

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SEGUNDA VERSIÓN DEL  
SISTEMA VPI, HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL APRENDIZAJE Y  
ENSEÑANZA DEL PROCESO DE CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIOS DE  
INVERSIÓN DIVERSIFICADOS, SEGÚN EL MODELO VALOR EN RIESGO**

**DIANA MILENA BUSTOS ROA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2009**

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SEGUNDA VERSIÓN DEL  
SISTEMA VPI, HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL APRENDIZAJE Y  
ENSEÑANZA DEL PROCESO DE CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIOS DE  
INVERSIÓN DIVERSIFICADOS, SEGÚN EL MODELO VALOR EN RIESGO**

**DIANA MILENA BUSTOS ROA**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero de Sistemas**

**Director**

**LEONEL PARRA PINILLA  
Ingeniero de Sistemas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2009**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Ninfa Roa y Abel Bustos,  
mis padres, por apoyarme a lo largo de mi vida.  
Para ellos todo el mérito y todo el agradecimiento.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	4
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN Y MEDICIÓN DEL RIESGO.....	8
2.1.1 LA TEORÍA MODERNA DE CARTERA DE VALORES DE HARRY MAX MARKOWITZ8	
2.1.2 MODELOS DE MEDICIÓN DEL RIESGO.....	11
2.1.2.1 MODELO DE SIMULACIÓN HISTÓRICA.....	14
2.1.2.2 MODELO DE SIMULACIÓN DE MONTE CARLO .....	14
2.1.2.3 MODELO DE PORTAFOLIO O DE VARIANZA COVARIANZA.....	15
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO VaR .....	20
2.1.4 ESQUEMA CONCEPTUAL.....	22
2.1.4.1 RIESGO.....	22
2.1.4.2 DURACIÓN O SENSIBILIDAD.....	24
2.1.4.3 VARIACIONES MÁXIMAS PROBABLES Y LAS VOLATILIDADES REALES PARA LOS FACTORES DE RIESGOS.....	25
2.1.4.4 DEUDA PÚBLICA .....	25
2.1.5 MODELOS FINANCIEROS Y ECONOMÉTRICOS .....	27
2.1.5.1 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN Y LA SENSIBILIDAD DE UN TÍTULO VALOR.....	28
2.1.5.2 MODELO ESTÁNDAR PARA MEDICIÓN DE RIESGO DE MERCADO.....	32
2.2 INGENIERÍA DEL SOFTWARE.....	38
2.2.1 MODELOS DE CICLO DE VIDA DEL SOFTWARE.....	39
2.2.2 LA INFORMÁTICA Y EL APRENDIZAJE.....	40
2.2.3 LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE EDUCATIVO.....	41
2.3 ALGORITMOS GENÉTICOS Y COMPUTACIÓN EVOLUTIVA.....	43
2.3.1 INTRODUCCIÓN .....	43
2.3.2 ¿QUÉ ES UN ALGORITMO GENÉTICO?.....	45
2.3.3 MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN.....	46
2.3.4 MÉTODOS DE SELECCIÓN .....	48

2.3.5	<i>MÉTODOS DE CAMBIO</i> .....	50
2.3.6	<i>VENTAJAS DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS</i> .....	51
<b>3.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONALIDADES DE VPI 1.0</b> .....	<b>54</b>
3.1	<b>ESQUEMA DE USO DE LA HERRAMIENTA</b> .....	<b>54</b>
3.2	<b>FUNCIONALIDADES DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE</b> .....	<b>55</b>
3.2.1	<i>INTERFAZ DE INGRESO</i> .....	56
3.2.2	<i>MÓDULO PRINCIPAL</i> .....	56
3.2.3	<i>MÓDULOS DE CONCEPTOS</i> .....	57
3.2.4	<i>MÓDULOS DE SIMULACIONES</i> .....	58
3.2.5	<i>MÓDULOS DE ADMINISTRACIÓN</i> .....	61
3.2.6	<i>MÓDULO DE RESULTADOS</i> .....	63
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS</b> .....	<b>64</b>
4.1	<b>ANÁLISIS PRELIMINAR</b> .....	<b>64</b>
4.1.1	<i>SUJERENCIAS DEL PROYECTO VPI VERSIÓN 1.0</i> .....	64
4.1.2	<i>OBJETIVOS TRAZADOS Y APROBADOS EN EL PLAN DE TRABAJO DEL PROYECTO VPI 2.0</i> .....	71
4.2	<b>UTILIZACIÓN DE VPI 1.0 EN UN AMBIENTE REAL DE APRENDIZAJE</b> .....	<b>76</b>
4.2.1	<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	76
4.2.2	<i>OBJETIVOS</i> .....	76
4.2.2.1	<i>OBJETIVO GENERAL</i> .....	76
4.2.2.2	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i> .....	77
4.2.3	<i>PLAN DE DESARROLLO DE LA PRUEBA DE CAMPO</i> .....	77
4.2.3.1	<i>DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS DE CAMPO REALIZADAS</i> .....	78
4.2.3.2	<i>CONSOLIDACIÓN DE LAS RESPUESTAS OBTENIDAS POR LOS ESTUDIANTES EN LAS ENCUESTAS ENTREGADAS</i> .....	79
4.2.3.3	<i>ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA COMO RESULTADO DE LA EXPERIENCIA: DIAGNÓSTICO DE LA VERSIÓN 1.0 DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE VPI</i> . 82	
4.3	<b>LISTADO DEFINITIVO DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA VPI 2.0 COMO CONSOLIDACIÓN DE LA FASE DE ANÁLISIS: PROYECCIÓN DEL ALCANCE DE LA SEGUNDA VERSIÓN DEL SISTEMA VPI</b> .....	<b>85</b>
<b>5.</b>	<b>DISEÑO</b> .....	<b>88</b>
5.1	<b>ALCANCE DEL PROYECTO</b> .....	<b>88</b>
5.2	<b>DISEÑO DE CAMBIOS Y FUNCIONALIDADES A IMPLEMENTAR</b> .....	<b>88</b>
5.3	<b>ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN</b> .....	<b>114</b>
5.4	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS ROLES DEL SISTEMA</b> .....	<b>117</b>

5.4.1	<i>DESCRIPCIÓN DE LOS PERMISOS EN EL SISTEMA POR PARTE DEL SERVIDOR.....</i>	<i>118</i>
5.4.2	<i>DESCRIPCIÓN DE LOS PERMISOS EN EL SISTEMA POR PARTE DEL CLIENTE.</i>	<i>118</i>
5.5	<b>CONDICIONES DE USO ESPERADAS PARA EL SISTEMA.....</b>	<b>120</b>
5.5.1	<i>CONDICIONES FÍSICAS.....</i>	<i>120</i>
5.5.2	<i>CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN.....</i>	<i>121</i>
5.6	<b>ESQUEMA DE AUTENTICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS.....</b>	<b>121</b>
5.7	<b>HERRAMIENTAS SELECCIONADAS PARA EL DESARROLLO.....</b>	<b>122</b>
6.	<b>DESARROLLO.....</b>	<b>123</b>
6.1	<b>AMBIENTE DE DESARROLLO.....</b>	<b>123</b>
6.2	<b>CODIFICACIÓN.....</b>	<b>124</b>
6.2.1	<i>CLIENTE SERVIDOR.....</i>	<i>124</i>
6.2.2	<i>BONOS YANKEES.....</i>	<i>127</i>
6.2.3	<i>TAREAS.....</i>	<i>128</i>
6.2.4	<i>TIPO DE INVERSIONISTA.....</i>	<i>130</i>
6.2.5	<i>CONTEO DE TRANSACCIONES.....</i>	<i>132</i>
6.2.6	<i>MÓDULO DE CONCEPTOS.....</i>	<i>132</i>
6.2.7	<i>MÁXIMO CAPITAL LIBRE DE INVERSIÓN.....</i>	<i>133</i>
6.2.8	<i>USUARIOS Y GRUPOS.....</i>	<i>134</i>
6.2.9	<i>MODIFICACIONES EN EL ALGORITMO GENÉTICO.....</i>	<i>135</i>
7.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA SIGUIENTE VERSIÓN.....</b>	<b>137</b>
7.1	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>137</b>
7.2	<b>RECOMENDACIONES PARA LA SIGUIENTE VERSIÓN.....</b>	<b>139</b>
8.	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>141</b>
9.	<b>ANEXOS.....</b>	<b>143</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Flujos de un título.	30
<b>Tabla 2.</b> Variaciones máximas probables y volatilidades.	33
<b>Tabla 3.</b> Matriz de correlaciones.	34
<b>Tabla 4.</b> Análisis Sugerencia de Nueva Versión y prueba de campo a VPI 1.0.	65
<b>Tabla 5.</b> Análisis Sugerencia Inclusión nuevo tipo de título tasa fija.	66
<b>Tabla 6.</b> Análisis Sugerencia Refinamiento interfaz de usuario.	67
<b>Tabla 7.</b> Análisis Sugerencia Nuevo ambiente Cliente/Servidor.	68
<b>Tabla 8.</b> Análisis Sugerencia Simulaciones con más de una iteración.	69
<b>Tabla 9.</b> Análisis Objetivo Nuevos factores de simulación.	72
<b>Tabla 10.</b> Análisis Objetivo Rediseño algoritmo genético.	73
<b>Tabla 11.</b> Análisis Objetivo Enriquecer módulo de conceptos.	74
<b>Tabla 12.</b> Análisis Objetivo Documentación Técnica.	75
<b>Tabla 13.</b> Resultados respuestas en las encuestas de la prueba a VPI 1.0.	82
<b>Tabla 14.</b> Argumentos en las respuestas de los estudiantes.	83

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 2.1.</b> Modelos de valor en Riesgo.	13
<b>Figura 2.2.</b> Modelo lineal secuencial.	39
<b>Figura 2.3.</b> Árboles de programación.	46
<b>Figura 2.4.</b> Cruzamiento y mutación.	50
<b>Figura 3.1.</b> Registro del usuario.	55
<b>Figura 3.2.</b> Conceptos Básicos.	56
<b>Figura 3.3.</b> Simulación de Portafolios.	58
<b>Figura 3.4.</b> Resultados de la Simulación.	59
<b>Figura 3.5.</b> Administrar Modelos.	61
<b>Figura 3.6.</b> Módulo de Resultados.	62
<b>Figura 5.1.</b> Ingreso al Sistema.	88
<b>Figura 5.2.</b> Administración de Conexiones.	89
<b>Figura 5.3.</b> Diagrama Casos de Uso Ingreso de Usuarios.	89
<b>Figura 5.4.</b> Diagrama Actividades Ingreso de Usuarios.	90
<b>Figura 5.5.</b> Descripción del Mapa mental para el módulo de conceptos.	91
<b>Figura 5.6.</b> Diagrama Casos de Uso Módulo de Conceptos.	92
<b>Figura 5.7.</b> Diagrama Actividades Módulo de Conceptos.	92
<b>Figura 5.8.</b> Módulo de Administración de Modelos.	94
<b>Figura 5.9.</b> Diagrama Casos de Uso Administración de Modelos.	94
<b>Figura 5.10.</b> Diagrama de Actividades Administración de Modelos.	95
<b>Figura 5.11.</b> Módulo de Simulación de Modelos.	96
<b>Figura 5.12.</b> Diagrama Casos de uso Módulo Simulación Modelos.	97
<b>Figura 5.13.</b> Diagrama de Actividades Módulo Simulación Modelos.	97
<b>Figura 5.14.</b> Función objetivo del AG comparando dos soluciones factibles.	100
<b>Figura 5.15.</b> Módulo de Administración de Usuarios y Grupos.	102

<b>Figura 5.16.</b>	Diagrama Casos de Uso Administración Usuarios y Grupos.	102
<b>Figura 5.17.</b>	Diagrama Actividades Administración Usuarios y Grupos.	103
<b>Figura 5.18.</b>	Diagrama de Actividades para la Asignación de Modelos.	104
<b>Figura 5.19.</b>	Módulo de Administración de Tareas.	105
<b>Figura 5.20.</b>	Diagrama Casos de Uso Administración de Tareas.	106
<b>Figura 5.21.</b>	Diagrama de Actividades Administración de Tareas.	106
<b>Figura 5.22.</b>	Módulo de Tareas.	107
<b>Figura 5.23.</b>	Diagrama Casos de Uso Ejecución de Tareas.	108
<b>Figura 5.24.</b>	Diagrama de Actividades Ejecución de Tareas.	108
<b>Figura 5.25.</b>	Módulos del proyecto VPI.	109
<b>Figura 5.26.</b>	Diagrama de CU para la Administración de Títulos.	110
<b>Figura 5.27.</b>	Diagrama Actividades Módulo Administración de Títulos.	111
<b>Figura 5.28.</b>	Diagrama de CU Simulación de Títulos.	112
<b>Figura 5.29.</b>	Diagrama de Actividades Módulo Simulación de Títulos.	112
<b>Figura 5.30.</b>	Uso de archivos locales en VPI 1.0.	113
<b>Figura 5.31.</b>	Almacenamiento de los modelos en VPI 1.0.	114
<b>Figura 5.32.</b>	Tablas de la Base de Datos de VPI 2.0.	115
<b>Figura 5.33.</b>	Descripción de permisos Rol Servidor en el Sistema.	118
<b>Figura 5.34.</b>	Descripción de permisos Rol Cliente en el Sistema.	119
<b>Figura 6.1</b>	Esquema de uso Cliente/Servidor en VPI 2.0.	125

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>A.</b> Encuestas con las respuestas de los estudiantes como resultado de la prueba de campo efectuada.	143
<b>B.</b> Imagen del código fuente que describe el algoritmo genético de VPI 2.0 actualizado y adaptado a las nuevas funcionalidades.	147

## RESUMEN

### TITULO:

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SEGUNDA VERSIÓN DEL SISTEMA VPI, HERRAMIENTA SOFTWARE PARA EL APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DEL PROCESO DE CONFORMACIÓN DE PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN DIVERSIFICADOS, SEGÚN EL MODELO VALOR EN RIESGO. \*

### AUTORES: \*\*

BUSTOS ROA, Diana Milena.

### PALABRAS CLAVES:

Software, portafolios de inversión, valor en riesgo, algoritmos genéticos, CDT, TES, bonos.

### DESCRIPCIÓN:

Compartiendo las necesidades planteadas en el proyecto de grado *Herramienta Software para el aprendizaje y enseñanza del proceso de conformación de portafolios de inversión diversificados, según el modelo Valor en Riesgo*, y analizando los planteamientos de sus autores en las *Recomendaciones para la segunda versión*, y las características de la herramienta software VPI: *valorando portafolios de inversión*, producto del proyecto mencionado, se ha desarrollado el presente proyecto de grado que tiene como principal propósito crear una segunda versión denominada VPI 2.0 para dar inicio a una nueva iteración en el ciclo de vida de la herramienta mediante la actualización de sus funcionalidades y la ampliación de su alcance.

Buscando un mayor acercamiento de la herramienta con las necesidades reales de sus usuarios finales, se ha llevado VPI 1.0 a un ambiente real de aprendizaje, obteniendo como resultado un diagnóstico del software y la proyección del alcance de la segunda versión que maximice sus capacidades de apoyo pedagógico en el tema de la valoración de portafolios de inversión.

Esto se ha traducido en el desarrollo de nuevas características de las cuales se destacan: el cambio del sistema de un enfoque mono usuario a un ambiente cliente servidor, lo que ha traído un mejoramiento a la plataforma tecnológica del sistema; escenarios de simulación con un mayor grado de complejidad en el que se contemplan nuevos criterios de conformación de portafolios además del VaR, como el valor del portafolio y el porcentaje de capital no invertido; incorporación de Bonos Yankees para enriquecer el análisis de las propiedades de los títulos que conforman un portafolio; un algoritmo genético optimizado y adaptado a los cambios introducidos; un módulo de conceptos teóricos generales rediseñado, actualizado y enriquecido; y documentación técnica en UML para el sostenimiento del desarrollo del sistema en el tiempo.

---

\* Trabajo de Grado modalidad investigación.

\*\* Facultad de Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Leonel Parra Pinilla.

## ABSTRACT

**TITLE:**

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE SECOND VERSION OF THE SYSTEM VPI, SOFTWARE TOOL FOR THE LEARNING AND TEACHING OF THE DIVERSIFIED PORTFOLIO CONFORMATION PROCESS, ACCORDING TO THE VALUE AT RISK MODEL.\*

**AUTHORS: \*\***

BUSTOS ROA, Diana Milena

**KEYWORDS:**

Software, investment portfolios, value at risk, genetic algorithms, CDT, TES, bonds.

**DESCRIPTION:**

Sharing the needs identified in the graduated project *Software tool for the learning and teaching of the diversified portfolio conformation process, according to the Value at Risk model*, and analyzing the statements of the authors in the *Recommendations for the second version*, and the features itself of the tool called VPI: *evaluating investment portfolios*, product of the aforementioned project, this project has been developed with the main purpose to create a second version denominated VPI 2.0 giving start to a new iteration on the tool's life cycle by the update of its functionalities and the extension of its scope.

Looking for a closer approach of the tool at the real needs of its final users, VPI 1.0 has been taken to a real learning environment, resulting in a diagnosis of the software and the projection of the scope of the second version looking for the maximization of its capabilities in the pedagogical support for the investment portfolios evaluating.

This has been result in the development of new features from which include: changing the system from a single user approach to a client server environment, which has brought an improvement to the technological platform of the system; simulation scenarios with higher degree of complexity that includes new criteria for formation of portfolios in addition to VaR, as the value of the portfolio and the percentage of capital not invested; Yankee Bonds incorporation to enrich the analysis of the properties of the titles that comprise a portfolio; a genetic algorithm optimized and adapted to the changes; a general theoretical concepts module redesigned, updated and enriched; and technical documentation in UML for the support of system development over time.

---

\* Graduate Homework

\*\* Facultad de Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Leonel Parra Pinilla.



## INTRODUCCIÓN

Existen incontables situaciones que podríamos llamar *de difícil práctica*. Se hace referencia aquí a aquellas labores donde sólo la vida real brinda un escenario adecuado para sembrar teoría y cultivarla con la siempre necesaria práctica. Cada una de estas cuestiones *de difícil práctica* es ciertamente un lugar de trabajo ideal para la ingeniería del software.

Le tecnología ha creado una nueva dimensión en la que es posible crear alternativas aceptables para el mundo real. Aunque esto tiene el sabor de la más tecnócrata proclama, no es tal cosa. No se ha creado una nueva realidad; por el contrario, se ha quitado una capa del velo que la mantiene en misterio y ha nacido la era en la que el hombre además de ser en la realidad, es capaz de jugar en la ella.

Así como los simuladores de vuelo nos dan la oportunidad de que un piloto se capacite mientras estrellan un avión repleto de pasajeros contra el suelo sin que nadie muera realmente, el mundo de las finanzas requiere de ambientes en los que los gerentes, tesoreros o administradores puedan aprender a invertir sin quebrar sus empresas en el intento, el presente proyecto busca ser parte del desarrollo de un ambiente de ese tipo para apoyar el aprendizaje de un campo de las finanzas que está delimitado así: medición del riesgo de un portafolio de inversión compuesto por títulos de tasa fija, como CDT's, Bonos, TES tasa fija y Bonos Yankees según la metodología Value at Risk VaR.

El producto de este proyecto es la segunda versión de la herramienta software VPI: *valorando portafolios de inversión*, enfocada al apoyo de cualquier asignatura académica en la cual se estudie el tema en cuestión.

La historia de VPI se remonta a la maestría en gerencia financiera de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. La codirectora de la primera versión, especialista Luisa Juliana Alvarado adelantó sus estudios del mencionado programa en la ciudad de Duitama; su proyecto de grado consistió en una propuesta para la realización de una herramienta software de la naturaleza de VPI. En dicho proyecto se establecieron las características generales que VPI debía cumplir, y se recopiló la teoría que serviría como sustento del desarrollo para dos estudiantes de ingeniería de sistemas sin conocimientos previos de la materia, quienes realizaron en el año 2006 la primera versión. En síntesis, el proyecto de grado de Juliana Alvarado consistió en la materia prima que permitiría a ingenieros de sistemas cumplir con los deseos de un especialista en gerencia financiera sin tener que convertirse ellos mismos en especialistas en el tema, lo cual por supuesto no es un objetivo del presente proyecto.

La estructura de VPI es modular. En uno de estos módulos, se cubren los conceptos básicos de la materia a manera de información disponible para consulta, que junto al extenso y administrable glosario dan un soporte teórico de índole general.

En otro módulo se realiza simulación de títulos valor a fin de permitir al estudiante una primera interacción en la que podrá observar mediante simulaciones realizadas por él o mediante ejemplos predefinidos, la dinámica de un título valor y las relaciones entre las características que lo componen.

Entre los módulos orientados al estudiante, se llega al módulo hacia el cual todos los demás confluyen: el de simulación de portafolios. En éste el estudiante tomará decisiones frente a un modelo pre construido y podrá comparar su rendimiento gracias a un algoritmo genético que encuentra una solución muy cercana a la óptima para el modelo en cuestión y entrega datos comparativos entre la solución construida por el estudiante y la mencionada solución lograda por VPI.

Para esta, la segunda versión, se partió de las pruebas en un ambiente real de clase como el eje que justifica el proyecto. Para posibilitar las pruebas de la versión uno fue necesario hacer correcciones que garantizaran un mínimo de funcionalidad. Hecho esto, se logró la colaboración del profesor José Joaquín Alzate Marín de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, quien después de conocer la herramienta permitió llevarla a la práctica en una de sus materias con estudiantes reales.

De las pruebas surgió, primero, la importante validación de parte de un especialista acerca de la relevancia y utilidad de VPI como producto educativo. Segundo, se consiguió realimentación suficiente para ajustar y delimitar los cambios y mejoras proyectados para VPI 2.0. Entre los cambios más relevantes que se ejecutaron están la posibilidad de trabajar en un ambiente cliente servidor, la introducción del valor del portafolio como un factor a tener en cuenta en las simulaciones, el manejo de grupos de alumnos que se traduce en un importante salto en usabilidad para el profesor y las mejoras en el algoritmo genético para adaptarse a las nuevas funciones a la vez que se potencia el desempeño.

Ahora que se ha introducido al lector al *por qué* y al *qué* de este proyecto, se ofrece una invitación a explorar los capítulos de este libro que describen detalladamente los aspectos que han rodeado el desarrollo de este proyecto desde un enfoque de ingeniería de sistemas en el cual se expondrá la forma en que fue diseñado y desarrollado.

# 1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Actualización de las funciones de la Versión I de la herramienta software VPI para ajustarla al enfoque Cliente Servidor, e incorporación de nuevas funcionalidades referidas al manejo financiero según el modelo Valor en Riesgo.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar la segunda versión de la herramienta software VPI, mediante la introducción de nuevas funcionalidades, la corrección de fallos, optimización de las principales funcionalidades de VPI versión 1.0, elaboración de documentación técnica del sistema y la puesta en marcha del mismo en un ambiente de aprendizaje real, según los objetivos listados a continuación:

- Llevar VPI 1.0 de su enfoque mono usuario actual a un enfoque cliente servidor.
- Llevar VPI 1.0 a la práctica en un ambiente de aprendizaje real que aporte realimentación por parte, tanto de estudiantes como de un profesor, obteniendo los siguientes resultados:
  - Diagnóstico y corrección de las funcionalidades de VPI 1.0.
  - Proyección del alcance de la segunda versión a partir de las sugerencias surgidas en la práctica.

- Incorporar al sistema el tratamiento de Bonos Yankees como un nuevo instrumento que complemente los CDT's, Bonos y TES tasa fija.
  
- Crear nuevos escenarios de simulación que tengan en cuenta los siguientes factores:
  - El valor del portafolio.
  - Las comisiones que se deben pagar por cada transacción.
  - El capital no invertido (minimizar este factor a fin de incentivar la inversión).
  
- Rediseñar el algoritmo genético con el fin de adaptarlo a los cambios introducidos y de optimizar su desempeño.
  
- Enriquecer el módulo de conceptos teóricos generales y el glosario.
  
- Incorporar la posibilidad de realizar simulaciones consecutivas para superar la limitante actual (simulaciones de una sola iteración).
  
- Construir documentación técnica en UML para el sistema logrando con esto aportar al sostenimiento del desarrollo de la herramienta software en el tiempo.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La medición del riesgo de un portafolio de inversión diversificado es un problema de significativa importancia, lo cual se advierte fácilmente al conocer el trabajo que

se ha dado alrededor de dicho problema. Esta importancia es tal, que las teorías matemático-financieras que han sido desarrolladas para enfrentar esta temática han dado lugar a dos premios Nobel en ciencias económicas.

De esto se advierte la inherente complejidad a la cual se enfrentan los practicantes de la gerencia financiera en materia de valoración del riesgo de un portafolio de inversión.

Un escenario como el descrito, en el cual la matemática y la complejidad dificultan una práctica particular, resulta en una oportunidad para que la Ingeniería de Sistemas proponga soluciones basadas en tecnología. Sin embargo, los únicos sistemas educativos informáticos de calidad disponible en Colombia, orientados al problema aquí abordado, están hechos en inglés y se orientan hacia la economía de Estados Unidos.

El proyecto de grado que dio lugar a VPI 1.0 pretendió ofrecer una solución tecnológica para el problema de apoyar el aprendizaje y la enseñanza de la medición del riesgo de un portafolio de inversión. En dicho trabajo, se consiguió crear un ambiente informático con funcionalidades básicas, dejando abierta la posibilidad de acrecentar el alcance de la solución, basándose en el hecho de que la problemática enfrentada no constituye en sí un problema a resolver sino un campo en el cual se puede trabajar e innovar continuamente para aumentar el beneficio que la población objetivo consigue con el producto construido.

De acuerdo con lo anterior y a lo planteado por los autores de la primera versión en sus *Recomendaciones para la segunda versión [ver 7.2 de del libro]*, se aprecia la necesidad de emprender un nuevo proyecto que amplíe el alcance del primero y dé inicio a una nueva iteración en el ciclo de vida de la herramienta software construida.

En este sentido, el presente proyecto, en su esfuerzo por continuar el trabajo realizado en la primera versión de VPI 1.0, se constituye en un aporte más al avance, por un lado, del área administrativa gerencial, y por otro, de la ingeniería del software educativo.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN Y MEDICIÓN DEL RIESGO**

#### **2.1.1 LA TEORÍA MODERNA DE CARTERA DE VALORES DE HARRY MAX MARKOWITZ**

Este economista estadounidense nace en 1927, Es premio Nobel de Ciencias Económicas en 1990 (compartido con Merton H. Miller y William F. Sharpe) por sus trabajos en el campo de la teoría de la economía financiera.

Su contribución básica es la “teoría de la elección de cartera”. Planteó un modelo para la elección de una cartera de valores en condiciones de incertidumbre. El riesgo no depende sólo del riesgo aislado de cada valor, sino de la aportación de cada uno al total. Como los ingresos también se encuentran correlacionados, no es posible eliminar el riesgo por grande que sea la cartera.

Ha trabajado, sobre todo, en el tema de la asignación de los recursos disponibles para constituir una cartera de valores mobiliarios entre los diferentes activos financieros disponibles. Lo que usualmente se llama el modelo de Markowitz es una tecnología, un algoritmo, que permite solucionar el problema de cómo repartir dichos recursos entre los diferentes títulos, valores mobiliarios o activos financieros de tal modo que la cartera resultante sea la mejor entre las posibles.

Markowitz, está considerado como uno de los padres fundadores de la moderna economía financiera, Nueva Economía Financiera, debido a sus trabajos pioneros sobre la elección de carteras.

Los cambios de los mercados mundiales no son idénticos. Al mezclar clases de activos con baja correlación a cada uno en la proporción apropiada, el riesgo puede ser disminuido al nivel de la cartera. La estrategia de asignación de

inversiones a nivel mundial junto con la teoría moderna de cartera de valores, ofrecen a los inversionistas la mejor oportunidad de realizar la tasa de rendimiento del mercado con un riesgo mínimo. Es más, siguiendo esta teoría, la bolsa de valores puede llegar a ser eficiente, y la técnica de invertir pasivamente provee el costo más bajo, disminuye el riesgo, y aumentando al máximo la probabilidad del éxito de la cartera en la mayoría de las clases de activos.

Investigaciones sobre finanzas demuestran que el mayor determinante de la ejecución de sus inversiones es la asignación de activos: en que mercados invertir, en que segmentos del mercado, y en qué proporción. Una asignación de activos apropiada para las necesidades de los inversores les dará la tasa de rendimiento más favorable para el nivel de riesgo que hayan elegido. De acuerdo con Markowitz, se reduce el riesgo a medida que aumenta la diversificación, es decir cuantas más acciones distintas posea el portafolio.

De esta forma, se estaría bastante cerca de la diversificación óptima cuando se conforma una cartera con no menos de doce acciones. A partir de allí, la diferencia entre poseer doce acciones o cien no modifica sustancialmente el nivel de riesgo.

Sin embargo, existen otros aspectos a tener en cuenta para alcanzar una diversificación exitosa:

- El portafolio no debe estar integrado solamente por acciones, sino también por otros activos tales como efectivo, bonos, fondos mutuos, y hasta derivados.
- No sólo son buenas las acciones líderes. En realidad es mejor poseer acciones con distintos retornos esperados, para que las ganancias de unas neutralicen las pérdidas de las otras.
- Las acciones a poseer deben abarcar distintos sectores industriales, para poder reducir el riesgo no sistemático inherente al sector.

- El riesgo sistemático, que representa el de todo el mercado y no sólo de una compañía o sector, no puede ser minimizado con la diversificación, y de ahí que el riesgo total nunca pueda ser eliminado completamente. Eso quiere decir que un portafolio óptimamente diversificado puede llegar a tener que enfrentar pérdidas.

Por otra parte, el nivel de tolerancia al riesgo depende de cada inversor. Este nivel es dinámico, llegando a variar incluso durante la vida de cada uno. A medida que uno envejece, la tolerancia al riesgo disminuye, por lo que la diversificación también debe ser dinámica.

Los principios básicos de la selección de las carteras se reducen en una declaración lógica a que los inversores preferirán aumentar la rentabilidad esperada por sus carteras y reducir el riesgo, o sea, la desviación típica de la rentabilidad. A las carteras que proporcionan la mayor rentabilidad esperada para una desviación típica dada, se las denomina carteras eficientes. Para determinar qué carteras son eficientes, un inversor debe ser capaz de expresar la rentabilidad esperada y la desviación típica de cada acción y el grado de correlación para cada par de valores.

En conclusión, diversificar el portafolio es una condición necesaria para reducir el riesgo de pérdidas en una inversión, pero no es suficiente para asegurar una buena rentabilidad. La clave para proteger y hacer crecer simultáneamente el patrimonio está en elaborar una estrategia que combine una ganancia interesante con un riesgo aceptable.

Una de las principales decisiones que debe tomar un inversor antes de decidir a dónde colocar sus ahorros, es qué proporción de riesgo y rentabilidad, está dispuesto a asumir. La teoría económica ha demostrado que estos dos componentes esenciales de toda inversión están directamente relacionados: a mayor rentabilidad esperada, mayor nivel de incertidumbre (o riesgo de pérdida).

Los especialistas coinciden en que la diversificación no es un seguro contra todo riesgo, aunque, sí resulta eficaz para ayudar a alcanzar los objetivos de inversión de largo plazo, minimizando al mismo tiempo su riesgo. Sin embargo, no hay que olvidarse que este riesgo nunca puede ser eliminado del todo.

El riesgo de una cartera bien diversificada, depende del riesgo de mercado de los activos incluidos en ella. Es importante en este sentido proteger los activos con una disciplina y criterio estable a través del tiempo.

No hay expertos que acierten siempre; el futuro de las inversiones en su corto plazo es inexplicable y es importante establecer una estrategia adecuada, diversificando activos en aquellas proporciones adecuadas para el nivel de riesgo deseado.

### **2.1.2 MODELOS DE MEDICIÓN DEL RIESGO**

El riesgo de capital, y concretamente el VaR se define como la pérdida máxima que una institución financiera podría observar por una determinada posición o cartera de inversión, en la caso de presentarse un cambio en los factores de riesgo, durante un horizonte de inversión definido y con un nivel de confianza establecido. “El punto de partida para llegar al VaR en la llamada posición de la cartera: es decir, el valor a precios de mercado, bajo la hipótesis de que los precios siguen algún tipo de ley aleatoria, el precio de mercado de la cartera en una fecha futura es también una variable aleatoria”<sup>1</sup>.

De acuerdo con esta definición, la estimación del VaR involucra cuatro elementos que deben definirse de manera precisa si el objetivo es realizar estimaciones confiables:

---

<sup>1</sup> VILARIÑO SANZ, Ángel. Turbulencias financieras y riesgos de mercado. 1ª. Ed. España: Prentice Hall. 2001. p. 189

- Grado de sensibilidad del valor de la cartera de inversión :

Partiendo de una base de datos real con los precios de una muestra de activos financieros, se conforma un portafolio de dos activos y se mide su nivel de exposición al riesgo, aplicando variación en algunos factores de riesgo.; sin embargo, la relación entre el cambio en los factores de riesgo y el cambio en el valor del portafolio puede tomar diferentes formas, como son:

- a. Relación lineal. La respuesta porcentual de una cartera es equivalente al cambio porcentual en los factores de riesgo.
- b. Relación convexa. En este caso la respuesta del valor de la cartera ante cambios en los factores de riesgo, aunque siguen una tendencia, esta no es lineal.
- c. Relación irregular. Se pueden observar relaciones no lineales entre los cambios del valor de la cartera y los cambios en los factores de riesgo, sobre todo cuando la cartera incluye títulos opcionales.

La elección del modelo VaR apropiado dependerá del tipo de relación que hay entre los cambios en los factores de riesgo de los instrumentos que conforman la cartera de inversión y el cambio en el valor del portafolio.

- Forma de la distribución de probabilidad:

En la práctica, la mayoría de los modelos que se utilizan para estimar el riesgo del capital suponen que las distribuciones son normales o lognormales (es decir, con la forma de una campana), ya que con solo dos parámetros – media y desviación estándar – es posible replicar la información contenida en toda la distribución.

- Horizonte de inversión:

Según los estudiosos en la materia se deben tomar períodos bastante significativos como para sacar estimaciones que reflejen realidades, de forma tal que una muestra muy pequeña puede arrojar información sesgada. Para determinar el horizonte de inversión se deberían tener en cuenta los siguientes factores:

- a. Liquidez y tamaño de la posición.
- b. Propósito de la posición de riesgo.
- c. Desarrollo de los mercados.
- d. Factores de Riesgo:
- e. Supuestos del modelo.

Inicialmente se debe definir con qué modelo se va a iniciar, para que a partir de él, determinar si va a ser más relevante la desviación estándar, la varianza, el coeficiente de correlación, el nivel de confianza, el beta.

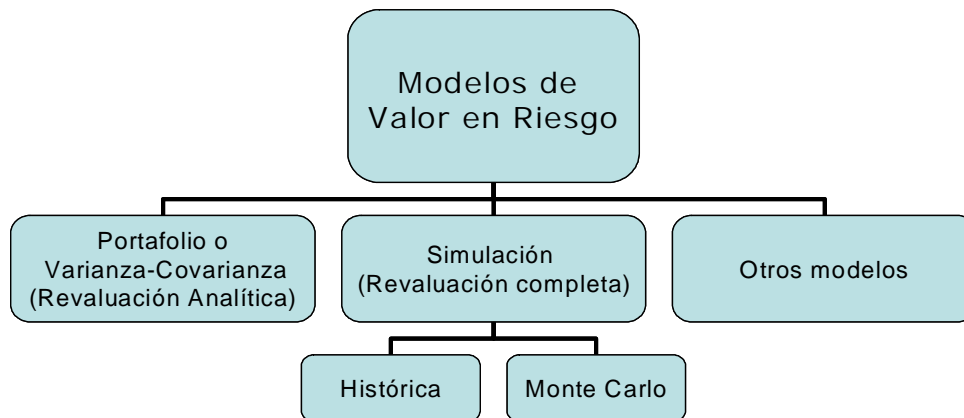
Como se puede observar, son diversos los elementos que influyen en la determinación óptima del horizonte de inversión. A pesar de ello, y para efectos de determinar los requerimientos de capital, por concepto de riesgo de mercado el Comité de Basilea definió un horizonte de inversión de dos semanas (10 días hábiles)<sup>2</sup> para su evaluación.

