

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 2



**Título: “Diseño de un sistema inteligente para la
prevención del delito robo en domicilios”.**

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

Autor: Dionny Matos Robles

Tutor: Ing. Michel Arias Arias.

Cotutor: Ing. Ariagnis Yero Guevara.

LA HABANA, CUBA

Junio, 2012

“Año 54 de la Revolución”

Declaración de autoría:

Declaro ser autor de la presente tesis y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

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

Dionny Matos Robles

Firma del Autor

Ing. Michel Arias Arias

Firma del Tutor

Ing. Ariagnis Yero Guevara

Firma del Cotutor

Datos de Contacto:

Prof. Ing. Michel Arias Arias: Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Correo electrónico: arias@uci.cu

Prof. Ing. Ariagnis Yero Guevara: Graduada de Ingeniera en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Correo electrónico: ayero@uci.cu

Agradecimientos:

- Agradezco a mis padres por el apoyo que me dieron durante todos los niveles escolares y por poner a mi disposición todo lo que me era necesario, por el apoyo emocional que muchas veces necesité, por esas palabras que aunque a veces fueran pocas secaban lágrimas, por estar siempre ahí a la distancia de una palabra, una llamada o un correo. A ellos se lo debo todo.
- Agradezco a mi tutor Michel Arias por el aguante a mis insistencias, por ayudarme a convencerme de que hay que ser más independiente y por apoyarme cuando menos lo pensé. A mi cotutora Ariagnis Yero Guevara por su empeño y dedicación a pesar de compartir tutoría con otros compañeros.
- Agradezco hoy y lo estaré por mucho tiempo a Yeilenia Iris Pérez Vázquez, esa persona que surgió de la nada y que de un momento a otro se convirtió en una gran amiga. Nuestra amistad ha llegado a fortalecerse enormemente, lástima que haya sido tan tarde pero si de algo estaré orgulloso en la vida será de haberla conocido. Si este trabajo tuviese dos autores, ella sería indudablemente la segunda. A ella muchísimas gracias y un beso.
- A Adriana Alfonso (mi miji) por sus noches de desvelo junto a mí, trabajando para que esto saliera adelante. Muchas gracias amor.
- A mis amigos (Abel, Raúl, Noel, El Gato, Roly, Ernesto, Zanguetsu, Carlos, Jose (el tigre), al piquete del voley, a los trigueños, al Team NTJ++), a todos aquellos cuyos nombres podrían alargar mi lista pero que los llevo conmigo. A todas esas personas muchas gracias y el mayor gusto está en haberlos conocido.
- Agradezco a la revolución y a nuestro comandante Fidel Castro por ofrecerme la oportunidad de convertirme en un hombre de ciencias.
- A mis vecinos que siempre me apoyaron y fueron un ejemplo en mi educación infantil.

Dedicatoria

- Toda mi vida lleva dos nombres, mi mamá Coralia Robles Claro y a mi papá Isaías Matos Acosta. Los quiero desmedidamente. Si algo me sacó siempre de los atascos, me hizo saltar obstáculos, calmar mi ansiedad y organizar mi vida, fueron ustedes. A ustedes debo mi vida y para ustedes la mayor dedicación de este trabajo.
- A mi hermanita bella Danisley.
- A mi familia completa.

Resumen

A raíz del progresivo crecimiento de las actividades delictivas, las acciones ineficientes para combatirlas y el descontrol sobre las mismas por parte de los órganos policiales, se han desarrollado algunas herramientas informáticas para el análisis de la información criminal generada por estos hechos. El producto del análisis eran mapas o modelos predictivos que requerían del personal especializado para su comprensión, y no concretamente que se debía hacer, cómo actuar o qué medidas tomar para evitar situaciones similares. El objetivo general de esta investigación es diseñar un sistema de inteligencia criminal para la prevención de robos en domicilios que contribuya a la toma de decisiones de los órganos policiales. Para alcanzar este objetivo se estudian y caracterizan sistemas similares a la solución propuesta, además se plantean los principales conceptos que fundamentan la investigación. Este documento recoge también la descripción de la técnica de Razonamiento Basado en Casos como mecanismo de inferencia, la forma de representar el conocimiento en la base de conocimientos y se valida la propuesta haciendo uso del método Delphi, basado en el criterio de especialistas.

PALABRAS CLAVES:

Actividades Delictivas, Inteligencia Artificial, Inteligencia Criminal, Órganos Policiales, Prevención, Sistemas Basados en Conocimientos.

Tabla de Contenido.

Introducción	1
Capítulo 1: Estado del arte	6
Introducción	6
1.1. Inteligencia Criminal	6
1.1.1. Principios de la Inteligencia Criminal.....	8
1.1.2. Importancia de la Inteligencia Criminal.	11
1.2. Herramientas para el análisis de la información criminal	12
1.2.1. Proyecto COPLINK.....	12
1.2.2. Proyecto OVER	13
1.2.3. Otras experiencias.....	14
1.3. Resultado del estudio de sistemas similares existentes	15
1.4. Conclusiones	16
Capítulo 2. Técnicas de Inteligencia Artificial	17
2.1. Inteligencia Artificial	17
2.2. Técnicas de la Inteligencia Artificial	18
2.2.1. Redes neuronales artificiales.....	19
2.2.2. Árboles de decisión.	20
2.2.3. Minería de Datos	21
2.2.4. Sistemas Basados en Conocimientos (SBC).....	22
2.2.4.1. Ciclo de vida de los SBC.....	23
2.2.4.2. Estructura de los Sistemas Basados en Conocimientos.....	23
2.2.4.3. Principales tipos de sistemas basados en conocimientos.....	26
2.2.5. Razonamiento Basado en Casos (RBC).....	29
2.2.5.1. Ventajas de los RBC.....	31
2.2.5.2. Estructura procedimental del ciclo de actividades de los RBC.	31
2.2.6. Representación y Organización de los casos.	33
2.2.7. Comparación entre los SE humanos y los SE artificiales.	35
2.3. Conclusiones	36
Capítulo 3. Propuesta de solución	37
3.1. Introducción	37
3.2. Marco de aplicación del sistema	37
3.3. Solución	37
3.4. Fases del RBC	38
3.5. Representación de los Casos	40

3.6. Organización de los casos.....	41
3.7. Diseño de la base de conocimiento.....	41
3.8. Ejemplos.....	43
3.9. Conclusiones.	46
Capítulo 4: Validación.....	47
4.1. Introducción.....	47
4.2. Validación por método Delphi.	47
4.3. Elaboración del cuestionario para avalar la solución propuesta.	50
4.4. Cumplimiento de los objetivos.	51
4.4.1. Importancia o necesidad del diseño del sistema propuesto.	52
4.4.2. Adecuada estructuración del sistema y de la base de casos.	52
4.4.3. Nivel de completitud de los rasgos.....	53
4.4.4. Adecuada selección de RBC como método de solución en la propuesta del diseño.	54
4.5. Resultados finales.	54
4.6. Conclusiones	55
Conclusiones.	56
Recomendaciones.	57
Referencias Bibliográficas.	58
Bibliografía.....	60
Anexos.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CICLO DE LA INTELIGENCIA CRIMINAL.....7

FIGURA 2: COMPONENTES DE UN SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTOS.[14].....26

FIGURA 3: REPRESENTACIÓN GENERAL DE UN CASO.....30

FIGURA 4: CICLO DE ACTIVIDADES DEL RBC.[9].....32

FIGURA 5: ESTRUCTURA DEL SISTEMA.....38

FIGURA 6: DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE UN CASO.....41

FIGURA 7: CUMPLIMIENTO AL OBJETIVO 1 DEL CUESTIONARIO.....52

FIGURA 8: CUMPLIMIENTO AL OBJETIVO 2 DEL CUESTIONARIO.....53

FIGURA 9: CUMPLIMIENTO AL OBJETIVO 3 DEL CUESTIONARIO.....53

FIGURA 10: CUMPLIMIENTO AL OBJETIVO 4 DEL CUESTIONARIO.....54

FIGURA 11: RESULTADO FINAL.....55

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: COMPARACIÓN ENTRE EXPERTOS HUMANOS Y SE ARTIFICIALES.....35

TABLA 2: TABLA DE LOS DATOS GENERALES DE UN ROBO CON SUS POSIBLES VALORES.....41

TABLA 3: REPRESENTACIÓN DE UN CASO CON LOS RASGOS Y POSIBLES VALORES.....43

TABLA 4: EJEMPLO DE DOS CASOS REALES.....44

TABLA 5: SOLUCIÓN AL CASO 1.44

TABLA 6: SOLUCIÓN AL CASO 2.45

TABLA 7: COEFICIENTE DE CONOCIMIENTO DE LOS ESPECIALISTAS SELECCIONADOS.48

TABLA 8: TABLA PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE ARGUMENTACIÓN.....49

TABLA 9: TABLA DE VALORES PARA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ARGUMENTACIÓN DE LOS POSIBLES EXPERTOS.49

TABLA 10: RESULTADOS DEL CUESTIONARIO.50

TABLA 11: CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....51

TABLA 12: CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS POR PREGUNTAS EN EL CUESTIONARIO.....51

Introducción

Las actividades delictivas constituyen uno de los problemas que históricamente han afectado a la sociedad, por lo que el hecho de poder prevenir, enfrentar y erradicar las mismas ha obligado al hombre a aplicar algunos mecanismos con el objetivo de garantizar su seguridad.

La problemática de la inseguridad ciudadana se ha instalado con marcada solidez en la escena internacional. La existencia y paulatino recrudescimiento del delito y muy especialmente del robo domiciliario, comenzó a plantear a las instituciones policiales y fuerzas de seguridad desafíos diferentes que respondían a los reclamos populares propiciados por este incremento de la criminalidad. Frente al expandible auge negativo, como consecuencia de las acciones criminales han surgido múltiples y distintos mecanismos anti-delictivos con resultados variables en lo que se refiere a su eficacia. En tal contexto, casi todos se han orientado a prevenir y reducir la frecuencia o limitar la posibilidad de aparición de actividades criminales haciéndolas imposibles, más difíciles o menos probables.

Con el objetivo de reducir los altos índices de criminalidad, fue surgiendo gradual y transparentemente la Inteligencia Criminal (IC). El término IC no es más que la aplicación, en la actividad policial, de la metodología propia de la actividad de inteligencia¹, fundamentalmente en materia de análisis.[1]

Se puede definir además como la realización, desde el ámbito de la seguridad pública, de un análisis más amplio sobre tendencias y amenazas en materia delictual, cooperando para la formulación de las políticas en materia de seguridad pública y para el diseño y la preparación de las instituciones cuya función es luchar contra el delito, para enfrentar adecuadamente las nuevas metas detectadas por la IC.[1]

La IC se enfoca en la prevención de delitos, lo cual permite a los órganos policiales apoyarse en una herramienta de ayuda en el establecimiento de planes y estrategias contra todo tipo de delito. La toma de decisiones eficiente y la implementación de medidas preventivas en lo que respecta a política criminal y social, es el primer paso que se debería realizar a fin de lograr la descomposición y por ende la reducción de la cantidad de hechos delictivos.

¹ Se refiere al ciclo de obtención de inteligencia, al tratamiento que se le da a la información desde su planeación y asignación de tareas, recolección de datos, clasificación, evaluación, análisis e interpretación de información hasta la diseminación de productos de inteligencia.

Un adecuado estudio y comprensión de los registros criminales y de los autores materiales de este tipo de acciones ocurridas en el pasado, son de vital importancia en la prevención de delitos, entre otras causas, porque permite el diseño de planes y predicciones de actividades ilícitas.

El uso del conocimiento de los expertos policiales combinado con un profundo análisis de la información recogida acerca de los robos domiciliarios, ayudan a formular soluciones anticipadas que contribuyen a contrarrestar el incremento de este tipo de delito y que generalmente suelen ser efectivas.

En el ámbito policial la mayor parte de la información cruda (entiéndase por información cruda a los datos suministrados por distintos proveedores que no se han validado ni se tiene certeza de cuan confiable puedan ser) es recolectada, clasificada, evaluada y comparada con la obtenida de diversas fuentes, donde lo esencial del ciclo o proceso de IC es la fase del análisis, ya que esta etapa es la que propicia que se puedan identificar patrones o tendencias de actividades criminales.

El análisis de la información criminal, es la etapa más importante dentro del ciclo de IC, de ella depende que el resultado que se pueda obtener al aplicarla, sea eficiente o no. Esta fase es realizada por un experto humano o un grupo de ellos, para los cuales se convierte en un trabajo complejo y engorroso, bajo el riesgo de posibles equivocaciones cuando existe un gran flujo de datos para procesar. Esta ardua tarea trae consigo el agotamiento físico y mental del analista, abriendo paso a la ocurrencia de repeticiones y lentitud en la obtención del producto de análisis; incluso en la pérdida de la experiencia humana ya sea por desmotivación, despido, fallecimiento o cualquier otra causa. Otro inconveniente de realizar este proceso manualmente, consiste en la variabilidad de los resultados cuando se tratan problemas muy similares al omitir patrones y comportamientos que no pueden ser recordados por su complejidad. Por otra parte, el compromiso ético y moral del analista puede verse implicado, llegando a influir en gran medida en los resultados del proceso.

