente se compara con el tiempo que a un usuario experto le tomó realizar la misma tarea. Este atributo es principalmente relevante para usuarios novatos.

2.3.2.2. *Eficiencia*

El número de transacciones por unidad de tiempo que el usuario puede realizar usando el sistema (Quesenbery, 2001). Lo que se busca es la máxima velocidad de realización de tareas del usuario. Cuanto mayor es la usabilidad de un sistema, más rápido es el usuario al utilizarlo, y el trabajo se realiza con mayor rapidez. Nótese que eficiencia del software en cuanto su velocidad de proceso no implica necesariamente eficiencia del usuario en el sentido en el que aquí se ha descrito.

2.3.2.3. *Tasa de errores/ Fiabilidad*

Este atributo contribuye de forma negativa a la usabilidad de un sistema. Se refiere al número de errores cometidos por el usuario mientras realiza una determinada tarea. Un buen nivel de usabilidad implica una tasa de errores baja (Jakob, 1993). Los errores reducen la eficiencia y satisfacción del usuario, y pueden verse como un fracaso en la transmisión al usuario del modo de hacer las cosas con el sistema (Eelke Folmer, 2003).

2.3.2.4. *Recuerdo en el tiempo*

Para usuarios intermitentes (que no utilizan el sistema regularmente) es vital ser capaces de usar el sistema sin tener que aprender cómo funciona partiendo de cero cada vez. Este atributo refleja el recuerdo acerca de cómo funciona el sistema que mantiene el usuario, cuando vuelve a utilizarlo tras un periodo de no utilización (Jakob, 1993).

2.3.2.5. *Satisfacción*

Éste es el atributo más subjetivo. Muestra la impresión subjetiva que el usuario obtiene del sistema y las emociones, sentimientos o cualquier otra opinión que el usuario pueda generarse del sistema (D.A. Norman, 1988).

2.4. *Ingeniería de la usabilidad*

La ingeniería de usabilidad es un proceso de desarrollo de software que implica el diseño, implementación y evaluación , tiene como objetivo establecer atributos que ayuden a que un sistema sea usable (Jakob, 1993); Para ello desde las primeras fases de la creación de una aplicación se pretende establecer métricas que ayuden en el diseño de una interfaz de usuario que cumpla con el atributo de calidad de la usabilidad, en las últimas fases también se enfocan en la evaluación y pruebas para conocer si se cumplen los atributos de calidad de la usabilidad (Quesenbery, 2008).

2.4.1. *Ciclo de vida de la ingeniería de la usabilidad*

Un alto nivel de usabilidad en un sistema interactivo debe de ser previamente diseñado, para ello existen diversos modelos que tratan de describir el proceso de desarrollo de software desde el punto de vista de la usabilidad. Existen diferentes esfuerzos que tratan de sistematizar este proceso, la mayoría de ellos se fundamentan en tres etapas principales, las cuales son: (1) requerimientos/especificaciones, (2) diseño y (3) evaluación (Nielsen, 1992) .

La Figura 2.4 es un diagrama elaborado en base a las etapas y fases descritas en el ciclo de vida de la ingeniería de la usabilidad.

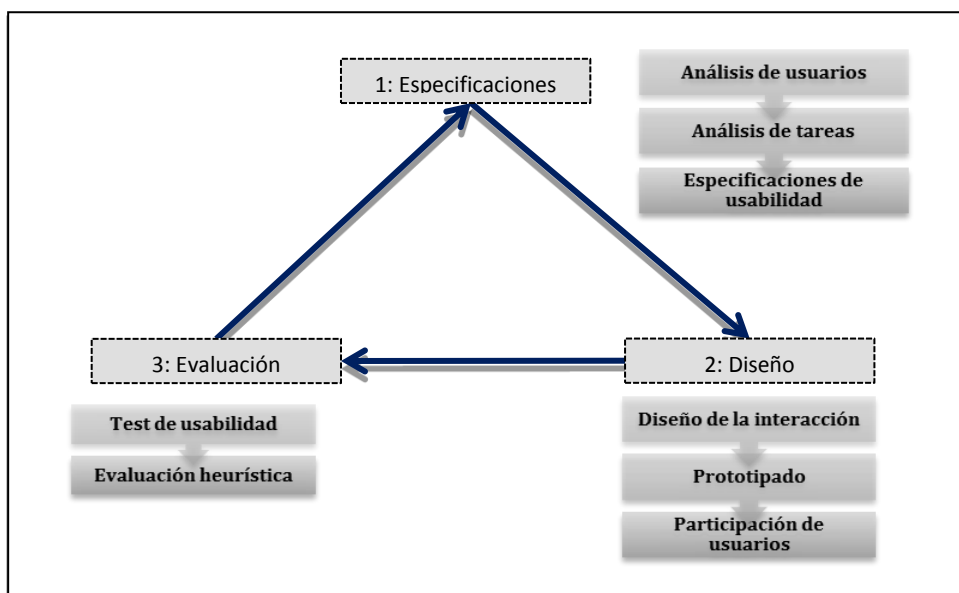


Figura 2.4: Ciclo de vida de la ingeniería de usabilidad

2.3.2.5. Especificaciones

En esta etapa del ciclo se elaboran unas especificaciones de usabilidad intentando que realmente reflejen el nivel de usabilidad del sistema en los aspectos específicos que más interesen. Estas especificaciones dirigirán el proceso iterativo de desarrollo, pero

para crearlas será necesario identificar previamente a los usuarios y las tareas que van a desarrollar con el sistema. Esta fase está estrechamente relacionada con la ingeniería de requisitos.

A continuación, se detallan las tres actividades a realizar en la etapa de especificaciones: análisis de usuario, análisis de tareas y especificaciones de usabilidad (D. J. Mayhew, 1999).

Análisis de usuarios

El análisis de usuarios tiene como objetivo final conocer a fondo a los usuarios para los cuales se estará desarrollando un producto o sistema, en esta actividad se recaba información esencial del usuario que ayuda a conocer el perfil del usuario (Maguire & Bevan, 2002). En la Tabla 2.4 se explican las técnicas más utilizadas para analizar a los usuarios.

Tabla 2.4: Técnicas para análisis de usuarios⁴

Técnica	Uso	Tipo de datos	Ventajas	Desventajas
Cuestionarios	Preguntas específicas	Cuantitativos y cualitativos	Puede llegar a muchas personas rápidamente	Las respuestas pueden no ser lo que necesitas
Entrevistas	Explorar problemas	Mayormente cualitativos, pocos cuantitativos	Promueve el contacto entre desarrolladores y usuarios	Mucho tiempo. Ambiente artificial puede intimidar a los entrevistados

⁴ Sharp, H., Y. Rogers, et al. (2002). Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction, Preece, Rogers and Sharp. Pág. 214

Grupos de trabajo y talleres	Recolección de múltiples puntos de vista	Mayormente cualitativos, pocos cuantitativos	Promueve el contacto entre desarrolladores y usuarios	Posibilidad de caracteres dominantes en los usuarios
Observación	Comprender el contexto de la actividad del usuario	Cualitativo	Permite tener otra visión al observar el trabajo y contexto real	Mucho tiempo. Enormes cantidades de datos
Documentación	Aprender acerca de los procedimientos, reglamentos y estándares	Cuantitativo	No se requiere tiempo de los usuarios	El trabajo del día a día será diferente a los procedimientos documentados

Para la recolección de información de un usuario existen diferentes técnicas posibles, las cuales se describen detalladamente en la Tabla 2.4 , cada una de ellas brindan diferentes ventajas y desventajas sobre su uso.

La elección de una técnica va a depender de factores propios del producto que se está desarrollando, por ejemplo: el tiempo, dinero, personal, espacio, entre otros. También en consideración principalmente del tipo de usuarios.

Análisis de tareas

El análisis de tareas describe un conjunto de pasos y técnicas que usan las personas para realizar una actividad o cumplir un objetivo.

El concepto de una tarea es equivalente a un caso de uso en el desarrollo de software orientado a objetos, una tarea es una actividad significativa para el usuario (Deborah J. Mayhew, 1999). El análisis de usuario se utiliza como entrada para el análisis de

tareas. Se deben de identificar aquellas actividades que el usuario realiza actualmente y a las cuales el sistema en desarrollo ayudará a automatizar.

Existen diversas técnicas para plasmar las tareas con sus flujos y métodos. Las tareas tienen dos niveles esenciales según su enfoque: (1) visto solamente desde el usuario y (2) una combinación de las actividades que el usuario realiza con el sistema para realizar diferentes tareas.

Para recabar esta información se pueden utilizar las mismas técnicas descritas en la Tabla 2.4, sin embargo para su representación existen técnicas especiales para esta fase.

Algunas de las técnicas son (van Welie, 2001): análisis jerárquico de tareas (HTA por sus siglas en inglés), el modelo objetivos, operadores, métodos y reglas de selección (GOMS por sus siglas en inglés), modelo a nivel de combinación de teclas (KLM por sus siglas en inglés) y análisis de tareas cognitivas (CTA por sus siglas en inglés).

Existen otros modelos utilizados para el mismo objetivo, cada uno de ellos con diferente nivel de detalle y un enfoque variable, se explica una de ellas a mayor detalle por su uso posteriormente en el modelo.

Análisis jerárquico de tareas

En el HTA se tiene como propósito la descripción de tareas en términos de operaciones y planes en sentido únicamente del usuario (Sharp, Rogers, & Preece, 2002), se divide en: (1) las operaciones; que son actividades que realizan las personas para alcanzar un

objetivo y se pueden descomponer en subtareas y (2) los planes; son una descripción de las condiciones que deben darse cuando se realiza cada una de las actividades.

Las operaciones se pueden descomponer de forma jerárquica y se asigna un plan a cada una de las sub-tareas que aparecen.

Se define un objetivo como un estado determinado del sistema que puede alcanzar el usuario. Aunque se habla de objetivos y tareas, la representación que se realiza describe únicamente la descomposición jerárquica en sub-tareas de las tareas que aparecen en el sistema.

Ejemplo:⁵

0. Con el fin de pedir prestado un libro de la biblioteca

1. Ir a la biblioteca

2. encontrar el libro necesario

2.1 acceso al catálogo de la biblioteca

2.2 acceder a la pantalla de búsqueda

2.3 introducir criterios de búsqueda

2.4 libro requiere identificar

2.5 nota ubicación

3. ir a al estante correcto y recuperar libro

4. Llevar el libro de caja de recepción

Plan 0: Hacer 1-3-4. Si el libro no está en estante, hacer 2-3-4.

Plan 2: Hacer 2.1 -2.4 – 2.5. Si el libro no identificado de la información disponible, hacer 2.2-2.3-2.4-2.5.

⁵ Traducción de: Sharp, H., Y. Rogers, et al. (2002). Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction, Preece, Rogers and Sharp. Pág. 232

Especificaciones de usabilidad

Se establecen *especificaciones de usabilidad* como objetivos cuantitativos de usabilidad, los cuales se definen antes de comenzar con el diseño del sistema. Se basan en los cinco atributos de usabilidad descritos anteriormente (véase sección 2.3.2 Atributos de la usabilidad) o en sub-atributos de los mismos.

De esta actividad se desprenden los requerimientos de usabilidad, los cuales describen la interfaz de usuario en cuanto a su navegabilidad, apariencia, composición, entre otros aspectos. Se basan principalmente en lo que será mejor para los usuarios (Sousa & Furtado, 2005).

Por ejemplo, proporcionar información al usuario, proporcionar orientación al usuario, etc. Los requerimientos de usabilidad, son principalmente generados o establecidos a partir de las necesidades de los usuarios, esta actividad se establece en las primeras etapas del ciclo de vida del desarrollo de un proyecto (Dumas & Loring, 2008).

2.3.2.5. Diseño

Después de es identificado el perfil de usuario y las tareas que deberán de realizarse mediante el sistema, se comienza con la etapa de diseño que es en donde se trabaja en la planeación de la interacción entre el sistema y el usuario. A continuación, se detallan las actividades que se realizan en la etapa de diseño (Gea & Gutiérrez, 2001).

Diseño de la interacción

Es la actividad en la que se planifica como el usuario podrá comunicarse con el sistema para poder llevar a cabo las tareas del mismo (Jakob, 1993). En esta etapa se deben

de tener en mente algunos de los principios generales del buen diseño como intentar lograr una consistencia en la interacción, intentar minimizar la posibilidad de error por parte del usuario, no sobrecargar la memoria del usuario, ofrecer realimentación al usuario sobre sus acciones, etc.

Prototipo

Es la actividad en la que se comienza a hacer bosquejos sobre cómo será la interacción a nivel de componentes y dispositivos entre el usuario y el sistema (Jakob, 1993). Los prototipos se dividen principalmente en baja y alta fidelidad, la diferencia es del tipo de herramienta utilizada para su desarrollo, mientras los de baja fidelidad son creados en papel o herramientas más rudimentarias los de alta fidelidad son desarrollados mediante herramientas de software especiales (Virzi, Sokolov, & Karis, 1996).

Participación de usuarios

En la etapa de diseño es fundamental tener la *participación de usuarios*, ya que sirve como retroalimentación sobre lo que realmente es usable para el usuario y lo que puede ser usable para el diseñador. Involucrar al usuario en el diseño puede evitar que los cambios se tengan que hacer hasta que esté terminado el sistema, lo cual puede aumentar el costo y tiempo de realización del sistema (Gea & Gutiérrez, 2001) .

2.4.1.1. Evaluación

Se define como el acto de medir o identificar problemas potenciales que afectan atributos de calidad de un sistema o dispositivo respecto a usuarios específicos,

desempeñando tareas específicas, en contextos particulares. A continuación, se detallan las actividades que se realizan para la evaluación de la usabilidad de un sistema (Dumas & Loring, 2008)

Test de usabilidad

Consisten en presentar al usuario una serie de tareas a realizar y pedirle que las realice con el prototipo del sistema (Dumas & Loring, 2008). Las acciones y comentarios de usuario ayudan a realizar un análisis sobre el sistema. Algunas de las técnicas utilizadas son: pensar en voz alta (Nielsen, 2012), entrevistas, videos, paseo cognitivo, técnica del mago de Oz (Jakob, 1993).

Evaluación heurística

Es un método informal para el análisis de usabilidad y en donde los evaluadores son personas expertas y no los usuarios, se basa en la experiencia que pueden llegar a tener los evaluadores, por lo tanto, es factor principal la persona y sus conocimientos, como guía para esta evaluación se utilizan las diez heurísticas de Nielsen (Jakob & Rolf, 1990), cada una de las heurística refleja atributos que establecen una mejor calidad en los sistemas en cuanto a su facilidad de uso y las cuales se basan en los atributos de la usabilidad así como los principios del buen diseño, las diez heurísticas que se evalúan son :

1. Visibilidad del estado del sistema
2. Coincidencia entre el sistema y el mundo real
3. Control de Usuario y la libertad

4. Coherencia y normas
5. Prevención de errores
6. Opciones visibles
7. La flexibilidad y la eficiencia de uso
8. Diseño estético y minimalista
9. Diagnóstico y reconocimiento de errores
10. Ayuda y documentación

2.5. Arquitectura de software

Según la IEEE Std 1471-2000 (Hilliard, 2000):

“La arquitectura del software es la organización fundamental de un sistema formada por sus componentes, las relaciones entre ellos y el contexto en el que se implantarán, y los principios que orientan su diseño y evolución”

Existen diferentes modelos y estilos arquitectónicos definidos para la creación de la arquitectura de software, tales como: la arquitectura cliente-servidor, en capas, de llamada y regreso, entre otras (Kendall, Kendall, & Ramos, 2005) . Cada una de ellas más adecuada para algunos casos.

Parte de la arquitectura de software son los patrones de arquitectura, cuyo objetivo es expresar las relaciones que existen entre los diferentes elementos que conforman a una arquitectura (Len, 2001). En los patrones ya se especifica un problema y como solucionarlo y siguen alguno de los estilos o modelos mencionados anteriormente.

Debido a que el enfoque principal del presente trabajo es sobre la usabilidad y los sistemas adaptativos, se explica el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC por sus siglas en inglés), por ser considerado el más adecuado por su facilidad en cuanto al orden de los componentes que permiten tener una interfaz dinámica y adaptativa.

2.5.1. Patrón Modelo-Vista-Controlador

El patrón de arquitectura MVC se divide en tres componentes: modelo, vista y controlador. Se utiliza principalmente cuando el software tendrá una interfaz dinámica, es decir, los componentes y aspectos gráficos pueden cambiar en tiempo real. En la Figura 2.5 se puede apreciar un ejemplo del flujo que sigue en un escenario el patrón MVC (Buschmann, Meunier, Rohnert, Sommerlad, & Stal, 1996).

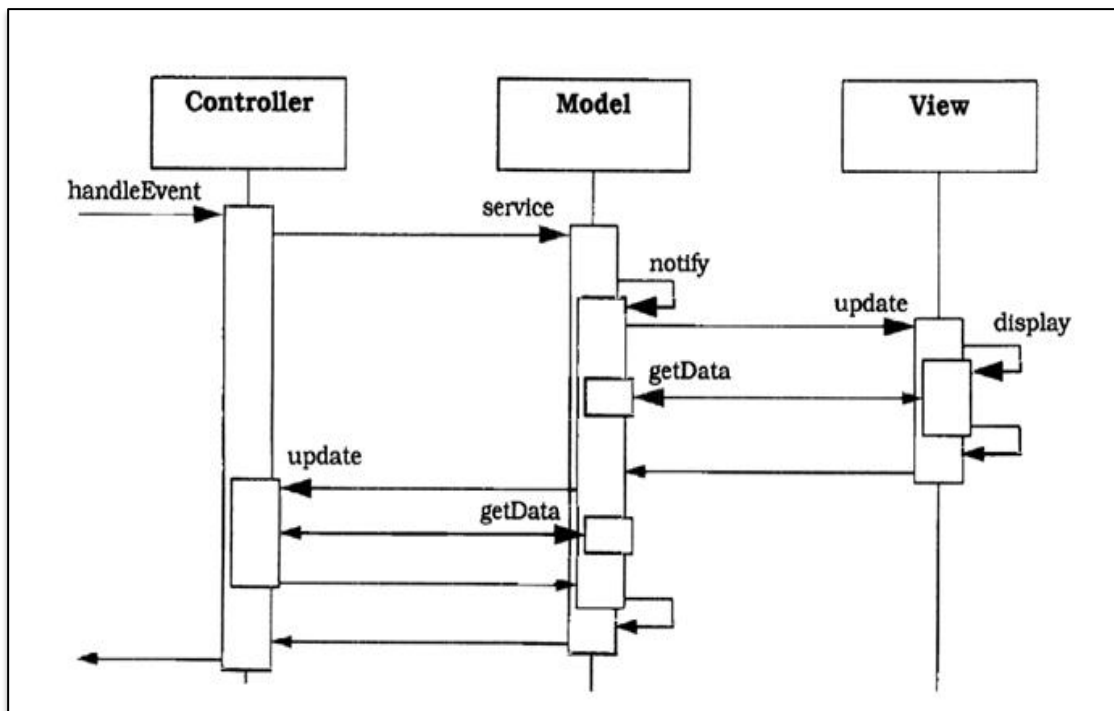


Figura 2.5: Ejemplificación del flujo del patrón MVC⁶

El modelo es donde se organiza la lógica del sistema y la funcionalidad, la vista es el puente del modelo hacia el usuario en donde se muestra la información y el controlador es el componente encargado de establecer los mecanismos por los cuales el usuario interactuará con el sistema (Pedrero, Fuente, Martínez, Vegas, & Villarroel, 2000).

2.6. Proyecto STATUS

La propuesta de tesis basa gran parte de su anatomía relacionada con la usabilidad en estructuras definidas por el proyecto STATUS⁷, nombrado a si por sus siglas en inglés. El enfoque principal del STATUS fue establecer patrones de usabilidad en la arquitectura y relacionarlos con los atributos de la usabilidad. Sin embargo, era complicado establecer una relación directa entre estos dos aspectos y para ello crearon las propiedades de la usabilidad, por lo tanto, dividen la usabilidad en tres niveles: atributos, propiedades y patrones (Len, 2001). La propuesta de tesis trabaja con el mapeo de las relaciones de estos tres conceptos de usabilidad, es por ello que se explica a detalle cada uno de ellos en esta sección.

2.6.1. Atributos

Son el nivel más alto de descripción de la usabilidad, STATUS reduce los cinco atributos mencionados anteriormente a cuatro: eficiencia, tasa de errores/ fiabilidad,

⁶ Buschmann, F., R. Meunier, et al. (1996). Pattern-oriented software architecture: a system of patterns. New York, NY, USA, John Wiley & Sons, Inc.

⁷ STATUS is an ESPRIT project (IST-2001-32298) financed by the European Commission in its Information Society Technologies Program. The partners are Information Highway Group (IHG), Universidad Politecnica de Madrid (UPM), University of Groningen (RUG), Imperial College of Science, Technology and Medicine (ICSTM), LOGICDIS S.A.

satisfacción y facilidad de aprendizaje (Eelke Folmer, 2003). En este último atributo integran lo que es el recuerdo en el tiempo (Eelke, 2005).

2.6.2. *Propiedades*

Las propiedades de usabilidad fueron constituidas retomando como base las heurísticas de Nielsen, así como los principios de diseño que se habían establecido previamente en el área de la usabilidad (Jakob, 1993; Jakob & Rolf, 1990). En la Tabla 2.5 se hace una explicación detallada de cada una de las propiedades.

Tabla 2.5: Propiedades de la usabilidad

Propiedad	Descripción
Retroalimentación	El sistema proporciona información continua sobre el funcionamiento del sistema al usuario
Manejo de errores	El sistema deberá ofrecer una forma de gestionar los errores del usuario, para prevenirlos o ayudar al usuario a recuperarse de ellos.
Consistencia	Siempre que sea posible, la interfaz debe ser uniforme en las forma que las operaciones se activan y la interfaz gráfica mantenga una coherencia en su aspecto en cuanto a colores, formas, posición, etc.
Guías	Se deberá de brindar orientación al usuario sobre el funcionamiento del sistema con el fin en que entienda de forma más sencilla y rápida sobre el manejo del sistema.
Minimizar carga cognitiva	El sistema debe de soportar las limitaciones cognitivas que tienen todos los usuarios y tratar de utilizar lo menos posible los procesos cognitivos del usuario, por tanto se debe explotar al sistema en el sentido de memorizar, realizar operaciones, etc.
Control explícito por parte del usuario	El sistema debe crearle al usuario la impresión en que él tiene el control de la aplicación, sin olvidar los demás patrones para ayuda del usuario.

Mapeo natural	El sistema deberá ofrecer una clara relación entre lo que el usuario quiere hacer y el mecanismo para hacerlo, se basa en las experiencias que el usuario tiene del mundo real y otros sistemas, de tal forma que para el usuario el comportamiento y la composición de la interfaz sean obvias.
Accesibilidad	Incluye el acceso multi-modo, la internacionalización y el apoyo a los usuarios con alguna limitación (motriz, sensorial y/o cognitiva)
Adaptabilidad	El sistema debe ser capaz de satisfacer las necesidades del usuario cuando el contexto cambia, o adaptarse a los cambios en el usuario.

2.6.3. Patrones

Los patrones de usabilidad surgen de la necesidad de plasmar las prácticas de usabilidad en la arquitectura de los sistemas. Un patrón de usabilidad es una recurrente solución para los problemas comunes de diseño (Len, 2001).

En la Tabla 2.6 se describen los quince patrones de usabilidad establecidos por el proyecto STATUS.

Tabla 2.6: Patrones de usabilidad

Propiedad	Descripción
Sistema de retroalimentación	Es el encargado de comunicar al usuario los cambios que se han efectuado en el sistema.
Acciones en varios objetos	Provee un mecanismo que permite al usuario personalizar o agregar acciones, sobre varios objetos a la vez.
Cancelar	Permite al usuario cancelar un comando que ha sido emitido pero ya no se quiere completar, para evitar llegar a un estado de error.
Validación de datos	Verifica si los datos se han introducido correctamente en cuanto al tipo de dato y la sintaxis en una forma o un campo
Historial de sesión	Permite almacenar información y tener un registro sobre las acciones de los usuarios, para poder anticipar el comportamiento o preferencias de los usuarios.
Secuencias de	Provee un mecanismo que permite al usuario realizar una secuencia

comandos	de comandos o acciones a un número de objetos diferentes, con mayor rapidez.
Vistas múltiples	Proveer múltiples vistas (interfaces de usuario) de los mismos datos para usuarios y usos diferentes.
Múltiples canales	Provee un mecanismo para permitir el acceso de diferentes tipos de dispositivos (entrada/salida) que se apeguen a diferentes necesidades y usuarios.
Deshacer	Permite al usuario deshacer el efecto de una acción y regresar al estado anterior, ayuda a recuperarse de algún error.
Modos de usuario	Permite manejar diferentes perfiles de ajustes de acuerdo a las preferencias y habilidades de los usuarios, se enfoca principalmente en el manejo de usuarios novatos y expertos
Perfiles de usuario	Construir y grabar un perfil de cada tipo de usuarios, de modo que los atributos específicos del sistema, (ejemplo. El diseño de la interfaz de usuario, la cantidad de datos u opciones para mostrar) pueden ser activadas o desactivadas cada vez para un diferente usuario.
Wizard	Presenta al usuario una guía de una secuencia estructurada de pasos para llevar a cabo una tarea. La tarea es separada en una serie de subtareas. En cualquier momento, el usuario puede ir atrás y cambiar los pasos del proceso.
Modelo de flujo de trabajo	Provee a diferentes usuarios únicamente las herramientas o acciones que necesitan para realizar su tarea específica en una pieza de datos antes en qué pase a la siguiente persona de la cadena del flujo de trabajo. Utilizada principalmente como procesos de una empresa
Emulación	Permite emular la apariencia y/o comportamiento de un sistema diferente, lo cual permite que el usuario se adapte más fácilmente debido a la similitud entre otro sistema o el mundo real con el nuevo sistema, hace énfasis en la consistencia de una interfaz y su comportamiento.
Sensible al contexto	Controla lo que el usuario está haciendo, y hacer disponible la documentación que es relevante para la terminación de la tarea que el usuario está ejecutando.

2.6.4. Relaciones entre atributos, propiedades y patrones (Proyecto STATUS)

Los tres niveles en los que se divide la usabilidad guardan una relación directa entre ellos, los patrones de arquitectura de usabilidad se relacionan con las propiedades y las propiedades con los atributos de usabilidad. Las relaciones pueden

ser para beneficiar, es decir, un concepto apoya positivamente a otro concepto o puede afectar, es decir, el uso de un concepto específico repercute negativamente en otro (Eelke Folmer, 2003). En la Figura 2.6 se presentan las relaciones entre las entidades descritas anteriormente.

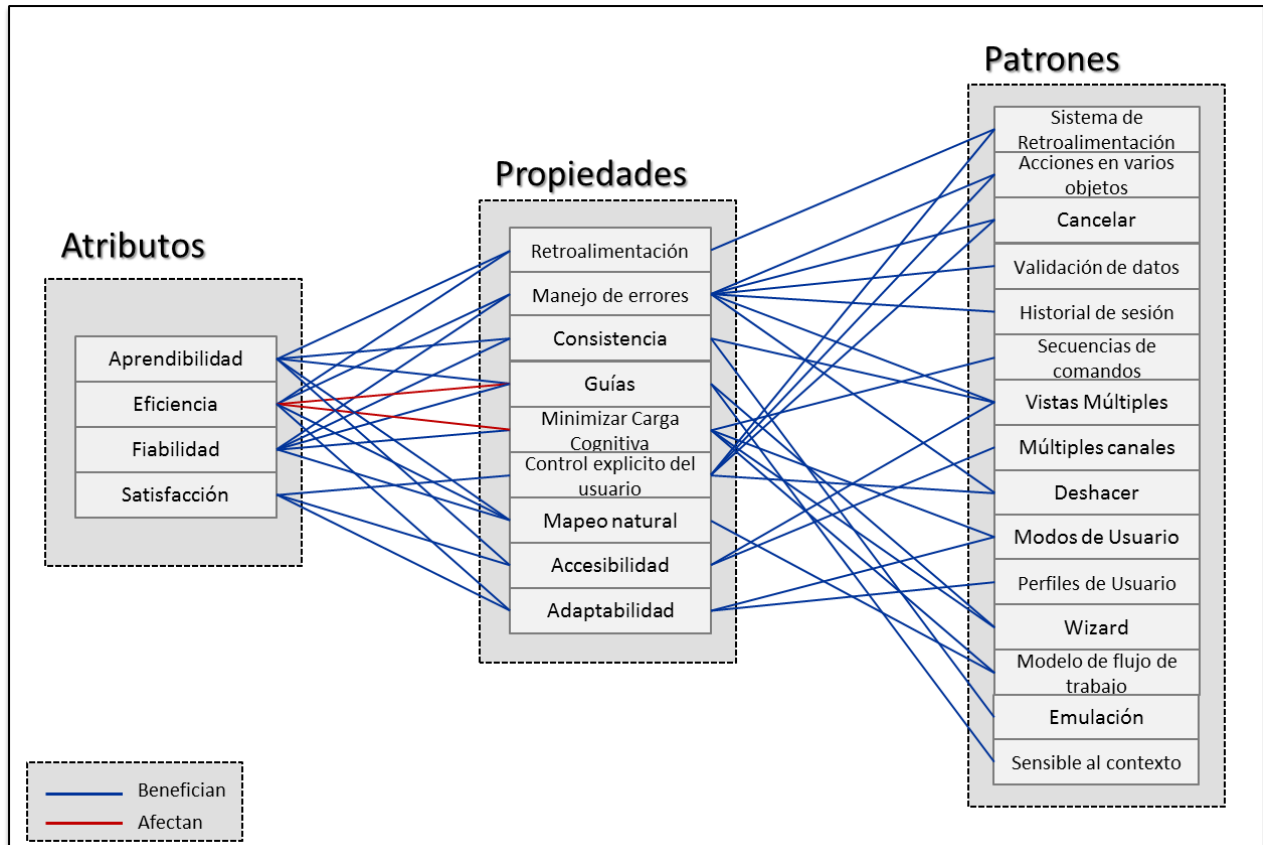


Figura 2.6: Relaciones del proyecto STATUS

CAPÍTULO 3

*MODELO PROPUESTO
PARA DISEÑO DE
INTERFACES GRÁFICAS
DE USUARIO
ADAPTATIVAS*

3. MODELO PROPUESTO PARA DISEÑO DE INTERFACES GRÁFICAS DE USUARIO ADAPTATIVAS

Los entes principales en la interacción humano-computadora son como su mismo nombre lo indica, el humano (usuario) y la computadora (en donde se ejecuta la interfaz). Sin embargo, estos pueden ser desglosados en otros elementos que también tienen relación directa en la interacción.