▪ Nivel de confianza:

Supone que las pérdidas esperadas se pueden modelar utilizando la metodología, limitándolas de manera discrecional con aproximaciones que oscilan entre el 95 y 99.9 por ciento, como lo estima el acuerdo de Basilea. Implica determinar de un número de resultados probables de pérdidas o ganancias, en cuántos de ellos un intermediario requiere que la estimación de las pérdidas máximas (VaR) sea inferior a las que realmente podría observarse. En un marco de regulación prudencial, determinar el nivel de confianza debe ser una decisión interna de las instituciones financieras.

---

<sup>2</sup> Comité de Basilea (1996)



**Figura 2.1. Modelos de valor en Riesgo.**

### **2.1.2.1 MODELO DE SIMULACIÓN HISTÓRICA**

Consiste en generar escenarios de los factores de riesgo (tasa de interés, tipo de cambio, precio de las acciones, etc.) a partir de la información observada en un determinado número de días.

### **2.1.2.2 MODELO DE SIMULACIÓN DE MONTE CARLO**

Los métodos de Monte Carlo utilizan secuencias de números pseudo aleatorios, que se obtienen mediante una fórmula. Estos números imitan el comportamiento de determinadas variables aleatorias. La definición de lo que se entiende por una secuencia de números aleatorios no es sencilla, por lo que se suelen utilizar definiciones prácticas basadas en el cumplimiento de determinadas propiedades típicas de una variable aleatoria que se contrastan mediante determinados tests.

La estructura de las aplicaciones financieras de los métodos de Monte Carlo es relativamente sencilla. Mediante la generación de las variables aleatorias adecuadas a cada problema, se obtienen numéricamente las sendas temporales

de los precios de los activos. Repitiendo muchas veces este proceso se dispone de la información muestral que permite estimar el estadístico deseado<sup>3</sup>.

### **2.1.2.3 MODELO DE PORTAFOLIO O DE VARIANZA COVARIANZA**

El modelo analítico, de portafolio o de varianza-covarianza parte de la teoría del portafolio de Markowitz<sup>4</sup>, quien demostró que para estructurar un portafolio de inversión, solo se necesita conocer el valor esperado y la desviación estándar de los rendimientos del portafolio, donde dichos parámetros, en el contexto de un portafolio, tienen las siguientes características.

- a. El rendimiento del portafolio es igual al rendimiento promedio ponderado de cada uno de los activos que integran la cartera de inversión.
- b. Sin embargo, el riesgo (desviación estándar) del portafolio no es equivalente a la desviación estándar ponderada de cada activo.

Otros resultados que Markowitz encuentra y que se deben tener en cuenta especialmente cuando se estime el VaR de un portafolio de inversión son:

- a. El riesgo de un portafolio de inversión tiene dos componentes: riesgo sistemático o no diversificable y riesgo diversificable.
- b. Se debe conocer toda la matriz de varianza-covarianza del portafolio; para encontrar una solución, esta matriz debe ser definida positiva, lo que requiere que el número de observaciones sea mayor al número de activos.

---

<sup>3</sup> VILARIÑO SANZ, Ángel. Turbulencias financieras y riesgos de mercado. 1ª. Ed. España: Prentice Hall. 2001. p.242

<sup>4</sup> Markowitz (1959)

De acuerdo con este modelo, si una cartera de inversión se conforma con 2 activos, X e Y, cuyos factores de riesgo son  $FR_x$  y  $FR_y$  y la relación entre el cambio en el valor del portafolio (V) y el cambio en los factores de riesgo es lineal, el cambio en el valor de la cartera se define como:

$$\Delta V = \frac{\partial V}{\partial FR_x} \Delta FR_x + \frac{\partial V}{\partial FR_y} \Delta FR_y$$

Si se supone que los precios cambian diariamente, la dispersión de las variaciones del valor del portafolio en relación con su valor inicial se pueden estimar a través de la varianza de los cambios en el valor del portafolio.

$$GeR = \sqrt{\text{varianza}(\Delta V)} = \sqrt{\text{varianza} \left[ \frac{\partial V}{\partial FR_x} \Delta FR_x + \frac{\partial V}{\partial FR_y} \Delta FR_y \right]} = \sqrt{\delta \Omega \delta'}$$

Donde  $\delta$  es la matriz de varianza covarianza y  $\delta'$  es el vector de sensibilidades o ponderaciones de las posiciones (el supraíndice representa la transpuesta del vector fila), es decir:

$$\delta = \begin{bmatrix} \frac{\partial V}{\partial FR_x} & \frac{\partial V}{\partial FR_y} \end{bmatrix}; \delta' = \begin{bmatrix} \frac{\partial V}{\partial FR_x} \\ \frac{\partial V}{\partial FR_y} \end{bmatrix}; \Omega = \begin{bmatrix} \sigma_{FR_x}^2 & \sigma_{FR_x FR_y} \\ \sigma_{FR_x FR_y} & \sigma_{FR_y}^2 \end{bmatrix}$$

Para estimar el VaR, es decir, las pérdidas esperadas, dado un nivel de confianza definido y un horizonte de inversión deseado, las GeR se multiplican por la raíz cuadrada del tiempo, y por el parámetro  $\square$ , que dado el supuesto de normalidad permite alcanzar dicho nivel de confianza.

$$VaR = \Phi * \sqrt{\delta \Omega \delta'} * \sqrt{T}$$

La versión de los modelos de portafolio de mayor difusión es la de RiskMetrics que desarrolló JP Morgan, de acuerdo con este modelo el VaR se calcula como:

$$VaR = \Phi * \sigma_P * \sqrt{T}$$

Donde esta ecuación es similar a la anterior, con la excepción de que la desviación estándar del portafolio ( $\sigma_P$ ) se calcula a partir de la información de las posiciones del portafolio ( $\omega$ ) y de la matriz varianza covarianza ( $\Omega$ ) de los rendimientos de los factores de riesgo, es decir<sup>5</sup>

$$VaR = \Phi * \sqrt{[\omega_1 \omega_2 \dots \omega_n] \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \dots & \sigma_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_n \end{bmatrix}} * \sqrt{T}$$

O bien en términos de volatilidades y correlaciones:

$$VaR = \Phi * \sqrt{[\omega_1 * \sigma_1 \dots \omega_n * \sigma_n] \begin{bmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \dots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \dots & \rho_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \dots & \rho_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 * \sigma_1 \\ \omega_2 * \sigma_2 \\ \vdots \\ \omega_n * \sigma_n \end{bmatrix}} * \sqrt{T}$$

<sup>5</sup> El modelo de RiskMetrics supone que los rendimientos condicionales se distribuyen normalmente con media cero y varianza unitaria. Donde la varianza del portafolio se estima con base en un modelo de promedios móviles ponderados exponencialmente.

Donde:

$\rho$  = Coeficiente de correlación.

$\sigma$  = Desviación estándar

$\sigma_{ij} = \rho_{ij} * \sigma_i * \sigma_j$  = Covarianzas

$\sigma_{ij} = \sigma_j^2$  = Varianzas

**Ventajas del modelo:**

- a. Es un modelo que se basa en la teoría del portafolio, es decir, es un modelo transparente que permite a los usuarios entender y evaluar las medidas de riesgo.
- b. La normalidad y la independencia serial permite una aproximación prudente del uso de los datos, ya que con solo dos parámetros, la media y la desviación estándar se puede construir la distribución de probabilidad de los cambios en el valor del portafolio.
- c. Es posible realizar análisis de sensibilidad al suponer diferentes valores de la matriz de varianza covarianza.
- d. A pesar de que el modelo no captura los eventos extremos, la estimación sistemática del VaR permite realizar un análisis de riesgo-rendimiento y una

asignación del capital bajo indicadores de rendimiento ajustados por el riesgo.

- e. Se destaca que una de las deficiencias del modelo es que no toma en cuenta los eventos extremos; sin embargo, debe mencionarse que cuando esos eventos se presentan, los supuestos de liquidez y de amplitud en los mercados se invalidan, lo que puede traducirse en estimaciones de riesgo sesgadas.
- f. Al igual que en los modelos de simulación, los riesgos de diferentes mercados se pueden agregar.
- g. Dado el supuesto de normalidad y de independencia serial de los rendimientos, es posible calcular el VaR con diferentes horizontes de inversión, siempre y cuando estos cambios en el horizonte sean reducidos, a partir de la regla de la raíz cuadrada del tiempo el cual supone que los cambios son infinitesimales.

**Desventajas del modelo:**

- a. La evidencia muestra que en términos generales las distribuciones de los rendimientos de los activos financieros muestran características leptocurtóticas (colas más anchas que una normal), lo que puede subestimar la estimación del VaR, el cual se concentra precisamente en las colas de la distribución.

Así mismo, se ha probado que cuando el portafolio mantiene consistentemente posiciones cortas o largas, la distribución será sesgada a la izquierda o a la derecha, en ese orden.

- b. El modelo realiza estimaciones locales de riesgo, es decir, considera los cambios en los factores de riesgo alrededor de los niveles vigentes de las

posiciones financieras. Eso significa que de presentarse un evento extremo, las pérdidas que podrían observarse ni siquiera aparecerían en la distribución estimada a partir de la matriz de varianza covarianza histórica.

- c. El modelo supone que las relaciones entre los cambios en los factores de riesgo y los cambios en el valor del portafolio son lineales, sin embargo, en el caso de instrumentos con convexidad como los bonos, o no lineales como las opciones la estimación del VaR puede ser muy ineficiente.
- d. La explicación a la alta dirección de los resultados del VaR, obtenidos a partir del modelo de portafolio seguramente requerirá de mayores esfuerzos que los que se realizan con el modelo de simulación histórica.

### **2.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO VaR**

Es uno de los métodos de mayor aplicabilidad para medir nivel de exposición al riesgo, por la facilidad de su operación, por la universalidad del mismo hasta el punto que Basilea lo propone como el método de mayor aceptación y precisión. Además tiene otras ventajas planteadas por diversos estudiosos:

- a. La estimación del VaR sirve para portafolios y carteras expresados en moneda local, y/o en moneda extranjera, lo que permite medir el riesgo, de los capitales en las diversas monedas cada uno por independiente y comparar los riesgos de las diferentes posiciones de una institución financiera, es decir, el VaR permite construir portafolios de referencia (benchmark).
- b. La metodología de valor en riesgo se puede aplicar a todas las posiciones de riesgo o carteras de inversión y a todos los niveles de una institución financiera. Recientemente, los modelos de VaR también se están aplicando a aseguradoras, fondos de pensiones, y otras instituciones financieras.

- c. El riesgo de portafolio se genera por las fluctuaciones de los factores de mercado, como las tasas de interés, el tipo de cambio los precios de los activos financieros, y de crédito, la tasa de mora, el índice de precios al consumidor, la unidad de valor real.
  
- d. En vista de que el modelo se deriva de otros modelos estadísticos y financieros, ha sido llevado a escenarios matemáticos muy sencillos de aplicar por su formulación en hojas de cálculo, permite que se pueda calcular, sin mayor complicación, a partir de las bases de datos y de la disponibilidad de los indicadores del mercado. Esto hace que sea de fácil interpretación por los responsables de las tomas de decisiones y por quienes deben rendir cuentas a los clientes, a los inversionistas, a los niveles directivos y a las entidades de vigilancia y control.
  
- e. En entidades bancarias y del sector financiero en general que son por gerencias, subgerencias, divisiones, departamentos etc., el modelo Var permite a la dirección evaluar el comportamiento de las unidades de negocio y determinar la estrategia de la institución financiera bajo una base de rendimientos ajustados por riesgos, es decir, permiten asignar el capital a las áreas de negocio en función de los rendimientos esperados y del nivel de riesgo que se debe soportar para alcanzarlo.

Una limitación del VaR es que parte de datos históricos para el caso de portafolios con renta variable, lo cual hace que los resultados no tomen en cuenta eventualidades impredecibles del mercado.

Otra limitación es que si se toman series demasiado pequeñas se corre el riesgo de excluir datos relevantes de períodos fuertes dentro de la empresa, marcados por tendencias al alza o a la baja y que no quedan incluidos dentro de la muestra, por lo que los resultados sesgan la toma de decisión.

## **2.1.4 ESQUEMA CONCEPTUAL**

### **2.1.4.1 RIESGO**

Es el grado de variabilidad o contingencia del retorno de una inversión. En términos generales se puede esperar que, a mayor riesgo, mayor rentabilidad de la inversión. Existen varias clases de riesgos: de mercado, solvencia, jurídico, de liquidez, de tasa de cambio, riesgo de tasa de interés.

#### **2.1.4.1.1 MEDICIÓN DEL RIESGO**

Una distribución de frecuencias muestra como los rendimientos de los activos financieros individuales o del portafolio se han comportado históricamente. También se interpreta el riesgo como la volatilidad de un activo financiero que se mide por la dispersión de los resultados posibles. Una medida de interpretación es el rango o diferencia entre rentabilidades extremas.

La medición del riesgo (volatilidad) se hace con la variación o dispersión alrededor de la media ( $\mu$ ) y se expresa en unidades de la desviación estándar, representada por ( $\sigma$ ) y la probabilidad de ocurrencia ( $P_i$ ). En un portafolio la media es su rendimiento promedio y la desviación estándar se define como la volatilidad. El riesgo expresado por la desviación estándar es equivalente a la raíz de la varianza.

También es importante mencionar el concepto de la covarianza, la que se define como una medida de relación lineal entre dos variables aleatorias, describiendo la relación entre las variables, es decir cuál será el comportamiento de un activo al generarse una variación en el valor de otro activo. Las variables pueden ser los precios o los rendimientos de un portafolio.

La covarianza se determina así:

$$\text{COV} ( R_i , R_j ) = 1/n \sum ( R_i - \mu_i ) ( R_{ij} - \mu_j )$$

La covarianza refleja cómo se mueven dos activos. Si la covarianza es positiva significa que cuando uno de los activos sube, el otro también lo hace y si por el contrario la covarianza es negativa, implica que cuando (A) aumenta, (B) disminuye. Si además la covarianza es cercana a cero significa que los dos activos son independientes.

El resultado de la covarianza no es fácil de interpretar, por lo tanto se emplea otro indicador más fuerte como es la correlación, que realmente mide el grado de movimiento conjunto entre las dos variables o también puede ser la relación lineal entre ambas. La correlación usualmente se encuentra entre  $-1$  y  $+1$ .

Se expresa:

$$\text{Corr}(R_a R_b) = \rho_{ab} = \text{COV}(R_a R_b) / \sigma_a \sigma_b$$

Siempre se da que:  $-1 < \rho < 1$

Donde:

$\rho_{ab}$  Es la correlación entre los activos a y b

$\text{COV}(R_a R_b)$  Es la covarianza entre los activos a y b

$\sigma_a$  Es la volatilidad del activo a

$\sigma_b$  Es la volatilidad del activo b

Este coeficiente se interpreta cuando presenta signo positivo como que las dos variables se mueven en la misma dirección y mientras más cercano sea a la unidad, mayor será el grado de dependencia mutua. Por el contrario el signo negativo refleja que los activos se mueven en sentido contrario. Mientras más

cercano sea a cero significa que hay mayor grado de independencia entre las variables.

#### **2.1.4.2 DURACIÓN O SENSIBILIDAD**

La inversión en renta fija, bien sea de tasa fija o de tasa variable implica la consideración de las fluctuaciones de las tasas que de una u otra manera afectan la rentabilidad y colocan al inversionista en posición de riesgo. Por lo tanto es importante medir permanentemente la exposición, mediante la medición de la sensibilidad ante los cambios en las tasas, y para ello se aplica el concepto de la Duración, la que a su vez permite administrar adecuadamente los portafolios.

Los factores que afectan la Duración o la sensibilidad de un título a la tasa de interés son:

- El plazo de la inversión: es decir que cuando el plazo de un título se incrementa, su Duración también varía.
- La tasa de interés del mercado: al variar la tasa de referencia o de mercado en sentido de incremento, la Duración disminuye.
- La frecuencia de los pagos de interés: una alta frecuencia de pagos, implica reducción de la duración.
- La tasa de interés del título: cuando el título se enfrenta a una menor tasa de interés, automáticamente se incrementa la Duración y a mayor Duración mayor riesgo.

La Duración tiene las siguientes características:

- A mayor plazo mayor Duración
- A menor tasa de interés (flujos menores)

De lo anterior se concluye que la Duración permite medir la sensibilidad de título ante los cambios en la tasa de interés; adicionalmente sirve de herramienta para administrar los riesgos de las tasas de interés y de ahí se deduce que para protegerse se puede recurrir a los productos derivados para ajustar la duración de los portafolios.

De los planteamientos anteriores se puede deducir una definición de la Duración “como el tiempo promedio ponderado en que se recupera el valor presente del flujo de pagos”.

La Duración no se identifica con la maduración o plazo de vencimiento del flujo de pagos del título valor.

#### **2.1.4.3 VARIACIONES MÁXIMAS PROBABLES Y LAS VOLATILIDADES REALES PARA LOS FACTORES DE RIESGOS**

Las variaciones máximas probables y las volatilidades reales para los factores de riesgos corresponden a los indicadores macroeconómicos que influyen en el comportamiento económico a saber: la DTF, la tasa de los Repos, la tasa Interbancaria, la Tasas Real, la Libor, la tasa de los créditos de Consumo el comportamiento del mercado de las divisas para dólares, la tasa de los TES, la UVR, la TRM, el Euro, el Yen y el Índice General de Bolsa de Valores de Colombia., por cada uno de los factores la Superbancaria mide el comportamiento de los precios y de las tasas las fluctuaciones las toma para períodos de 10 días y para un año y las expresa en términos absolutos y relativos en algunos de los indicadores. Esta información puede ser consultada en la página.

#### **2.1.4.4 DEUDA PÚBLICA**

Es la deuda que tiene el Estado con personas naturales o jurídicas en el ámbito nacional, la cual ha sido contraída principalmente mediante la emisión de títulos

valor en el Mercado Público de Valores, es lo que se denomina Deuda Pública Interna.

A la compra-venta de estos títulos ya sea en el mercado primario o secundario o a través de una bolsa de valores o el mercado mostrador, es lo que se conoce como el Mercado de Deuda Pública.

#### **2.1.4.4.1 TÍTULOS DE TESORERÍA TES**

Son títulos emitidos por el Gobierno Nacional creados por la Ley 51 de 1990 y administrados por el Banco de la República. Son títulos a la orden, no gozan de liquidez primaria antes de su vencimiento y son libremente negociables en el mercado secundario. El plazo se determina de acuerdo con las necesidades de regulación del mercado monetario y de los requerimientos presupuestales o de tesorería y fluctúa entre 1 y 10 años.

El rendimiento de los títulos lo determina el Gobierno nacional de acuerdo con las tasas del mercado para el día de los mismos. Dichos títulos pueden ser emitidos a una tasa fija, indexados al IPC, emitidos en unidades de valor real (UVR), o en dólares.

#### **Clase B a TASA FIJA (En Pesos).**

Tienen como objetivo sustituir los Títulos de Ahorro Nacional TAN, obtener recursos para financiar el presupuesto nacional y efectuar operaciones temporales de tesorería del Gobierno Nacional. Son denominados en pesos colombianos y su plazo es de uno (1) a cinco (5) años. Cada título está conformado por el principal, el cual se amortiza al final del periodo, y un cupón de intereses anual (un cupón para los TES de un año, dos cupones para los de dos años y tres cupones para los de tres años). Se puede negociar como título completo (principal y cupones) o el principal y el cupón son negociables en forma independiente. Devengan intereses anuales con pago al vencimiento de cada periodo, sobre los cuales, de acuerdo con las normas vigentes, el banco realiza la respectiva retención en la fuente.

### **Clase B a TASA VARIABLE (Indexados al IPC).**

Los recursos obtenidos a través de su colocación se utilizan para la financiación de mediano y largo plazo de los gastos que estén incorporados dentro del presupuesto nacional. Son denominados en pesos colombianos y su plazo es de uno (1) a más años calendario. Pagan intereses año vencido con tasa de interés variable, liquidada como una tasa compuesta con base en el Índice de Precios al Consumidor – IPC certificado por el DANE para el mes anterior al del pago y el Porcentaje Contractual Aprobado – PCA (Margen), siendo este el componente de rendimiento que se reconoce.

#### **2.1.4.4.2 BONOS**

Los Bonos son títulos que representan una parte de un crédito constituido a cargo de una entidad emisora. Su plazo mínimo es de un año; en retorno de su inversión recibirá una tasa de interés que fija el emisor de acuerdo con las condiciones de mercado, al momento de realizar la colocación de los títulos. Por sus características estos títulos son considerados de renta fija. Además de los bonos ordinarios, existen en el mercado bonos de prenda y bonos de garantía general y específica y bonos convertibles en acciones.

#### **2.1.4.4.3 CDT (CERTIFICADO DE DEPÓSITO A TÉRMINO)**

Instrumento de inversión de renta fija que puede negociarse en el mercado secundario de la bolsa de valores pero que no es redimible sino hasta su vencimiento. Generalmente, esta tasa se da en modalidad trimestre anticipado. Su cálculo es semanal y refleja la tasa de interés una semana atrás.

### **2.1.5 MODELOS FINANCIEROS Y ECONOMÉTRICOS**

Encontramos en este aparte, los modelos financieros y econométricos que se usaron en el desarrollo del software.

### 2.1.5.1 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DURACIÓN Y LA SENSIBILIDAD DE UN TÍTULO VALOR.

La Duración se calcula a partir de los títulos valores de renta fija con tasa fija, para lo cual se requiere partir de la determinación del precio del título, estimar los flujos de pagos esperados, valorarlos a precios de mercado y medir los efectos en el precio por cambios en las tasas de interés.

Determinación del precio de un título valor.

- El precio de un título de renta fija es equivalente al valor presente del flujo de pagos estimado.
- Las estimaciones son los flujos de pagos esperados calculados a partir de la tasa del portafolio, los que se deben descontar a la tasa de mercado y esta tasa se denomina la de descuento.
- Para estimar el flujo de pagos esperado se requiere conocer el valor nominal del título y los pagos periódicos de los rendimientos.
- El Valor presente se expresa matemáticamente:

$$P = F_1 / (1+\%)^{N^1} + \dots + F_N / (1+\%)^{N^N}$$

Donde,

P = Precio del título

F<sub>N</sub> = Flujo de pagos

% = Rendimiento

N = Períodos

- La valoración a precios de mercado: implica determinar el Riesgo o Margen de Solvencia, el que se calcula a partir de la fecha de emisión y se obtiene la TIR del emisor la que se compara con la TIR del mercado y si la diferencia es positiva se concluye que hay riesgo del garante.
- Posteriormente se valora el título a la fecha de negociación y se descuenta a la tasa vigente en la fecha, también denominada Tasa Básica o Tasa de Referencia y se le adicionan los puntos del riesgo.
- Cuando cambia la tasa de interés del mercado se afecta el precio del portafolio de forma inversa a saber:
  - Cuando la tasa de interés aumenta, el precio y el rendimiento disminuye.
  - Cuando la tasa de interés disminuye, el precio y el rendimiento aumentan.

#### **Determinación de la Duración:**

- El efecto en el precio del título debido a los cambios en las tasas de interés se mide mediante la Duración.
- La Duración expresa en un número la sensibilidad del precio del título de renta fija con relación a las variaciones del rendimiento.
- La Duración sintetiza en un número la sensibilidad del rendimiento de un título, porque explica cómo el plazo y la tasa de interés se afectan por su exposición a los cambios en la tasa de mercado.
- La Duración se expresa matemáticamente así:

$$D = \sum_{t=1}^n \frac{E F_t}{(1+\%)^n * t} / VP$$

Donde:

D = Duración del título

% = Tasa interna de rentabilidad del título en la fecha de la valoración

N = Plazo de amortización del título

Ft = Flujos de pagos

VP = Valor actual del título

- La Duración Corregida o la Sensibilidad se expresa como:

$$\Delta P / P = (D / (1+\%)^n) \Delta \%$$

Para esclarecer el cálculo de la Duración se ilustra con un ejemplo:

Ejemplo Práctico.

Un inversionista tiene dentro de su portafolio un título de \$100.000.000 con vencimiento a cinco años, tasa en portafolio del 30% año vencido. La tasa del mercado de los títulos de la misma naturaleza es del 31%. ¿Cuál es el efecto del incremento en la tasa del 30.0% al 31.0%?

- FLUJOS DEL TITULO

Período	Flujos	Valor Actual	Valor Actual * t
1	30.000.000	22.900.763	22.900.763
2	30.000.000	17.481.499	34.962.997
3	30.000.000	13.344.656	40.033.967
4	30.000.000	10.186.760	40.747.040

5	130.000.000	33.696.661	168.483.307
	TOTAL	97.610.339	307.128.074

**Tabla 1. Flujos de un título**

Sabiendo que la Duración es igual a la sumatoria de los valores de los flujos, multiplicados por t y dividida por la sumatoria de los valores actuales simples, se obtiene:

- Duración =  $307.128.074 / 97.610.339 = 3.15$  años

Lo que se interpreta como que el tiempo promedio ponderado en que se recupera el valor presente del flujo de pagos del título es de 3.15 años.

Para analizar el efecto de la variación en la tasa del 30% al 31% del mercado, se hace referencia a la Sensibilidad la cual se calcula así:

- Al aplicar la fórmula de la Sensibilidad:  $( D / (1+\%) ) * \Delta \%$
- Sensibilidad =  $3.15 / 1.31 = 2.4$

Este valor se interpreta diciendo que frente el incremento del 30% al 31% es decir un incremento de 0.01 en las tasas de interés, el precio del título disminuirá en  $2.4 * 0.01 = 0.024$  (2.4%).

La sensibilidad de la variación del 2.4% implica una variación en el precio del título en pesos de:

$\$ 97.610.339 * 2.4\% = \$ 2.342.648$ , es decir que el valor actual del título es de  $\$97.610.339 - 2.342.648 = \$ 95.267.690$

### **2.1.5.2 MODELO ESTÁNDAR PARA MEDICIÓN DE RIESGO DE MERCADO**

El modelo estándar establecido por la Superintendencia Bancaria para la medición del riesgo de mercado es un modelo de factores, con 13 factores de riesgo. En este tipo de modelos, si el comportamiento de cada factor de riesgo no depende de los otros factores de riesgo (cero correlación), los valores en riesgo elevados al cuadrado para cada factor se pueden sumar aritméticamente, y el valor en riesgo corresponderá a la raíz cuadrada de esta suma. En el caso contrario, y específicamente en el modelo estándar definido por la Superintendencia, es necesario agregar los valores en riesgo de cada factor a través de la metodología que se describe a continuación.

El método de agregación consiste en sumar los Valores en Riesgo originados por cada uno de los factores de riesgo de los cuadros 4 y 5, teniendo en cuenta la correlación que existe entre estos.

Para ello, a continuación se explica el procedimiento a seguir para la agregación del VeR de cada factor de riesgo, la obtención de las correlaciones entre los factores de riesgo y la suma de los valores en riesgo teniendo en cuenta dichas correlaciones.

- El coeficiente de correlación ( $\rho$ ) se encuentra entre  $-1$  y  $1$ . Cuando es igual a  $0$  – se puede decir que los factores son independientes.
- Si  $\rho$  toma un valor positivo los factores de riesgo tienden a moverse en la misma dirección.
- Si  $\rho$  toma un valor negativo los factores de riesgo tienden a moverse en direcciones opuestas.

En teoría, los portafolios están contruidos de tal manera, que la relación entre los instrumentos que lo componen hacen que el riesgo agregado del portafolio sea menor que la suma de los riesgos individuales. Esto se conoce como diversificación del portafolio. Por esto se da el nombre de Valor en Riesgo “diversificado” a aquel que se calcula utilizando las correlaciones entre los factores de riesgo.

Las variaciones máximas probables de las tasas de interés se expresan en términos de puntos básicos. Las volatilidades de los tipos de cambio y otros índices se expresan en términos porcentuales.

Código del Factor F	Factor	Período de estudio	Fuente	Procedimiento	Variación 10 días	Variación 1 año
1	DTF	1984-2003	BR	Montecarlo	30	126
2	Tasa de Repos	1999-2003	SBC	Montecarlo	250	
3	Tasa Interbancaria	1999-2003	SBC	Montecarlo	135	
4	Tasa Real	2000-2003	SBC	Montecarlo		12.4
5	Libor	1998-2003	BR	Lognormal	6.86	41.18
6	Tasa Crédito Consumo	1999-2003	SBC	Montecarlo	222	
7	Money Market USD	1999-2003	FLAR	Lognormal	12	
8	Tasa de TES	1999-2003	BVC	Montecarlo	150	250

9	UVR	1993-2003	BR	Montecarlo		3.9%
10	TRM	1998-2003	SBC	Montecarlo	2.63%	
11	EURO	2000-2003	BR	Lognormal	5.45%	
12	YEN	1998-2003	BR	Lognormal	5.18%	
13	IGBC	1994-2003	BVC	Lognormal	6%	9%
14	Rentabilidad – FCO	2000 - 2003	SBC	GARCH (1,1)	12.06%	
15	DJIA	1998 – 2003	Yahoo Finance	GARCH (1,1)	3.70%	

**Tabla 2. Variaciones máximas probables y volatilidades**

S.B.: Superintendencia Bancaria

B.R.: Banco República

B.V.C: Bolsa de Valores de Colombia

FLAR: Fondo Latino Americano de Reserva

IGBC.: Índice General de la Bolsa de Colombia

### 2.1.5.2.1 MATRIZ DE CORRELACIONES

A continuación se da a conocer la matriz de correlaciones semidefinida positiva<sup>6</sup> entre los 15 factores de riesgo enumerados en los Cuadros 4 y 5. Esta matriz se utilizará para calcular el valor en riesgo del portafolio.

---

<sup>1</sup> La matriz semidefinida positiva garantiza que el valor en riesgo calculado es positivo.

Matriz de Correlaciones															
	DTF	REPOS	INTER	REAL	LIBOR	CONS	MM	TES	UVR	TRM	EURO	YEN	IGBC	RFOND	DJIA
DTF	1,000	0,925	0,948	0,804	0,842	0,954	0,844	0,678	0,838	-0,493	-0,765	-0,744	-0,862	0,870	0,672
REPOS	0,925	1,000	0,973	0,612	0,845	0,961	0,843	0,647	0,860	-0,270	-0,579	-0,555	-0,860	0,776	0,566
INTER	0,948	0,973	1,000	0,627	0,857	0,962	0,858	0,654	0,898	-0,259	-0,579	-0,550	-0,832	0,780	0,616
REAL	0,804	0,612	0,627	1,000	0,613	0,676	0,617	0,499	0,424	-0,781	-0,915	-0,884	-0,712	0,772	0,755
LIBOR	0,842	0,845	0,857	0,613	1,000	0,884	0,999	0,662	0,702	-0,110	-0,476	-0,415	-0,874	0,634	0,627
CONS	0,954	0,961	0,962	0,676	0,884	1,000	0,887	0,644	0,871	-0,285	-0,624	-0,592	-0,871	0,796	0,612
MM	0,844	0,843	0,858	0,617	0,999	0,887	1,000	0,654	0,706	-0,112	-0,478	-0,413	-0,874	0,631	0,634
TES	0,678	0,647	0,654	0,499	0,662	0,644	0,654	1,000	0,573	-0,272	-0,519	-0,503	-0,650	0,493	0,385
UVR	0,838	0,860	0,898	0,424	0,702	0,871	0,706	0,573	1,000	-0,105	-0,389	-0,368	-0,694	0,665	0,371
TRM	-0,493	-0,270	-0,259	-0,781	-0,110	-0,285	-0,112	-0,272	-0,105	1,000	0,877	0,898	0,340	-0,606	-0,486
EURO	-0,765	-0,579	-0,579	-0,915	-0,476	-0,624	-0,478	-0,519	-0,389	0,877	1,000	0,978	0,585	-0,718	-0,730
YEN	-0,744	-0,555	-0,550	-0,884	-0,415	-0,592	-0,413	-0,503	-0,368	0,898	0,978	1,000	0,571	-0,732	-0,630
IGBC	-0,862	-0,860	-0,832	-0,712	-0,874	-0,871	-0,874	-0,650	-0,694	0,340	0,585	0,571	1,000	-0,718	-0,523
RFOND	0,870	0,776	0,780	0,772	0,634	0,796	0,631	0,493	0,665	-0,606	-0,718	-0,732	-0,718	1,000	0,501
DJIA	0,672	0,566	0,616	0,755	0,627	0,612	0,634	0,385	0,371	-0,486	-0,730	-0,630	-0,523	0,501	1,000

**Tabla 3. Matriz de correlaciones**

La correlación entre dos factores de riesgo  $k$  y  $l$  se calcula como:

$$\rho_{kl} = \frac{\sigma_{kl}}{\sigma_k \sigma_l} \quad (3)$$

donde:

$\rho_{kl}$ : Coeficiente de correlación entre los factores de riesgo  $k$  y  $l$ .

$\sigma_{kl}$ : Covarianza entre el factor de riesgo  $k$  y el factor de riesgo  $l$ .

$\sigma_k$ : Desviación estándar del factor de riesgo  $k$ .

$\sigma_l$ : Desviación estándar del factor de riesgo  $l$ .

La covarianza puede estimarse a partir de las muestras de los factores de riesgo  $k$  y  $l$  como:

$$\hat{\sigma}_{kl} = \frac{1}{(T)} \sum (x_{t,k} - \hat{\mu}_k)(x_{t,l} - \hat{\mu}_l) \quad (4)$$

donde:

$\sigma_{kl}$  : Covarianza entre el factor de riesgo k y el factor de riesgo l.

$x_{t,k}$  : Ocurrencia del factor de riesgo k.

$x_{t,l}$  : Ocurrencia del factor de riesgo l.

$\hat{\mu}_k$  : Media muestral del factor de riesgo k.

$\hat{\mu}_l$  : Media muestral del factor de riesgo l.

La desviación de un factor se puede estimar a partir de la muestra del factor así:

$$\hat{\sigma}_k = \sqrt{\frac{1}{T} \sum (x_{t,k} - \hat{\mu}_k)^2} \quad (5)$$

donde:

$\hat{\sigma}_k$  : Desviación del factor de riesgo k

T: Tamaño de la muestra.

$x_{t,k}$  : Ocurrencia del factor de riesgo k.

$\hat{\mu}_k$  : Media muestral del factor de riesgo k.

Una vez determinada la correlación entre los diferentes factores de riesgo que componen el portafolio, se puede proceder a calcular el VeR diversificado.

### **Estimación del riesgo de un portafolio:**

En este caso, cuando las correlaciones entre los tres factores de riesgo es 1, es decir, que los factores tienden a moverse en la misma dirección, el valor en riesgo del portafolio equivale a la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores de riesgo.

Cuando las correlaciones entre los factores de riesgo no son exactamente 1 el valor en riesgo del portafolio no es igual a la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores que lo componen.

