

Universidad de las Ciencias Informáticas
Facultad 3



**Título: Modelación de una Base de Conocimientos.
Aplicación de la Teoría de Errores.**

*Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas*

Autor: Nayalys Santiesteban Peña

Tutores: MSc. Roberto Millet Luaces

Dr.Sc. Ernesto González Díaz

Ciudad Habana, Junio 2007
“Año 49 de la Revolución”

“La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica”

Aristóteles

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo: **Nayalys Santiesteban Peña** declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo a la Facultad 3 y al Departamento de Informatización de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Nayalys Santiesteban Peña

Tutor: Roberto Millet Luaces

OPINIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE DIPLOMA

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mi tutor Roberto Millet Luaces por su gran empeño y preocupación a lo largo de todo este tiempo; mis abuelos Flora Suárez Lugo y Luciano Rivero Sarría, que con su amor, cariño, empeño y preocupación me han apoyado en mi realización profesional. A mi amigo Anner Michel Agüero Borrego por ser tan incondicional y brindarme su apoyo en todo momento.

A mi madre Osdalis de la Concepción Peña Suárez, a mi familia y a mi novio. De forma general, a todas las personas que han dado su aporte en la realización de este trabajo de diploma en particular a: Julio César Ortega Díaz.

Por último, quiero agradecer a alguien que siempre ha estado conmigo de corazón, que siempre me ha apoyado en los momentos más difíciles de mi vida dándome lo mejor de sí, una persona maravillosa a quien quiero mucho:

“José Carlos Zayas Fernández”.

DEDICATORIA

A mi tutor Roberto Millet Luaces que con tanto esmero, optimismo y dedicacion ha hecho posible la realización de esta investigación.

RESUMEN

La medición del conocimiento es muy útil de tener en cuenta en los estudiantes, pues permite conocer en que medida está desarrollado nuestro nivel cognoscitivo y al mismo tiempo, determinar en que parte de los conocimientos adquiridos se es mejor para posteriormente utilizarlos de forma óptima y en el lugar preciso.

Las intenciones de la investigación están basadas en establecer un modelo que permita la medición cuantitativa del conocimiento, al que luego se aplica un análisis de la teoría de errores y se valoran algunos aspectos teóricos relacionados con la teoría de la Incertidumbre que permitirán la optimización de los errores y validarán en gran medida el modelo obtenido. De forma general se crea una base teórica definiendo conceptos como: Inteligencia según psicología, Inteligencia Artificial, Teoría de Errores de forma general, Teoría de la Incertidumbre, así como la descripción de herramientas y técnicas utilizadas en la obtención del modelo, en estas técnicas se destaca la Consulta a Expertos, fundamental para la validación de las variables independientes. En las consultas aplicadas se utilizó elementos del método Delphi de la Consulta de Expertos, además, se realiza un amplio análisis de la teoría de errores ya aplicada a los modelos, al mismo tiempo se hace referencia a lo importante que resulta los análisis de Incertidumbre para la validar los resultados obtenidos., finalmente se realizan los análisis estadísticos correspondientes.

Se obtuvieron distintas relaciones entre las variables que dan un acercamiento cuantitativo de cómo medir el conocimiento, aspecto muy novedoso en esta investigación realizada.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1: FUNDAMENTACION TEORICA.....	6
1.1 Teoría de la Inteligencia.....	6
1.1.1 Criterios de algunos psicólogos	7
1.2 Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner	7
1.2.2 Inteligencia Lógico-matemática.....	8
1.2.3 Inteligencia Espacial	8
1.2.4 Inteligencia Interpersonal.....	8
1.2.5 Inteligencia Intrapersonal.....	8
1.2.6 Inteligencia Naturalista	9
1.2.7 Importancia de la definición de Gardner	9
1.3 Medición de la Inteligencia.....	10
1.3.1 Críticas a los tests de inteligencia	11
1.4 Inteligencia de los estudiantes de la UCI.....	11
1.5 Herramientas y métodos utilizados.....	12
1.5.1 Consulta de Expertos	12
1.6 Lógica Difusa.....	13
1.7 Inteligencia Artificial	14
1.7.1 Surgimiento de la IA.....	15
1.8 Incertidumbre	16
1.8.1 Definiciones Preliminares	16
1.8.2 Evaluación de la Incertidumbre según su tipo	17
1.8.2 Necesidad de asegurar la Incertidumbre de los resultados	18
1.9 Teoría de Errores.....	21
1.9.1 Importancia de la Teoría de Errores.....	22
1.9.2 Clasificación de los errores de los medios de medición	22
1.10 Descripción de las herramientas y técnicas utilizadas	24
1.10.1 Prolog.....	24
1.10.2 Asistente de Base de Datos Access.....	24
1.10.3 Consulta a Expertos	24
1.10.4 Entrevista a especialistas.....	25
1.10.5 Statgraphics.....	25
1.10.6 Ajuste de Curvas. Método de los Mínimos Cuadrados.....	25
CAPITULO 2: MODELACION DEL CONOCIMIENTO	26
2.1 Introducción	26
2.2 Consulta de Expertos	26
2.2.1 Método Delphi	27
2.2.2 Ventajas del método.....	27
2.2.3 Tratamiento Estadístico realizado.....	32
2.2.3.1 Gráficos obtenidos	32
2.2.3.2 Resumen estadístico sobre el criterio de Expertos.....	34

2.3 Obtención del Modelo.....	34
2.4 Obtención de las gráficas de los submodelos	37
2.4.1 Gráfico de Relación A2 con A1	37
2.4.2 Gráfico de Relación A2 con A3.....	37
2.4.5 Resumen Estadístico de las gráficas	39
2.5 Método de los Mínimos Cuadrados	43
2.6 Interpretación de los Resultados	46
2.7 Reglas de Producción.....	46
CAPITULO 3: APLICACIÓN DE LA TEORIA DE ERRORES. MODELO DEL	
CONOCIMIENTO EN TRES DIMENSIONES.	49
3.1 Introducción	49
3.2 Errores en los instrumentos de medición.....	49
3.3 Errores de la medición	51
3.4 Resultado de la medición	54
3.5 Análisis Teórico de la Incertidumbre.....	54
3.5.1 Incertidumbre estándar combinada.....	55
3.6 Incertidumbre de la medición del conocimiento.....	56
3.7 Modelo en tres dimensiones.....	57
3.7.1 Ajuste de superficies	57
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES.....	61

INTRODUCCION

La inteligencia es la cualidad que permite a los hombres comprender e interactuar con el mundo que nos rodea. Es la forma en que procesamos, razonamos y relacionamos los conocimientos. Históricamente se ha considerado la inteligencia como un todo, pero en la actualidad existen teorías como la de Howard Gardner, que relacionan este concepto con una amplia variedad de habilidades, y competencias para relacionarlos con el entorno en que se vive. Se tiene cierta predilección por la inteligencia lógico-matemática, posiblemente la más estudiada y medida a través de un indicador: el cociente intelectual. Generalmente, se concibe a la inteligencia como la capacidad para aprender o comprender.

El científico y psicólogo Howard Gardner define la inteligencia como:

“la capacidad de resolver problemas o elaborar productos que sean valiosos en una o más culturas”.

Antecedentes

La investigación sobre la inteligencia se inicia con los estudios de Broca (1824-1880), que estuvo interesado en medir el cráneo humano y sus características, y por otra parte descubrió la localización del área del lenguaje en el cerebro. Al mismo tiempo, Galton (1822-1911) bajo la influencia de Darwin, realizaba sus investigaciones sobre los genios, donde aplicaba la campana de Gauss.

Se ha avanzado mucho en las teorías sobre la inteligencia, pero no se puede decir que se haya llegado a conclusiones de aceptación general. En la última década del siglo XX se han producido una gran variedad de conceptos sobre las “inteligencias”, que ha revitalizado la discusión sobre el tema.

Tomando como base estos elementos de la Psicología y los estudios de la asignatura Inteligencia Artificial (IA) recibida en la carrera, en este trabajo se pretende obtener un modelo matemático, que permita "medir" el conocimiento a estudiantes de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas en la UCI teniendo en cuenta el grado de inteligencia de los mismos; es importante resaltar que según las investigaciones realizadas, el conocimiento sólo es posible medirlo de forma cualitativa; para obtener el modelo es necesario recopilar una serie de datos referentes a su desempeño docente, productivo e investigativo, entre otras actividades que son tenidas en cuenta, así como la aplicación del test de Inteligencias Múltiples diseñado por el psicólogo Howard Gardner, los cuales van a ser procesados mediante los software Prolog, y Weka que posibilitarán encontrar la base de datos a procesar en la obtención de los modelos que relacionan las variables.

Para el procesamiento de los datos de base se utilizan técnicas de la IA como la programación lógica en lenguaje Prolog y el software Weka en el procesamiento de los datos, esto se concreta a partir de la elaboración de una base de conocimientos con información de estudiantes. La información consiste en resultados docentes, participación en eventos, y de forma general, parámetros que permiten valorar tanto el desempeño académico como la integralidad del estudiante.

Actualidad e importancia del trabajo

Actualmente no existen referencias sobre la existencia de un modelo que permita "medir" el conocimiento aplicándole la teoría de la incertidumbre, que es la validación de los resultados en el proceso de medición una vez presentadas todas las condiciones para que se cometa el mínimo de error. La certificación de la incertidumbre le da un sello de calidad a un producto terminado, este producto puede ser un software o un modelo, en este caso, se hará un análisis para minimizar los errores.

Problema Científico

Necesidad de obtener la aproximación de un modelo que simule la medición del conocimiento con el mínimo de errores posibles.

Objeto de Estudio

Proceso de medición del conocimiento a partir de una Base de Conocimientos validada por múltiples criterios de diferentes expertos.

Campo de Acción

Modelación matemática aplicada en proyectos productivos la UCI

Objetivo General

Obtener un modelo matemático (conjunto de submodelos) que permitan la medición del conocimiento, validado mediante la aplicación de técnicas estadísticas en el análisis de la Teoría de Errores aplicadas a los resultados obtenidos en la Base de Conocimientos.

Objetivos Específicos

- 1) Utilización de elementos de la Consulta de Expertos y Análisis Multicriterial con el propósito de validar las variables utilizadas para la simulación de los modelos..
- 2) Aplicación de conceptos de la Incertidumbre en el modelo que simula la medición del conocimiento.
- 3) Utilización de los software Weka y Prolog para obtener las reglas de producción.
- 4) Optimizar los errores en el modelo para darle una mayor confiabilidad.

Hipótesis

Si se tiene una Base de Conocimientos lo suficientemente real, se podrá obtener un modelo óptimo con el mínimo de errores posibles que simule un acercamiento a la medición cuantitativa del conocimiento.

Las variables definidas para la investigación son:

Variable Independiente

Reglas de Producción con sus grados de certeza, obtenidas con Prolog.

Variable Dependiente

Modelo que simule la medición del conocimiento

Tareas de Investigación

- 1) Realización de entrevistas a dieciocho especialistas de diferentes disciplinas.
- 2) Realización del test de Inteligencias Múltiples a los estudiantes de tercero y cuarto año de la facultad 3.
- 3) Análisis teórico de Incertidumbre al modelo que se pretende obtener.
- 4) Aplicación del asistente estadístico Statgraphics para realizar el análisis de Incertidumbre.
- 5) Utilización del Weka y el Prolog en la obtención de Reglas de Producción.
- 6) Utilización del Método de los Mínimos Cuadrados para el ajuste de curvas y de superficies.

Aplicación de métodos científicos de investigación

Están presentes varios métodos teóricos. El **método analítico-sintético** se aplicó a través de la búsqueda de información bibliográfica en diferentes fuentes, y documentos en Internet y otros. El **método inductivo-deductivo** se aplicó en el análisis de la información obtenida, a partir de la adaptación y generalización de los contenidos. La **modelación** se refleja en el tratamiento dado a la obtención del modelo.

Se utiliza la **entrevista, y la consulta** a profesionales de la Informática y otras especialidades, además de la aplicación del test a estudiantes.

Se entrevistaron especialistas de diferentes ramas como: Psicología, Cibernética, Automática, Física, Matemática, Contabilidad, e Ingeniería Informática.

El test de Inteligencia se aplicó a una muestra de estudiantes de la UCI para un análisis de la medida del grado de inteligencia.

CAPITULO 1: FUNDAMENTACION TEORICA

1.1 Teoría de la Inteligencia

“La inteligencia es la capacidad de resolver problemas o elaborar productos que sean valiosos en una o más culturas”.

Howard Gardner

Una de las definiciones de inteligencia que mejor se adaptan a nuestra forma de entender el término, es la que nos dice que inteligencia, es "la aptitud que nos permite recoger información de nuestro interior y del mundo que nos circunda, con el objetivo de emitir la respuesta más adecuada a las demandas que el vivir cotidiano nos plantea", según acuerdo generalizado entre los estudiosos del tema depende de la dotación genética y de las vivencias que experimentamos a lo largo de la vida.

En psicología, la inteligencia se define como la capacidad de adquirir conocimiento o entendimiento y de utilizarlo en situaciones novedosas. En condiciones experimentales se puede medir en términos cuantitativos el éxito de las personas a adecuar su conocimiento a una situación o al superar una situación específica.

Se puede decir que el concepto de inteligencia engloba un conjunto de aptitudes (aprendizaje, memoria, almacenamiento de información, percepción selectiva, habilidades sociales, etc.) que permite al ser humano adaptarse al mundo que le rodea y solucionar sus problemas con eficacia.