Para lograr que una interfaz de usuario sea inteligente, es decir, se adapte en tiempo real a las condiciones del usuario específico que en ese momento está interactuando con el sistema, se requiere una estructura diferente a la utilizada actualmente para construir interfaces, es por lo cual se propone el Modelo para Interfaces Gráficas de Usuario Adaptativas (MIGUA).

MIGUA es una aproximación de la integración al proceso de desarrollo de interfaces de usuario de diversos factores humanos (usuario), tareas, patrones de usabilidad, así como las relaciones que se establecen entre ellos, con el fin de poder construir una interfaz adaptativa y usable para cada usuario.

El objetivo es que la interfaz pueda adaptarse a un usuario a la vez, pero sin la necesidad de construir una interfaz especial para cada usuario, sino que en base a diferentes reglas de adaptación, un motor inteligente sea capaz de cambiar la forma y apariencia de la interfaz. Este cambio será de acuerdo a las necesidades del usuario reflejadas en su perfil. La Figura 3.1 es una representación de cómo una misma

Interfaz de Usuario Adaptativa (UIA), podrá presentar una GUI diferente para cada uno de los usuarios que la utilicen.

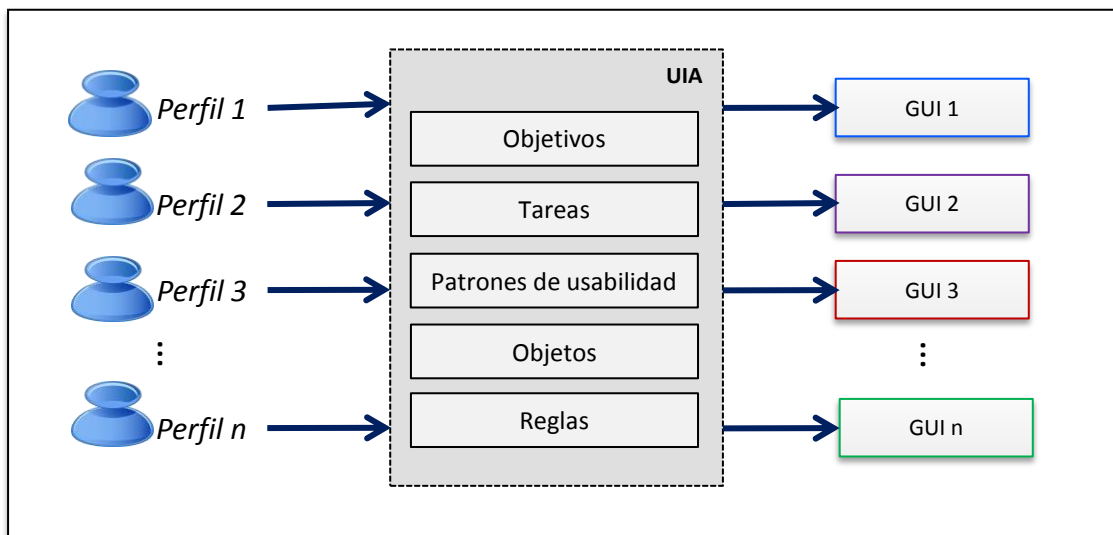


Figura 3.1: Comportamiento para una interfaz de usuario adaptativa

3.1. Postulados, esquemas y reglas

Para el comportamiento adaptativo de la interfaz se proponen diversos postulados y esquemas que describen tres entidades principales del modelo propuesto: usuario, tareas y patrones de usabilidad. También se proponen los elementos que deben de constituir a las reglas que permitan la adaptación de la interfaz.

Los tres elementos mencionados son con el propósito de cubrir los cuatro factores que debe tener una interfaz adaptativa que fueron mencionados anteriormente (véase sección 2.1.1 Interfaces adaptables y adaptativas): constituyentes, determinantes, objetivos y reglas.

3.1.1. Usuario

El usuario es la persona que interactúa con la interfaz y para el modelo propuesto el usuario será el factor determinante para establecer la adaptación de la interfaz.

Postulado 1: Todo atributo de usuario tiene un conjunto de rangos posibles para su medición o clasificación.

Postulado 2: Todo conjunto de elementos utilizados como rangos de un atributo de usuario debe ser finito para poder integrarlo como factor adaptativo.

En base a los postulados anteriores se definieron los siguientes esquemas para la representación de un atributo de usuario.

Esquema 1: Δ (σ_{Δ} , δ_{Δ} , ε_{Δ} , λ) son los elementos que definen a un atributo de usuario.

Donde:

σ_{Δ} : define el nombre de un atributo de usuario.

δ_{Δ} : es la información necesaria para describir el concepto del atributo.

ε_{Δ} : describe la relación e impacto que puede tener el atributo en el momento de la interacción con una UI.

λ : conjunto de η valores utilizados para medir a Δ (atributo de usuario), su esquema es:

Esquema 2: λ (u_1, u_2, \dots, u_n) cada u_n es un par ordenado utilizado para representar los rangos de medición de un atributo de usuario.

Donde: $u_n : < \sigma_{\lambda}, \delta_{\lambda} >$

σ_{λ} : define el nombre asignado al rango de medición.

δ_λ : descripción de las características de este valor: limitaciones, rangos, ventajas, etc.

Cada rango de medición consta de un nombre y una descripción (**Esquema 2**). Si bien los rangos de medición pueden ser establecidos dependiendo del tipo de atributo, se utiliza como base la clasificación presentada en el modelo humano procesador (Stuart K. Card, 1983), en donde se divide al usuario en tres niveles: (1) limitado, representa los rangos más bajos de rendimiento; (2) nominal, utilizado para clasificar en desarrollo normal o (3) avanzado, catalogado para representar el mejor rendimiento del atributo.

El desarrollo del **Esquema 1** y **Esquema 2** es:

$$\Delta (\sigma_\Delta, \delta_\Delta, \varepsilon_\Delta, (< \sigma_{\lambda 1}, \delta_{\lambda 1} >, < \sigma_{\lambda 2}, \delta_{\lambda 2} >, \dots, < \sigma_{\lambda n}, \delta_{\lambda n} >))$$

Existe también la posibilidad en que un conjunto de atributos constituyan a uno más complejo. Por ejemplo, la memoria es un factor cognitivo, pero existen diferentes clasificaciones de ella: memoria de largo plazo, memoria de corto plazo, memoria de trabajo, memoria procedural, semántica, episódica, declarativa, visual y auditiva. Cada una de estas clasificaciones tiene diferentes atributos como tiempo, número de artículos almacenados (7 ± 2), etc. (Stuart K. Card, 1983). Para esta representación se propone el **Esquema 3**.

***Postulado 3:** Un atributo de usuario puede estar compuesto de un conjunto de atributos de usuario.*

Esquema 3: $\Lambda (\sigma_\Lambda, \theta)$ elementos necesarios para la descripción de un atributo que se compone de otros atributos.

Donde:

σ_{Δ} : nombre del atributo compuesto.

θ : es el conjunto de η atributos de usuario ($\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$) que componen al atributo σ_{Δ}

Entre los mismos atributos de usuario pueden existir relaciones positivas y negativas. Una relación de atributos puede ser positiva si un atributo y el rango indicado beneficia y apoya a otro atributo en cuestión. Negativa cuando el atributo causa un efecto perjudicial en el desarrollo del atributo con el cual se le está relacionando. Para su representación se propone el **Esquema 4**.

***Postulado 4:** Un atributo de usuario guarda una relación con uno o más atributos de usuario, la relación puede ser positiva o negativa.*

Esquema 4 : $\Sigma (\pi_1, \pi_2, \tau_{\Sigma}, \varepsilon_{\Sigma})$ define una relación entre dos atributos.

Donde:

π_1 : atributo uno de la relación.

π_2 : atributo dos de la relación.

π_1 y π_2 son un par ordenado $\langle \sigma_{\Delta}, \sigma_{\lambda} \rangle$, en donde:

σ_{Δ} : define el nombre del atributo de usuario, es elemento del **Esquema 1**.

σ_{λ} : define el nombre del rango de medición utilizado para la relación, se puede dejar vacío en caso de que la relación no sea con un rango en específico sino con el atributo en general, elemento del **Esquema 2**.

τ_{Σ} : define el tipo de relación entre dos atributos, el dominio de valores = {positiva, negativa }, donde:

Positiva, si el atributo beneficia el desarrollo del otro atributo

Negativa, si el atributo afecta el desarrollo del otro atributo

ε_{Σ} : explica las razones para establecer la relación entre dos atributos.

Un atributo de adaptación es la unidad básica de descripción de un atributo de usuario para el diseño adaptativo de una interfaz. Para su representación se propone el

Esquema 5.

***Postulado 5:** Un atributo de adaptación define los rangos que deben considerarse de un atributo de usuario para una adaptación.*

Esquema 5: $\Phi (\sigma_{\Phi}, \lambda_{\Phi})$ es la estructura que define a un atributo de adaptación.

Donde:

σ_{Φ} : define el nombre de un atributo de adaptación y el elemento nombre del **Esquema 1**.

λ_{Φ} : conjunto de η rangos que se deben considerar para σ_{Φ} para el diseño adaptativo , en donde:

$\lambda_{\Phi}(\sigma_{\lambda\Phi1}, \sigma_{\lambda\Phi2}, \dots, \sigma_{\lambda\Phi\eta})$, cada elemento proviene del **Esquema 2**, $\sigma_{\lambda\Phi\eta}$ es el nombre de rango que se debe considerar para el atributo.

De tal forma que si se tuviera un atributo X con tres rangos para su medición la estructura desarrollada se representaría de la forma:

σ_{Φ} = nombre.

λ_{Φ} = <rango1, rango2, rango3>

Φ_x = <nombre, < rango1, rango2, rango3>>

Ejemplo:

σ_{ϕ_1} =tipo de aprendizaje.

λ_{ϕ_1} =<visual, auditivo, kinestésico>

Φ_1 = <<tipo de aprendizaje>, <visual, auditivo, kinestésico>>

El conjunto de atributos de adaptación de un sistema conforman el perfil de usuario básico, el cual define los atributos de usuario y rangos sobre los cuales se crean las relaciones y las reglas de adaptación para el diseño de la interfaz, para su representación se propone el **Esquema 6**.

***Postulado 6:** El conjunto de atributos de adaptación de una interfaz integran el perfil básico de usuario para el cual se debería de diseñar la interfaz.*

Esquema 6: β ($\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$) son los η atributos de adaptación que componen al perfil básico.

Cada elemento de este esquema sigue la estructura del **Esquema 5**. Por ejemplo, si se consideran dos atributos de adaptación tales como tipo de aprendizaje y memoria de corto plazo con tres rangos cada uno, la representación sería:

Perfil Básico= <Tipos de aprendizaje, Memoria de corto plazo>, donde:

tipo de aprendizaje =< visual, auditivo, kinestésico>

memoria de corto plazo =< mínima, normal, avanzada>

Desarrollado:

$\beta_{\text{Perfil Básico}} = \langle \langle \langle \text{tipo de aprendizaje} \rangle, \langle \text{visual, auditivo, kinestésico} \rangle \rangle, \langle \langle \text{memoria de corto plazo} \rangle, \langle \text{mínima, normal, avanzada} \rangle \rangle \rangle$

Se propone tener además del perfil básico el concepto de estereotipos, los cuales ayudan a categorizar a los usuarios de acuerdo a la intersección de un conjunto de atributos, de tal forma que el estereotipo es un perfil donde se puede catalogar a algunos usuarios que comparten ciertos rangos. Un estereotipo queda compuesto por un conjunto de η elementos, dicho elementos son pares ordenados integrados por un atributo y un rango en concreto, para su representación se propone el **Esquema 7**.

Postulado 7: Se pueden agrupar atributos de usuario con rangos específicos para describir usuarios que comparten características similares.

Esquema 7: $\xi (\sigma_{\xi}, < \pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n >)$ atributos de adaptación que definen a un estereotipo.

Donde:

σ_{ξ} : nombre del estereotipo.

π_n : atributo de adaptación específico, es un par ordenado $< \sigma_{\phi}, \sigma_{\lambda\phi} >$ que se utiliza para representar un atributo de adaptación y un valor específico, en donde:

σ_{ϕ} : define el nombre del atributo de adaptación, elemento del **Esquema 5**.

$\sigma_{\lambda\phi}$: define el nombre del rango específico, elemento del **Esquema 5**.

Ejemplo:

Se obtiene el estereotipo novato para describir al usuario cuya experiencia con las computadoras o tecnologías es mínima y cuyo conocimiento sobre el dominio del problema es casi nulo, estas cualidades se pueden medir mediante los atributos: experiencia en tecnologías y experiencia en el dominio del problema. Por lo tanto, se crea el estereotipo de nombre novato siguiendo el **Esquema 7**:

$\xi = \langle \text{Estereotipo novato}, \langle \langle \text{experiencia en tecnologías, novato} \rangle, \langle \text{experiencia en el dominio del problema, limitado} \rangle \rangle \rangle$

Como estereotipos se pueden establecer algunos para clasificar usuarios novatos, expertos, niños, adultos, entre otros, en donde si se analizan diferentes atributos como experiencia, actitud, nivel de conocimientos, forma de aprendizaje, entre otros, se puede ver que comparten los mismos rangos.

Otro aspecto importante de documentar para el diseño de una interfaz en cuanto al usuario es el concepto de requerimiento de usuario, cuya función es captura las necesidades y las características del grupo de usuarios (Sharp et al., 2002). Como parte del modelo se plantean cuatro elementos que deben de contener los requerimientos de usuario para su descripción y se propone el **Esquema 8**.

***Postulado 8:** Es importante el número de usuarios que recae en cada rango de medición en un atributo de usuario.*

Esquema 8: $\Gamma_{\text{usuario}} (\rho_{\Gamma}, \alpha, \sigma_{\Delta}, \sigma_{\lambda})$ son los elementos ordenados necesarios para describir un requerimiento de usuario.

Donde:

ρ_{Γ} : representa el número de usuarios se clasifican dentro del σ_{Δ} y σ_{λ} .

α : se utiliza para especificar el usuario que se ha evaluado (administrador, usuario general, etc.).

σ_{Δ} : define el nombre del atributo de usuario (edad, cultura, vista, memoria, etc.), es elemento del **Esquema 1**.

σ_λ : define el nombre del rango de medición sobre el cual se está describiendo el requerimiento (es buena, mala, poco , mucha, etc.), elemento del **Esquema 2**.

Ejemplo de un requerimiento de usuario:

$\Gamma_{\text{usuario_1}}$ = <70%, usuario administrador, experiencia en tecnologías, mínima>

Ejemplificación textual:

$\Gamma_{\text{usuario_1}}$: El 70% de los usuarios administradores tienen una experiencia en tecnologías mínima.

3.1.2. Patrones de usabilidad

La usabilidad está representada principalmente por los patrones de usabilidad, los cuales ayudan en establecer el grado de usabilidad en los sistemas y que por medio de objetos de interacción son representados en la interfaz gráfica de usuario por medio de los cuales los usuarios pueden ejecutar las tareas y cumplir sus objetivos.

Los sistemas se desarrollan con un objetivo principal para satisfacer las necesidades del usuario, es decir, esto representa la funcionalidad principal del sistema. Algunos ejemplos de objetivos principales son: facilitar el aprendizaje, entretener, informar, etc. Cada objetivo principal tiene sus objetivos específicos. Por ejemplo, para facilitar el aprendizaje se pueden tener diferentes objetivos específicos como: mejorar la atención, motivar al alumno, simular un ejercicio, entre otros. Dependiendo de la naturaleza del sistema y de las características del usuario se decide cómo manejar la interfaz, es decir, la usabilidad.

En base a lo anterior se propone el **Esquema 9** para la representación de los objetivos.

Postulado 9: *Todo sistema es diseñado para cumplir un objetivo principal.*

Postulado 10: *Todo sistema tiene un conjunto de objetivos específicos relacionados al objetivo principal que debe cumplir.*

Esquema 9: Ξ (σ_{Ξ} , $O_{\Xi e}$) son los elementos que representan los objetivos del sistema.

Donde:

σ_{Ξ} : objetivo principal del sistema

$O_{\Xi e}$: es el conjunto de η objetivos específicos del sistema: $\langle \sigma_{\Xi e1}, \sigma_{\Xi e2} \dots \sigma_{\Xi en} \rangle$

Postulado 11: *Los patrones de usabilidad son una forma de resolver problemas de usabilidad en una interfaz.*

Postulado 12: *Los patrones de usabilidad según su enfoque se pueden clasificar en: interacción, navegación y adaptación.*

Las tres clasificaciones se determinaron en base a los cinco elementos que Aarón Marcus conceptualiza para toda interfaz de usuario (Stephanidis, 2001).

Esquema 10: Ω (σ_{Ω} , δ_{Ω} , τ_{Ω} , Ψ) define los cuatro elementos esenciales para describir una instancia de un patrón de usabilidad.

Donde:

σ_{Ω} : define el nombre del patrón de usabilidad.

δ_{Ω} : describe el concepto del patrón de usabilidad.

τ_{Ω} : define el tipo de patrón cuyo dominio es = { interacción, navegación o adaptación }.

Ψ : es un conjunto de η pares que representan el objetivo que se quiere alcanzar en cuanto a la usabilidad, su esquema es:

Esquema 11: $\Psi (v_1, v_2, \dots, v_n)$ cada v_n es un par utilizado para representar una propiedad y un atributo de usabilidad que se tiene como objetivo alcanzar con un patrón de usabilidad.

Donde: $v_n : < \sigma_\psi, \delta_\psi >$

σ_ψ : propiedad que se puede beneficiar utilizando el patrón cuyo dominio es= {retroalimentación, manejo de errores, consistencia, guías, minimizar carga cognitiva, control explícito por parte del usuario, mapeo natural, accesibilidad, adaptabilidad} (véase la sección 2.6.2 Propiedades).

δ_ψ : atributo que se puede beneficiar utilizando el patrón, su dominio es={ facilidad de aprendizaje, eficiencia, tasa de errores/ fiabilidad y satisfacción } (véase la sección 2.6.1 Atributos).

De tal forma que el desarrollo del **Esquema 10** y **Esquema 11** es:

$$\Omega (\sigma_\Omega, \delta_\Omega, \tau_\Omega, (<\sigma_{\psi_1}, \delta_{\psi_1} >, <\sigma_{\psi_2}, \delta_{\psi_2} >, \dots, <\sigma_{\psi_n}, \delta_{\psi_n} >))$$

Postulado 13: *Una interfaz gráfica de usuario está compuesta por diferentes objetos de interacción.*

Postulado 14: *Los objetos utilizados en una UI pertenecen a diferentes patrones de usabilidad.*

Esquema 12: $\Theta (\sigma_\theta, \delta_\theta, \varepsilon_\theta, \rho_\theta, \sigma_\Omega)$ elementos necesarios para la representación de un objeto de interacción.

Donde:

σ_θ : define el nombre de un objeto de interacción

δ_θ : explica el concepto del objeto de interacción.

ε_θ : describe en qué casos y para que se puede utilizar el objeto.

ρ_θ : ejemplifica al objeto de interacción, su uso principalmente es con las imágenes.

σ_{Ω} : Elemento del **Esquema 10**, especifica el nombre del patrón de usabilidad al que pertenece el objeto.

Postulado 15: Los objetivos específicos se cumplen mediante los aspectos de usabilidad, por lo tanto, existe una relación entre ellos.

Esquema 13: $Z(\sigma_o, \sigma_u)$ es un par ordenado que establece la relación entre un objetivo específico y un aspecto de usabilidad.

Donde:

σ_o : objetivo específico, elemento del **Esquema 9**.

σ_u : aspecto de usabilidad con el cual se relaciona el objetivo para cubrirlo, tal que cada σ_u puede pertenecer a: atributos de usabilidad, propiedades de usabilidad, patrones de usabilidad u objetos de interacción.

3.1.3. Tareas

Una tarea es una actividad que el usuario quiere realizar en el sistema para lograr un objetivo. En este trabajo se propone dividir a una tarea en: métodos, pasos, acciones y objetos. Para la representación de una tarea se propone el **Esquema 14**.

Las tareas se llevan a cabo por métodos, un método se propone como un conjunto de pasos, es decir, es un flujo que un usuario puede seguir para realizar una tarea. Cada método posteriormente podrá ligarse a un tipo de usuario específico, para ello es necesario el diseño de diferentes métodos, para su representación se propone el **Esquema 15**.

Los métodos están compuestos de pasos, los cuales sirven para representar el flujo, es decir, las subtareas que un usuario debe de realizar para lograr el objetivo de una tarea

a la cual representa el método, los pasos se describen en el **Esquema 16** y **Esquema 17**.

Los pasos se ejecutan por medio de una acción, la cual es una unidad de interacción entre un usuario y el sistema, por ejemplo ingresar usuario, seleccionar una opción, etc., para su representación se propone el **Esquema 18**.

Las acciones se ejecutan sobre objetos por medio de los cuales interactúan los usuarios. Los objetos son principalmente los componentes gráficos con los que el usuario podrá interactuar con el sistema, su representación es mediante el e.

Postulado 16: Todo sistema tiene un conjunto de tareas representativas para el usuario.

Postulado 17: Una tarea puede realizarse por medio de un conjunto finito de métodos.

Postulado 18: Un método está compuesto por un conjunto ordenado y finito de pasos.

Postulado 19: Un paso se ejecuta por medio de un conjunto finito de acciones.

Postulado 20: Una acción se ejecuta sobre un objeto.

De los postulados anteriores se derivan nuevos esquemas:

Esquema 14: $T(\sigma_T, \delta_T, M_T)$ elementos necesarios para la descripción de una tarea.

Donde:

σ_T : nombre de la tarea.

δ_T : descripción de la tarea.

M_T : es el conjunto de métodos que de los cuales una tarea se puede llevar a cabo, cada elemento se define como:

Esquema 15: $M(\sigma_M, \delta_M, P_M)$ son los elementos necesarios para la descripción de un método.

Donde:

σ_M : nombre representativo del método.

δ_M : descripción del método.

P_M : es el conjunto de pasos que componen a un método, cada paso se define mediante el

Esquema 16 o **Esquema 17**:

Esquema 16: $P(\sigma_P, \sigma_{nP})$ son los elementos necesarios para la descripción de un paso simple.

Donde:

σ_P : número del paso dentro del método.

σ_{nP} : nombre del paso.

Esquema 17: $P(\sigma_P, A_P)$ son los elementos necesarios para la descripción de un paso.

Donde:

σ_P : número del paso dentro del método.

A_P : conjunto de acciones por medio de las cuales se puede ejecutar un método.

Esquema 18: $A(\sigma_A, \Theta_{CA})$ son los elementos necesarios para la descripción de una acción.

Donde:

σ_A : nombre de la acción.

Θ_{CA} : conjunto de objetos por medio de los cuales se ejecuta una tarea (**Esquema 12**).

De tal forma que:

$A_P = \langle A_{P1}, A_{P2}, \dots, A_{Pk} \rangle$, en donde:

$A_{Pk} = \langle \sigma_{Ak}, \Theta_{CA} \rangle$, se define por el **Esquema 18**

$\Theta_{CA} = \langle \sigma_{\theta1}, \sigma_{\theta2}, \dots, \sigma_{\theta n} \rangle$ (elementos del **Esquema 20**)

Tomando en cuenta que una tarea (**Esquema 14**) se puede ejecutar por uno o η métodos, un método (**Esquema 15**) está compuesto por una cantidad finita y ordenada de η pasos, un paso (**Esquema 16** o **Esquema 17**) puede llevarse a cabo por una o más acciones y una acción (**Esquema 18**) se ejecuta sobre uno o más objetos (**Esquema 12**), se obtiene la representación completa de una tarea, con la sustitución de cada esquema dentro de otro.

De tal forma que una tarea se compone de:

$T = \langle \sigma_T, \delta_T, M \rangle$, se define por el **Esquema 14**

$M = \langle M_1, M_2, \dots, M_i \rangle$

$M_i = \langle \sigma_{Mi}, \delta_{Mi}, P_M \rangle$, se define por el **Esquema 15**

$P_M = \langle P_{M1}, P_{M2}, \dots, P_{Mj} \rangle$

$P_{Mj} = \langle \sigma_{Pj}, A_P \rangle$, se define por el **Esquema 17**

$A_P = \langle A_{P1}, A_{P2}, \dots, A_{Pk} \rangle$

$A_{Pk} = \langle \sigma_{Ak}, \Theta_{CA} \rangle$, se define por el **Esquema 18**

$\Theta_{CA} = \langle \sigma_{\theta1}, \sigma_{\theta2}, \dots, \sigma_{\theta n} \rangle$ (elementos del **Esquema 12**)

3.1.4. Relaciones entre atributos de usuario con elementos de usabilidad

Las relaciones surgen de la conjunción de dos o más esquemas de los explicados anteriormente.

Postulado 21: Un atributo de usuario puede tener una relación directa con uno o más patrones de usabilidad.

Esquema 19: $\Upsilon_{\text{patrón}}(\pi, \sigma_{\Omega}, \tau_{\gamma})$ elementos necesarios para la representación de una relación entre un atributo de usuario y un patrón de usabilidad.

Donde:

π : atributo de usuario necesario para la relación, es un par ordenado $\langle \sigma_{\Delta}, \sigma_{\lambda} \rangle$, en donde:

σ_{Δ} : define el nombre del atributo de usuario, es elemento del **Esquema 1**.

σ_{λ} : define el nombre del rango de medición utilizado para la relación, elemento del **Esquema 2**.

σ_{Ω} : define el nombre del patrón de usabilidad con el cual se establece la relación, es elemento del **Esquema 10**.

τ_{γ} : define el tipo de relación entre el atributo y el patrón, su dominio es = {positiva, negativa }, donde:

Positiva, si el uso del patrón beneficia al usuario de acuerdo π .

Negativa, si el uso del patrón afecta al usuario de acuerdo π .

Postulado 22: Un atributo de usuario puede tener una relación directa con uno o más objetos de interacción.

Esquema 20 : $\Upsilon_{\text{objeto}}(\pi, \sigma_{\Theta}, \tau_{\gamma})$ elementos necesarios para la representación de una relación entre un atributo de usuario y un objeto de interacción.

Donde:

π : atributo de usuario necesario para la relación, es un par ordenado $\langle \sigma_{\Delta}, \sigma_{\lambda} \rangle$, en donde:

σ_{Δ} : define el nombre del atributo de usuario es elemento del **Esquema 1**.

σ_{λ} : define el nombre del rango de medición utilizado para la relación es elemento del **Esquema 2**.

σ_{θ} : define el nombre objeto con el cual se establece la relación y es elemento del **Esquema 12**.

τ_{γ} : define el tipo de relación entre el atributo y el objeto, su dominio es = {positiva, negativa }, donde:

Positiva, si el uso del objeto beneficia al usuario de acuerdo π .

Negativa, si el uso del objeto afecta al usuario de acuerdo π .

De acuerdo a los postulados y esquemas anteriores se pueden establecer relaciones entre las entidades principales; dichas relaciones son las que permiten la interacción entre el usuario y la interfaz. Estas relaciones quedan descritas mediante los requerimientos de usabilidad y se propone el **Esquema 21** para la descripción de los elementos que deben considerar para su descripción.

***Postulado 23:** Un requerimiento de usabilidad establece la relación entre un usuario, un objeto, una acción, una tarea y el objetivo por el cual se selecciona dicho objeto.*

Esquema 21: $\Gamma_{\text{usabilidad}} (\alpha, \sigma_{\Gamma}, \sigma_{\Delta}, \sigma_{\theta}, \sigma_{\tau})$ son los elementos necesarios para la descripción de un requerimiento de usabilidad.

Donde:

α = es la persona que podrá interactuar con el objeto.

σ_Y = objetivo que se quiere alcanzar en al utilizar el elemento σ_θ de acuerdo al usuario π , su dominio es = {retroalimentación, manejo de errores, consistencia, guías, minimizar carga cognitiva, control explícito por parte del usuario, mapeo natural, accesibilidad, adaptabilidad} (véase la sección 2.6.2 Propiedades).

σ_A = es la acción para la cual se redacta el requerimiento , elemento del **Esquema 18**.

σ_θ = es el objeto sobre el cual se podrá ejecutar la acción, elemento del **Esquema 12**.