Por ejemplo, si se supone que:

- Valor en riesgo por el factor de riesgo k ( $VeR_k$ ) es de \$2'000.000
- Valor en riesgo por el factor de riesgo l ( $VeR_l$ ) es de \$1'000.000
- Valor en riesgo por el factor de riesgo m ( $VeR_m$ ) es de \$1'500.000
- Que la correlación entre los factores de riesgo k y l es de 0.5
- Que la correlación entre los factores de riesgo k y m es de -0.5
- Que la correlación entre los factores de riesgo l y m es de 0.1

$$VeR_{portafolio} = \sqrt{[2'000.000 \quad 1'000.000 \quad 1'500.000] \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0.5 & -0.5 \\ 0.5 & 1 & 0.1 \\ -0.5 & 0.1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2'000.000 \\ 1'000.000 \\ 1'500.000 \end{bmatrix}}$$

$$VeR_{portafolio} = \sqrt{6'550.000'000.000} = 2'559.297$$

En este caso, los valores se compensan a causa de las correlaciones, por lo tanto, el valor en riesgo del portafolio es menor que la suma aritmética de los valores en riesgo de cada uno de los factores de riesgo.

## 2.2 INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Según el IEEE<sup>7</sup>, software se define como la suma total de los programas de computador, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que pertenecen a un sistema de cómputo. Cuando se produce un software se busca suplir las necesidades del usuario, en este contexto, la ingeniería de software es el estudio de los principios y metodologías para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software.

La ingeniería de software según la definición propuesta por Fritz Bauer<sup>8</sup> es el establecimiento y uso de principios robustos de la ingeniería a fin de obtener económicamente software que sea fiable y que funcione eficientemente sobre máquinas reales. El IEEE<sup>9</sup> ha desarrollado una definición más completa: “la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable hacia el desarrollo, operación y mantenimiento del software; es decir, la aplicación de ingeniería al software”

La ingeniería de software abarca tres elementos clave: métodos, herramientas, y procesos; los cuales suministran bases para construir de forma productiva software de alta calidad.

Los métodos indican cómo construir técnicamente el software, abarcando una amplia serie de tareas que incluyen la planificación y estimación de proyectos, el análisis de requisitos, el diseño de estructuras de datos, programas y procedimientos, la codificación, las pruebas y el mantenimiento. Los métodos introducen frecuentemente una notación específica para la tarea en cuestión y una serie de criterios de calidad. Los procesos definen la secuencia en que se aplican

---

<sup>7</sup> IEEE Std 610.12-1990, IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology.

<sup>8</sup> Naur, P., y B. Randall, Software Engineering: A Report on a Conference sponsored by the NATO Science Committee, NATO, 1969.

<sup>9</sup> IEEE, Op. Cit.

los métodos, los documentos que se requieren, los controles que permiten asegurar la calidad y las directrices que permiten a los gestores evaluar los progresos. Las herramientas proporcionan un enfoque automático o semi-automático para el proceso y para los métodos.

### **2.2.1 MODELOS DE CICLO DE VIDA DEL SOFTWARE.**

Con el objetivo de lograr un producto de calidad que satisfaga las necesidades de los usuarios finales, un ingeniero del software o un equipo de ingenieros debe incorporar una estrategia que permita al equipo desarrollador implementar todas las etapas requeridas por el proceso de construcción, así como los controles que se requieran para la correcta operación del mismo. Esta estrategia se conoce como ciclo de vida del software.

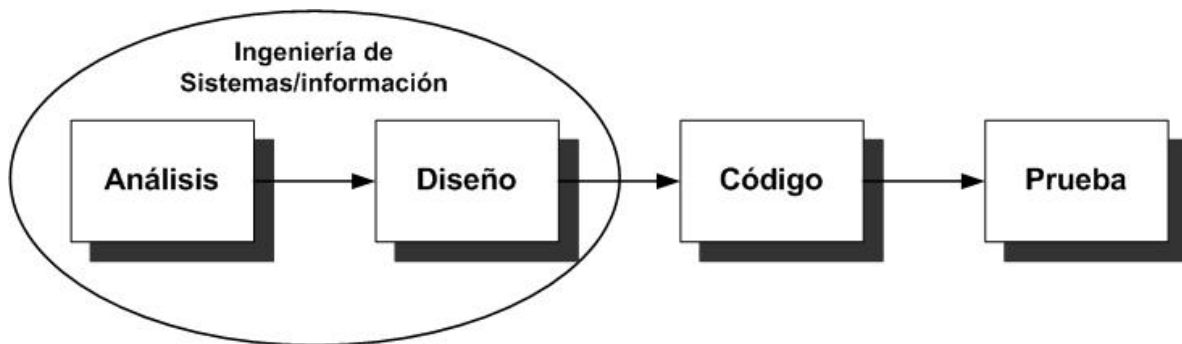
A continuación se describe el modelo de ciclo de vida con en el que se basa el desarrollo de la segunda versión de la herramienta software VPI 2.0, según la tipología identificada por Pressman [1].

#### **MODELO LINEAL SECUENCIAL O MODELO EN CASCADA.**

También conocido como “modelo en cascada”, el modelo lineal secuencial ordena rigurosamente las etapas del ciclo de vida del software, de tal forma que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la inmediatamente anterior.

El modelo lineal secuencial comprende las siguientes actividades:

- Ingeniería y modelado de Sistemas/Información
  - Análisis de los requisitos del software
  - Diseño
- Generación de código
- Pruebas
- Mantenimiento



Fuente: Roger Pressman. Ingeniería del Software: un enfoque práctico. Pág. 20

**Figura 2.2. Modelo lineal secuencial**

Las características de este modelo son:

- Cada fase empieza cuando se ha terminado la anterior.
- Para pasar a la fase posterior es necesario haber logrado los objetivos de la previa.
- Es útil como control de fecha de entregas.
- Al final de cada fase, el personal técnico y los usuarios tienen la oportunidad de revisar el progreso del proyecto.

### **2.2.2 LA INFORMÁTICA Y EL APRENDIZAJE**

Para Edwards y Mercer (1987) el aprendizaje es un proceso social, comunicativo y discursivo, lo que plantea el diálogo para la construcción del significado.

Se establece que el estudio de la actividad constructiva debe hacerse en el aula, pues es allí donde se favorecen las interacciones, permitiendo analizar los componentes cognitivo, afectivo y social en forma interrelacionada y no aislada, la base es la comunicación y negociación de significados. La información que percibe el alumno del exterior, es elaborada, transformada e interpretada de tal manera que puede ser integrada a su estructura conceptual y le resulta comprensible; sólo cuando el individuo se encuentre satisfecho con sus

concepciones personales y considere que las nuevas propuestas son más potentes y útiles que las propias tenderá a cambiarlas (Poser, 1982).

En esta concepción del aprendizaje, el papel básico del docente es el de motivar a los estudiantes a la comprensión, promover interacciones sociales significativas, crear concretos conflictos y explorar formas de solucionar problemas, para lograr aprendizajes significativos utilizando actividades constructivas.

La modernización del enfoque educativo va dirigida hacia la implementación de metodologías heurísticas y eclécticas que le permitan al estudiante acceder al conocimiento por descubrimiento y por selección. Luego el aprendizaje se produce por discernimiento basado en experiencias y suposiciones, evitándose así que el maestro siga siendo un transmisor de conocimientos.

La informática es un medio que contribuye a crear un ambiente propio de lo que desea la nueva educación. Permite desarrollar el potencial intelectual del alumno ayudándole a enfatizar en la construcción de modelos de procesos mentales, estructurados, coherentes y pertinentes. Contribuye a preparar individuos para vivir en un mundo de pleno desarrollo y de continuos cambios. El alumno puede aplicar sus habilidades, creatividad y capacidad innovadora en su desempeño laboral y/o estudios superiores. Permite además proyectar a las instituciones educativas hacia la comunidad por medio de la elaboración de proyectos y propuestas combinadas que propendan por el uso de nuevas tecnologías y su aplicación.

### **2.2.3 LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE EDUCATIVO**

Para comprender el concepto de "Software Educativo", se pueden ver dos definiciones importantes:

El Dr. Pere Marqués<sup>10</sup> utiliza los términos software educativo, programas educativos y programas didácticos como sinónimos. Proporciona la siguiente definición: "*Software educativo se denomina a los programas para computadoras creados con la finalidad de ser utilizados como medio didáctico, es decir, para facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje*".

Galvis Panqueva<sup>11</sup> denomina "*software educativo a aquellos programas que permiten cumplir o apoyar funciones educativas*".

La ingeniería del software educativo plantea los lineamientos sobre los cuales se desarrolla un software educativo de características y calidad deseables combinando características computacionales con aspectos didácticos y pedagógicos que faciliten y garanticen la satisfacción de las necesidades educativas.

El desarrollo de software educativo consiste en una secuencia de pasos que permiten crear un producto adecuado a las necesidades que tiene determinado alumno. Crear este tipo de software incluye realizar análisis tanto pedagógicos como didácticos, para determinar la forma más viable de hacer llegar los conocimientos y permitir el aprendizaje.

El software educativo debe considerar como requisitos mínimos:

- La finalidad didáctica.
- La interacción con el usuario.
- La individualización de trabajo.
- El uso de interfaces intuitivas, basarse en un método didáctico.

---

<sup>10</sup> Marqués, Pere; El Software Educativo; Universidad Autónoma de Barcelona, <http://dewey,uab.es/pmarques/concepci.htm>, España, 2001.

<sup>11</sup> Galvis Panqueva, Álvaro H; Ingeniería de Software Educativo, Ediciones Uniandes; tercera reimpresión de la primera impresión; Colombia, 2001.

A continuación se describe una secuencia de pasos que se podría seguir<sup>12</sup> para el desarrollo de un proyecto de software educativo:

1. Determinar la necesidad de un Software Educativo.
2. Formación del equipo de trabajo.
3. Análisis y delimitación del tema.
4. Definición del usuario final.
5. Estructuración del contenido.
6. Elección del tipo de software a desarrollar.
7. Diseño de interfaces.
8. Definición de las estructuras de evaluación.
9. Elección del ambiente de desarrollo.
10. Creación de una versión inicial.
11. Prueba de campo (presentar el sistema ante un grupo de alumnos piloto).
12. Inicio de un nuevo ciclo de desarrollo, tomando en cuenta los resultados de la prueba de campo.
13. Entrega del producto final.

## **2.3 ALGORITMOS GENÉTICOS Y COMPUTACIÓN EVOLUTIVA**

### **2.3.1 INTRODUCCIÓN**

De vez en cuando, los creacionistas acusan a la evolución de que carece de utilidad como teoría científica porque no produce beneficios prácticos y no tiene relevancia en la vida diaria. Sin embargo, tan sólo la evidencia de la biología demuestra que esta afirmación es falsa. Hay numerosos fenómenos naturales para los que la evolución nos ofrece un sólido fundamento teórico. Por nombrar uno, el desarrollo observado de la resistencia –a los insecticidas en las plagas de cultivos, a los antibióticos en las bacterias, a la quimioterapia en las células cancerosas, y a los fármacos antirretrovirales en virus como el VIH- es una consecuencia abierta de las leyes de la mutación y la selección, y comprender

---

<sup>12</sup> Metodología para el Desarrollo de Software Educativo (DESDE); S. Gustavo Peláez Camarena, Bertha López Azamar, UPIICSA XIV, V, 41-42; México 2006; Págs. 7 a 10.

estos principios nos ha ayudado a desarrollar estrategias para enfrentarnos a estos nocivos organismos. El postulado evolutivo de la descendencia común ha ayudado al desarrollo de nuevos medicamentos y técnicas, al proporcionar a los investigadores una buena idea de con qué organismos deben experimentar para obtener resultados que probablemente serán relevantes para los seres humanos. Finalmente, el hombre ha utilizado con grandes resultados el principio de cría selectiva para crear organismos personalizados, distintos a cualquiera que se pueda encontrar en la naturaleza, para beneficio propio. El ejemplo canónico, por supuesto, es la diversidad de variedades de perros domésticos (razas tan diversas como los bulldogs, chihuahuas y dachshunds han sido producidas a partir de lobos en sólo unos pocos miles de años), pero ejemplos menos conocidos incluyen al maíz cultivado (muy diferente de sus parientes salvajes, que carecen de las familiares "orejas" del maíz cultivado), a los peces de colores (como los percos, hemos criado variedades cuyo aspecto es drásticamente distinto al del tipo salvaje), y a las vacas lecheras (con ubres inmensas, mucho mayores que las necesarias para alimentar a una cría).

Los críticos pueden argumentar que los creacionistas pueden explicar estas cosas sin recurrir a la evolución. Por ejemplo, a menudo los creacionistas explican el desarrollo de la resistencia a los agentes antibióticos en las bacterias, o los cambios forjados en los animales domésticos por selección artificial, asumiendo que Dios decidió crear a los organismos en grupos fijos, llamados "tipos" o baramins. Aunque la microevolución natural o la selección artificial dirigida por humanos pueden producir diferentes variedades dentro de los "tipo-perro", "tipo-vaca" o "tipo-bacteria" creados originalmente, ninguna cantidad de tiempo o cambio genético puede transformar un "tipo" en otro. Sin embargo, nunca se explica cómo determinan los creacionistas lo que es un "tipo", o qué mecanismo impide a los seres vivos evolucionar más allá de sus límites.

Pero en las últimas décadas, el continuo avance de la tecnología moderna ha producido algo nuevo. Ahora la evolución está produciendo beneficios prácticos en un campo muy distinto y, esta vez, los creacionistas no pueden afirmar que su explicación se adapte a los hechos igual de bien. Este campo es la informática, y

los beneficios provienen de una estrategia de programación llamada algoritmos genéticos. Este ensayo explica qué son los algoritmos genéticos y muestra de qué manera son relevantes en el debate evolución/creacionismo.

### **2.3.2 ¿QUÉ ES UN ALGORITMO GENÉTICO?**

Expuesto concisamente, un algoritmo genético (o AG para abreviar) es una técnica de programación que imita a la evolución biológica como estrategia para resolver problemas. Dado un problema específico a resolver, la entrada del AG es un conjunto de soluciones potenciales a ese problema, codificadas de alguna manera, y una métrica llamada función de aptitud que permite evaluar cuantitativamente a cada candidata. Estas candidatas pueden ser soluciones que ya se sabe que funcionan, con el objetivo de que el AG las mejore, pero se suelen generar aleatoriamente.

Luego el AG evalúa cada candidata de acuerdo con la función de aptitud. En un acervo de candidatas generadas aleatoriamente, por supuesto, la mayoría no funcionarán en absoluto, y serán eliminadas. Sin embargo, por puro azar, unas pocas pueden ser prometedoras pueden mostrar actividad, aunque sólo sea actividad débil e imperfecta, hacia la solución del problema.

Estas candidatas prometedoras se conservan y se les permite reproducirse. Se realizan múltiples copias de ellas, pero las copias no son perfectas; se introducen cambios aleatorios durante el proceso de copia. Luego, esta descendencia digital prosigue con la siguiente generación, formando un nuevo acervo de soluciones candidatas, y son sometidas a una ronda de evaluación de aptitud. Las candidatas que han empeorado o no han mejorado con los cambios en su código son eliminadas de nuevo; pero, de nuevo, por puro azar, las variaciones aleatorias introducidas en la población pueden haber mejorado a algunos individuos, convirtiéndolos en mejores soluciones del problema, más completas o más eficientes. De nuevo, se seleccionan y copian estos individuos vencedores hacia la siguiente generación con cambios aleatorios, y el proceso se repite. Las expectativas son que la aptitud media de la población se incrementará en cada

ronda y, por tanto, repitiendo este proceso cientos o miles de rondas, pueden descubrirse soluciones muy buenas del problema.

Aunque a algunos les puede parecer asombroso y anti-intuitivo, los algoritmos genéticos han demostrado ser una estrategia enormemente poderosa y exitosa para resolver problemas, demostrando de manera espectacular el poder de los principios evolutivos. Se han utilizado algoritmos genéticos en una amplia variedad de campos para desarrollar soluciones a problemas tan difíciles o más difíciles que los abordados por los diseñadores humanos. Además, las soluciones que consiguen son a menudo más eficientes, más elegantes o más complejas que nada que un ingeniero humano produciría. ¡En algunos casos, los algoritmos genéticos han producido soluciones que dejan perplejos a los programadores que escribieron los algoritmos en primera instancia!

### **2.3.3 MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN**

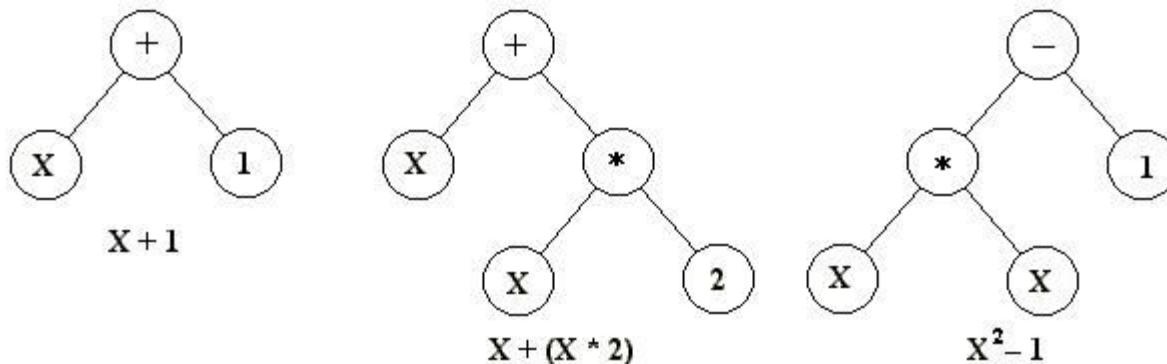
Antes de que un algoritmo genético pueda ponerse a trabajar en un problema, se necesita un método para codificar las soluciones potenciales del problema de forma que una computadora pueda procesarlas. Un enfoque común es codificar las soluciones como cadenas binarias: secuencias de 1s y 0s, donde el dígito de cada posición representa el valor de algún aspecto de la solución. Otro método similar consiste en codificar las soluciones como cadenas de enteros o números decimales, donde cada posición, de nuevo, representa algún aspecto particular de la solución. Este método permite una mayor precisión y complejidad que el método comparativamente restringido de utilizar sólo números binarios, y a menudo está intuitivamente más cerca del espacio de problemas.

Esta técnica se utilizó, por ejemplo, en el trabajo de Steffen Schulze-Kremer, que escribió un algoritmo genético para predecir la estructura tridimensional de una proteína, basándose en la secuencia de aminoácidos que la componen. El AG de Schulze-Kremer utilizaba números reales para representar los famosos “ángulos de torsión” entre los enlaces peptídicos que conectan a los aminoácidos. (Una proteína está formada por una secuencia de bloques básicos llamados aminoácidos, que se conectan como los eslabones de una cadena. Una vez que

todos los aminoácidos están enlazados, la proteína se dobla formando una compleja estructura tridimensional, basada en cuáles aminoácidos se atraen entre ellos y cuáles se repelen. La forma de una proteína determina su función). Los algoritmos genéticos para entrenar a las redes neuronales también utilizan a menudo este método de codificación.

Un tercer método consiste en representar a los individuos de un AG como cadenas de letras, donde cada letra, de nuevo, representa un aspecto específico de la solución. Un ejemplo de esta técnica es el método basado en codificación gramática de Hiroaki Kitano, en el que a un AG se le encargó la tarea de evolucionar un sencillo conjunto de reglas llamadas gramática libre de contexto, que a su vez se utilizaban para generar redes neuronales para una variedad de problemas.

La virtud de estos tres métodos es que facilitan la definición de operadores que causen los cambios aleatorios en las candidatas seleccionadas: cambiar un 0 por un 1 o viceversa, sumar o restar al valor de un número una cantidad elegida al azar, o cambiar una letra por otra. (Ver la sección sobre los métodos de cambio para más detalles acerca de los operadores genéticos). Otra estrategia, desarrollada principalmente por John Koza, de la Universidad de Stanford, y denominada programación genética, representa a los programas como estructuras de datos ramificadas llamadas árboles. En este método, los cambios aleatorios pueden generarse cambiando el operador o alterando el valor de un cierto nodo del árbol, o sustituyendo un subárbol por otro.



**Figura 2.3. Árboles de programación:** Tres sencillos árboles de programa del

tipo utilizado normalmente en la programación genética. Debajo se proporciona la expresión matemática que representa cada uno.

Es importante señalar que los algoritmos evolutivos no necesitan representar las soluciones candidatas como cadenas de datos de una longitud fija. Algunos las representan de esta manera, pero otros no; por ejemplo, la "codificación gramatical" de Kitano, explicada arriba, puede escalarse eficientemente para crear redes neuronales grandes y complejas, y los árboles de programación genética de Koza pueden crecer arbitrariamente tanto como sea necesario para resolver cualquier problema que se les pida.

#### **2.3.4 MÉTODOS DE SELECCIÓN**

Un algoritmo genético puede utilizar muchas técnicas diferentes para seleccionar a los individuos que deben copiarse hacia la siguiente generación, pero abajo se listan algunos de los más comunes. Algunos de estos métodos son mutuamente exclusivos, pero otros pueden utilizarse en combinación, algo que se hace a menudo.

- Selección elitista: Este es el método de selección empleado en el diseño del algoritmo genético del sistema VPI. Con este método se garantiza la selección de los miembros más aptos de cada generación. (La mayoría de los AG no utilizan elitismo puro, sino que usan una forma modificada por la que el individuo mejor, o algunos de los mejores, son copiados hacia la siguiente generación en caso de que no surja nada mejor).
- Selección proporcional a la aptitud: los individuos más aptos tienen más probabilidad de ser seleccionados, pero no la certeza.
- Selección por rueda de ruleta: una forma de selección proporcional a la aptitud en la que la probabilidad de que un individuo sea seleccionado es proporcional a la diferencia entre su aptitud y la de sus competidores. (Conceptualmente, esto puede representarse como un juego de ruleta –cada individuo obtiene una sección de la ruleta, pero los más aptos obtienen secciones mayores que las de los menos aptos. Luego la ruleta se hace girar, y en cada vez se elige al individuo que "posea" la sección en la que se pare la ruleta).

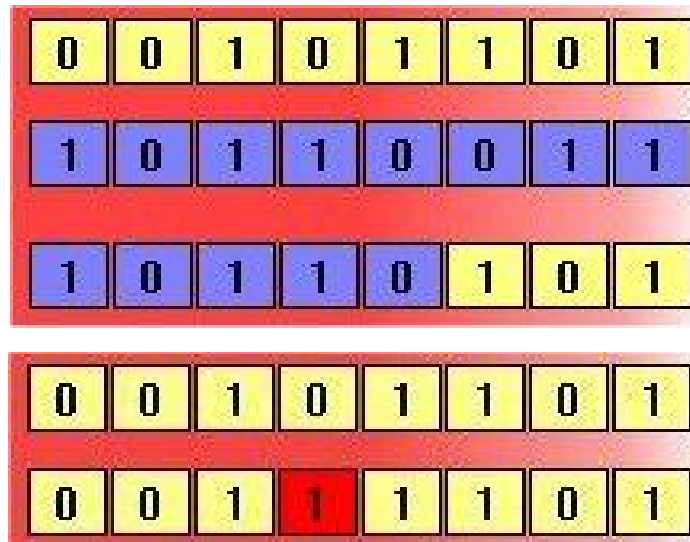
- Selección escalada: al incrementarse la aptitud media de la población, la fuerza de la presión selectiva también aumenta y la función de aptitud se hace más discriminadora. Este método puede ser útil para seleccionar más tarde, cuando todos los individuos tengan una aptitud relativamente alta y sólo les distingan pequeñas diferencias en la aptitud.
- Selección por torneo: se eligen subgrupos de individuos de la población, y los miembros de cada subgrupo compiten entre ellos. Sólo se elige a un individuo de cada subgrupo para la reproducción.
- Selección por rango: a cada individuo de la población se le asigna un rango numérico basado en su aptitud, y la selección se basa en este ranking, en lugar de las diferencias absolutas en aptitud. La ventaja de este método es que puede evitar que individuos muy aptos ganen dominancia al principio a expensas de los menos aptos, lo que reduciría la diversidad genética de la población y podría obstaculizar la búsqueda de una solución aceptable.
- Selección generacional: la descendencia de los individuos seleccionados en cada generación se convierte en toda la siguiente generación. No se conservan individuos entre las generaciones.
- Selección por estado estacionario: la descendencia de los individuos seleccionados en cada generación vuelven al acervo genético preexistente, reemplazando a algunos de los miembros menos aptos de la siguiente generación. Se conservan algunos individuos entre generaciones.
- Selección jerárquica: los individuos atraviesan múltiples rondas de selección en cada generación. Las evaluaciones de los primeros niveles son más rápidas y menos discriminatorias, mientras que los que sobreviven hasta niveles más altos son evaluados más rigurosamente. La ventaja de este método es que reduce el tiempo total de cálculo al utilizar una evaluación más rápida y menos selectiva para eliminar a la mayoría de los individuos que se muestran poco o nada prometedores, y sometiendo a una evaluación de aptitud más rigurosa y computacionalmente más costosa sólo a los que sobreviven a esta prueba inicial.

### 2.3.5 MÉTODOS DE CAMBIO

Una vez que la selección ha elegido a los individuos aptos, éstos deben ser alterados aleatoriamente con la esperanza de mejorar su aptitud para la siguiente generación.

Existen dos estrategias básicas para llevar esto a cabo:

- La primera y más sencilla se llama mutación. Esta es la estrategia utilizada en el diseño del algoritmo genético implementado en VPI. En esta estrategia se plantea que, al igual que una mutación en los seres vivos cambia un gen por otro, una mutación en un algoritmo genético también causa pequeñas alteraciones en puntos concretos del código de un individuo.
- El segundo método se llama cruzamiento, e implica elegir a dos individuos para que intercambien segmentos de su código, produciendo una "descendencia" artificial cuyos individuos son combinaciones de sus padres. Este proceso pretende simular el proceso análogo de la recombinación que se da en los cromosomas durante la reproducción sexual. Las formas comunes de cruzamiento incluyen al cruzamiento de un punto, en el que se establece un punto de intercambio en un lugar aleatorio del genoma de los dos individuos, y uno de los individuos contribuye todo su código anterior a ese punto y el otro individuo contribuye todo su código a partir de ese punto para producir una descendencia, y al cruzamiento uniforme, en el que el valor de una posición dada en el genoma de la descendencia corresponde al valor en esa posición del genoma de uno de los padres o al valor en esa posición del genoma del otro padre, elegido con un 50% de probabilidad.



**Figura 2.4. Cruzamiento y mutación:** El diagrama de arriba ilustra el efecto de estos dos operadores genéticos en los individuos de una población de cadenas de 8 bits. El diagrama superior muestra a dos individuos llevando a cabo un cruzamiento de un punto; el punto de intercambio se establece entre las posiciones quinta y sexta del genoma, produciendo un nuevo individuo que es híbrido de sus progenitores. El segundo diagrama muestra a un individuo sufriendo una mutación en la posición 4, cambiando el 0 de esa posición de su genoma por un 1.

### 2.3.6 VENTAJAS DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

- El primer y más importante punto es que los algoritmos genéticos son intrínsecamente paralelos. La mayoría de los otros algoritmos son en serie y sólo pueden explorar el espacio de soluciones hacia una solución en una dirección al mismo tiempo, y si la solución que descubren resulta subóptima, no se puede hacer otra cosa que abandonar todo el trabajo hecho y empezar de nuevo. Sin embargo, ya que los AG tienen descendencia múltiple, pueden explorar el espacio de soluciones en múltiples direcciones a la vez.
- Debido al paralelismo que les permite evaluar implícitamente muchos esquemas a la vez, los algoritmos genéticos funcionan particularmente bien resolviendo problemas cuyo espacio de soluciones potenciales es realmente

grande, demasiado vasto para hacer una búsqueda exhaustiva en un tiempo razonable.

- Otra ventaja notable de los algoritmos genéticos es que se desenvuelven bien en problemas con un paisaje adaptativo complejo, aquéllos en los que la función de aptitud es discontinua, ruidosa, cambia con el tiempo, o tiene muchos óptimos locales.
- Otra área en el que destacan los algoritmos genéticos es su habilidad para manipular muchos parámetros simultáneamente. Si una solución particular a un problema con múltiples objetivos optimiza un parámetro hasta el punto en el que ese parámetro no puede mejorarse más sin causar una correspondiente pérdida de calidad en algún otro parámetro, esa solución se llama óptimo paretiano o no dominada.
- Finalmente, una de las cualidades de los algoritmos genéticos que, a primera vista, puede parecer un desastre, resulta ser una de sus ventajas: a saber, los AG no saben nada de los problemas que deben resolver. En lugar de utilizar información específica conocida a priori para guiar cada paso y realizar cambios con un ojo puesto en el mejoramiento, como hacen los diseñadores humanos, son relojeros ciegos; realizan cambios aleatorios en sus soluciones candidatas y luego utilizan la función de aptitud para determinar si esos cambios producen una mejora.

Mediante sus componentes de paralelismo, cruzamiento y mutación, pueden viajar extensamente por el paisaje adaptativo, explorando regiones que algoritmos producidos con inteligencia podrían no haber tenido en cuenta, y revelando potencialmente soluciones de asombrosa e inesperada creatividad que podrían no haberseles ocurrido nunca a los diseñadores humanos. Un ejemplo muy gráfico de esto es el redescubrimiento, mediante la programación genética, del concepto de retroalimentación negativa –un principio crucial para muchos componentes electrónicos importantes de hoy en día, pero un concepto que, cuando fue descubierto en primera instancia, se le denegó una patente de nueve años porque el concepto era demasiado contrario a las creencias establecidas.

Por supuesto, los algoritmos evolutivos no están enterados ni preocupados de si una solución va en contra de las creencias establecidas –sólo de si funciona.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONALIDADES DE VPI 1.0**

Dado que el producto final de este trabajo de grado consiste en la segunda versión de la herramienta software VPI, valorando portafolios de inversión, se hace preciso describir en el presente capítulo, las características más sobresalientes de la primera versión del sistema, enfocado esto a aportar un punto de comparación entre el alcance de VPI 1.0 y el de VPI 2.0, descrito en los capítulos siguientes.

#### **3.1 ESQUEMA DE USO DE LA HERRAMIENTA**

La herramienta software aprendizaje y enseñanza del proceso de valoración del riesgo de portafolios de inversión, bajo el esquema de uso de la herramienta descrito a continuación:

- El profesor crea los títulos que conformarán los escenarios a estudiar en los respectivos módulos de simulación.
- Un estudiante usa los módulos de simulación para estudiar el comportamiento de los diferentes tipos de títulos existentes en el sistema, así como para llevar a cabo simulaciones sobre los escenarios diseñados por el profesor. Dichos escenarios se componen de un portafolio que podría estar conformado, un mercado de títulos, datos iniciales del modelo a simular, una matriz de correlaciones entre los factores de riesgo de cada tipo de título y el cálculo del valor del portafolio y del VaR obtenido por el modelo final del estudiante.
- El profesor administra los modelos a estudiar por medio del módulo de administración de modelos. Hay tres tipos de modelos que el profesor puede crear en VPI:
  - Conformación de un portafolio desde cero.
  - Reducción del VaR de un portafolio ya conformado.

- Liberación de una cantidad especificada de capital, de un portafolio ya conformado.

Dichos modelos pueden ser exportados y entregados al estudiante, para que este pueda acceder a ellos mediante su importación a través del módulo de simulación de modelos.

- Los resultados obtenidos al final de una simulación se presentan con la información tanto del modelo final entregado por el estudiante, como de las características de la solución cercana a la óptima generada por el algoritmo genético de la herramienta, para permitir realizar comparaciones entre el valor del VaR obtenido por cada modelo, lo que facilita el proceso de evaluación del rendimiento que el estudiante está presentando en su proceso de entendimiento y aprendizaje del tema.

Dichos resultados pueden ser exportados o impresos en un reporte tanto por parte del estudiante como del profesor.

- Así mismo, el estudiante puede hacer uso de los módulos de contenidos y glosario, desde donde accede a la información teórica relacionada con el tema en cuestión.

### **3.2 FUNCIONALIDADES DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE**

- El Software VPI, elaborado para el área de evaluación de la conformación de portafolios de inversiones, tiene dos tipos de usuarios, diferenciados por los permisos de administración de las Bases de Datos e Información, restringiendo a los usuarios sin permisos en la manipulación de los datos y el seguimiento de los resultados de los estudiantes.
- El sistema se desarrolló para darle un enfoque modular. Los módulos en los que se basó el diseño del software, se desarrollaron en múltiples interfaces dirigidas a los usuarios finales como se puede verificar a continuación:

### 3.2.1 INTERFAZ DE INGRESO

Para ingresar a la herramienta software, en primer lugar se presenta una ventana con la bienvenida al sistema y a continuación, la interfaz de registro mostrada en la Figura 3.1, en la cual el usuario hará distinción en si es un usuario normal (estudiante) o un usuario con permisos de administración (Profesor).

Seguido al registro del usuario, podrá acceder al Módulo Principal de la Herramienta Software el cual contiene vínculos a todos los módulos que la componen.

La imagen muestra una ventana de registro de usuario. En la parte superior izquierda hay un logo circular con las letras 'PI' y un triángulo rojo. A la derecha del logo, el texto dice 'VALORANDO PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN' y 'SISTEMAS - UIS'. Debajo del logo hay tres campos de texto: 'Usuario:' con el valor 'estudiante', 'Código:' y 'Nombre:'. En la parte inferior hay dos botones: 'Salir' y 'Entrar'.

**Figura 3.1. Registro del usuario.**

### 3.2.2 MÓDULO PRINCIPAL

El módulo principal de la Herramienta Software se diseñó con el fin de vincular todos los Módulos tanto conceptuales y de simulaciones, como los de seguimiento a los alumnos. Esta interfaz está compuesta por el Menú principal en el que se encuentran, Contenidos, Simulación, Administrador y Ayudas, seguido al menú principal está la Barra de Accesos con vínculos a los principales Módulos del Software.

### 3.2.3 MÓDULOS DE CONCEPTOS

En este Módulo se encuentran los conceptos básicos que se deberán conocer y practicar para entender la metodología de la conformación de los portafolios y principalmente de la evaluación de portafolios de Inversión basándose en el Valor en Riesgo Var. Este Módulo está compuesto por dos interfaces, la interfaz de conceptos, como se muestra en la Figura 3.2 y la interfaz del Glosario.

- La interfaz de los Conceptos Básicos, contiene en la parte izquierda una ventana deslizante con los conceptos que serán objeto de estudio ordenados de manera secuencial, al ser seleccionados la ventana se apartará permitiendo observar el concepto de interés de manera total.
- En el Glosario se encuentra una recopilación de los principales términos Financieros que serán de importancia en el desarrollo de la conformación de Portafolios y en la evaluación de los mismos mediante el riesgo.