Otro concepto define la inteligencia como la capacidad y habilidad para responder de la mejor manera a las exigencias que nos presenta el mundo, para reflexionar, cavilar, examinar, revisar, acumular datos, conocer significados, responder según la lógica, y tomar decisiones rápidas y confusas.

El diccionario RAE define la inteligencia como la capacidad de entender o comprender, pero no hay una sola sino varios tipos, muchas veces depende de los valores o la cultura de cada sociedad, otras de las funciones del que la usa o la define.

1.1.1 Criterios de algunos psicólogos

Según Guilford:

“Es un modelo factorial en el que existe una gran variedad de habilidades intelectuales, que si bien están vinculadas entre si, poseen características distintivas”.

“La inteligencia es la habilidad para tomar y mantener determinada dirección, adaptarse a nuevas situaciones y tener la habilidad para criticar los propios actos”.

Alfred Binet

1.2 Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner

Gardner considera la Inteligencia como la capacidad que tiene el ser humano de desarrollarse en un ámbito determinado, es decir, no ve la misma como un todo, sino que define ocho tipos de Inteligencia por separado, plantea que cada una de ellas está contenida en las personas y aunque se relacionen, son independientes y el desarrollo de una, no implica el desarrollo de otra.

Los tipos de inteligencia que Gardner propone son: Lingüística, Lógico - Matemática, Espacial, Interpersonal, Intrapersonal, Corporal-Cinestésica, Musical y Naturalista.

1.2.1 Inteligencia Lingüística

Es la capacidad de usar las palabras de manera efectiva, en forma oral o escrita. Incluye la habilidad en el uso de la sintaxis, la fonética, la semántica y

los usos pragmáticos del lenguaje (la retórica, la mnemónica, la explicación y el metalenguaje).

1.2.2 Inteligencia Lógico-matemática

Es la capacidad para usar los números de manera efectiva y de razonar adecuadamente. Incluye la sensibilidad a los esquemas y relaciones lógicas, las afirmaciones y las proposiciones, las funciones y otras abstracciones relacionadas.

Alto nivel de esta inteligencia se ve en científicos, matemáticos, contadores, ingenieros y analistas de sistemas, entre otros.

1.2.3 Inteligencia Espacial

Es la capacidad de pensar en tres dimensiones. Permite percibir imágenes externas e internas, recrearlas, transformarlas o modificarlas, recorrer el espacio o hacer que los objetos lo recorran y producir o decodificar información gráfica.

En los informáticos este tipo de inteligencia es muy importante pues para desarrollar un software con calidad es necesario un alto nivel abstracción.

1.2.4 Inteligencia Interpersonal

Es la capacidad de entender a los demás e interactuar eficazmente con ellos. Incluye la sensibilidad a expresiones faciales, la voz, los gestos y posturas y la habilidad para responder. Presente en actores, políticos, buenos vendedores y docentes exitosos, entre otros.

1.2.5 Inteligencia Intrapersonal

Es la capacidad de construir una percepción precisa respecto de sí mismo y de organizar y dirigir su propia vida. Incluye la autodisciplina, la autocomprensión y la autoestima. Se encuentra muy desarrollada en teólogos, filósofos y psicólogos, entre otros.

1.2.6 Inteligencia Naturalista

Es la capacidad de distinguir, clasificar y utilizar elementos del medio ambiente, objetos, animales o plantas. Tanto del ambiente urbano como suburbano o rural. Incluye las habilidades de observación, experimentación, reflexión y cuestionamiento de nuestro entorno.

1.2.7 Importancia de la definición de Gardner

Gardner con su Teoría de las Inteligencias Múltiples, revoluciona el concepto de Inteligencia como un todo, que existía hasta el momento, pues plantea y propone que la inteligencia humana no es una entidad sólida, única y general, sino que es posible hablar de ocho tipos de inteligencias, cada una con procesos cognitivos particulares y con historias de desarrollo diferentes, donde cada individuo sería capaz de desarrollar cada una de estas inteligencias de acuerdo a sus habilidades y de acuerdo al entorno donde se desenvuelva, todo individuo tendrá un perfil intelectual dependiendo de sus fortalezas y debilidades en cada una de ellas. Además, amplía el campo de lo que es la inteligencia y reconoce que la brillantez académica no lo es todo, pues esta cualidad no es suficiente para desenvolvernos en los demás campos de la vida; para alcanzar el triunfo en cualquier rama se requiere de inteligencia, pero en cada campo se utiliza un tipo de inteligencia distinto; define la inteligencia como una capacidad.

Precisamente por las razones antes expuestas, se decidió utilizar el criterio de la Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner, puesto que se quiere realizar un estudio para conocer cómo se comportan cada una de estas inteligencias en estudiantes de la UCI, se decidió darle un mayor peso a los tipos de inteligencia: Lógico _ Matemática y Espacial que son las que más se vinculan con la carrera de Ingeniería Informática, con el propósito de encontrar un modelo que permita la “medición” del conocimiento teniendo en cuenta criterios de Inteligencia.

1.3 Medición de la Inteligencia

Uno de los mecanismos para medir la Inteligencia es a través de la aplicación de los tests; un test de inteligencia es una prueba diseñada específicamente para medir aptitudes, conocimientos y capacidades del individuo. Consta de un conjunto de preguntas o ejercicios comunes para todos los sujetos, llamados items, cuya función es determinar cuantitativamente los conocimientos o destrezas. El test se evalúa por comparación: se compara la puntuación de un individuo específico con la de un grupo de sujetos que ha sido sometido a la misma prueba.

Existen varios tipos de tests:

- Test de conocimientos adquiridos
- Test de aptitudes
- Test de inteligencia
- Test de actitudes e intereses

Se usará en la investigación el tipo Test de Inteligencia, debido al interés de conocer en una medida cuantitativa el grado de inteligencia de los estudiantes.

Otra de las formas de medir inteligencia, es a través de la determinación del Cociente de Inteligencia (CI), es la medida de la inteligencia más utilizada por los psicólogos. El CI establece una relación entre la edad cronológica y la edad mental de un individuo. La edad mental es un supuesto teórico basado en una hipótesis de Binet, según la cual las personas poseen un nivel mental específico para cada edad cronológica. Actualmente, por pura convención científica, se considera que la edad mental de un individuo puede expresarse numéricamente; exactamente es la puntuación obtenida por ese individuo en un test de inteligencia diseñado para calcular esa medida.

1.3.1 Críticas a los tests de inteligencia

Muchos psicólogos han llamado la atención sobre las connotaciones puramente académicas de los tests de inteligencia. Según ellos, sirven para medir el rendimiento académico pero no la inteligencia general. También se les acusa de etnocentrismo. Existencia de homogeneidad o consistencia interna de los tests; algunos psicólogos han señalado que es muy difícil probar que todos los items de una prueba concreta midan una misma habilidad.

Para medir la inteligencia a los estudiantes de la UCI, se aplicará el test de Inteligencias Múltiples de Gardner, el cual está dividido en 8 sesiones, cada una con el cuestionario de preguntas correspondiente al tipo de Inteligencia en una escala de uno a cien puntos cada sesión; el test de acuerdo a las respuestas dadas, proporciona una puntuación final por cada tipo de inteligencia, los resultados obtenidos son fundamentales para su posterior modelación. Se considera el más completo para obtener la puntuación de una muestra de estudiantes de la UCI, en cada uno de los tipos de inteligencia,

1.4 Inteligencia de los estudiantes de la UCI

En la Universidad de Ciencias Informáticas el plan de estudio está concebido de tal forma que los proyectos productivos e investigativos juegan un rol importante en el desarrollo de habilidades cognitivas de los estudiantes; por las características de esta alta casa de estudios se hace necesario seleccionar estudiantes capaces de enfrentar tareas productivas de gran envergadura. ¿Cómo seleccionar estos estudiantes?

A partir de la obtención de un modelo que permita la medición del conocimiento de los estudiantes para seleccionar a aquellos que tengan las características idóneas para enfrentar esta tarea, para esto se utilizará una base de datos donde se almacena información importante de los estudiantes de una facultad conteniendo las variables a tener en cuenta para dicha medición.

Para ingresar a la UCI se realizan las llamadas pruebas de actitud, las cuales no son más que varios tests donde se miden mayormente algunas habilidades

del estudiante pero no conocimiento. Debido a las particularidades de la carrera que allí se cursa, es muy necesario que los estudiantes tengan una buena preparación en las Ciencias Básicas como Matemática y Física, así como igualmente deben tener un amplio razonamiento lógico para poder enfrentar las asignaturas de la carrera sin dificultades. Según las exigencias y criterios de profesores que tienen experiencia calificando estos test, consideran que los

mismos no tienen todo el rigor requerido para medir las capacidades correctamente, es decir, consideran que son necesarios pero no suficientes. Por este motivo se quiere encontrar un modelo que mida el nivel de conocimiento que tienen los estudiantes de la UCI, para tener una idea del nivel medio que deben tener los aspirantes y adaptar este modelo con los parámetros a tener en cuenta, para realizar una mejor selección de los futuros profesionales de la carrera.

Para la obtención del modelo es necesario medir la inteligencia a estudiantes, pues se quiere lograr con el mismo simular la medición del conocimiento, teniendo en cuenta la inteligencia, este modelo constituirá un punto de partida en este sentido.

Es válido reiterar que el conocimiento solo se puede medir de forma cualitativa y precisamente, se quiere obtener un modelo que constituya un punto de partida, para el acercamiento a la medición cuantitativa del conocimiento. Para esto se tuvieron en cuenta varios parámetros como: el promedio académico, participación en eventos científicos y resultados, ayudantía, responsabilidad estudiantil, resultados del test de inteligencias múltiples de Gardner, entre otros.

1.5 Herramientas y métodos utilizados

1.5.1 Consulta de Expertos

Con propósito de valorar si las variables independientes a utilizar sirven de base para la obtención del modelo, se utilizan elementos de la Consulta de Expertos, técnica que consiste en la aplicación de encuestas a diferentes

expertos para llegar a un consenso sobre la validación de las variables a utilizar, en el capítulo siguiente se explica el procedimiento detalladamente.

Con el avance científico técnico que tiene lugar en estos momentos por el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías, los conocimientos científicos y tecnológicos han evolucionado constantemente. La ciencia y la tecnología constituyen pilares insustituibles en los avances de la humanidad.

En este trabajo se muestra la importancia que tiene desarrollar el modelo con la correcta selección de los parámetros que permiten medir el conocimiento, teniendo en cuenta el criterio de especialistas profesionales. Se trata de dar más carácter científico al análisis del experto humano, ya que los niveles de conocimiento que se involucran en la "Consulta de Expertos" son muy particulares y específicos; la correcta aplicación del "**Método Delphi**" como parte del análisis multicriterial permite el alcance de otras vías de análisis en la investigación además de esclarecer la necesidad de incorporar a este modelo, conceptos de la Lógica Difusa que permitan mayor solidez al cuestionario de preguntas a responder por los expertos una vez hecho el análisis estadístico correspondiente.

1.6 Lógica Difusa

La lógica difusa es una parte de la lógica matemática que viene dada por la evidencia siguiente: no siempre algo es "blanco" o "negro" ("verdadero" o "falso"), sino que de algunas proposiciones no se puede afirmar con precisión cuál es su valor de verdad en términos únicamente de estas dos posibilidades, ya que estas proposiciones permiten un "grado" de veracidad que puede ir de la nada al todo, pasando por estados intermedios como "poco", "un poco más", "algo", "bastante", "mucho". Por ejemplo, ante una proposición como "un alumno es inteligente", hasta el momento no podemos concluir con un categórico "sí" o "no", sino que nos encontramos con que la respuesta puede tener un buen número de matices.

En cambio, no es una buena idea usarla cuando algún modelo matemático ya soluciona eficientemente el problema, cuando los problemas son lineales o cuando no tienen solución.

Esta técnica se ha empleado con bastante éxito en la industria, principalmente en Japón, y cada vez se está usando en gran multitud de campos. La primera vez que se usó de forma importante fue en el metro japonés, con excelentes resultados. A continuación se citan algunos ejemplos de su aplicación:

- Sistemas de control de acondicionadores de aire
- Sistemas de foco automático en cámaras fotográficas
- Electrodomésticos familiares (Frigoríficos, lavadoras...)
- Optimización de sistemas de control industriales
- Sistemas de reconocimiento de escritura (Inteligencia Artificial)
- Mejora en la eficiencia del uso de combustible en motores
- Sistemas expertos del conocimiento (simular el comportamiento de un experto humano, Inteligencia Artificial)
- Tecnología informática
- Bases de datos difusas: Almacenar y consultar información imprecisa. Para este punto, por ejemplo, existe el lenguaje FSQL.
- ...y, en general, en la gran mayoría de los sistemas de control que no dependen de un Sí/No

En la investigación se hará uso de la lógica difusa en el análisis de Expertos, específicamente en el criterio de las respuestas a las preguntas formuladas

1.7 Inteligencia Artificial

El análisis de la información recopilada, sobre el desempeño académico de los estudiantes, se realiza con la aplicación de técnicas de la IA, concretamente se elabora una base de conocimientos en Prolog, y se ponen en práctica otros contenidos relevantes de la IA.

La Inteligencia Artificial es una rama de la Ciencia de la Computación dedicada a la creación de hardware y software que imita el pensamiento humano. El

objetivo principal de esta ciencia es llevar a las computadoras en gran medida, las capacidades humanas, haciéndolas más inteligentes, es decir, que sean capaces de razonar, de pensar y dar respuestas a problemas, como lo haría un humano; también se ocupa de la representación, adquisición y procesamiento de conocimientos de forma automatizada, además de la arquitectura de los programas para estas actividades y de los lenguajes en los que se expresan tales programas; se dedica al estudio de nuevas formas de representación del conocimiento, métodos de solución de problemas, razonamiento con incertidumbre y otras.