σ_T = la tarea a la cual pertenece el requerimiento , elemento del **Esquema 14**.

Ejemplo de un requerimiento de usabilidad:

$\Gamma_{\text{usabilidad}}$ 1=<usuario, registrarse, ingresar información, formas y campos validados, manejo de errores >

Ejemplificación textual:

$\Gamma_{\text{usabilidad}}$ 1: El usuario podrá registrarse ingresando la información mediante formas y campos validados, por medio de los cuales el sistema establece un manejo de errores.

3.2. Reglas de adaptación

Las reglas de adaptación son las que permiten que una interfaz pueda cambiar la forma en la que se ejecuta una tarea. La forma de ejecutarse debe ser dependiente de las características del usuario, es por ello que los atributos de usuario y atributos de adaptación forman parte esencial de los elementos de las reglas, al igual que los elementos que describen a las tareas.

Las reglas de adaptación se proponen bajo la estructura *IF...THEN*, en donde se establece un valor de entrada que da como salida otro valor específico.

Para las entradas los valores de las variables se retoman de los esquemas descritos para la representación del usuario y las tareas. Las salidas representan un valor de recomendación, es decir, que tan recomendable es utilizar esa salida de acuerdo a los valores de las entradas que tienen las reglas y se basan en los esquemas para la descripción de las tareas y de los patrones de usabilidad.

Se propone calificar con tres valores las salidas: (1) poco recomendable; describe que las condiciones de las salidas no son las más óptimas para beneficio del usuario de acuerdo a su perfil y a la tarea en la que está interactuando, (2) recomendable; establece un beneficio neutral para el usuario al utilizar la salida que se tiene en la regla descrita y (3) muy recomendable, es la relación que representa el mayor beneficio para el usuario y la más óptima para su perfil.

Los valores en los que se ha propuesto clasificar las salidas ayudan a tener al menos una forma en la que el usuario podrá interactuar independientemente de sus limitaciones y necesidades, principalmente la adaptación de la interfaz debe basarse en aquellas salidas cuyos valores sean más recomendables.

Se propone dividir las reglas de adaptación en varios niveles dependiendo de las entradas que se tienen. En la Tabla 3.1 se presentan las diferentes estructuras que pueden tener una regla y cuáles son las posibles salidas según los datos de entrada.

Tabla 3.1: Elementos de las reglas de adaptación

Nivel	Entrada	Salida
1	Atributo(s) de usuario , Tarea	Método(s)
2	Atributo(s) de usuario ,Tarea , Método	Paso(s)
3	Atributo(s) de usuario ,Tarea , Método , Paso	Acción(es)
4	Atributo(s) de usuario , Tarea , Método , Paso , Acción	Objeto(s)

Nivel 1

Permiten la adaptación de métodos que estén explícitamente diseñados para uno o más atributos, su principal uso recae también en el concepto de los estereotipos descritos anteriormente, para este nivel de reglas es necesario conocer la tarea que se está ejecutando y al menos un atributo de usuario y su rango de desarrollo.

Regla de un solo atributo:

IF aux_i is r_j AND $tarea$ is T_1 THEN M_1 is v

Regla de dos o más atributos:

IF aux_i is r_j ... aux_{i+1} is r_{j+1} AND $tarea$ is T_1 THEN M_1 is v

Entradas:

aux_i = nombre de atributo de usuario

r_j = rango específico

T_1 = tarea específica que está ejecutando el usuario actualmente

Salida:

M_1 = método sobre el cual se está estableciendo la relación

v = valor de la recomendación de la relación (muy recomendable, recomendable o poco recomendable)

Ejemplo: Si se tuvieran dos estereotipos basados en la experiencia de los usuarios en cuanto al uso de las tecnologías: (1) novato y (2) experto. Se pueden tener n métodos para la tarea X y se puede ligar uno de estos métodos específicamente al estereotipo de novato. El método 1 puede constar de más guías (patrón de ayuda sensible al contexto) y otro método 2 que no tuviera estas guías para un estereotipo experto.

Como se puede apreciar en la Figura 3.2, el patrón de ayuda al contexto tiene relación con tres atributos de la usabilidad, beneficia a satisfacción y facilidad de aprendizaje pero afecta el de eficiencia. Para un usuario novato la eficiencia se puede afectar porque primero necesita aprender el sistema, sin embargo, para un usuario experto la eficiencia es primordial sobre las guías pues dentro de sus necesidades ya no entra la ayuda que el sistema le puede brindar.

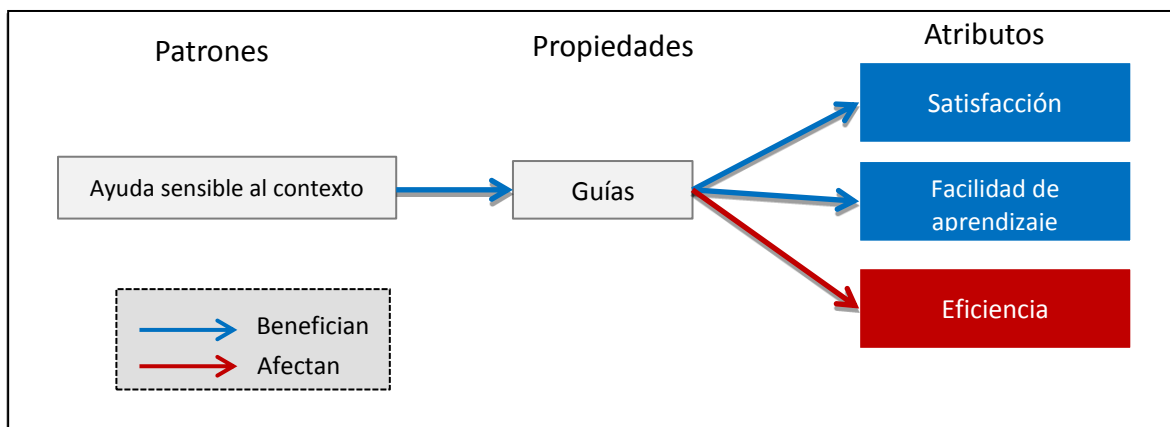


Figura 3.2: Ayuda sensible al contexto y sus relaciones de usabilidad

Tomando como base la relación de la Figura 3.2 y los estereotipos novato y experto y bajo la estructura decretada anteriormente se pueden derivar diversas reglas:

IF **usuario** is **novato** AND **tarea** is **tarea X** THEN **método 1** is **muy recomendable**

IF **usuario** is **novato** AND **tarea** is **tarea X** THEN **método 2** is **poco recomendable**

IF **usuario** is **experto** AND **tarea** is **tarea X** THEN **método 2** is **muy recomendable**

IF **usuario** is **experto** AND **tarea** is **tarea X** THEN **método 1** is **poco recomendable**

Nivel 2

Especifican la recomendación de un paso teniendo como conocimiento previo al menos un atributo de usuario o un estereotipo y también la tarea y el método de interacción.

Regla de un solo atributo:

IF **aux_i** is **r_j** AND **tarea** is **T₁** AND **método** is **M₁** THEN **P₁** is **v**

Regla de dos o más atributos:

IF **aux_i** is **r_j** ... **aux_{i+1}** is **r_{j+1}** AND **tarea** is **T₁** AND **método** is **M₁** THEN **P₁** is **v**

Entradas:

aux_i = nombre de atributo de usuario

r_j = rango específico

T₁ = tarea específica actual

M₁ = método elegido actual

Salida:

P₁ = paso sobre el cual se está estableciendo la relación

v = valor de la recomendación de la relación (muy recomendable, recomendable o poco recomendable)

Por ejemplo:

IF **experiencia** is **limitada** AND **tarea** is **iniciar sesión** AND **método** is **básico** THEN **definir horario manualmente** is **poco recomendado**

IF **experiencia** is **limitada** AND **tarea** is **iniciar sesión** AND **método** is **básico** THEN **definir horario automáticamente** is **muy recomendado**

Nivel 3

En caso en que un paso tenga varias acciones por las cuales se puede ejecutar y que una de esas acciones sea más apta para un atributo que para otro se utilizan estas reglas para definir el comportamiento de adaptación.

Regla de un solo atributo:

IF **aux_i** is **r_j** AND **tarea** is **T1** AND **método** is **M₁** AND **paso** is **P1** THEN **A₁** is **v**

Regla de dos o más atributos:

IF **aux₁** is **r_j** ... **aux_{i+1}** is **r_{j+1}** AND **tarea** is **T1** AND **método** is **M₁** AND **paso** is **P1** THEN **A₁** is **v**

Entradas:

aux_i = nombre de atributo de usuario

r_j = rango específico

T₁ = tarea específica

M₁ = método elegido

P₁ = paso actual

Salida:

A_1 = acción sobre la cual se está estableciendo la recomendación

v = valor de la recomendación de la relación (muy recomendable, recomendable o poco recomendable)

Por ejemplo:

IF **vista** is **limitada** AND **tarea** is **iniciar sesión** AND **método** is **básico** AND **paso** is **ingresar usuario**
THEN **teclear usuario** is **poco recomendado**

IF **vista** is **limitada** AND **tarea** is **iniciar sesión** AND **método** is **básico** AND **paso** is **ingresar usuario**
THEN **mencionar usuario** is **muy recomendado**

Nivel 4

Son las reglas más granulares pues se relaciona directamente a los objetos con los atributos de usuario. Para ellas es necesario conocer previamente la tarea, método, paso y acción a las cuales está relacionado el objeto.

Regla de 1 solo atributo:

IF **aux_i** is **r_j** AND **tarea** is **T₁** AND **método** is **M₁** AND **paso** is **P₁** AND **acción** is **A₁** THEN **O₁** is **v**

Regla de dos o más atributos:

IF **aux_i** is **r_j** ... **aux_{i+1}** is **r_{j+1}** AND **tarea** is **T₁** AND **método** is **M₁** AND **paso** is **P₁** AND **acción** is **A₁** THEN
O₁ is **v**

Entradas:

aux_i = nombre de atributo de usuario

r_j = rango específico

T₁= tarea específica

M₁ = método elegido

P₁ = paso actual

A₁ = acción ejecutándose

Salida:

O₁= objeto sobre el cual se está estableciendo la recomendación

v= valor de la recomendación de la relación (muy recomendable, recomendable o poco recomendable)

Por ejemplo:

IF memoria visual is limitada AND tarea is iniciar sesión AND método is básico AND paso is ingresar contraseña AND acción is seleccionar contraseña THEN imagenes is poco recomendado

IF memoria visual is limitada AND tarea is iniciar sesión AND método is básico AND paso is ingresar contraseña AND acción is seleccionar contraseña THEN audio is muy recomendado

3.3. Factores adaptativos

Los cuatro factores que se deben tener para un sistema adaptativo (véase sección 2.1.1 Interfaces adaptables y adaptativas) se cubren con los esquemas y reglas explicadas anteriormente que describen las tres entidades principales en las que se basa el modelo.

En la Tabla 3.2 se pueden apreciar los elementos que se relacionan directamente con los cuatro factores.

Tabla 3.2: Relación entre los factores que integran a un sistema adaptativo y los elementos propuestos

Factor	Elemento propuesto
Constituyentes	Esquema 10 (patrón de usabilidad), Esquema 12 (objeto de interacción), Esquema 14 (tarea), Esquema 15 (método), Esquema 16 (paso), Esquema 17 (paso), Esquema 18 (acción)
Determinantes	Esquema 5 (atributo de adaptación), Esquema 6 (perfil básico), Esquema 7 (estereotipo), Esquema 8 (requerimiento de usuario)
Objetivos	Esquema 9 (objetivos del sistema), Esquema 11 (relación patrón de usabilidad- aspectos de usabilidad), elemento dentro del Esquema 21 (requerimientos de usabilidad)
Reglas	Reglas de adaptación Esquema 19 (relación patrón de usabilidad - atributo de usuario), Esquema 20 (relación objeto de interacción - atributo de usuario)

Los objetivos que se describen con los elementos mencionados en la Tabla 3.2 cubren los objetivos específicos que se pueden alcanzar con un objeto y un patrón para determinado atributo de usuario, es decir, el constituyente que se obtiene mediante un determinante. Sin embargo, existe también un objetivo general para el comportamiento adaptativo que está relaciona con la hipótesis de este trabajo (véase la hipótesis **H3** en la sección 1.4 Hipótesis); aumentar el grado de usabilidad para un usuario específico.

3.4. Catálogos

Un catálogo es un concepto creado como parte de la propuesta para describir conjuntos de objetos que están previamente definidos en cuanto a su estructura. Cada catálogo tiene una definición y un conjunto de elementos que lo componen y que se definen mediante los esquemas descritos anteriormente.

Los catálogos del modelo son: atributos del usuario, patrones de usabilidad y relaciones de usuario-usabilidad, cada uno de ellos es descrito más adelante.

3.4.1. Catálogo de atributos de usuario

Este concepto surge de la necesidad de tener una base para que los desarrolladores puedan orientarse sobre los atributos que se pueden integrar a un perfil de usuario al momento de diseñar una interfaz de usuario gráfica.

Se describe cada atributo de usuario (**Esquema 1**) en cuanto a sus rangos de medición (**Esquema 2**), la importancia de su incorporación en el diseño de interfaces y las relaciones (**Esquema 4**) que tienen con otros atributos de usuario. En la Tabla 3.3 se describe una plantilla que se puede seguir para la representación de información sobre los atributos de usuario modelables.

Tabla 3.3: Artefacto del modelado de usuario

Nombre del Atributo			
Descripción:	Escribir la información necesaria para describir el concepto del atributo		
Implicaciones:	Describir la relación e impacto que puede llegar a tener el atributo en el momento de la interacción con una UI		
Rangos de medición			
Rangos	Descripción		
Rango 1	Se hace una descripción de las características de este valor tal como: limitaciones, rangos, ventajas, etc.		
Rango n	...		
Relación con otros atributos			
Atributo	Rango	Tipo de relación	Justificación
Nombre Atributo 1	Rango	Positiva	razones de la relación positiva
Nombre Atributo n	Rango	Negativa	razones de la relación negativa

En la Tabla 3.4 se detalla la información correspondiente al atributo de usuario *memoria de corto plazo* y la relación que tiene con otros atributos de usuario.

Tabla 3.4: Memoria de corto plazo

Memoria de corto plazo($\sigma_{\Delta 1}$)			
Descripción:	Es la capacidad de almacenar información por máximo un minuto, según estudios el número de elementos que se pueden almacenar es de 7 ± 2 . ($\delta_{\Delta 1}$)		
Implicaciones:	La forma en la que se presente la información tiene repercusión en el uso de este atributo, ya que las personas recuerdan más los primeros y últimos elementos de una lista, los objetos que sobresalen y que tienen un parecido con la realidad son más fáciles de recordar (Frank E. Ritter, 2010), es más fácil reconocer que tener que recordar, la información concreta (palabras) es más fácil de recordarla en el proceso de intentar recuperar la información que los datos abstractos (iconos confusos) (Weinschenk, 2011) ($\epsilon_{\Delta 1}$)		
Rangos de medición (λ)			
Rangos	Descripción		
Limitado ($\sigma_{\lambda 1}$)	Describe al usuario que en algún examen arroje valores limitados en cuanto a recordar elementos en un tiempo máximo de un minuto, olvida fácilmente las tareas que está ejecutando. ($\delta_{\lambda 1}$)		
Nominal ($\sigma_{\lambda 2}$)	Es un usuario considerado con un desarrollo normal de la memoria de corto plazo. ($\delta_{\lambda 2}$)		
Avanzado ($\sigma_{\lambda 3}$)	Usuario que obtenga los valores más altos en las pruebas de memoria como el mayor número de elementos recordados. ($\delta_{\lambda 3}$)		
Relación con otros atributos			
Atributo	Rango	Tipo de relación	Justificación
Atención (π_{n1})	Limitado (π_{r1})	Negativa ($\tau_{\Sigma 1}$)	Si un usuario tiene problemas de atención su memoria se verá reducida debido a la necesidad de este atributo para el proceso de memorización de un elemento. ($\epsilon_{\Sigma 1}$)
Atención (π_{n2})	Avanzado (π_{r1})	Positiva ($\tau_{\Sigma 2}$)	Mientras mayor atención preste un usuario a un elemento mayor será la facilidad del proceso de almacenamiento de información. ($\epsilon_{\Sigma 2}$)

Representación del atributo:

$\Delta_1 = \langle \sigma_{\Delta 1}, \delta_{\Delta 1}, \epsilon_{\Delta 1}, \langle \lambda \rangle \rangle$ (definido bajo el **Esquema 1**), en donde:

$\lambda = \langle \langle \sigma_{\lambda 1}, \delta_{\lambda 1} \rangle, \langle \sigma_{\lambda 2}, \delta_{\lambda 2} \rangle, \langle \sigma_{\lambda 3}, \delta_{\lambda 3} \rangle \rangle$ (definido bajo el **Esquema 2**)

Relaciones con otros atributos:

$\Sigma_{1\Delta 1} = \langle \sigma_{\Delta 1}, \langle \pi_{n1}, \pi_{r1} \rangle, \tau_{\Sigma 1}, \varepsilon_{\Sigma 1} \rangle$ (definido bajo el **Esquema 4**)

$\Sigma_{2\Delta 1} = \langle \sigma_{\Delta 1}, \langle \pi_{n2}, \pi_{r2} \rangle, \tau_{\Sigma 2}, \varepsilon_{\Sigma 2} \rangle$ (definido bajo el **Esquema 4**)

Los valores de cada elemento de Δ_1 y λ se pueden consultar en la Tabla 3.4

Utilizando como base los esquemas anteriores se tiene la representación de una segunda instancia de este catálogo, cuya representación formal queda descrita de la siguiente forma:

Representación del atributo:

$\Delta_2 = \langle \sigma_{\Delta 2}, \delta_{\Delta 2}, \varepsilon_{\Delta 2}, \langle \lambda \rangle \rangle$ (definido bajo el **Esquema 1**), en donde:

$\lambda = \langle \langle \sigma_{\lambda 1}, \delta_{\lambda 1} \rangle, \langle \sigma_{\lambda 2}, \delta_{\lambda 2} \rangle, \langle \sigma_{\lambda 3}, \delta_{\lambda 3} \rangle \rangle$ (definido bajo el **Esquema 2**)

Relaciones con otros atributos:

$\Sigma_{1\Delta 2} = \langle \sigma_{\Delta 2}, \langle \pi_{n1}, \pi_{r1} \rangle, \tau_{\Sigma 1}, \varepsilon_{\Sigma 1} \rangle$ (definido bajo el **Esquema 4**)

$\Sigma_{2\Delta 2} = \langle \sigma_{\Delta 2}, \langle \pi_{n2}, \pi_{r2} \rangle, \tau_{\Sigma 2}, \varepsilon_{\Sigma 2} \rangle$ (definido bajo el **Esquema 4**)

Los valores de cada elemento de Δ_2 y λ se pueden consultar en la Tabla 3.5.

En la Tabla 3.5 se describe a detalle el atributo de usuario *memoria de largo plazo*, sus posibles rangos y relaciones con otros atributos, cuya información se presenta en base a los elementos que se describen los esquemas anteriores.

Tabla 3.5: Memoria de largo plazo

Memoria de largo plazo($\sigma_{\Delta 2}$)			
Descripción:	Contiene los conocimientos disponibles del usuario y es la representación del ciclo reconocimiento-actuar. La memoria de largo plazo dentro del procesador cognitivo tiene la funcionalidad de “reconocer” algo que ya se tiene almacenado previamente, el tiempo de almacenamiento va desde mayor a un minuto hasta infinito(Stuart K. Card, 1983). ($\delta_{\Delta 2}$)		
Implicaciones:	Es más sencillo para las personas reconocer que recordar, por lo tanto, las opciones más importantes deben de estar visibles para que los usuarios no tengan que memorizar comandos. ($\epsilon_{\Delta 2}$)		
Rangos de medición (λ)			
Rangos	Descripción		
Limitado($\sigma_{\lambda 1}$)	Es el usuario que tiene más problemas en recordar y reconocer eventos, imágenes, etc. con los que ha convivido anteriormente ($\delta_{\lambda 1}$)		
Nominal($\sigma_{\lambda 2}$)	Usuario con un desarrollo normal de la memoria($\delta_{\lambda 2}$)		
Avanzado($\sigma_{\lambda 3}$)	Usuarios que tengan un desarrollo por encima de lo que los test de memoria ($\delta_{\lambda 3}$) describan		
Relación con otros atributos			
Atributo	Rango	Tipo de relación	Justificación
Atención (π_{r1})	Limitado (π_{r1})	Negativa($\tau_{\Sigma 1}$)	Si un usuario tiene problemas de atención su memoria se verá reducida debido a la necesidad de este atributo para el proceso de memorización de un elemento($\epsilon_{\Sigma 1}$)
Atención (π_{r2})	Avanzado(π_{r2})	Positiva ($\tau_{\Sigma 2}$)	Mientras mayor atención preste un usuario a un elemento mayor será la facilidad del proceso de almacenamiento de información. ($\epsilon_{\Sigma 2}$)

La Tabla 3.6 contiene la información referente al atributo de usuario *experiencia en tecnologías*, para este atributo en esta primera versión no se han establecido relaciones con otros atributos.

Representación del atributo:

$\Delta_3 = \langle \sigma_{\Delta 3}, \delta_{\Delta 3}, \epsilon_{\Delta 3}, \langle \lambda \rangle \rangle$ (definido bajo el **Esquema 1**), en donde:

$\lambda = \langle \langle \sigma_{\lambda 1}, \delta_{\lambda 1} \rangle, \langle \sigma_{\lambda 2}, \delta_{\lambda 2} \rangle, \langle \sigma_{\lambda 3}, \delta_{\lambda 3} \rangle \rangle$ (definido bajo el **Esquema 2**)

Los valores de cada elemento de Δ_3 y λ e pueden consultar en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6: Experiencia en tecnologías

Experiencia en tecnologías($\sigma_{\Delta 3}$)			
Descripción:	Es uno de los atributos de usuario fundamentales pues establece el nivel de familiaridad que un usuario tiene con las tecnologías, se puede enfocar a una tecnología dependiendo del sistema que se vaya a diseñar. ($\delta_{\Delta 3}$)		
Implicaciones:	Mientras un usuario este mas familiarizado con las tecnologías, mayor será su experiencia, lo cual le permitirá entender y manejar más fácilmente una nueva interfaz, por el contrario, mientras sea menor la experiencia con tecnologías necesitara de más apoyo y guía para una interacción amigable. ($\epsilon_{\Delta 3}$)		
Rangos de medición(λ)			
Rangos	Descripción		
Limitado ($\sigma_{\lambda 1}$)	Es el usuario que ha interactuado casi nada o nada con las tecnologías relacionadas a al sistema que se diseña ($\delta_{\lambda 1}$)		
Nominal ($\sigma_{\lambda 2}$)	Usuario con una familiaridad y uso regular de las tecnologías, capaz de utilizar diferentes tipos de sistemas en un tiempo catalogado dentro de lo normal ($\delta_{\lambda 2}$)		
Avanzado($\sigma_{\lambda 3}$)	Usuarios muy frecuentes de las tecnologías y con un dominio de sistemas que utiliza amplio, además realiza las tareas en un tiempo menor a la media de los usuarios y utilizando atajos. ($\delta_{\lambda 3}$)		
Relación con otros atributos			
Atributo	Rango	Tipo de relación	Justificación
No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

La Tabla 3.7 describe el atributo de usuario *experiencia en el dominio del problema*, para este atributo no se han establecido relaciones con otros atributos.

Representación del atributo:

$\Delta_4 = \langle \sigma_{\Delta 4}, \delta_{\Delta 4}, \epsilon_{\Delta 4}, \langle \lambda \rangle \rangle$ (definido bajo el **Esquema 1**), en donde:

$\lambda = \langle \langle \sigma_{\lambda 1}, \delta_{\lambda 1} \rangle, \langle \sigma_{\lambda 2}, \delta_{\lambda 2} \rangle, \langle \sigma_{\lambda 3}, \delta_{\lambda 3} \rangle \rangle$ (definido bajo el **Esquema 2**)

Los valores de cada elemento de Δ_4 y λ e pueden consultar en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7: Experiencia en el dominio del problema

Experiencia en el dominio del problema ($\sigma_{\Delta 4}$)			
Descripción:	Refleja la experiencia que tiene el usuario en el uso de sistemas parecidos al que se va a diseñar así como conocimientos sobre el área de desarrollo del sistema (por ejemplo medicina, redes sociales, contabilidad, etc.) ($\delta_{\Delta 4}$)		
Implicaciones:	Mientras mayor sea el conocimiento que tiene un usuario sobre el área del dominio del problema será más fácil para el usuario entender los conceptos y temática del sistema pues estará más familiarizado con el flujo y tipo de datos, un concepto que respalda este atributo es el modelo mental (véase sección 2.2.1 Modelos mentales) ($\epsilon_{\Delta 4}$)		
Rangos de medición (λ)			
Rangos	Descripción		
Novato ($\sigma_{\lambda 1}$)	Usuario cuya interacción y conocimientos en el área del dominio del problema es mínima o nula. ($\delta_{\lambda 1}$)		
Regular ($\sigma_{\lambda 2}$)	Usuario que tiene conocimientos básicos en el dominio del problema ($\delta_{\lambda 2}$)		
Experto ($\sigma_{\lambda 3}$)	Usuario que tiene una gran conocimiento en el uso y área de sistemas parecidos al que se va a diseñar ($\delta_{\lambda 3}$)		
Relación con otros atributos			
Atributo	Rango	Tipo de relación	Justificación
No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

3.4.2. Catálogo de patrones de usabilidad

Este catálogo se propone para representar los objetos por medio de los cuales los usuarios pueden interactuar con la interfaz y así guiar a los diseñadores en la elección de los objetos de interacción.

Los patrones de usabilidad de este catálogo siguen los elementos descritos en el **Esquema 10**, en donde se mencionó tener tres clasificaciones para los patrones. En la Figura 3.3 se pueden apreciar los patrones de usabilidad que componen al modelo y la categoría en donde se clasificó cada uno.



Figura 3.3: Patrones de usabilidad del modelo

No se utilizan todos los patrones de usabilidad pues algunos son la base general del concepto de la tesis, por ejemplo, el patrón perfiles (modelado de usuario) y el de modos de usuario (preferencias y comportamiento adaptable) y modelo de flujo de trabajo (métodos). Tampoco se consideraron deshacer, cancelar y acciones en varios objetos, pues sus conceptos no tienen relación relevante con el comportamiento adaptativo del modelo, pues son acciones simples.

Para el catálogo se ha diseñado una plantilla específica para los objetos de interacción, la cual se muestra en la Tabla 3.8 y se basa en el **Esquema 12**.

Tabla 3.8: Artefacto para objetos

Nombre del objeto	
Patrón de usabilidad:	Especificación del Patrón de usabilidad al que pertenece
Descripción :	Explicación sobre el concepto del objeto
Uso:	Descripción de en qué casos y para que se puede utilizar el objeto
Ejemplo:	Ejemplificación del objeto

A continuación se da una descripción de los patrones y los objetos que pertenecen a cada clasificación, se explican las instancias del patrón sistema de retroalimentación como ejemplificación de lo que se pretende tener en este catálogo. De los demás patrones simplemente se enlistan algunos objetos que se pueden relacionar con cada patrón.

3.4.2.1. Tipo interacción

Se clasifican aquí aquellos patrones cuyo uso está relacionado a ser un puente de comunicación entre el usuario y el sistema, esencialmente aquellas indicaciones de ayuda e información en ambos sentidos (usuario → sistema y viceversa). En esta clasificación se agregan cuatro patrones de usabilidad: múltiples canales, validación de datos, ayuda sensible al contexto y sistema de retroalimentación. Se detallan las instancias del último patrón para establecer un ejemplo.

Sistema de retroalimentación

El sistema de retroalimentación está compuesto por los objetos que se utilizan para comunicarle al usuario algún cambio, pues el principal objetivo es mantener al usuario informado sobre lo que está ocurriendo en el sistema y con el sistema.