A partir de la situación problemática expuesta se plantea como **problema a resolver**: ¿Cómo contribuir a la toma de decisiones por parte de los órganos policiales en la prevención de robos en domicilios basado en el proceso de inteligencia criminal?

Se propone como **objetivo general**: Diseñar un sistema de inteligencia criminal para la prevención de robos en domicilios que contribuya a la toma de decisiones de los órganos policiales.

De este objetivo general se derivan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Elaborar el marco teórico de la investigación.
2. Proponer técnicas de IA que sirvan de apoyo al proceso de Inteligencia Criminal.
3. Validar la propuesta de solución.

Para dar cumplimiento al objetivo general planteado se definen las siguientes **tareas de investigación**:

1. Realización de un estudio del proceso de Inteligencia Criminal para identificar el ciclo que lo compone.
2. Realización de una investigación sobre las diferentes maneras de analizar la información recolectada en el proceso de inteligencia criminal.
3. Investigación y caracterización de sistemas homólogos utilizados en el análisis de información.
4. Estudio de diferentes técnicas de Inteligencia Artificial para seleccionar la que más se adapte al proceso de inteligencia criminal.
5. Análisis de la técnica seleccionada para aplicar sus componentes al proceso de Inteligencia Criminal.
6. Realizar el diseño de la propuesta de solución.
7. Validación de la propuesta de solución.

Y para lograr este propósito se identificó como **objeto de estudio** los procesos de prevención de delitos criminales, enmarcando el **campo de acción** técnicas de inteligencia artificial aplicadas a la prevención de robos en domicilio.

Como **idea a defender** se plantea la siguiente afirmación: El diseño de un sistema informático inteligente enfocado en la Inteligencia Criminal contribuye a la toma de decisiones por parte de los órganos policiales en la prevención de robos en domicilios.

Entre los métodos científicos de la investigación que son utilizados para darle cumplimiento a estas tareas se encuentran:

Métodos Teóricos.

Analítico-Sintético: Este método ayuda a analizar y comprender la síntesis en los conceptos fundamentales relacionados con la inteligencia criminal, contribuyendo a extraer los elementos fundamentales relacionados con el objeto de estudio.

Histórico-Lógico: Este método permitió realizar el estudio los sistemas homólogos dedicados al análisis de la información criminal y, en consecuencia la evolución y desarrollo que ha tenido este tipo de sistemas a lo largo del tiempo a nivel planetario.

Métodos Empíricos.

Entrevista: Se entrevistaron a especialistas de la Policía Nacional Revolucionaria (PNR) de la localidad San Agustín perteneciente al municipio La Lisa donde se determinaron los rasgos característicos del robo domiciliario para la confección de los casos. Con el objetivo de esclarecer dudas relacionadas en materia de la IA se consultaron a especialistas en el tema. **(Ver Anexos)**

El presente documento consta de 4 partes fundamentales: resumen, introducción, desarrollo y conclusiones. El desarrollo está estructurado en 4 capítulos:

Capítulo 1: Estado del Arte: Se caracterizan sistemas similares en el mundo, enfocándose particularmente en los aspectos negativos de los mismos y se fundamenta por qué no son una solución al problema planteado. Se tiene en cuenta el concepto relacionado con Inteligencia Criminal y la importancia de su aplicación en la actualidad.

Capítulo 2: Técnicas de Inteligencia Artificial: Se hace un breve estudio sobre la indetenible ciencia de la Inteligencia Artificial y dentro de ella algunos aspectos y conceptos que se vuelven necesarios en el momento de tener una sólida base al proponer el diseño del sistema. Se caracterizan además algunas técnicas de esta rama, preferentemente aquellas técnicas dirigidas al análisis de la información y que contribuyan a la toma de decisiones y planeación de estrategias anticipadas a la ocurrencia de acciones delictivas.

Capítulo 3: Propuesta de Solución: Se expone el marco de aplicación del sistema, así como la estructura que tendrá el mismo. Se describe la utilización de un algoritmo para el análisis de información criminal y se describe un caso de estudio.

Capítulo 4: Validación del Diseño: Para darle cumplimiento a este capítulo se consulta la opinión de varias personas con dominio del tema abordado, los cuales validan que el propósito del diseño de este trabajo puede llegar a concretarse. Todo este proceso se describe detalladamente con la utilización del método Delphi.

Capítulo 1: Estado del arte.

Introducción

En este capítulo se introduce el concepto relacionado con la inteligencia criminal, el ciclo que compone este proceso así como la importancia de la aparición de esta terminología. Por otro lado se hace un estudio y caracterización de soluciones informáticas existentes que implementen en una de sus fases la actividad de análisis de información.

1.1. Inteligencia Criminal.

La actividad de inteligencia criminal busca satisfacer las necesidades de información exigidas por la actividad de policía preventiva, represiva y judicial. Así mismo, estará destinada a la búsqueda de información, al análisis y a la difusión de inteligencia sobre el crimen organizado, y a la ejecución de acciones coordinadas con la finalidad de establecer planes y políticas nacionales contra la delincuencia en todas sus manifestaciones.

Según la Ley 25.520 de Inteligencia Nacional de Argentina:

“Es la parte de la inteligencia referida a las actividades criminales específicas que, por su naturaleza, magnitud, consecuencias previsibles, peligrosidad o modalidades, afecten la libertad, la vida, el patrimonio de los habitantes, sus derechos y garantías.”[2]

El proceso de IC conlleva un ciclo que es el encargado de determinar y realizar el análisis a la información recogida, a continuación se muestra este ciclo mediante la figura 1.



Figura 1: Ciclo de la inteligencia criminal.[3]

En materia de inteligencia criminal suele distinguirse entre nivel estratégico y nivel táctico.

La diferencias entre ambos está tanto en la amplitud de visión y nivel de detalle, como en el destinatario del producto inteligencia. Mientras que el nivel táctico está orientado hacia un propósito policial determinado –típicamente, el desbaratamiento de una organización criminal, o la prevención eficaz de determinado delito complejo- el nivel estratégico está orientado hacia la formulación de alerta temprana y la determinación de amenazas en materia de delitos, generalmente a mediano y largo plazo, con la finalidad de establecer prioridades y adaptar a un país, una región o a una institución policial, para enfrentar adecuadamente las amenazas criminales que van surgiendo, orientando el planeamiento de corto, mediano y largo plazo y las políticas en materia de seguridad pública. De ese modo, mientras que el destinatario del nivel táctico son equipos de investigadores, los consumidores de inteligencia de nivel estratégico son los formuladores de decisiones de las instituciones, o los responsables políticos a nivel local, nacional o subregional.

1.1.1. Principios de la Inteligencia Criminal.

La inteligencia criminal policial o el análisis crítico de las sucesivas experiencias, al igual que cualquier otra actividad que se considere importante, determina principios generales aplicables.

Así se conocen los enunciados de principios básicos en todas las ciencias y artes, como también para el aspecto policial de inteligencia. Los principios son el esqueleto sobre el que debe sostenerse una correcta doctrina, en este caso la de la Inteligencia Criminal Policial.

Es importante recalcar que todo principio debe revestir cierta generalidad de situaciones y no referirse salvo a contadas excepciones, a problemas de procedimientos o de detalle.

Pueden considerarse muchos otros principios a los enumerados a continuación, pero fundamentalmente, la pretensión es fundar elementos de comprensión y observancia para una organización y producción de IC óptima.

1. *Conocimientos Específicos:* Se obtienen mediante la formación de especialistas en cada una de las ramas delictivas hacia las que se encamina la tarea de Inteligencia.
2. *Sencillez:* El actuar de Inteligencia debe ser concreto, por lo tanto todo aquello que pudiera ser complejo, será desechado totalmente. Los procedimientos ingeniosos deberán traducirse en órdenes claras y formas fáciles de ejecución. Los requerimientos e informes no deben caracterizarse por comentarios sofisticados.
3. *Alcance:* La difusión o llegada del producto al usuario deberá efectuarse con criterio selectivo a fin de satisfacer los requerimientos que se formulen, así como, anticipar lo que se estime pueda resultar de interés a determinados usuarios del sistema. Deberá evitarse difundir a quien no hará explotación de la misma y en donde no se aplique el concepto de restricción del conocimiento difundido.
4. *Acción operativa:* Está relacionado con la actividad de reunión informativa, explotación de fuentes, producción de inteligencia y difusión insistiendo en la dinámica de continuidad que caracteriza al ciclo de la Inteligencia.

5. *Objetivo:* Toda actividad debe estar orientada con vistas a la obtención de resultados concretos y preferentemente definitivos. Este principio depende fundamentalmente de la correcta elaboración de los EEI y la emisión de órdenes, las cuales deben ser precisas y no genéricas; debe recordarse que todo objetivo debe ser claramente definido y alcanzable.
6. *Seguridad:* Los medios de IC desarrollan actividades en sus zonas de responsabilidad e interés, lo cual obliga a extremar medidas de protección del medio y de la información. Es exigencia de la especialidad poseer una “conciencia de seguridad” amplia y estricta” basada en la disciplina del secreto, la discreción y la aplicación de medidas. La más alta vulnerabilidad la provoca que la delincuencia conozca lo que un organismo de Inteligencia Criminal sabe de ellos.
7. *Equipo:* Los objetivos no serán logrados por oportunos y exitosos esfuerzos individuales sino por la práctica utilización y adecuado desempeño de un conjunto de personas y medios. Un eficiente trabajo de equipo será posibilitado por una unidad espiritual y estrecho contacto en el personal de los organismos que desempeñen tareas afines.
8. *Conducción centralizada ejecución descentralizada:* La mejor forma aplicable es la unidad de comando.
9. *Sorpresa:* Se procede en tiempo y espacio preservando el factor sorpresa (secreto + velocidad) procurando que la delincuencia no advierta el ejercicio de actividades.
10. *Variedad de Fuentes:* Cuanto mayor sea en lo cualitativo y cuantitativo, asegura calidad del producto informativo.
11. *Oportunidad:* Es prioridad absoluta sobre los restantes principios; siempre se deben satisfacer los tiempos cronológicos o de oportunidad que los decisores esperan del producto.
12. *Exactitud:* La aproximación a la verdad absoluta con el ánimo de proveer certeza y el sano juicio o criterio de los analistas para apreciar la realidad delictiva sin vicios o influencias socio-culturales, se convierten en indispensables para la credibilidad de la especialidad. ("*poco y bien dicho*" W. Platt).

13. *Espacio*: El estricto respeto a los escalones de comando en los cuales se desempeña y la observancia de las zonas de responsabilidad determinadas.
14. *Capacidad*: El desarrollo de potencialidades basadas en los recursos del organismo y la capacitación-actualización del personal que permitan adecuación para la explotación informativa en el medio delictivo.
15. *Previsión*: “El ver antes” es el sentido profundo de la IC, considerando que a partir del producto se elaboraran futuras acciones.
16. *Prospectiva*: Una de las características de este tiempo es la dinámica de las acciones y la velocidad de las transformaciones sociales plantean una necesidad de proyección a futuro respaldada por técnicas, procesos sistemáticos y sistemas idóneos.
17. *Servicio*: La misión es proveer a la conducción los elementos coadyuvantes para las decisiones de forma de elaborar productos apreciados y necesarios.
18. *Flexibilidad*: El campo de la Inteligencia criminal debe adaptarse rápidamente a situaciones imprevistas o cambiantes.
19. *Continuidad*: La acción ininterrumpida asegura la permanente actualización y dinámica del sistema.
20. *Depuración*: La posibilidad de acumulación de datos carentes de actualidad o necesidad de empleo, el análisis adecuado advirtiendo las posibilidades de engaño, confusión deben ser premisas que permitan mantener un sistema de consulta y tratamiento de total aprovechamiento.
21. *Utilidad*: Característica deseada de todo el accionar de producción.
22. *Enfoque*: Los últimos instrumentos normativos de la Inteligencia Criminal han legitimado con transparencia pública el accionar; proveyendo con claridad las pretensiones de conocimiento de los estados respecto a las actividades del crimen organizado y delincuencia en general. Las clasificaciones de Inteligencia Tipológica e Inteligencia Específica proponen un amplio campo de acción que los organismos específicos deben respetar.