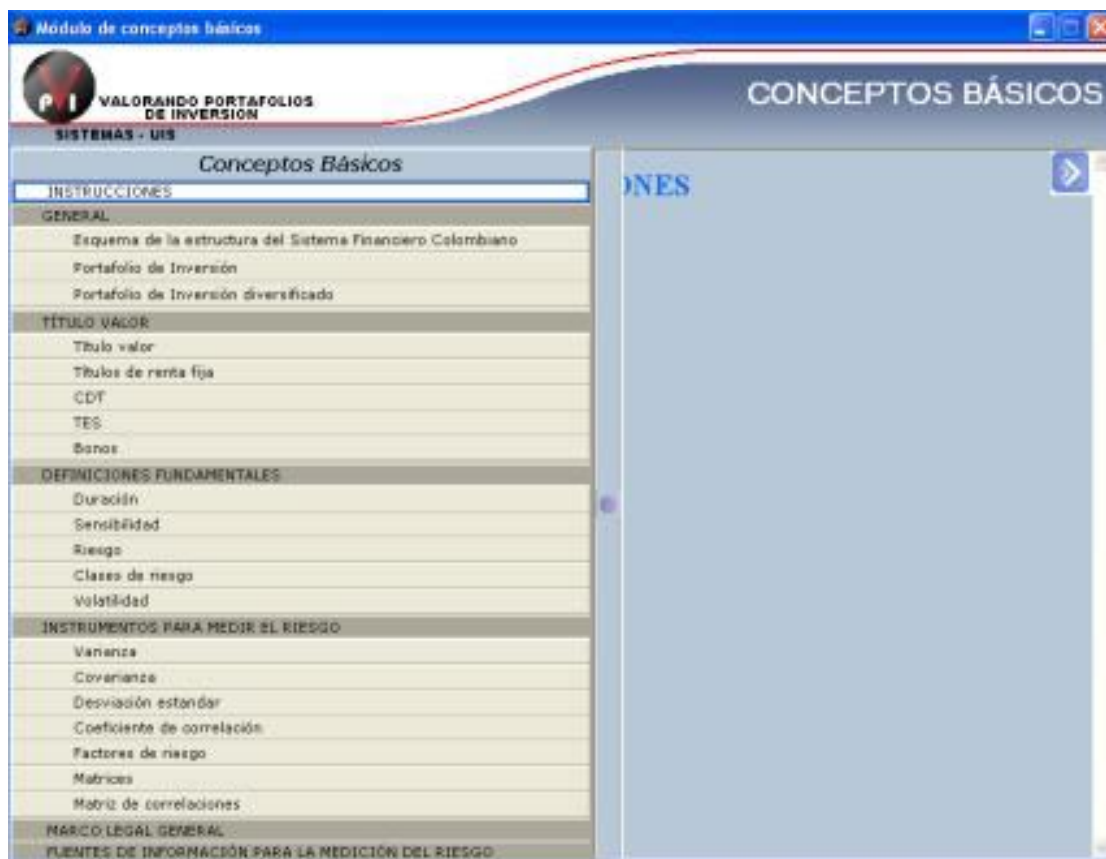


Figura 3.2. Conceptos Básicos

### 3.2.4 MÓDULOS DE SIMULACIONES

Las simulaciones disponibles en la Herramienta Software son de dos tipos, las simulaciones de Títulos Valor y las simulaciones de Conformación y Variación de Portafolios de Inversiones.

- La interfaz designada a la simulación de Títulos Valor, cuenta con demostraciones de manejo de la misma, presionando los botones dispuestos en la parte izquierda, en los cuales se muestran los principales escenarios de variación que afectan el comportamiento de los Títulos a término fijo.

En la interfaz de simulación se contará con los datos de un Título que pueden ser modificados para apreciar los escenarios de variación, además, es posible modificar el escenario principal con el cual se compara el escenario actual para el cálculo de las Sensibilidades. En la Parte Derecha se encuentra un Historial con las simulaciones realizadas anteriormente, permitiendo acceder nuevamente a ellas.

En la parte Inferior se encuentran la tabla resumen en la parte izquierda, que corresponde a una comparación de la simulación actual con la simulación definida como principal, y en la parte derecha se encuentra la Tabla con los datos de la simulación actual.

- Al ingresar a las simulaciones de portafolios, se desplegara una ventana en la cual se procede a cargar la simulación deseada, ya sea una de las correspondientes en la Base de Datos o desde un archivo exportado con los datos de la simulación (\*.VPIM). Después de cargar la simulación deseada, esta se cargará en una nueva interfaz como lo muestra la Figura 3.3., en la cual se debe cumplir el objetivo propuesto por la simulación, que es descrito en la parte superior de la ventana.



**Figura 3.3. Simulación de Portafolios.**

El usuario cuenta con un portafolio compuesto por un número definido de Títulos Valor y una cantidad de Capital Disponible a la Inversión y basado en esto debe comprar y vender Títulos con el fin de cumplir uno de los tres posibles objetivos de la simulación, que son:

- Reducir el VaR de un Portafolio: Mediante un portafolio conformado y una cantidad definida de títulos en el mercado, se sugiere que el usuario reduzca el porcentaje de capital adverso al riesgo con respecto al valor del portafolio
- Conformar un Buen Portafolio: Se posee un capital disponible a inversión y con este se debe comprar los Títulos deseados del mercado, procurando tener el menor VaR posible.

- Liberar Capital de un Portafolio: En un portafolio ya conformado, se desea liberar una determinada cantidad de capital que se logrará vendiendo Títulos Valor, el usuario debe elegir los títulos que venderá o cambiará con el fin de liberar dicha cantidad.

Al finalizar la simulación, se despliega una nueva interfaz en la cual se encuentran los resultados obtenidos por el estudiante como se muestra en la Figura 3.4., en la cual se encuentra los principales datos del portafolio inicial, los datos del Portafolio obtenido por el estudiante y los datos de un Portafolio cercano al óptimo conseguido mediante Algoritmos Genéticos para servir como punto de comparación.



Figura 3.4. Resultados de la Simulación

Desde esta interfaz de resultados, es posible tener acceso al portafolio final o el inicial de la simulación, y si se tiene acceso (usuario administrador), al Portafolio generado mediante Algoritmos Genéticos.

Además de poder exportar los resultados generados mediante archivos de tipo \*.VPIR, es posible generar un reporte impreso.

### **3.2.5 MÓDULOS DE ADMINISTRACIÓN**

Los Módulos Administrativos, permiten modificar la información de la Base de Datos, por lo tanto el ingreso a estos Módulos está restringido, únicamente los usuarios con privilegios administrativos podrán ingresar a dichos módulos.

Este Módulo está compuesto por la administración de Títulos, Matrices, Modelos, Glosario y Recuperación de Datos.

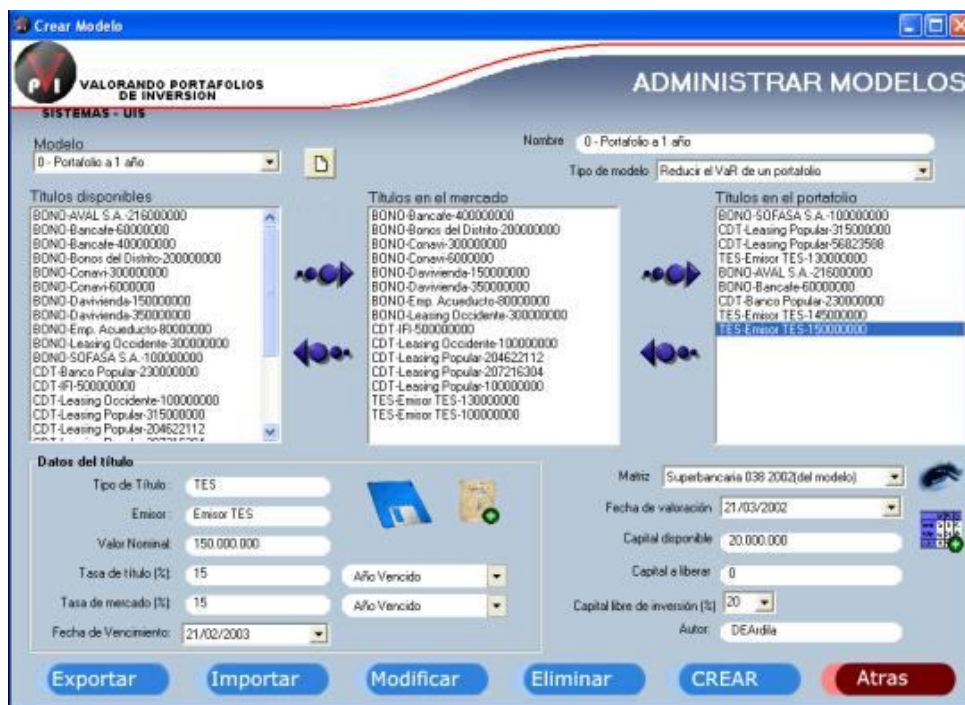
- Para la administración de Títulos se permite a los usuarios desarrollar las principales actividades administrativas como los son crear, modificar y eliminar los títulos de la Base de Datos.

Así también, se permite exportar un número determinado de títulos con el fin de trasladarlos a una Base de Datos Remota permitiendo la continua actualización de la misma.

- Otro de los datos importantes en la evaluación de un portafolio mediante el Valor en Riesgo es la matriz de Covarianzas y la volatilidad de determinado tipo de Títulos. Con el fin de administrar esta información se generó la interfaz de Administración de Matrices, que permite crear, modificar y eliminar Matrices, además de exportar e importar las mismas hacia y desde una Base de Datos remota.
- Los Modelos que son objeto de simulaciones, pueden ser creados desde el módulo de Administración de Modelos, permitiendo variar las simulaciones y los resultados esperados de las mismas de forma constante.

Cada Modelo contiene Títulos que se pueden encontrar en el Mercado o en el Portafolio, además de una matriz de Covarianzas con sus respectivas

Volatilidades utilizada para el cálculo del VaR del Portafolio, es debido a esto, que esta interfaz contiene vínculos a los diferentes interfaces administrativas. Para la administración de los Modelos se dispuso la interfaz mostrada en la Figura 3.5., permitiendo a los usuarios crear, modificar y eliminar los modelos que se encuentran en la Base de Datos, así como la exportación de los mismos para que sean objeto de las simulaciones.



**Figura 3.5. Administrar Modelos.**

- El Glosario puede ser modificado teniendo los permisos administrativos, para dicha opción se dispone del módulo de Administración del Glosario, permitiendo la creación, edición, eliminación, exportación e importación de los términos que lo componen.
- Todos los datos que son eliminados desde los diferentes módulos administrativos, no son eliminados del todo de la Base de Datos del sistema, permitiendo recuperar información eliminada por error. Para dicha operación se dispone del Módulo de Recuperación de Datos Eliminados, en la cual se ve

como los datos eliminados pueden ser retornados a sus lugares de origen o eliminarlos totalmente.

### 3.2.6 MÓDULO DE RESULTADOS

Los usuarios con permisos administrativos, tienen acceso a un módulo especial, en el cual podrán importar los resultados obtenidos por sus estudiantes y generar consolidados con los reportes deseados. Para dicha función se dispuso de la interfaz mostrada en la Figura 3.6. En esta interfaz los usuarios administradores (Profesores), podrán tener varios resultados de simulaciones generados por usuarios normales (Estudiantes) y ver los resultados individuales de cada uno de ellos y compararlos con respecto a los demás, o filtrarlos a conveniencia para observar el desempeño de algún curso.

Además podrá generar reportes de los resultados deseados y guardarlos o cargar otros, permitiendo imprimir los mismos.

#	Grupo	Código	Apellidos	Nombres	Resultado
1	03	2010415	Torres	Juho	0.25%
2	03	2010432	Ardia	Daniel	3.84%
3	03	2010415	Alvarado	Daniel	4.55%

Figura 3.6. Módulo de Resultados

## 4. ANÁLISIS

De acuerdo al modelo empleado para el desarrollo de la segunda versión de la herramienta software VPI (modelo de desarrollo en cascada), se ha llevado a cabo la fase análisis de requerimientos del sistema.

Para ello se efectuó en primera instancia, un análisis preliminar de las sugerencias entregadas en el proyecto que desarrolló la primera versión del sistema y de los objetivos trazados en el plan de trabajo del presente proyecto de grado.

A continuación, se prosiguió a analizar los resultados obtenidos de la experiencia realizada en un ambiente real de aprendizaje en el que un grupo de estudiantes y un profesor de la asignatura Econometría II utilizaron VPI 1.0, cumpliendo con uno de los objetivos trazados en dicho plan de trabajo.

Finalmente, se presentó una consolidación de las conclusiones obtenidas en los pasos anteriores, mediante un listado final de requerimientos del sistema.

### 4.1 ANÁLISIS PRELIMINAR

#### 4.1.1 SUJERENCIAS DEL PROYECTO VPI VERSIÓN 1.0

A continuación, se detalla el análisis a las sugerencias dadas en el proyecto que desarrolló la primera versión del sistema VPI, valorando portafolios de inversión:

1. Una nueva versión de VPI que sea fruto, principalmente, de llevarlo a un escenario real de aprendizaje. En dicha experiencia se deben realizar pruebas de las características del sistema, acompañadas de mecanismos para recibir las sugerencias de los usuarios como por ejemplo encuestas, cuestionarios, etc.

<b>Análisis y descripción ampliada</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En esta sugerencia, los autores de VPI 1.0 expresan la necesidad de que se lleve a cabo el desarrollo de una segunda versión del sistema, para acrecentar el alcance de la solución. Esto se justifica en el hecho de que la problemática a la que apunta VPI no constituye en sí un</li></ul>
--	--

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>problema a resolver sino un campo en el cual se puede trabajar e innovar continuamente para aumentar el beneficio que la población objetivo consigue con el producto construido. El presente proyecto de grado precisamente se concibió a partir de esa sugerencia, para lo cual se plantearon los objetivos descritos en el plan de trabajo que rige los procedimientos de ejecución y desarrollo de la segunda versión de la herramienta VPI.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Además, aquí se plantea la necesidad de llevar VPI 1.0 a un ambiente real de aprendizaje. Esta experiencia ha sido incluida en el listado de objetivos a cumplir en el plan de trabajo para el desarrollo de la segunda versión del sistema, y su análisis se expone detalladamente en el ítem 4.2 del presente capítulo del libro.</li> </ul>
<p><b>Complejidad</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Para el desarrollo de la segunda versión de VPI, la complejidad es de [5/5]:</b> Esta calificación de la complejidad corresponde a la suma de las complejidades de desarrollo de cada uno de los objetivos trazados en el plan de trabajo para la realización del presente proyecto de grado, de los requerimientos recogidos del análisis de las otras sugerencias aportadas por la primera versión, y de los resultados obtenidos de la experiencia de llevar la primera versión a un ambiente real de aprendizaje.</li> <li>• <b>Para la prueba de campo en un ambiente real de aprendizaje, la complejidad es de [4/5]:</b> Esta calificación de la complejidad se basa en las consideraciones previas a tener en cuenta para la realización de esta sugerencia, entre las que se</li> </ul>

<p><b>Complejidad</b></p>	<p>presentan, la búsqueda de un profesor con conocimientos del tema abordado por la herramienta software (inversión de portafolios según el modelo valor en riesgo) y la disponibilidad de recursos como el tiempo y un grupo de estudiantes de una materia relacionada con el tema, que éste pueda aportar. Así mismo, se requiere darle un mayor grado de estabilidad al sistema, previo a las pruebas, la búsqueda de un lugar apropiado para la experiencia de usuarios con VPI 1.0, la preparación del material usado para la recolección de la información por parte de los estudiantes, el registro de las sugerencias aportadas por el profesor, el diagnóstico de la primera versión a partir de esa información y la selección de los nuevos requerimientos a considerar para el desarrollo de la segunda versión.</p>
---------------------------	--

**Tabla 4. Análisis Sugerencia de Nueva Versión y prueba de campo a VPI 1.0.**

Además de la implantación mencionada, se recomiendan las siguientes mejoras:

2. Incluir nuevos instrumentos de renta fija como por ejemplo TES ligados a la UVR o Bonos Yankees.

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>De esta sugerencia surgió uno de los objetivos planteados en el plan de trabajo del presente proyecto de grado: la introducción de Bonos Yankees como nuevo instrumento de renta fija.</p> <p>En la primera versión del sistema se especificó que en VPI, el tratamiento de la teoría alrededor de la conformación de portafolios de inversión diversificados, según el modelo VaR, se limita a los títulos de tasa fija.</p> <p>Así, se definió que los tipos de títulos que podrían</p>
---	--

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>conformar los modelos y escenarios de simulación en el sistema son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tes tasa fija.</li> <li>• Bonos</li> <li>• CDT's</li> </ul> <p>De esta forma, y según lo especificado en los objetivos del plan de trabajo, la segunda versión del sistema, presentará, entre el universo de títulos a conformar los portafolios y mercado de títulos en un escenario de simulación, los anteriormente descritos, además de los Bonos Yankees.</p>
<p><b>Complejidad</b></p>	<p><b>Calificación: [2/5].</b> Esto, teniendo en cuenta la complejidad en la implementación de esta nueva funcionalidad y el impacto que tendrá sobre tres módulos específicos, el Módulo de Administración de Títulos, de Administración de Matrices de Correlaciones y de Administración de Modelos.</p>
<p><b>Valor Pedagógico aportado</b></p>	<p>El análisis de esta sugerencia pone en evidencia el valor que representa la introducción de un nuevo tipo de título de tasa fija que permita enriquecer los escenarios de simulación, con el objetivo pedagógico de aportar al estudiante un nuevo caso de estudio en cuanto al comportamiento de títulos de tasa fija, y un nuevo criterio a tener en cuenta para la toma de decisiones de inversión requeridas en la simulación de un modelo (portafolio, mercado de títulos, matriz de correlaciones entre factores de riesgo).</p>

**Tabla 5. Análisis Sugerencia Inclusión nuevo tipo de título tasa fija.**

3. Refinar estéticamente los módulos y en especial los conceptos básicos.

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>Es recomendable que la interfaz de usuario de un software educativo cumpla con características tanto de color, imágenes y estilos de letra, como de presentación de los contenidos y de los componentes de una ventana o módulo del sistema, acordes con el objetivo pedagógico de incentivar al estudiante en el uso de del software y de este modo, en la profundización de los conceptos relacionados con el tema que busca apoyar la herramienta.</p> <p>De acuerdo con esto, es preciso que, en la experiencia con usuarios finales que se llevará a cabo para el cumplimiento de los objetivos del proyecto, la apariencia de VPI 1.0 sea uno de los puntos a evaluar, de manera que los estudiantes y profesores que participen, entreguen sugerencias en este sentido.</p>
<p><b>Complejidad</b></p>	<p><b>Calificación: [5/5].</b> Esta calificación se debe a la complejidad que acarrearía el cambio de componentes visuales utilizados para la implementación de las interfaces de usuario diseñadas en la primera versión, búsqueda de nuevas herramientas para el diseño y construcción de botones, animaciones y demás características relacionadas.</p>

**Tabla 6. Análisis Sugerencia Refinamiento interfaz de usuario.**

4. Darle a VPI la posibilidad de trabajar en un ambiente cliente servidor a fin de que se agilice la interacción entre el profesor y sus estudiantes en tiempo real.

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>En la primera versión de VPI los usuarios interactuaban con la herramienta en una forma de trabajo monousuario, es decir, que la comunicación entre los roles de usuario en el sistema no era directa, sino que, en el caso de VPI, se</p>
---	---

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>limitaba a la exportación e importación de archivos, que permitieran la actualización de la base de datos del sistema instalado en un ordenador específico.</p> <p>Dada la importancia que tiene la comunicación entre profesor y estudiante en un ambiente educativo, es conveniente que una herramienta software que busque apoyar procesos de ese tipo, cumpla con características que permitan acercar esa comunicación y de este modo, automatizar procesos de intercambio de datos, de entrega de tareas y resultados obtenidos.</p>
<p><b>Complejidad</b></p>	<p><b>Calificación: [4/5].</b> Se requiere de una preparación previa del ambiente de desarrollo, el cambio de el manejador de base de datos Firebird 1.5 embebido empleado para la primera versión de VPI a otro que aporte las características para el manejo de datos en un ambiente Cliente/ Servidor.</p>
<p><b>Valor Pedagógico aportado</b></p>	<p>Como se describió anteriormente, en un ambiente de trabajo pedagógico es de gran importancia que la comunicación entre estudiantes y profesor se de de la forma más directa posible. El cambio de ambiente de monousuario a cliente/servidor en VPI representa precisamente un gran aporte en este sentido, porque logra un nuevo nivel como herramienta de apoyo para el aprendizaje y enseñanza de un tema específico, mediante la automatización de tareas que involucran secuencia de actividades entre profesor y estudiante durante su experiencia con el sistema.</p>

**Tabla 7. Análisis Sugerencia Nuevo ambiente Cliente/Servidor.**

5. Aumentar el horizonte de las simulaciones de portafolios, para que se puedan hacer en varias iteraciones a través del tiempo.

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>Esta sugerencia se presenta dadas las circunstancias de la primera versión de VPI, en donde se llevan a cabo simulaciones sobre escenarios que no cambian con el tiempo. Buscando que los escenarios se acerquen más a un ambiente real de inversión, en los que los cambios en las características de los títulos de un portafolio y de un mercado de inversiones se dan constantemente, se concluyó que uno de los objetivos para una segunda versión de VPI debía contemplar esta necesidad. Es por esto, que para la experiencia en un ambiente real de aprendizaje, se buscará aprovechar los comentarios de los estudiantes respecto al alcance la primera versión de la herramienta, así como los conocimientos teóricos sobre la teoría de conformación de portafolios de inversión y la experiencia en el campo pedagógico del profesor que participe.</p>
<p><b>Complejidad</b></p>	<p><b>Calificación: [3/5].</b> Esto, teniendo en cuenta el impacto que tendría la implementación de esta nueva funcionalidad en los módulos de Administración de Modelos y de Simulación de Modelos, que presentaría los mismos tipos de escenarios, pero con modificaciones en las características de sus títulos para unos tiempos definidos en el diseño de los mismos.</p>

**Tabla 8. Análisis Sugerencia Simulaciones con más de una iteración.**

#### **4.1.2 OBJETIVOS TRAZADOS Y APROBADOS EN EL PLAN DE TRABAJO DEL PROYECTO VPI 2.0**

En esta sección, se detalla el análisis efectuado sobre los objetivos aprobados en el plan de trabajo que dio lugar al presente proyecto de grado:

**1.** Llevar VPI 1.0 de su enfoque mono usuario actual a un enfoque cliente servidor.

**Análisis:** Dado que este objetivo ha sido trazado en el plan de trabajo como consecuencia de la sugerencia presentada por los autores de la primera versión de VPI, su análisis corresponde a lo expuesto en el ítem 4.1.1, sugerencia 4 del presente capítulo del libro.

**2.** Llevar VPI 1.0 a la práctica en un ambiente de aprendizaje real que aporte realimentación por parte, tanto de estudiantes como de un profesor, obteniendo los siguientes resultados:

- Diagnóstico y corrección de las funcionalidades de VPI 1.0.
- Proyección del alcance de la segunda versión a partir de las sugerencias surgidas en la práctica.

**Análisis:** Este objetivo también es consecuencia de una de las sugerencias presentadas por los autores de la primera versión de VPI y su análisis corresponde a lo expuesto en el ítem 4.1.1, sugerencia 1 del presente capítulo del libro.

**3.** Incorporar al sistema el tratamiento de Bonos Yankees como un nuevo instrumento que complemente los CDT's, Bonos y TES tasa fija.

**Análisis:** Corresponde a lo planteado en el ítem 4.1.1, sugerencia 2 del presente capítulo del libro.

4. Crear nuevos escenarios de simulación que tengan en cuenta los siguientes factores:

- El valor del portafolio.
- Las comisiones que se deben pagar por cada transacción.
- El capital no invertido (minimizar este factor a fin de incentivar la inversión).

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>Con la primera versión de VPI los estudiantes tienen la posibilidad de llevar a cabo simulaciones para tres objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conformar de un portafolio desde cero.</li> <li>○ Liberar determinada cantidad capital de un portafolio conformado.</li> <li>○ Reducir el VaR de un portafolio conformado al mínimo valor posible.</li> </ul> <p>En los tres casos, el único factor a tener en cuenta como criterio de decisión en las simulaciones es el VaR del portafolio, calculado automáticamente por cada operación de compra o venta de títulos en el mercado.</p> <p>Por esta razón se hace necesaria la incorporación de nuevos factores como los mencionados en la descripción del objetivo, que permitan tener en cuenta nuevos criterios de conformación planteados en la teoría del modelo de conformación de portafolios de inversión según el Valor en Riesgo. Para ello, en la etapa de diseño, se deben buscar las circunstancias que mejor escenifiquen dichos factores en un escenario de simulación. Se debe aprovechar la experiencia con los estudiantes y el profesor para buscar información que facilite esta tarea.</p>
	<p><b>Calificación: [5/5].</b> La implementación de estos nuevos factores requiere de un cambio en el algoritmo genético,</p>

<b>Complejidad</b>	específicamente de su función objetivo, lo cual representa una alta complejidad, considerando el cuidado que se debe tener para no dañar la lógica de diseño del mismo.
<b>Valor Pedagógico aportado</b>	<p>La incorporación del factor comisiones que se deben pagar permiten restringir el número de transacciones efectuadas en una simulación, estimulando al estudiante a la observación y análisis detallado de las características de un escenario.</p> <p>La incorporación del factor Capital no invertido, busca estimular al estudiante a invertir el capital del que dispone para llevar a cabo la conformación de un portafolio y que no se limite a invertir discrecionalmente ante el universo de posibilidades aportado en el modelo inicial entregado.</p> <p>La incorporación del factor Valor del Portafolio tiene como objetivo pedagógico mostrar al estudiante que la valoración del riesgo es un factor de la evaluación general de un portafolio en la práctica pero además que su tratamiento afecta otro importante factor, el valor del portafolio.</p>

**Tabla 9. Análisis Objetivo Nuevos factores de simulación.**

5. Rediseñar el algoritmo genético con el fin de adaptarlo a los cambios introducidos y de optimizar su desempeño.

<b>Análisis y descripción ampliada</b>	<p>Para la implementación de las nuevas funcionalidades de VPI para su segunda versión, se hace necesario el cambio del diseño del algoritmo genético, cuyo funcionamiento en la primera versión se planteó así:</p> <p>El algoritmo genera una población inicial de 1000 soluciones posibles, que corresponden a portafolios conformados con títulos del portafolio y el mercado de títulos presentados en el modelo inicial, de forma aleatoria.</p>
--	--

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>Seguido a esto, se procede a ordenar las soluciones generadas por medio de la función objetivo, que compara los cálculos del VaR obtenidos entre dos soluciones, entregando un listado organizado de dichas soluciones de la mejor a la peor (la mejor es la que resulte con un cálculo del VaR menor). De estas soluciones se seleccionan las primeras trescientas a las cuales se les aplican procesos de mutación, que para el caso corresponden a compras y ventas aleatorias de sus títulos y los títulos del mercado, con lo cual se obtiene una nueva población de posibles soluciones. A esta población se le aplica el mismo criterio de selección anterior, la función objetivo, con lo cual, se organizan dichas soluciones de la mejor a la peor, seleccionando la primera en la lista final como la cercana a la óptima para las condiciones dadas en modelo inicial.</p>
<p><b>Complejidad</b></p>	<p><b>Calificación: [5/5].</b> El cambio del diseño del algoritmo genético requiere de gran cuidado, se debe conservar la lógica secuencial de generación y mutación de soluciones, y replantear la función objetivo en la fase ordenamiento de soluciones y selección de la óptima, para adaptarla a las nuevas funcionalidades y factores de inversión incorporados en esta segunda versión de VPI.</p>
<p><b>Valor Pedagógico aportado</b></p>	<p>El valor pedagógico del algoritmo genético consiste en que les brinda al estudiante y al profesor una solución cercana a la óptima (un portafolio conformado con el VaR más cercano al mínimo posible según las características del modelo inicial) para un determinado ejercicio, lo que les permite tener un punto de comparación y evaluación de los resultados obtenidos al final de una simulación.</p>

**Tabla 10. Análisis Objetivo Rediseño algoritmo genético.**

6. Enriquecer el módulo de conceptos teóricos generales y el glosario.

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>Los módulos de conceptos y glosario del sistema ofrecen la información teórica relacionada con el tema de la valoración de portafolios de inversión diversificados según el modelo valor en riesgo. Esta información debe ser actualizada y complementada, dado el valor pedagógico que le proporciona a la herramienta software, que para la segunda versión debe adquirir un valor más elevado.</p>
<p><b>Complejidad</b></p>	<p><b>Calificación:</b> [2/5]. Este objetivo conlleva a una investigación y recolección de conceptos y definiciones relacionadas con los ya ofrecidos en la primera versión.</p>

**Tabla 11. Análisis Objetivo Enriquecer módulo de conceptos.**

7. Incorporar la posibilidad de realizar simulaciones consecutivas para superar la limitante actual (simulaciones de una sola iteración).

**Análisis:** Este objetivo ha sido trazado en el plan de trabajo como consecuencia de la sugerencia presentada por los autores de la primera versión de VPI, su análisis corresponde a lo expuesto en el ítem 4.1.1, sugerencia 5 del presente capítulo del libro.

8. Construir documentación técnica en UML para el sistema logrando con esto aportar al sostenimiento del desarrollo de la herramienta software en el tiempo.

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>La documentación técnica a construir en este proyecto, teniendo en cuenta las características de funcionamiento, secuencia de actividades y programación presentadas en VPI, corresponde a la siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Diagrama de Casos de uso.</li> <li>○ Diagrama de Actividades.</li> </ul> <p>La falta de un diagrama de clases para la documentación</p>
---	--

<p><b>Análisis y descripción ampliada</b></p>	<p>de esta herramienta obedece al estilo de programación con que se desarrolla el sistema, que hace uso de una sola clase, y que no corresponde con el paradigma de la programación orientada a objetos, para el cual están diseñadas la gran mayoría de diagramas de UML.</p> <p>Es por esto, que se decide llevar a cabo además, una documentación en prosa a nivel de código, para cumplir con el objetivo de aportar al sostenimiento y mantenimiento de la herramienta.</p>
<p><b>Complejidad</b></p>	<p><b>Calificación: [2/5].</b> Este objetivo conlleva a una exploración, análisis funcional y de desarrollo de VPI y al diseño de los diagramas especificados en la anterior descripción.</p>

**Tabla 12. Análisis Objetivo Documentación Técnica.**

## **4.2 UTILIZACIÓN DE VPI 1.0 EN UN AMBIENTE REAL DE APRENDIZAJE**

### **4.2.1 INTRODUCCIÓN**

Buscando dar cumplimiento al objetivo especificado en el plan de trabajo para el desarrollo del presente proyecto de grado, se llevaron a cabo las pruebas de campo con el sistema VPI 1.0, en un ambiente real de aprendizaje.

Para esta experiencia se definieron los siguientes objetivos a cumplir:

### **4.2.2 OBJETIVOS**

#### **4.2.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Llevar VPI 1.0 a la práctica en un ambiente de aprendizaje real que aporte realimentación por parte tanto de estudiantes como de un profesor.

#### **4.2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Obtención de los siguientes resultados:

- Diagnóstico de las funcionalidades de VPI 1.0.
- Proyección del alcance de la segunda versión a partir de las sugerencias surgidas en la práctica.

#### **4.2.3 PLAN DE DESARROLLO DE LA PRUEBA DE CAMPO**

Para llevar a cabo esta experiencia, se especificó la siguiente secuencia de actividades a seguir:

- Corrección y estabilización de la herramienta. Se llevó a cabo la identificación y corrección de errores que pudieran resultar conflictivos con el desarrollo de la actividad.
- Búsqueda de un profesor con conocimientos del tema de conformación de portafolios de inversión diversificados según el modelo valor en riesgo, que esté dispuesto a colaborar para la consecución de los objetivos trazados para la prueba de campo.
- Reconocimiento de la herramienta por parte del profesor. Presentación de la herramienta y exposición de sus funcionalidades.
- Selección de un ambiente de trabajo apropiado para llevar a cabo la prueba de campo.
- Instalación del software en los equipos del laboratorio seleccionado.
- Ejecución de la prueba.
  - Exposición a los estudiantes, de los objetivos del Sistema, de las pruebas a efectuarse y de las características de la herramienta VPI 1.0.
  - Exploración de la herramienta y desarrollo de un ejemplo de ejercicio de simulación, por parte de los estudiantes y profesor, con guía permanente del personal encargado (autora de VPI 2.0).
  - Recolección permanente de la información surgida durante la exploración tanto por parte de los estudiantes como del profesor.

- Entrega de encuestas a los estudiantes, con preguntas de tipo Si/No.
- Consolidación de las respuestas obtenidas por los estudiantes en las encuestas entregadas.
- Análisis de la información obtenida como resultado de la experiencia (registro de la información recolectada durante la exploración de la herramienta, respuestas entregadas en las encuestas de los estudiantes).
- Consolidación de las conclusiones resultantes de la etapa de análisis de la información.

#### **4.2.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS DE CAMPO REALIZADAS**

Las pruebas sobre VPI 1.0 ante usuarios finales (profesor y un grupo de estudiantes) se llevaron a cabo con la colaboración del docente de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, profesor José Joaquín Alzate.

Los recursos aportados por el profesor para la consecución de los objetivos de las pruebas consistieron en tiempo y en un grupo de estudiantes de la asignatura Econometría II, quienes participaron en la experiencia en una sesión, cuya duración se extendió a dos horas, durante las cuales, se llevó a cabo la ejecución de los pasos planteados en la secuencia de actividades descrita anteriormente.

Así, tanto estudiantes como profesor, interactuaron durante con la herramienta y aportaron sus reacciones y sugerencias a lo largo de la experiencia, para lo cual contaron con la guía y permanente explicación de la herramienta por parte del personal encargado (autora del presente proyecto).

Para la obtención del diagnóstico de las funcionalidades de VPI, se registró por escrito la información obtenida y se llevó a cabo la distribución entre los estudiantes, de encuestas que contenían preguntas del tipo de Si/No, utilizadas en múltiples proyectos de grado de la escuela de Ingeniería de Sistemas relacionados

con el diseño y desarrollo de software educativo, para propósitos de recoger las opiniones de los usuarios finales sobre las funcionalidades de las herramientas desarrolladas. En estas encuestas el estudiante respondía Si o No según su criterio y lo percibido en su interacción con la herramienta software, asó también contó con un espacio en el que tenía la posibilidad de ampliar o justificar su respuesta según su criterio.

Las respuestas obtenidas se encuentran contenidas en las encuestas que se anexan al presente proyecto de grado.