Su representación mediante el **Esquema 10** es:

$\Omega_1 = \langle \text{sistema de retroalimentación, es el encargado de comunicar al usuario los cambios que se han efectuado en el sistema., interacción, } \langle \langle \text{retroalimentación, facilidad de aprendizaje} \rangle, \langle \text{control explícito del usuario, satisfacción} \rangle \rangle \rangle$

A continuación se detallan cuatro objetos de este patrón como demostración.

a. Mensaje de error en datos de entrada

Su representación bajo el **Esquema 12**:

$\Theta_1 = \langle \sigma_{\Theta_1}, \delta_{\Theta_1}, \epsilon_{\Theta_1}, \rho_{\Theta_1}, \sigma_{\Omega_1} \rangle$, en donde el valor de cada elemento puede consultarse en la Tabla 3.9

Tabla 3.9: Mensaje de error en datos de entrada

Mensaje de error en datos de entrada (Welie 2000) (σ_{Θ_1})	
Patrón de usabilidad:	Sistema de retroalimentación (δ_{Θ_1})
Descripción :	Son mensajes por medio de los cuales se le puede informar al usuario sobre un error que ha ocurrido durante la captura de información. (ϵ_{Θ_1})
Uso:	Cuando exista un error en los datos que ha ingresado un usuario en una forma, por ejemplo, nombre de usuario, contraseña, fecha equivocada, etc. (ρ_{Θ_1})
Ejemplo:	<div style="border: 1px solid #f08080; padding: 10px; background-color: #fff9e6;"> <p>Por favor, vuelve a introducir tu contraseña.</p> <p>La contraseña no es válida. Por favor, asegúrate de que el bloqueo de mayúsculas no está activado e inténtalo de nuevo.</p> <p>¿Olvidaste tu contraseña? Solicita una nueva.</p> </div> <p style="text-align: right;">(σ_{Ω_1})</p>

b. Alerta

Su representación bajo el **Esquema 12**:

$\Theta_2 = \langle \sigma_{\Theta_2}, \delta_{\Theta_2}, \epsilon_{\Theta_2}, \rho_{\Theta_2}, \sigma_{\Omega_2} \rangle$, en donde el valor de cada elemento puede consultarse en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10: Alerta

Alerta (σ_{02})	
Patrón de usabilidad:	Sistema de retroalimentación (δ_{02})
Descripción :	Es un mensaje sobre acción o situación que podría provocar un error por parte del usuario posteriormente (ϵ_{02})
Uso:	Notificar al usuario sobre una acción que podría llevar a un error posteriormente (ρ_{02})
Ejemplo:	<p>(σ_{02})</p>

c. Procesamiento de páginas

Su representación bajo el **Esquema 12** es:

$\theta_3 = \langle \sigma_{03}, \delta_{03}, \epsilon_{03}, \rho_{03}, \sigma_{03} \rangle$, en donde el valor de cada elemento puede consultarse en la Tabla 3.11

Tabla 3.11: Procesamiento de páginas

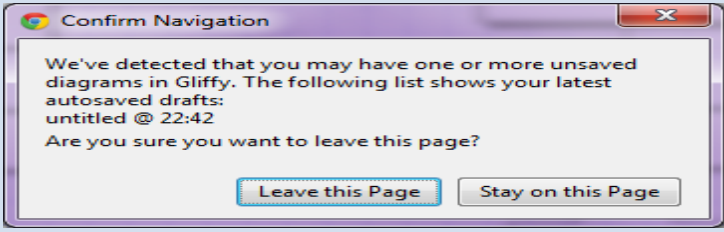
Procesamiento de páginas (Welie 2000)(σ_{03})	
Patrón de usabilidad:	Sistema de retroalimentación (δ_{03})
Descripción :	Los usuarios necesitan mantenerse informados sobre las acciones que se están ejecutando y de ser posible el tiempo que tardará la tarea en completarse (ϵ_{03})
Uso:	Cuando una tarea vaya a tardar un tiempo mayor a 30 segundos es importante infórmele al usuario que la tarea se sigue ejecutando pues después de 30 segundos un usuario empieza a perder la atención en la tarea que estaba haciendo. (ρ_{03})
Ejemplo:	<p>(σ_{03})</p>

d. Confirmación

Su representación bajo el **Esquema 12** es:

$\Theta_4 = \langle \sigma_{\Theta_4}, \delta_{\Theta_4}, \varepsilon_{\Theta_4}, \rho_{\Theta_4}, \sigma_{\Omega_4} \rangle$, en donde el valor de cada elemento puede consultarse en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12: Confirmación

Confirmación (σ_{Θ_4})	
Patrón de usabilidad:	Sistema de retroalimentación(δ_{Θ_4})
Descripción :	Las confirmaciones requieren que el usuario tenga que hacer una aprobación después de intentar ejecutar una acción (ε_{Θ_4})
Uso:	Cuando el usuario esté a punto de ejecutar una acción de la cual no se podrá recuperar (ρ_{Θ_4})
Ejemplo:	 (σ _{Ω4})

3.4.2.2. Tipo navegación

Está relacionado en cuanto a los procesos mediante los cuales los usuarios ejecutan las tareas, está enfocado a los flujos más que a las estructuras. En esta clasificación se agregan tres patrones: wizard, secuencia de comandos e historial de sesión.

3.4.2.3. Tipo apariencia

Representa aquellos conceptos que para los usuarios son perceptibles por los sentidos y que son desplegados en una interfaz, tales como los componentes multimedia, videos, sonidos, colores, etc. Se utilizan para complementar otros patrones pues más

que nada son características. En esta clasificación se encuentra el patrón de usabilidad: vistas múltiples.

Vistas múltiples

Este patrón establece una relación con la información y la forma en la que se presenta, por ejemplo, colores (Marcus, Cowan, & Smith, 1989; Murch, 1984), tipografía, posición, tamaño y datos.

3.4.3. Catálogo de relaciones usuario-usabilidad

Es el catálogo que relaciona los dos anteriores, al igual que los otros dos tiene como objetivo crear guías en las cuales se puedan basar los diseñadores, este catálogo en específico busca ayudar a crear las reglas de adaptación en las cuales se relacionan atributos de usuario con componentes específicos de la UI.

En la Tabla 3.13 se tiene la plantilla que se debe seguir para crear las instancias de este catálogo, dicha plantilla está basada en el **Esquema 19** y **Esquema 20**.

Tabla 3.13: Artefacto para relaciones usuario-usabilidad

Atributo de Usuario		Objeto o Patrón	Tipo de Relación
Nombre	Rango		
A1	P2	Objeto X	Beneficia o afecta

3.4.3.1. Instancias relaciones usuario-usabilidad

En la Tabla 3.14 se muestran ejemplos de relaciones entre el atributo de usuario memoria de corto plazo y experiencia en el sistema con los patrones de usabilidad.

Tabla 3.14: Instancias de relaciones usuario-usabilidad

Atributo de usuario		Objeto o patrón	Tipo de relación
Nombre	Rango		
Memoria de corto plazo	Limitado	Sistema de retroalimentación	Beneficia
Memoria de corto plazo	Limitado	Validación de datos	Beneficia
Memoria de corto plazo	Limitado	Historial de sesión	Beneficia
Experiencia en tecnologías	Experto	Ayuda sensible al contexto	Afecta
Experiencia en tecnologías	Experto	Secuencias de comandos	Beneficia
Experiencia en tecnologías	Novato	Ayuda sensible al contexto	Beneficia
Experiencia en tecnologías	Novato	Validaciones	Beneficia
Experiencia en el dominio del problema	Limitada	Ayuda sensible al contexto	Beneficia
Experiencia en el dominio del problema	Limitada	Wizard	Beneficia
Experiencia en el dominio del problema	Avanzada	Ayuda sensible al contexto	Afecta
Experiencia en el dominio del problema	Avanzada	Wizard	Afecta

Siguiendo el **Esquema 19** la primera instancia de la tabla anterior se representaría:

$Y_{patrón1} = \langle \langle \text{memoria de corto plazo, limitado} \rangle, \text{sistema de retroalimentación, beneficia} \rangle$

3.5. Metodología para interfaces de usuario adaptativas

Para lograr una interfaz de usuario adaptativa, es necesario ajustar la metodología que se sigue actualmente para el diseño de software e interfaces de usuario. La nueva metodología sigue algunas de las fases de cualquier modelo actual de desarrollo como el de cascada, espiral, ciclo de la ingeniería de usabilidad, entre otros.

Se han establecido tres fases principales: especificaciones, diseño e implementación. La Figura 3.4 es una representación a bloques de las tres etapas esenciales del modelo propuesto, cada una de las cuales se detalla en las siguientes secciones.

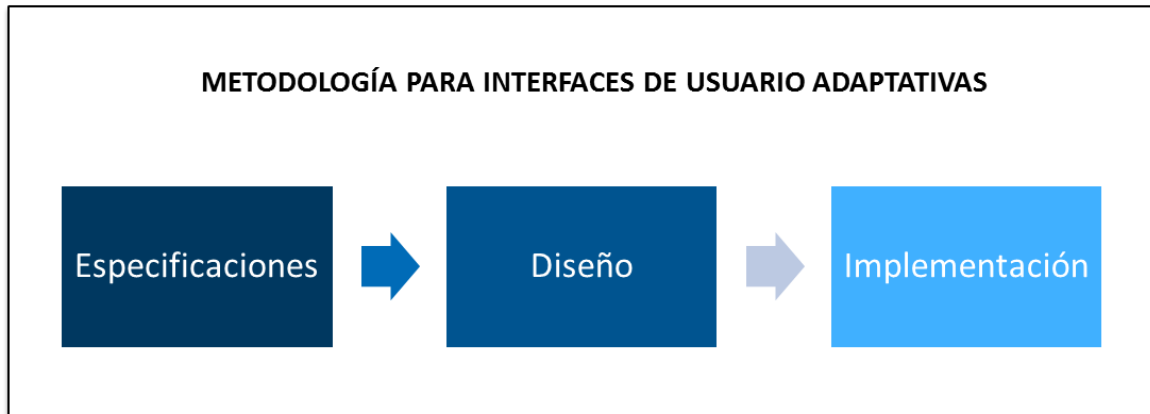


Figura 3.4: Metodología para interfaces de usuario adaptativas

3.5.1. *Etapa de especificaciones*

En la Figura 3.5 se desglosan las fases que pertenecen a la etapa de especificación para el desarrollo de un sistema con interfaz de usuario adaptativa: (1) modelado de usuario y (2) análisis de tareas.

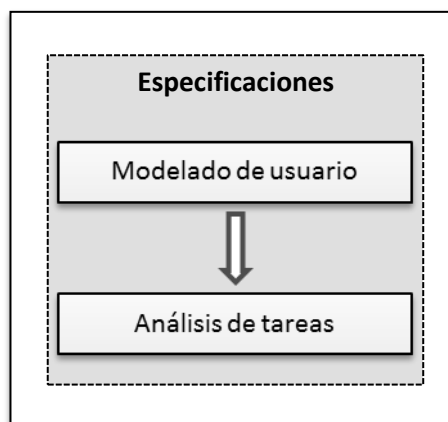


Figura 3.5: Fases de especificaciones

3.5.1.1. Modelado de usuario

El modelado de usuario tiene como objetivo obtener la información de los posibles usuarios finales del sistema. El número de atributos de usuario a considerar en esta etapa debe ser definido por los diseñadores, siendo al menos uno el factor de enfoque del diseño, para ello deben considerarse diferentes aspectos como el tipo de sistema y el rango de usuarios posibles (véase Tabla 2.3). El número de atributos a considerar es proporcional a la complejidad del diseño del sistema y es importante que los valores de medición de cada atributo sean finitos (cuantitativos o cualitativos).

La fase de conocer a los usuarios es esencial para lograr una interfaz adaptativa. La Figura 3.6 describe principales actividades de esta fase.

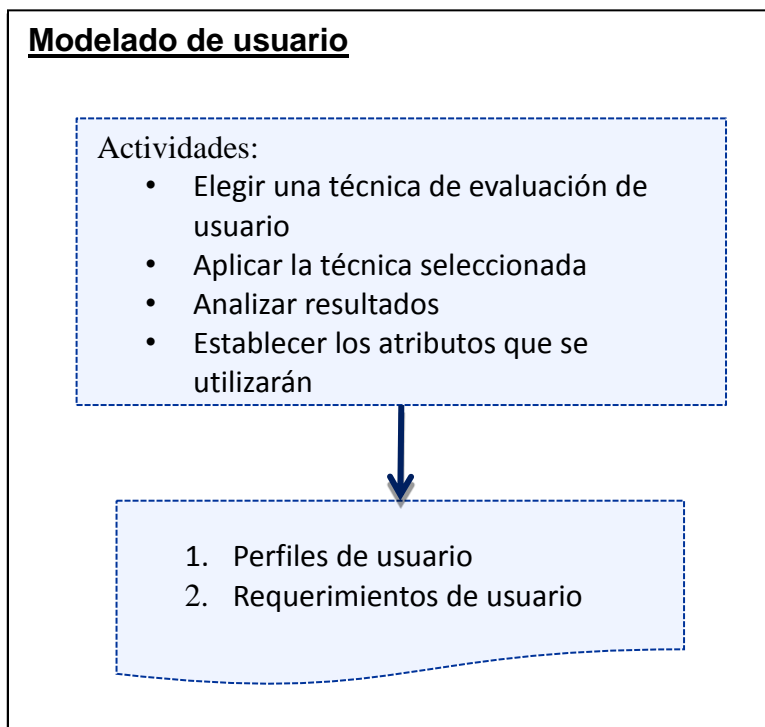


Figura 3.6: Modelado de usuario

En esta etapa se **usa** la información almacenada en el catálogo de atributos de usuario (véase sección 3.4.1 Catálogo de atributos de usuario), se eligen los atributos para medir con un número representativo de posibles usuarios finales del sistema.

Con la información recolectada en esta fase es posible establecer las características de los usuarios finales de una interfaz, lo cual ayuda a conocer qué aspectos se deben considerar en el diseño de la interfaz adaptativa y los rangos para los atributos considerados en el modelado.

Se debe analizar en qué atributos los usuarios han tenido mayor discrepancia y esos retomarlos para el diseño de las reglas de adaptación y aquellos atributos en los que los usuarios entran dentro de un mismo rango pueden considerarse fuera de las reglas de adaptación pero no se deben de olvidar los rangos arrojados para el momento del diseño total del sistema.

La información recabada se puede vaciar a tablas o gráficas (histogramas o diagramas de Pareto) para que sea más fácil su lectura en etapas y fases posteriores, es importante que se pueda observar rápidamente la cantidad de usuarios que se tienen en cada uno de los rangos de los diferentes atributos medidos.

En la Tabla 3.15 se tiene un ejemplo de cómo pueden representarse los resultados, las métricas (u_i, f_i, P_i) servirán para posteriormente decidir sobre cuáles atributos y rangos se debe de realizar el diseño adaptativo.

Tabla 3.15: Resultados del modelado de usuario

Atributo X Usuarios: U			
Rangos	u_i	f_i	P_i
Rango 1:	u_1	f_1	P_1
Rango 2:	u_2	f_2	P_2
Rango n:	u_3	f_3	P_3

Dónde:

U = tamaño de la muestra de usuarios

u_i = es la frecuencia absoluta del rango i, es decir, el número de veces que este rango se obtuvo como resultado de la evaluación

f_i = es la frecuencia relativa del rango i sobre el tamaño total de la muestra, será de utilidad pues nos da un panorama sobre el porcentaje total y se obtiene con la fórmula:

$$f_i = \frac{u_i}{U}$$

P_i = es el porcentaje del rango i sobre el tamaño total de la muestra, se obtiene con la fórmula:

$$P_i = f_i * 100\%$$

Como artefactos de salida de esta etapa se obtienen los perfiles para clasificar a los usuarios y los requerimientos de usuario, que se representan con el **Esquema 8**.

3.5.1.2. Análisis de tareas

Es primordial conocer cuáles son las tareas que el usuario quiere realizar con la creación del sistema o producto.

En la Figura 3.7 se tiene un diagrama de las actividades que se deben de realizar para lograr la documentación de las tareas del sistema.

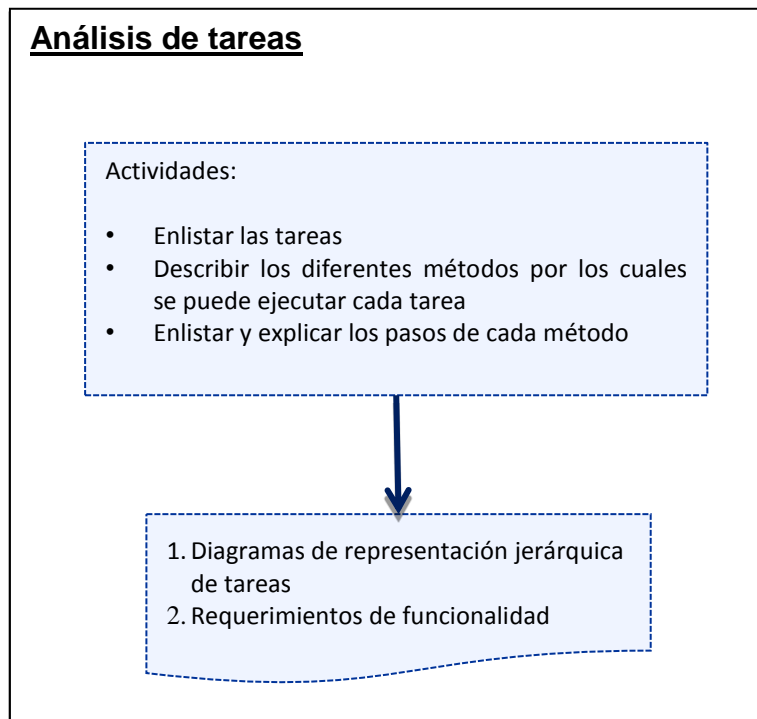


Figura 3.7: Análisis de tareas

Para la representación de las tareas en esta fase se utilizan: **Esquema 14, Esquema 15, Esquema 16 y Esquema 17**. En la

Figura 3.8 se puede observar la representación gráfica de los conjuntos descritos con los tres esquemas mencionados anteriormente.

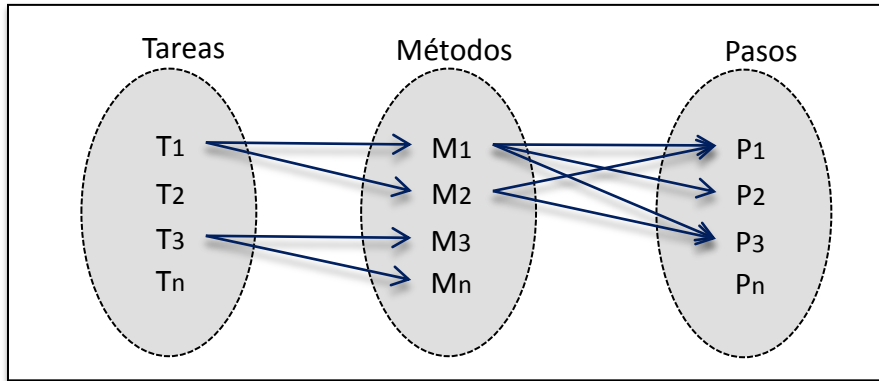


Figura 3.8: Relaciones entre tareas, métodos y pasos

En la Figura 3.9 se puede apreciar el diagrama para expresar la representación gráfica de las tareas y así especificar los métodos por los cuales se puede llevar a cabo y los pasos que componen a cada uno de los métodos.

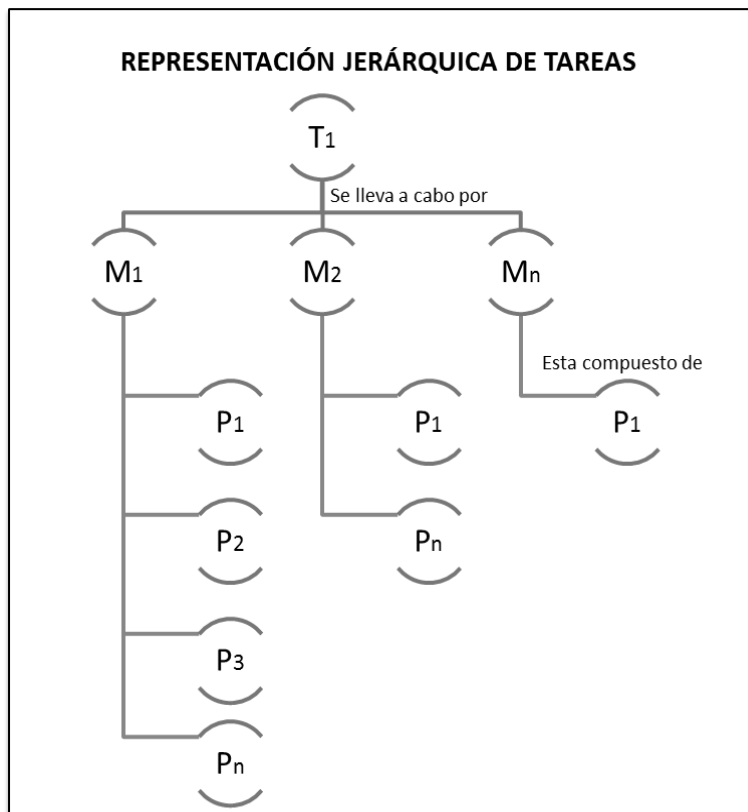


Figura 3.9: Representación jerárquica de tareas (tareas, métodos y pasos)

3.5.2. *Etapa de diseño*

En esta etapa se definen los componentes, flujos, colores etc. de la interfaz., tres fases son las que integran a esta etapa: (1) análisis de perfil de usuario, (2) especificación de diseño y (3) construcción de reglas; cada una de ellas se describe detalladamente en las próximas secciones. En la Figura 3.10 se muestra un diagrama a bloques de las tres fases que integran la etapa de diseño.

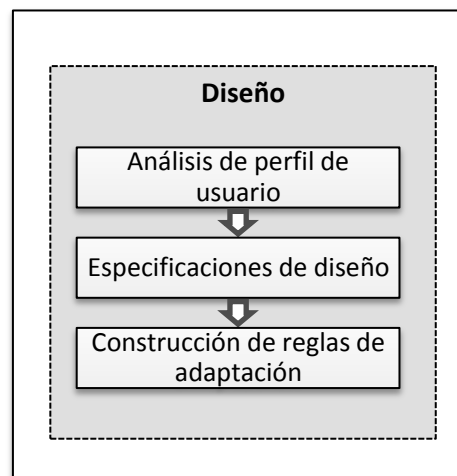


Figura 3.10: Fases del diseño

3.5.2.1. *Análisis de perfil de usuario*

El objetivo de esta fase es definir al conjunto de atributos que se deben considerar como parte del diseño. De esta fase las salidas son: (1) perfil de usuario base; para el cual se propone el **Esquema 6** y (2) estereotipos; descritos mediante el **Esquema 7**. Ambos esquemas están compuestos por los atributos de adaptación cuya representación es mediante el **Esquema 5** y que se definen en esta misma fase.

La Figura 3.11 es un diagrama representativo de las principales actividades necesarias de esta fase, también se pueden apreciar cuáles son los dos artefactos producto de las actividades, los cuales básicamente se relacionan con la representación de la información que describe a los usuarios.

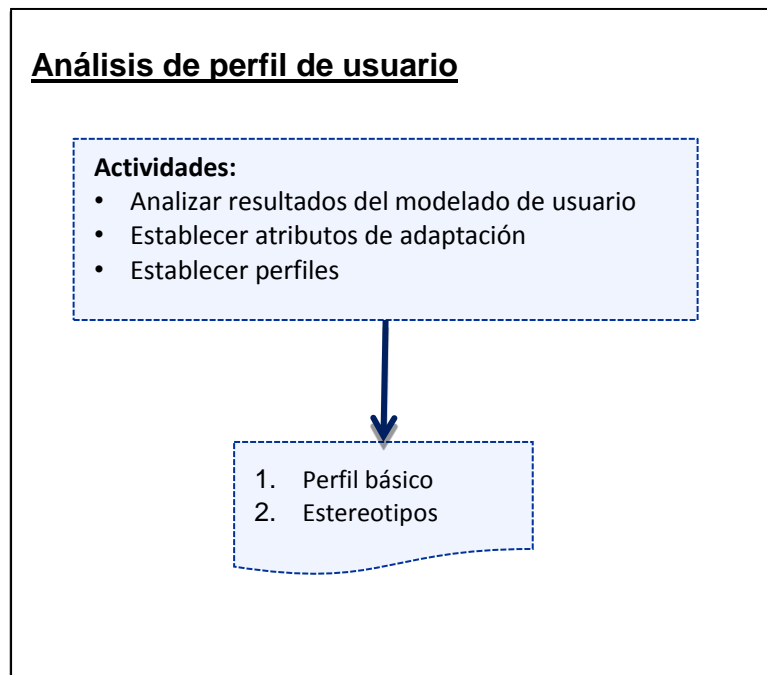


Figura 3.11: Análisis del perfil de usuario

Guías para la selección de atributos sobre los resultados del modelado de usuario

Se pueden integrar tantos atributos como se considere necesario, sin olvidar que mayor cantidad de atributos es mayor la complejidad del sistema, por lo cual, se proponen tres guías para ayudar a los desarrolladores a elegir que atributos considerar de los modelados en la etapa anterior.

En la Tabla 3.16 se muestra una simulación de resultados la cual se utiliza para la explicación de las guías.

Tabla 3.16: Ejemplificación de resultados del modelado de usuario

Memoria de corto plazo Usuarios: 300			
Rangos	u_i	f_i	P_i
Limitada	98	0.326	32.6%
Normal	100	0.333	33.3%
Avanzada	102	0.343	34.3%
Experiencia en tecnologías Usuarios: 300			
Rangos	u_i	f_i	P_i
Limitada	135	0.450	45.0%
Normal	20	0.066	6.60%
Avanzada	145	0.483	48.3%
Tipo de aprendizaje Usuarios: 300			
Rangos	u_i	f_i	P_i
Auditivo	20	0.066	6.60%
Visual	250	0.833	83.3%
Kinestésico	30	0.100	10%

Guía 1: Elegir el atributo con todos sus rangos cuando la frecuencia relativa (f_i) sea simétrica.

Ejemplo: Memoria de corto plazo

La frecuencia relativa es equitativa entre los tres rangos (*limitada*, *normal* y *avanzada*). Lo cual indica que en este atributo los usuarios van desde el más limitado hasta el más desarrollado, por lo tanto, debe ser considerado para el comportamiento adaptativo del sistema con todos sus rangos, de tal forma que el primer atributo de adaptación siguiendo el **Esquema 5** es:

Φ_1 =<Memoria de corto plazo, < limitada, normal, avanzada >>

Guía 2: Elegir el atributo con algunos rangos cuando la frecuencia relativa (f_i) está orientada solamente en unos rangos.

Ejemplo: Experiencia en tecnologías

La frecuencia relativa es proporcional en los rangos: *limitada* y *avanzada* y el rango *normal* tiene menor de (f_i). Se puede deducir que los usuarios finales tenderán más hacia los otros dos rangos y eliminar el rango de *normal* y así enfocar el sistema a los atributos en donde se tengan mayores variaciones en la distribución de rangos. Este atributo de adaptación siguiendo el **Esquema 5** es:

Φ_1 =<Experiencia en tecnologías, < limitada, avanzada >>

Guía 3: Considerar solamente un rango de un atributo donde las (f_i) tengan una distribución que recaiga mayormente sobre un rango

Ejemplo: Tipo de aprendizaje

Uno de sus rangos tiene un porcentaje excesivamente mayor que los otros, dejando la (f_i) de los rangos *auditivo* y *kinestésico* mínima. En este caso se propone incluir en el atributo de adaptación solamente el rango *visual*, definido por el **Esquema 5** es.

Φ_1 =<Tipo de aprendizaje, <visual >>

3.5.2.2. Especificaciones de diseño

Para diseñar la interacción es necesario agregar las acciones por medio de las cuales se pueden ejecutar los pasos (véase Figura 3.9) de una tarea y los objetos sobre los que recaen las acciones. La Figura 3.12 muestra las actividades que se realizan en esta etapa y las salidas.

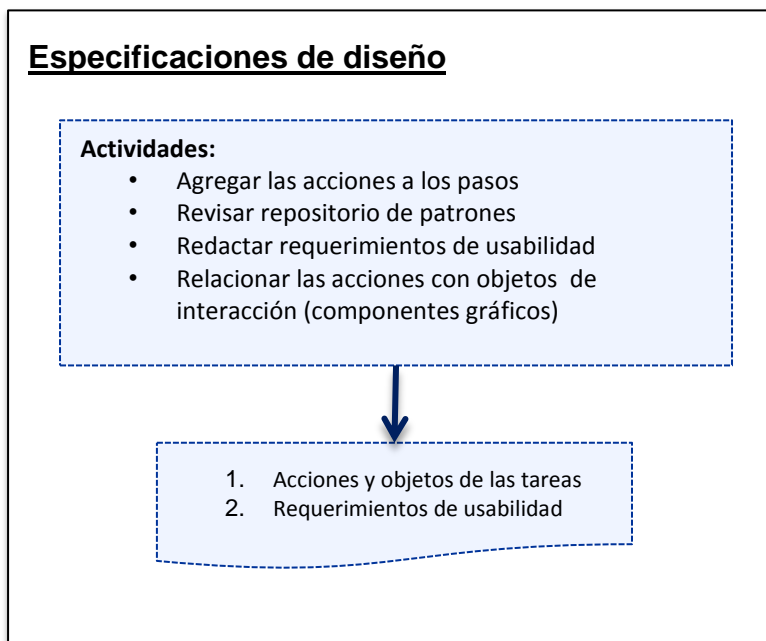


Figura 3.12: Especificaciones de diseño

Las acciones de los pasos se definen por los elementos descritos en el **Esquema 18**, los objetos siguen la representación del **Esquema 12**.

En la Figura 3.13 es una representación gráfica de cómo se relacionan los cinco conjuntos principales: tareas, métodos, pasos, acciones y objetos.