23. *Registro*: No puede desarrollarse prospectiva sin el conveniente tratamiento de los antecedentes y situación en tiempo real de los problemas en estudio; es por ello, que la Inteligencia Criminal requiere del apreciado almacenamiento de información respecto de la delincuencia que admita su consulta rápida y completa para coronar la eficacia de las acciones operativas e informativas.
24. *Organización*: Es la correcta disposición de los medios con el pertinente enlace que encauce la directiva-ejecución optimizando recursos y sosteniendo la integridad.
25. *Sistema*: La pertenencia de una organización de Inteligencia Criminal es siempre a un sistema mayor que lo provee de un propósito específico generando una interrelación y retro-alimentación. Pertenecer al sistema implica vínculo, delimitación, equilibrio, nivel. [4]

1.1.2. Importancia de la Inteligencia Criminal.

Partiendo de la necesidad urgente por preservar o al menos aumentar ligeramente la seguridad ciudadana varias pueden ser las alternativas aplicadas por los órganos policiales con este fin. El avance de la ciencia en función de buscar esta mejoría no se ha quedado atrás y se ha visto inmerso en la creación de algunas herramientas automáticas o asistida por el ser humano que contribuya de alguna forma a resolver este problema y crear en la persona la fuerte convicción que lo más importante es su seguridad. Si bueno es contar con sistemas o grupos de personas expertas dedicadas al estudio y análisis de las escenas criminales luego del acto delictivo, es mejor trabajar en función de evitar a grandes rasgos la ocurrencia de los delitos de cualquier magnitud.

El personal dedicado al estudio de las escenas criminales pertenecen a una ciencia policial llamada Investigación Criminal y aquellos que permanecen enfocados a la seria y difícil tarea de prevenir la ocurrencia de los delitos se dice que forman parte de la ciencia de la Inteligencia Criminal. Es entonces que, debido a que llevan nombres relativamente parecidos las personas suelen confundir ambos términos, cuando de similares solo tienen el dominio al que están dirigidos, la actividad delictual. De ahí que nada más los relaciona, ni persiguen el mismo objetivo, ni están destinados a resolver el mismo problema, por lo tanto se hace necesario conocer las diferencias entre ambos.

La IC conlleva un análisis predictivo y como resultado de este valioso análisis es posible anticiparse y trazarse planes o estrategias que mejorarán el resultado ante un suceso criminal esperado. El análisis

predictivo pone a disposición de los órganos policiales o instituciones federales el conocimiento para poder predecir y por ende poder actuar con anticipación.

Por estas razones el surgimiento de la IC constituye un hecho que puesto en beneficio de la sociedad es de vital importancia, aunque puede estar dirigido también a otros organismos que deseen preservar su integridad y seguridad.

1.2. Herramientas para el análisis de la información criminal

El continuo avance de la informática se ha convertido en algo indetenible y debe ser positivo en términos generales, se dice general, porque por otra parte la delincuencia se aprovecha de este recurso para incrementar el número de nuevos delitos; esta es una de las causas que ha provocado que los gobiernos sean conscientes de la necesidad de brindarle a los órganos policiales los medios informáticos más avanzados para que sea más efectiva la lucha contra el crimen.

En la actualidad existen algunos ejemplos de esta evolución informática, es decir, aplicaciones o sistemas informáticos enfocados particularmente al análisis de la información criminal, con el objetivo de prevenir y disminuir los elevados niveles de actividades delictivas.

A continuación se mencionan y describen algunas aplicaciones informáticas que en una de sus etapas se realiza el proceso de análisis de información:

1.2.1. Proyecto COPLINK

El Proyecto COPLINK fue creado en el año 1997 en el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad de Arizona, en Tucson, con el objetivo de servir de modelo para ser llevado a nivel nacional. En 2007 se desarrolló la versión comercial, denominada COPLINK Solution Suite. [5]

Se refiere a un paquete de módulos tecnológicos con habilidades comprobadas para identificar inmediatamente pistas y servir como complemento a las fuerzas de ley a resolver crímenes en un menor espacio de tiempo, contribuyendo a mantener los barrios más seguros.

El sistema Coplink está compuesto por dos módulos integrados: Coplink Connect y Coplink Detect. El primero de ellos consiste en buscar la manera de compartir la información criminal entre los distintos departamentos policiales o comisarías ya sea local, nacional o internacional mediante un fácil acceso y

una interfaz sencilla, vinculando distintas fuentes de información. En cuanto a Coplink Detect como su nombre lo indica, fue diseñado para detectar de forma automática diferentes tipos de asociaciones entre las bases de datos mediante técnicas de minería de datos. Vale aclarar que ambos subsistemas presentan una interfaz visual bastante entendible para el usuario y sencilla para su manipulación.

Fundado por miembros de las tropas policiales y para el uso de los mismos, **COPLINK** es una solución para la explotación de las fuerzas de Ley, que va desde el personal que permanece constantemente en las calles, hasta los encargados de la toma de decisiones en el proceso de investigación criminal. [6]

1.2.2. Proyecto OVER

El Proyecto OVER se inició en el año 2000 en Reino Unido como una iniciativa conjunta de la Policía de West Midlands y el Centro de Sistemas de Adaptación y División de Psicología de la Universidad de Sunderland. Este proyecto está enfocado en los casos de robo a domicilio particulares y con la creación de este sistema se persiguen ciertos objetivos que se mencionan a continuación:

- Identificar los recursos críticos para establecer estrategias de prevención y detección más eficientes.
- Proveer de fundamentos empíricos para el desarrollo de planes interdepartamentales orientados a la reducción del delito.
- Analizar la distribución espacio-temporal de los hechos y confirmar las suposiciones sobre tendencias y patrones.

Para ello se utilizaron las siguientes técnicas de inteligencia artificial:

- Redes bayesianas.
- Redes neuronales de Kohonen (SOM), para la confección de perfiles de delincuentes según el modus operandi y su asociación con delitos no resueltos.

Si bien el proyecto desarrolla principalmente capacidades predictivas, el software incorpora otras herramientas útiles como por ejemplo la visualización geo-referenciada de los hechos. [5]

1.2.3. Otras experiencias.

Englobadas en el mismo marco, en lo que al análisis de la información criminal respecta pero con la diferencia que han sido experiencias menos difundidas existen otras aplicaciones que están dirigidas a realizar la misma actividad:

DataDetective + Mapinfo.

El Departamento de Policía de Ámsterdam utiliza el software de minería de datos DataDetective junto con Mapinfo para el análisis de registros criminales. Las técnicas más empleadas son árboles de decisión y redes neuronales de retro-propagación. Las funcionalidades más importantes de DataDetective son: la predicción, la agrupación, la búsqueda de relaciones comerciales, análisis de redes, la coincidencia aproximada, la creación de gráficos y la creación de mapas.

Algunos de los usos de este sistema son:

- Identificación de las causas del comportamiento criminal (por ejemplo casos de reincidencia).
- Agrupamiento de delitos parecidos en clusters (grupos) y su descripción, permitiendo un abordaje más efectivo.
- Identificación de delitos parecidos utilizando algoritmos de lógica difusa relacionando casos no resueltos con casos resueltos.
- Identificación de zonas de aumento del delito (por ejemplo se ha utilizado para la localización de equipos preventivos en operativos de búsqueda de armas). [5]

Clementine.

Por otro lado el Departamento de Policía de Richmond (Virginia) ha desarrollado una aplicación para el análisis de información criminal que combina minería de datos, mediante el software Clementine junto a un entorno visual aportado por Information Builders y una interfaz desarrollada por RTI Internacional. El principal objetivo es optimizar la locación de recursos, en base a una modalidad pre activa y no reactiva.[5]

Real Time Crime Center.

El Departamento de Policía de Nueva York inició en julio de 2005 el Real Time Crime Center. Este ambicioso proyecto tiene como objetivo conformar un enorme almacén de datos y cruzar información de

todo tipo mediante herramientas de inteligencia de negocios (como Repotnet 1.1 y Accurint Pro) de forma tal que posibilite detectar patrones de comportamiento y asociaciones antes desapercibidos. [5]

Weka.

Finalmente y no menos importante Weka. WEKA corresponde a las siglas en inglés de Waikato Environment for Knowledge Analysis, es una herramienta de software desarrollada en Java por la Universidad de Wakaito (Nueva Zelanda).

La aplicación Weka es un ambiente para la experimentación de análisis de datos que permite aplicar, analizar y evaluar las técnicas más relevantes de análisis de datos, principalmente las provenientes del aprendizaje automático o semiautomático, sobre cualquier conjunto de datos del usuario.[7]

Mencionar también que su funcionamiento interno y los mecanismos que utiliza para analizar la información que se le ofrece es mediante las técnicas antes descritas.

Existe otra herramienta similar a Weka, tal es el caso de *Oracle Data Miner* pero el hecho de que **Weka** sea desarrollado bajo licencia GPL (*General Public Licence*) lo ha convertido en una alternativa muy interesante. [5]

1.3. Resultado del estudio de sistemas similares existentes.

En este sentido las experiencias de aplicaciones dedicadas al análisis de la información criminal o registros criminales, puestas en práctica hasta el momento y haciendo uso de varias técnicas y algoritmos analizadores, han resuelto de cierta manera sustituir o al menos apoyar al experto humano a la hora de tomar decisiones. Desde hace algunos años se ha incursionado en este tema en distintos países como por ejemplo en Chile, EE.UU, Gran Bretaña, etc.

Las aplicaciones antes caracterizadas solucionan de manera general el problema de visualización de grandes volúmenes de información mediante generación de mapas o modelos predictivos, pero es importante destacar que en ninguno de los casos es utilizado el factor experiencia como fundamento base en el análisis de la información criminal para fortalecer el apoyo en la toma de decisiones en la predicción de posibles sucesos.

Por otra parte existen otros inconvenientes en cuanto a las técnicas que utilizan para el análisis de la información criminal. Por ejemplo COPLINK en uno de sus módulos utiliza el clustering jerárquico, que además de ofrecer poca escalabilidad, no brinda existencia de un criterio de parada y que, luego de contruidos los clusters, no vuelven a ser visitados para mejorarlos.

En el caso de DataDetective + Mapinfo que utiliza las técnicas de árboles de decisión y redes neuronales, las primeras a pesar de brindar una buena descripción visual en problemas relativamente simples, su complejidad aumenta exponencialmente a medida que se agregan etapas adicionales y que la técnica de resolución sea sencilla, puede volverse compleja en la medida que aumentan las alternativas y eventos probabilísticos. En cuanto a las redes neuronales, destacar que no resuelven todos los problemas ni siempre los resuelven de la mejor manera, tienen problemas en la estimación de cálculos precisos y que se comportan bien en predicción a largo plazo; en cambio, no están claras las mejoras observadas en series cortas y estacionales.

Además se hace necesario recurrir a aplicaciones informáticas que basen sus mecanismos de solución en la utilización de la experiencia acumulada con el paso del tiempo, ya que la experiencia resulta un recurso muy útil para resolver nuevos problemas.

Los argumentos que se han planteado demuestran que ninguna de las herramientas que se analizan constituye una solución a la problemática identificada. La práctica ha demostrado que lo que se necesita concretamente es el proceder práctico, el modo de accionar por parte de los órganos policiales, sin olvidarse por completo de la ayuda que pueden ofrecer los modelos y mapas predictivos.

1.4. Conclusiones.

En el presente capítulo se mencionaron y se caracterizaron algunas de las soluciones informáticas dirigidas al análisis de información criminal, lo que permitió llegar a la conclusión de que en su mayoría hacen uso de técnicas de la minería de datos y que son efectivas para el objetivo con que fueron creadas, pero que no utilizan la experiencia acumulada.

Capítulo 2. Técnicas de Inteligencia Artificial.

Introducción

En este capítulo se exponen otros conceptos relacionados con la investigación que por su importancia y para una mayor comprensión fueron ubicados en esta sección. Tal es el caso de los términos Inteligencia Artificial, Sistemas Basados en Conocimientos, Sistemas Expertos y Razonamiento Basados en Casos.

Se incluye además, un análisis de las distintas técnicas de Inteligencia Artificial, que proporcionará los elementos necesarios para la selección de una, contribuyendo al desarrollo de la solución. Igualmente se hará un estudio de las tendencias, tecnologías, métodos y herramientas a utilizar como parte de esta investigación.

2.1. Inteligencia Artificial

Desde hace varias décadas el término Inteligencia Artificial (IA) ha generado muchas polémicas, pero la mayoría de los autores coinciden en que es, en esencia, lograr que una máquina tenga inteligencia propia, inteligencia que es añadida por un experto o grupo de expertos con el conocimiento necesario en una materia específica. A continuación se relacionan varias definiciones de autores e investigadores de la IA que lo definen según sus distintos puntos de vista.

- Barr y E. A. Feigenbaum, dos de los pioneros de la investigación en IA, definen esta como sigue: “La Inteligencia Artificial es la parte de la Ciencia que se ocupa del diseño de sistemas de computación inteligentes, es decir, sistemas que exhiben las características que asociamos a la inteligencia en el comportamiento humano que se refiere a la comprensión del lenguaje, el aprendizaje, el razonamiento, la resolución de problemas, etc. [8]
- “La interesante tarea de lograr que las computadoras piensen... máquinas con mentes, en su amplio sentido literal”. [9]
- “La automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades tales como toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje.[9]

- “El arte de crear máquinas con capacidad de realizar funciones que realizadas por personas requieren inteligencia”. [9]
- “El estudio de cómo lograr que las computadoras realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor”. [9]
- “El estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales”. [9]
- “El estudio de los cálculos que permiten percibir, razonar y actuar”. [9]

Finalmente como parte de una profunda investigación y estudio sobre la IA se puede concluir como una definición aceptada la siguiente:

La inteligencia artificial es un pilar fundamental dentro de la investigación científico-técnica enmarcada principalmente en el sector de la informática, pues posibilita modelar la inteligencia humana a través de sistemas de cómputo. Para ello hace uso de técnicas y algoritmos de alta complejidad con el mero propósito que un ordenador sea capaz de imitar el comportamiento humano y el complicado proceso de razonamiento humano. Se plantea como objetivo también, que dichos sistemas computacionales aprendan de las experiencias obtenidas y sepan aplicar y modificar las soluciones propuestas.