Son innumerables los campos de aplicación de las técnicas de IA como por ejemplo: en los juegos de ajedrez, solución general de problemas (simplificadores de fórmulas matemáticas, planificadores), los Sistemas Expertos, la Robótica, las Redes Neuronales.

1.7.1 Surgimiento de la IA

A partir del surgimiento de los ordenadores, se ha visto la posibilidad de considerar las actividades de estos como una manifestación de inteligencia. El hombre, con el desarrollo de la ciencia y la tecnología, ha querido reflejar su inteligencia en las computadoras para su propio beneficio, es por eso tiene lugar el nacimiento de una nueva ciencia conocida como Inteligencia Artificial, podemos decir que es la ciencia que se encarga de modelar la inteligencia humana en sistemas computacionales.

La I.A. es una rama de la Ciencia de la Computación dedicada a la creación de hardware y software que imita el pensamiento humano. Su principal objetivo es llevar a la computadora las amplias capacidades del pensamiento humano y, para ello, se convierten a las computadoras en “entes inteligentes” con la creación de software que les permite imitar algunas de las funciones del cerebro humano en aplicaciones particulares. El fin no es reemplazar al hombre, sino proveerlo de una herramienta poderosa para asistirlo en su trabajo. Incluye varios campos de desarrollo tales como: la robótica, usada principalmente en el campo industrial; comprensión de lenguajes y traducción;

visión en máquinas que distinguen formas y que se usan en líneas de ensamblaje; reconocimiento de palabras y aprendizaje de máquinas; sistemas computacionales expertos; las Redes Neuronales, que se tratarán en el capítulo siguiente vinculadas a la Teoría de Errores.

Los trabajos iniciales dentro del campo de la I.A. estuvieron dirigidos a emular el proceso del pensamiento humano. Resultados relevantes fueron el intento de Newell, Shaw y Simón de crear un Solucionador General de Problemas (GPS), así como el éxito alcanzado a fines de la década de los 50 e inicios de los años 60 por Roseblatt al crear los Perceptrons. En ambos casos, otros autores se encargaron de demostrar las limitaciones de ambos intentos.

Sin embargo, en América los trabajos en I.A. siguieron otra dirección. Se planteaba que, si bien no existía una teoría universal de la inteligencia, sí era posible crear inteligencias especializadas.

1.8 Incertidumbre

1.8.1 Definiciones Preliminares

Mensurando: Magnitud particular sujeta a medición.

Incertidumbre de una medición: Parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos al mensurando.

Coefficiente de Correlación: Es una medida de la dependencia relativa mutua, entre dos variables, igual la razón de sus covarianzas y al producto de sus varianzas, el valor de este coeficiente se encuentra entre un intervalo (-1,1).

Incertidumbre estándar: Es la incertidumbre de una medición expresada como una desviación estándar.

La guía ISO 3534-1 define incertidumbre como una estimación unida al resultado de un ensayo que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se afirma que está el valor verdadero; se define como un “parámetro asociado al resultado de una medida que caracteriza el intervalo de valores que

puede ser razonablemente atribuidos al mensurando”; refleja duda acerca de la veracidad del resultado obtenido una vez que se han evaluado todas las posibles fuentes de error y que se han aplicado todas las correcciones oportunas.

1.8.2 Evaluación de la Incertidumbre según su tipo

- *Incertidumbre Tipo A*

Método para evaluar la incertidumbre mediante el análisis estadístico de un conjunto de observaciones.

- *Incertidumbre Tipo B*

Método para evaluar la incertidumbre mediante otro método que no sea el análisis estadístico de un conjunto de observaciones.

- *Incertidumbre Estándar Combinada*

Incertidumbre Estándar del resultado de una medición cuando se obtiene a partir de los valores de algunas otras magnitudes.

- *Incertidumbre Expandida*

Cantidad que define un resultado alrededor de una medición del que se puede esperar que abarque una fracción grande de la distribución de valores que pudieran ser atribuidos al mensurando.

- Factor de Cobertura

Factor numérico utilizado como coeficiente de la incertidumbre estándar combinada con el propósito de obtener una Incertidumbre Expandida. Generalmente este valor esta entre 2 y 3.

La palabra incertidumbre significa duda. Incertidumbre de medición significa duda en la validez en los resultados de medición y es el parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores, que pudiera ser atribuido al mensurando. El parámetro puede ser una

desviación estándar o un múltiplo dado de ella, o la mitad del ancho de un intervalo con un nivel de confianza establecido.

Por tanto, la incertidumbre da una idea de la calidad del resultado ya que nos muestra un intervalo alrededor del valor estimado dentro del cual se encuentra el valor tomado como verdadero.

Según los estudios realizados y la amplia bibliografía consultada, en la rama de la informática aún queda mucho por investigar y profundizar en relación a la aplicación de la Incertidumbre en mediciones de alta precisión, esto permitirá la garantía de calidad en los software que salen al mercado internacional, ya que da una medida de la optimización de los errores, por este motivo se pretende vincular, este concepto en el modelo que simula el conocimiento, abriendo los senderos para que en un futuro, no lejano, se profundice en esta dirección que por supuesto está intrínseca en la Inteligencia Artificial.

1.8.2 Necesidad de asegurar la Incertidumbre de los resultados

Hoy día, los laboratorios deben demostrar que sus métodos analíticos proporcionan resultados fiables y adecuados para la finalidad o propósitos perseguidos [UNE-EN ISO/IEC 2000], ya que muchas de las decisiones que se toman están basadas en la información que estos resultados proporcionan.

La fiabilidad de los resultados se demuestra verificando la trazabilidad del método analítico [Riu, 2000] y comprobándola periódicamente mediante la utilización de, por ejemplo, gráficos de control. Sin embargo, además de verificar la trazabilidad, es necesario suministrar un parámetro que proporcione una idea del grado de confianza de los resultados, es decir, que refleje lo que puede alejarse el resultado analítico del valor considerado verdadero. Por tanto, los analistas deben proporcionar resultados trazables y con una incertidumbre asociada.

1.8.3 Conceptos Relacionados

1.8.3.1 Incertidumbre, exactitud y trazabilidad

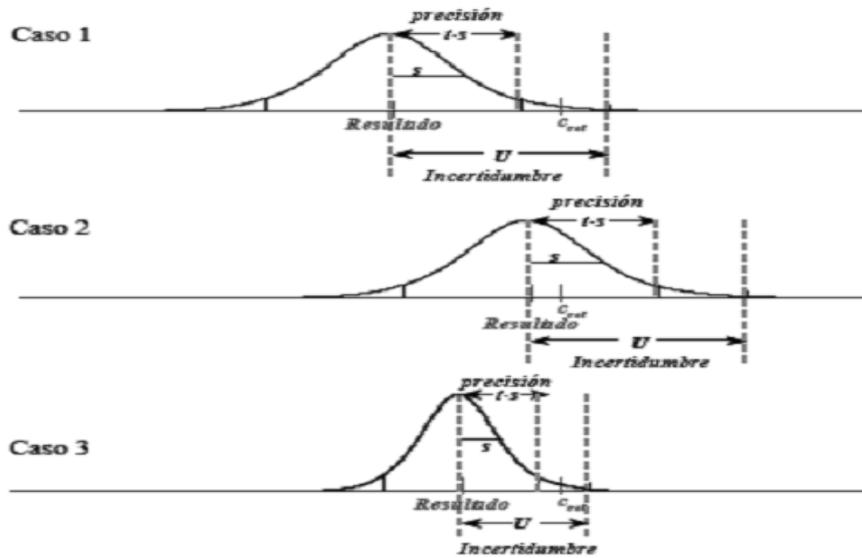
La guía ISO 3534-1 [ISO 1993], define exactitud como “la proximidad en la concordancia entre un resultado y el valor de referencia aceptado“. Como se ha mencionado anteriormente, el término exactitud implica una combinación de componentes aleatorios y un error sistemático o sesgo. Por tanto, la exactitud se expresa como suma de dos términos: la precisión (que como se verá tiene en cuenta la variabilidad de los resultados) y la veracidad (es decir, que los resultados no tengan un error sistemático).

Se puede afirmar que incertidumbre y trazabilidad son conceptos muy relacionados entre sí.

Además, también puede ser necesario incluir en la incertidumbre otros términos asociados, por ejemplo, a la heterogeneidad de la muestra o a tratamientos previos realizados sobre ésta. Ya hemos mencionado la relación entre los conceptos de trazabilidad e incertidumbre.

Es aquí, donde se ve la diferencia más importante entre precisión e incertidumbre Sin embargo, no tiene sentido calcular la incertidumbre si previamente no se ha verificado la trazabilidad del método.

Diferencias entre Incertidumbre y Precisión



La figura muestra las diferencias entre precisión e incertidumbre. En ella se observan los resultados de analizar un material de referencia certificado (CRM) con un valor de referencia c_{ref} . En los casos 1 y 2, el CRM se ha analizado con el mismo método analítico (dos ensayos independientes con el mismo método) mientras que en el caso 3 se ha utilizado otro método más preciso para analizar el CRM. En todos los casos la incertidumbre es mayor que el intervalo de confianza asociado a la precisión. Además, también se observa que el intervalo asociado a la incertidumbre contiene siempre al valor de referencia mientras que el intervalo asociado a la precisión sólo lo contiene en uno de los casos. Esto es debido a que la precisión no considera el término asociado a la verificación de la trazabilidad mientras que la incertidumbre sí que lo considera. Por último, el caso 3 muestra que, normalmente, cuanto más preciso es el método, menor es la incertidumbre de los resultados.

1.8.3.2 Error e incertidumbre

El Vocabulario de Metrología Internacional (VIM) [BIPM, 1993] define el error como “la diferencia entre el resultado obtenido y el valor verdadero del

mensurando". La incertidumbre y el error están relacionados entre sí ya que la incertidumbre debe considerar todas las posibles fuentes de error del proceso de medida. De todas formas, hay importantes diferencias entre ambos conceptos. Por ejemplo, puede darse el caso de que un resultado tenga un error despreciable ya que, por casualidad, este resultado puede estar muy próximo al valor considerado verdadero. Ahora bien, la incertidumbre de este resultado puede ser muy elevada simplemente porque el analista está inseguro del resultado que ha obtenido debido al gran número de fuentes de error que puede tener el método analítico.

Las diferencias entre error e incertidumbre se muestran en la Figura 1.

Se observa que el error cometido en el caso 1 es mucho mayor que el cometido en el caso 2, pero que la incertidumbre asociada a analizar el CRM en ambos casos es la misma porque hemos utilizado el mismo método analítico.

1.9 Teoría de Errores

El resultado de toda medición siempre tiene cierto grado de incertidumbre. Esto se debe a las limitaciones de los instrumentos de medida, a las condiciones en que se realiza la medición, así como también, a las capacidades del experimentador. Es por ello que para tener una idea correcta de la magnitud con la que se está trabajando, es indispensable establecer los límites entre los cuales se encuentra el valor real de dicha magnitud. La teoría de errores establece estos límites.

En ciencias e ingeniería, el concepto de error tiene un significado diferente del uso habitual de este término. Coloquialmente, es usual el empleo del término error como análogo o equivalente a equivocación. El error, está más bien asociado al concepto de incerteza en la determinación del resultado de una medición. El mismo proceso de medición introduce errores o incertezas. Nunca sabremos la medición exacta de la magnitud pero aplicando la teoría de errores podremos conocer las cotas o límites probabilísticos de las incertezas.

Así pues lo que obtendremos será un intervalo que tendría la siguiente forma:

$$\bar{x} - \varepsilon < x < \bar{x} + \varepsilon$$

1.9.1 Importancia de la Teoría de Errores

En el campo de la informática el análisis de los errores atendiendo a su clasificación es de mucho interés, ya que la correcta aplicación optimiza los resultados de una investigación o perfecciona el trabajo en la utilización de los medios de cómputo. En este espacio se hará una clasificación de los errores que de una forma u otra están presentes en los procesos de la informática y en los medios de cómputos incluyendo por supuesto los software utilizados en la actualidad.

1.9.2 Clasificación de los errores de los medios de medición

Según su **origen** los errores pueden clasificarse del siguiente modo

- Error de apreciación
- Error de exactitud
- Error de interacción
- Falta de definición en el objeto sujeto a medición
- Error Nominal
- Error Combinado

De acuerdo a la causa que lo produce:

- Instrumental.
- De método.

Atendiendo a las condiciones del medio:

- Adicional.
- De cálculo.
- De posición.

Atendiendo al valor de la magnitud que se mide:

- Aditivo.
- Multiplicativo.

Por la forma matemática de expresarlo:

- Absoluto.
- Relativo.
- Relativo reducido.

Atendiendo a su naturaleza

- Sistemático
- Causal
- Parásito

Atendiendo a la variación en el tiempo de la magnitud que se mide

- Estático
- Dinámico

Otros tipos de errores

- Error de verificación
- Error de escala
- Error accidental o aleatorio
- Error estadístico
- Error ilegítimo o espurio

Más adelante se hará un análisis más detallado de la teoría de errores aplicada a la medición del conocimiento.