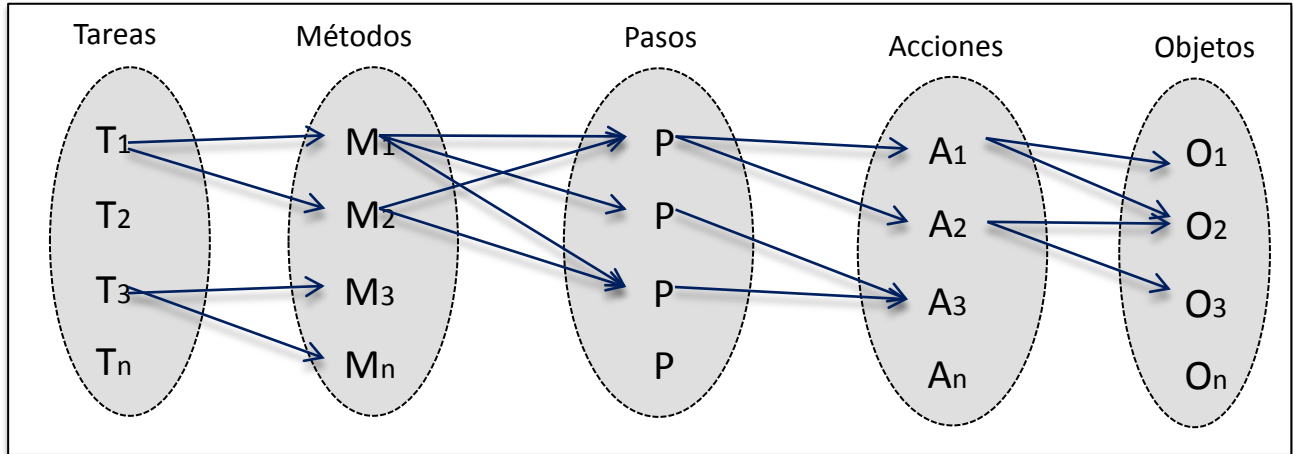


Figura 3.13: Conjuntos y relaciones para las especificaciones de diseño

En la Figura 3.14 se tiene una representación de jerárquica de la estructura de una tarea, en donde se va desde el concepto más general al más atómico, el diagrama se construye en base a las acciones, objetos y los requerimientos de usabilidad que salen e esta fase.

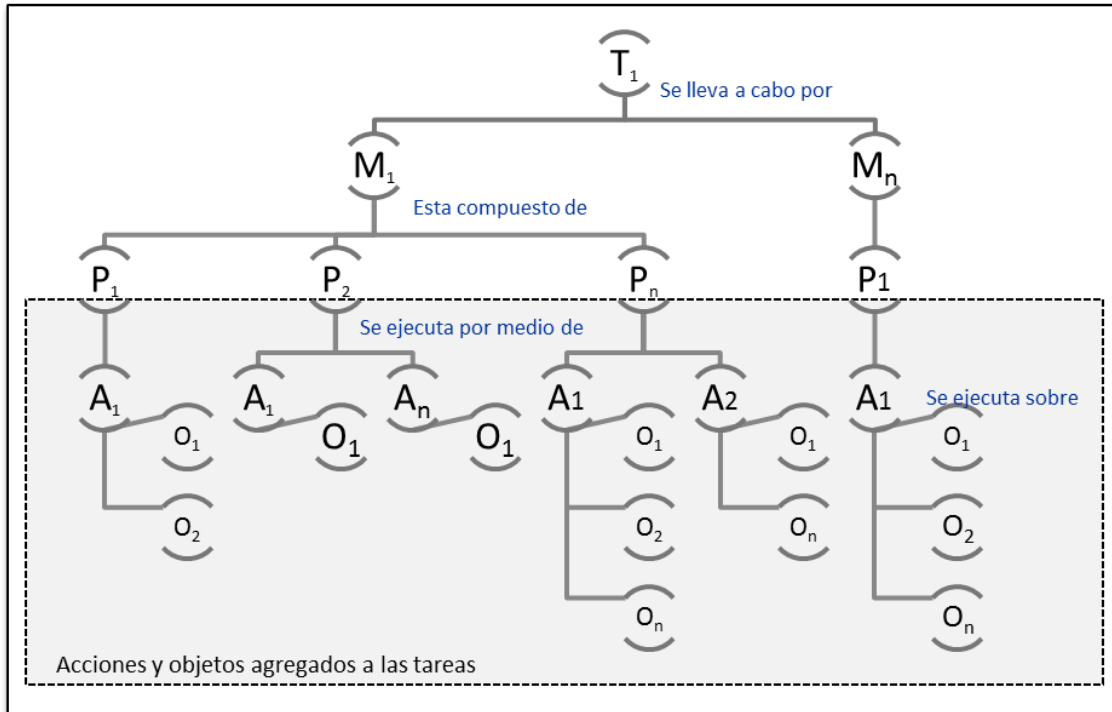


Figura 3.14: Estructura jerárquica de relaciones entre los elementos de las tareas

Los requerimientos de usabilidad que se derivan de esta fase deben de seguir la estructura planteada por el **Esquema 21**.

3.5.2.3. Construcción de reglas de adaptación

Una vez que se han diseñado todos los flujos posibles con los cuales cuenta la interfaz, se deben relacionar cada uno de los atributos de usuario y atributos de adaptación que se modelaron anteriormente con los componentes gráficos. Esta fase es esencial para el comportamiento adaptativo de la interfaz.

En la Figura 3.15 se tiene el diagrama de las principales actividades de esta fase.



Figura 3.15: Fase de construcción de reglas de adaptación

Las reglas de adaptación deben de seguir la estructura propuesta en la sección 3.2 Reglas de adaptación.

3.5.3. Etapa de implementación

Esta etapa tiene como objetivo llevar a cabo la implementación del diseño que se ha establecido en la etapa anterior. Existen diferentes arquitecturas para la organización de los elementos de un sistema, el modelo propuesto utiliza como base el patrón de arquitectura MVC (véase sección 2.5.1 Patrón Modelo-Vista-Controlador) para la distribución de componentes y las relaciones entre ellos.

El modelo MVC está compuesto por tres capas: vista, modelo y controlador. En la Figura 3.16: se pueden observar los bloques principales de MIGUA, bajo la organización de las tres capas.

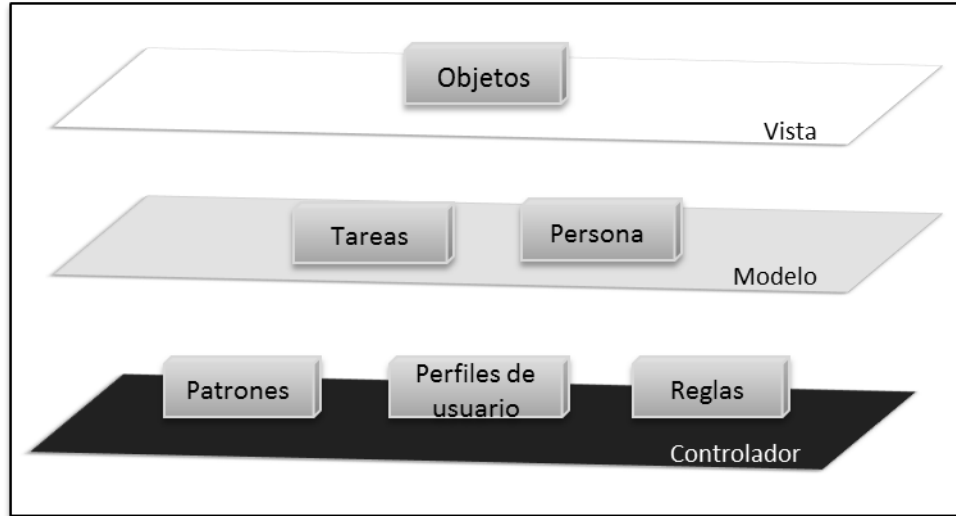


Figura 3.16: Representación a bloques de la arquitectura de implementación de MIGUA

Se propone seguir el modelo MVC como base para la representación de arquitectura del MIGUA debido a las tres capas por las cuales está compuesto y que facilitan la separación de la funcionalidad con los componentes gráficos para poder establecer más de un objeto que ayude a realizar una misma funcionalidad, además de establecer una capa cuyo propósito es cambiar en forma dinámica la interfaz de un sistema dependiendo de algunos elementos.

3.5.3.1. Capa vista

En la capa vista se propone situar las instancias de los diferentes objetos gráficos como botones, ventanas, mensajes, etc., los cuales se basan en el **Esquema 12**.

3.5.3.2. Capa modelo

En la capa modelo se propone incluir las tareas que se pueden llevar a cabo mediante el sistema y también el bloque de clases que componen al usuario.

Tareas

Contiene las tareas (**Esquema 14**) que puede ejecutar el sistema, con sus métodos (**Esquema 15**) y a su vez cada método está compuesto por pasos (**Esquema 16** y **Esquema 17**) y los pasos se ejecutan por medio de acciones (**Esquema 18**). Se crean tantas instancias de estas clases como sean necesarias para la implementación del diseño. En la Figura 3.17 se puede observar las clases que integran al bloque de tareas.

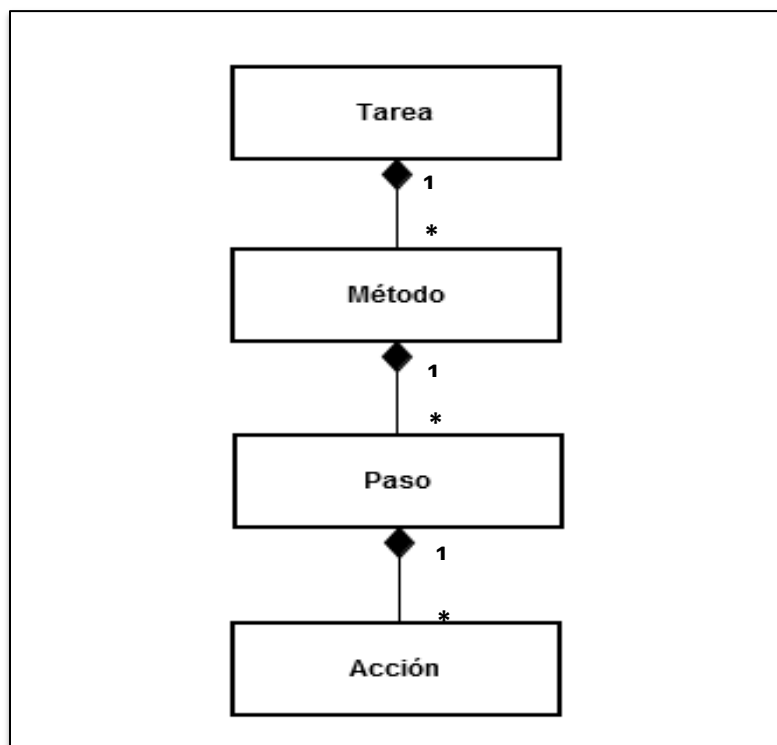


Figura 3.17: Diagrama de clases del bloque tareas

Persona

Se refiere a los datos que integrarán al usuario específico que en un momento preciso estará interactuando con el sistema. La clase Persona está diseñada para almacenar los valores de los rangos de los atributos que forman parte del perfil base, por eso hay una dependencia entre la clase Atributo Específico y Perfil Base. En la Figura 3.18 se presenta la representación de las principales clases que conforman este controlador.

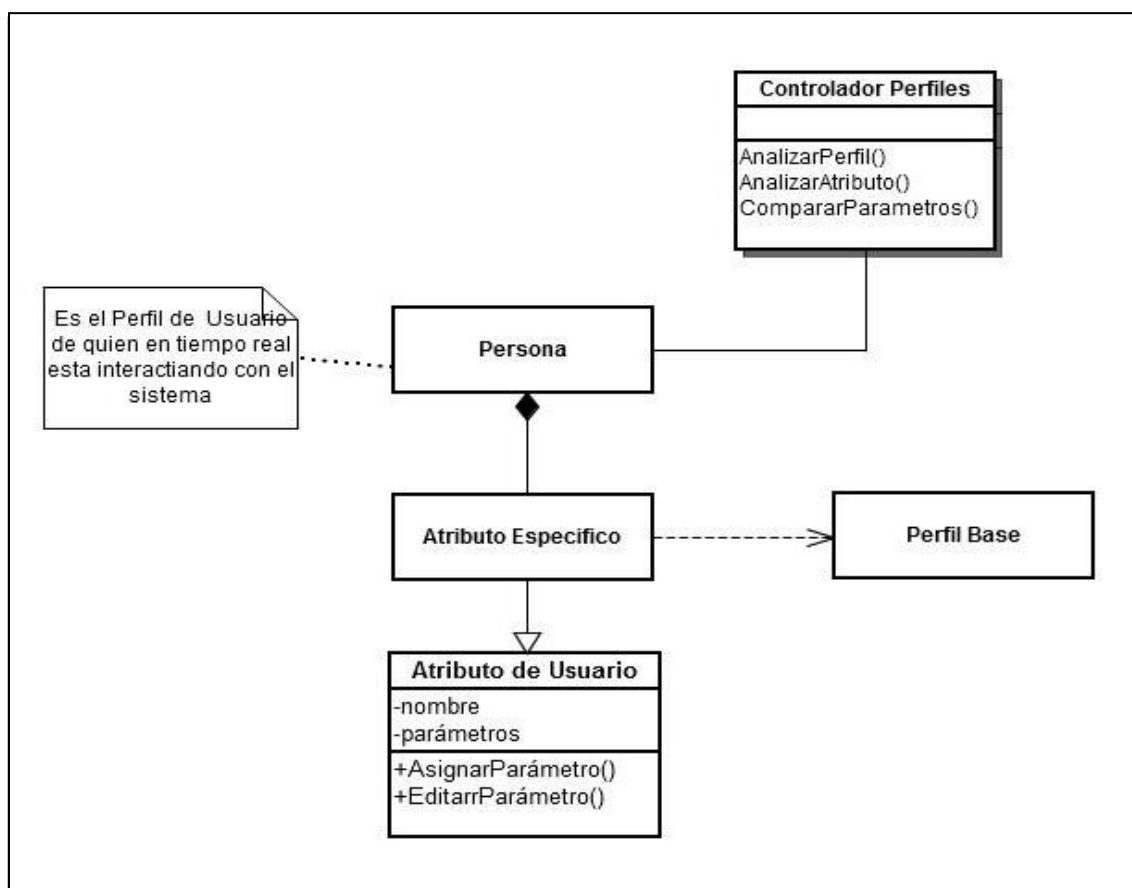


Figura 3.18: Diagrama de clases bloque Persona

El Perfil Base sigue los elementos propuestos en el **Esquema 6**, los atributos que integren a Persona depende de los que estén en el Perfil Base. Los valores de los

atributos de Persona son parte de la información que se obtiene cuando el usuario interactúa por primera vez con el sistema.

3.5.3.3. Capa controlador

Es la capa en donde se concentran las clases que controlan el comportamiento adaptativo del sistema, son las clases responsables del análisis y toma de decisiones.

Perfiles de usuario

Para este bloque es necesaria la creación de diferentes clases y relaciones entre ellas. Es la representación en la arquitectura de atributos de usuario (**Esquema 1**), atributos de adaptación (**Esquema 5**), perfil base (**Esquema 6**) y estereotipos (**Esquema 7**). En la Figura 3.19 se tiene una representación de las principales clases que conforman este controlador.

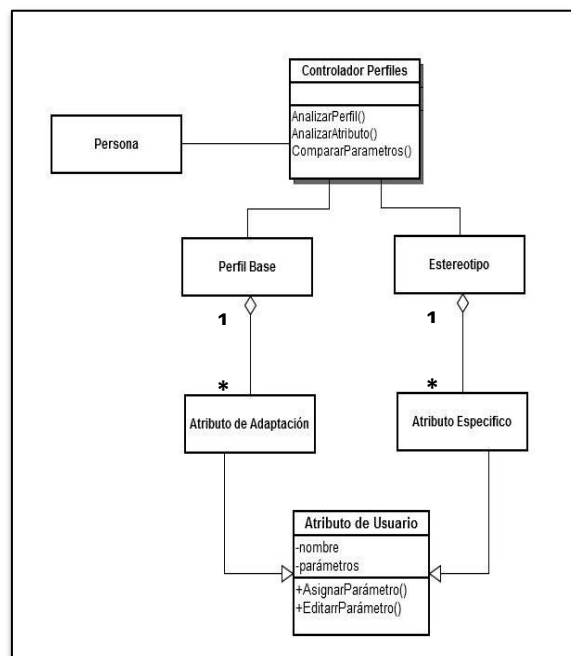


Figura 3.19: Diagrama de clases del controlador perfil de usuario

Para cada atributo como lo es la memoria, edad, visión, etc. se debe de crear una instancia del Atributo de Adaptación, en donde se pondrán los rangos que anteriormente ya se establecieron y todos estos componen una instancia de la clase Perfil Base (**Esquema 6**), que es con la cual se comparan los rangos que tenga el usuario que en su momento este utilizando el sistema.

Si se fuera a modelar aspectos como la edad, experiencia con computadoras, experiencia con el dominio del problema, forma de aprendizaje y memoria de corto plazo con sus respectivos rangos. Se debe crear una instancia de la clase atributo de adaptación para cada uno de ellos y estos agregarse al Perfil Base.

La clase Estereotipo (**Esquema 7**) se utiliza para crear las diferentes clasificaciones que se pueden tener en un sistema, como usuario novato, experto, niño, etc. Estas están compuestas de atributos específicos, tal como se mencionó anteriormente solamente tienen un rango, por ejemplo, un atributo específico para el estereotipo novato y atributo experiencia en tecnologías sería: limitado.

Sobre la clase Controlador Perfiles recae el mayor peso del procesamiento pues se encarga de analizar los perfiles, atributos, compararlos, etc. todos aquellos métodos que permitan definir e identificar al usuario (Persona) sobre los estereotipo o perfil base.

Patrones de usabilidad

Es el controlador que adapta los objetos de interacción (**Esquema 12**) de la capa vista después de recibir desde el controlador de reglas instrucciones sobre que activar o desactivar para cierto usuario. Se crean instancias de la clase Patrón Apariencia,

Patrón Interacción y Patrón Navegación para cada uno de los patrones de usabilidad (**Esquema 10**) descritos anteriormente, los cuales se componen de diferentes instancias de la clase Objeto que son los objetos de interacción del **Esquema 12** y todos ellos se asocian al controlador. En la Figura 3.20 se presentan las diferentes clases que integran este controlador.

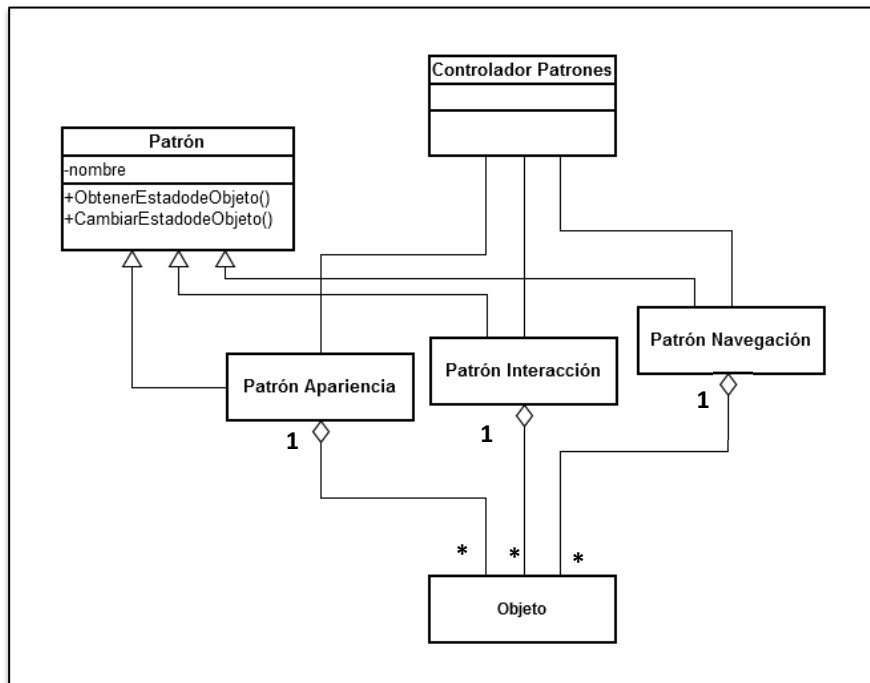


Figura 3.20: Diagrama de clases del controlador patrones de usabilidad

Reglas

El controlador de reglas es la parte más importante de todas, pues en esta clase recae lo que es el motor de decisiones, la parte de analizar las reglas de adaptación (véase sección 3.2 Reglas de adaptación) y de acuerdo a ellas habilitar o deshabilitar algún objeto, por lo tanto, tiene comunicación constante con el controlador de patrones de usabilidad. La Figura 3.21 representa las clases que integran al controlador de reglas.

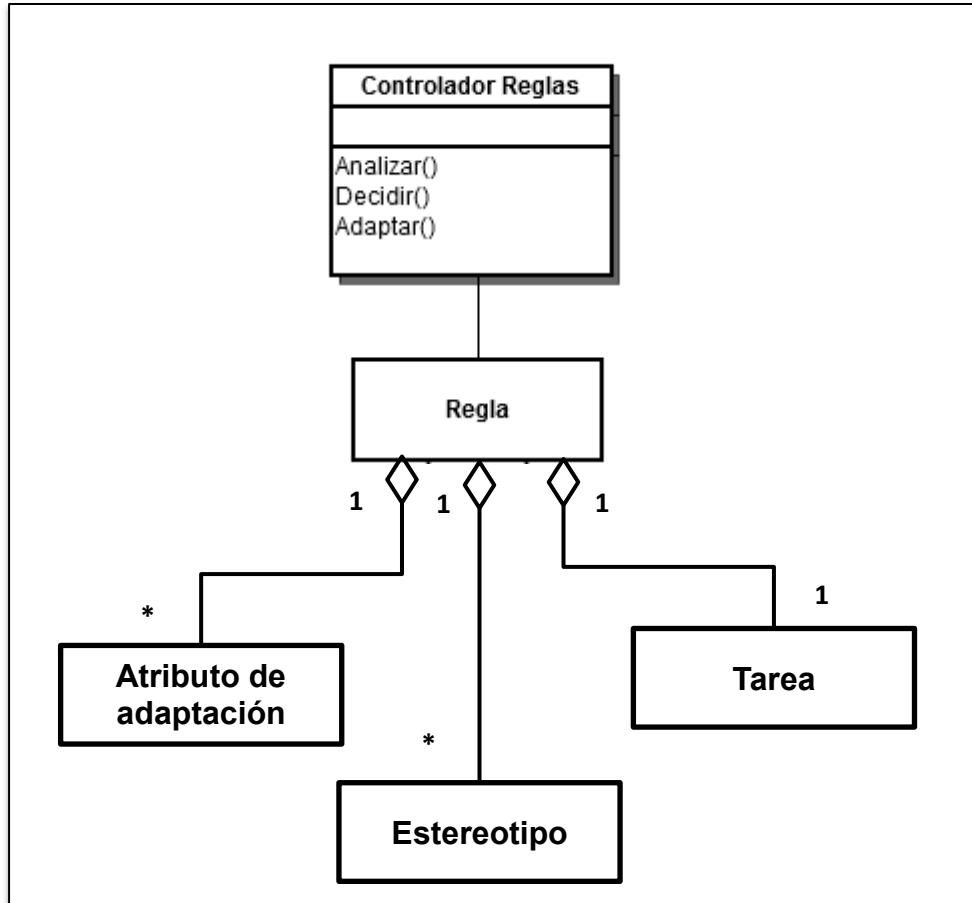


Figura 3.21: Diagrama de clases del controlador de reglas

La clase Regla sigue la estructura IF...THEN propuesta en la sección 3.2 Reglas de adaptación. Se le agregan las clases: Atributo de adaptación del **Esquema 5**, Estereotipo del **Esquema 7** y Tarea del **Esquema 14**.

3.5.4. Comportamiento adaptativo

Todo el comportamiento adaptativo gira en torno a quién y cómo es el usuario que está interactuando al momento con el sistema, por lo tanto, antes en qué el usuario pueda interactuar por primera vez es indispensable retomar la clase Persona y asignar valores a tantos atributos como sea posible de los definidos en el Perfil Base.

CAPÍTULO 4

EXPERIMENTOS

REALIZADOS

4. EXPERIMENTOS REALIZADOS

En esta sección se describe el caso de estudio por medio del cuál se comprobaron empíricamente algunas de las reglas establecidas anteriormente, así como las hipótesis descritas en las primeras secciones de este documento. La aplicación diseñada es un sistema de agenda, con el cual el usuario puede crear recordatorios para eventos o fechas importantes.

Se han establecido dos escenarios para los cuales se siguieron caminos diferentes. El escenario A, es el que se diseñó e implementó bajo el modelo propuesto, mientras el escenario B sigue una metodología básica para el desarrollo de software.

El desarrollo está enfocado en el diseño de la interfaz y la interacción que permite a los usuarios realizar una tarea de la manera más sencilla, por lo cual, el proceso no se ha orientado hacia el análisis, diseño e implementación de la funcionalidad, solamente se ha documentado la información referente a los atributos de usuario, patrones de usabilidad y reglas que se quisieron comprobar.

Para fines de experimentación y del escenario A solamente se utilizaron dos atributos de adaptación: (1) experiencia en el dominio del problema (véase Tabla 3.7) y (2) experiencia con las tecnologías (véase Tabla 3.6), los mismos atributos se utilizaron posteriormente en ambos escenarios para la evaluación de la interfaz respecto a la usabilidad de la misma.

4.1. Objetivos

El caso de estudio tiene como objetivo principal comprobar las hipótesis H1, H2, y H3 planteadas en el capítulo 1, originando diversos objetivos específicos para este el caso de estudio, los cuales están enfocados principalmente en el escenario A por ser el que sigue el modelo propuesto, sin embargo algunos de ellos también repercuten al escenario B, a continuación se explica cada uno de ellos:

OE1 (H1): Diseñar el sistema de agenda bajo la metodología descrita en el modelo propuesto MIGUA (Escenario A).

OE2 (H1): Diseñar el sistema de agenda apoyado en las instancias del catálogo atributos de usuario, específicamente dos: (1) experiencia en el dominio del problema (véase Tabla 3.7) y (2) experiencia con las tecnologías (véase Tabla 3.6) (Escenario A).

OE3 (H2): Utilizar instancias del catálogo patrones de usabilidad para el diseño de los componentes de la GUI del sistema de agenda (Escenario A).

OE4 (H2): Comprobar algunas de las instancias del catálogo de relaciones usuario usabilidad establecidas en la Tabla 3.14 respecto a los atributos de adaptación mencionado en **OE2** (Escenario A).

OE5 (H2): Establecer reglas de relación usuario-usabilidad para el sistema basadas en el análisis de los atributos de usuario elegidos. (Escenario A).

OE6 (H3): Evaluar la interfaz adaptativa desarrollada con usuarios reales para comprobar el aumento en el grado de usabilidad del sistema diseñado (Escenario A y Escenario B).

4.2. Análisis del perfil de usuario

Es necesario conocer como son los usuarios que van a evaluar la interfaz para poder establecer si la interfaz diseñada específicamente para su necesidades si cumplía o no con los requerimientos de aumentar la usabilidad del sistema. Para ello fue primordial establecer un proceso para conocer el perfil de los usuarios antes de su interacción con

En la Tabla 4.1 se pueden observar las preguntas básicas que se establecieron para conocer el nivel de experiencia de los usuarios sobre el tema de las agendas y su uso.

Tabla 4.1: Cuestionario 1 guía de preguntas para evaluar la experiencia en el dominio del problema

Pregunta	Posibles respuestas
1. ¿Conoce el concepto de agenda?	a. Si b. No
2. ¿Utiliza algún medio para registrar eventos o fechas importantes?	a. Si b. No
3. ¿Qué tan seguido lo utiliza?	a. Solamente ocasiones especiales b. Algunas veces c. Siempre
4. ¿Qué tipo de medio utiliza?	a. Manual b. Digital
5. En caso de utilizar un medio digital ¿desde hace cuando lo utiliza aproximadamente?	a. Menos de 2 meses b. De 2 a 12 meses c. Más de 1 año

En la Tabla 4.2 se agruparon las preguntas que se utilizaron como base para definir el perfil de los usuarios en cuanto a las experiencias que tienen utilizando tecnologías con un enfoque hacia el ambiente de desarrollo de la aplicación evaluada como computadoras y diferentes tipos de software.

Tabla 4.2: Cuestionario 2 Guía de preguntas para evaluar la experiencia de los usuarios con las tecnologías

Pregunta	Posibles respuestas
1. ¿Ha utilizado una computadora al menos en cinco ocasiones el último año?	<ul style="list-style-type: none"> a. Si b. No
2. ¿Qué tan frecuente ha utilizado una computadora durante el último año?	<ul style="list-style-type: none"> a. 1 o 2 veces al mes b. De 1 a 2 veces a la semana c. De 3 a 5 días a la semana d. Casi diario
3. ¿Cuántas horas al día utiliza la computadora regularmente?	<ul style="list-style-type: none"> a. Menos de 1 hora b. De 2 a 4 horas c. Más de 5 horas
4. ¿Cuál es la principal actividad que realiza frente a una computadora? (Aplicaciones que utiliza)	<ul style="list-style-type: none"> a. Entretenimiento b. Escuela c. Trabajo
5. ¿Usted se considera un usuario: novato, regular o experto?	<ul style="list-style-type: none"> a. Novato b. Regular c. Experto

Los dos cuestionarios se utilizaron para los dos escenarios propuestos en el momento de la evaluación de la interfaz, proceso que es detallado en las próximas secciones.

4.3. Metodología propuesta

El escenario A se diseñó bajo la metodología propuesta en este trabajo enfocada totalmente hacia el diseño de la interacción y mejora de la usabilidad de un sistema (véase sección 0 Siguiendo el **Esquema 19** la primera instancia de la tabla anterior se representaría:

$Y_{\text{patrón1}} = \langle \langle \text{memoria de corto plazo, limitado} \rangle, \text{sistema de retroalimentación, beneficia} \rangle$

Metodología para interfaces de usuario adaptativas). A continuación se describe el proceso de diseño del sistema de agenda y cada uno de los artefactos que se produjeron en cada etapa.