2.2. Técnicas de la Inteligencia Artificial.

En la actualidad, la IA es una rama de la ciencia que está teniendo un crecimiento acelerado en cuanto a su aplicación en el desarrollo científico-técnico. Es una ciencia que se está aplicando a numerosas actividades realizadas por los seres humanos con la finalidad de lograr una mayor similitud a estos. Hasta el día de hoy, la IA está presente en algunas líneas de investigación científicas como son: la robótica, la visión artificial, reconocimiento de voz y determinar patrones; con la que los resultados posibles a obtener van más allá de los propuestos.

Numerosas son las técnicas y campos que emplea la Inteligencia Artificial para dar cumplimiento a estas actividades, a continuación se relacionan algunas de ellas:

- Redes neuronales artificiales.
- Árboles de decisión.

- Minería de Datos.
- Sistemas basados en conocimiento.[10]

De esta última se estará abordando con mayor profundidad a lo largo de esta investigación, puesto que es la que genera la técnica específica que se ha seleccionado para el diseño de la propuesta.

2.2.1. Redes neuronales artificiales.

En las últimas décadas las Redes Neuronales Artificiales (RNA) han recibido un interés particular como una tecnología para minería de datos, puesto que ofrece los medios para modelar de manera efectiva y eficiente problemas grandes y complejos. Los modelos de RNA son dirigidos a partir de los datos, es decir, son capaces de encontrar relaciones (patrones) de forma inductiva por medio de los algoritmos de aprendizaje basado en los datos existentes más que requerir la ayuda de un modelador para especificar la forma funcional y sus interacciones.

Las RNA se basan en la analogía que existe en el comportamiento y función del cerebro humano, en particular del sistema nervioso, el cual está compuesto por redes de neuronas biológicas que poseen bajas capacidades de procesamiento, sin embargo toda su capacidad cognitiva se sustenta en la conectividad de éstas.

Una red neuronal artificial (RNA) es un esquema de computación distribuida inspirada en la estructura del sistema nervioso de los seres humanos. La arquitectura de una red neuronal es formada conectando múltiples procesadores elementales, siendo éste un sistema adaptivo que posee un algoritmo para ajustar sus pesos (parámetros libres) para alcanzar los requerimientos de desempeño del problema basado en muestras representativas.

Por lo tanto se puede señalar que una RNA es un sistema de computación distribuida caracterizada por:

- Un conjunto de unidades elementales, cada una de las cuales posee bajas capacidades de procesamiento.
- Una densa estructura interconectada usando enlaces ponderados.
- Parámetros libres que deben ser ajustados para satisfacer los requerimientos de desempeño.
- Un alto grado de paralelismo.

Es importante señalar que la propiedad más importante de las redes neuronales artificiales es su capacidad de aprender a partir de un conjunto de patrones de entrenamientos, es decir, es capaz de encontrar un modelo que ajuste los datos. El proceso de aprendizaje también conocido como entrenamiento de la red puede ser supervisado o no supervisado.[11]

Esta técnica de la IA posee algunos inconvenientes y se muestran a continuación:

- Una de las desventajas de las Redes Neuronales es que requieren la definición de muchos parámetros antes de poder aplicar la metodología. Por ejemplo hay que decidir la arquitectura más apropiada, el número de capas ocultas, el número de nudos por capa, las interconexiones, la función de transformación, etc.
- Otra desventaja de las Redes Neuronales es que no ofrecen una interpretación fácil.[12]

2.2.2. Árboles de decisión.

Los árboles de decisiones sirven para representar y categorizar una serie de condiciones que ocurren de forma sucesiva, para la resolución de un problema. Ellos proveen una visión gráfica de la toma de decisión necesaria, especifican las variables que son evaluadas, qué acciones deben ser tomadas y el orden en la cual la toma de decisión será efectuada. Cada vez que se ejecuta un árbol de decisión, solo un camino será seguido dependiendo del valor actual de la variable evaluada.[13]

Características de los árboles de decisión:

- Un árbol de decisión es una representación cronológica del proceso de decisión.
- Tiene dos tipos de nodos.
 - Nodos de decisión (representados por cuadros).
 - Nodos del estado de la naturaleza (representada por círculos)
- La raíz del árbol corresponde al tiempo presente.
- El árbol se construye hacia el futuro, con las ramas saliendo desde los nodos.[14]

Esta técnica posee algunos inconvenientes como son:

- Sólo es recomendable para cuando el número de acciones es pequeño y no son posibles todas las combinaciones.[13]

- La técnica de resolución, aunque sencilla puede volverse compleja en la medida que aumentan las alternativas y eventos probabilísticos.
- En algunas situaciones, la especificación de la incertidumbre a través de las probabilidades discretas resulta en una sobre simplificación del problema.
- Ofrece una buena descripción visual en problemas relativamente simples, pero su complejidad aumenta exponencialmente a medida que se agregan etapas adicionales.[14]

2.2.3. Minería de Datos

La Minería de Datos (MD), es un proceso iterativo que se enfoca en la búsqueda de información no trivial en grandes volúmenes de datos. Con ella se busca generar información similar a la que podría generar un experto humano, principalmente patrones, anomalías, cambios, tendencias y estructuras significativas. Tratándose del caso de la inteligencia criminal, la gran cantidad de información y de variables que intervienen justifican el uso de herramientas más potentes que la estadística convencional que permitan determinar relaciones multivariantes subyacentes. [5]

El objetivo principal de la minería de datos, luego de la obtención del conocimiento es la predicción – y la minería de datos predictiva es el tipo más común y uno de los que tiene mucha aplicación en la toma de decisiones, estrategias y planes que en el futuro ayudarán a prevenir o al menos disminuir el porcentaje de sucesos delictivos –. La minería de datos aplicada a la inteligencia criminal es un campo novedoso y que debido a la creciente influencia y aumento de los hechos delincuenciales ha tenido un gran impulso en los últimos años. [5]

Si bien minería de datos es una parte del proceso completo de KDD (Knowledge Discovery in Databases), siglas en inglés o Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos en español, en parte de las literaturas consultadas se vinculan estos términos y llegan incluso la Minería de Datos y KDD a identificarse indistintamente. Específicamente, la terminología Minería de Datos es más explotada comúnmente por los estadísticos, analistas de datos, mientras que por otro lado el término KDD es utilizado más por los especialistas en Inteligencia Artificial.[7]

La fase de análisis de la información recolectada en un campo de conocimiento específico, es habitual que sea un proceso netamente manual basado por lo general en técnicas convencionales de estadística. Sin embargo, cuando la cantidad de datos de la que se dispone es excesivamente grande, la resolución

manual al problema de reducir, sintetizar y analizar se hace prácticamente intratable. Es aquí precisamente donde entra en juego el conjunto de técnicas de análisis automático al que se hace alusión cuando se habla del término Minería de Datos.[7]

2.2.4. Sistemas Basados en Conocimientos (SBC).

Un sistema Basado en el Conocimiento es aquel en el que aparece representado el conocimiento de un dominio determinado, de tal forma que dicha representación sea procesable por un programa informático. Un SBC al que se le incorpora conocimiento proveniente de expertos en un dominio se le conoce como Sistema Experto (SE).[15]

La idea básica que persiguen estos programas es imitar las actividades de un ser humano para resolver problemas, de esta forma capturan y almacenan la experiencia de una persona experta o grupo de expertos en un área determinada del conocimiento y haciendo uso de este conocimiento adquirido y de procedimientos de razonamiento solucionan dichos problemas mediante deducciones lógicas de conclusiones.[10]

En algunas bibliografías a estos términos se les identifica indistintamente y para esta investigación será tomado como SBC.

A continuación se muestra algunas ventajas que generan los SBC:

- Mantenimiento del conocimiento.
- Resolución de problemas complejos.
- Ajuste de objetivos.
- Tratamiento de la incertidumbre.
- Explicación del razonamiento.
- Reducción de costes.
- Aumento de la fiabilidad.
- Modularidad.[16]

2.2.4.1. Ciclo de vida de los SBC.

Como casi todos los sistemas que funcionan mediante la ejecución de procesos y cuya finalidad es la obtención de un producto, los SBC no quedan exentos de estos de este tipo de sistema, y están dirigidos por un ciclo de vida que controla los objetivos de los SBC. A continuación se enumeran las actividades del ciclo de vida de los SBC.

1. *Análisis del Problema*: Recopilar información sobre el proyecto y determinar su viabilidad.
2. *Especificación de Requerimientos*: Fijar los objetivos y métodos para conseguirlos.
3. *Diseño Preliminar*: Decisiones a alto nivel sobre el diseño (formalismo de representación del conocimiento, herramientas, fuentes de conocimiento).
4. *Prototipo Inicial y Evaluación*: Construir un prototipo con cobertura limitada, evaluar las decisiones de diseño a partir del prototipo.
5. *Diseño Final*: Validar las decisiones y proponer el diseño del sistema de manera que permita un desarrollo incremental.
6. *Implementación*: Completar la adquisición del conocimiento, ampliar incrementalmente el prototipo inicial.
7. *Pruebas*: Comprobar que el sistema cumple las especificaciones.
8. *Ajustes al Diseño*: Realimentar el proceso (los cambios en el diseño deberían ser mínimos).
9. *Instalación, Implantación y Mantenimiento*: Mantener el sistema.[17]

2.2.4.2. Estructura de los Sistemas Basados en Conocimientos.

Los sistemas basados en conocimiento poseen una estructura básica de funcionamiento donde sus componentes están estrechamente vinculados, estructura en la que cada uno de estos componentes es dependiente del precedente. La arquitectura de un SBC (ver figura 2), está compuesta de forma básica por las siguientes partes o módulos: una base de conocimiento, una base de hechos, la interfaz de usuario, el módulo de explicaciones, el módulo de adquisición del conocimiento y un mecanismo o motor

de inferencia. A continuación se enuncian descripciones más detalladas de cada una de las partes antes mencionadas.

Base de Conocimiento.

Es una estructura de datos que almacena el conocimiento especializado para que pueda ser utilizado en la toma de decisiones por el SBC. Contiene el conocimiento del tema, generalmente proporcionado por un experto en cuestión, convenientemente formalizado y estructurado. [15]

Interfaz de usuario.

Es el que rige el diálogo entre el usuario y el sistema. Su objetivo es permitir un diálogo en un lenguaje casi natural con la máquina. Además, este módulo traduce el español (o cualquier otra lengua) al lenguaje interno y viceversa. Esta interfaz comunica al motor de inferencia las consultas del usuario y a este último los resultados de la consulta. A la inversa, permite, igualmente obtener el enunciado del problema inicial y los objetivos a alcanzar así como la consulta a la base de conocimiento. [15]

Mecanismo de Inferencia (máquina de inferencia o motor de inferencia).

Es un algoritmo capaz de generar conclusiones a partir de datos proporcionados por el usuario del sistema o por el conocimiento almacenado en la base de conocimiento. Es capaz de recibir datos, tanto del usuario como de la base de conocimiento, con estos establece metas de decisión y elabora conclusiones basadas en alguna forma de razonamiento automático. La confiabilidad de las recomendaciones proporcionadas por un SBC, está fuertemente relacionada con la calidad de la información almacenada en la base de conocimiento.[15]

Base de Hechos.

Es una memoria auxiliar que contiene a la vez, los datos sobre la situación concreta en la cual se va a realizar la aplicación (hechos iniciales que describen el enunciado del problema a resolver) y los resultados intermedios obtenidos a lo largo del procedimiento de deducción. Esta base (memoria temporal) no se conserva (salvo por necesidades del usuario) y depende exclusivamente de la situación estudiada. [15]

Módulo de Explicaciones.

Permite trazar el camino tomado en el razonamiento (inferencias efectuadas). Este módulo aporta una ayuda considerable al informático para refinar la gestión del motor de inferencia y le es igualmente útil al experto, en la construcción y verificación de la coherencia de la base de conocimiento y explica, también, al usuario, cómo ha deducido tal hecho y por qué plantea tal cuestión. [15]

Módulo de Adquisición del Conocimiento.

El conocimiento puede introducirse por el experto o por el ingeniero de conocimiento (en este caso el módulo puede contener funciones de interface con el usuario) o provenir directamente de sensores, bases de datos, u otros software. Debe recibir el conocimiento, verificar la verosimilitud de este, organizar la coherencia de la base de conocimiento y transformar los datos en conocimiento incorporados al sistema.