#### 4.2.3.2 CONSOLIDACIÓN DE LAS RESPUESTAS OBTENIDAS POR LOS ESTUDIANTES EN LAS ENCUESTAS ENTREGADAS

De las respuestas de los estudiantes en las encuestas se obtuvieron los siguientes resultados:

	AFIRMACIÓN	RESPUESTAS (*)		
		SI	NO	NS/NR
1.	He disfrutado con el uso de este apoyo educativo.	9/9	0/9	0/9
2.	Después de haber utilizado la herramienta, creo que necesito profundizar mucho más en el tema de la valoración de portafolios de inversión diversificados según su valor en riesgo.	8/9	1/9	0/9
3.	Creo que los contenidos del programa son suficientes para trabajar el tema.	4/9	5/9	0/9
4.	La Información de retorno dada por el programa fue adecuada para saber cuánto estaba aprendiendo.	8/9	1/9	0/9
5.	Sentí que el software cubría la documentación y los contenidos requeridos para apoyar mi aprendizaje en el tema.	9/9	0/9	0/9
6.	Los contenidos presentados por la aplicación son muy difíciles de comprender.	0/9	9/9	0/9
7.	Utilizando esta ayuda aprendí elementos que anteriormente no había entendido.	3/9	6/9	0/9
8.	Pienso que los contenidos presentados por este	0/9	9/9	0/9

	programa son de poco uso práctico.			
9.	Este paquete educativo hace que los contenidos adquieran un excelente grado de claridad.	9/9	0/9	0/9
10.	Me parece que el tipo de simulaciones que ofrece esta herramienta es el adecuado.	8/9	1/9	0/9
11.	El software me dio la oportunidad de ejercitarme suficientemente en el manejo de mis conocimientos sobre el tema.	9/9	0/9	0/9
12.	Pienso que el uso de esta ayuda computacional desmotiva al estudiante en su aprendizaje.	9/9	0/9	0/9
13.	El nivel de exigencia de los ejercicios presentados corresponde a lo enseñado en clase.	7/9	2/9	0/9
14.	El programa me permite ir a mi propio ritmo de aprendizaje.	8/9	1/9	0/9
15.	Pienso que los procesos de aprendizaje apoyados por material educativo computarizado tienen ventajas sobre los que no utilizan estos medios.	8/9	0/9	1/9
16.	Este apoyo computacional me ayudó a aprender lo más importante del tema.	6/9	2/9	1/9
17.	Después de haber utilizado el programa me siento en capacidad de aplicar lo aprendido.	8/9	1/9	0/9
18.	Durante todo el tiempo que utilicé el programa, siempre me mantuve animado a realizar las actividades propuestas.	8/9	1/9	0/9
19.	Existe armonía en el diseño de los módulos en cuanto a colores, tipo de letra, gráficos y efectos visuales.	8/9	1/9	0/9
20.	Los gráficos y efectos visuales ayudan a entender el tema.	8/9	1/9	0/9

**Tabla 13. Resultados respuestas en las encuestas de la prueba a VPI 1.0.**

	<b>(*) ARGUMENTOS U OPINIONES EN LAS RESPUESTAS DADAS</b>
1.	* Maneja las herramientas del análisis financiero. * Sí maneja herramientas financieras interesantes.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se ve de fácil entendimiento.</li> </ul>
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Es necesario saber más del tema para saber cuándo comprar.</li> <li>* De acuerdo con lo expuesto, fue claro.</li> <li>* Los ejercicios son bastante acertados.</li> <li>* Nunca está de más la actualización sobre este tema.</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Propongo la aplicación de la renta variable y más opciones para la medición del riesgo.</li> <li>* Hay conceptos más reales que deberían incluirse, como valores de renta variable o acciones.</li> <li>* Para trabajar el tema propuesto, es suficiente con lo planteado en el programa.</li> <li>* Sería interesante jugar también con acciones de la bolsa para aprender.</li> <li>* Hace falta aumentar el contenido en los vocabularios (glosario).</li> <li>* Debe ampliarse un poco más el contenido en el tema de los títulos.</li> </ul>
4.	---
5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sería de utilidad profundizar más sobre este tema de la valoración de portafolios.</li> <li>* Para un aprendizaje básico es bastante útil.</li> <li>* Aunque falta un poco de vocabulario.</li> <li>* Para apoyar.</li> </ul>
6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se explica bien.</li> <li>* Solo se necesita manejar la teoría básica.</li> <li>* Sería mejor que fuera visualmente llamativo.</li> </ul>
7.	---
8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Los contenidos son prácticos.</li> <li>* Es una herramienta práctica.</li> </ul>
9.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Le falta un poco más de claridad, se obtiene claridad profundizando en los conceptos del portafolio; que sean mejor explicados.</li> </ul>
10.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Pienso que debería tener más tipos de simulación.</li> <li>* Sería mejor con pronósticos de la acción para períodos siguientes.</li> </ul>
11.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No me ejercité suficientemente, pero sí ampliamente.</li> <li>* Es una herramienta útil para poner en práctica la teoría aprendida.</li> <li>* El ejercicio se obtiene a través de la práctica.</li> </ul>
12.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Motiva al estudiante.</li> <li>* Falta un poco mas de claridad, en cuanto a los conceptos. Si se saben los conceptos y el movimiento real del portafolio, esto ayudaría a la motivación del estudiante.</li> </ul>
13.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* El nivel de exigencia corresponde a lo aprendido en clase, en algunos casos.</li> </ul>
14.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Falta más análisis con respecto a lo financiero, más actualizaciones.</li> </ul>

15.	* En cuanto a los procesos de aprendizaje apoyados por herramientas computacionales, es lo que manejan las empresas. * No sé.
16.	* Para aprender lo más importante del tema faltaría utilizar el apoyo computacional más a fondo.
17.	* En cuanto a la capacidad de aplicar lo aprendido, siento que me falta práctica.
18.	* Le faltan gráficas. * Si, entendiendo el tiempo como el de explicación de esta sesión de explicación de la prueba. * La conferencia estuvo interesante, pero faltó un poco más de claridad al explicar el proceso paso por paso.
19.	* Le cambiaría el fondo blanco por otro más llamativo. * No hay gráficos. * Muy bonito.
20.	* No hay gráficos. * Los gráficos y efectos visuales son claros.

**Tabla 14. Argumentos en las respuestas de los estudiantes.**

#### **4.2.3.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA COMO RESULTADO DE LA EXPERIENCIA: DIAGNÓSTICO DE LA VERSIÓN 1.0 DE LA HERRAMIENTA SOFTWARE VPI.**

- De los resultados obtenidos en las encuestas se observa que los usuarios finales a los que apunta la herramienta software son conscientes de la importancia del desarrollo de soluciones informáticas como apoyo educativo para el aprendizaje y enseñanza de temas financieros, como el de la valoración de portafolios de inversión.
- Los estudiantes presentan gran interés por continuar ejercitándose en el análisis de los casos de estudio presentados por medio de la utilización de la herramienta software, de lo cual se puede concluir que VPI 1.0 cumple con el objetivo de estimular y motivar al estudiante en el estudio y profundización de temas relacionados con la valoración de portafolios de inversión.

- Aunque la herramienta provee contenidos acordes con lo planteado en las clases teóricas de asignaturas relacionadas con temas financieros, se requiere del mejoramiento del módulo de conceptos (inclusión de gráficos, contenidos actualizados, agrupación de conceptos por temas específicos) para permitir la actualización y exploración de los temas de una forma más clara y visualmente estimulante por parte de sus usuarios finales.
- Los usuarios finales, tanto estudiantes como profesor, muestran confiabilidad sobre el mecanismo de evaluación (algoritmo genético) de los resultados obtenidos por los estudiantes (simulaciones realizadas) en los ejercicios prácticos ofrecidos por la herramienta (escenarios de simulación).
- VPI 1.0 provee las herramientas adecuadas para la administración de características de los títulos a utilizar y de los escenarios de simulación a estudiar.
- En general, los estudiantes coinciden en que hace falta mejorar el aspecto y modo de ingreso de la solución.

Atendiendo a las observaciones dadas en el Análisis Preliminar del Proyecto (sección 4.1.1, sugerencia 1 del presente capítulo del libro), en la prueba de campo se efectuó un análisis a los objetivos trazados en el presente proyecto de grado con la participación del profesor de economía, con el fin de obtener apoyo teórico que sustente el manejo que se tendrá en el desarrollo de la segunda versión sobre el tema de valoración de portafolios de inversión diversificados según el modelo valor en riesgo. De las observaciones contenidas en este análisis se destaca:

- El criterio *“Comisiones que se deben pagar por cada transacción”* trazado en los objetivos del proyecto como uno de los nuevos factores a tener en cuenta en la implementación de los nuevos escenarios de simulación de la herramienta, carece de valor pedagógico en cuanto a que aumenta

innecesariamente la complejidad de las simulaciones, distrayendo al estudiante de su objetivo al concentrar su atención en el monto de las comisiones ganadas por transacción que no se relaciona de ninguna forma con el manejo teórico de la conformación de portafolios según el modelo Valor en Riesgo.

Sin embargo se tuvo en cuenta que lo que se buscaba con la implementación de este criterio era restringir el número de transacciones en las simulaciones efectuadas por los estudiantes, con el fin de evitar la posibilidad de que realizaran compras y ventas al azar sin analizar las características de los títulos del escenario inicial hasta lograr un resultado que por simple coincidencia o “suerte” se acercara al objetivo planteado. Por esto, la conclusión es que se debe buscar otra forma de control sobre el número de transacciones efectuadas diferente a la planteada, respetando el criterio de evaluación de resultados del profesor.

- Con el fin de atender a las sugerencias de los autores de la primera versión de VPI, en el presente proyecto también se incluyó como objetivo *la incorporación de simulaciones consecutivas para superar la limitante actual (simulaciones de una sola iteración)*. La idea era permitirle al estudiante llevar a cabo simulaciones sobre escenarios cambiantes en el tiempo, para darle mayor complejidad al análisis sobre las propiedades de los títulos en el portafolio a conformar y de los existentes en el mercado.

Sin embargo, se observó que dichos cambios solo tendrían un valor significativo si se tuvieran en cuenta cambios en las tasas de los títulos del escenario, para lo cual el manejo que se tendría que hacer de los cálculos del valor del portafolio y de su VaR tendría que basarse en la teoría de títulos con tasa variable y el alcance teórico de la herramienta VPI se limita al manejo de títulos con tasa fija como Bonos, Tes y CDTs. Por esta razón se concluye que la implementación de este objetivo carecería de valor pedagógico puesto que el manejo de cambios en las tasas de los títulos de los escenarios presentados

tratados bajo la teoría de títulos con tasas fijas sería equivocado y se prestaría para confundir al estudiante, contradiciendo el objetivo de apoyar el aprendizaje y la enseñanza de la valoración de portafolios de inversión según el modelo Valor en Riesgo y el alcance teórico sobre el que se sustenta la aplicación.

#### **4.3 LISTADO DEFINITIVO DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA VPI 2.0 COMO CONSOLIDACIÓN DE LA FASE DE ANÁLISIS: PROYECCIÓN DEL ALCANCE DE LA SEGUNDA VERSIÓN DEL SISTEMA VPI**

Con base en el análisis preliminar del alcance del sistema y del análisis posterior de la información obtenida después de la realización de la prueba de campo, se concluye el siguiente listado definitivo de requerimientos como artefacto base para la etapa de diseño de VPI 2.0.

- Actualizar la tecnología utilizada para el desarrollo de la herramienta software.
- Llevar VPI 1.0 de su enfoque mono usuario actual a un enfoque cliente servidor, lo que conlleva a un mejoramiento en la plataforma tecnológica del sistema, abriendo por un lado las posibilidades de lo que puede ofrecer como software y por otro lado, facilitando a los usuarios (estudiantes y profesor) la comunicación entre ellos y la utilización de la herramienta.
- Además del nuevo ambiente de trabajo Cliente-Servidor, mantener la opción de trabajo monousuario, para permitirle al usuario aprovechar las bondades ofrecidas por este tipo de sesión, como el uso de las características de la herramienta en casos en los que no se pueda tener acceso a una conexión al servidor externo del profesor.

- Actualizar y enriquecer el glosario y los conceptos básicos acerca de la valoración de portafolios de inversión presentados en el módulo de conceptos de la herramienta.
- Rediseñar el Módulo de Conceptos de la aplicación para optimizar la exploración y presentación de dichos conceptos, buscando atender a las necesidades expresadas por los usuarios de la herramienta (incorporación de gráficos alusivos a los temas presentados, mejoramiento de la interfaz de exploración del módulo que muestre claramente cómo se agrupan o relacionan los conceptos entre sí).
- Implementar escenarios de simulación que tengan en cuenta los siguientes factores:
  - El valor del portafolio.
  - Cálculo y registro del número de transacciones (compra y venta de títulos) por simulación.
  - El capital no invertido (minimizar este factor a fin de incentivar la inversión).
- Adaptar el diseño del algoritmo genético a las nuevas funcionalidades de la segunda versión.
- Adecuar la administración de usuarios y grupos de estudiantes (cursos) en el sistema al nuevo ambiente cliente servidor.
- Crear un nuevo módulo que automatice la comunicación estudiante-profesor (creación y asignación de tareas por parte del profesor a grupos de estudiantes, recepción y revisión de respuestas y resultados entregados por los estudiantes de un curso) para aprovechar las características del nuevo ambiente de trabajo cliente-servidor y optimizar los mecanismos que aseguren la integridad de la información que el profesor obtiene por parte de sus estudiantes.

- Documentar las funcionalidades de la herramienta con los diagramas UML especificados.
- Documentar a nivel de código fuente, las características de la herramienta para aportar a la comprensión de su funcionamiento para futuros mantenimientos y sostenimiento del sistema en el tiempo.

## 5. DISEÑO

### 5.1 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto se acota al listado definitivo de requerimientos presentado al final de la fase de análisis descrita en el capítulo anterior.

### 5.2 DISEÑO DE CAMBIOS Y FUNCIONALIDADES A IMPLEMENTAR

A continuación se detalla la forma en que en la etapa de diseño se ha planeado dar solución a los requisitos planteados:

1. Actualizar la tecnología utilizada para el desarrollo de la herramienta software.

#### **Diseño:**

#### **Descripción detallada**

Para este requerimiento se ha decidido llevar a cabo los siguientes cambios:

- Cambio de manejador de base de datos del anterior, Firebird 1.5 embebido, a su versión más actualizada, Firebird 2.1, embebido conservar la sesión monousuario, estándar para el manejo de datos en ambiente cliente/servidor.
- Migración del código fuente de la versión de Delphi 7 a la más actualizada, Delphi 2009. Dicha migración representa la actualización de los componentes que sean necesarios para el correcto funcionamiento de la herramienta en estas nuevas condiciones del ambiente de desarrollo.

2. Llevar VPI 1.0 de su enfoque mono usuario actual a un enfoque cliente servidor, manteniendo una sesión para trabajo monousuario.

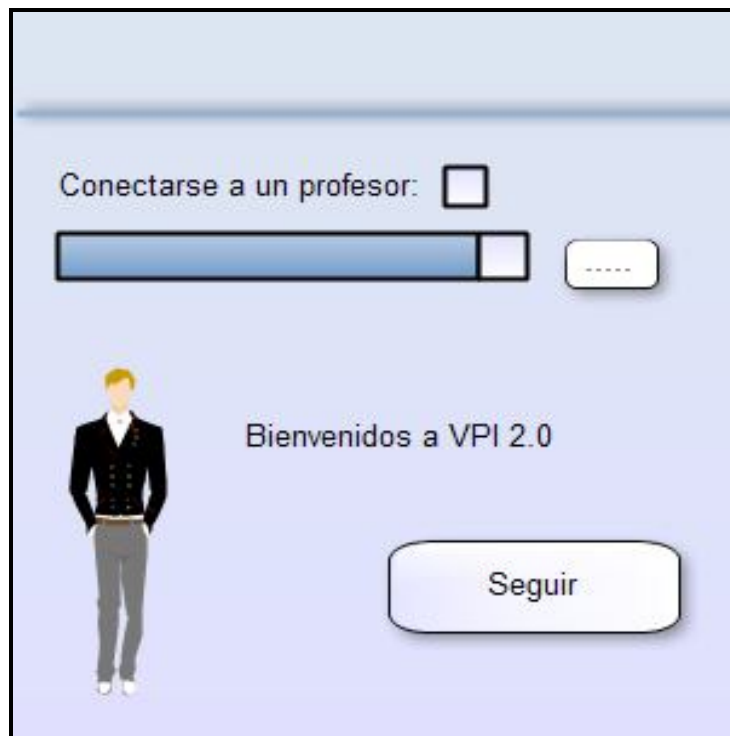
#### **Diseño:**

#### **Descripción detallada**

Este cambio tiene un impacto en la interfaz de ingreso al sistema, que tendrá las siguientes características:

- Una ventana de ingreso con la posibilidad para iniciar sesión en el sistema conectado a un servidor externo del profesor o en forma desconectada. Esa posibilidad se presenta con el empleo de un checkbox que el usuario marcará o no Segú su preferencia.
- Un listbox para listar las conexiones disponibles.
- En la ventana de ingreso se presenta un botón que da acceso a la interfaz de administración de conexiones.
- Dicha interfaz contendrá los espacios para ingreso de datos de una conexión, como extensión del servidor, nombre del servidor, ubicación de la base de datos. La administración de las conexiones se basa en la posibilidad de crear o eliminar conexiones del listado ofrecido.
- Conforme se crean las conexiones se deben actualizar tanto el listado de la ventana de administración de conexiones como el ofrecido desde la interfaz de ingreso al sistema

### Descripción visual



**Figura 5.1. Ingreso al sistema.**

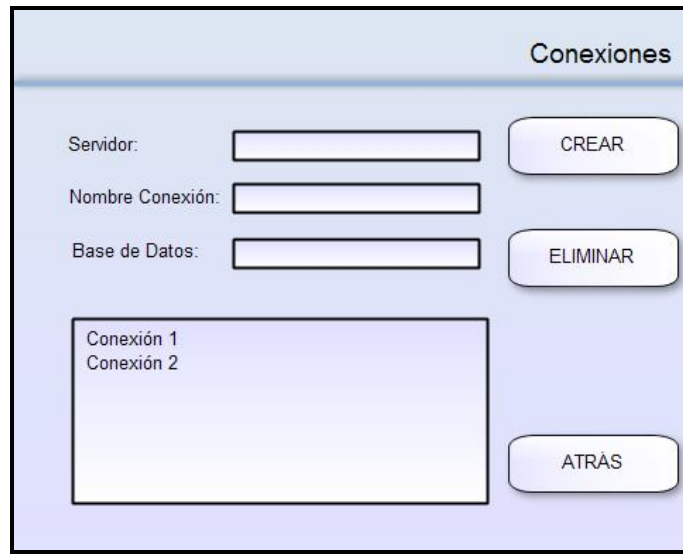


Figura 5.2. Administración de Conexiones.

### Descripción funcional y de procesos

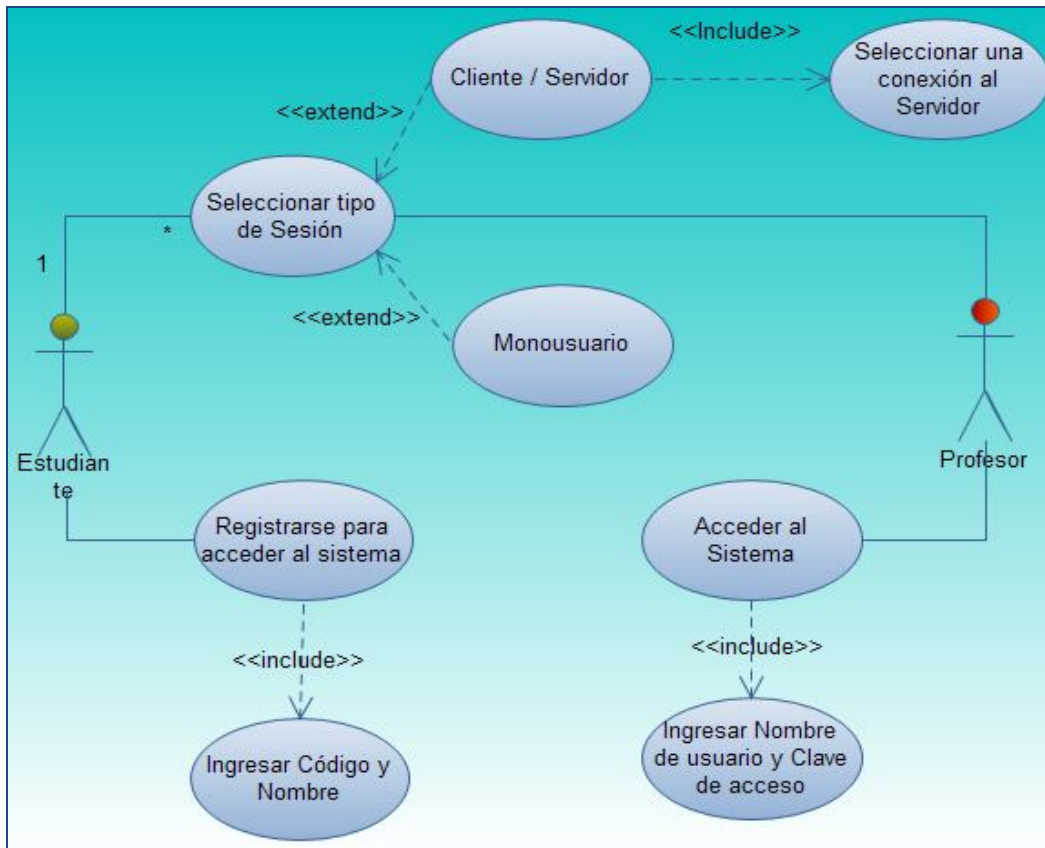
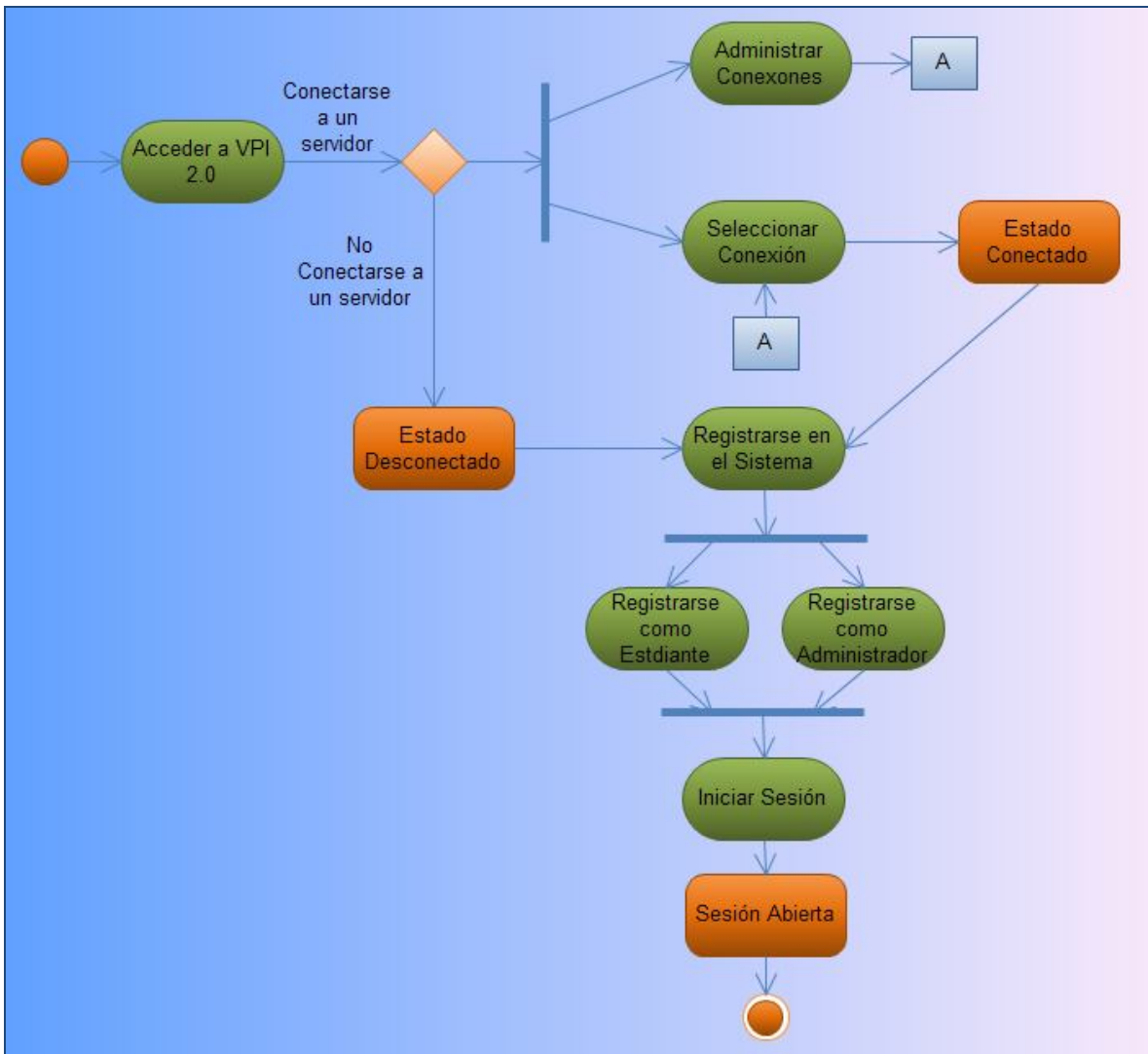


Figura 5.3. Diagrama Casos de Uso Ingreso de Usuarios.



**Figura 5.4. Diagrama Actividades Ingreso de Usuarios.**

### 3. Rediseñar el Módulo de Conceptos.

#### Diseño:

#### Descripción detallada

- Los conceptos se dispondrán en cada de uno de los tópicos del mapa mental, de acuerdo a las agrupaciones por temas previstas en la selección final de los conceptos contenidos en el módulo.
- Una de las ramas del mapa se utilizará para mostrar los enlaces a páginas relacionadas con el tema de inversiones e instituciones colombianas de

regulación y emisoras de circulares externas de la normatividad que rige el tratamiento de títulos en el mercado.

- Se debe procurar que cada tópico del mapa se represente por medio de una imagen alusiva al concepto contenido.
- Las definiciones y contenidos de los conceptos se dispondrán en panel desplegable de notas, ofrecido por la herramienta para la creación del mapa.

### Reglas para el desarrollo

Para el desarrollo de este requerimiento, se hará uso de Mindjet versión 8 para crear el mapa, y se exportará el correspondiente archivo en flash para su integración en el código fuente.

### Descripción visual:



Figura 5.5. Descripción del Mapa mental para el módulo de conceptos.

## Descripción funcional y de procesos

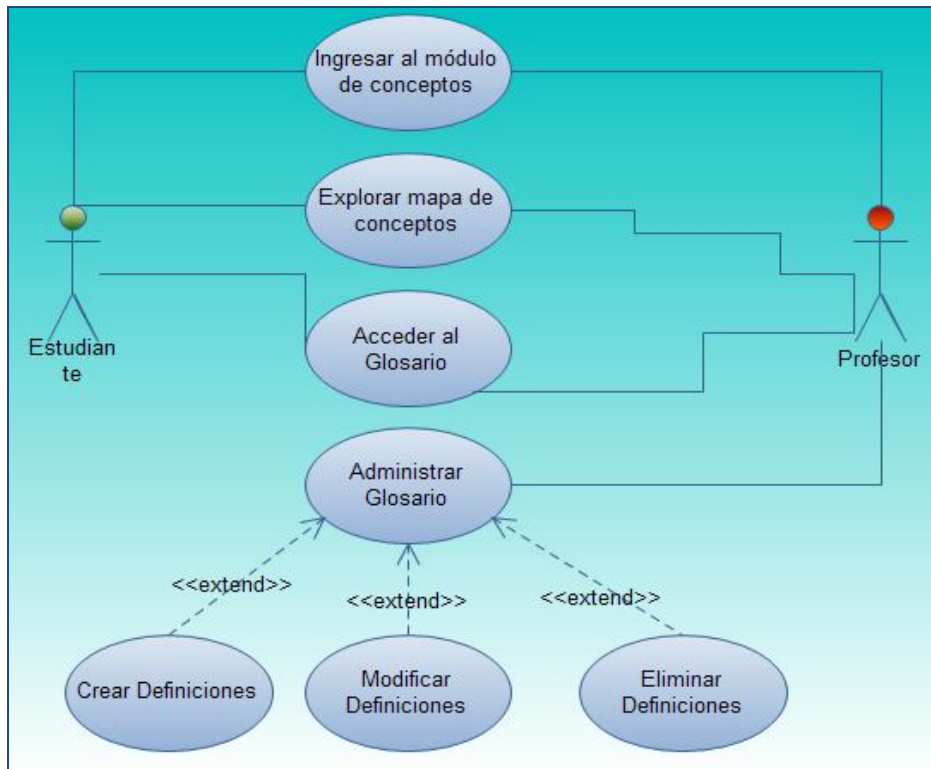


Figura 5.6. Diagrama Casos de Uso Módulo de Conceptos.

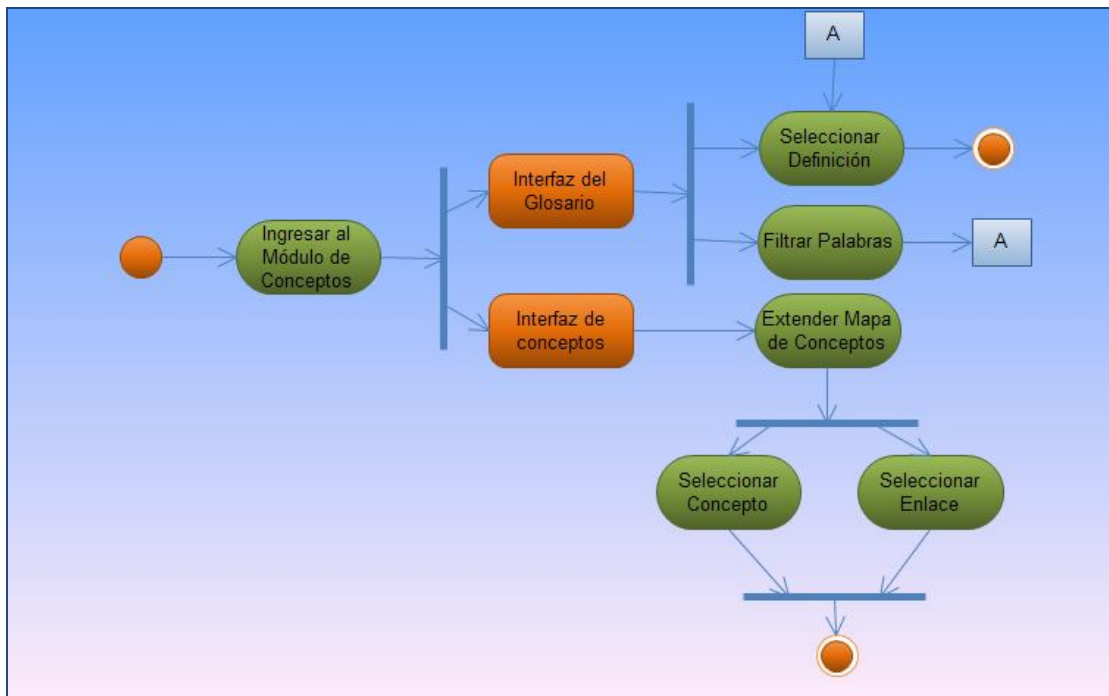


Figura 5.7. Diagrama Actividades Módulo de Conceptos.

4. Implementar escenarios de simulación que tengan en cuenta los siguientes factores:

- El valor del portafolio.
- Cálculo y registro del número de transacciones (compra y venta de títulos) por simulación.
- El capital no invertido (minimizar este factor a fin de incentivar la inversión).

**Diseño:**

Este requerimiento tiene impacto sobre las siguientes interfaces de usuario del sistema:

**4.1 Módulo de Administración de Modelos**

**Descripción detallada**

- En este módulo el usuario con permisos de administrador (profesor) definirá el porcentaje correspondiente al capital libre de inversión que se deberá entregar al final de un ejercicio, respecto al valor del portafolio entregado.
- Para el manejo del criterio Valor del portafolio, el profesor define, desde este módulo, el tipo de usuario que el estudiante deberá asumir durante la simulación. Este tipo puede ser:
  - Inversionista Arriesgado.
  - Inversionista Moderado.
  - Inversionista Conservador

## Descripción visual

Figura 5.8. Módulo de Administración de Modelos.

## Descripción funcional y de procesos

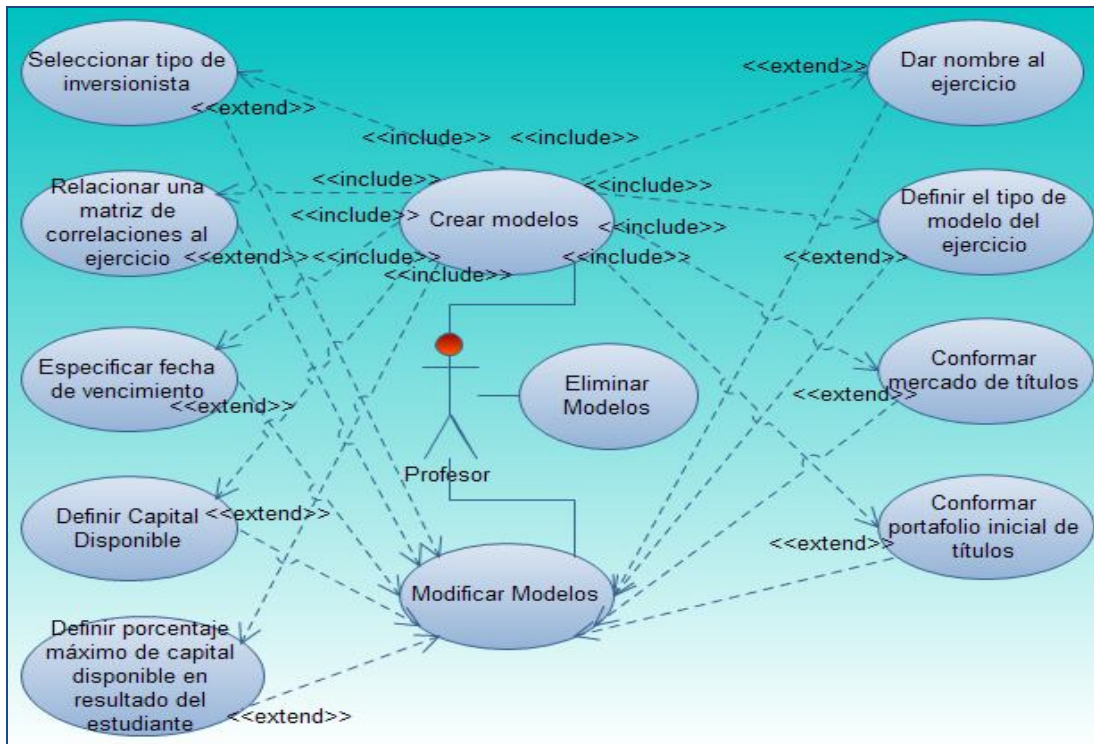
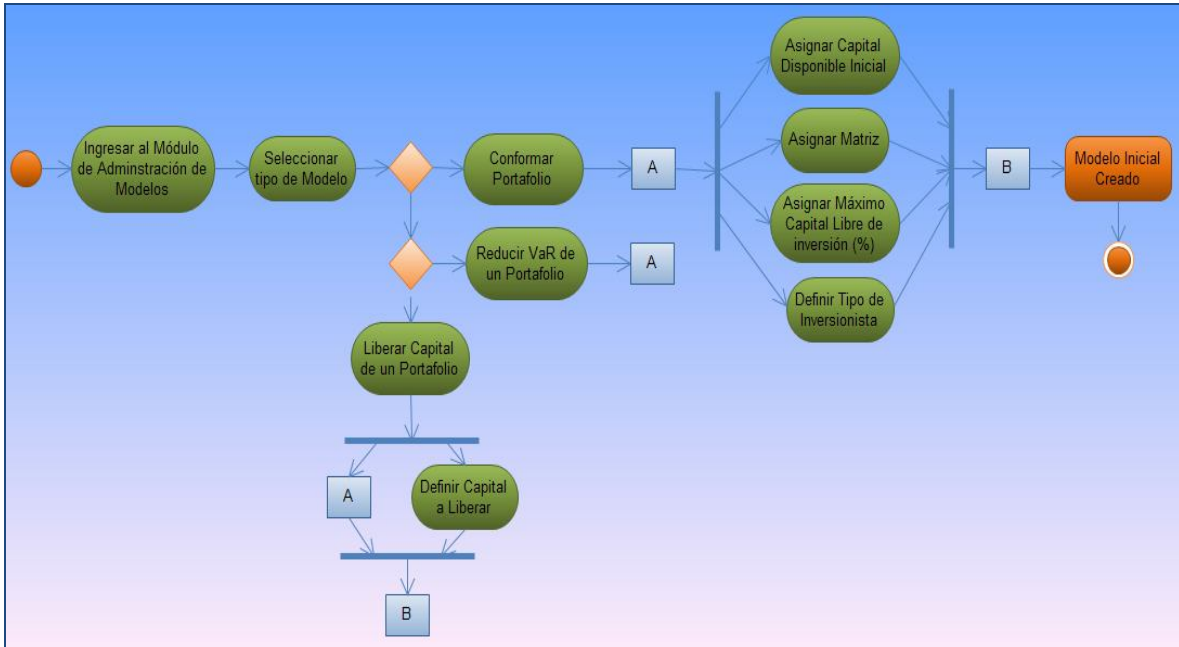


Figura 5.9. Diagrama Casos de Uso Administración de Modelos.