4.3.1. Especificaciones

4.3.1.1. Modelado de usuario

Esta fase se adaptó para el caso de estudio pues los atributos para modelar se decidieron previamente para fines de las comprobaciones establecidas anteriormente, la técnica fue la documentación pues se basó en la información que se estableció en capítulos anteriores.

Como ya se mencionó previamente se tomaron solamente dos atributos de usuario como base para el diseño los cuales son: (1) experiencia en el dominio del problema y (2) experiencia con las tecnologías, ambos son parte de las instancias descritas en el catálogo de atributos de usuario.

Atributos de usuario:

$\Delta 1$ =Experiencia en el dominio del problema (véase Tabla 3.6).

$\Delta 2$ =Experiencia con las tecnologías (véase Tabla 3.7)

Se decidió en base a la información contenida en las instancias del catálogo de atributos de usuario utilizar ambos atributos y en los tres rangos que se presentan para el desarrollo de la medición.

4.3.1.2. Análisis de tareas

El sistema consta de una tarea principal: crear nuevo evento. Para esta tarea se siguió el análisis jerárquico descrito en la sección 3.5.1.2 Análisis de tareas. Se basa en tres elementos: (1) tarea, (2) métodos y (3) pasos.

En la Figura 4.1 se tiene el diagrama resultante de esta etapa en donde se presentan hasta los pasos necesarios para cubrir la tarea principal.

Siguiendo la descripción de los esquemas propuestos la tarea de la Figura 4.1 es:

T_1 =<crear nuevo evento, permite agregar un evento, $\langle M_{T1} \rangle$ >, (**Esquema 14**) en donde:

M_{T1} =<básico, representa el flujo básico de la tarea, $\langle P_{T1} \rangle$ >, (**Esquema 15**) en donde:

P_{T1} =<<1, definir nombre del evento>, <2, definir fecha del evento>, <3, definir horario>, <4, crear evento>> (**Esquema 16**)

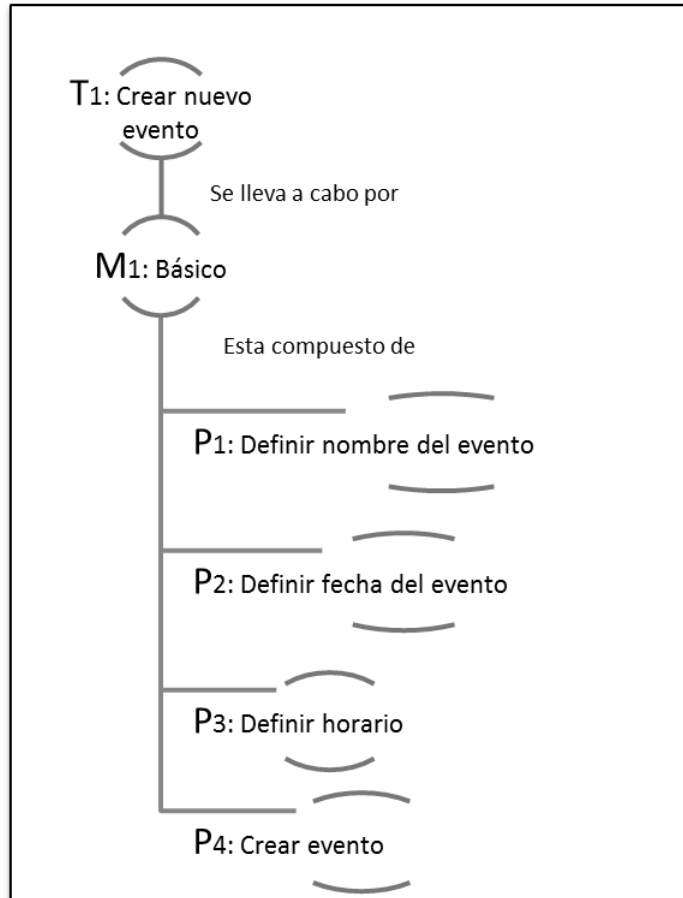


Figura 4.1: Crear nuevo evento

4.3.2. Diseño

4.3.2.1. Análisis de perfil de usuario

Para el caso de estudio se siguió con los establecidos anteriormente y se muestran a continuación bajo el formato establecido en secciones anteriores.

Atributos de adaptación

Siguiendo el **Esquema 5** se describen los dos atributos de adaptación del diseño actual:

AD1 =< Experiencia en el dominio del problema, <limitado, nominal, avanzado >>

AD2 =< Experiencia con tecnologías, <novato, regular, experto >>

Perfil básico

En base a ambos atributos de adaptación se obtuvo el *perfil básico* sobre el cual se desarrolló el sistema. Se sigue el **Esquema 6** para la descripción del perfil básico.

Perfil básico =<< Experiencia en el dominio del problema, <limitado, nominal, avanzado >>, < Experiencia con tecnologías, <novato, regular, experto >>, en donde:

Con el perfil básico se definió que el sistema debe de cubrir las necesidades de los usuarios con un desarrollo desde nulo hasta avanzado para los dos atributos de adaptación que lo integran. Los atributos que componen al perfil básico son los que se utilizaron para el diseño de la GUI y las reglas de adaptativas.

Estereotipos

Con los atributos de adaptación también se integraron dos estereotipos (**Esquema 7**) que agrupan a usuarios con el mismo tipo de desarrollo: (1) novato y (2) experto.

E1= < novato, (experiencia en el dominio del problema, limitado), (experiencia con tecnologías, novato)>

E2 =< experto, (experiencia en el dominio del problema, avanzado), (experiencia con tecnologías, experto)>

4.3.2.2. Especificaciones de diseño

En la Tabla 4.3 se presentan las cinco relaciones que se utilizaron como guías para diseñar la interfaz para los diferentes rangos de usuario de los dos atributos de adaptación y los estereotipos descritos anteriormente, se extrajeron de la Tabla 3.14 y siguen el **Esquema 19**.

Tabla 4.3: Relaciones entre atributos y patrones

	Atributo de usuario		Objeto o Patrón	Tipo de relación
	Nombre	Rango		
R1	Experiencia en tecnologías	Experto	Ayuda sensible al contexto	Afecta
R2	Experiencia en tecnologías	Novato	Ayuda sensible al contexto	Beneficia
R3	Experiencia en tecnologías	Novato	Validaciones	Beneficia
R4	Experiencia en el dominio del problema	Limitada	Ayuda sensible al contexto	Beneficia
R5	Experiencia en el dominio del problema	Avanzada	Ayuda sensible al contexto	Afecta

Representación de R1 con el **Esquema 19**:

R1 = << experiencia en tecnologías, experto >, ayuda sensible al contexto, afecta >

Las demás seguirían la estructura mostrada de la R1.

Los dos patrones principales sobre los que se basa el diseño adaptativo son: (1) ayuda sensible al contexto y (2) validaciones.

Después de un análisis de la Figura 4.1 donde se tienen los pasos del método básico y conociendo a los posibles usuarios del sistema, se diseñaron dos nuevos métodos: uno especialmente para usuarios novatos y otro para usuarios expertos.

El método novato fue diseñado para cumplir las necesidades de los usuarios que tienen un menor desarrollo en los atributos de adaptación bajo los cuales se diseñó el sistema. En la Figura 4.2 se pueden ver los elementos que conforman al método para realizar la tarea de crear un nuevo evento.

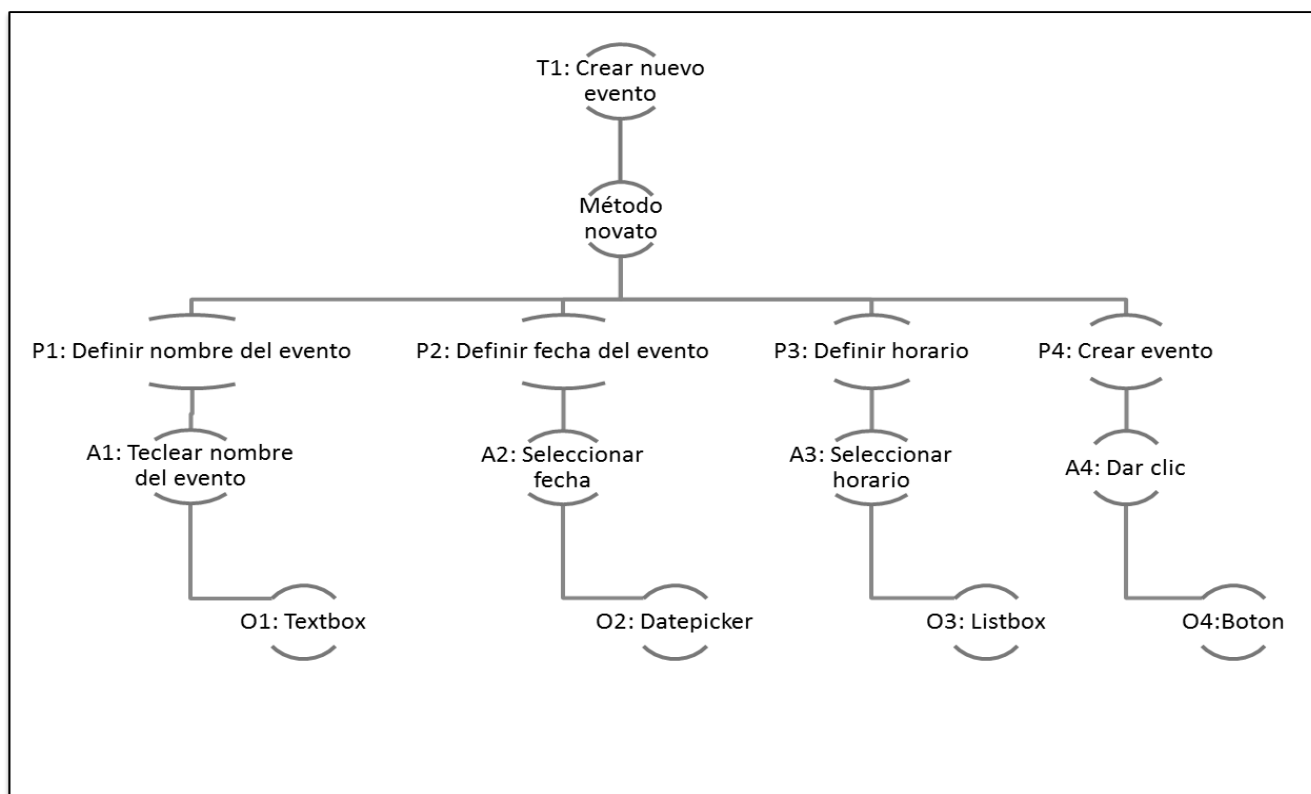


Figura 4.2: Representación jerárquica del método novato

Siguiendo la descripción de los esquemas propuestos la tarea de la Figura 4.2 es:

$T_1 = \langle \text{crear nuevo evento, permite agregar un evento, } \langle M_{T_1} \rangle \rangle$, (**Esquema 14**) en donde:

$M_{T_1} = \langle \text{método novato, diseñado para los usuarios novatos, } \langle P_{T_1} \rangle \rangle$, (**Esquema 15**) en donde:

$P_{T_1} = \langle \langle 1, A_1 \rangle, \langle 2, A_2 \rangle, \langle 3, A_3 \rangle, \langle 4, A_4 \rangle \rangle$ (**Esquema 17**)

$A_1 = \langle \text{teclear nombre del evento, textbox} \rangle$ (**Esquema 18**)

$A_2 = \langle \text{seleccionar fecha, datepicker} \rangle$ (**Esquema 18**)

$A_3 = \langle \text{seleccionar horario, listbox} \rangle$ (**Esquema 18**)

$A_4 = \langle \text{dar clic, boton} \rangle$ (**Esquema 18**)

Requerimientos de usabilidad bajo el Esquema 21 para el método novato (MN):

RUs1(MN): $\langle \text{estereotipo novato, teclear nombre del evento, textbox, crear nuevo evento, control explícito por parte del usuario} \rangle$

RUs2(MN): $\langle \text{estereotipo novato, seleccionar fecha, datePicker, crear nuevo evento, minimizar carga cognitiva} \rangle$

RUs3(MN): $\langle \text{estereotipo novato, seleccionar horario, Listbox, crear nuevo evento, manejo de errores} \rangle$

RUs4(MN): $\langle \text{estereotipo novato, dar clic, Boton, crear nuevo evento, control explícito por parte del usuario} \rangle$

Los objetos elegidos para el método novato son principalmente aquellos que permite la validación de los datos que va a introducir el usuario, por ende pertenecen al patrón de usabilidad *validaciones*, en la Tabla 4.3 en la R4 se muestra la relación que refleja que

este patrón beneficia los usuarios novatos. Al tener solamente que elegir de entre diferentes opciones se espera que el usuario cometa el mínimo número de errores.

Se diseñó otro método para las necesidades de los usuarios que tienen mayor experiencia en el desarrollo de los dos atributos de adaptación que integran al estereotipo experto.

En la Figura 4.3 se puede observar la representación del método para usuarios más expertos.

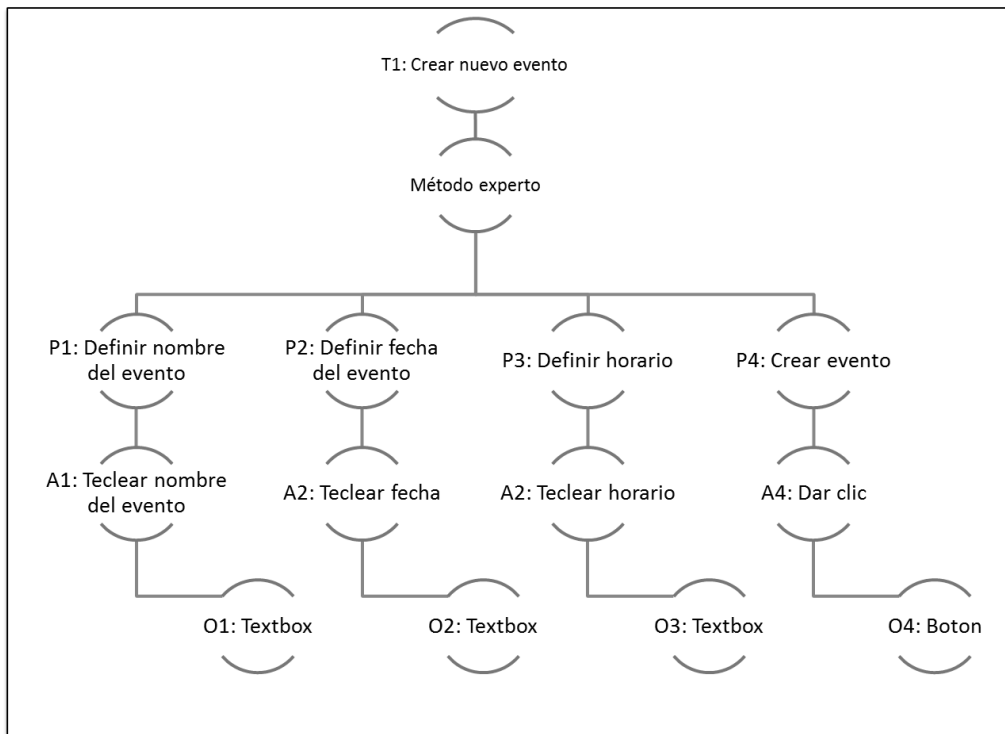


Figura 4.3: Representación jerárquica del método experto

Siguiendo la descripción de los esquemas propuestos la tarea de la Figura 4.3 es:

$T_1 = \langle \text{crear nuevo evento, permite agregar un evento, } \langle M_{T_1} \rangle \rangle$, (**Esquema 14**) en donde:

M_{T1} =<método experto, diseñado para los usuarios expertos, < P_{T1} > >, (**Esquema 15**) en donde:

P_{T1} =<<1, A_1 >, <2, A_2 >, <3, A_3 >, <4, A_4 > > (**Esquema 17**)

A_1 = <teclear nombre del evento, textbox> (**Esquema 18**)

A_2 = <teclear fecha, textbox > (**Esquema 18**)

A_3 = <teclear horario, textbox > (**Esquema 18**)

A_4 = <dar clic, boton> (**Esquema 18**)

Para el caso del método experto se utilizaron componentes más simples en cuanto a su aprendizaje de uso pero que pueden brindarle al usuario mayor rapidez al introducir la información directamente y con menos clics de los necesarios para interactuar con los elementos propuestos para el usuario novato. Sin embargo, pueden presentarse mayor número de errores al capturar la información.

Requerimientos de usabilidad bajo el Esquema 21 para el método experto (ME):

RUs1 (ME): <estereotipo experto, teclear nombre del evento, textbox, crear nuevo evento , control explícito por parte del usuario >

RUs2 (ME): <estereotipo experto, teclear fecha, textbox, crear nuevo evento control explícito por parte del usuario >

RUs3 (ME): <estereotipo experto, teclear horario, textbox, crear nuevo evento, control explícito por parte del usuario >

RUs4 (ME): <estereotipo experto, dar clic, Boton, crear nuevo evento, control explícito por parte del usuario >

Sobre las relaciones que se establecen en el patrón ayuda sensible al contexto y los atributos de adaptación se puede apreciar que hay un beneficio para los usuarios novatos, pero afecta a los usuarios expertos porque esto los puede hacer menos eficientes. Se decidió diseñar tres tipos diferentes de tutoriales para comprobar cuáles benefician a cada tipo de usuario.

Requerimientos de usabilidad sobre la acción *ayuda siguiendo el Esquema 21*:

RUs1: < estereotipo experto, ayuda, manual con texto, crear nuevo evento, accesibilidad >

RUs2: < estereotipo novato, ayuda, manual video, crear nuevo evento, minimizar carga cognitiva >

RUs3: < usuario regular o nominal, ayuda, manual imágenes, crear nuevo evento, minimizar carga cognitiva >

4.3.2.3. Construcción de reglas de adaptación

Las reglas en base al diseño anterior y utilizando como entrada los estereotipos siguiendo la estructura propuesta en la sección 3.2 Reglas de adaptación son:

1. IF **estereotipo** is **experto** AND **tarea** is **crear nuevo evento** THEN **método novato** is **poco recomendable**
2. IF **estereotipo** is **experto** AND **tarea** is **crear nuevo evento** THEN **método experto** is **muy recomendable**
3. IF **estereotipo** is **experto** AND **tarea** is **crear nuevo evento** AND **acción** is **ayuda** THEN **manual en texto** is **muy recomendable**
4. IF **estereotipo** is **experto** AND **tarea** is **crear nuevo evento** AND **acción** is **ayuda** THEN **manual en imágenes** is **recomendable**

5. IF **estereotipo** is **experto** AND **tarea** is **crear nuevo evento** AND **acción** is **ayuda** THEN **manual en video** is **poco recomendable**
6. IF **estereotipo** is **novato** AND **tarea** is **crear nuevo evento** THEN **método novato** is **muy recomendable**
7. IF **estereotipo** is **novato** AND **tarea** is **crear nuevo evento** THEN **método experto** is **poco recomendable**
8. IF **estereotipo** is **novato** AND **tarea** is **crear nuevo evento** AND **acción** is **ayuda** THEN **manual en texto** is **poco recomendable**
9. IF **estereotipo** is **novato** AND **tarea** is **crear nuevo evento** AND **acción** is **ayuda** THEN **manual en imágenes** is **recomendable**
10. IF **estereotipo** is **novato** AND **tarea** is **crear nuevo evento** AND **acción** is **ayuda** THEN **manual en video** is **muy recomendable**

4.3.3. Implementación

La implementación de un sistema adaptativo todavía no es posible debido a la falta del desarrollo de motores de inferencia que harán posible este comportamiento que será parte del trabajo a futuro, por lo tanto, la interfaz diseñada no sigue la arquitectura propuesta en la sección 4.3.3 Implementación y no cambia de forma automática ni dinámica en tiempo real, por lo cual, fue necesario desarrollar dos formas diferentes de realizar la tarea en base a las reglas descritas anteriormente.

El sistema se implementó bajo la plataforma Microsoft .net en lenguaje c#, como ambientes de desarrollo se utilizaron Microsoft Visual Studio 20120 Professional y Microsoft Expression Blend 4, este último principalmente para el diseño de la GUI.

En la Figura 4.4 esta la imagen de la interfaz diseñada a partir de las reglas establecidas en los puntos anteriores para los usuarios que sean novatos.

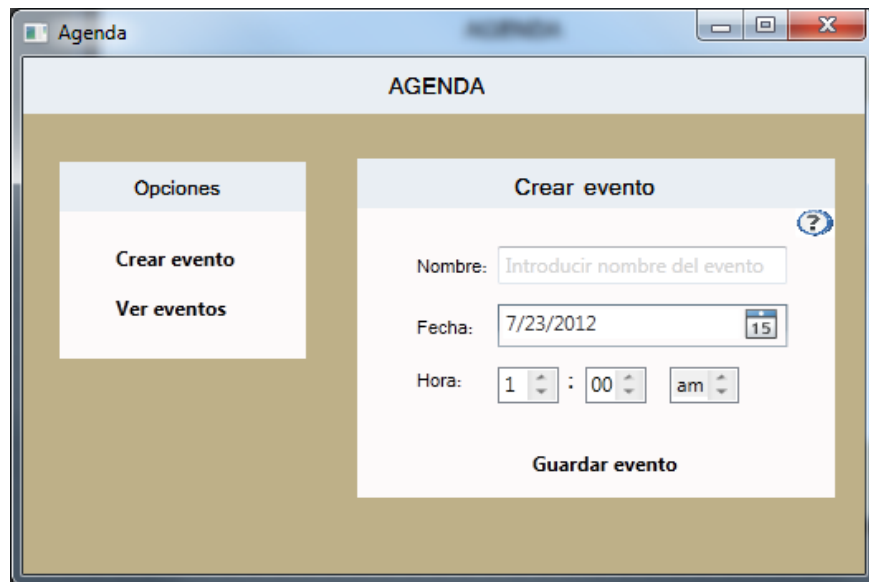


Figura 4.4: Interfaz diseñada para usuarios novatos

La Figura 4.5 es el resultado de las reglas establecidas para el diseño de la interfaz para los usuarios expertos.

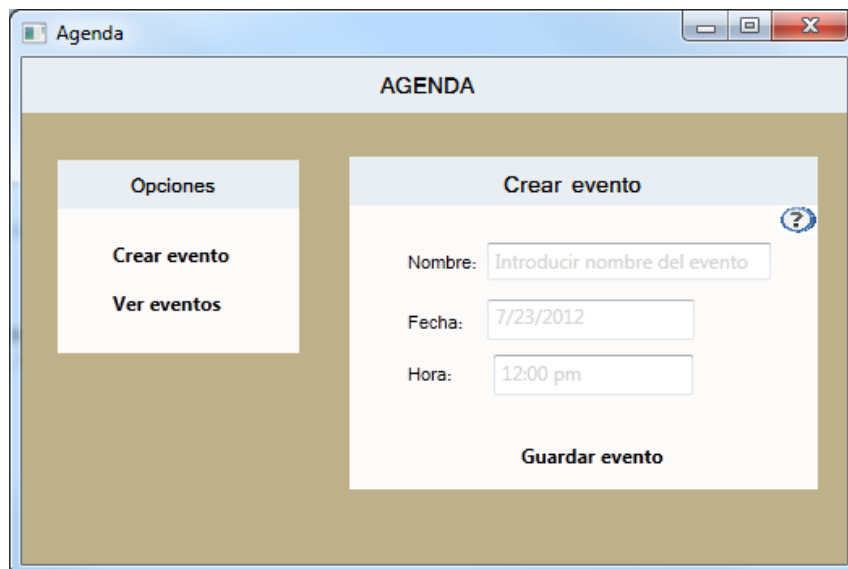


Figura 4.5: Interfaz diseñada para usuarios expertos

4.3.4. Proceso de evaluación con los usuarios del escenario A

La evaluación se llevó a cabo en dos fases: (1) conocer el perfil de usuario y (2) establecer la interacción y evaluación de la interfaz, cada una de las actividades se describen a continuación. Primero se explica en que consistió cada una de las fases mencionadas y posteriormente se describe la información obtenida con cada uno de los usuarios que evaluaron la interfaz.

4.3.4.1. Interacción y evaluación de la interfaz

Para comprobar que los diseños realmente si beneficiaban al perfil de usuario para el cual fueron diseñados, se pidió a diferentes usuarios que realizarán la tarea descrita anteriormente mediante ambas interfaces. El objetivo fue comprobar que las relaciones creadas anteriormente realmente se cumplían con usuarios reales y aumentaban el grado de usabilidad de una interfaz, para ello se establecieron diferentes formas para evaluar los atributos de usabilidad que están relacionados a los patrones de usabilidad que conforman a las reglas de diseño.

La evaluación del sistema se desarrolló bajo el planteamiento de dos principales escenarios a los usuarios: (1) utilizar la interfaz de la Figura 4.4; la cual está diseñada principalmente para los usuarios con menor desarrollo en los atributos de adaptación y (2) utilizar la interfaz que se muestra en la Figura 4.5; la cual muestra los componentes que establecieron que son los óptimos para satisfacer las necesidades de un usuario avanzado.

En la evaluación se tomaron en cuenta los cuatro atributos de usabilidad: (1) aprendizaje, (2) eficiencia, (3) errores y (4) satisfacción. Cada uno de ellos fue evaluado de una forma diferente.

Para evaluar el atributo de usabilidad *eficiencia*, se midió el tiempo que a los usuarios les tomaba realizar la tarea con cada una de las dos interfaces diseñadas. Para evitar que el tiempo de ejecución de la tarea se viera influenciado por la información que el usuario decidiera ingresar (por ejemplo, nombre del evento demasiado largo) o por las indecisiones que el usuario pudiera presentar sobre la información (por ejemplo, no saber qué nombre elegir, fecha u horario), previamente se les dio indicaciones de la información que debían introducir para crear el nuevo evento, es decir, a todos los usuarios se les dio el nombre de un evento, fecha y hora.

El atributo de usabilidad relacionado a los *errores* se midió al cuantificar el número de errores en que los usuarios incurrieron al interactuar bajo los dos escenarios.

La evaluación del atributo *aprendizaje* se efectuó principalmente sobre el patrón de usabilidad *ayuda sensible al contexto* de donde se desprenden los objetos de los tutoriales que se presentaron a los usuarios.

El atributo de *satisfacción* fue evaluado preguntando directamente a los usuarios cuál de las interfaces les parecía mejor.

En la Tabla 4.4 se presentan las preguntas que se les hicieron a los usuarios al final de la evaluación para conocer principalmente sus comentarios sobre ambos escenarios.

Tabla 4.4: Cuestionario 3 guía para evaluar los atributos de usabilidad del sistema

Pregunta	Posibles respuestas
1. ¿Había utilizado anteriormente los componentes que se le presentaron en la interfaz?	<ul style="list-style-type: none"> a. Si b. No c. Algunos
2. ¿Cuáles componentes no conocía de la primera pantalla?	<ul style="list-style-type: none"> a. El nombre del evento b. El de seleccionar fecha c. Los de la hora d. Todos los anteriores
3. ¿Cuál de las dos formas le pareció más fácil y por qué?	<ul style="list-style-type: none"> a. Primera (novato) b. Segunda (experto)
4. ¿Cuál de los tres tutoriales le fue de mayor utilidad y por qué?	<ul style="list-style-type: none"> a. Solamente texto b. Imágenes c. Video

Las preguntas #1 y #2 se utilizaron para establecer si los usuarios requerían de ayuda debido a su poca o nula familiaridad con los componentes de la interfaz y posteriormente ver si este detalle afectaba en los tiempos de las primeras interacciones de cada escenario.

La pregunta #3 se utilizó para definir cuáles eran las preferencias de los usuarios sobre los escenarios, respaldando al atributo de usabilidad de satisfacción.

La pregunta #4 tiene una relación directa con las reglas de adaptación que involucraban los estereotipos y la acción de ayudar, de ésta forma definir si fueron las más adecuadas (véase en la sección 4.3.2 Diseño el tema Construcción de reglas de adaptación).

4.3.4.2. Resultados del proceso de evaluación de la interfaz

En esta sección se detalla el proceso que se realizó para el análisis de usuario y la evaluación de la interfaz, el cual se llevó a cabo con una participación de 28 usuarios.

En la Tabla 4.5 se concentran las respuestas dadas por los 28 usuarios para el cuestionario 1 (véase Tabla 4.1)

Tabla 4.5: Resultados de los usuarios para la evaluación de atributo de adaptación experiencia en el dominio del problema

Usuario	Preguntas					Usuario	Preguntas				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
U01	a	b	NA	NA	NA	U15	a	A	A	a	NA
U02	a	a	A	a	NA	U16	a	B	NA	NA	NA
U03	a	b	NA	NA	NA	U17	A	B	NA	NA	NA
U04	a	b	NA	NA	NA	U18	A	A	B	a	NA
U05	a	a	B	a	NA	U19	A	B	NA	NA	NA
U06	a	b	NA	NA	NA	U20	A	B	NA	NA	NA
U07	a	b	NA	NA	NA	U21	A	A	B	a	NA
U08	a	a	A	a	NA	U22	A	A	A	b	A
U09	a	b	NA	NA	NA	U23	A	B	NA	NA	NA
U10	a	b	NA	NA	NA	U24	A	A	A	b	A
U11	a	b	NA	NA	NA	U25	A	A	C	b	C
U12	a	b	NA	NA	NA	U26	A	A	C	b	C
U13	a	b	NA	NA	NA	U27	A	A	C	b	C
U14	a	b	NA	NA	NA	U28	A	A	B	b	A

NA= No aplica

En la Tabla 4.6 se ha concentrado las respuestas obtenidas mediante el cuestionario 2 (véase Tabla 4.2) para conocer el nivel de experiencia que los usuarios tienen respecto a las tecnologías.