Estos módulos no tienen ninguna influencia sobre el valor de los razonamientos del SBC, pero juegan, sin embargo, un papel indispensable en la rendición de cuentas, que es accesible a los usuarios. Si bien estos módulos no existen en todos los SBC, o están organizados de diferentes formas, la función que realizan es indispensable en estos sistemas. La unión del motor de inferencia y de las interfaces, forma lo que se denomina sistema esencial o más sencillamente una herramienta software de ayuda al desarrollo de los SBC. Basta administrarle una experiencia específica para hacerle competente en un dominio cualquiera. De hecho, la constitución de la base de conocimiento sigue siendo, a pesar de ello, larga y delicada, puesto que es necesario extraer el conocimiento del experto y transferirlo al SBC. [15]

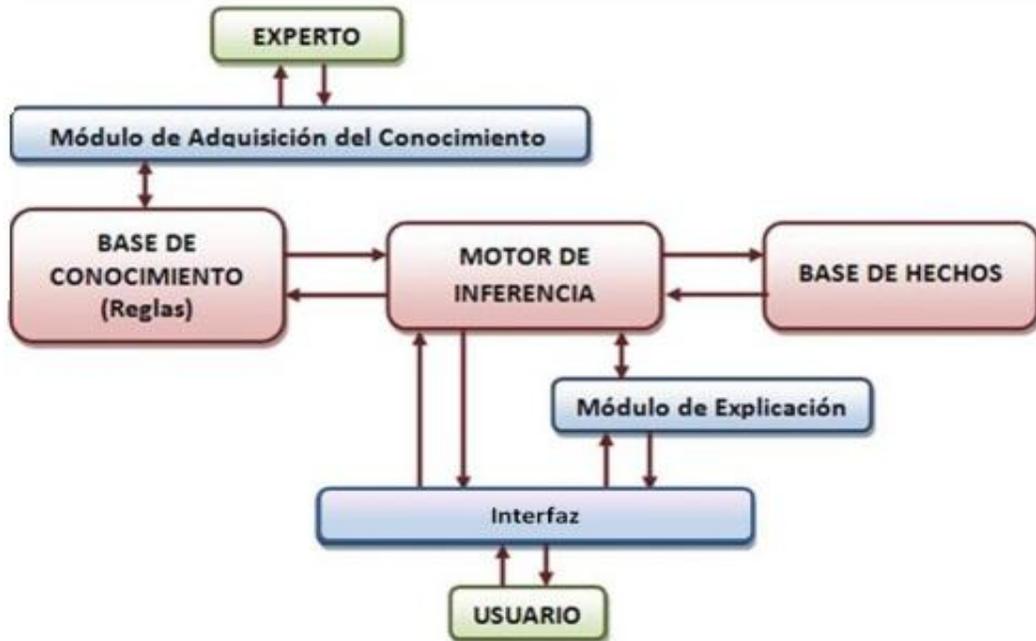


Figura 2: Componentes de un Sistema Basado en Conocimientos.[15]

Por su alto nivel de utilidad, soluciones y fiabilidad los SBC están inmersos ya en numerosas ramas de la ciencia, dependiendo sobre todo en el tipo de SBC que se quiera utilizar para que sea más provechosa la explotación de la misma.

2.2.4.3. Principales tipos de sistemas basados en conocimientos.

Basados en Reglas.

Estos sistemas funcionan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y aplicación de las nuevas reglas. También pueden trabajar por inferencia lógica dirigida, desde la evidencia inicial y dirigiéndose hacia la obtención de una solución, o bien con hipótesis sobre las posibles soluciones y volviendo hacia atrás para encontrar una evidencia existente que apoye una hipótesis en particular.

A continuación se muestran algunas ventajas e inconvenientes que presentan estos sistemas:[18]

Ventajas:

- Modularidad -> facilita el desarrollo incremental.
- Uniformidad -> facilita su manipulación.
- Naturalidad.
- Carácter declarativo.

Desventajas:

- Ineficiencia -> puede mejorarse el método descrito.
- Opacidad -> es difícil seguir la traza de las deducciones.
- Cobertura del dominio -> gran número de reglas.
- Dificultad de verificación de consistencia y completitud.

Basados en Redes Bayesianas o Basados en Probabilidades.

Este otro tipo de sistema experto basa su funcionamiento como su nombre propio indica en las redes bayesianas. El motor de inferencia que utiliza para procesar las evidencias se basa en la teoría de probabilidades y más concretamente con el Teorema de Bayes.[10]

A continuación se mencionan algunas de las ventajas que ofrecen estos tipos de sistemas así como algunos de los inconvenientes que generan:

Ventajas:

- Permiten manejar situaciones donde exista incertidumbre.
- Facilita la interpretación y obtención de conclusiones sobre el dominio en estudio por parte de las personas que lo analiza.
- Permite combinar conocimiento experto con datos (dicho conocimiento experto generalmente viene dado en forma de relaciones de causalidad).
- Permiten definir modelos y utilizarlos tanto para hacer razonamiento de diagnóstico como para hacer razonamiento predictivo.[19]

Desventajas:

- No son factibles para todo tipo de dominio, pues se dificulta construir las redes con ayuda de expertos humanos cuando existen carencias de conocimiento.

- No son viables para explicar el razonamiento, ya que los métodos y modelos que utiliza están aún lejos de ofrecer explicaciones comprensibles.

Basados en Casos.

Son los que utilizan el Razonamiento Basados en Casos (RBC) como mecanismo de inferencia. Los sistemas de este tipo están dirigidos a reflejar la idea de que el conocimiento del especialista puede ser representado en forma de casos. La base de conocimiento de estos sistemas está formada por casos, los cuales constituyen la información que servirá de comparación con la del nuevo caso a tratar. El sistema recupera los casos almacenados cuyas características sean similares con las del nuevo caso, encuentra el más parecido o los más parecidos y aplica las soluciones del caso antiguo al nuevo caso mediante la hipótesis de que a problemas similares, soluciones similares.

Ahora se muestran algunas ventajas e inconvenientes de este tipo de sistema basados en conocimientos:[20]

Ventajas:

- Tienen el dominio delimitado.
- Utilizan la experiencia para generar la solución a los casos nuevos.
- Adquisición de conocimiento.
- Permite proponer soluciones a problemas rápidamente.
- Propone soluciones en dominios no entendidos completamente por el sistema.
- Ofrece un medio de evaluación de soluciones cuando no se cuenta con un método algorítmico.
- Se centra en las características o partes más importantes del problema.
- El RBC es aplicable a un amplio rango de problemas.
- El enfoque que utilizan los sistemas basados en casos para la adquisición de conocimiento; pues razonan desde episodios específicos, lo cual evita el problema de descomponer el conocimiento del dominio y generalizarlo en reglas.[21]
- Otras de las ventajas de este tipo de sistema está dada en la flexibilidad para representar el conocimiento a través de los casos, la organización de la BC y de las estrategias de recuperación y adaptación de los casos. [21]
- Otra ventaja es el reuso de las soluciones previas al resolver un problema. [21]

Desventajas:

- Confía ciegamente en los casos previos almacenados en su memoria para intentar proponer su solución.
- Puede ser que no recupere el caso más apropiado para la solución del nuevo caso.
- El sistema no explora todo el espacio de soluciones.
- Requiere de una base de datos considerablemente grande y bien seleccionada.
- El RBC depende de una adecuada función de semejanza.

Implementar un sistema basado en reglas es complejo, puesto que hay que definir un conjunto de reglas que son las que van a inferir el conocimiento y cada una de esas reglas debe estar validada por especialistas. En cuanto a los sistemas bayesianos o probabilísticos pues este también se hace trabajoso implementarlo ya que se basa fundamentalmente en fórmulas probabilísticas, esencialmente en el Teorema de Bayes. Por último, tratándose de los sistemas basados en casos y su principio del uso de la experiencia pues se convierte este en más indicado a utilizar.

De los tipos de sistemas expertos existentes, este último es el que más se asemeja al modo de pensar que tienen los seres humanos.

2.2.5. Razonamiento Basado en Casos (RBC).

Los sistemas con Razonamiento Basado en Casos (RBC), son una técnica de la IA que se basa en recuperar, reutilizar, revisar y almacenar casos con sus soluciones a problemas semejantes anteriormente resueltos, en lugar de generar soluciones basadas en un modelo exhaustivo de comportamiento, además de considerarse como el mecanismo de inferencia que utilizan en sí los Sistemas Basados en Casos. El RBC significa razonar sobre la base de experiencias previas. La idea básica del RBC es recuperar, adaptar y validar las soluciones encontradas en casos anteriores en un intento de relacionarlas con un problema actual. [15]

Este mecanismo o motor de inferencia es el que modela el proceso de razonamiento humano. Las raíces y principios de utilización de los RBC surgen sobre ciertos resultados de consultas psicológicas donde ha quedado demostrado que, en la mayoría de las ocasiones, los seres humanos resuelven los problemas que se le presentan teniendo en cuenta las experiencias vividas en el pasado con características similares

al problema presentado y no a partir de un conocimiento profundo del problema en cuestión. Cuando una persona va a comprar un par de zapatos por ejemplo, trata de comprar aquellos que más tiempo le hayan durado o por ejemplo los médicos que a través de un examen determinan un conjunto de síntomas y pueden sugerir el mismo tratamiento que el caso recordado.

El RBC es una alternativa entre otras metodologías para construir sistemas basados en el conocimiento. Al razonar basado en casos el solucionador de problemas recuerda situaciones previas similares a la actual y las usa para ayudar a resolver el nuevo problema. Un sistema que utilice RBC necesita una serie de experiencias, llamadas u organizadas en forma de casos, almacenadas en una base de casos, donde cada caso se compone generalmente de una descripción del problema, que son las características o rasgos y la solución que se aplicó.

A continuación se ilustra la estructura generalizada de un caso.

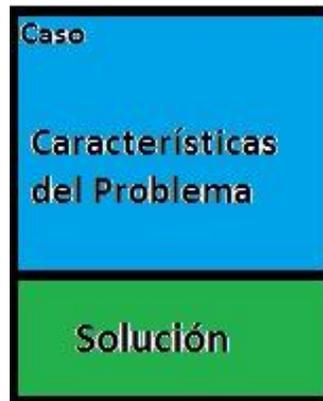


Figura 3: Representación general de un caso.

Se entenderá como un caso a la definición clara y precisa de las características de un problema particular que lo distinguen entre otros problemas, y las acciones que se deben tomar para su corrección. Cada caso está compuesto por un nombre y una lista de características con sus respectivos valores.

En resumen, el RBC se considera especialmente adecuado en dominios pocos formalizados y donde el aprendizaje desempeña un papel importante. Si es posible construir fácilmente un modelo formal de comportamiento de un determinado dominio entonces el RBC pierde sentido, ya que el modelo general se supone que permite resolver cualquier problema, mientras que un sistema con RBC sólo proporciona

variaciones de problemas ya resueltos y almacenados en la base de casos. Por el contrario, si ese modelo no existe, o es demasiado costoso de obtener, el RBC puede ser una aproximación efectiva para resolver problemas típicos, facilitando además la adquisición de conocimiento en forma de nuevos casos.

Por tanto, como esta técnica ofrece el análisis de información basado principalmente en la experiencia acumulada sobre un problema determinado en un dominio específico, se decide que sea **el mecanismo ideal para adoptarlo al diseño de la solución que se busca** con la creación de este trabajo.

Los sistemas basados en casos tienen diferentes formas de manifestarse:[22]

1. La utilidad de razonar considerando precedentes.
2. Hacer uso de los casos viejos para explicar nuevas situaciones.
3. Usar los casos viejos para justificar y criticar nuevas soluciones.

2.2.5.1. Ventajas de los RBC.

Una de las ventajas del razonamiento basado en casos es la flexibilidad que ofrece respecto a la representación. Se puede elegir la implementación adecuada dependiendo del tipo de información a representar, variando desde un simple boolean, un número, datos dependientes del tiempo, relaciones entre datos, ficheros, frames, redes semánticas, etc.