**Figura 5.10. Diagrama de Actividades Administración de Modelos.**

## 4.2 Módulo de Simulación de Modelos

### Descripción detallada

- La implementación del factor Capital Libre de Inversión se muestra en este módulo en la parte inferior a los datos del modelo (inicial y final) el porcentaje correspondiente al Máximo Capital Libre de Inversión que debe quedar con respecto al valor del portafolio conformado.
- Este porcentaje es definido por el profesor en la creación del Modelo Inicial desde el módulo de Administración de Modelos.
- Además de este porcentaje, se presenta el cálculo del respectivo valor de capital libre de acuerdo a ese criterio, y debajo de esto, se le especifica al estudiante si no está cumpliendo con el objetivo, y en ese caso en cuánto está excediendo el límite, o en el caso contrario, si lo está cumpliendo y de cuánto dispone para gastar.
- Este factor no se trabaja en los ejercicios de tipo Liberar Capital de un portafolio, puesto que se contradice un concepto con el otro.

- El factor Valor en riesgo se implementará utilizando como circunstancia para escenificar el objetivo a cumplir, el criterio de Tipo de Inversionista que el estudiante deberá asumir para el ejercicio dado.
- Este criterio es definido en la creación del modelo inicial desde el módulo de Administración de Modelos.
- Para facilitar la toma de decisiones del estudiante con respecto a este criterio se muestran los resultados de la solución generada por el algoritmo genético de VPI, que ahora servirá además como punto de comparación entre el perfil de inversionista asumido por el estudiante y el definido por el profesor.
- La implementación Cálculo y registro del número de transacciones (compra y venta de títulos) por simulación se lleva a cabo en este módulo, pero en la interfaz de de Resultados. Aquí, se presentará el resultado de este cálculo como dato final de la simulación efectuada por el estudiante.

## Descripción visual

Figura 5.11. Módulo de Simulación de Modelos.

## Descripción funcional y de procesos

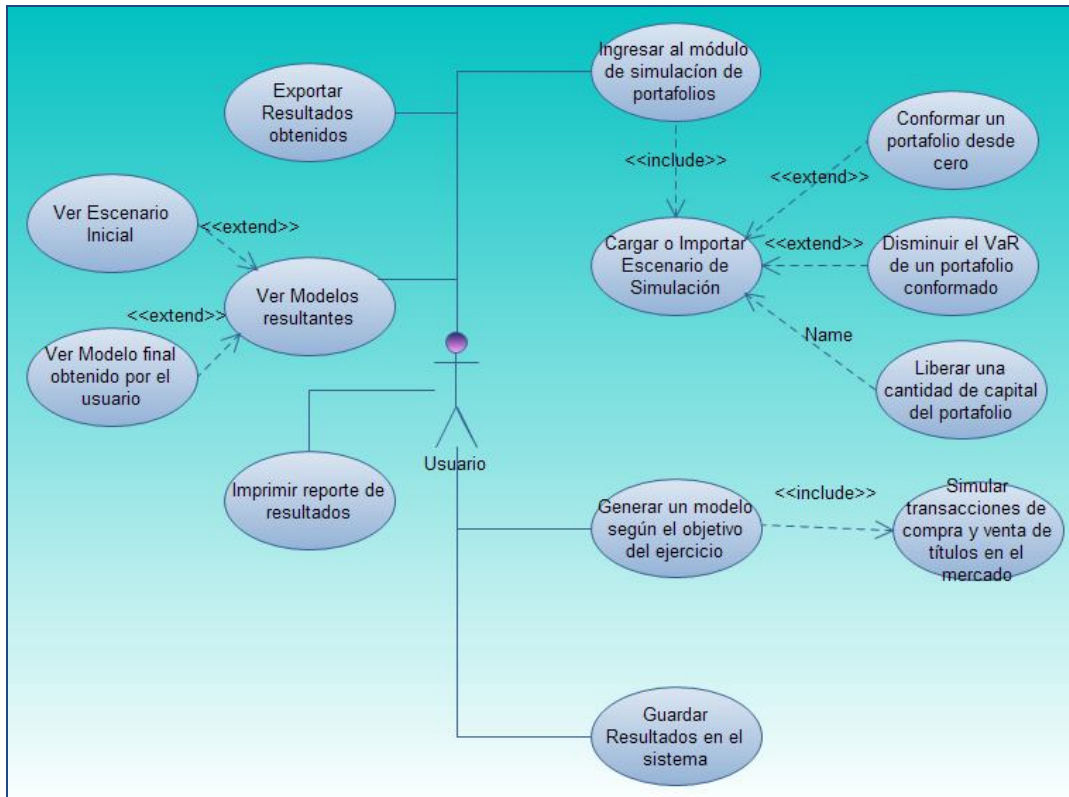


Figura 5.12. Diagrama Casos de uso Módulo Simulación Modelos.

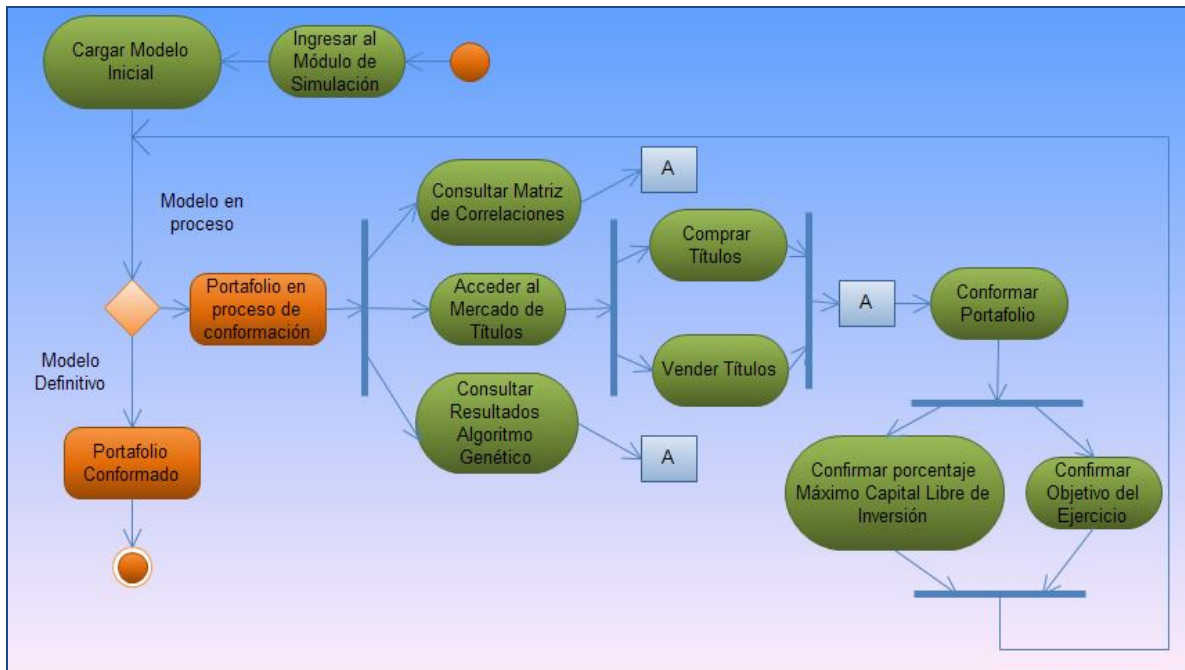


Figura 5.13. Diagrama de Actividades Módulo Simulación Modelos.

## **Reglas para el desarrollo**

Para la implementación del factor Valor del Portafolio, hizo necesaria una fuerte modificación del algoritmo genético. La descripción de dichos cambios se presenta en el ítem a continuación (requerimiento 5 del presente capítulo).

5. Adaptar el diseño del algoritmo genético a las nuevas funcionalidades de la segunda versión.

## **Diseño del nuevo algoritmo genético de VPI adaptado a las nuevas funcionalidades incorporadas:**

Como resultado del análisis y diseño se concluye que el rediseño del algoritmo genético debe estar guiado hacia la atención del requisito que busca incluir el tipo de inversionista.

Se necesita rediseñar la función objetivo del algoritmo para que el mismo actúe como un inversionista arriesgado, moderado o conservador; lo anterior se logra modificando la función objetivo del algoritmo para que al ordenar una población de soluciones factibles tome en cuenta no solamente el valor en riesgo.

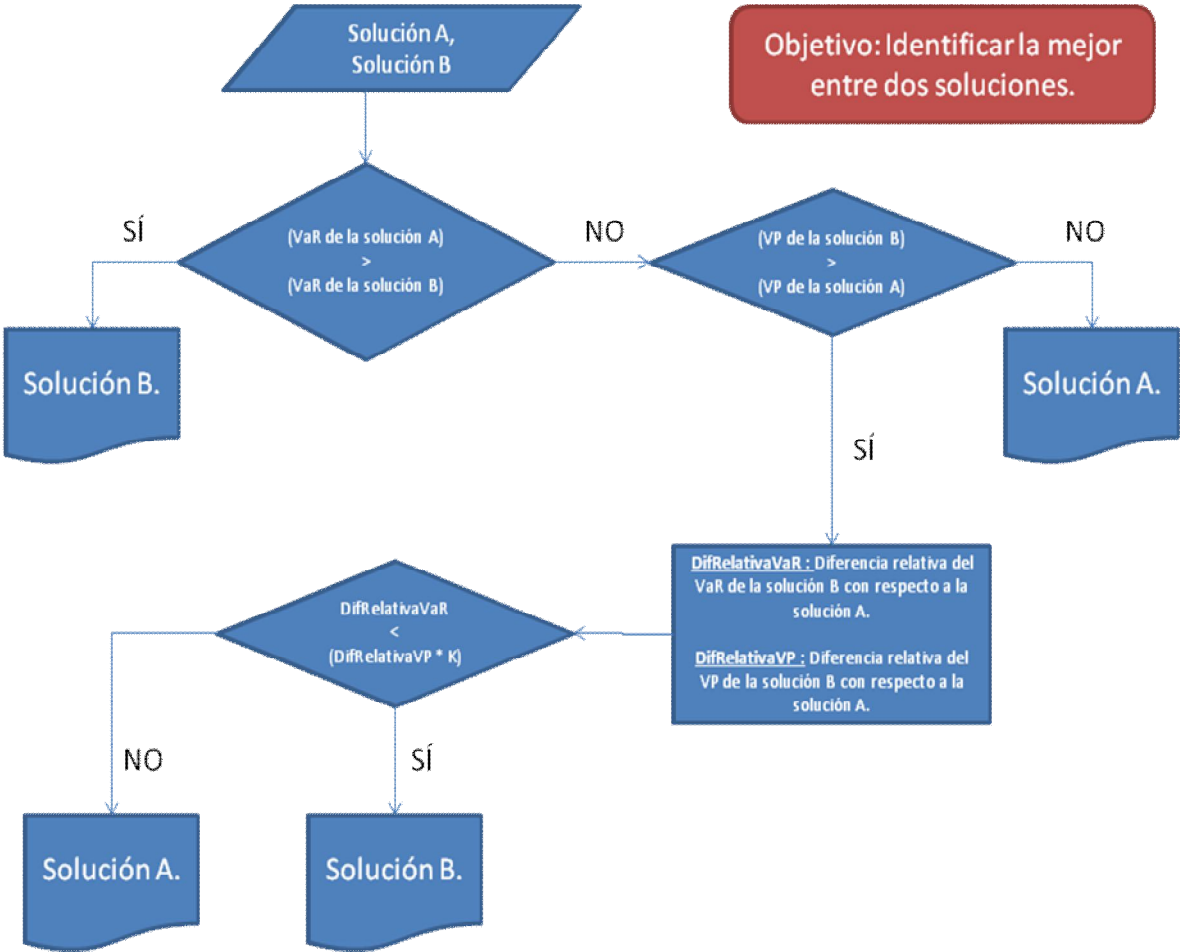
Al explorar diferentes tipos de ponderaciones estadísticas en busca de un resultado numéricamente evaluable, se encuentra que el criterio nunca será claro pues los dos valores en cuestión, el valor en riesgo y el valor del portafolio, se mueven en dominios de escala diferente al tiempo que sus escalas se afectan mutuamente dependiendo de sus valores. Haría falta definir algo más de parametrización que permitiera establecer cuánto es bueno, lo cual escapa del objetivo pedagógico involucrado y en definitiva, dejaría al estudiante de VPI 2.0 en una situación en la cual no podría conocer el concepto de los diferentes tipos de perfiles hacia el riesgo sin conocer teoría de la valoración del valor de un portafolio.

Se concluye entonces que el algoritmo genético debe usar rangos de tolerancia en los cuales toma una decisión basada en lógica, no solo en cantidades. Se define entonces:

- Cuando se comparan dos soluciones donde la primera está inicialmente posicionada como mejor que la segunda, se preguntará primero si la segunda tiene un mejor VaR, caso en el cual la segunda será calificada como la mejor. Si no es así, se pregunta si la segunda, aún teniendo un peor VaR, tiene un mejor VP. En ese caso se compara el beneficio entregado por la diferencia en el VP con el detrimento que genera la diferencia en cuanto al VaR. Esta comparación es más o menos estricta dependiendo del parámetro tipo de inversionista.
- La medida del beneficio es la diferencia relativa entre el VP de la solución dos con respecto a la solución uno; caso análogo con el VaR. La comparación es la pregunta por si el beneficio dado por el VP es mayor que el detrimento imprimido en el VaR. El mecanismo que imprime al algoritmo su carácter estricto es un multiplicador de la diferencia relativa del valor presente VP:
  - Si este multiplicador es cero el beneficio del VP será cero y el VaR será la única medida importante (inversionista conservador).
  - Si el multiplicador es mayor que cero, el beneficio obtenido por el valor del portafolio se incrementa con lo cual aumentan la probabilidad de que la solución dos sea escogida como la mejor.
- El resultado obtenido es que si el modelo es para inversionistas arriesgados la solución cercana al óptimo encontrada por el algoritmo genético podrá integrarse de títulos que no minimizan el riesgo pero presentan un interesante valor del portafolio sin alejarse demasiado de lo que se consideraría un buen valor en riesgo.

El código que describe el Algoritmo Genético resultante de las modificaciones descritas se muestra en la figura anexa al presente trabajo de grado.

Finalmente, se presenta a continuación el diagrama de flujo para la función objetivo del algoritmo genético rediseñada de acuerdo con lo antes descrito.



**Figura 5.14. Función objetivo del AG comparando dos soluciones factibles.**

En la gráfica se muestra la función objetivo del algoritmo genético comparando dos soluciones factibles.

Esta comparación se dará dentro de un mecanismo burbuja que ordena la población de soluciones factibles de la mejor a la peor de acuerdo con el resultado arrojado por la función objetivo.

6. Administración de usuarios y grupos de estudiantes (cursos) en el sistema con el nuevo ambiente cliente servidor.

**Diseño:**

**Descripción detallada**

El módulo de administración de usuarios y grupos se implementará según el siguiente esquema de uso:

- Solo usuarios con permisos de administración podrá acceder a este módulo.
- El profesor podrá acceder a un listado de usuarios presentado en la interfaz del módulo, los cuales podrán ser filtrados según el tipo de usuario al que pertenezcan (Estudiante, Administrador).
- El profesor podrá crear, modificar o eliminar un usuario.
- Los datos que identifican a un usuario de tipo estudiante en el sistema serán: Usuario/Código, Grupo y Nombre.
- Los datos que identificarán a un usuario de tipo administrador en el sistema serán: Usuario/Código, Nombre y Contraseña.
- Los grupos o cursos podrán ser administrados accediendo a la interfaz de Administración de Grupos dando click al botón Grupos.
- En la interfaz de Administración de Grupos, se podrá Crear, Modificar o Eliminar un Grupo, el cual se identifica en el sistema por un nombre y un código.
- Un estudiante podrá pertenecer solo a un grupo a la vez.

## Descripción visual

Usuarios y Grupos

Estudiantes  Administradores

Tipo	Usuario	Grupo	Nombres
EST	Cód 1	Gr Aa	Usua 1
ADM	Cód 2	Gr B2	Usua 2
EST	Cód 3	Gr C3	Usua 3

Estudiante  Administrador

Usuario/Código:  Clave:   
Grupo:  Confirmar clave:   
Nombre:

Figura 5.15. Módulo de Administración de Usuarios y Grupos.

## Descripción funcional y de procesos

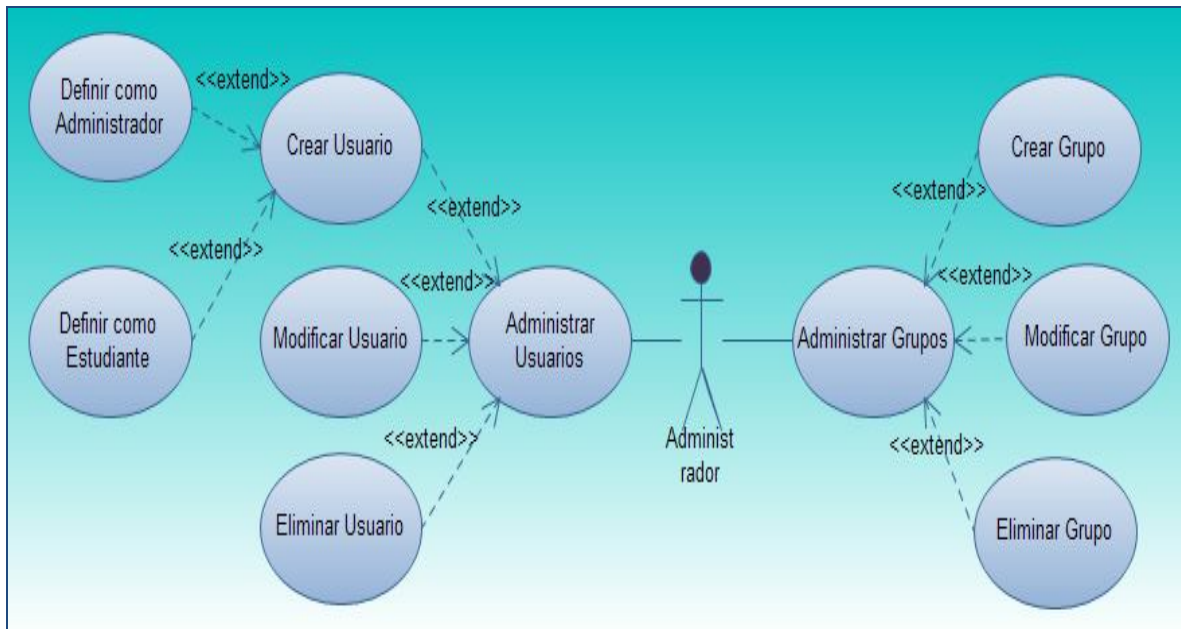
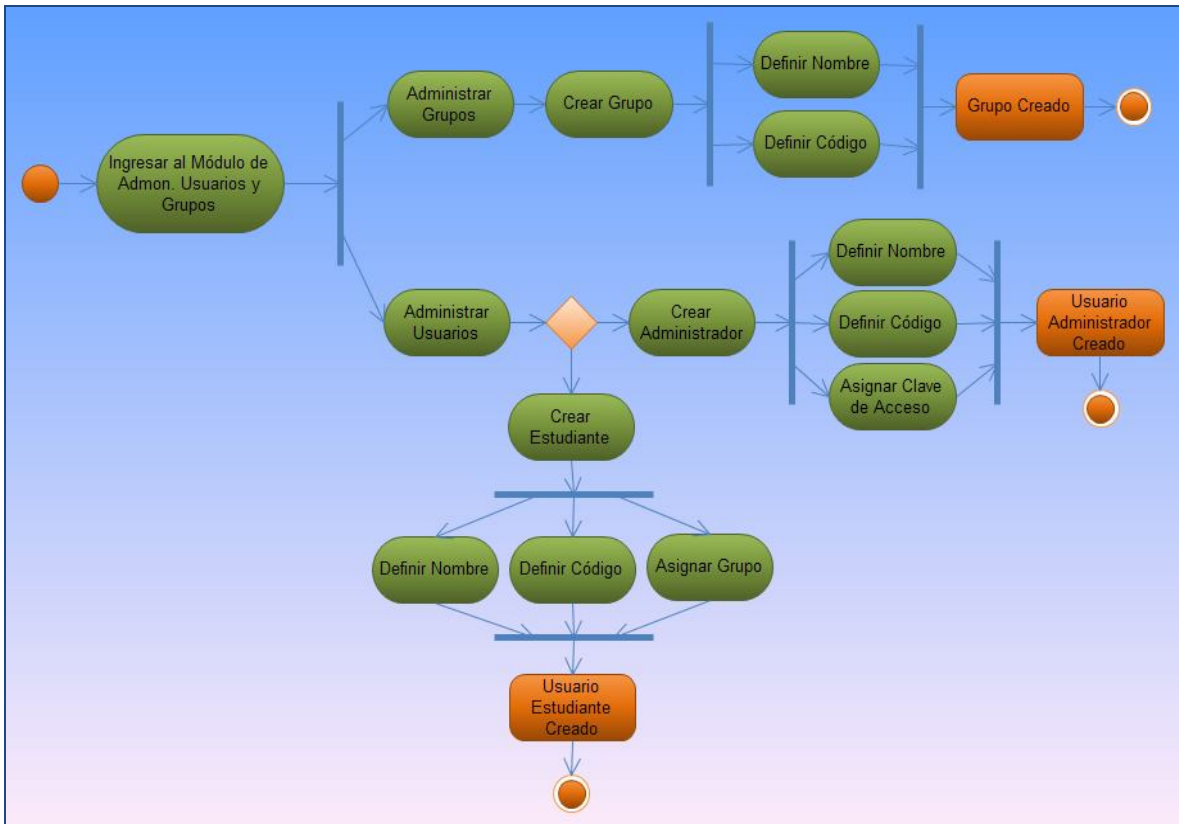


Figura 5.16. Diagrama Casos de Uso Administración Usuarios y Grupos.



**Figura 5.17. Diagrama Actividades Administración Usuarios y Grupos.**

7. Crear un nuevo módulo que automatice la comunicación estudiante-profesor para aprovechar las características del nuevo ambiente de trabajo cliente-servidor y optimizar los mecanismos que aseguren la integridad de la información que el profesor obtiene por parte de sus estudiantes.

**Diseño:**

Para este fin, se crearán dos módulos, que permitan la transmisión de información de un profesor a un estudiante y viceversa.

El desarrollo de estos módulos se dará en función de apoyar la siguiente secuencia de actividades:

- Un usuario profesor accede al módulo de Administración de tareas en donde puede crear una tarea, adjuntarle un ejercicio de los existentes en la base de datos de su sistema y asignarla a un grupo de estudiantes, así mismo, le

asigna a la tarea una fecha de entrega límite, que le permita tener un control de las respuestas recibidas.

- El estudiante ingresa a VPI conectado al servidor del profesor, e ingresa al módulo de Tareas, en el que se le listan las tareas asignadas por el profesor y se muestran las características de cada tarea. Así, el estudiante puede proseguir a cargar el ejercicio adjunto en el módulo de Simulación de Modelos desde el mismo módulo de Tareas, para llevar a cabo la ejecución del objetivo planteado en el modelo inicial recibido. Al finalizar la simulación, el estudiante registra su resultado en el servidor del profesor, mediante la opción Ir a Tarea, presentada en el módulo de resultados.
- Así, el profesor desde su sesión, recibe la actualización de la respuesta entregada desde el módulo de Administración de Tareas, y prosigue a la revisión y evaluación de los resultados obtenidos por el estudiante. Estos resultados pueden ser exportados, impresos o comparados con la solución generada por el algoritmo genético, correspondiente a las características del modelo inicial adjunto a la tarea en revisión.

### Descripción de procesos

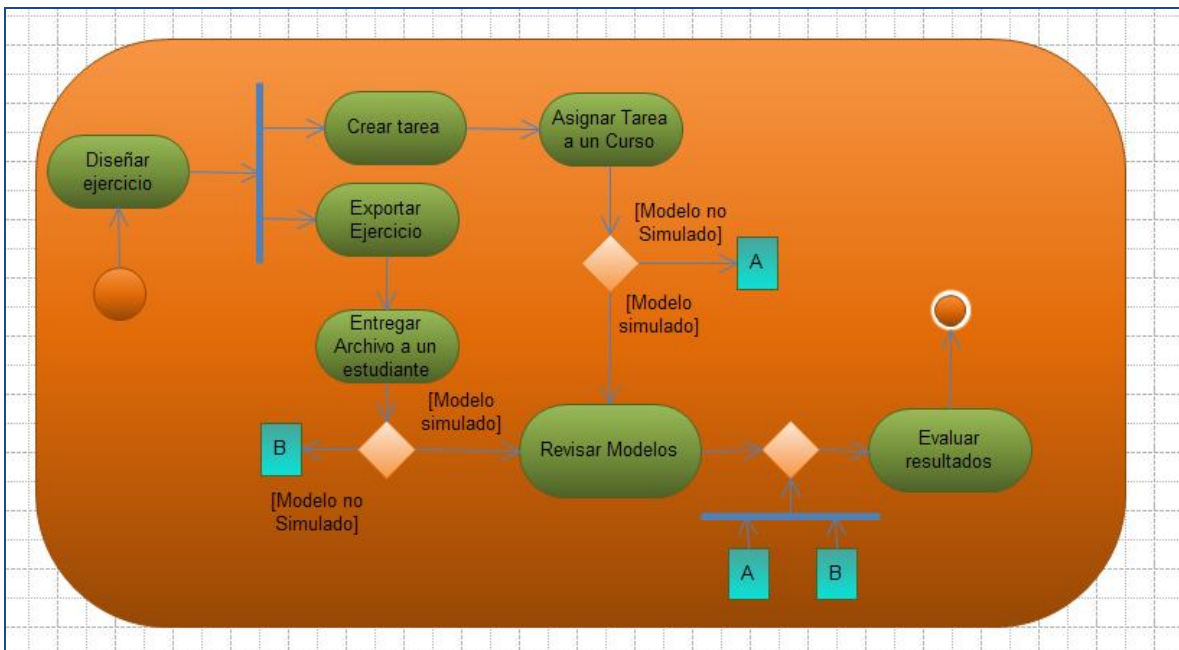


Figura 5.18. Diagrama de Actividades para la Asignación de Modelos.

## 7.1 Módulo de Administración de Tareas

### Descripción detallada

En este módulo el usuario con permisos, tendrá la posibilidad de crear, modificar o eliminar tareas del sistema.

Así mismo, podrá realizar revisiones de los resultados obtenidos en las entregas de sus tareas. Dichas revisiones comprenden:

- Características del modelo inicial.
- Títulos que conforman el modelo final.
- Títulos que conforman la solución del Algoritmo Genético.
- Valor de VaR y del portafolio obtenido al final de la simulación.

### Descripción visual

The screenshot displays the 'Administración de Tareas' interface. At the top, there is a title bar with the text 'Administración de Tareas'. Below this is a table with the following columns: 'Grupo', 'Nombre', 'Modelo', 'Fecha Limite', and '# Rtas.'. The table contains seven rows of data:

Grupo	Nombre	Modelo	Fecha Limite	# Rtas.
A1	Conformar	Ej1 Con	dd/mm/aa	0
A1	Reducir	Ej1 Red	dd/mm/aa	1
A1	Liberar	Ej2 Lib	dd/mm/aa	3
B2	Reducir	Ej2 Red	dd/mm/aa	5
B2	Conformar	Ej3 Con	dd/mm/aa	2
C3	Reducir	Ej3 Red	dd/mm/aa	4
C3	Liberar	Ej1 Lib	dd/mm/aa	1

Below the table, there are four buttons: 'Eliminar', 'Modificar', 'Crear', and 'Resultados'. Underneath these buttons is a form with the following fields:

- 'Nombre:' followed by a text input field.
- 'Grupo:' followed by a dropdown menu.
- 'Modelo:' followed by a dropdown menu.
- 'Fecha Limite:' followed by a date input field with the placeholder 'dd/mm/aa'.
- 'Comentarios:' followed by a large text area.

At the bottom right of the form, there is a button labeled 'Atrás'.

Figura 5.19. Módulo de Administración de Tareas.

## Descripción funcional y de procesos

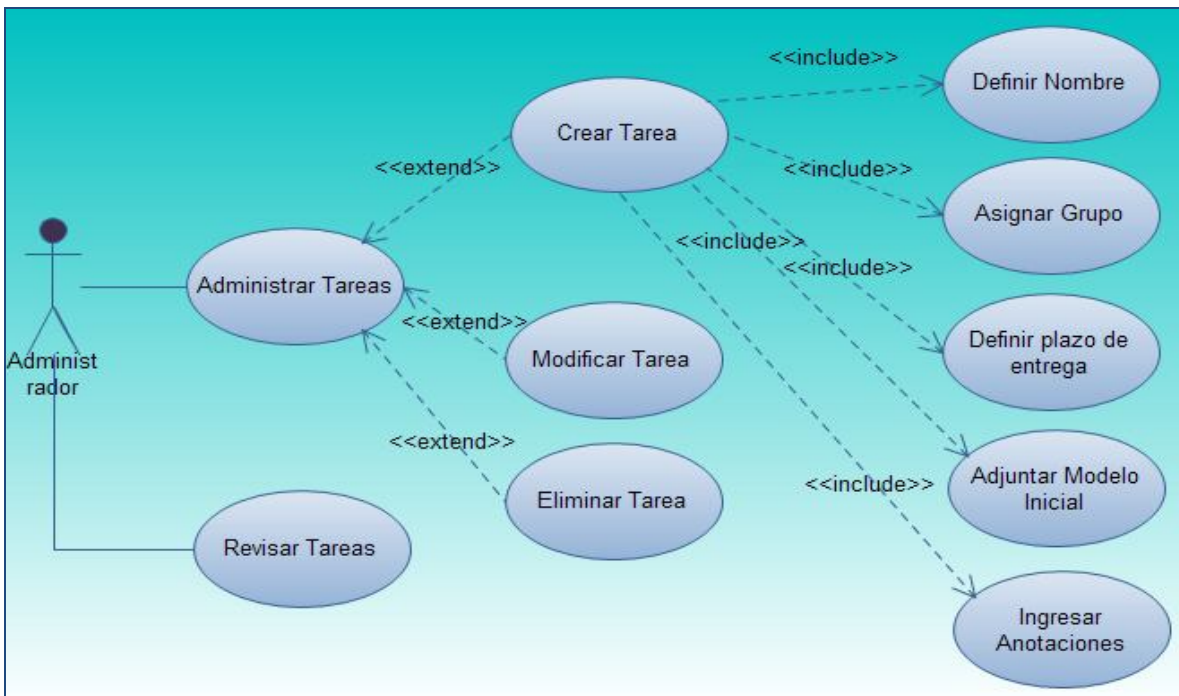


Figura 5.20. Diagrama Casos de Uso Administración de Tareas.

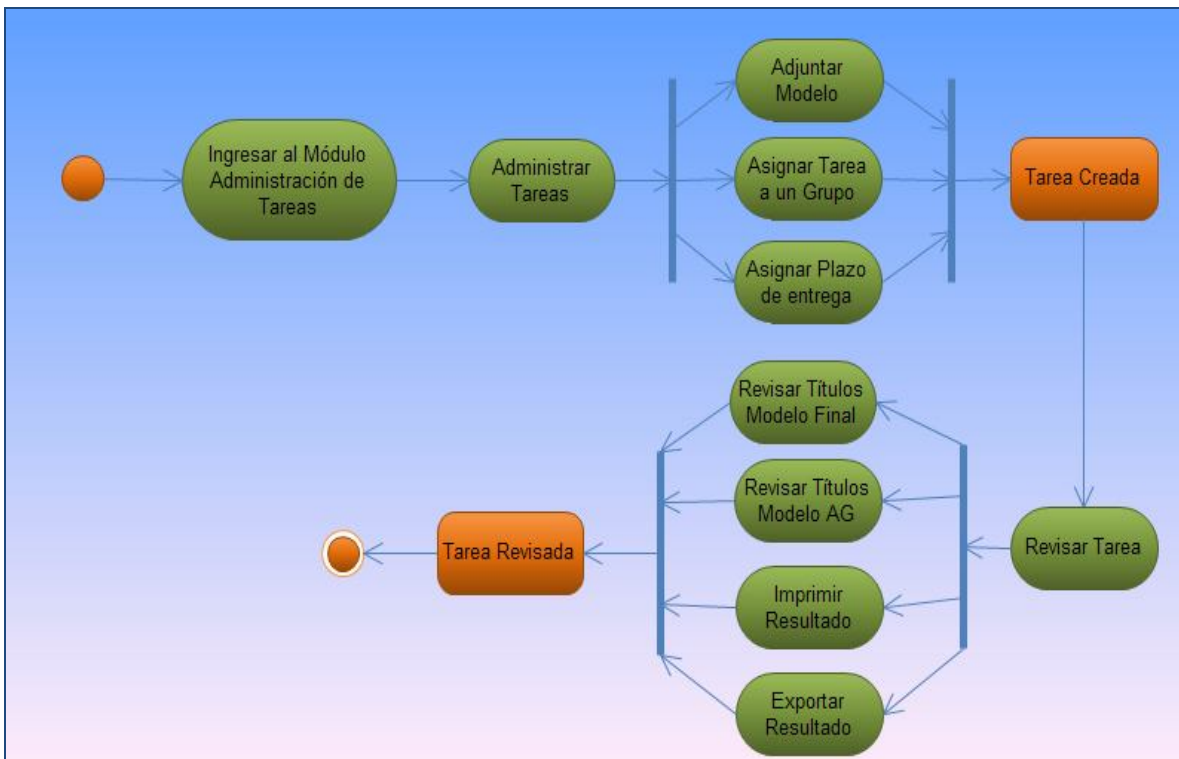


Figura 5.21. Diagrama de Actividades Administración de Tareas.

## 7.2 Módulo de Tareas

### Descripción detallada

En este módulo el estudiante podrá acceder a las tareas asignadas al grupo al que pertenece, y llevar a cabo las simulaciones de los ejercicios adjuntos, seleccionando la tarea de su interés y dando click en el botón Ir a Tarea, con lo cual se carga el modelo inicial del ejercicio en el módulo de Simulación de Modelos, para poder llevar a cabo su simulación. Al final del ejercicio, el estudiante puede registrar su tarea desde la interfaz de resultados de dicho módulo.

### Descripción visual



Figura 5.22. Módulo de Tareas.

## Descripción funcional y de procesos

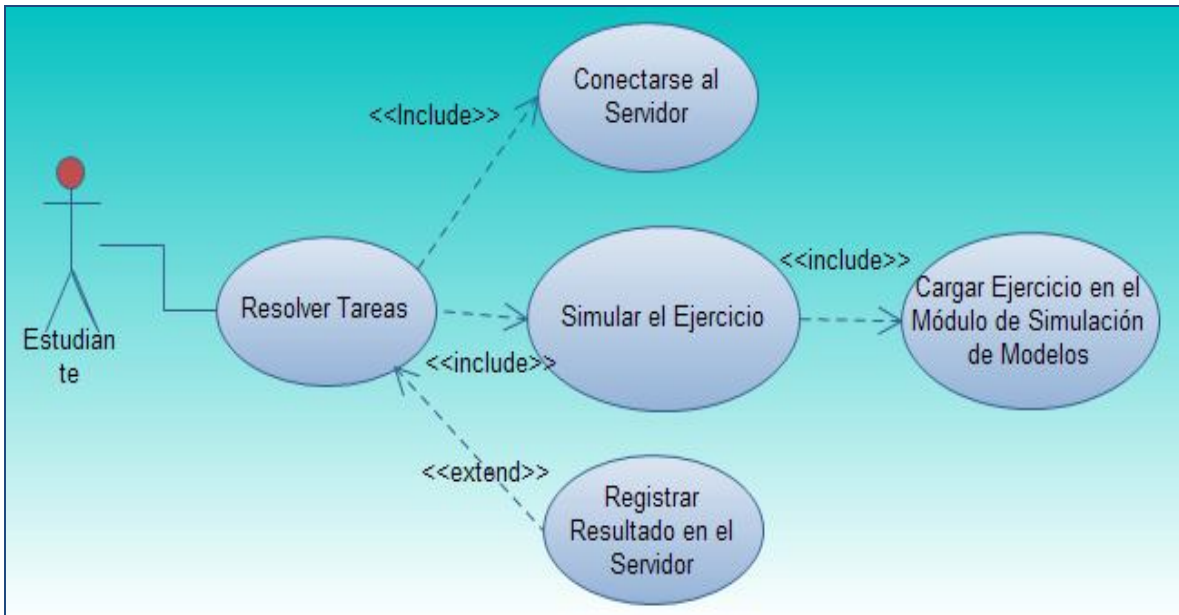


Figura 5.23. Diagrama Casos de Uso Ejecución de Tareas.