Tabla 4.6: Resultados de los usuarios para la evaluación del atributo de adaptación experiencia con tecnologías

Usuario	Preguntas					Usuario	Preguntas				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
U01	a	b	NA	NA	NA	U15	a	c	a	a	a
U02	a	a	a	a	NA	U16	a	c	a	a	a
U03	a	b	NA	NA	NA	U17	a	d	c	c	a
U04	a	b	NA	NA	NA	U18	a	c	a	a	a
U05	a	a	b	a	NA	U19	a	a	a	a	a
U06	a	b	NA	NA	NA	U20	a	c	a	a	a
U07	a	b	NA	NA	NA	U21	a	c	b	c	b
U08	a	a	a	a	NA	U22	a	c	b	a	b
U09	a	b	NA	NA	NA	U23	a	d	b	a/c	b
U10	a	b	NA	NA	NA	U24	a	c	b	a	b
U11	a	b	NA	NA	NA	U25	a	d	c	c	c
U12	a	b	NA	NA	NA	U26	a	d	c	c	c
U13	a	b	NA	NA	NA	U27	a	d	c	c	c
U14	a	b	NA	NA	NA	U28	a	d	c	b	b

NA= No aplica

En la Tabla 4.7 se agrupa la información que se obtuvo de los usuarios sobre el desarrollo de los dos atributos considerados para el caso de estudio y el estereotipo en el que se clasificó según el desarrollo de los atributos.

Tabla 4.7: Resultados de los perfiles de usuario

Usuario	Perfil de usuario			Usuario	Perfil de usuario		
	AD1	AD2	Estereotipo		AD1	AD2	Estereotipo
U01	limitado	Novato	novato	U15	limitado	novato	novato
U02	limitado	Novato	novato	U16	limitado	novato	novato
U03	limitado	Novato	novato	U17	limitado	novato	novato
U04	limitado	Novato	novato	U18	limitado	novato	novato
U05	limitado	novato	novato	U19	limitado	novato	novato
U06	limitado	novato	novato	U20	limitado	novato	novato
U07	limitado	novato	novato	U21	nominal	regular	no aplica
U08	limitado	novato	novato	U22	nominal	regular	no aplica
U09	limitado	novato	novato	U23	limitado	regular	no aplica
U10	limitado	novato	novato	U24	avanzado	regular	no aplica
U11	limitado	novato	novato	U25	avanzado	experto	experto
U12	limitado	novato	novato	U26	avanzado	experto	experto
U13	limitado	novato	novato	U27	avanzado	experto	experto
U14	limitado	novato	novato	U28	avanzado	experto	experto

AD1= Experiencia en el dominio del problema

AD2= Experiencia con tecnologías

De los usuarios participantes en el caso de estudio 20 de ellos se clasificaron en el estereotipo de novato, cuatro fueron catalogados como expertos y los cuatro restantes no entraron en ninguno de los dos estereotipos establecidos al principio del análisis..

En la Tabla 4.8 se muestran las columnas que representan los tiempos (segundos) que les tomó a los usuarios realizar la tarea en el escenario A.1 y escenario A.2.

Tabla 4.8: Eficiencia basada en el tiempo de las tareas realizadas por los usuarios

Usuario	Escenario A.1			Escenario A.2		
	<i>I1</i> seg	<i>I2</i> seg	Mejora en tiempo %	<i>I1</i> seg	<i>I2</i> seg	Mejora en tiempo %
U01	256	110	57.03	90	84	0.66
U02	157	45	71.33	98	85	13.26
U03	212	63	70.28	110	98	10.90
U04	62	50	19.35	55	54	1.81
U05	42	20	53.4	24	21	12.5
U06	191	67	64.92	91	90	1.09
U07	39	15	61.53	44	22	50
U08	68	24	35.30	31	30	3.22
U09	111	40	63.96	80	72	10
U10	215	104	51.62	131	127	3.05
U11	90	45	50	73	69	5.47
U12	46	40	13.04	51	50	1.96
U13	265	82	67.96	222	156	29.72
U14	289	176	39.10	234	211	9.82
U15	333	65	80.48	273	87	68.13
U16	45	37	17.77	50	45	10
U17	43	38	11.62	50	47	6
U18	56	33	41.07	62	57	8.06
U19	32	26	18.75	50	30	4
U20	32	34	-0.6	36	34	5.55
U21	54	52	3.70	63	60	4.76
U22	42	42	0	43	44	-0.23
U23	59	23	61	45	40	11.11
U24	65	30	53.84	48	42	12.5
U25	15	16	-0.66	26	22	15.38
U26	26	21	19.23	25	20	20
U27	20	19	0.5	22	18	18.18
U28	30	26	13.33	28	25	10.71

I1= Primera iteración

I2= Segunda iteración

La última columna de cada escenario de la Tabla 4.8 representa el porcentaje de tiempo que se redujo al completar la tarea bajo cada escenario para la segunda interacción.

En la Tabla 4.9 se ha concentrado la información referente a los errores que cometieron los usuarios en cada escenario y en cada una de las dos interacciones.

Tabla 4.9: Errores con la interfaz obtenidos por los usuarios

Usuario	Escenario A.1		Escenario A.2		Usuario	Escenario A.1		Escenario A.2	
	I1	I2	I1	I2		I1	I2	I1	I2
U01	1	0	2	2	U15	2	0	2	1
U02	1	0	1	1	U16	0	0	1	1
U03	1	0	1	1	U17	0	0	1	0
U04	1	0	1	0	U18	0	0	1	1
U05	1	0	1	0	U19	0	0	1	0
U06	1	0	1	1	U20	0	0	0	0
U07	1	0	1	0	U21	0	0	0	0
U08	0	0	2	1	U22	0	0	1	0
U09	1	0	1	2	U23	1	0	2	1
U10	1	0	2	2	U24	1	0	1	1
U11	1	0	1	1	U25	0	0	0	0
U12	1	0	1	1	U26	0	0	1	0
U13	1	0	3	3	U27	0	0	0	0
U14	1	0	3	2	U28	0	0	0	0

I1= Primera iteración

I2= Segunda iteración

En la Tabla 4.10 se concentran los resultados de los usuarios que se obtuvieron para conocer su opinión sobre la interfaz, las preguntas corresponden al cuestionario #3 (véase Tabla 4.4)

Tabla 4.10: Resultados obtenidos después de la interacción con el sistema

Usuario	Preguntas				Usuario	Preguntas			
	1	2	3	4		1	2	3	4
U01	b	a/b/c	a	c	U15	b	b/c	a	c
U02	b	b/c	a	c	U16	a	NA	a	c
U03	b	b/c	b	c	U17	a	NA	a	b
U04	b	b/c	a	c	U18	a	NA	a	c
U05	a	NA	b	c	U19	a	NA	a	c
U06	b	b/c	a	c	U20	a	NA	a	c
U07	a	NA	a	c	U21	a	NA	a	b
U08	a	NA	a	c	U22	a	NA	a	b
U09	a	NA	a	c	U23	a	NA	b	c
U10	b	b/c	a	c	U24	a	NA	a	b
U11	b	B	a	c	U25	a	NA	b	a
U12	a	NA	b	b	U26	a	NA	b	a
U13	b	a/b/c	a	c	U27	a	NA	b	a
U14	b	b/c	a	c	U28	a	NA	b	b

NA= No aplica

En la Tabla 4.11 se pueden observar las respuestas de los usuarios sobre sus preferencias en cuanto al tipo de ayuda. Los usuarios escogieron principalmente la ayuda que se había diseñado específicamente para ellos, los usuarios novatos se inclinaron a la ayuda mediante video y los expertos a la ayuda mediante texto.

Tabla 4.11: Preferencias del tipo de ayuda por perfil de usuario

	Novato	Experto	Otro
Video	18	0	1
Imágenes	2	1	3
Texto	0	3	0

En la Tabla 4.12 se han concentrado las respuestas que dieron los usuarios sobre que escenario les parecía mejor después de haber interactuado con los dos escenarios, se puede apreciar que los usuarios novatos efectivamente eligieron el escenario A.1 y los expertos el escenario A.2.

Tabla 4.12: Preferencias sobre los escenarios propuestos

	Novato	Experto	Otro
Escenario A.1	17	0	3
Escenario A.2	3	4	1

En las siguientes secciones se detallan las respuestas obtenidas de los 28 usuarios participantes que se utilizaron para la clasificación de los perfiles, también se especifica en una tabla para cada usuario los tiempos y errores en los que incurrió al interactuar con el sistema y posteriormente por cada usuario se muestran los resultados obtenidos de la encuesta con el usuario al final de la interacción con las cuales se obtuvieron los resultados que se han mostrado en las tablas anteriores.

4.4. Metodología tradicional

El escenario B cumple con la misma tarea anteriormente descrita pero se siguió una metodología básica. Se le pidió a un desarrollador con conocimientos básicos en el desarrollo del sistema elaborar una interfaz para la tarea de crear evento, el sistema se implementó bajo la plataforma Microsoft .net en el lenguaje c#.

4.4.1. Especificaciones

En esta sección se describen los requerimientos que se documentaron para el diseño del escenario B. Resaltando que solamente se solicitó la redacción de los requerimientos de funcionalidad y usabilidad.

Requerimientos de funcionalidad:

RF1 = El sistema debe permitir al usuario crear un evento

RF2 = El sistema debe permitir al usuario asignar un nombre para el evento que va a crear

RF3 = El sistema debe permitir al usuario seleccionar una fecha para el evento que va a crear

RF4= El sistema debe permitir al usuario asignar una hora para el evento que va a crear

RF5 = El sistema debe permitir al usuario guardar el evento creado

Requerimientos de usabilidad:

RU 1 = La pantalla Agenda deberá mostrar un botón con el texto "Crear Nuevo Evento"

RU 2 = El sistema deberá de permitir al usuario seleccionar la fecha mediante el componente datePicker

RU3 = El sistema deberá permitir al usuario seleccionar A.M. o P.M. en un combobox

4.4.2. Diseño de la interfaz

En la Figura 4.6 se puede apreciar la interfaz que resultó con las especificaciones descritas anteriormente y que representa el escenario B.

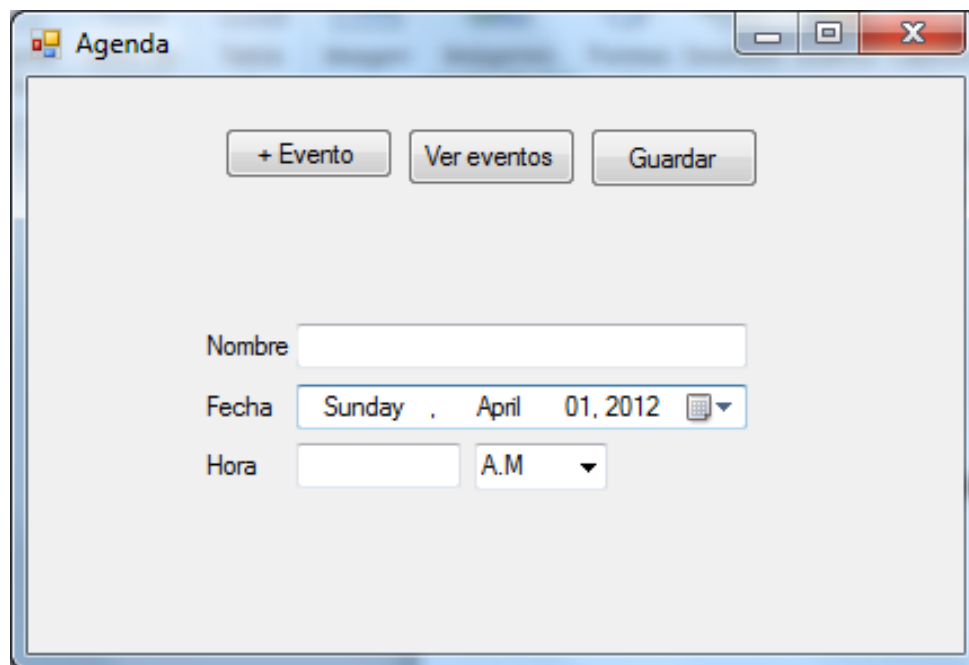


Figura 4.6: Interfaz del escenario B

4.4.3. Proceso de evaluación con los usuarios del escenario A

En esta sección se detalla el proceso que se realizó para el análisis de usuario y la evaluación de la interfaz de este escenario. En total se presenta la participación de 16 usuarios.

4.4.3.1. Interacción y evaluación de la interfaz

El proceso de interacción con la interfaz del escenario B se llevó a cabo de manera similar al escenario A y con el mismo objetivo de evaluar la usabilidad de la interfaz, por lo cual, se tomaron en cuenta los mismos cuatro atributos de usabilidad: (1) facilidad de aprendizaje, (2) eficiencia, (3) errores y (4) satisfacción.

Para la evaluación de la *eficiencia* se midió el tiempo que a los usuarios les tomaba realizar la tarea. Se les pidió que ingresaran eventos específicos, por ejemplo, fecha de cumpleaños.

Para la medición de la fiabilidad de se cuantificó el número de errores en los que incurrieron los usuarios.

Los otros atributos fueron evaluados mediante una entrevista que se realizó a los usuarios posteriormente a la interacción con la interfaz.

El atributo de *satisfacción* fue evaluado preguntando directamente a los usuarios el nivel de agrado que tenían por la interfaz, lo cual se obtuvo con la pregunta # 4 del cuestionario # 4 de la Tabla 4.13.

La evaluación del atributo de *facilidad de aprendizaje* se pretende conocer mediante la pregunta #3 y #5 del cuestionario #4 de la Tabla 4.13, con las cuales se puede conocer la facilidad de uso de la interfaz que estiman los usuarios.

En la Tabla 4.13 se describen las preguntas utilizadas con los usuarios del escenario B para la evaluación de la usabilidad de la interfaz.

Tabla 4.13: Cuestionario 4 guía para evaluar los atributos de usabilidad del sistema en el escenario B

Pregunta	Posibles respuestas
1. ¿Había utilizado anteriormente los componentes que se le presentaron en la interfaz?	a. Si b. Algunos c. No
2. ¿Cuáles componentes no conocía de la primera pantalla?	a. El nombre del evento b. El de seleccionar fecha c. Los de la hora
3. ¿Qué tan fácil de utilizar le pareció la interfaz?	Rango: Nada fácil 1-5 muy fácil
4. ¿Qué tanto le gusto la interfaz?	Rango: Nada 1-5 Mucho
5. ¿La ayuda del sistema le pareció?	Rango: Nada útil 1-5 muy útil

4.4.3.2. Resultados del proceso de evaluación de la interfaz

En esta sección se detallan los resultados que se obtuvieron con los usuarios durante la evaluación de los perfiles, su interacción con el sistema y la evaluación de la usabilidad de la interfaz del escenario B.

En la Tabla 4.5 se concentran las respuestas dadas por los 16 usuarios para las cinco preguntas que contiene el cuestionario 1 (véase Tabla 4.1), las cuales representan la evaluación del dominio del problema.

Tabla 4.14: Resultados de los usuarios para la evaluación de atributo de adaptación experiencia en el dominio del problema

Usuario	Preguntas				
	1	2	3	4	5
U01	a	a	a	a	NA
U02	a	a	b	a	NA
U03	a	a	b	a	NA
U04	a	b	NA	NA	NA
U05	a	a	b	a	NA
U06	a	b	NA	NA	NA
U07	a	b	NA	NA	NA
U08	a	a	a	a	NA
U09	a	a	a	a	NA
U10	a	a	b	a	NA
U11	a	a	a	b	c
U12	a	a	a	b	c
U13	a	a	a	b	c
U14	a	a	b	b	c
U15	a	a	c	b	c
U16	a	a	b	b	c

NA= No aplica

La pregunta #1 refleja que los usuarios si conocen el concepto de agenda y la mayoría de ellos utiliza algún medio para el registro de eventos (pregunta #2), sin embargo, solamente del usuario U11 al u16 utilizan algún medio digital.

En la Tabla 4.15 se ha concentrado las respuestas obtenidas de las cinco preguntas que se describieron en el cuestionario 2 (véase Tabla 4.2), el cual fue diseñado para conocer el nivel de experiencia que los usuarios tienen respecto a las tecnologías.

Tabla 4.15: Resultados de los usuarios para la evaluación del atributo de adaptación experiencia con tecnologías

Usuario	Preguntas				
	1	2	3	4	5
U01	b	NA	NA	NA	NA
U02	b	NA	NA	NA	NA
U03	b	NA	NA	NA	NA
U04	b	NA	NA	NA	NA
U05	a	a	a	a	a
U06	a	b	a	a	a
U07	a	a	b	a	a
U08	a	a	b	a	a
U09	a	a	a	a	a
U10	a	a	b	a	a
U11	a	a	b	a	a
U12	a	a	b	a	a
U13	a	s	c	a	c
U14	a	d	b	b	c
U15	a	d	c	a	c
U16	a	d	c	b	c

NA= No aplica

Se puede observar en la Tabla 4.15 que los primeros cuatro usuarios no tenían ningún contacto con computadoras; su experiencia es nula. Mientras los últimos cuatro usuarios demuestran una mayor experiencia y dominio de las computadoras.

En la Tabla 4.16 se agrupa la información respecto a los usuarios en cuanto al rango en que se han clasificado para cada uno de los atributos de adaptación y también en que estereotipo se han clasificado de acuerdo a los valores de los mismos.

Tabla 4.16: Resultados de los perfiles de usuario

Usuario	Perfil de usuario		
	AD1	AD2	Estereotipo
U01	limitado	novato	Novato
U02	limitado	novato	Novato
U03	limitado	novato	Novato
U04	limitado	novato	Novato
U05	limitado	novato	Novato
U06	limitado	novato	Novato
U07	limitado	novato	Novato
U08	limitado	novato	Novato
U09	limitado	novato	Novato
U10	limitado	novato	Novato
U11	avanzado	novato	no aplica
U12	avanzado	novato	no aplica
U13	avanzado	experto	Experto
U14	avanzado	experto	Experto
U15	avanzado	experto	Experto
U16	avanzado	experto	Experto

AD1= Experiencia en el dominio del problema

AD2= Experiencia con tecnologías

Estos rangos se establecieron en base a los resultados previamente mostrados de la evaluación del perfil. En total se clasificaron 10 usuarios dentro del estereotipo novato, cuatro corresponden al estereotipo de experto y dos de ellos no entraron en ninguno de los dos estereotipos planteados para el caso de estudio.

En la Tabla 4.17 se muestran las columnas con los tiempos que les tomó a los usuarios realizar la tarea en el escenario B por cada una de las dos iteraciones.

Tabla 4.17: Eficiencia basada en el tiempo de las tareas realizadas por los usuarios

Usuario	Escenario B	
	<i>I1</i> seg	<i>I2</i> seg
U01	487	209
U02	685	467
U03	616	521
U04	396	155
U05	232	112
U06	41	29
U07	289	90
U08	49	35
U09	111	56
U10	44	36
U11	30	29
U12	32	32
U13	22	18
U14	27	23
U15	24	21
U16	28	27

I1= Primera iteración

I2= Segunda iteración

En la tabla anterior se puede observar que los tiempos mas altos(los primeros usuarios) son también los que tenían nula o mínima experiencia con las tecnologías (véase Tabla 4.15) .Por el contrario, los últimos usuarios que representan a los usuarios expertos son los que tienen menores tiempos para la realización de la tarea.

En la Tabla 4.18 se ha concentrado la información referente a los errores que cometieron los usuarios en cada una de las iteraciones del escenario B.

Tabla 4.18: Errores en el escenario B

Usuario	Escenario B	
	<i>I1</i>	<i>I2</i>
U01	3	2
U02	3	1
U03	1	0
U04	3	0
U05	2	1
U06	1	1
U07	2	2
U08	2	1
U09	2	0
U10	1	0
U11	1	0
U12	1	0
U13	1	0
U14	1	0
U15	0	0
U16	0	0

I1= Primera iteración

I2= Segunda iteración

Los errores reflejan una relación con la experiencia de los usuarios, para la primera iteración los primeros usuarios (novatos) incurrieron en más errores, mientras que los usuarios expertos solamente incurrieron en uno o en ningún error. Y en la segunda iteración los errores se redujeron de manera importante para todos los usuarios.

En la Tabla 4.19 se muestran los resultados obtenidos de los 16 usuarios que participaron en la evaluación de la interfaz del escenario B.

Tabla 4.19: Resultados de los usuarios para la evaluación de atributo de adaptación experiencia en el dominio del problema

Usuario	Preguntas				
	1	2	3	4	5
U01	c	a/b/c	1	2	1
U02	c	a/b/c	1	1	1
U03	c	a/b/c	1	2	1
U04	c	a/b/c	1	2	1
U05	b	b/c	1	2	1
U06	a	NA	3	1	1
U07	b	b/c	3	1	1
U08	b	b/c	2	2	2
U09	b	b/c	2	1	1
U10	a	NA	2	2	2
U11	a	NA	3	2	1
U12	a	NA	4	1	1
U13	a	NA	5	3	3
U14	a	NA	4	1	1
U15	a	NA	4	3	2
U16	a	NA	5	2	2

NA= No aplica

Los resultados se obtuvieron mediante las entrevistas basadas en el cuestionario 4 que se puede observar en la Tabla 4.13. Las dos primeras preguntas ayudan a conocer si los usuarios estaban familiarizados con los componentes de la interfaz y de la misma forma que en las tablas anteriores la experiencia se ve reflejada en las respuestas, 8 de los 10 usuarios novatos no conocían al menos uno de los componentes utilizados y se ve reflejado en sus calificaciones sobre la facilidad de uso en donde la mitad de ellos le otorgaron 1. Mientras que los usuarios con mayor experiencia clasificaron la interfaz en cuanto a su facilidad entre 4 y 5.

En cuanto a la satisfacción de los usuarios se puede observar en la columna de la pregunta 3 que los usuarios no la consideraron agradable pues fue evaluada en su mayoría entre 1 y 2. Lo mismo pasó con la ayuda del sistema, la cual fue calificada como poco útil por la mayoría de los usuarios.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección se describen un análisis de los resultados obtenidos durante la experimentación, las comparaciones se realizan para poder establecer cuales escenarios e interfaces tienen un mayor grado de usabilidad.

Primero se hace la evaluación de las dos interfaces creadas bajo la metodología propuesta y posteriormente se comparan las interfaces para cada uno de los dos estereotipos en lo que se baso el diseño y la evaluación.

5.1. Interfaces del mismo escenario

Para el diseño del sistema se siguió la metodología explicada en el Capítulo 4, sin embargo, por ser un experimento controlado algunas de las etapas se simplificaron, por ejemplo, el análisis de diseño se realizó basado en una previa selección de dos atributos específicos: (1) experiencia en el dominio del problema y (2) experiencia con las tecnologías, cada uno de ellos fue dividido en tres rangos para su medición, los cuales fueron tomados de las instancias de los catálogos explicados en la sección 3.4.1 Catálogo de atributos de usuario. Los atributos de usuario se consideraron también para la especificación de dos estereotipos: novato y experto.

El análisis de tareas se llevó a cabo solamente con una tarea principal, en base a los dos estereotipos mencionados anteriormente se diseñaron dos métodos, uno específico para cada uno de los perfiles que se definieron con los estereotipos. Cada una de las tareas siguió el esquema jerárquico propuesto, cada uno de los métodos

está compuesto por cuatro pasos, cuatro acciones y cuatro objetos sobre los cuales interactuó el usuario (véanse Figura 4.2 y Figura 4.3).

Los objetos para cada una de las acciones de los dos métodos propuestos fueron elegidos basados en los dos patrones de usabilidad utilizados para su comprobación parcial: ayuda sensible al contexto y validaciones, cuyas instancias se propusieron como ejemplificaciones para el modelo y las descripciones detalladas se pueden encontrar en el capítulo 3.

Partiendo de los atributos de usuario, las tareas y los patrones de usabilidad se establecieron los requerimientos de usabilidad, los cuales representan las relaciones que existen entre dichos elementos. Los requerimientos de usabilidad y algunas instancias del catálogo de relaciones de usuario-usabilidad (véase Tabla 4.3) se utilizaron como base para la creación de las diez reglas de adaptación para el diseño del sistema y también para establecer una comprobación sobre la veracidad de las mismas.

Para poder establecer si se aumentaba la usabilidad con las interfaces diseñadas del escenario A enfocadas en las características específicas de un usuario o grupo de usuarios que tienen en común ciertos valores en sus atributos se cuantificaron diferentes elementos, por ejemplo, tiempos, errores, preferencias.

El atributo de usabilidad eficiencia fue medido en base al tiempo que le tomó a los usuarios completar la tarea en cada uno de los escenarios y en cada interacción, de los resultados arrojados se infirió que efectivamente los usuarios tenían mejores tiempos

con las interfaces diseñadas (véase Tabla 4.8), lo cual fue obtenido en base al análisis de los resultados.

Solamente el 30% de los usuarios novatos fue más eficiente en el escenario A.1 que en el escenario A.2 en la primera interacción, sin embargo, durante la observación se pudo apreciar que esto fue debido a que los usuarios interactuaban con el escenario A.2 después del escenario A.1, lo cual ocasionaba que los usuarios ya supieran y entendieran mejor lo que debían hacer, por ello se recurrió a las segundas interacciones con ambos escenarios. En la segunda interacción el 90% de los usuarios novatos fueron más eficientes en cuanto a tiempo en el escenario A.1 que en el escenario A.2.

Para los usuarios expertos el escenario que se basa principalmente en los objetos y patrones *muy recomendados* para ellos era el B y en cuanto a eficiencia para la primera interacción se obtuvo que hubo una igualdad en porcentajes entre el escenario A.1 y A.2, sin embargo, para la segunda interacción el escenario A.2 fue en un 75% de los usuarios más eficiente.

En cuanto al atributo de usabilidad sobre la tasa de errores (véase Tabla 4.9), se definió que efectivamente los usuarios incurrieron en menos errores con el escenario A.1 en la segunda interacción, el 100% de los usuarios de los usuarios no incurrió en errores.

De los usuarios novatos un 75% cometió al menos un error para el escenario A.1 en la primera interacción, en la segunda interacción del mismo escenario no hubo usuarios

que incurrieran errores. Para el escenario A.2 el 95% de los usuarios novatos incurrieron en algún error en la primera interacción y para la segunda interacción se redujo el porcentaje de usuarios que cometieron errores a un 70%. En base a estos resultados se plantea que el mejor escenario para los usuarios novatos fue el A.1.

Con los usuario expertos se presentó una situación muy similar en las cuatro combinaciones, solamente en el escenario A.2 primera interacción el 25% de los usuarios incurrieron en un error, en la segunda interacción y en el escenario A.1 se obtuvo un 0% de usuarios que incurrieron en errores.

El atributo de facilidad de aprendizaje fue evaluado únicamente respecto a cuál de las tres propuestas de ayuda les parecía mejor, se basaron en el patrón de usabilidad ayuda sensible al contexto, de donde se derivaron tres objetos que solamente variaban en cuanto a su forma de mostrar el contenido: una era mediante texto, otra imágenes y una tercera se presentaba mediante un video.

La ayuda por medio de video fue diseñado y fue propuesto como *muy recomendado* principalmente para los usuarios novatos y durante la evaluación con usuarios se pudo respaldar dicha relación al obtener que un 90% de los usuarios mostraron su preferencia por este tutorial y el 10% restante se inclinó hacia la ayuda mediante imágenes estáticas. Para los usuarios expertos la relación *muy recomendada* era hacia la ayuda con un contenido solamente textual y el 75% de los usuarios efectivamente prefirieron esa ayuda, mientras el 25% restante eligió las imágenes, en este caso se tendría que establecer una evaluación de otros atributos de usuario como lo es la forma

de aprendizaje, puede ser que estos usuarios aunque son expertos en tecnologías entienden más rápido mediante imágenes que textualmente.

Para el atributo de usabilidad de satisfacción solamente se les preguntó a los sobre cuál de los dos escenarios le parecía mejor, de los resultados arrojados en la encuesta (véase Tabla 4.12) se pudo verificar que los usuarios novatos en un 85% prefirieron el escenario A.1 ,les parecía más sencillo solamente elegir en lugar de teclear información, lo cual respalda la relación en la que se establece que el patrón de usabilidad validaciones beneficia a los usuarios, solamente el 15% restante de los usuario novatos mostraron preferencia por el escenario A.2 que no fue desarrollado especialmente para cubrir sus necesidades. Con los usuarios expertos se obtuvo un 100% de preferencia con el escenario A.2, el cual se estableció como el más apropiado para sus características.

El grado de usabilidad de un producto se puede medir en cuanto a la suma de los valores cuantitativos de sus atributos, en base al análisis presentado anteriormente se define que efectivamente los elementos de la interfaz que se diseñaron y definieron especialmente para cada estereotipo ayudo a aumentar la usabilidad.

En la Tabla 5.1 se ha concentrado la información recabada después del análisis de resultados de la experimentación con el objetivo principalmente de poder establecer cuál de los dos escenarios propuestos tuvo mayor grado de usabilidad para cada uno de los usuarios, para la evaluación se manejaron únicamente los datos arrojados en la segunda interacción de cada escenario.