1.10 Descripción de las herramientas y técnicas utilizadas

1.10.1 Prolog

Es un lenguaje de programación lógica. Se trata de un lenguaje de programación ideado a principios de los años 70 en la universidad de Aix-Marseille por los profesores Alain Colmerauer y Phillippe Roussel. Inicialmente se trataba de un lenguaje totalmente interpretado hasta que, a mediados de los 70, David H.D. Warren desarrolló un compilador capaz de traducir Prolog en un conjunto de instrucciones de una máquina abstracta denominada Warren Abstract Machine, o abreviadamente, WAM. Desde entonces Prolog es un lenguaje semi-interpretado. Prolog se enmarca en el paradigma de los lenguajes lógicos, lo que lo diferencia enormemente de otros lenguajes más populares tales como Fortran, Pascal, C.

1.10.2 Asistente de Base de Datos Access

Microsoft Access es un sistema de gestión de bases de datos creado y modificado por Microsoft (DBMS) para uso personal de pequeñas organizaciones. Es un componente de la suite Microsoft Office aunque no se incluye en el paquete básico. Para bases de datos de gran calibre (en cuanto a volumen de datos o de usuarios) es recomendable usar otros sistemas como MySQL o Microsoft SQL Server, y código VBA (Visual Basic para Aplicaciones). Una posibilidad adicional es la de crear ficheros con bases de datos que pueden ser consultados por otros programas.

Debido a que no se trabajará con un gran volumen de información, se decidió utilizar el asistente Access para el procesamiento de los datos, con el objetivo de tener una mejor organización para la realización de las reglas de producción en la Base de Conocimientos. Access le permite crear potentes bases de datos de modo que podrá organizar, analizar y compartir información eficientemente.

1.10.3 Consulta a Expertos

Es una técnica que consiste en realizar una encuesta a expertos de distintas especialidades, para llegar a un acuerdo final sobre la veracidad de lo que se quiere validar o comprobar, posteriormente se realiza un tratamiento estadístico

para determinar si se aceptó el criterio de los expertos .Se aplicará esta técnica para la validación de las variables a utilizar en la Base de Conocimientos que se necesita para la obtención del modelo.

1.10.4 Entrevista a especialistas

Para validar la información contenida en la base de conocimientos a utilizar, fue necesaria la aplicación de una entrevista a especialistas de diferentes ramas como: Informática, Cibernética, Pedagogía, Psicología, Automática, Física y otras, donde se pudo obtener el criterio de cada uno de ellos permitiendo el enriquecimiento de la Base de Conocimientos.

1.10.5 Statgraphics

Es el paquete estadístico y gráfico más sencillo de aprender y utilizar gracias a su diseño intuitivo que facilita la realización de los diversos análisis. Además dispone de facilidades como el StatAdvisor que aporta interpretaciones instantáneas de los resultados; el StatFolio que permite guardar y reutilizar los análisis; gráficos interactivos; StatGallery que permite combinar textos y gráficos múltiples en varias páginas y un diseño de 32-bit que permite manejar problemas de gran magnitud. Se aplica en los siguientes campos: estadística descriptiva, calidad.

1.10.6 Ajuste de Curvas. Método de los Mínimos Cuadrados

Para la obtención del modelo como tal se aplica la regresión lineal, a través del ajuste de curvas utilizando el método de los mínimos cuadrados, que consiste en encontrar la recta que pasa a la distancia mínima de todos los puntos, obtenidos mediante los grados de certeza de las reglas de producción.

Se conoce como regresión lineal, correlación de Pearson o método de mínimos cuadrados, al procedimiento de encontrar la ecuación de la recta "que mejor se ajuste a un conjunto de puntos". El método de mínimos cuadrados nos permite encontrar el grado de correlación lineal entre un conjunto de pares de valores numéricos.

CAPITULO 2: MODELACION DEL CONOCIMIENTO

2.1 Introducción

En este capítulo se hará un análisis que permita valorar desde el punto de vista cualitativo y con un acercamiento a lo cuantitativo, lo relacionado con el conocimiento de estudiantes de la UCI. Para esto es necesario la obtención de un modelo que con un mínimo de error, permita relacionar las variables que intervienen en el proceso del conocimiento. Es importante analizar algunas reglas de producción, obtenidas mediante el Prolog, herramienta práctica para programación lógica, su ventaja principal es la facilidad para programar, ya que se pueden escribir rápidamente y con pocos errores, programas claramente leíbles.

2.2 Consulta de Expertos

Se utilizará la técnica de Consulta de Expertos para validar la elección de las variables independientes del modelo; la Consulta de Expertos consiste en buscar los criterios de varios especialistas de disímiles disciplinas, con el propósito de validar y de tener una base de apoyo que respalde el diseño a utilizar. Se trata de dar un carácter científico al análisis del experto humano, ya que los niveles de conocimientos que se involucran en este método son muy particulares y específicos. La correcta aplicación de elementos del método Delphi como parte del análisis mutlicriterial, permite el alcance de otras vías de análisis en la investigación, además de esclarecer la necesidad de incorporar a este sistema conceptos de la lógica difusa que permiten la mayor solidez al cuestionario de preguntas a responder una vez hecho el análisis estadístico correspondiente.

La consulta, se realiza a través de cuestionarios, para buscar un consenso en un grupo de expertos del ámbito se presupone una forma óptima y contrastada de evaluación.

2.2.1 Método Delphi

El método tiene cuatro etapas sucesivas de envíos de cuestionarios, de los que se sintetizan las respuestas para elaborar la siguiente consulta, hasta llegar a un resultado de consenso.

Tras una primera ronda de preguntas, se realiza la segunda consulta donde los expertos deben volver a responder viendo los resultados de la primera y justificar sus divergencias con el grupo. En la tercera consulta, se pide a cada experto comentar los argumentos que disienten de la mayoría y en el cuarto turno se reclama la opinión sobre el consenso final.

Se busca un consenso que sólo se verá truncado si las posturas son muy distantes, aunque también la presión por el acuerdo puede evitar una buena previsión.

2.2.2 Ventajas del método

Esta técnica tiene la ventaja de eliminar el efecto líder de otros métodos de expertos, pues los encuestados son anónimos entre sí, pero es muy importante para un correcto resultado escoger bien a los testados y definir bien el campo de investigación, con preguntas precisas, cuantificables e independientes.

2.2 Encuesta aplicada a los Expertos

Específicamente, la aplicación de la Consulta de Expertos en la obtención de las variables, se realizó a través de entrevistas a 18 profesionales, especialistas en los campos de: Pedagogía, Contabilidad, Física, Matemática, Cibernética, Automática, Ingeniería Informática, y Psicología.

2.2.1 Cuestionario de preguntas

¿Cuál es su ocupación? Años de experiencia

¿El conocimiento tiene relación con la inteligencia?

¿Las variables que se dan a continuación guardan relación? La pregunta será respondida según los criterios:

Bastante Relación, Relación, Poca Relación, Muy Poca, Ninguna Relación.

- Promedio, Inteligencia
- Inteligencia, Aprendizaje
- Inteligencia, Razonamiento_ Lógico
- Inteligencia, Resultados Docentes
- Capacidad_Interpretación, Inteligencia
- Inteligencia, Test Psicométrico de la UCI
- Test Psicométrico de la UCI, Test de Gardner
- Inteligencia, Razonamiento_Lógico

¿El conocimiento se puede medir?

¿El conocimiento se puede medir cuantitativamente?

¿Qué es inteligencia?

¿Qué es conocimiento?

¿Qué variables tendría en cuenta para medir inteligencia?

¿Qué rango definiría para un promedio excelente?

¿Cree usted que se pueda obtener un modelo para medir inteligencia?

¿El promedio académico influye en el conocimiento?

¿El promedio académico influye en la inteligencia?

¿El modelo que se quiere obtener para medir conocimiento, resolverá el problema?

¿En qué consiste un test psicométrico? ¿Cuál es su uso fundamental?

¿Sólo con el test psicométrico se mide inteligencia?

¿Ha participado alguna vez en la calificación de los test aplicados a los estudiantes que ingresan a la UCI? ¿Qué tiempo?

¿Estos test miden inteligencia?

¿Considera necesario aplicar estos test para ingresar a la UCI? ¿Por qué?

¿Cuáles son las principales deficiencias de estos test? Sugerencias para mejorar estos test.

Los puntos A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 reciben el nombre de vértices y las líneas en un sentido, arcos. Esta representación comúnmente se le llama grafo y permite vincular la relación de dependencia existente entre las variables, la información se completa con la matriz Booleana asociada a la red, que se muestra a continuación.

- Promedio (A1), Inteligencia (A2) (Relación)
- Inteligencia, Aprendizaje (A3) (Bastante Relación)
- Inteligencia, Razonamiento_ Lógico(A4) (Bastante Relación)
- Inteligencia, Resultados Docentes (A5) (Bastante Relación)
- Capacidad_Interpretación (A6), Inteligencia (Relación)
- Inteligencia, Test Psicometrico de la UCI (A7) (Relación)
- Test Psicométrico de la UCI, Test de Gardner (A8) (Ninguna)
- Inteligencia, Razonamiento_Lógico (Bastante Relación)

A1: Promedio

1: Existe relación

A2: Inteligencia

0: No Existe

A3: Aprendizaje

A4: Razonamiento Lógico

A5: Resultados Docentes

A6: Capacidad Interpretación

A7: Test Psicométrico UCI

A8: Test Gardner

Matriz Booleana

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0	1	0	0	0	0
A2	1	0	1	0	1	1	0	1
A3	1	1	0	1	1	1	0	0
A4	1	1	0	0	0	1	1	0
A5	1	1	1	1	0	0	0	0
A6	1	1	1	0	1	0	0	0
A7	1	1	1	0	0	0	0	1
A8	0	0	0	0	1	0	1	0

Leyenda:

A1: Promedio

A2: Inteligencia

A3: Aprendizaje

A4: Razonamiento_Lógico

A5: Resultados_ Docentes

A6: Capacidad_Interpretación

A7: Test_Psicométrico_UCI

A8: Test_Gardner

1: Existe relación

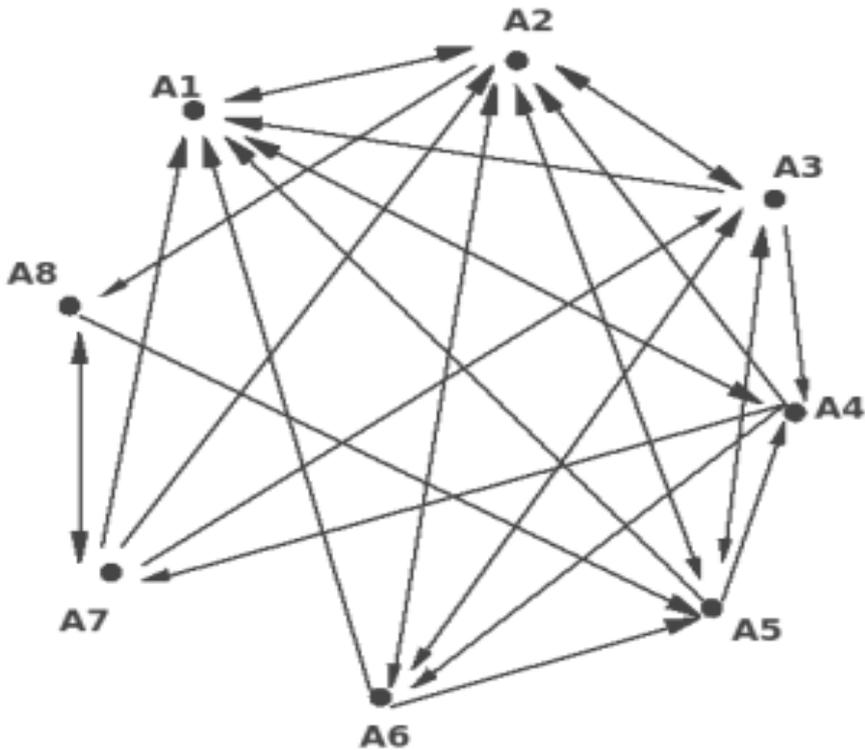
0: No Existe

El análisis de los poderes del tipo A o B se obtiene a partir de los resultados reflejados en la tabla Booleana, donde la suma de los elementos de las filas da el número total de variables A(i), que necesitan directamente de A(j), los que tienen el mismo valor tendrán el mismo tipo de poder (peso). Con este análisis se logra el ordenamiento de las variables respecto al valor del poder (tipo A o tipo B)

Tabla de Poder

	PA	PB	PA+PB
A1	2	6	8
A2	5	6	11
A3	5	4	9
A4	4	3	7
A5	4	4	8
A6	4	3	7
A7	4	2	6
A8	2	2	4

Precisamente para la obtención de las relaciones de dependencia entre las variables se utilizan elementos del Método Delphi basado en el principio de la inteligencia colectiva, las cuales se representan en la figura siguiente:



Se puede apreciar que las variables con mayores dependencias son A2 y A3, a continuación se realiza un análisis estadístico de los resultados obtenidos.

2.2.3 Tratamiento Estadístico realizado

Se observó que las respuestas de los expertos respondían a una distribución normal, por lo que se le hizo el análisis de estadística paramétrica. Se determinó la media aritmética de los criterios de los expertos por cada elemento, determinando el coeficiente de variación por medio del cálculo de la desviación típica S.

Si $S > 1$, se rechaza el valor promedio calculado y se realiza una nueva ronda de preguntas.