En muchos sistemas CBR no se necesitan almacenar todos los casos existentes, sino que se sigue un criterio para decidir qué casos almacenar y cuales descartar.[23]

2.2.5.2. Estructura procedimental del ciclo de actividades de los RBC.

El proceso de razonamiento basado en casos involucra toda una metodología con un ciclo de actividades que, además de darle solución a los nuevos problemas que se presentan permite aprender de las buenas soluciones aplicadas a los nuevos problemas en caso que no contenga esa solución. A continuación se muestra el ciclo de actividades que siguen los sistemas de RBC:

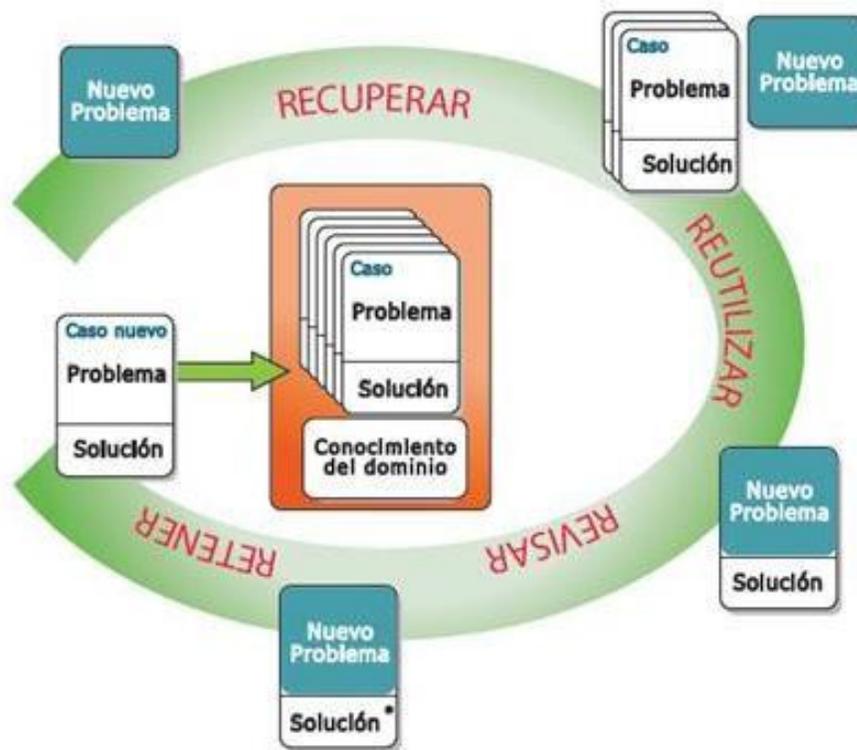


Figura 4: Ciclo de actividades del RBC.[10]

Recuperar: Este módulo consta de dos etapas fundamentales: la etapa de acceso y la etapa de recuperación propiamente dicha.

Dado un problema, se recuperan los casos más similares de la Base de Casos. Una de las técnicas consiste en la asignación por parte del experto de las características que tienen mayor relevancia (peso) y formular una función de semejanza que involucre la similitud entre cada uno de los rasgos del problema teniendo en cuenta el peso de los mismos. Para ello se compara el nuevo caso con los casos almacenados en la base de casos. En un próximo capítulo se expondrá sobre el uso y funcionamiento de la función de semejanza seleccionada para darle cumplimiento a esta etapa del ciclo de RBC.

Reutilizar: En esta actividad se extrae la solución del caso seleccionado para utilizarla. Además permite adecuar la solución del caso más parecido a las condiciones del nuevo caso. Esto es necesario, dado que normalmente las particularidades que se presentan en un problema, no son idénticas a las de los casos

anteriores. Al tener los casos similares, lo ideal sería encontrar un caso exactamente igual al nuevo, pero generalmente nunca sucede así, y es necesario realizar el proceso de adaptación.

Revisar: La etapa de revisión, consiste en la validación de la solución obtenida. Esta validación se realiza simulando la solución para estimar qué tan acertada es. Por lo tanto, esta etapa está altamente influenciada por el grado de conocimiento que tiene el experto sobre el fenómeno ocurrido, y es él quien juzga la efectividad de la solución propuesta con base en su experiencia. También durante esta fase se aplica la solución propuesta y se analiza el resultado de su aplicación. Si los resultados son los esperados se confirma la solución, pero si existen diferencias, se debe averiguar por qué ocurrieron tales diferencias y cómo pueden evitarse. Esta información debe servir para mejorar la definición del caso.

Retener: Finalmente, después de haber aplicado la solución con éxito, se debe almacenar la experiencia como un nuevo caso en la base de casos.[10]

Si bien se ha dado a entender que en el proceso de reutilización se lleva a cabo toda la problemática de adaptación del caso o casos recuperados para el nuevo problema, en muchas aplicaciones prácticas las fases de reutilización y revisión apenas se distinguen, y muchos investigadores hablan de fase de adaptación, que combina ambas. No obstante, la adaptación es quizás uno de los frentes más abiertos en los sistemas RBC debido a su complejidad.[23]

A partir de ahora el autor se referirá a la etapa de Reutilización como Adaptación.

Por consiguiente, para poder hacer uso de un sistema que utilice el RBC sería obligatorio y necesario disponer ya de una base de casos de éxito para diferentes problemas y conocer los diferentes factores que influyen en la solución. Para esto es necesario contar con un conocimiento sobre el dominio que permita evaluar y mejorar las soluciones propuestas.

2.2.6. Representación y Organización de los casos.

De manera general los casos pueden representar distintos tipos de conocimiento y pueden ser almacenados en diferentes formatos. Esto dependerá del tipo de sistema RBC, por ejemplo los casos pueden representar personas, objetos, diagnósticos, planes, etc.

En muchas aplicaciones prácticas los casos se representan como dos conjuntos desestructurados de pares *atributo-valor* que representan el problema y las características de la solución.

Es importante destacar que a la hora de elegir la representación para un caso se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- La estructura interna del caso, si está formado por sub-casos o componentes.
- El tipo y estructura de la información que va a describir el caso debe estar disponible o ser posible crearlo.
- El lenguaje en el que se va a implementar el sistema RBC. La elección del lenguaje también estará influenciada por la disponibilidad de los mismos y los conocimientos de que disponga el desarrollador.
- El mecanismo de búsqueda e indexación que se vaya a emplear. El formato del caso debe permitir la recuperación de casos de forma eficiente.
- La forma en la que los casos están disponibles o son obtenidos. Por ejemplo si se crea una base de casos a partir de una colección existente de experiencias pasadas, la facilidad con la que se puedan traducir estas experiencias a un formato adecuado es importante para el sistema RBC.[23]

Una vez que se tiene elegida la representación de los casos, se procede a determinar la elección del modelo de memoria con la que se trabajará. Existen principalmente dos estructuras de memoria, estructura *plana* y la *jerárquica*. Es importante destacar que la manera en que sean organizados los casos en la base de casos facilitará el acceso más rápido a ellos en la fase de recuperación.

En una estructura plana de la base, los casos se almacenan secuencialmente lo que resulta ventajoso a la hora de agregar un caso nuevo pero en la fase de recuperación se torna muy lento cuando la base de casos es muy grande, mientras que en una estructura jerárquica los casos se agrupan en categorías para reducir el número de casos a buscar en una consulta. [23]

En fin, es preferible utilizar la estructura plana para bases de casos pequeñas y la estructura jerárquica para cuando los casos son numerosos. Habría que estudiar antes el dominio al que se le va a aplicar para hacer una adecuada selección, pues el uso invertido de ambas puede traer consigo gasto innecesario de

recursos o bajo rendimiento de la aplicación por la sobrecarga de peticiones de recursos con los que no cuenta el sistema.

2.2.7. Comparación entre los SE humanos y los SE artificiales.

El desmedido avance tecnológico de los sistemas informáticos en estrecho vínculo con la inteligencia artificial ha posibilitado la automatización de algunas de las actividades más comunes del ser humano. En muchas situaciones, el uso de estas máquinas inteligentes capacitadas con el conocimiento necesario es más conveniente que la propia asistencia de una persona experta del área.

A continuación se evalúan y se comparan determinados aspectos de los expertos humanos y los sistemas basados en conocimientos:

Tabla 1: Comparación entre expertos humanos y SE artificiales.

Aspectos	Experto Humano	SBC
Almacenamiento	No perdurable	Permanente
Documentación	Difícil de documentar	Fácil
Transferencia	Difícil de transferir	Fácil
Toma de Decisiones	Variable	Consistente
Rapidez de Respuesta	Lento	Rápido

Claramente se puede afirmar que los SBC presentan más ventajas que los expertos humanos, por lo que es recomendable su uso como propuesta de solución. Sin embargo, ante todo este progreso tecnológico es importante aclarar que por mucha tecnología puesta a disposición de los sistemas inteligentes, nunca van a lograr reemplazar por completo al ser humano.

2.3. Conclusiones.

En este capítulo se hizo un estudio general de los principales conceptos que sirven de soporte a la fundamentación de este trabajo. De la IA se investigaron algunas de las técnicas utilizadas en el análisis y manejo de información, así como su estructura y funcionamiento lo que posibilitó arribar a la conclusión de que se utilizará el RBC en la propuesta de solución por las ventajas que ofrece. Primeramente que está orientado a un solo dominio, que dan soluciones a partir de las experiencias exitosas ocurridas en el pasado y que el aprendizaje es incremental. Por otra parte, el surgimiento y evolución de la IC fue de vital importancia para disminuir, en cierta medida los elevados niveles de acciones delictivas. Con la aplicación de esta ciencia se lograría proteger los bienes naturales y materiales del estado, aumentaría la precisión y efectividad de la toma de decisiones por parte del personal encargado de ello, se lograría reducir la inseguridad ciudadana, el nivel de confianza de la población en los órganos policiales se elevaría; así como el grado de satisfacción por la notable labor que los agentes policiales desempeñan.

Capítulo 3. Propuesta de solución.

3.1. Introducción

En el presente capítulo se expone la propuesta de solución. Se obtendrá como producto final el resultado de las tareas de organización, representación e indexación de los casos en la base de casos. Además la definición de los rasgos que conformarán los casos de la base de conocimiento que será confeccionada. Se expondrá la estructura del diseño del sistema así como ejemplos reales del funcionamiento del sistema.

3.2. Marco de aplicación del sistema.

En el ámbito policial existen cuantiosas formas de cometer delitos pero se decidió tomar como muestra dentro del enorme universo criminal, solamente un tipo de actividad delictiva, que sin restarle la importancia que merecen las demás acciones delictuales, esta constituye básicamente la de más impacto y de mayor nivel de afectación a la sociedad. Para ello se tendrán en cuenta:

- Robo en Domicilios

3.3. Solución.

El diseño debe contar con aplicaciones o herramientas que a pesar de su desempeño individual funcionan como un todo. Para ello se partirá de una fuente de datos o base de datos que es abastecida por el Departamento de Investigación Criminal que es quien maneja las características generales de cada caso de robo. Se dispone de una herramienta que convierte los datos en casos y luego los transfiere a la base de casos en forma de casos. El motor de inferencia utilizará como método de solución la técnica de Razonamiento Basado en Casos para inferir las respuestas a las consultas realizadas por el usuario a través de una interfaz de usuario. Esta interfaz facilitará la interacción del sistema con el usuario (experto en este caso) mediante la cual este hará las consultas necesarias para llegar a la solución del caso nuevo. En la siguiente figura se muestra la estructura gráficamente:

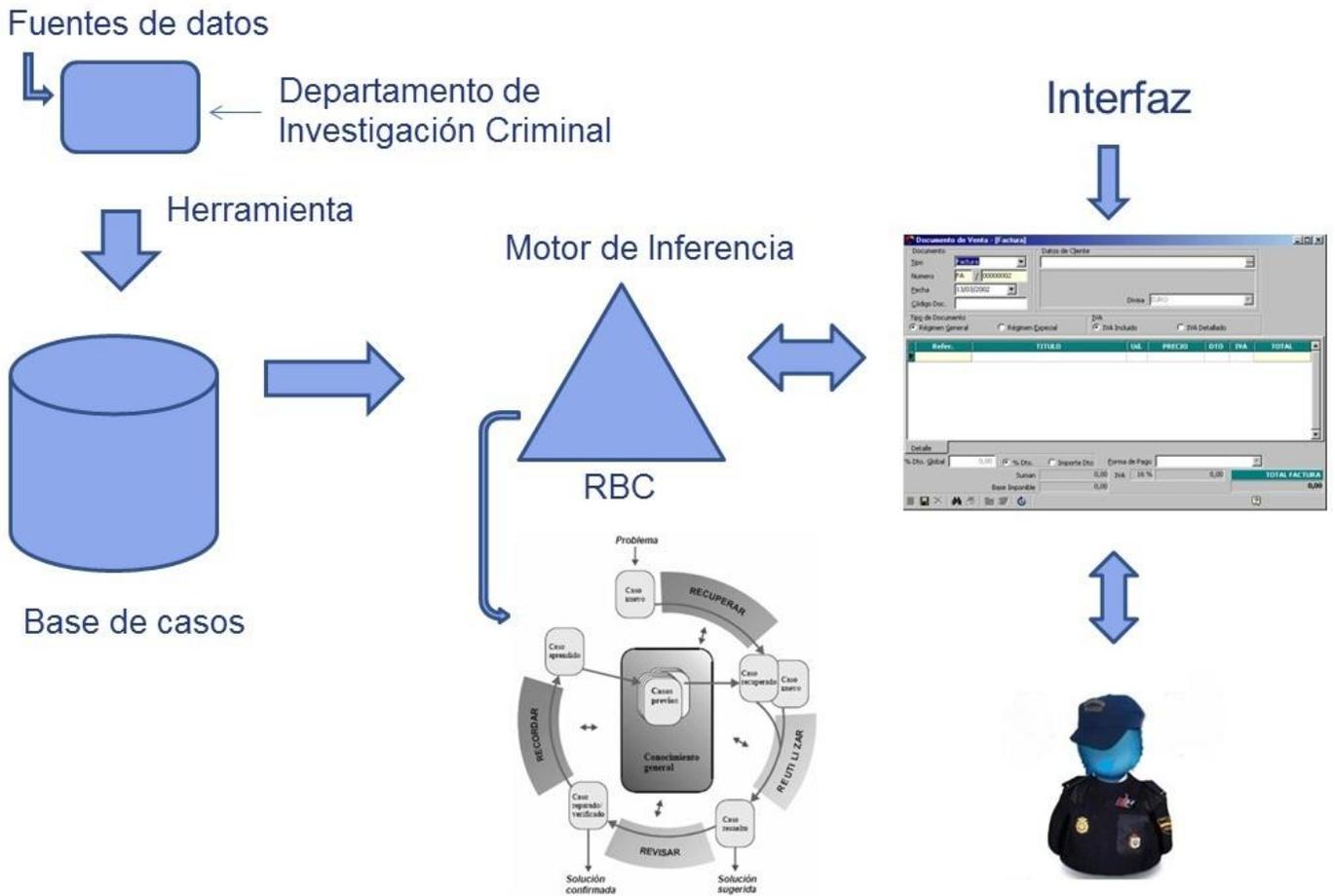


Figura 5: Estructura del sistema.