Tabla 5.1: Cuantificación de los atributos usabilidad

Usuario	Escenario A.1					Escenario A.2					Escenario con mayor usabilidad
	α	β	γ	δ	μ	α	β	γ	δ	μ	
U01	0	1	1	1	4	1	0	0	0	1	A
U02	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U03	1	1	1	0	3	0	0	0	1	1	A
U04	1	1	1	1	4	0	1	0	0	1	A
U05	1	1	1	0	3	0	1	0	1	2	A
U06	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U07	1	1	1	1	4	0	1	0	0	1	A
U08	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U09	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U10	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U11	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U12	1	1	0*	0	2	0	0	0*	1	1	A
U13	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U14	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U15	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U16	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U17	1	1	0*	1	3	0	1	0*	0	1	A
U18	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	A
U19	1	1	1	1	4	0	1	0	0	1	A
U20	0	1	1	1	3	1	1	0	0	2	A
U21	1	1	0*	1	3	0	1	0*	0	1	A
U22	1	1	0*	1	3	0	1	0*	0	1	A
U23	1	1	1	0	3	0	0	0	1	1	A
U24	1	1	0*	1	3	0	0	0*	0	0	A
U25	1	1	0	1	3	0	1	1	0	2	A
U26	0	1	0	0	1	1	1	1	1	4	B
U27	0	1	0	0	1	1	1	1	1	4	B
U28	0	1	0*	0	1	1	1	0*	1	3	B

α = Eficiencia

β = Errores

γ = Ayuda

δ = Satisfacción

μ = Usabilidad

Los valores de cada atributo por usuario se asignaron dependiendo de los resultados mostrados en el Capítulo 4, se asignó '1' al escenario que fue mejor o el elegido por el usuario en cada atributo y un '0' al otro escenario con menor calificación, en caso de valores iguales para un atributo se designó a ambos escenarios un '1', la suma de estos valores ayuda a establecer cuál es el mejor escenario para cada usuario. Para la ayuda el manual con imágenes era parte del escenario A.1 y el texto del escenario A.2, por lo tanto, el de imágenes no era complemento de ninguno de los dos escenarios principales sino que se utilizó solamente como una opción extra y por ello se asignó un '0*' para denotar que el manual elegido fue el de imágenes y no se le sumó punto por este atributo a ninguno de los dos escenarios propuestos.

En base a la información mostrada en la Tabla 5.1 se concluyó que efectivamente para el escenario A.1 se tuvo un mayor grado de usabilidad que en el escenario A.2 para el 100% de los usuarios novatos, mientras que lo contrario sucedió con los usuarios expertos en donde el 75% tuvo una cuantificación mayor de usabilidad para el escenario A.2. Los resultados de los cuatro usuarios que no se clasificaron en ninguno de los dos estereotipos no presentan relevancia para los resultados pues los escenarios no estaban diseñados bajo sus características.

5.2. Comparación de escenarios para el estereotipo novato

La evaluación de la usabilidad de las interfaces utilizadas por el usuario clasificado como novato se obtuvo que efectivamente la interfaz diseñada mediante el modelo

propuesto, es decir, el escenario A tuvo un mayor grado de usabilidad que el escenario B, lo cual se dedujo de los siguientes datos.

El atributo de facilidad de aprendizaje está ligado a la ayuda que presenta el sistema. El 95% de los usuarios del escenario A eligió la *ayuda* propuesta para ellos (video), tal como puede verse en la primera columna de la Tabla 4.11 . Mientras que sucedió lo contrario para el escenario B, el rango iba del 1 al 5 representando una calificación ascendente, el 80% de los usuarios calificó la ayuda con 1 y el 20% restante con 2, ninguno de los usuarios la calificó como muy útil o al menos un nivel promedio, los datos se pueden consulta en la columna de la cuarta pregunta de la Tabla 4.19.

En cuanto a la *satisfacción* mostrada por la interfaz en el escenario A.1 fue un 85% de los usuarios novatos los que se mostraron complacidos con dicha interfaz, tal como puede verse en la Tabla 4.12 . Por otro lado, el 100% de los usuarios no mostró un agrado total por la interfaz del escenario B, siendo que el 40% de los usuarios la calificó 1 y el 60% restante le otorgo 2, tal como se muestra en la Tabla 4.19 en la columna de la pregunta #5.

La *fiabilidad* del sistema fue evaluada cuantitativamente mediante los errores en los que incurrían los usuarios al utilizar determinada interfaz. Para la primera iteración el 70% de lo usuarios incurrió en al menos un error (véase Tabla 4.9 columna de la primera iteración), por otro lado, en el escenario B el 100% de los usuarios tuvo al menos un error en la interacción. Para la segunda iteración de cada escenario, se tiene que el 0% de los usuarios del escenario A.1 incurrieron en errores (véase Tabla 4.9

columna de la segunda iteración), mientras que el 60% de los usuarios del escenario B incurrieron en al menos un error (véase Tabla 4.18).

En cuanto a la eficiencia, la cual fue medida en segundos se obtuvo un tiempo promedio para el escenario A.1 de 55.7 segundos, mientras que el tiempo promedio de los usuarios en el escenario B fue casi tres veces mayor resultando en 171.05 segundos. El tiempo mínimo en que se ejecutó la tarea en el escenario A fue de 15 segundos mientras que en el escenario B fue de 29 y el tiempo máximo para cada escenario fue de 176 segundos y 521 respectivamente. Los datos de los tiempos fueron se extrajeron de la Tabla 4.8 y la Tabla 4.17.

5.3. Comparación de escenarios para el estereotipo experto

Para los usuarios expertos todos los atributos de usabilidad no tuvieron gran discrepancia entre los dos escenarios.

La *eficiencia* tuvo un promedio en segundos de 21.25 para el escenario A y 22.75 para el escenario B, es decir, una diferencia solamente de 1.5 segundos. Datos calculados de la Tabla 4.8 y la Tabla 4.17 respectivamente.

Respecto a los *errores* en los que incurrieron los usuarios el 25% de los usuarios incurrieron en un error en el escenario A (véase Tabla 4.9) y el 50% en el escenario B, (véase Tabla 4.18). mientras que 100% de los usuarios no incurrió en errores en ninguno de los dos escenarios para la segunda iteración.

En el atributo de facilidad de aprendizaje, evaluando principalmente la ayuda brindada por el sistema los usuarios del escenario B se inclinaron hacia la propuesta por para ellos (texto), solamente uno de los usuarios prefirió imágenes; como se puede observar en la Tabla 4.11. Mientras que el 50% de los usuarios del escenario B evaluaron la ayuda del sistema un dos, y el otro 50% se dividió entre 1(nada útil la ayuda) y tres que era el valor medio para su calificación, tal como se puede apreciar en la ultima columna de la Tabla 4.19.

En cuanto a la satisfacción de los usuarios por las interfaces se obtuvo de acuerdo a los datos de la Tabla 4.12 que el 100% de los usuarios estuvieron de acuerdo con la interfaz diseñada para ellos en el escenario A, mientras que el 50% de los usuarios mostró una satisfacción media hacia la interfaz del escenario B, datos obtenidos de la Tabla 4.19 penúltima columna.

Se puede apreciar una similitud principalmente entre la eficiencia y los errores. En donde se puede observar mayor diferencia es en la satisfacción y en la ayuda que brinda el sistema, pero estos dos no repercutieron de manera significativamente en los tiempos de los usuarios ni en la tasa de errores.

CAPÍTULO 6

APLICACIONES

6. USOS Y APLICACIONES DEL MODELO PROPUESTO

La estructura del modelo permite una flexibilidad hacia los sistemas en los cuales se puede utilizar, pues bien los atributos del usuario a considerar pueden ser desde uno hasta n . Por lo tanto, independiente de la complejidad y robustez que se le quiera dar al modelado de usuario este modelo se puede utilizar.

Es importante considerar que el sistema que vaya a tener un comportamiento adaptativo debe ser capaz de identificar y/o almacenar al usuario, pues el uso de interfaces adaptativas se centra en dicho usuario, por lo tanto, con esta restricción su aplicación no puede ser en aquellos sistemas donde los usuarios son extremadamente intermitentes en su interacción o el tiempo de uso es mínimo. Por ejemplo, no se obtendrían muchos beneficios de utilizarlo en un cajero automático de compra de boletos de algún cine, pues el tiempo de interacción dura entre dos y diez minutos y es un sistema tan concurrido que sería muy difícil tener almacenados los perfiles de los múltiples usuarios, en este caso se podría optar solamente por modelar estereotipos para asegurar la accesibilidad a personas que puedan tener alguna limitación física o sensorial. El principal beneficio será para aquellos sistemas que tienen como usuarios a una gama muy variada y con usuarios recurrentes.

Otro punto a considerar es que la complejidad de los sistemas irá aumentando conforme se vayan tomando en cuanto más factores en el diseño de sistemas adaptativos, por lo tanto, no se puede olvidar que los recursos de procesamiento y almacenamiento irán también aumentando.

En base a las observaciones anteriores se establecen a continuación cuáles pueden ser las principales áreas en donde se pueden implementar los sistemas adaptativos.

6.1.1.1. *Sistemas accesibles*

Aunque un sistema adaptativo beneficia a todos los usuarios una de las motivaciones principales para llevar a cabo este trabajo fue para diseñar interfaces de usuario que puedan ser utilizadas por aquellas personas que tienen alguna limitación física, sensorial o cognitiva.

Se pueden crear sistemas adaptativos para cubrir aquellas necesidades especiales que pueda tener una persona, ya sea que solamente tengan limitado cierto atributo específico como la vista, memoria, coordinación, aprendizaje o alguno de todos aquellos ya mencionados o que tengan algún padecimiento mayor que afecta a un conjunto de atributos como lo puede ser la dislexia, autismo, daltonismo, daño cognitivo, etc.

De los últimos padecimientos se pueden crear estereotipos que ayuden a diseñar y adaptar una interfaz para que el software pueda ser accesible para ellos.

6.1.1.2. *Software educativo*

Actualmente una de las herramientas más importantes en las aulas es el software educativo y cada uno de los alumnos tiene diferentes habilidades y capacidades cognitivas, por medio de las cuales procesan la información y aprenden, cada quien tiene un sentido más desarrollado que otro o una forma de aprender diferente. Sería de gran ayuda utilizar herramientas educativas que tengan un comportamiento adaptativo

y que de esta forma el alumno pueda aprender mejor a través de la forma que es más sencillo para él. Es un amplio mercado que se podría evolucionar y mejorar con el diseño de sistemas adaptativos. Se podrían crear estereotipos dependiendo de la forma en la que aprender mejor (visual, auditivo o quinestésico), la edad, cultura y hasta preferencias y motivaciones, este último con el fin en qué sea de mayor satisfacción para ellos el proceso de aprendizaje principalmente en los primeros años de educación.

6.1.1.3. Interfaces gráficas de usuario para sistemas operativos

La propuesta del modelo de una estructura adaptativa puede tener una orientación principalmente hacia el diseño de interfaces gráficas de usuarios para los sistemas operativos (SO) bajo este comportamiento adaptivo, tanto para dispositivos como una computadora personal, de escritorio, teléfono inteligente, entre otros.

Si se desarrollan los sistemas operativos bajo la estructura adaptativa, las aplicaciones de las capas superiores podrían ser modificadas por el mismo sistema operativo con algunos cambios en el diseño de las aplicaciones, lo cual llevaría a todo un panorama diferente de la forma en la que se manejan las interfaces. En la Figura 6.1 se puede apreciar como el sistema operativo es un puente entre el hardware y las aplicaciones.

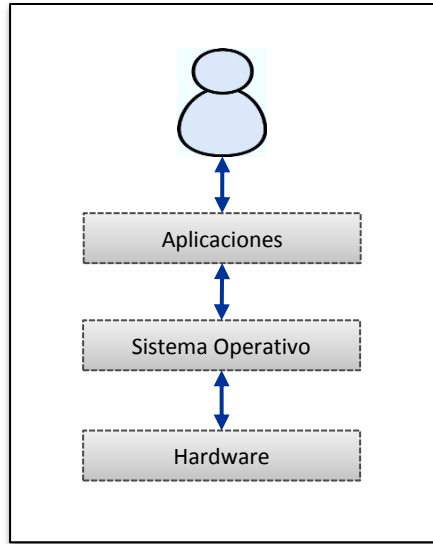


Figura 6.1: Comunicación

Al estar debajo de la capa de aplicaciones este mismo podría adaptar el uso de las aplicaciones dependiendo del perfil de usuario y apoyándose en la cuenta que se crean los usuarios para los sistemas operativos, tal como se puede hacer actualmente con el reconocimiento de voz.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

En esta tesis se abordó como objetivo central el desarrollo de un modelo para diseño de interfaces gráficas de usuario adaptativas. Este modelo permite aumentar el grado de usabilidad de un sistema centrandolo en el usuario, esto es, generando un diseño adecuado para cada perfil de usuario específico.

Se propusieron 23 postulados de donde se derivan 21 esquemas en total, para la representación del modelo. Los esquemas describen las entidades, atributos y relaciones que existen entre los elementos principales del diseño de interfaces gráficas y que ayudan a generar un diseño que permite un comportamiento adaptativo en las interfaces.

Se propusieron esquemas definidos sobre los atributos atómicos que deberían de utilizarse para representar los requerimientos de usuario y los de usabilidad, los cuales se utilizan como artefacto de documentación del proceso de análisis y diseño de una interfaz adaptativa.

La metodología propuesta consta de tres etapas principales y cada una con diferentes fases cuyas actividades están enfocadas al diseño de los aspectos de usabilidad de una GUI. Estas etapas resultaron de modificaciones a las metodologías más usadas actualmente para desarrollo de software, dichos cambios fueron el objetivo de poder elaborar un diseño de interfaces adaptativas y que con ellas se logre aumentar la usabilidad de los sistemas.

En base a los esquemas y postulados se propusieron tres catálogos para facilitar el diseño de las interfaces de usuario.

El catálogo de atributos de usuario se planteó para definir los atributos necesarios para la descripción de un usuario en cuanto a los diferentes aspectos que son necesarios conocer para poder diseñar un sistema que sea el mejor para un perfil de usuario.

El catálogo de patrones de usabilidad se generó para establecer una pauta básica para ayudar a los diseñadores sobre los elementos esenciales para el diseño de una interfaz y los cuales repercuten en el grado de usabilidad de un sistema. Se describieron algunas instancias de este catálogo como parte de las ejemplificaciones.

Para poder establecer un mapeo directo entre los atributos de usuario y los patrones de usabilidad se propone el tercer catálogo, el cual describe el tipo de relación que existe entre las dos entidades mencionadas anteriormente. Las instancias de este catálogo serán básicas para las reglas de adaptación que se crearán durante la metodología propuesta.

Para ejemplificación de los catálogos se establecieron cuatro instancias del catálogo de usuario, cuatro para el catálogo de patrones de usabilidad y finalmente once relaciones que pertenecen al tercer catálogo.

La experimentación realizada mediante un sistema ayudó a comprobar parcialmente el modelo, pues el diseño se hizo mediante interfaces separadas y no realmente mediante un comportamiento adaptativo que integraría todos los elementos descritos en la tesis.

Se pudo observar como el diseño aumenta en complejidad en cada etapa para establecer diferentes diseños que cumplan las necesidades y requerimientos de cada usuario o de un perfil. En la sección 4.3.2.2 Especificaciones de diseño se pueden apreciar que el trabajo de diseño se multiplica por cada uno de los atributos de adaptación y rangos que se incluyen en el diseño del sistema.

Los resultados obtenidos durante la evaluación con los usuarios permitieron corroborar las instancias utilizadas en la etapa de diseño, lo cual fue posible gracias a la participación de un total de 28 usuarios

Con el proceso de evaluación y la cuantificación de cada uno de los atributos de usabilidad se pudo comprobar que efectivamente en los escenarios planteados para cada uno de los estereotipos descritos en las primeras fases el grado de usabilidad del sistema era mayor.

Al establecer una comparación entre los escenarios A y B que siguieron metodologías diferentes; se pudo observar que efectivamente el grado de usabilidad era mayor en los sistemas diseñados para perfiles específicos, especialmente se pudo observar para los usuarios catalogados en el estereotipo de novato.

Las dos aseveraciones anteriores apoyan la hipótesis planteada sobre que los sistemas adaptativos ayudan a tener una mejor usabilidad en las interfaces gráficas.

Sin lugar a dudas, el diseño de sistemas e interfaces de usuario adaptativas lleva un diseño más complejo al proceso al que actualmente se sigue para diseñar sistemas. Sin embargo, no se debe de olvidar que el ente principal de un sistema es

precisamente el usuario que interactúa con él y mientras más personalizado sea un sistema, un usuario podrá ser más productivo.

El trabajo propuesto es el inicio de un camino que todavía falta por completar y comprobar, pero que va a la par de la nueva generación de sistemas en donde gracias a los avances tecnológicos ya no es necesario que los usuarios tengan que recurrir a sistemas de interfaces de comandos o dispositivos poco ergonómicos; se tienen grandes avances que permiten que ahora sea la tecnología y los nuevos sistemas los que tengan que competir entre sí por que el usuario los voltee a ver gracias a su facilidad de uso.

7.1. Trabajo a futuro

Sin lugar a dudas existen todavía muchos detalles y secciones que son necesarias de agregar a la propuesta; hay un camino muy grande por recorrer para que en un futuro los sistemas puedan tener un mayor grado de adaptación e inteligencia en las interfaces de usuario dependiendo de las características de cada usuario y siempre teniendo en mente los conceptos sobre usabilidad que se conocen actualmente, pues ambos convergen en el objetivo de diseñar mejores interfaces de usuario.

Será importante como parte del trabajo a futuro desarrollar experimentaciones bajo el modelo propuesto que cuenten un grado mayor de complejidad, así como tomar en cuenta un mayor número de atributos.

7.1.1. Instancias de los catálogos

Los tres catálogos (de atributos de usuario, patrones de usabilidad y relaciones usuario-usabilidad) que se explicaron para guiar a los desarrolladores de interfaces adaptativas, son una parte esencial para realmente poder diseñar sistemas adaptativos y que el proceso no sea tan complejo debido a la característica multidisciplinaria de estos sistemas. Por lo cual, será indispensable como parte del trabajo a futuro crear cada una de las instancias para estos catálogos y posteriormente poder comprobarlas.

Mientras más instancias detalladas se tengan en los catálogos será más sencillo y factible que las personas que se dedican al desarrollo de software puedan diseñar sistemas que cumplan las necesidades y limitaciones de los usuarios, pues es evidente que actualmente un programador, diseñador, tester, etc. no cuenta con un conocimiento que le ayude a entender a los usuarios y la relación que tiene cada atributo del usuario con el proceso de IHC.

Parte importante será comprobar con usuarios reales las instancias que se vayan creando de los catálogos y de esta forma poder ir creando una validación de las mismas.

7.1.2. Crear estereotipos para necesidades especiales

De las instancias que se creen de los atributos de usuario también se deberán crear estereotipos que cubran a usuarios con necesidades especiales para utilizarlas en los sistemas accesibles mencionados anteriormente.

7.1.3. Sistemas inteligentes

El modelo está diseñado de tal forma que la primera vez que se ejecute un sistema este sea alimentado con la información del usuario, sin embargo, existen atributos cambiantes o que se pueden inferir de acuerdo al comportamiento de los usuarios, por ejemplo la experiencia de un usuario con un sistema no es estática, sino que es proporcional al tiempo que ha estado interactuando el usuario en el sistema, además patrones de conducta como la disminución de tiempos en las tareas y la reducción de errores podrían indicar un aumento gradual en dicho atributo. Llegar a tal punto que con ciertos patrones el sistema pueda ir aprendiendo y conociendo al usuario sin la necesidad en qué se esté sea alimentando constantemente. Inferencias de este tipo generarían una pauta muy importante en la interacción de los usuarios con los sistemas.

En la implementación del sistema una de las partes más difíciles de programar serán el sistema de inferencia y decisión para las reglas, por lo cual, se pretende crear pseudocódigo para este motor que ayude a los desarrolladores a entender sobre la programación del mismo y llevar el modelo a un sistema basado en sistemas de aprendizaje.

7.1.4. . Publicaciones

Con el experimento que se realizó durante el desarrollo de este trabajo y algunos de los puntos descritos en el trabajo a futuro se pretende desarrollar una serie de artículos que ayuden a divulgar el trabajo elaborado y de esta forma enriquecer el conocimiento y el modelo.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- Almansa, J. A. (1999). *Fundamentos de lógica matemática*: Sanz y Torres.
- Apple. (2012). OS X Human Interface Guidelines.
- Bermúdez, C. G. (2009). *Georg Cantor. Sistema de Números Y Conjuntos*: Universidade da Coruña.
- Biswas, P., & Robinson, P. (2010). *A brief survey on user modelling in HCI*. Paper presented at the International Conference on Intelligent Human Computer Interaction (IHCI).
- Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerlad, P., & Stal, M. (1996). *Pattern-oriented software architecture: a system of patterns*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Butler, K. A., & Jacob, R. J. K. (1997). *Human-computer interaction: introduction and overview*. Paper presented at the CHI '97 extended abstracts on Human factors in computing systems: looking to the future, Atlanta, Georgia.
- Cañas, J., Gámez, P., & Salmerón, L. (2001). El factor humano. In J. Lores (Ed.), *La interacción persona-ordenador*. Granada, España.
- Charalampos Karagiannidis, A. K., Constantine Stephanidis. (1995). *Supporting Adaptivity in Intelligent User Interfaces: The case of Media and Modalities Allocation*.
- Coovert, M. D. (1987). THE USE OF MENTAL MODELS TO ENHANCE HUMAN-COMPUTER INTERACTION. *SIGCHI Bull.*, 18(3), 79-81. doi: 10.1145/25281.1044309
- Dordevic, N., & Rancic, D. (2008). Testing cognitive characteristics of users in interaction with computer. *WSEAS Trans. Info. Sci. and App.*, 5(3), 300-305.
- Dumas, J., & Loring, B. (2008). *Moderating Usability Tests*: Elsevier.
- Eelke, F. (2005). *Case studies on Analyzing Software Architectures for Usability*.
- Eelke Folmer, J. B. (2003). Usability Patterns in Software Architecture. *Proceedings of the Human Computer Interaction International 2003*.
- Española, R. (2010). *Diccionario de la Real Academia Española*.
- Fischer, G. (2001). User Modeling in Human Computer Interaction. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11(1-2), 65-86. doi: 10.1023/a:1011145532042
- Frank E. Ritter, G. D. B., Elizabeth Churchill. (2010). Cognitive Capabilities: Memory, Attention, and Learning *Designing for People: The ABCs of Humans* (pp. 384): Ritter, Baxter, & Churchill, 2010.
- Gardiner, M. M., & Christie, B. (1987). *Applying cognitive psychology to user-interface design*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Gea, M., & Gutiérrez, L. (2001). El Diseño. In J. Lores (Ed.), *La interacción persona-ordenador*. Granada, España.
- Hewett, B., Card, Carey, Gasen, Mantei, Perlman, Strong and Verplank (1992). *ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction*. <http://www2.parc.com/istl/groups/uir/publications/items/UIR-1992-11-ACM.pdf>
- Hilliard, R. (2000). IEEE Std 1471-2000: Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems (pp. 7040): IEEE.

- Jakob, N. (1993). *Usability Engineering*: Morgan Kaufmann.
- Jakob, N., & Rolf, M. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *CHI*.
- Johnson, J. (2010). *Designing with the Mind in Mind: Simple Guide to Understanding User Interface Design Rules*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Kendall, K. E., Kendall, J. E., & Ramos, A. N. (2005). *Analisis Y Diseño de Sistemas*: Pearson, Prentice Hall.
- Len, B. (2001). Supporting Usability Through Software Architecture, *34*, 113-115.
- Maguire, M., & Bevan, N. (2002). *User Requirements Analysis: A Review of Supporting Methods*. Paper presented at the Proceedings of the IFIP 17th World Computer Congress - TC13 Stream on Usability: Gaining a Competitive Edge.
- Marcus, A., Cowan, W. B., & Smith, W. (1989). Color in user interface design: functionally and aesthetics. *SIGCHI Bull.*, 20(SI), 25-27. doi: 10.1145/67450.67455
- Mayhew, D. J. (1999). *The Usability Engineering Lifecycle: A Practitioner's Handbook for User Interface Design*: Morgan Kaufmann Publishers.
- Mayhew, D. J. (1999). *The Usability Engineering Lifecycle: A Practitioner's Handbook for User Interface Design* San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers.
- Microsoft Corporation. (2010). *Windows User Experience Interaction Guidelines*. Retrieved from <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa511258.aspx>.
- Murch, G. M. (1984). Physiological principles for the effective use of color. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, 4(11), 49-54.
- Newell, A., & Card, S. K. (1985). The prospects for psychological science in human-computer interaction. *Hum.-Comput. Interact.*, 1(3), 209-242. doi: 10.1207/s15327051hci0103_1
- Nielsen, J. (1992). The Usability Engineering Life Cycle. *Computer*, 25(3), 12-22. doi: 10.1109/2.121503
- Nielsen, J. (2012). Thinking Aloud: The #1 Usability Tool. Retrieved from <http://www.useit.com/alertbox/thinking-aloud-tests.html>
- Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*: Basic Books.
- Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction*: L. Erlbaum Associates Inc.
- Pedrero, A., Fuente, P. D. L., Martinez, M., Vegas, J., & Villarroel, M. A. (2000). Interfaz adaptativa para la consulta de imágenes. *Jornadas de Bibliotecas Digitales*, 1.
- Quesenbery, W. (2001). What Does Usability Mean: Looking Beyond 'Ease of Use'. *Proceedings of the 48th Annual Conference Society for Technical Communication*.
- Quesenbery, W. (2004). Balancing the 5Es: Usability.
- Quesenbery, W. (2008). Choosing the right usability technique: Getting the answers you need.
- Quiroga, L. M., Crosby, M. E., & Iding, M. K. (2004). *Reducing Cognitive Load*. Paper presented at the Proceedings of the Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04) - Track 5 - Volume 5.
- Ritter, F. E., Baxter, G. D., Jones, G., & Young, R. M. (2000). Supporting cognitive models as users. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 7(2), 141-173. doi: 10.1145/353485.353486

- Rossen, R., & Rashev, R. (1997). Adaptability and Adaptivity in Learning Systems, from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.23.5597>
- Sharp, H., Rogers, Y., & Preece, J. (2002). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*: Preece, Rogers and Sharp.
- Sousa, K., & Furtado, E. (2005). *From usability tasks to usable user interfaces*. Paper presented at the Proceedings of the 4th international workshop on Task models and diagrams, Gdansk, Poland.
- Stephanidis, C. (2001). *User Interfaces for All: Concepts Methods and Tools*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Stuart K. Card, T. P. M., Allen Newell. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, NJ, USA: L. Erlbaum Associates Inc.
- Tatjana, G., & Alexander, V. An Approach to Mapping of User Model to Corresponding Interface Parameters.
- Timo Jokela, N. I. J. M., Minna Karukka. (2003). The Standard of User-Centered Design and the Standard Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11. *CLHC*.
- van Welie, M. (2001). *Task based user interface design*.
- Virzi, R. A., Sokolov, J. L., & Karis, D. (1996). *Usability problem identification using both low- and high-fidelity prototypes*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: common ground, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Weinschenk, S. (2011). *100 Things Every Designer Needs to Know About People*: New Riders.
- Welie, M. v. (2003). Patterns in Interaction Design, 2010, from <http://www.welie.com/patterns/>
- Zudilova-Seinstra, E. (2007). On the role of individual human abilities in the design of adaptive user interfaces for scientific problem solving environments. *Knowledge and Information Systems*, 13(2), 243-270. doi: 10.1007/s10115-006-0061-3

APÉNDICE A

APÉNDICE A: DEFINICIONES Y CONCEPTOS

A.1 Lenguaje Formal

7.1.5. Conjuntos

Según Georg Cantor(Bermúdez, 2009), un conjunto es:

“toda multiplicidad que puede ser pensada como unidad, esto es, toda colección de elementos determinados que pueden ser unidos en una totalidad mediante una ley”

Los elementos o miembros de un conjunto pueden ser cualquier cosa: números, personas, letras, otros conjuntos, etc. Por ejemplo: son conjuntos los números enteros positivos, los estados de México, colores, etc.

La notación para escribir conjuntos es:

1.- En forma de lista completa:

$\{ a, e, i, o, u \} = \text{vocales} = V$, donde "vocales" y "V" son el nombre que le asignamos al conjunto.

2.- En forma de lista finita indicada:

$\{\text{Morelia, Nuevo León, Baja California,}, \dots, \text{Puebla}\} = A = \text{Estados de México}$

(Los tres puntos "... " indican que no se escribe todo el conjunto porque se entiende lo que debe ir allí)

3).- En forma de lista infinita indicada:

$\{ 1, 2, 3, \dots \} = \text{Naturales} = \mathbb{N}$

(Los puntos aquí indican que sigue un conjunto infinito contable que se puede deducir por la regla indicada en los primeros elementos).

4).- En forma descriptiva:

$\{ x \mid x \text{ es una palabra en Español que empieza con "n"} \} = E$

$\mathbb{R} = \text{reales} = \{ x \mid x \text{ es un número real} \}.$

7.1.6. Tuplas

En matemáticas una tupla es una secuencia ordenada de objetos, es decir, una lista con un número limitado de objetos. Las tuplas se emplean para describir objetos matemáticos que tienen estructura, es decir que son capaces de ser descompuestos en un cierto número de componentes. (Almansa, 1999)

7.1.7. Postulado

Un postulado es una “proposición cuya verdad se admite sin pruebas y que es necesaria para servir de base en ulteriores razonamientos” (Española, 2010).