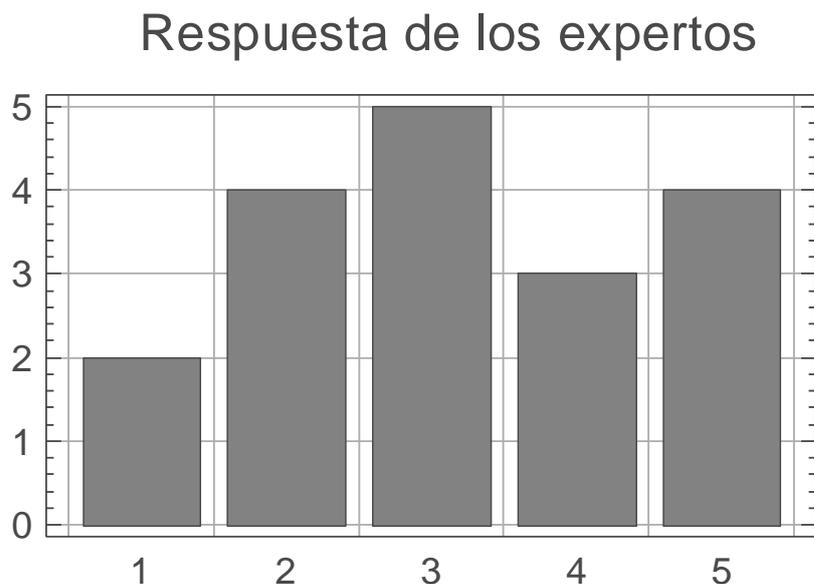
Si $S < 1$, se acepta el criterio de los expertos

Si $S = 1$, significa acuerdo total entre los expertos

En nuestro caso, se aceptó el criterio de los expertos de acuerdo al valor obtenido a la Desviación Estándar “ S ”.

2.2.3.1 Gráficos obtenidos

Histograma



En el histograma se muestra la relación de coincidencia de criterios en cuanto a la respuesta de una misma pregunta, la parte horizontal representa las preguntas realizadas y la vertical los Expertos. De acuerdo a los resultados del gráfico se puede decir que aproximadamente se encuentran contenidos dentro de la Campana de Gauss y teniendo en cuenta los resultados de $S < 1$, lo que significa que se tiene una distribución normal.

Gráfico Circular



El gráfico en forma de pastel representa el % de la coincidencia de las preguntas que son realizadas a los expertos, representando la pregunta 3 la de mayor parte en el gráfico.

2.2.3.2 Resumen estadístico sobre el criterio de Expertos

Cantidad = 18

Promedio = 3.16667

Mediana = 3,0

Moda = 3,0

Varianza = 1,79412

Desviación Estándar= 1,33945

Error Estándar = 0,315711

Mínimo = 1,0

Maximo= 5

Rango = 4.0

La consulta de Expertos unida a la aplicación de algunos conceptos de la teoría de grafos contribuirá a la solución de la problemática planteada.

Se realizaron las investigaciones correspondientes para la obtención de los datos de los estudiantes y para procesarlos, se usará Prolog. Las reglas obtenidas se muestran en los anexos.

2.3 Obtención del Modelo

Para obtener el modelo se encontró una función M con las variables independientes A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 representada de la siguiente forma:

$$M = f (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8)$$

De la tabla Booleana se obtuvieron los submodelos de A2 y A3 representados por:

$$A2 = g (A1, A3, A5, A6, A8)$$

$$A3 = h (A1, A2, A4, A5, A6)$$

Capítulo 2 MODELACION DEL CONOCIMIENTO

De la tabla Booleana las variables A2 y A3 fueron las variables de más poder (peso) debido a que no es posible representar gráficamente una función de 5 variables, se decidió expresar cada una de ellas como función de una variable para la representación gráfica de estos submodelos quedando de la siguiente manera:

$$A2 = g_1(A1) \quad A3 = h_1(A1)$$

$$A2 = g_2(A3) \quad A3 = h_2(A2)$$

$$A2 = g_3(A5) \quad A3 = h_3(A4)$$

$$A2 = g_4(A6) \quad A3 = h_4(A5)$$

$$A2 = g_5(A8) \quad A3 = h_5(A6)$$

Mediante la máquina de inferencia (Prolog) se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla de valores tomando A2 como variable dependiente

A2	0,55	0,67	0,79	0,56	0,65	0,74	0,60	0,65	0,70	0,75
A1	0,43	0,79	0,63	0,52	0,35	0,49	0,27	0,70	0,65	0,75

A2	0,55	0,67	0,67	0,56	0,65	0,63	0,60	0,65	0,70	0,75
A3	0,65	0,70	0,56	0,85	0,46	0,65	0,68	0,75	0,86	0,80

A2	0,55	0,67	0,67	0,56	0,65	0,63	0,60	0,65	0,70	0,75
A4	0,55	0,86	0,39	0,45	0,66	0,48	0,50	0,65	0,70	0,63

A2	0,55	0,67	0,67	0,56	0,65	0,63	0,60	0,65	0,70	0,75
A5	0,28	0,36	0,30	0,69	0,78	0,45	0,85	0,70	0,77	0,65

Capítulo 2 MODELACION DEL CONOCIMIENTO

A2	0,55	0,67	0,67	0,56	0,65	0,63	0,60	0,65	0,70	0,75
A6	0,46	0,71	0,68	0,56	0,63	0,58	0,65	0,84	0,71	0,48

A2	0,55	0,67	0,67	0,56	0,65	0,63	0,60	0,65	0,70	0,75
A8	0,91	0,64	0,44	0,36	0,86	0,18	0,57	0,71	0,67	0,56

Tabla de valores tomando A2 como variable dependiente

A3	0,38	0,84	0,71	0,49	0,92	0,66	0,93	0,79	0,56	0,65
A1	0,57	0,69	0,59	0,38	0,85	0,35	0,89	0,28	0,69	0,79

A3	0,38	0,84	0,71	0,49	0,92	0,66	0,93	0,79	0,56	0,65
A2	0,55	0,67	0,67	0,56	0,65	0,63	0,60	0,65	0,70	0,75

A3	0,38	0,84	0,71	0,49	0,92	0,66	0,93	0,79	0,56	0,65
A4	0,55	0,86	0,39	0,45	0,66	0,48	0,50	0,65	0,70	0,63

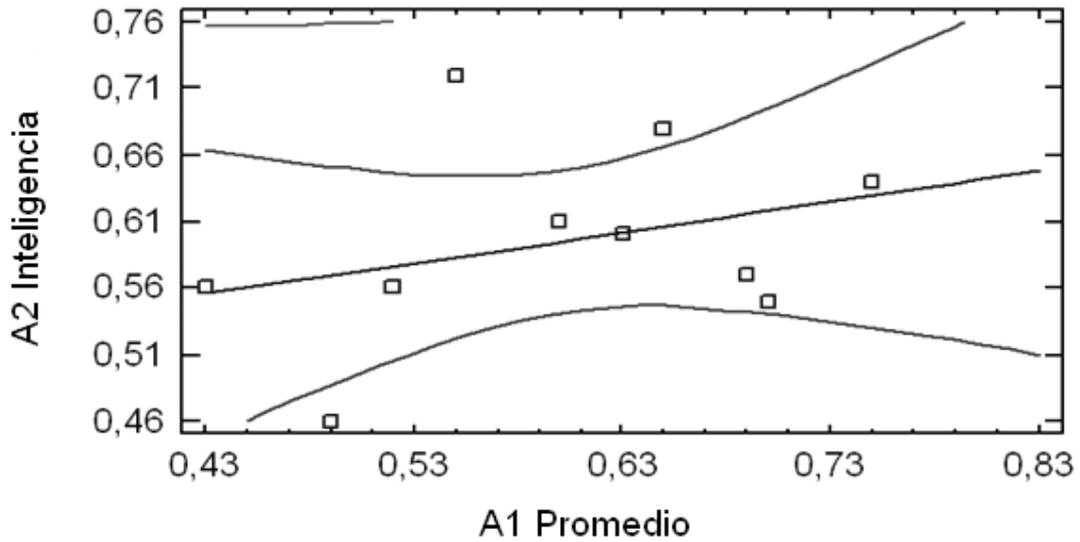
A3	0,38	0,84	0,71	0,49	0,92	0,66	0,93	0,79	0,56	0,65
A5	0,28	0,36	0,30	0,69	0,78	0,45	0,85	0,70	0,77	0,65

A3	0,38	0,84	0,71	0,49	0,92	0,66	0,93	0,79	0,56	0,65
A6	0,46	0,71	0,68	0,56	0,63	0,58	0,65	0,84	0,71	0,48

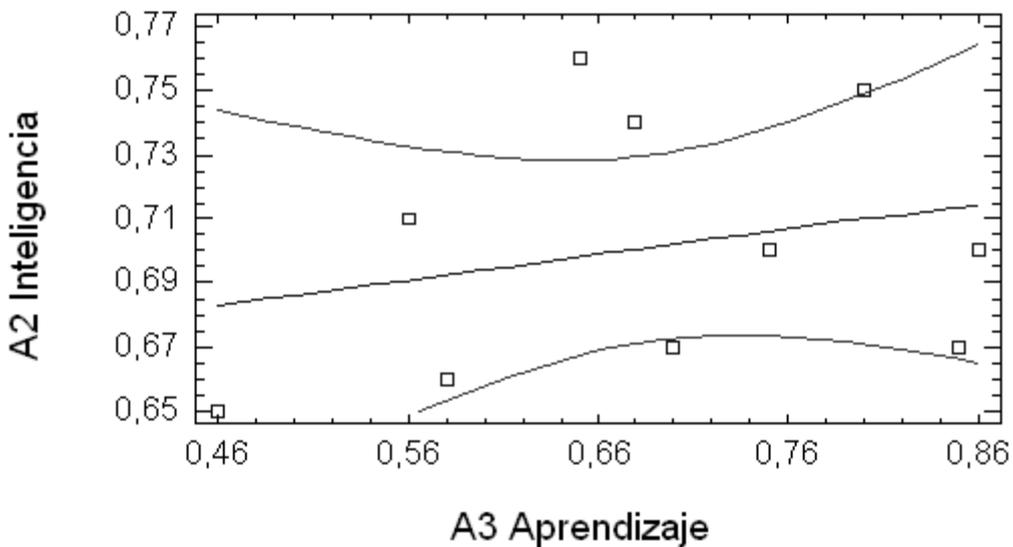
2.4 Obtención de las gráficas de los submodelos

A continuación se hará un análisis estadístico de algunos de los modelos lineales obtenidos.