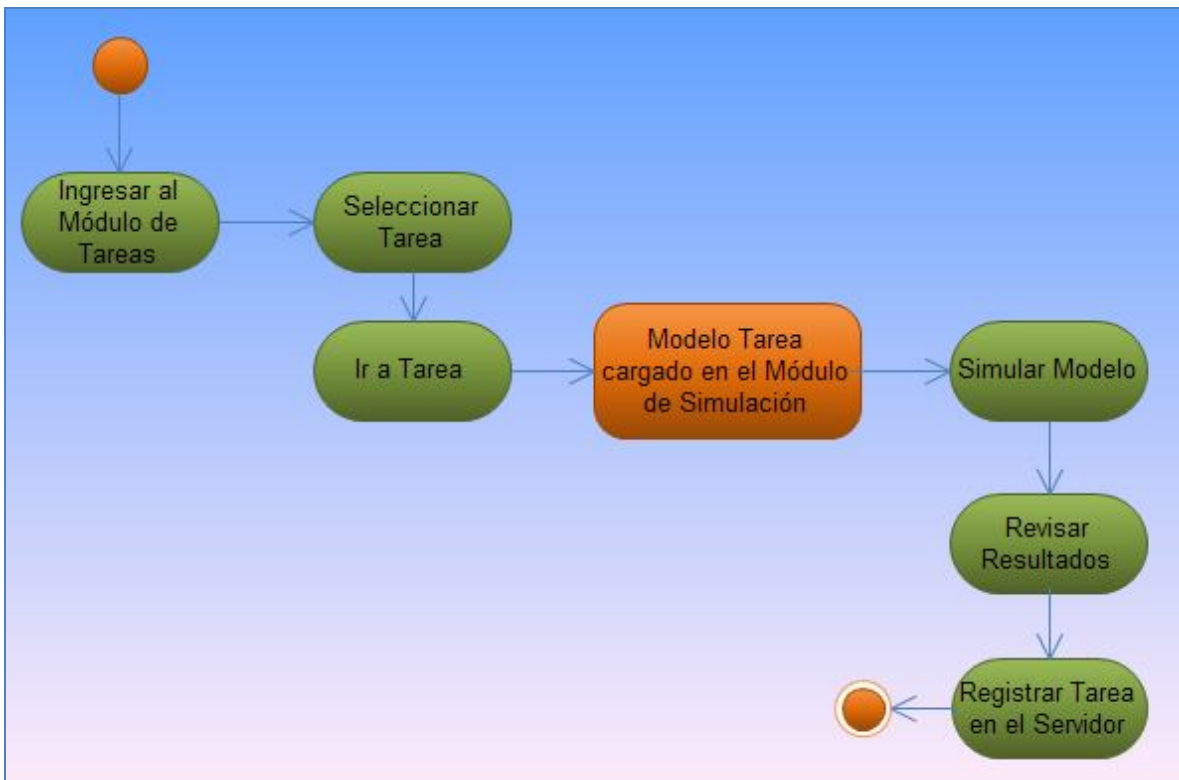


Figura 5.24. Diagrama de Actividades Ejecución de Tareas.

8. Documentar las funcionalidades de la herramienta con los diagramas UML especificados.

La documentación elaborada para cumplir con este requerimiento incluye los diagramas de casos de uso y de actividades descritos anteriormente en los diseños de requerimientos, y los diagramas descritos a continuación:

### ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO DELPHI

A continuación se presenta mediante un diagrama la organización de los módulos que componen el proyecto Delphi VPI.

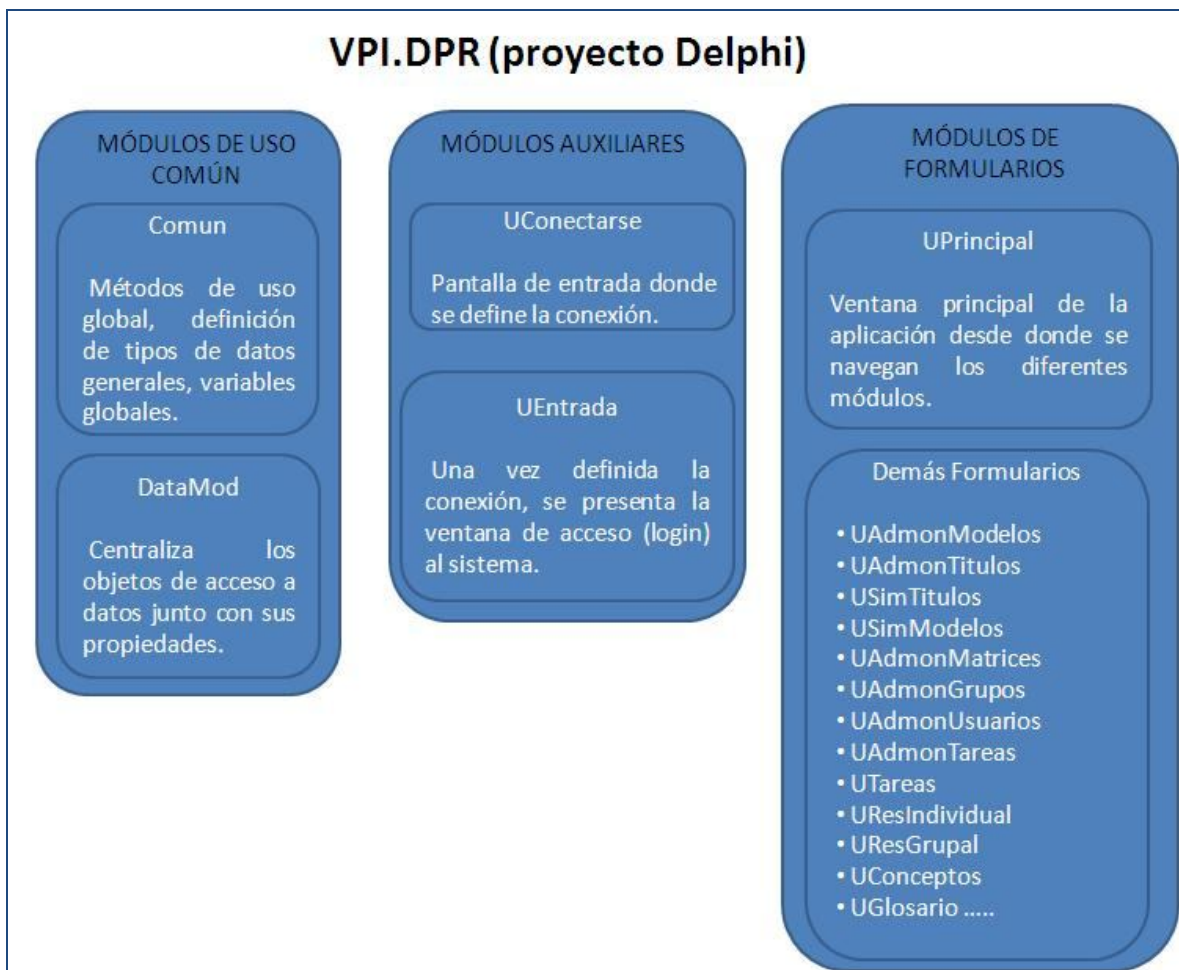


Figura 5.25. Módulos del proyecto VPI.

## ADMINISTRACIÓN DE TÍTULOS

La figura a continuación corresponde al diagrama de casos de uso para describir las funcionalidades del módulo de administración de títulos en VPI, seguido del diagrama de actividades que describe la secuencia de procesos que se llevan a cabo en dicho módulo.

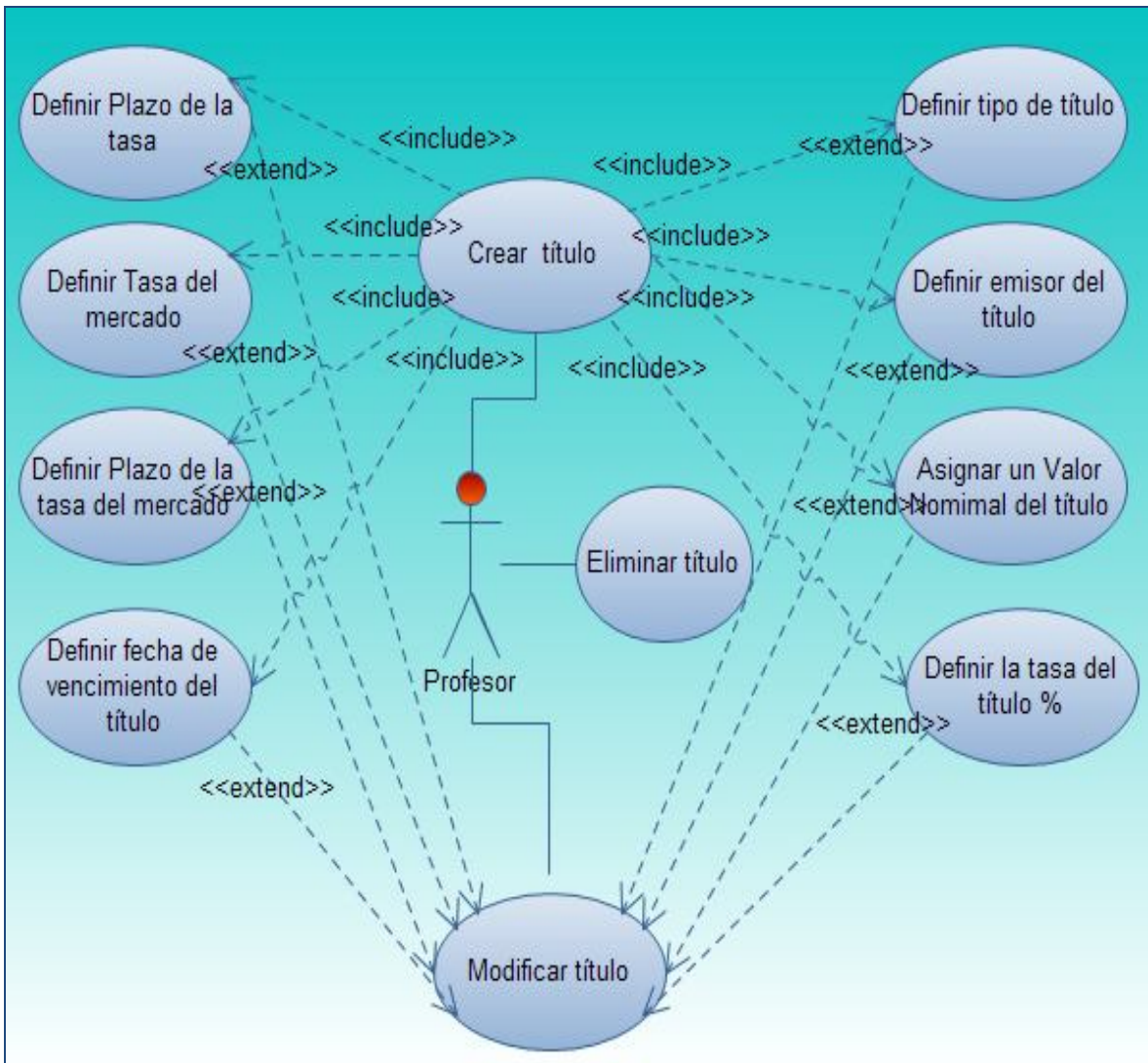
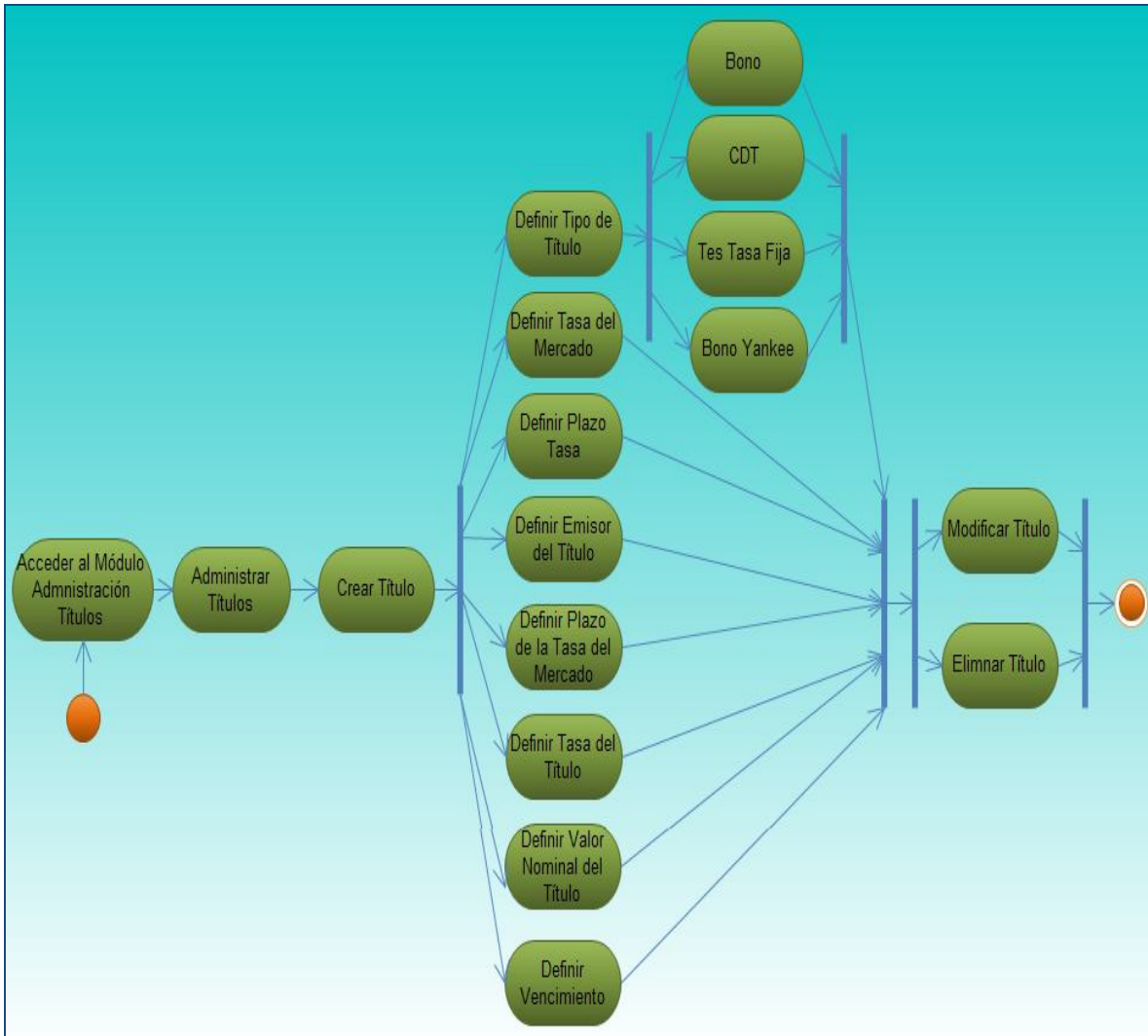


Figura 5.26. Diagrama de CU para la Administración de Títulos.



**Figura 5.27. Diagrama Actividades Módulo Administración de Títulos.**

## **SIMULACIÓN DE TÍTULOS**

La figura a continuación corresponde al diagrama de casos de uso para describir las funcionalidades del módulo de simulación de títulos en VPI, seguido del diagrama de actividades que describe la secuencia de procesos que se llevan a cabo en dicho módulo.

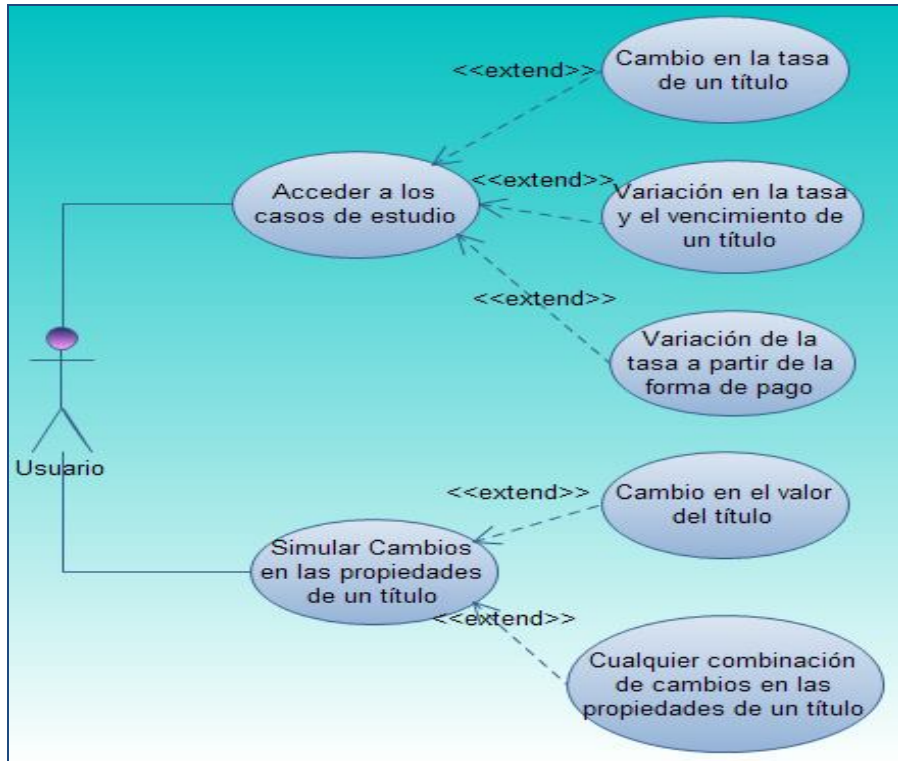


Figura 5.28. Diagrama de CU Simulación de Títulos.

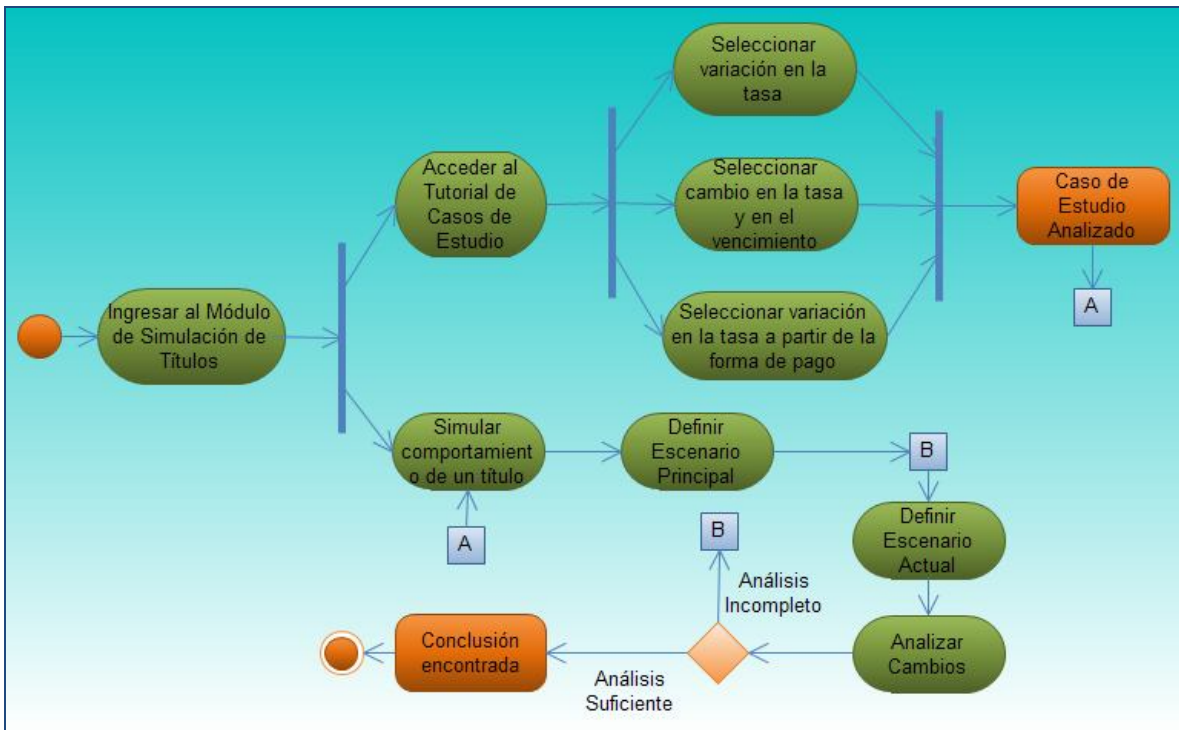
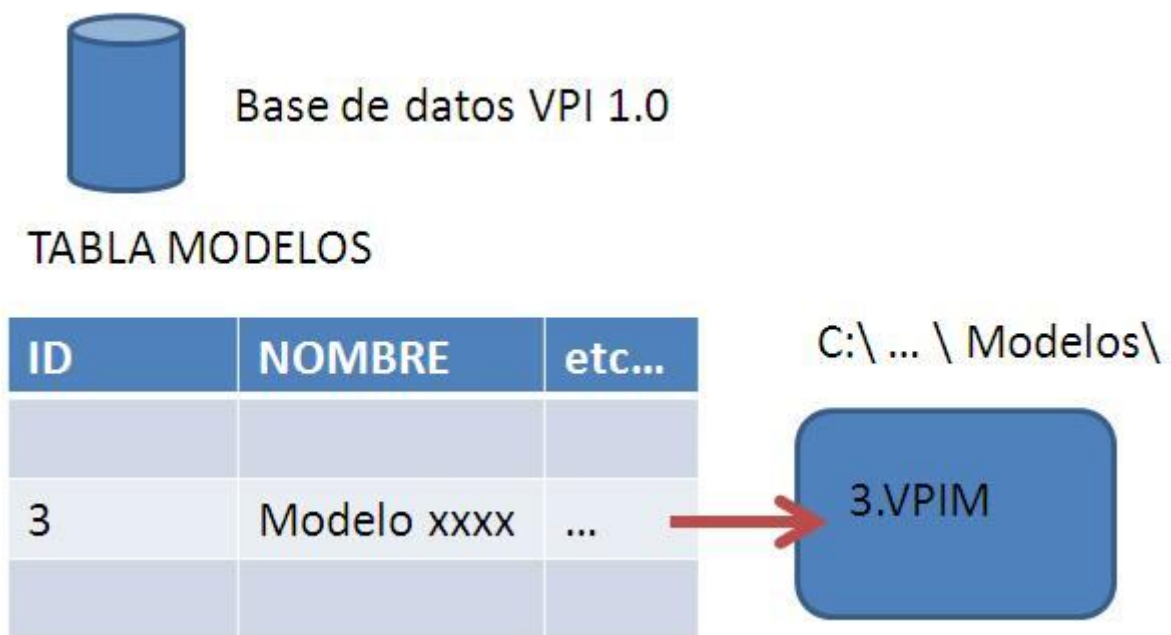


Figura 5.29. Diagrama de Actividades Módulo Simulación de Títulos.

### 5.3 ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para el almacenamiento de información en VPI 2.0 se determinó continuar con el uso de Firebird como manejador de base de datos, pero actualizando la versión a la 2.1. Como parte del diseño de VPI 2.0, al recopilar los cambios requeridos en la estructura de base de datos original se encontró que la mayor complejidad en este problema, correspondía a la pérdida de vigencia del uso de archivos almacenados en un directorio local dada su incompatibilidad con las características del ambiente cliente servidor.

A continuación se presenta una figura que ilustra el uso de archivos locales en VPI 1.0.

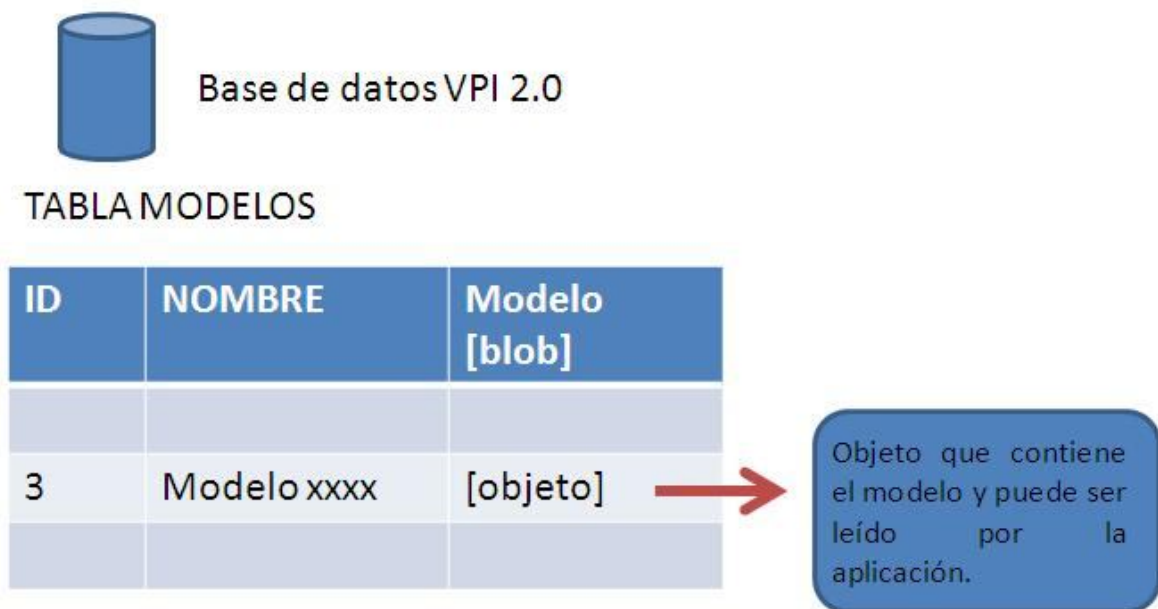


**Figura 5.30. Uso de archivos locales en VPI 1.0.**

Como se muestra, los modelos eran almacenados en forma de archivos en un directorio local del equipo y mediante el id almacenado en la base de datos la aplicación sabía construir una ruta para encontrar el archivo correspondiente.

Lo anterior no es compatible para el entorno cliente servidor diseñado ya que los computadores de los estudiantes tendrían que poder acceder a través de una red a la carpeta donde residirían los modelos, en el computador del profesor. Agregar esto como un requerimiento del sistema para su instalación y uso, redundaría en una significativa disminución en la sencillez que caracteriza al sistema la cual se considera un importante valor dado perfil de los usuarios objetivo como usuarios de computadores.

Se muestra a continuación una figura que ilustra la forma diseñada para VPI 2.0 buscando superar el problema planteado, recordando que lo explicado para los modelos aplica de la misma manera para los resultados.



**Figura 5.31. Almacenamiento de los modelos en VPI 1.0.**

El archivo que antes se guardaba en el directorio local, se seguirá generando pero será llevado a un campo tipo blob de la tabla modelos mediante un stream.



## 5.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ROLES DEL SISTEMA

Para sesiones de tipo cliente-servidor se definen dos roles de acuerdo a sus permisos en el manejo del sistema. El sistema delimita las acciones y responsabilidades que a cada uno de ellos corresponde.

El intercambio de información entre estaciones de trabajo se efectúa de acuerdo al tipo de sesión que el usuario escoja para acceder al sistema, que puede ser:

- Sesión mono usuario: trabajando con la base de datos de su equipo. Aquí, el intercambio de información se basa en archivos que se exportan e importan desde VPI. Desde los módulos de administración se puede exportar información a un archivo. Por ejemplo desde el módulo de administración de títulos se pueden exportar un conjunto de títulos para que otro usuario en otro equipo los importe.

En la base de datos de cada equipo se mantiene una colección de títulos, matrices y modelos. Sin embargo, la matriz y los títulos referenciados en cada modelo no tienen vínculo alguno con los títulos y matrices de la base de datos. Se definió esto así con el fin de flexibilizar al máximo el trabajo grupal mediante exportación e importación de modelos sin el inconveniente de requerir que los títulos de un modelo a importar existan en la base de datos del equipo que importa.

Cada uno de los modelos en la base de datos local cuenta con un archivo de respaldo en donde se almacena la información completa acerca de él.

- Sesión Cliente-Servidor: trabajando conectado a un servidor externo. En este caso el intercambio de información se realiza automáticamente. Por ejemplo, los cambios efectuados por un usuario sobre las condiciones de un título o de un escenario o en las características de los usuarios o los resultados obtenidos en las simulaciones de un escenario, son reflejados inmediatamente en la base de datos del servidor al que se encuentre conectado.

#### **5.4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PERMISOS EN EL SISTEMA POR PARTE DEL SERVIDOR**

De la figura 5.1 se destacan para el rol servidor, los permisos de:

- Administración de Datos del usuario del sistema.
- Administración de Permisos del Usuario.
- Administración de Módulos.
- Administración de Datos de un curso.
- Acceso a los módulos de:
  - Ayudas.
  - Consulta de Contenidos.
  - Simulación de Títulos.
  - Simulación de Portafolios.

#### **5.4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PERMISOS EN EL SISTEMA POR PARTE DEL CLIENTE**

De la figura 5.2 se destacan para el rol cliente, los permisos de:

- Consulta de Ayudas.
- Consulta de Conceptos.
- Consulta de Glosarios.
- Simulación de Títulos Valor.
- Simulación de escenarios para el estudio de conformación de portafolios de inversión según el modelo Valor en Riesgo.
- Acceso a Tareas asignadas.

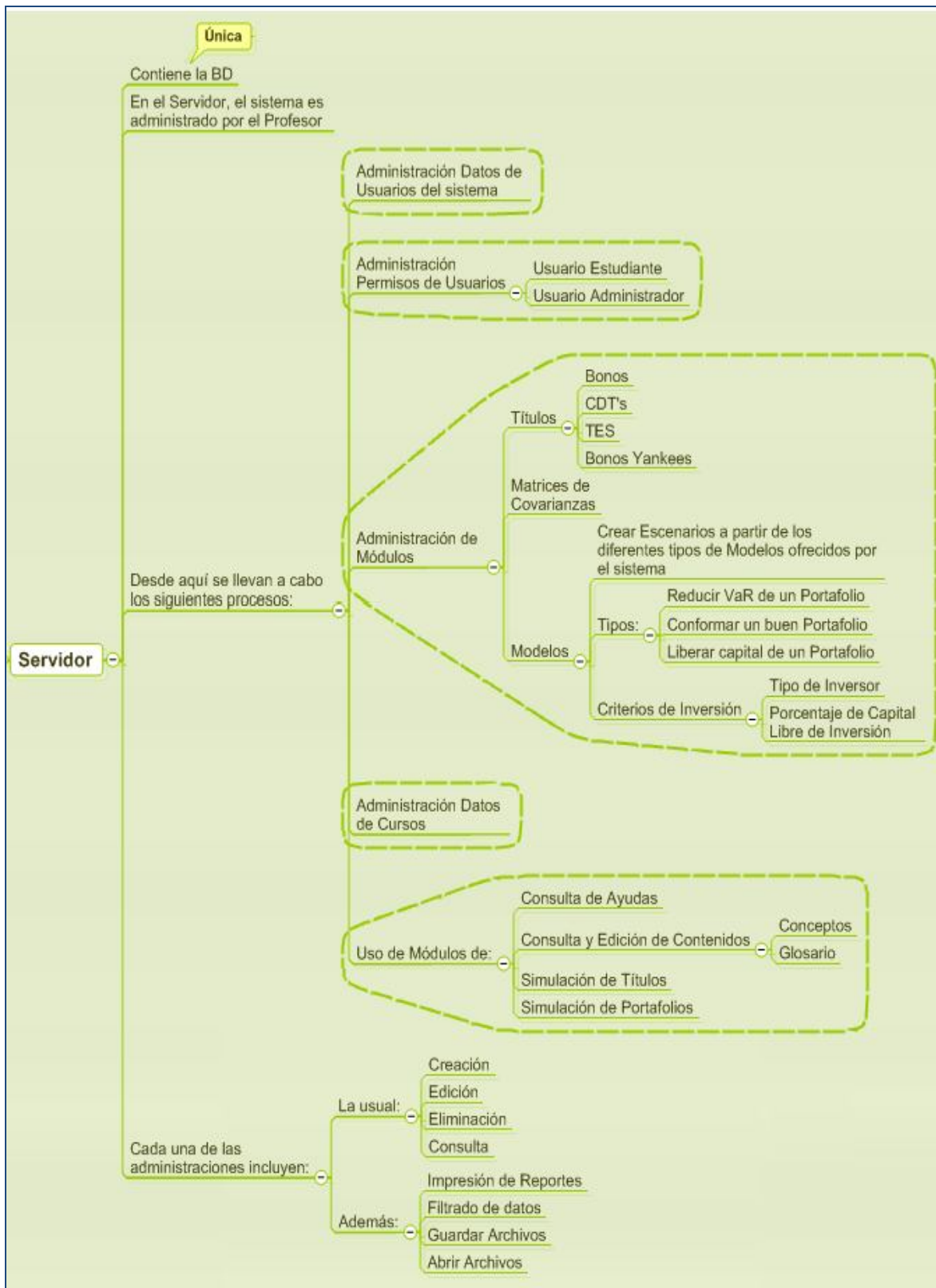
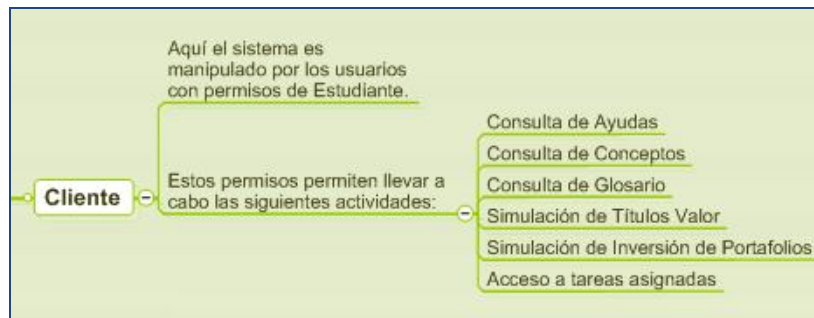


Figura 5.33. Descripción de permisos Rol Servidor en el Sistema.



**Figura 5.34. Descripción de permisos Rol Cliente en el Sistema.**

## 5.5 CONDICIONES DE USO ESPERADAS PARA EL SISTEMA

VPI ha sido diseñado pensando en apoyar el desarrollo de una asignatura cualquiera en la que la medición del riesgo de portafolios de inversión sea materia de estudio.

### 5.5.1 CONDICIONES FÍSICAS

Se requiere que cada uno de los usuarios cuente con un computador disponible. Los estudiantes deben estar conectados al servidor especificado por el profesor para trabajar en las tareas asignadas y entregar resultados obtenidos en las simulaciones directamente al profesor, así como para acceder a las modificaciones realizadas por el profesor en los escenarios de simulación.