3.4. Fases del RBC.

Recuperación: Para recuperar los casos similares al caso nuevo (C_n) en la base de casos (C_a) se realizará mediante la siguiente función de semejanza:

$$CS(C_n, C_a) = \frac{\sum_{i=1}^{ur} P_i * \delta_i(C_n, C_a)}{\sum_{i=1}^{ur} P_i}$$

Dónde:

ur: Número de rasgos predictores.

Pi: Peso o importancia del rasgo i-ésimo.

$\delta_i(C_n, C_a)$: Función de comparación entre los casos C_n y C_a atendiendo al rasgo i-ésimo. Esta función puede estar definida de diferentes formas, por ejemplo:

1. Para valores mutuamente excluyentes (iguales o no) se aplica la siguiente fórmula.

$$\delta_i(C_n, C_a) = \begin{cases} 1 & \text{si } P_i(C_n) = P_i(C_a) \\ 0 & \text{e. o. c} \end{cases} \quad [20]$$

2. Para valores discretos (ejemplo: iluminación del lugar y conducta social) el experto policial debe determinar qué semejanza puede existir entre los valores que puede tomar el rasgo (ejemplo: cuán semejante pueden ser Mal y Regular, Regular y Buena).
3. Cuando los valores de los rasgos son multivaluados (ejemplo: tipo de delito u oportunidad creada) la similitud entre los rasgos estará dado por: cardinal del conjunto intersección entre el cardinal del conjunto unión, es decir, se cuentan los valores comunes entre ambos rasgos y se divide ese número entre la cantidad de valores posibles para el rasgo (que sería la cantidad de elementos del dominio definido para el rasgo). Ejemplo: C_n [robo con fuerza, robo con violencia], C_a [hurto]. Para este caso la similitud sería, siendo A (C_n) y B (C_a): $0/3=0$.

$$\text{Similitud}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

Adaptación: Para la adaptación de la solución se necesitan algunas reglas y métodos, siempre teniendo en cuenta que la solución puede estar dada por un solo caso obtenido o por un conjunto de ellos.

Las reglas a utilizar son:

1. No realizar adaptación y transferir la solución vieja al nuevo problema directamente: Si para todos los elementos seleccionados los valores de los rasgos desconocidos en el nuevo problema son iguales, entonces se toman esos valores como solución para el problema, en otro caso habrá que

elegir entre las diferentes posibilidades. Una variante es elegir los valores del caso con mayor semejanza.

2. Adaptación basada en un crítico: En ella existe un módulo con el conocimiento requerido para adaptar la solución recuperada a las restricciones del problema a resolver.[22]

Como métodos a utilizar están:

1. Adaptación basada en crítica: Es una técnica estructural en la cual un crítico chequea si una combinación particular de rasgos puede causar un problema. Si se encuentra, se aplica una estrategia específica de reparación.
2. Sistemas cooperativos: El sistema sólo presenta las experiencias relevantes al usuario y este es quien realiza la adaptación. La solución al nuevo problema es resultante de un proceso de cooperación en el cual la máquina tiene almacenados y recupera los casos y la adaptación la realiza el experto humano.[22]

Revisión: El experto revisa que la solución generada se ajuste al caso presentado, de no estar totalmente de acuerdo puede introducir nuevamente los datos al sistema para que nuevamente se ejecute todo el proceso.

Retención: Si se obtuvo un caso idéntico al nuevo se le genera la solución del mismo, en caso que haya sido necesario adaptar la solución de varios casos similares, este se guarda como un caso nuevo y luego se le muestra al usuario.

3.5. Representación de los Casos.

Se decidió que la representación de los casos en la base de casos será orientada a objetos, para su fácil manejo y tratamiento. La siguiente figura muestra cómo quedaría representado un caso:

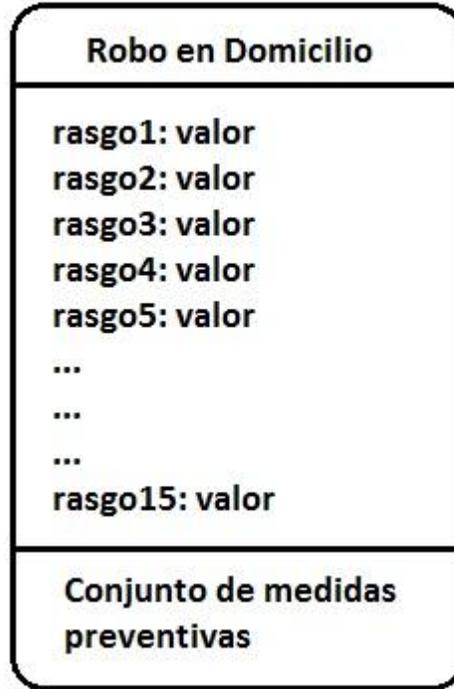


Figura 6: Descripción específica de un caso.

3.6. Organización de los casos.

Teniendo en cuenta que el robo domiciliario es el dominio de esta investigación y previendo incrementos acelerados de estos delitos que traerían consigo un aumento de los casos en la base de casos se decidió organizar la base de casos de manera jerárquica. Esta organización posibilita la recuperación de los casos similares más rápidamente que si se utilizara una estructura plana.

3.7. Diseño de la base de conocimiento.

Para la representación de los casos y de la información y el conocimiento primeramente se recogieron las características generales que se derivan de cada caso de robo en domicilio, las cuales se describen a continuación.

Tabla 2: Tabla de los datos generales de un robo con sus posibles valores.

Datos	Posible valores
-------	-----------------

Raza del individuo.	Negra, Blanca, Mestiza
Armado	Si, No
Tipo de arma	De fuego, Arma blanca, Otra, Ninguna
Horario del día	Mañana, Tarde, Noche, Madrugada
Edad	Mayor de edad, Menor de edad
Sexo del individuo	Masculino, Femenino
Estado laboral	Trabaja, No trabaja
Clase social perteneciente	Baja, Media, Alta
Conducta social	Mala, Regular, Buena
Nivel de escolaridad	Primaria, Secundaria, Universitario
Sustancias Psicotrópicas	Drogas , Alcohol, Pastillas
Iluminación del lugar	Mala, Regular, Buena
Dispositivos de seguridad en el domicilio	Cámaras, Sirena, Perro, No hay
Afluencia de personas	Baja, Media, Alta
Tipo de vivienda	Casa baja, Bi-plantas, Edificio
Antecedentes penales	Si, No
Tipo de delitos	Robo con Fuerza, Hurto, Robos con Violencia
Vía de acceso	Puerta, Ventanas
Oportunidad creada	Llaves en la cerradura, Ventanas abiertas, Puertas abiertas, No procede
Estado ocupacional del recinto	Ocupado, Desocupado
Condiciones físicas de la vivienda	Buen estado, Mal estado

Los rasgos que se definen en esta investigación están respaldados por la experiencia de especialistas en el tema (**Anexo 2, inciso c**).

En principio los sistemas basados en casos para inferir la solución solo tienen en cuenta aquellos rasgos predictores que están involucrados directamente en la generación de la solución. Por tanto, un ejemplo de cómo quedaría el caso que va a inferir la solución esperada se muestra a continuación:

Tabla 3: Representación de un caso con los rasgos y posibles valores.

Rasgos	Posible valores
Horario del día	Mañana, Tarde, Noche, Madrugada
Estado laboral	Trabaja, No trabaja
Conducta social	Mala, Regular, Buena
Nivel de escolaridad	Primaria, Secundaria, Universitario
Sustancias Psicotrópicas	Drogas , Alcohol, Pastillas, Ninguna
Iluminación del lugar	Mala, Regular, Buena
Dispositivos de seguridad en el domicilio	Cámaras, Sirena, Perro, No hay
Afluencia de personas	Baja, Media, Alta
Tipo de vivienda	Casa baja, Bi-plantas, Edificio
Antecedentes penales	Si, No
Tipo de delitos	Robo con Fuerza, Hurto, Robos con Violencia
Vía de acceso	Puerta, Ventanas
Oportunidad creada	Llaves en la cerradura, Ventanas abiertas, Puertas abiertas, Ninguna
Estado ocupacional del recinto	Ocupado, Desocupado
Condiciones físicas de la vivienda	Buen estado, Mal estado
Actuación Policial	Estrategias y medidas tomadas por la policía.

3.8. Ejemplos.

En este epígrafe se hace una descripción de la ocurrencia de dos robos en un domicilio y se detallan los valores que toman los rasgos en cada caso (**Tabla 4**).

La solución que es generada para ambos consiste en un conjunto de medidas preventivas que deberán ser ejecutadas con el fin de reducir la ocurrencia de este tipo de delito. (**Tabla 5 y 6**).

Tabla 4: Ejemplo de dos casos reales.

	Rasgos	
	C1	C2
	Noche	Madrugada
	No trabaja	No trabaja
	Mala	Regular
	Secundaria	Secundaria
	Pastillas	Alcohol
	Mala	Media
	No hay	Perro
	Alta	Media
	Edificio	Casa baja
	Si	No
	Robo con fuerza	Hurto
	Puerta	Ventanas
	Llaves en la cerradura	No procede
	Desocupado	Desocupado
	Buen estado	Mal estado
	Solución1	Solución2

Para Solución1 podría obtenerse el siguiente conjunto de medidas preventivas:

Tabla 5: Solución al caso 1.

Solución1
<ol style="list-style-type: none"> 1) Sugerir la instalación sistemas de alarmas hogareñas. 2) Incrementar el alumbrado público en lugares donde la noche es cómplice del delincuente. 3) Darle seguimiento a las conductas antisociales presenciadas en la zona. 4) Aumentar el número de efectivos policiales en el horario nocturno. 5) Incrementar el número de recorridos patrullados por parte de la policía.

- 6) Reactivar en las localidades y vecindarios los organismos de vigilancia.
- 7) Fuertes sanciones por el departamento judicial para que sirvan de escarmiento.
- 8) Aumentar las opciones laborables a los jóvenes.
- 9) Divulgar en los medios publicitarios consejos de los órganos policiales sobre medidas de seguridad en el hogar.
- 10) Charlas barriales entidad policial – población sobre vulnerabilidades del hogar.
- 11) Educar a la población a no crear las oportunidades.
- 12) Mayor control en las ventas de las recetas médicas.
- 13) Mantener bajo estricto control a los individuos con antecedentes penales.

Para Solución2 podría obtenerse el siguiente conjunto de medidas preventivas:

Tabla 6: Solución al caso 2.

Solución2
<ol style="list-style-type: none">1) Cerciorarse de dejar siempre las ventanas cerradas en horario de la madrugada.2) Aumentar la altura del cercado.3) Reforzar las cerraduras e implantar rejillas metálicas.4) Tratar de dejar a algún vecino a cargo de la casa.5) Incrementar el compromiso de los jóvenes por el estudio.6) Hacerle saber a la comunidad que la oportunidad creada es una vulnerabilidad que siempre aprovecha el delincuente.7) Aumentar el número de efectivos policiales en el horario nocturno.

- 8) Incrementar el número de recorridos patrullados por parte de la policía.
- 9) Reactivar en las localidades y vecindarios los organismos de vigilancia.

3.9. Conclusiones.

En el capítulo se le da cumplimiento a las tareas de la estructura del diseño, así como la representación y organización de los casos en la base de casos.

Además se representó el diseño de la base de conocimiento y se seleccionó la función de semejanza a utilizar para la recuperación de los casos. También se hizo un ejemplo teniendo como muestra dos casos de robos en domicilios.

Capítulo 4: Validación.

4.1. Introducción.

En este capítulo se exponen los resultados de la validación de la solución propuesta, para ello se utiliza el método Delphi, el cual se basa en el criterio de especialistas relacionados con los temas tratados en la investigación.