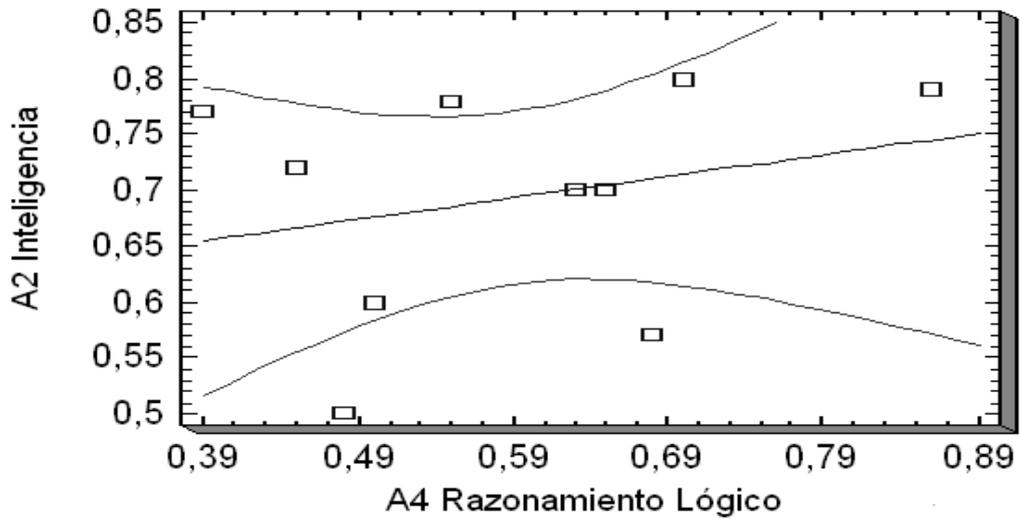
2.4.1 Gráfico de Relación A2 con A1



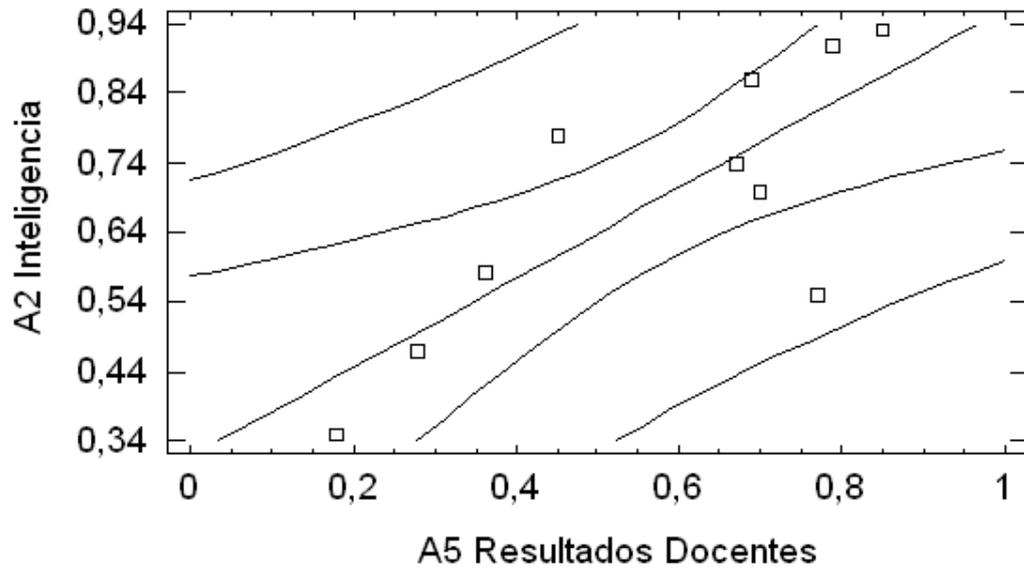
2.4.2 Gráfico de Relación A2 con A3



2.4.3 Gráfico de Relación A2 con A4

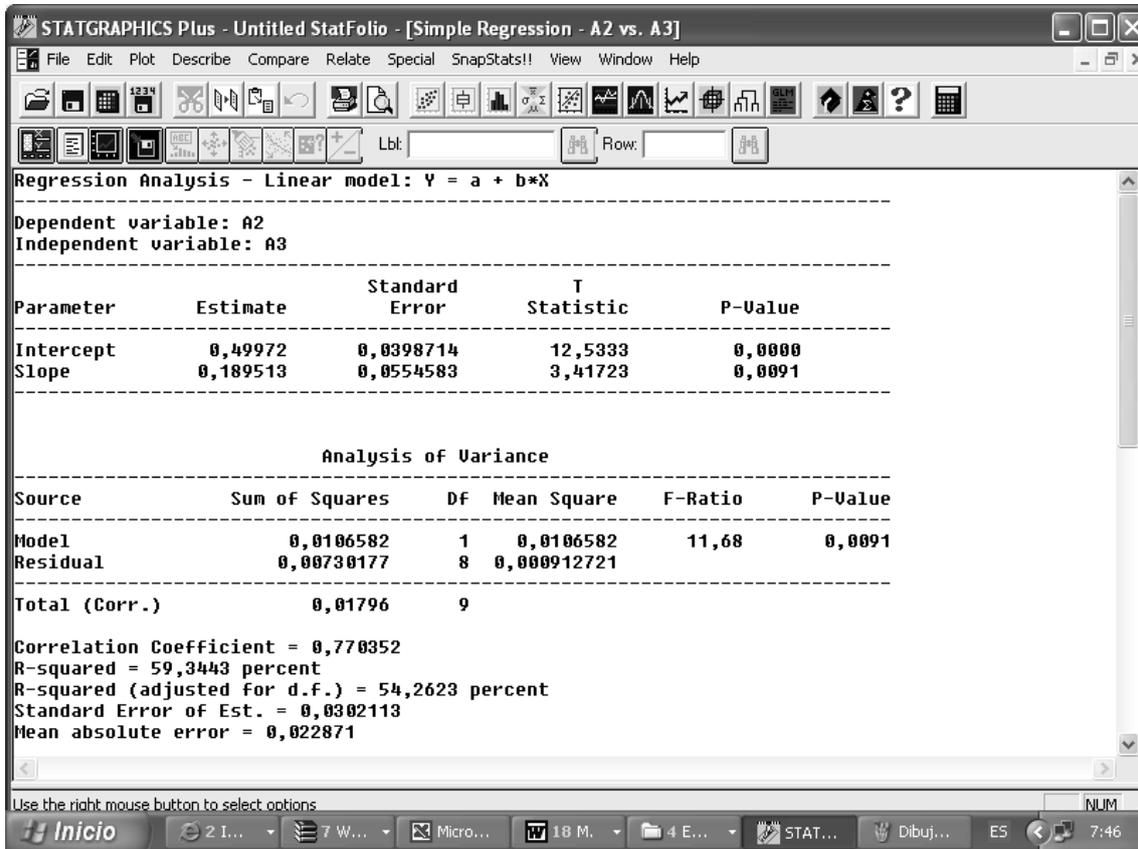


2.4.4 Gráfico de Relación A2 con A5



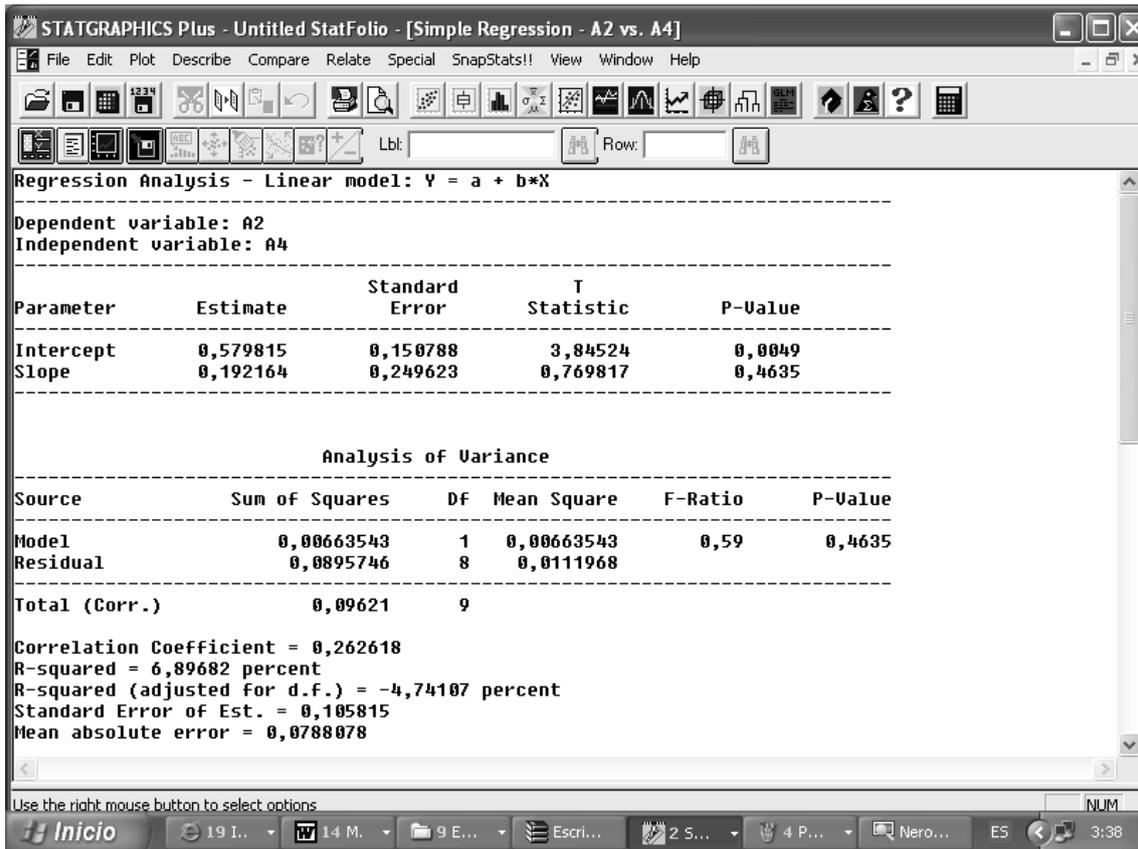
2.4.5 Resumen Estadístico de las gráficas

A2-A3



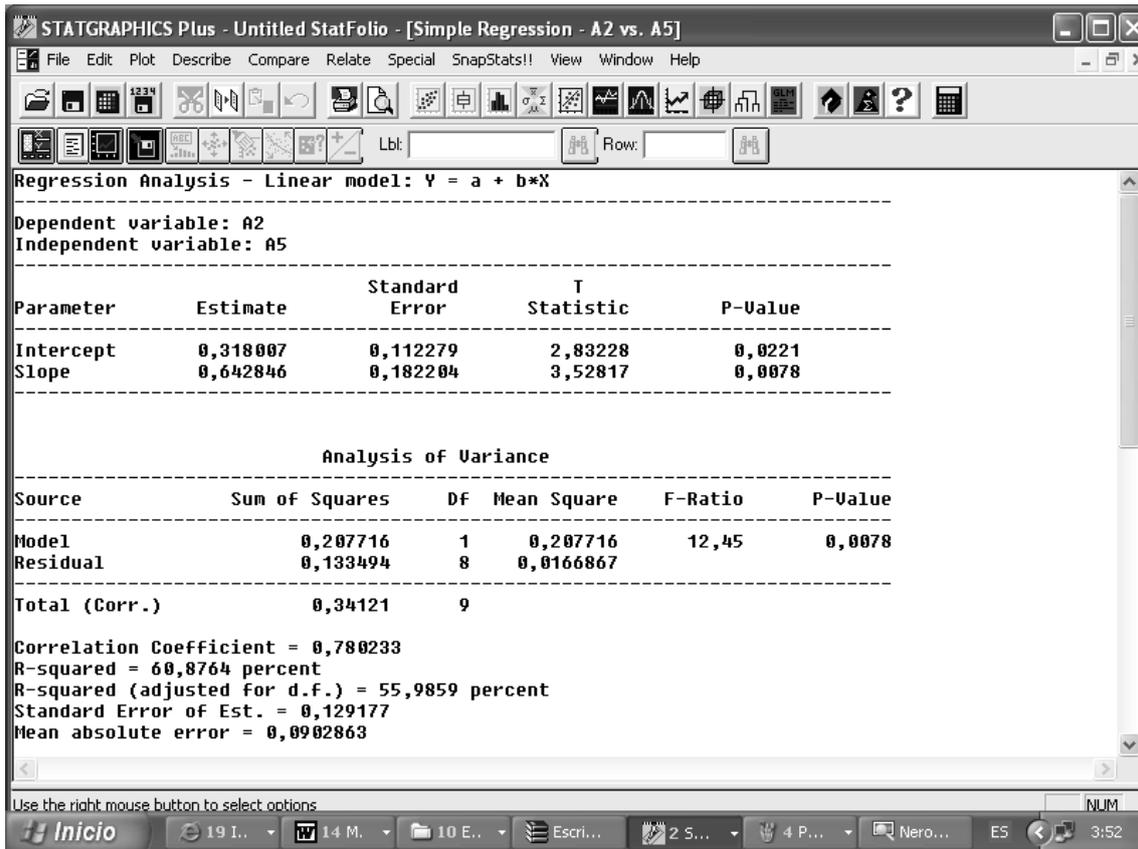
Se observa de acuerdo a los resultados obtenidos que el valor del coeficiente de correlación es alto por lo que los datos presentan un mínimo grado de dispersión, representando la estrecha relación entre las variables que en cuestión, la inteligencia y el aprendizaje.

A2-A4



Se observa de acuerdo a los resultados obtenidos el valor del coeficiente de correlación que es bajo por lo que los datos están dispersos y no hay una gran relación entre las variables que se presentan: la inteligencia contra el Razonamiento Lógico por lo que se hace necesario variar la regresión lineal y hacer un ajuste polinomial y cambiando el grado del polinomio se obtendrá un modelo que ajusta con un mínimo de error. Esta observación es valida para todos los modelos, incluso, en futuras investigaciones se hace necesario, intercambiar la variable dependiente por la independiente, y comparar los valores de los coeficientes de regresión, para escoger los submodelos que presenten un mínimo de error.

A2-A5



Se observa de acuerdo a los resultados obtenidos que el valor del coeficiente de correlación es muy alto pues se encuentra cercano a uno, no hay gran esparcimiento de los puntos en el gráfico lo que nos dice que existe una gran relación entre las variables que se presentan; la inteligencia contra el Resultados Docentes.

La recta es la que más se aproxima a los puntos obtenidos, el coeficiente de correlación muestra la relación entre las variables y la dispersión entre los puntos del gráfico y mientras más cercano esté a 1 más relacionadas están las variables.

La Regresión Lineal aplicando el método de los Mínimos Cuadrados es una técnica de optimización matemática que, dada una serie de mediciones, intenta encontrar una función que se aproxime a los datos (un "mejor ajuste"). Intenta minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas *residuos*) entre los puntos generados por la función y los correspondientes en los datos. Específicamente, se llama *mínimos cuadrados promedio* (LMS) cuando el número de datos medidos es 1 y se usa el método de descenso por gradiente para minimizar el residuo cuadrado. Se sabe que LMS minimiza el residuo cuadrado esperado, con el mínimo de operaciones (por iteración). Pero requiere un gran número de iteraciones para converger.

Un requisito implícito para que funcione el método de mínimos cuadrados es que los errores de cada medida estén distribuidos de forma aleatoria. El teorema de Gauss-Markov prueba que los estimadores mínimos cuadráticos carecen de sesgo y que el muestreo de datos no tiene que ajustarse, por ejemplo, a una distribución normal. También es importante que los datos recogidos estén bien escogidos, para que permitan visibilidad en las variables que han de ser resueltas.

2.5 Método de los Mínimos Cuadrados

El procedimiento más objetivo para ajustar una recta a un conjunto de datos presentados en un diagrama de dispersión se conoce como "el método de los mínimos cuadrados". La recta resultante presenta dos características importantes:

1. Es nula la suma de las desviaciones verticales de los puntos a partir de la recta de ajuste

$$\sum (Y^- - Y) = 0.$$

2. Es mínima la suma de los cuadrados de dichas desviaciones. Ninguna otra recta daría una suma menor de las desviaciones elevadas al cuadrado

$$\sum (Y^- - Y)^2 \rightarrow 0 \text{ (mínima).}$$

El procedimiento consiste entonces en minimizar los residuos al cuadrado C_i^2

$\sum C_i^2 = \sum (Y^o - \hat{Y})^2$	Re emplazando \hat{Y} nos queda $\sum C_i^2 = \sum [Y^o - (a + bx)]^2$
---------------------------------------	---

La obtención de los valores de a y b que minimizan esta función es un problema que se puede resolver recurriendo a la derivación parcial de la función en términos de a y b: llamemos G a la función que se va a minimizar:

$$G = \sum (y - a - bx)^2$$

Tomemos las derivadas parciales de G respecto de a y b que son las incógnitas y las igualamos a cero; de esta forma se obtienen dos ecuaciones llamadas ecuaciones normales del modelo que pueden ser resueltas por cualquier método ya sea igualación o matrices para obtener los valores de a y b.

$$G = \sum (y - a - bx)^2$$

Derivamos parcialmente la ecuación respecto de a

$$\frac{dG}{da} = 2 \sum (y - a - bx) (-1) = 0$$

$$= -2 \sum (y - a - bx) = 0$$

$$= \sum (y - a - bx) = 0$$

$$= \sum y - na - b \sum x = 0$$

$$\sum y = na + b \sum x$$

Primera ecuación normal

Derivamos parcialmente la ecuación respecto de b

$$\frac{dG}{db} = 2 \sum (y - a - bx) (-x) = 0$$

$$= -2 \sum (y - a - bx) (x) = 0$$

$$= \sum (y - a - bx) (x) = 0$$

$$= \sum (xy - ax - bx^2) = 0$$

$$= \sum xy - a \sum x + b \sum x^2 = 0$$

$$\sum xy = a \sum x + b \sum x^2$$

Segunda ecuación normal

Los valores de a y b se obtienen resolviendo el sistema de ecuaciones resultante.