Sin embargo, gracias a la posibilidad de trabajo mediante sesión monousuario, no es requisito que los equipos de los estudiantes involucrados en una asignatura estén conectados a un servidor externo para acceder a las características del sistema. VPI es apropiado tanto para usarlo en el tiempo de clase como para complementar la misma a modo de trabajo en casa.

Las funciones de VPI que implican interacción sin conexión a un servidor externo entre usuarios cuentan con mínimos requisitos físicos. Se pueden sustentar en cualquier dispositivo de almacenamiento como disquetes, discos compactos, etc.

El correo electrónico puede servir para este propósito dado que lo único que se necesita es intercambiar archivos de texto plano de poco volumen.

### **5.5.2 CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN**

El instalador de VPI 2.0 incluye los dos tipos de roles Cliente-Servidor.

VPI ha sido diseñado para poder instalarse en casi cualquier equipo sin necesidad de hacer más que unos clicks en el botón *siguiente*.

Esto es de resaltar ya que VPI hace uso de un sistema manejador de bases de datos de última generación. Estas prestaciones se lograron al continuar con el motor de base de datos **Firebird**, esta vez en su versión **2.1**, la más actualizada hasta la fecha. Para sesiones monousuario se manejó como Embedded Edition y para sesiones cliente servidor en su edición estándar.

Para el usuario cliente, este sistema permite usar todo el poder de un servidor de bases de datos, sin necesidad de instalar dicho servidor en las máquinas de los usuarios. Basta con distribuir un archivo dll para que el sistema esté listo y en funcionamiento.

Para el rol Servidor se requiere la instalación de Firebird 2.1 cliente-servidor.

Además de prestar estas ventajas, Firebird es de código abierto, por lo cual resultó ser una opción ideal en el desarrollo de este software.

### **5.6 ESQUEMA DE AUTENTICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS**

Se planteó que cualquier estudiante pueda entrar al sistema sin necesidad de un registro previo. A diferencia de esto, el profesor, quien instala el sistema, tiene una clave que le permite ingresar como usuario registrado y disponer de más opciones debido a su condición de administrador.

Así mismo, el profesor podrá crear usuarios registrados para que otras personas cuenten con los mismos privilegios que él.

Los estudiantes pueden entrar al sistema sin registro previo; sin embargo, cada vez que acceden se les solicita su código y nombre a fin de identificarlo al interior

del sistema. Estos datos se deben recordar para que un estudiante que use el sistema en un equipo no tenga que digitar nuevamente su nombre, sino que al digitar el código su nombre se cargue al instante.

Hay que aclarar, que cuando un estudiante que no ha sido previamente registrado por el profesor y que acceda la herramienta conectado al servidor, el sistema lo identifica y lo registra en el listado de estudiantes del módulo de usuarios y grupos, pero queda sin ninguna relación con los cursos existentes, por lo cual no tendrá acceso a las tareas asignadas a los cursos del profesor.

## **5.7 HERRAMIENTAS SELECCIONADAS PARA EL DESARROLLO**

Para esta versión VPI 2.0 se decidió actualizar la tecnología utilizada para el desarrollo de la herramienta.

Para ello se migró el código de la versión utilizada anteriormente, de Delphi 7 a **Delphi 2009** y como se mencionó anteriormente, como motor de base de datos se pasó de usar Firebird 1.5 a **Firebird 2.1**.

## 6. DESARROLLO

En este capítulo se presenta el proceso de desarrollo mediante el cual se buscó satisfacer el listado definitivo de requerimientos resultado de la fase de análisis.

### 6.1 AMBIENTE DE DESARROLLO

Con la iniciativa de dar más mantenibilidad al código fuente, además de aprovechar las ventajas del IDE de CodeGear (interfaz de desarrollo para Delphi 2009), se decidió hacer las siguientes actualizaciones en las herramientas de desarrollo utilizadas:

- Como entorno de codificación, Delphi 2009 en lugar de Delphi 7.
- Como manejador de base de datos, Firebird 2.1 en lugar de Firebird 1.5.

La actualización del código fuente tomó el mayor trabajo debido a la necesidad de migrar la librería Zeos, utilizada para acceder a Firebird desde Delphi; lo anterior debido a la incompatibilidad entre la versión 6 utilizada para VPI 1.0 y Delphi 2009. Aunque fue necesaria una complicada investigación en los foros especializados de Internet, fue posible dar con la más reciente distribución de Zeos, la 7, que aunque no es un release oficial, es la única capaz de conectar Firebird desde Delphi 2009.

Usar Firebird 2.1 fue más sencillo pues no hubo problemas de compatibilidad. El trabajo de migración se limitó a modificar las cadenas de conexión y reemplazar las librerías a distribuir con el instalador por las de la nueva versión.

Adicional a los cambios antes mencionados, se actualizó la versión del reporteador utilizado, Quick Report, por una compatible con Delphi 2009 que además brindó mejoras en la visualización de los reportes.

Luego de corregir algunos errores por código fuente incompatible ante las versiones de los componentes actualizados, se compiló el código fuente y fue posible así iniciar con la codificación de VPI 2.0.

## **6.2 CODIFICACIÓN**

En esta sección se describe el desarrollo de cada una de las funcionalidades requeridas. Cada una de esta se presentará según los estos ítems:

- Enunciado: breve descripción de la funcionalidad requerida.
- Consideraciones: aspectos relevantes tomados en cuenta para emprender la codificación.
- Ejecución: relación de los principales aspectos técnicos del trabajo realizado.
- Pruebas: descripción del proceso seguido para las pruebas unitarias de la funcionalidad programada.

### **6.2.1 CLIENTE SERVIDOR**

#### **Enunciado**

Permitir el uso de la herramienta en un ambiente cliente servidor donde el profesor hará las veces de servidor y el estudiante las veces de cliente.

#### **Consideraciones**

- Como preámbulo a la codificación se montaron casos de prueba para encontrar la configuración que permitiera el uso conjunto de Firebird embebido y servidor sin entrar en conflicto. Se encontró que es imperativo utilizar el fbclient21.dll que se distribuye con el servidor embebido y este servirá para establecer ambos tipos de conexión.
- Se realizaron pruebas para establecer si era o no necesario trabajar en desarrollo con una o dos bases de datos, encontrando que una era suficiente. Una base de datos creada y manipulada en modo servidor puede

luego ser usada para cumplir el rol de base de datos embebida con tan solo copiarla y pegarla en una ruta diferente.

- Los aspectos técnicos de la conexión así como los mensajes de aviso debían ser lo menos técnicos para evitar complicar la experiencia de los usuarios de VPI de quienes no se espera comprendan lo que significa una arquitectura cliente servidor. Lo anterior debía equilibrarse con un manejo sencillo que evitara depender de un técnico para asistir a los usuarios en el uso de VPI.

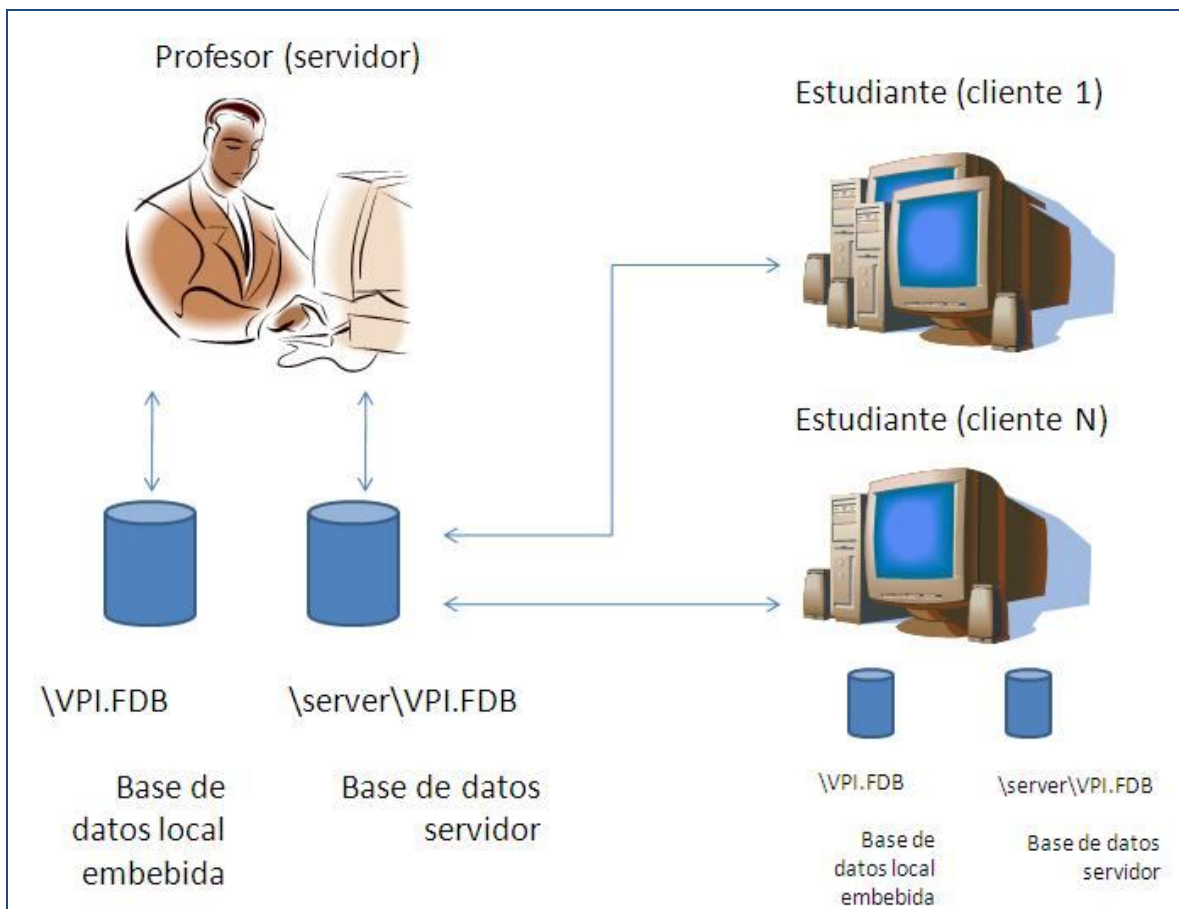
## **Ejecución**

- Se utilizó un solo componente TZConnection para todas las conexiones independientemente del tipo de acceso. Un método en la unidad UComun se encarga de centralizar los pedidos de conexión y configurar la cadena de conexión apropiada.
- Se mejoró la gestión de conexiones para evitar dejar conexiones vivas innecesariamente asegurándose de que después de un acceso a datos siempre se cierre la conexión.
- Se utiliza una conexión auxiliar únicamente para probar la conexión escogida antes de acceder al sistema. Esto es importante ya que evita una falla inevitable de los componentes Zeos que arrojan una excepción cuando se trata de redefinir una conexión que anteriormente falló en un intento por ser abierta.
- Se agrega a la estructura de TRegistro los datos del servidor al que se encuentra conectado el usuario durante el uso del sistema.
- Dentro de la estructura de instalación de VPI se definió que en la existente carpeta BD que tiene la base de datos embebida, habrá una carpeta llamada server que tendrá la base de datos que puede hacer las veces de servidor para otras instalaciones.
- Lo que se trabaje con el sistema embebido es totalmente independiente de lo que se trabaje con el sistema servidor.

La funcionalidad cliente servidor se implementó de manera que con un único instalador, cualquier sistema VPI estará listo tanto para actuar de servidor como para actuar de cliente. Para cada uno de estos roles hay una base de datos específica, una embebida para acceso local y una que haría las veces de servidor.

Si se selecciona conectarse localmente el sistema se enlazará a la base de datos embebida. Si selecciona conectarse a un servidor construirá una cadena de conexión adecuada para conectarse según lo definido por el usuario (host, base de datos).

La siguiente gráfica ilustra el esquema de uso cliente servidor implementado para VPI 2.0.



**Figura 6.1 Esquema de uso Cliente/Servidor en VPI 2.0**

## **Pruebas**

Se probó que la conectividad fuera adecuada bajo los siguientes escenarios:

- El servidor y el cliente son equipos diferentes.
- El servidor y el cliente residen en el mismo equipo.
- Se pierde la conexión durante el uso del sistema.
- Varios usuarios se conectan a la vez.
- No se cuenta con permisos de administrador en ninguna de las máquinas.
- El usuario se conecta localmente a su sistema embebido mientras otros usuarios se conectan a su sistema servidor.

### **6.2.2 BONOS YANKEES**

#### **Enunciado**

Incorporar al sistema la posibilidad de trabajar con un nuevo tipo de título, los Bonos Yankees.

#### **Consideraciones**

- El factor de riesgo asociado a los Bonos Yankees para el cálculo del VaR es la DTF.
- Ya que la DTF ya está tenida en cuenta en las volatilidades manejadas en el módulo de administración de matrices, no es necesario modificar en absoluto dicho módulo.

#### **Ejecución**

- El módulo AdminTítulos se modificó para agregar la opción de Bonos Yankees a la lista de tipos de título.
- Se ajustó la función de cálculo de VaR para que usara la volatilidad adecuada en caso de que un título fuera de tipo Bono Yankee.

- Dado que la pregunta por el tipo de un título es una porción de código común a lo largo del código, se estableció un método común que centraliza la lógica que entrega datos del título según su tipo.
- Los métodos de manipulación de la estructura de datos *TTitulo* se modificaron para ajustarse al nuevo tipo de título.

### **Pruebas**

Se crearon títulos de tipo Bono Yankee, se editaron y eliminaron. Títulos de ese tipo fueron incluidos en modelos para luego simularlos y observar un correcto tratamiento de los atributos del título. También se verificó el valor del VaR y del valor del portafolio para el modelo.

### **6.2.3 TAREAS**

#### **Enunciado**

Permitir al profesor crear tareas y encargar su desarrollo a los estudiantes de un grupo dado para luego ver los resultados logrados por ellos.

#### **Consideraciones**

- El modelo que el profesor asocie a la tarea será uno de los que están en su base de datos.
- Para que el estudiante simule el modelo asociado a la tarea habrá que usar el módulo de cargue de modelos de forma transparente, sin mostrarlo al estudiante, indicándole que el modelo a simular es el adecuado. De esta forma, no es necesario modificar nada del módulo de simulación como tal.
- Al finalizar la simulación el estudiante deberá tener oportunidad de decidir si quiere o no registrar su logro a la tarea.

## **Ejecución**

Se crearon dos tablas en la base de datos. La primera, tareas, es un maestro. La otra es Tareas\_Resultados y guarda un registro por cada resultado que un estudiante asocia a una tarea.

Se construyó el módulo de administración de tareas donde el profesor puede entrar para crear, editar o eliminar las mismas. La selección del modelo y del grupo para la tarea se hace mediante listados tipo ComboBox alimentados desde la base de datos. Un botón rotulado Resultados permite al profesor abrir el módulo de resultados grupales cargando automáticamente los resultados asociados a dicha tarea.

Se construyó el módulo de visualización de tareas donde un estudiante puede ver las tareas asignadas a su grupo. Se valida la fecha límite de tarea y se permite iniciar la simulación de un modelo dada una tarea seleccionada.

En el módulo de resultados individuales aparece un botón Ir a tarea que permite registrar el resultado a la tarea. Para esto, se ingresa un registro en la tabla Tareas\_Resultados guardando en un campo tipo blob el objeto TResultado llevado a Stream como un texto entregado por el método ResultadoToFile.

Se creó una estructura TTarea para manejar la administración de las mismas.

Se definieron validaciones a la entrada de la aplicación para que la opción del listado de tareas se muestre únicamente si el estudiante pertenece a algún grupo y si su grupo tiene tareas asociadas.

## **Pruebas**

Se crearon, eliminaron y editaron tareas. Posteriormente se siguió el ciclo completo de la funcionalidad verificando la respuesta del sistema. Una tarea creada para un grupo dado apareció en el listado de dicho grupo, al ir a la tarea

conectándose como estudiante su simuló el modelo adecuado y al registrar el resultado se pudo evidenciar, conectándose como profesor de nuevo, que la tarea ya mostraba el resultado y permitía verlo en el módulo de resultados grupales. Este ciclo se repitió para diferentes tareas, asociadas a diferentes grupos y simuladas por diferentes estudiantes.

#### **6.2.4 TIPO DE INVERSIONISTA**

##### **Enunciado**

Adicionar a los modelos un atributo que permite definir el perfil que se debe tomar frente al riesgo y aplicar dicho atributo en las simulaciones que los estudiantes realizan.

##### **Consideraciones**

- Las funciones estándar que manipulan la estructura de datos TModelo deben ajustarse y aprovechar la oportunidad para centralizar esta lógica que se encuentra dispersa por el código. La estructura TResultado se compone de objetos TModelo así que también deberá intervenir.
- Los modelos y resultados con que se cuenta en la base de datos quedarán inservibles si se implementa el cambio sin una estrategia para adaptarlos.
- El algoritmo genético requerirá un importante cambio para cumplir con el objetivo buscado; esto se mostrará en la sección correspondiente más adelante en esta misma sección.

##### **Ejecución**

Se implementó la selección del atributo como comboBox en el módulo de administración de portafolios. Se adaptó un panel en el orden inferior de la ventana de simulación para mostrar desde el principio de la misma los resultados obtenidos por el algoritmo genético. Esto implicó importantes cambios en la lógica de dicho módulo pues estaba muy atado a la idea de ejecutar el algoritmo genético al final del ejercicio, cuando ya se cuenta con los resultados del estudiante.

En la ventana de resultados así como en el reporte individual se incluyó como atributo del modelo el tipo de inversionista para servir de referencia al interpretar los resultados.

Para que los modelos y resultados con que se contaba no quedaran inutilizables, se implementó el atributo solo para el guardado de cambios en un modelo pero no para la carga. Después de cargar los diferentes modelos y guardarlos sin cambios para que fueran almacenados con la estructura que incluye el nuevo campo, se implementó el atributo por completo y se verificó la usabilidad de los modelos viejos.

La modificación en la lógica del algoritmo genético que requirió este cambio se explica más adelante en la sección dedicada a los ajustes de dicho algoritmo.

### **Pruebas**

Además de verificar que la aplicación respondiera sin errores a lo largo de la simulación de portafolios, fue necesario verificar que los resultados alcanzados por el algoritmo genético concordaran con el atributo tipo de inversionista. Lo que se buscaba era que un mismo modelo simulado por el algoritmo, resultara en un mayor VaR junto a un mayor valor del portafolio, a medida que el perfil del inversionista se cambiaba desde conservador hasta arriesgado.

Un importante número de modelos diferentes fueron probados en busca de constancia en el cambio apreciado en los resultados según el tipo de inversionista; un caso donde el VaR final se comportara inversamente a lo esperado para el tipo de inversionista sería considerado como un resultado erróneo.

## **6.2.5 CONTEO DE TRANSACCIONES**

### **Enunciado**

Contabilizar las operaciones de compra y venta de títulos durante una simulación e informarlos al final de la misma.

### **Consideraciones**

A fin de que estas cuentas puedan verse en un tiempo futuro y no necesariamente al final de la simulación, deben incluirse como atributos del objeto TResultado.

### **Ejecución**

- Se ajustó la estructura de datos TResultado y los métodos que la manipulan.
- Se actualizaron los objetos Resultados existentes para evitar que quedaran inutilizables.
- La lógica que cuenta al comprar o vender fue de muy simple inserción.
- El resultado se muestra mediante labels en el módulo de resultados individuales y también en el reporte individual para imprimir.

### **Pruebas**

Para varios modelos de diferente tipo se simuló mientras se contabilizaba en papel las compras y ventas. En los resultados se verificó que las cuentas coincidieran.

Se probó que las cuentas de transacciones aparecieran después de cerrar el módulo de resultados y cargarlos de nuevo.

## **6.2.6 MÓDULO DE CONCEPTOS**

### **Enunciado**

Modificar el módulo de conceptos para que muestre un objeto flash con un mapa mental que contiene los conceptos generales de VPI 2.0.

## **Consideraciones**

En esta etapa ya se cuenta con el objeto flash construido, solo es necesario presentarlo dentro de la herramienta.

## **Ejecución**

- Se eliminaron todos los componentes y porciones de código relacionadas con la presentación anterior.
- Con un componente TShockWaveFlash se presentó el mapa buscando que abarcara la mayor porción posible de espacio y que los colores armonizaran con el fondo (ventana principal de VPI).

## **Pruebas**

Fue suficiente entrar al módulo de conceptos para verificar el correcto despliegue del mapa. La funcionalidad del mismo está garantizada desde su exportación en Mindjet.

## **6.2.7 MÁXIMO CAPITAL LIBRE DE INVERSIÓN**

### **Enunciado**

Permitir al profesor establecer un porcentaje máximo para el capital libre al final del ejercicio y aplicar el dato durante la simulación.

### **Consideraciones**

- Este ítem no requiere cambios a nivel de estructura de la aplicación; el desarrolló se limitó a permitir la definición del atributo y a desplegar los mensajes de estado en la simulación de acuerdo a cálculos de muy baja complejidad.

## **Ejecución**

Se implementaron los cambios tanto en la administración de modelos como en la simulación de modelos. El cálculo del porcentaje de capital libre se hace con respecto al valor del portafolio, razón por la cual fue necesario manipular la forma en que este es calculado para que el valor esté a tiempo para actualizar el porcentaje de capital libre.

## **Pruebas**

Se probó con varios tipos de modelo y con diferentes comportamientos al simular para verificar que en todos los casos se calculara e informara correctamente lo relacionado con el atributo máximo capital libre.

También se probaron diferentes valores para el atributo como tal, especialmente los extremos (0% y 100%) para verificar que el comportamiento siguiera siendo acertado.

## **6.2.8 USUARIOS Y GRUPOS**

### **Enunciado**

Manejar usuarios y grupos para que el profesor pueda administrar mejor las asignaturas a su cargo.

### **Consideraciones**

Este desarrollo se puede ver como dos tareas.

- Por una parte, se requiere construir dos módulos tipo maestro bastante estándar.
- Por otro lado, hay algunas partes en las que se requiere explotar la existencia de los usuarios y grupos; estos cambios son más simples pero implican un alto nivel de complejidad debido a que se requiere explorar con mayor detalle el código fuente de la primera versión.

## **Ejecución**

- Se crearon dos tablas para almacenar los usuarios y los grupos. Dos módulos de maestros permiten administrar dichas tablas.
- Se crearon estructuras de datos, TGrupo y TUsuario, que permiten mediante listas manejar en memoria los maestros mientras son editados.
- Se modificó la estructura TActivo para almacenar allí los datos completos del usuario que se encuentra conectado.
- En el módulo de resultados se automatizó el llenado de los datos del estudiante según su registro en el sistema.
- Se creó la unidad UInfo como un formulario que permite al usuario ver sus datos personales con el fin de que el estudiante se asegure de estar asociado al grupo indicado; se aprovechó este formulario para mostrar el estado de conexión a servidor para que el usuario pueda tener certeza con respecto a dónde está conectado.

## **Pruebas**

- Se utilizaron todas las funcionalidades ofrecidas por los módulos verificando el funcionamiento.
- Se verificó que los datos del usuario se obtengan y manejen correctamente durante el uso de la herramienta.

### **6.2.9 MODIFICACIONES EN EL ALGORITMO GENÉTICO**

#### **Ejecución**

De acuerdo con lo planteado en el diseño, se implementaron los cambios necesarios al algoritmo genético. La codificación recayó exclusivamente sobre la unidad UGenetico pues es en este donde se centraliza el manejo del mismo.

Como primera medida se mejoró el algoritmo al centralizar en un método único la operación de comparar dos soluciones, invocada en diferentes partes del algoritmo. Hecho esto, se modificó profundamente la lógica asociada al

mencionado método para que coincidiera con lo planteado en el diagrama establecido en fase de diseño.

Un método en la unidad UComun se utiliza para brindar un insumo clave en la nueva función objetivo. El mencionado método entrega la constante multiplicadora del beneficio (mejora del valor del portafolio) según el tipo de inversionista asociado al modelo.

Parte importante del proceso de desarrollo fue ejecutar diferentes muestreos para encontrar los valores apropiados de la constante multiplicadora según el tipo de inversionista; lo anterior teniendo en cuenta que el objetivo no es que el algoritmo sea realmente arriesgado, sino simplemente que incremente una probabilidad en una medida que el estudiante pueda diferenciar entre uno y otro tipo de inversionista.

### **Pruebas**

Para las pruebas del algoritmo modificado, se incluyó una sección de código encargada de enviar a un archivo de texto plano el listado de las mejores 50 soluciones en cada etapa del algoritmo, de manera que era posible establecer si las decisiones tomadas por el algoritmo eran correctas, a la vez que se medía la efectividad entre una y otra fase.

Mediante pruebas con modelos de gran volumen de títulos implicados, se logró establecer que el algoritmo nunca ofrece tiempos de respuesta más allá de lo aceptable; en general es un algoritmo rápido, más aún al usar procesadores actuales cuya potencia para este tipo de problema supera ampliamente la de los dispositivos de hace unos años.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA SIGUIENTE VERSIÓN

### 7.1 CONCLUSIONES

- Por la complejidad que rodea el estudio de la valoración de portafolios de inversión, es evidente que existen grandes posibilidades para la ingeniería del software en este campo, por lo que se concluye la conveniencia de desarrollar proyectos aplicados a esta rama del conocimiento.
- Se concluye además, que la puesta en marcha de las herramientas educativas computarizadas en ambientes reales de aprendizaje son fundamentales para la obtención de la información que permita cumplir con el objetivo de servir de apoyo a las problemáticas de a las que se pretenda dar solución. Una herramienta educativa que no ha sido probada por estudiantes o profesores carece del valor de las ideas y de los aportes de quienes son los directos beneficiados con los desarrollos de este tipo de software.
- Al hacer una nueva versión de un proyecto de ingeniería del software educativo, no siempre las nuevas características a implementar son mejores si son más complejas. Teniendo en cuenta que el propósito de este tipo de proyectos es el de brindar un apoyo para el entendimiento de un tema en específico por parte de estudiantes de la materia, un pequeño cambio en las funcionalidades ofrecidas puede tener más impacto pedagógico que aquellos en los que se intenta abarcar o controlar una gran cantidad de tópicos que muchas veces se salen del ritmo de aprendizaje del estudiante o de la teoría real que debe sustentar esos cambios.
- Las herramientas de productividad como Mindjet, utilizada en el presente proyecto para el manejo de los contenidos del módulo de conceptos, se

deben aprovechar para el desarrollo de software educativo, ya que potencian las capacidades de las herramientas y estimulan la utilización de las mismas por parte de sus usuarios finales.

- El trabajo interdisciplinario es de gran importancia, pues potencia el valor de los resultados esperados en proyectos como el presente, en donde la interacción con el profesor de economía proporcionó un mayor entendimiento del tema de conformación de portafolios, permitiendo proyectar el enfoque de VPI más allá de lo que se conocía.
- La utilización de la tecnología Firebird resulta de gran conveniencia en el desarrollo de material pedagógico computacional, ya que permite combinar las ventajas del ambiente cliente-servidor, que automatiza y facilita la comunicación entre usuarios del sistema, con las bondades obtenidas del ambiente monousuario, en el que el estudiante tiene la posibilidad de aprovechar las características de de la herramienta sin estar restringido a una conexión a la que no pueda acceder en el lugar en que lo desee.
- Cuando se busca hacer cambios tan críticos como el de llevar un sistema mono usuario a cliente servidor, es importante diseñar las nuevas funcionalidades deseadas de acuerdo a las posibilidades técnicas de la tecnología a utilizar.
- El software libre es una buena opción para el desarrollo de software educativo. Podemos concluir esto basándonos en dos aspectos:
  - Las instituciones educativas a menudo no cuentan con recursos para adquirir licencias de software pagado
  - Actualmente existe software libre de altas prestaciones, como por ejemplo el sistema manejador de bases de datos Firebird, usado en este proyecto. Gracias a Firebird se contó con un motor de bases de datos de

última generación, tan sólido como otros sistemas comerciales y sin pagar dinero por él.

- Finalmente, se concluye que es necesaria la realización de una nueva fase de este proyecto en la que se contemple con en mayor medida lo especificado en el diagnóstico y conclusiones obtenidas de la puesta en marcha con los usuarios finales y hacer de VPI una herramienta mucho más acorde con las necesidades los usuarios hacia quienes va dirigido.

## **7.2 RECOMENDACIONES PARA LA SIGUIENTE VERSIÓN**

- Crear un formato de errores para que los usuarios lo diligencien cada vez que encuentren algún posible fallo en VPI. Aunque este producto ha sido bien desarrollado, el concepto de un software 100% libre de errores es poco menos que un imposible.

Se recomiendan las siguientes mejoras:

- Refinar estéticamente todos los módulos del sistema.
- Aumentar el horizonte de las simulaciones de portafolios, así como el alcance teórico con que se maneja la administración y tratamiento de los modelos y portafolios en el sistema, para que se puedan llevar a cabo ejercicios en varias iteraciones a través del tiempo que contemple cambios especialmente en las tasas de los títulos del portafolio y del mercado y que le permita al estudiante adiestrarse en un ambiente de inversión más cercano al real.
- Implementar nuevos criterios de conformación de portafolios compatibles con la teoría del modelo Valor en Riesgo de VPI.

- Desarrollo de una nueva versión de VPI en la que se implementen todas las necesidades recogidas con las pruebas realizadas en un ambiente real de aprendizaje y que no pudieron ser abarcadas en el desarrollo del presente proyecto.
- Complementar las pruebas realizadas a VPI en este proyecto de grado con pruebas a la segunda versión, VPI 2.0.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**ALVARADO AGUDELO, Jaime Daniel, ARDILA PATIÑO, Daniel.** Herramienta software para el aprendizaje y enseñanza del proceso de conformación de portafolios de inversión diversificados, según el modelo Valor en Riesgo.

Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros de Sistemas.

Universidad Industrial de Santander. 2006.

**ALVARADO AGUDELO, Luisa Juliana.** Propuesta para el diseño de una herramienta software que apoye el aprendizaje del proceso de conformación de portafolios de inversión de renta fija diversificados, según el modelo valor en riesgo.

Trabajo de Grado,

Universidad Jorge Tadeo Lozano, 2005

**LARMAN, Craig,** Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development 3ª edición; Prentice Hall, 2004.

**MARCZYK, Adam.** Algoritmos genéticos y computación evolutiva; en <http://www.talkorigins.org/>, 2004.

**CANTU, Marco.** Mastering Delphi 7.

Sybex, 2003

**SALCEDO, Pedro,** Ingeniería de software educativo, teorías y metodologías que la sustentan; en revista *Ingeniería Informática*, Universidad de Concepción. Chile, Septiembre de 2000.

**JOHNSON, Christian Andrew.** Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile No 67. Métodos de evaluación del riesgo para portafolios de inversión. Marzo de 2000.

**PRESSMAN, Roger,** Ingeniería del Software 5ª edición. McGraw-Hill Interamericana, 2000.

**VELEZ ROMERO, Gustavo Adolfo.** Desarrollo de un material educativo computarizado para la asignatura “geología del petróleo”. Trabajo de Grado. Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga, 2006.

## 9. ANEXOS

**A.** Encuestas con las respuestas de los estudiantes como resultado de la prueba de campo efectuada.

**B.** Imagen del código fuente que describe el algoritmo genético de VPI 2.0 actualizado y adaptado a las nuevas funcionalidades.

## A. MUESTRA DE LAS ENCUESTAS LLENADAS POR ESTUDIANTES DE ECONOMETRÍA II

CUESTIONARIO A LOS ESTUDIANTES

Nombre Lara Natalia Maldonado Rodriguez

Código 2062135 . Curso econometria 2

¿QUÉ OPINA SOBRE VPI 1.0?

Este cuestionario se compone de 20 afirmaciones. Usted puede dar su opinión sobre lo afirmado en cada frase, utilizando las alternativas SI o NO, argumentando su respuesta cuando lo considere pertinente. Si desea hacer recomendaciones u opiniones adicionales, utilice el respaldo de estas páginas para hacerlo.

1. He disfrutado con el uso de este apoyo educativo.

SI  NO

Se ve de facil entendimiento

2. Después de haber utilizado la herramienta, creo que necesito profundizar mucho más en el tema de la valoración de portafolios de inversión diversificados según su valor de riesgo.

SI  NO

es necesario saber mas sobre el tema para saber cuando comprar.

3. Creo que los contenidos del programa son suficientes para trabajar el tema.

SI  NO

pero seria interesante jugar tambien con acciones de la bolsa para aprender

4. La información de retorno dada por el programa fue adecuada para saber cuánto estaba aprendiendo.

SI  NO

5. Sentí que el software cubría la documentación y los contenidos requeridos para apoyar mi aprendizaje en el tema.

SI  NO

---

6. Los contenidos presentados por la aplicación son muy difíciles de comprender.

SI  NO

pero sería mejor que sea visualmente más llamativo,

7. Utilizando esta ayuda aprendí elementos que anteriormente no había entendido.

SI  NO

---

8. Pienso que los contenidos presentados por este programa son de poco uso práctico.

SI  NO

---

9. Este paquete educativo hace que los contenidos adquieran un excelente grado de claridad.

SI  NO

pero le falta un poquito más de claridad, se obtienen con la claridad de los conceptos del Portafolio; que serán mejor explicadas

10. Me parece que el tipo de simulaciones que ofrece esta herramienta es el adecuado.

SI  NO

---

11. El software me dio la oportunidad de ejercitarme suficientemente en el manejo de mis conocimientos sobre el tema.

SI  NO

pero se obtiene afidez de la practica

12. Pienso que el uso de esta ayuda computacional desmotiva al estudiante en su aprendizaje.

SI  NO

pero si falta un poco mas de claridad; en cuanto a los conceptos si se saben los conceptos y el movimiento real del portafolio

13. El nivel de exigencia de los ejercicios presentados corresponde a lo enseñado en clase.

SI  NO

14. El programa me permite ir a mi propio ritmo de aprendizaje.

SI  NO

15. Pienso que los procesos de aprendizaje apoyados por material educativo computarizado tienen ventajas sobre los que no utilizan estos medios.

SI  NO

es lo que manejan las empresas,

16. Este apoyo computacional me ayudó a aprender lo más importante del tema.

SI  NO

17. Después de haber utilizado el programa me siento en capacidad de aplicar lo aprendido.

SI  NO

Me falta practica.

18. Durante todo el tiempo que utilicé el programa, siempre me mantuve animado a realizar las actividades propuestas.

SI  NO

La conferencia estuvo interesante pero falta un poco mas de claridad al explicar el proceso PASO POR PASO.

19. Existe armonía en el diseño de los módulos en cuanto a colores, tipo de letra, gráficos y efectos visuales.

SI  NO

Le cambiaría el fondo blanco por otro mas llamativo.

20. Los gráficos y efectos visuales ayudan a entender el tema.

SI  NO

Son claros.

Cualquier observación o recomendación adicional, por favor utilizar el respaldo de estas páginas.

Muchas gracias por sus aportes, son de gran valor para este proyecto.

**B. IMAGEN DEL CÓDIGO FUENTE QUE DESCRIBE EL ALGORITMO GENÉTICO DE VPI 2.0 ACTUALIZADO Y ADAPTADO A LAS NUEVAS FUNCIONALIDADES DE LA HERRAMIENTA.**

```

332 //Esta es la función de comparación usada por el mecanismo
333 //burbuja que ordena las soluciones de la mejor a la peor.
334 //*****
335 //indexNo: índice de la solución uno en la lista de soluciones (la mejor es la de índice 1)
336 //indexDos: índice de la solución uno en la lista de soluciones
337 //Result: el resultado: 1= es mejor la Uno, 2= es mejor la Dos.
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```