2.6 Interpretación de los Resultados

Estos gráficos expresan la relación entre las variables a través del coeficiente de correlación, son modelos obtenidos mediante puntos numéricos (grados de certeza obtenidos mediante el prolog) a los cuales se les aplica el método de los mínimos cuadrados mediante ajuste de curvas, lo que permite predecir el futuro. Cada uno de estos modelos expresan como se relacionan las variables correspondientes a cada modelo, para ello utilizamos el Statgraphics.

2.7 Reglas de Producción

Si , es de Villa Clara **entonces** participa en la copa pascal CF- 0.65

Si .es de Camaguey y proviene de IPVCE, **entonces** es alumno ayudante.
CF-0.89

Si tiene más de 99.50 en el pre y nombre del centro de estudios es IPVCE, **entonces** es alumno ayudante. CF- 0.95

Si tiene más de 99.50 en el pre y nombre del centro de estudios es IPVCE, **entonces** obtiene buenos resultados docentes. CF- 0.90

Si el nombre de la provincia es Ciudad Habana y el nivel escolar de la madre es universitario **entonces** participa en la copa pascal. CF - 0,45

Si nivel escolar de la madre es universitario y el nivel escolar del padre es universitario, **entonces** el resultado del test de inteligencia es alto. CF - 0.85

Si Nivel Escolar de la madre es universitario y Nivel Escolar del padre es universitario, **entonces** es alumno ayudante CF - 0.75

Si el Nombre de la Provincia es Villa Clara y el Nombre del Centro de Estudios es IPVCE, **entonces** es alumno ayudante CF - 0.95

Si el Nivel Escolar de ambos padres es Técnico Medio, **entonces** es alumno ayudante CF - 0.54

Si el **Nivel Escolar** del padre es Técnico Medio y Nivel Escolar de la madre es Universitario, **entonces** es alumno ayudante CF - 0.65

Si el Nombre del Centro de Estudios es IPVCE, **entonces** los resultados del test de inteligencia son muy buenos 0.75

Si el Nombre del centro de Estudios es IPVCE, **entonces** participa en la jornada científica. CF - 0.43

Si es AA y el Nombre de la Asignatura que imparte es Programación, **entonces** participa en la Copa Pascal. CF - 0.45

Si es AA y el Nombre de la Asignatura que imparte es Programación, **entonces** tiene un Razonamiento – Lógico muy bueno. CF-0.86

Si participa como Artista Aficionado en el festival, en los Juegos Deportivos, en la Jornada Científica Estudiantil, en la Jornada Martiana, en mi Web por Cuba, en la Copa Pascal, forma parte de un proyecto productivo, obtiene buenos resultados en exámenes, y es Alumno Ayudante, **entonces** es Integral. CF - 0.32

”Si tiene un buen **Razonamiento Lógico**, un buen **Aprendizaje**, una buena **Capacidad de Interpretación**, un buen **Promedio**, buena **Agilidad Mental**, buenos **resultados en el test de inteligencia** , entonces es **Inteligente.**”
CF- 0.67

Si es **Integral**, **dirigente** y obtiene buenos resultados en los exámenes entonces es inteligente CF- 0.79

Si es Dirigente, entonces posee una alta puntuación en **Inteligencia Lingüística** CF- 0.86

Si es Alumno Ayudante y la **Asignatura** que Imparte es Matemática, entonces tiene buen **Razonamiento – Lógico** CF-0.96

Si es Alumno Ayudante y **Nombre Asignatura** es matemática, **entonces** obtiene una alta puntuación en **inteligencia Lógico _ Matemática** CF – 0.97

Si tiene buenos resultados en la Matemática, entonces es bueno en programación CF-0.74.

Si tiene más de 4.7 de promedio y participa en la JCE y tiene buenos resultados en los exámenes, **entonces** obtiene buenos resultados en el test. CF - 0.73

Si el NE de la madre y el padre es Universitario entonces, obtiene buenos resultados docentes.

Si tiene más de 5 de promedio, obtiene premio Relevante en la JCE, en mi Web por Cuba, y esta vinculado a un proyecto productivo entonces es un alumno talento CF - 0.60

Si el NE del padre es universitario y el NE de la madre es universitario, **entonces** tiene un promedio de más de 4.5 CF - 0.75

Si participa en juegos deportivos, es AA, participa en la Jornada Martiana, en la Copa Pascal y en mi Web por Cuba, **entonces** es Integral. CF - 0.30.

Si obtiene buenos resultados en el test de ingreso y tiene buenos resultados docentes, **entonces** tiene gran agilidad mental. CF-0,58.

CAPITULO 3: APLICACIÓN DE LA TEORIA DE ERRORES. MODELO DEL CONOCIMIENTO EN TRES DIMENSIONES.

3.1 Introducción

Cada vez que se realiza una medición, se introducen errores, lo que trae como consecuencia que la medición no sea lo suficientemente exacta y una fuente de error fundamental la constituye el mismo instrumento de medición. Adaptando la situación anterior a los programas que se utilizan para obtener los valores de certeza que dieron lugar a la obtención de los modelos, se pueden considerar como instrumentos de medición: el Prolog y el Weka. En el presente capítulo se abordarán en detalles, los tipos de errores que se presentan en estos productos de software.

3.2 Errores en los instrumentos de medición

La cualidad de un instrumento de dar indicaciones próximas al valor verdadero del mensurando (Modelo de medición) y que, por tanto, refleja la cercanía a cero de sus errores, se denomina *exactitud* del mismo.

En el mundo de la informática los instrumentos son las computadoras, programas, software en sentido general.

Los errores de los instrumentos de medición tienen dos componentes:

- Error sistemático.
- Error aleatorio.

Los errores sistemáticos están en función de la magnitud medida y se deben tanto a errores determinados por la estructura del diseño del instrumento como a errores de fabricación de los mismos.

Los errores sistemáticos de un instrumento de medición se estiman durante el proceso de calibración o construcción del mismo y aparecen indicados en los equipos, estos errores en general cambian con el tiempo, en el caso particular de los software las modificaciones de los mismos hace que esto ocurra.

Capítulo 3: TEORIA DE ERRORES. MODELO EN TRES DIMENSIONES

En las ciencias técnicas, principalmente en la rama de la informática, se trabajan con potentes Software que están confeccionados por el hombre y como es natural, en ellos siempre tiene lugar la componente de error. En este caso, se pretende obtener una aproximación a un modelo que se acerque a la medición cuantitativa del conocimiento. La utilización del Weka y el Prolog da lugar al uso indiscriminado de variables de estudios para la obtención de valores de certeza que posibilitarán la obtención de puntos que posibilitarán obtener funciones que permitan modelar y encontrar relaciones entre las variables. En realidad estos valores se obtienen mediante observaciones realizadas.

Hoy día se hace necesario que tanto los Software como los instrumentos de medición estén dotados del **error máximo** permisible por especificaciones, reglamentos, etc. para un instrumento de medición dado. Este error normalmente debe de ser reportado por el programador en la documentación técnica del instrumento.

Los métodos más comunes utilizados para expresar el **error máximo** permisible de un instrumento son los siguientes:

La **corrección**, es el valor sumado algebraicamente al resultado sin corregir de una medición para compensar el error sistemático y es numéricamente igual a este error pero de signo contrario. En dependencia del nivel de exactitud requerida en la medición, esta corrección se realiza o no, lo cual es determinado por el usuario del instrumento.

Los **errores aleatorios** de los instrumentos de medición deben su aparición a variaciones aleatorias (casuales, fortuitas) de los parámetros de sus elementos bajo condiciones estables de funcionamiento. Esta componente del error del instrumento se denomina error de repetibilidad y es, en general, función del valor de la magnitud medida.

Si el error máximo de un instrumento (en buen estado) expresado como error absoluto no depende del valor de la magnitud a medir, entonces se fija el límite

permisible del error absoluto o reducido, los cuales son constantes en todo el rango de medición.

$$\Delta = \pm a \text{ (error absoluto)}$$

Si el error máximo de un instrumento (en buen estado) expresado bajo la forma de error absoluto está en relación lineal con el valor de la magnitud medida, entonces se fijan los límites del error absoluto o relativo como una función lineal de la magnitud medida.

$$\Delta = \pm (a + b X) \text{ (error absoluto)}$$

$$\delta = \pm [c + d (X_k / X - 1)] \text{ (error relativo)}$$

Donde:

a, b, c y d son valores constantes.

X_k -máxima indicación del instrumento sin tener en cuenta el signo.

X -indicación del instrumento sin tener en cuenta el signo

Como caso particular de este método cuando a = 0 entonces:

$$\Delta = \pm b X \text{ (error absoluto)}$$

$$\delta = \pm 100 * \Delta / X = \pm b \% \text{ (error relativo)}$$

3.3 Errores de la medición

En cualquier proceso de medición interactúan una serie de componentes que determinan su resultado. Para la valoración objetiva de este resultado es necesario enfocar el proceso de medición como un sistema.

Al igual que en los instrumentos, el resultado de una medición se verá afectado por los errores sistemáticos y aleatorios.

El **error sistemático** proviene de efectos reconocidos de una magnitud influyente (efectos sistemáticos), los cuales pueden ser cuantificados y estimarse una corrección o factor de corrección que permite disminuir éste. El error sistemático es la media que puede resultar de un infinito número de mediciones de la misma magnitud a medir llevadas a cabo bajo condiciones de repetibilidad, menos el valor verdadero de dicha magnitud.

El **error aleatorio** no puede compensarse mediante correcciones, pero puede reducirse aumentando el número de mediciones. En el caso del experimento de obtención de las reglas de producción. El error aleatorio es el resultado de una medición menos la media aritmética que pudiera resultar de un infinito número de mediciones repetidas de la misma magnitud a medir llevadas a cabo bajo condiciones de repetibilidad.

La valoración de la medición desde el punto de sistema permite analizar la interacción que tienen entre sí los siguientes componentes:

1. El objeto de medición (lo que se quiere medir)
2. Instrumentales
3. De método
4. Debido a agentes externos
5. Del observador
6. Matemáticos

El objeto de medición en este caso serán relaciones entre variables tales como conocimiento, rendimiento académico, habilidades en test psicométricos, etc.

En las relaciones entre las variables influye mucho el carácter subjetivo y el rigor de la muestra tomada.

La fuente de error es la propia limitación de los software y equipos que se utilizan. En mediciones de alta exactitud los errores instrumentales pueden disminuirse en gran medida introduciendo las correcciones reportadas en su certificado de calibración.

Aunque la calidad de un instrumento está relacionada con los errores que produce, estos también dependen de la forma en que sean utilizados. Por

Capítulo 3: TEORIA DE ERRORES. MODELO EN TRES DIMENSIONES

tanto, se recomienda conocer lo mejor posible las características del instrumento antes de utilizarlo, en este caso del Software

Los errores de método, también denominados errores teóricos, son los debidos a la imperfección del método de medición. Entre estos podemos señalar los siguientes:

- Errores que son la consecuencia de ciertas aproximaciones al aplicar el principio de medición y considerar que se cumple una ley física determinada o al utilizar determinadas relaciones empíricas.
- Errores del método que surgen al extrapolar la propiedad que se mide en una parte limitada del objeto de medición al objeto completo, si éste no posee homogeneidad de la propiedad medida.

Así, por ejemplo, es un error de método reportar la obtención de valores de certeza del rendimiento de forma distinta a la de los resultados del test psicométrico, también puede relacionarse con la forma de obtener los resultados en las observaciones obtenidas en la máquina de inferencia para la obtención de las reglas de producción.

Los agentes externos que actúan en el proceso de medición se pueden clasificar en dos grupos:

- Factores ambientales
- Presencia de señales o elementos parásitos

Tanto la magnitud a medir como la respuesta de los instrumentos de medición, dependen en mayor o menor grado de las condiciones ambientales en que el proceso se lleva a cabo. Como ambientales se pueden mencionar, la humedad y la temperatura de trabajo que es la más significativa en el proceso medición, Entre los elementos parásitos que generalmente se presentan al efectuarse una medición, se encuentran algunos que actúan de forma constante y otros que lo hacen de forma errática, perturbando las condiciones de equilibrio de medición y disminuyendo su exactitud

En los errores debido al observador podemos señalar:

- Errores de paralaje o de interpolación visual al leer en la escala de un instrumento.
- Errores debido a un manejo equivocado del instrumento.
- Omisión de operaciones en el proceso de medición.

Frecuentemente con los de las mediciones es necesario realizar determinados cálculos para obtener el resultado final. Por tanto, otra fuente de error son los errores matemáticos debidos al empleo de fórmulas utilizadas sin un correcto uso de la teoría de errores relacionada con el redondeo y el truncamiento indebido de cifras significativas.

Los valores **exactos** de las contribuciones al error de la medición provenientes de los diferentes efectos aleatorios y sistemáticos que intervienen en la misma, son desconocidos e incognoscibles por su carácter aproximado o por su propia naturaleza, el error de una medición es un concepto idealizado, donde se hace imposible obtener un valor con exactitud. Las técnicas de Incertidumbre que se analizarán más adelante solo con un enfoque puramente teórico permitirán dar solución a la problemática planteada.

3.4 Resultado de la medición

Es el valor atribuido a la magnitud medida en el proceso de medición.

En el caso que se analiza, puede ser los valores de certeza obtenidos con la ayuda del software utilizado, puede valorarse a partir de un conjunto de observaciones realizadas a la magnitud sujeta a medición bajo las mismas condiciones y puede haber sido corregido o no por efectos sistemáticos que influyen de forma significativa en el valor obtenido.

3.5 Análisis Teórico de la Incertidumbre

¿Por qué es importante el análisis de la incertidumbre en las mediciones cuantitativas del conocimiento?

Usted puede interesarse en las incertidumbres de medición porque simplemente desea obtener mediciones de buena calidad y comprender los

resultados. Sin embargo, hay otras razones más particulares para conocer las incertidumbres de medición.

Se puede estar haciendo mediciones como parte de:

- Una calibración, donde la incertidumbre de medición debe consignarse en el certificado.
- Un ensayo donde la Incertidumbre es necesaria para determinar si el objeto ensayado cumple o no con los requerimientos exigidos.

3.5.1 Incertidumbre estándar combinada.

Existen distintos tipos de Incertidumbre como: la incertidumbre estándar, la incertidumbre tipo A, la expandida y la combinada, de las cuales se analizaron en el primer capítulo. En este epígrafe se hace referencia a la incertidumbre combinada haciendo un análisis teórico, dando lugar a su definición para su uso en investigaciones posteriores.

Para una expresión general:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_m) \dots\dots\dots(1)$$

La incertidumbre combinada del resultado de la medición (Y) es:

$$\mu_{c(Y)} = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial f}{\partial X} \right)^2 \cdot \mu_{(X)}^2} \dots\dots\dots(2)$$

La expresión (1) es el modelo de la medición donde "Y" es el resultado de la medición que es función "f" de las variables X₁, X₂, X_m que se le denominan los argumentos.

$\mu_{c(Y)}$ es la incertidumbre estándar combinada del resultado de la medición (Y).

$\frac{\partial f}{\partial X}$ es la derivada parcial de "Y" con respecto a cada argumento X y se le denomina también coeficiente de sensibilidad.

$\mu_{(X)}$ es la incertidumbre que aporta cada argumento (incertidumbre estándar)

3.5.2 Cálculo de la Incertidumbre estándar combinada

Para una expresión general:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_m) \dots\dots\dots(1)$$

La incertidumbre combinada del resultado de la medición (Y) es:

$$\mu_{c(Y)} = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial f}{\partial X} \right)^2 \cdot \mu_{(X)}^2} \dots\dots\dots(2)$$

La expresión (1) es el modelo de la medición donde "Y" es el resultado de la medición que es función "f" de las variables X_1, X_2, X_m que se le denominan los argumentos.

En el caso de estudio es posible determinar el grado de incertidumbre a cada submodelo.

3.6 Incertidumbre de la medición del conocimiento

En el caso específico que se analiza es factible trabajar con modelos del tipo

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_m)$$

Para una y varias variables, aunque el modelo general tiene 7 variables independientes, por el momento solo se pretende hacer un análisis completamente teórico en esta investigación. En un futuro trabajo (una vez se minimicen las fuentes de errores en los modelos) se hará un análisis detallado del cálculo de las incertidumbres, para esto es necesario conocer las certificaciones de los software, en estos momentos se trabaja en esta dirección. Cuando se solucione esta dificultad los modelos obtenidos serán mucho más confiables.

Durante el proceso de medición se hace necesario buscar relaciones entre las variables que intervienen en el modelo.

3.7 Modelo en tres dimensiones

Con el objetivo de ampliar el modelo obtenido se decidió realizar un estudio de su representación en tres dimensiones, precisamente se pretende formular el modelo tridimensionalmente, aunque no se realicen los análisis estadísticos ni de Incertidumbre anteriores.

3.7.1 Ajuste de superficies

El ajuste de curvas consiste en encontrar una curva, que contenga una serie de puntos y que posiblemente cumpla una serie de restricciones adicionales.

Mientras que hasta ahora hemos hablado en términos de curvas 2D, mucho del razonamiento se extiende también a superficies tridimensionales, compuestas por "parches" definidos por una red de curvas en dos direcciones paramétricas, llamadas habitualmente u y v . Una superficie se puede componer de una o más superficies "parche" en cada dirección.

Este análisis se realiza con frecuencia en funciones de una variable. En los modelos obtenidos hasta el momento se han representado curvas que representan promedio, inteligencia, razonamiento lógico, resultados docentes etc. El modelo general representa una función de ocho variables lo que hace muy complicado el análisis de la aproximación cuantitativa de medir el conocimiento. En realidad el hecho de expresar una variable en función de otra da una idea bastante clara de lo que se persigue, en todos los casos se han obtenido funciones lineales con sus respectivos coeficientes de correlación que da una idea de la aproximación encontrada.

Hoy día con el desarrollo científico técnico y la utilización de las tecnologías se hace más fácil encontrar otros modelos que den una idea más clara de la relación entre tres variables, en el caso de estudio se hará referencia a A1, A3 y A4, es decir promedio, resultados docentes y razonamiento lógico.

Capítulo 3: TEORIA DE ERRORES. MODELO EN TRES DIMENSIONES

Mientras que hasta ahora hemos hablado en términos de curvas dos dimensiones, mucho del razonamiento se extiende también a superficies tridimensionales, compuestas por "parches" definidos por una red de curvas en dos direcciones paramétricas, llamadas habitualmente u y v. Una superficie se puede componer de una o más superficies "parche" en cada dirección.

Es posible expresar una de estas en función de las otras obteniendo una función de dos variables.

Por ejemplo, el promedio en función de los resultados docentes y de la razonamiento lógico. Por supuesto que es posible realizar otras combinaciones hasta obtener la optima. Estas combinaciones se muestran en las tablas.

$$A1 = f(A3, A4)$$

A1	0,43	0,79	0,63	0,52	0,55	0,49	0,27	0,70	0,65	0,75
A3	0,28	0,36	0,30	0,69	0,78	0,45	0,85	0,70	0,77	0,65
A4	0,46	0,71	0,68	0,56	0,63	0,58	0,65	0,84	0,71	0,48

Utilizando las bondades de asistente Estadístico Statgraphics se obtiene la ecuación del plano que más se aproxima a los puntos.

$$A1 = 0,362868 - 0,215113 * A3 + 0,540544 * A4$$

En la práctica precisamente este tipo de modelo de una función de dos variables es el que más se presta para hacer un análisis de incertidumbre, cumple con las exigencias ya que las variables A5 y A6 dependen de otras variables, introduciendo errores que se pueden reajustar precisamente con un análisis de la teoría de errores.. El análisis estadístico se muestra en uno de los anexos presentados.

$$A1 = f(A2, A3)$$

A2	0,55	0,67	0,79	0,56	0,65	0,74	0,60	0,65	0,70	0,75
A1	0,43	0,79	0,63	0,52	0,35	0,49	0,27	0,70	0,65	0,75
A3	0,65	0,70	0,56	0,85	0,46	0,65	0,68	0,75	0,86	0,80

$$A2 = f(A4, A5)$$

A2	0,55	0,67	0,79	0,56	0,65	0,74	0,60	0,65	0,70	0,75
A4	0,55	0,86	0,39	0,45	0,66	0,48	0,50	0,65	0,70	0,63
A5	0,28	0,36	0,30	0,69	0,78	0,45	0,85	0,70	0,77	0,65

Con los valores de certezas reflejados en esta tabla, se muestra como es posible obtener un modelo mediante la regresión en tres dimensiones, ya que es posible expresar una de las variables en función de las otras dos y mediante un análisis estadístico, llegar a la conclusión de cual es el modelo que mejor responde al proceso de medición del conocimiento y será factible por ser funciones de dos variables realizar un análisis de incertidumbre para garantizar la calidad del producto terminado.

CONCLUSIONES

Con esta investigación se le ha dado cumplimiento al objetivo general propuesto, pues se encontraron los modelos correspondientes a las variables definidas relacionadas con el conocimiento y la Inteligencia, se puede decir que estos modelos no son exactos, puesto que solo constituyen un punto de partida para la obtención de un modelo general. Se aplicó el análisis estadístico, utilizando el Statgraphics, y se realizó un enfoque teórico de la incertidumbre aplicada a los modelos obtenidos que en un futuro permitirá validarlos; se utilizó la técnica de Consulta de Expertos donde el método seleccionado fue el Método Delphi, para lo que fue necesario la realización de entrevistas a especialistas de diversas disciplinas teniendo un mayor peso la influencia de los psicólogos en la definición de las variables propuestas; el procesamiento de los datos en el Prolog para la obtención de las reglas de producción, la aplicación de la lógica difusa para obtener los grados de certeza. Finalmente, se realizó un breve análisis del modelo obtenido en tres dimensiones.

La importancia del modelo obtenido radica principalmente en la posibilidad de predecir si un estudiante tiene las condiciones requeridas para optar por la carrera de Informática y terminar sin grandes dificultades, y una vez dentro de la universidad, conocer a que proyecto será más factible vincularlo

RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo que se ha estudiado y a los resultados obtenidos, en la investigación se recomienda seguir investigando y profundizando en todo lo referente a la precisión y la exactitud del modelo aplicando la Teoría de Errores y la Incertidumbre, puesto que el modelo obtenido constituye solo un punto de partida y puede ser más perfeccionado aún.

Puesto que el modelo obtenido se obtuvo en dos dimensiones y en la investigación solo se hizo una breve descripción a como obtenerlo en tres dimensiones, se recomienda continuar el trabajo en este modelo tridimensional, pues constituye una versión más ampliada y real del modelo bidimensional inicial, con el cual será posible obtener mejores resultados.

Debido a que la investigación se sustenta en gran medida en la modelación matemática, los resultados se pueden aplicar en proyectos cuya línea esté basada en la modelación.

Se recomienda la aplicación de las técnicas estadísticas y de incertidumbre en otros proyectos productivos para el mejoramiento de la calidad de los productos de software terminados.

Por otro lado, indicar el mejoramiento de los test de ingreso añadiendo pruebas de conocimientos de las materias fundamentales que sirven de base para el buen desempeño docente del estudiante en la carrera, así como que se elimine la reiteratividad de estos test contribuyendo a que se realice una mejor selección de los futuros profesionales.

BIBLIOGRAFIA

- 1) *Teoría de Errores - Incertezas de Medición*. Disponible en:
http://www.wikilearning.com/algunos_conceptos_basicos-wkccp-12684-2.htm
- 2) ASUNCIÓN GALLEGO ORTEGA, A. G. C., SONIA GRANERO ABENZA. *Métodos Numéricos (Errores)*. Disponible en:
<http://www.uv.es/vimonmas/mneq/fitxers/T01G07.doc> G., J. G.
- 3) GARCIA, A. B. *Transparencias Inteligencia Artificial 3º*. Tratamiento de la incertidumbre. Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica_difusa
- 4) LUQUE, L. C. *Breves apuntes sobre Lógica Difusa*, 26 de julio de 2004. Disponible en: <http://locomundo.blogspot.com/2004/07/breves-apuntes-sobre-lgica-difusa.html> Fecha de consulta:
- 5) RODRIGUEZ, S. G. Y. E. *Propagacion de Incertidumbre*. Disponible en:
http://www.wikilearning.com/propagacion_de_incertidumbres-wkccp-12684-8.htm Fecha de consulta:
- 6) RODRIGUEZ., S. G. Y. E. *WikiLearning / Teoría de Errores – Clasificación de los errores*. Disponible en:
http://www.wikilearning.com/clasificacion_de_los_errores-wkccp-12684-3.htm Fecha de consulta:
- 7) SANCHEZ, Y. *CONTROL DIFUSO*. Disponible en:
<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Alumnos/al-12/al-12.htm> Fecha de consulta:
- 8) http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/inteligencia_artificial.htm
- 9) http://www.wikilearning.com/teoria_de_errores_incertezas_de_medicion-wkc-12684.
- 10) http://www.wikilearning.com/propagacion_de_incertidumbres-wkccp-12684-8.htm
- 11) Disponible en: <http://vppx134.vp.ehu.es/fisica/agustin/errores/index.html>
- 12) VÍCTOR JOSÉ MATA, A. S., 27 de Mayo de 2004. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos16/metodos-lineales.shtml#b>

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

J. Riu, R. Boqué, A. Maroto, F. X. Rius Técnicas de Laboratorio 254 (2000) 591-594

ISO 3534-1 Statistics - Vocabulary and symbols. Part 1: Probability and General statistical terms. ISO, Ginebra, 1993

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML International vocabulary of basic and general terms in metrology, VIM. ISO, Ginebra, 1993

UNE-EN ISO/IEC 17025. Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. AENOR, Madrid, 2000.

ISO 5725 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. ISO, Ginebra, 1994.