4.2. Validación por método Delphi.

En el proceso de aplicación del método Delphi es necesario seleccionar varios especialistas que tengan un considerable conocimiento sobre técnicas de Inteligencia Artificial, específicamente en la técnica del Razonamiento Basado en Casos y expertos en los procesos de gestión policial que darán su opinión sobre la factibilidad de la propuesta de solución. Para el segundo grupo de expertos fue necesario hacer una detallada explicación sobre el diseño y objetivos trazados por la propuesta. De ahí que la capacidad de predicción del método se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de especialistas.

Este método mismo funciona mediante la interrogación a especialistas con la ayuda de cuestionarios, a fin de poner de manifiesto correlaciones de opiniones y deducir eventuales consensos. Lo que diferencia este método del resto es el procesamiento estadístico de la información que es la característica más importante, ya que la decisión final que se toma es un criterio fuertemente avalado por la experiencia y conocimiento del grupo de especialistas seleccionado.

A continuación se mencionan los pasos a tener en cuenta para la aplicación del método al problema en cuestión:

1. Selección de los especialistas.
2. Elaboración del cuestionario para la validación de la propuesta.
3. Cálculo de concordancia entre los especialistas.
4. Desarrollo práctico y explotación de los resultados.

Para la **selección de los especialistas**, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

1. Debe tener más de 1 año en el proceso docente-educativo en la universidad y haber ejercido mínimo 1 año con el título que acredita.
2. Debe ser especialista o tener un alto grado científico que avale su conocimiento sobre la Inteligencia Artificial, específicamente en los sistemas basados en casos.

Para la aplicación de este método se determina un coeficiente de competencia (K) de los especialistas, el cual se calcula teniendo en cuenta el criterio del especialista sobre su conocimiento acerca del tema a resolver y las fuentes de argumentación que utiliza el mismo. Para la selección de los especialistas que tendrán participación en la evaluación de la solución se calculó el coeficiente de competencia (K), haciendo uso de la siguiente ecuación matemática:

$$K = \frac{C_c + C_a}{2}$$

Dónde:

C_c : Coeficiente de conocimiento.

C_a : Coeficiente de argumentación.

Para calcular C_c se le pide al candidato a experto que de su criterio sobre el conocimiento que posee sobre el tema. Para esto se determina un rango del 0 al 10, donde se considera que 0 es que no se tiene ningún conocimiento del tema y 10 que se tiene dominio completo del tema. Posteriormente el valor obtenido se multiplica por 0.1 para obtener el coeficiente en un rango de 0 a 1. Para la selección el experto marcará con una X la opción que este estime adecuada. Para calcular C_c y C_a se realiza la encuesta expuesta en el cuestionario 2 (**Anexo 2**).

Tabla 7: Coeficiente de conocimiento de los especialistas seleccionados.

No. Expertos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										x	
2										x	

3										x	
4				x							
5			x								

Para calcular C_a el experto candidato debe marcar a consideración cuales fueron las fuentes para la obtención del conocimiento que le permite argumentar el nivel de conocimiento que se especifica anteriormente.

Tabla 8: Tabla para determinar el coeficiente de argumentación.

Fuentes de Argumentación.	Grado de influencia de cada una de las fuentes.		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis realizados por usted.	1,2,3	4,5	
Su intuición		1,2,3	4,5
Su experiencia	1,2,3		4,5
Trabajos de autores nacionales	1,2,3	4,5	
Trabajos de autores internacionales	1,2,3		4,5

Cada fuente de argumentación tiene un valor determinado, que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9: Tabla de valores para determinación del coeficiente de argumentación de los posibles expertos.

Fuentes de Argumentación.	Grado de influencia de cada una de las fuentes.		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis realizados por usted.	0.1	0.2	0.1
Su intuición	0.05	0.05	0
Su experiencia	0.5	0.4	0.3
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.03

Trabajos de autores internacionales	0.3	0.1	0.07
-------------------------------------	-----	-----	------

El intervalo de interpretación de los coeficientes de competencia está dado por:

- Si $1.0 > K > 0.8$ el coeficiente de competencia es Alto.
- Si $0.8 > K > 0.5$ el coeficiente de competencia es Medio.
- Si $K < 0.5$ el coeficiente de competencia es Bajo.

Tabla 10: Resultados del cuestionario.

No. De Expertos	C _c Coeficiente de conocimiento	C _a Coeficiente de argumentación	K Coeficiente de competencia	Grado
1	0.9	1	0.95	Alto
2	0.9	1	0.95	Alto
3	0.9	1	0.95	Alto
4	0.3	0.62	0.46	Bajo
5	0.2	0.62	0.41	Bajo

Una vez obtenido el coeficiente de competencia de cada uno de los candidatos a expertos se determinó que los candidatos 4 y 5 tienen un coeficiente bajo, por lo que no serán considerados para la validación de la solución.

4.3. Elaboración del cuestionario para avalar la solución propuesta.

En el cuestionario 1 (**Anexo 1**), se solicitan los datos de los especialistas que dan respuesta a los requisitos anteriores. Posteriormente se originan las preguntas, todas de tipo evaluativas y permitiendo además que en cada una de las preguntas los especialistas emitan sus criterios y hagan recomendaciones con el objetivo de mejorar los resultados de la investigación.

Los objetivos perseguidos por los cuestionarios son:

- Importancia o necesidad del diseño del sistema propuesto.
- Adecuada estructuración del sistema y de la base de casos.
- Nivel de completitud de los rasgos.
- Adecuada selección de RBC como método de solución en la propuesta del diseño.

Para analizar los cuestionarios realizados se tuvieron en cuenta criterios de evaluación cualitativos y a cada uno de estos criterios se les otorgó un valor entre 1 y 5 para su posterior análisis, definiéndose la siguiente escala:

Tabla 11: Criterios de evaluación.

Criterio de Evaluación	Valor
Muy útil	5
Bastante útil	4
Útil	3
Poco útil	2
Inútil	1

4.4. Cumplimiento de los objetivos.

Como constancia de los resultados aportados por los especialistas se confeccionan tablas utilizando el programa “Microsoft Office Excel 2010”, las que serán almacenadas. A continuación se muestran los gráficos analíticos y porcentajes obtenidos por cada uno de los objetivos establecidos.

Primeramente se mencionan los objetivos a cumplir y en que pregunta del cuestionario se le da cumplimiento.

Tabla 12: Cumplimiento de los objetivos por preguntas en el cuestionario.

Objetivos	1	2	3	4
-----------	---	---	---	---

Importancia o necesidad del diseño del sistema propuesto.	x			
Adecuada estructuración del sistema y de la base de casos.		x		
Nivel de completitud de los rasgos			x	
Adecuada selección de RBC como método de solución en la propuesta del diseño.				x

4.4.1. Importancia o necesidad del diseño del sistema propuesto.

A este objetivo se le da cumplimiento en la pregunta 1 del cuestionario (**Anexo 1**), en el siguiente gráfico se muestran los resultados obtenidos:

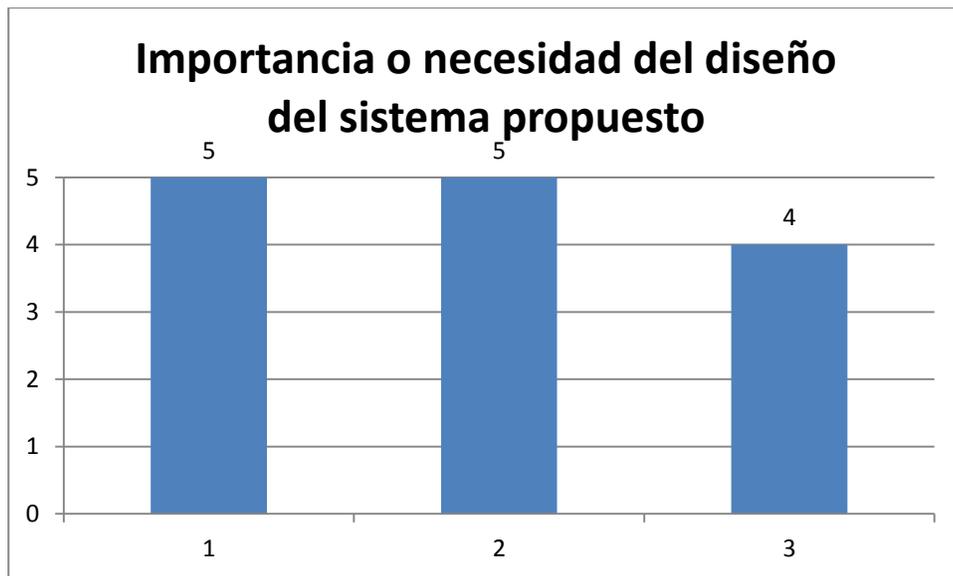


Figura 7: Cumplimiento al objetivo 1 del cuestionario.

4.4.2. Adecuada estructuración del sistema y de la base de casos.

A este objetivo se le da cumplimiento en la pregunta 2 del cuestionario (**Anexo 1**), en el siguiente gráfico se muestran los resultados obtenidos:

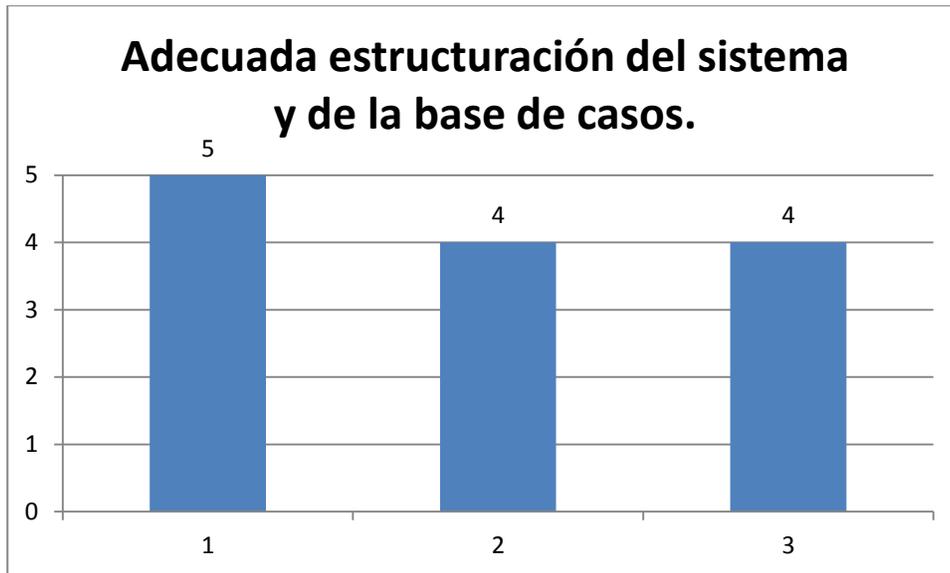


Figura 8: Cumplimiento al objetivo 2 del cuestionario.

4.4.3. Nivel de completitud de los rasgos.

A este objetivo se le da cumplimiento en la pregunta 3 del cuestionario (**Anexo 1**), en el siguiente gráfico se muestran los resultados obtenidos:

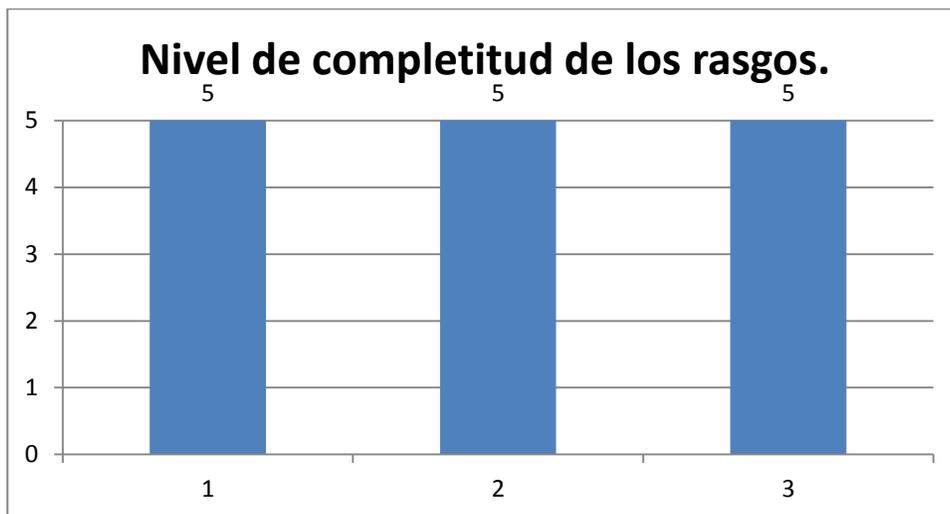


Figura 9: Cumplimiento al objetivo 3 del cuestionario.

4.4.4. Adecuada selección de RBC como método de solución en la propuesta del diseño.

A este objetivo se le da cumplimiento en la pregunta 4 del cuestionario (**Anexo 1**), en el siguiente gráfico se muestran los resultados obtenidos:

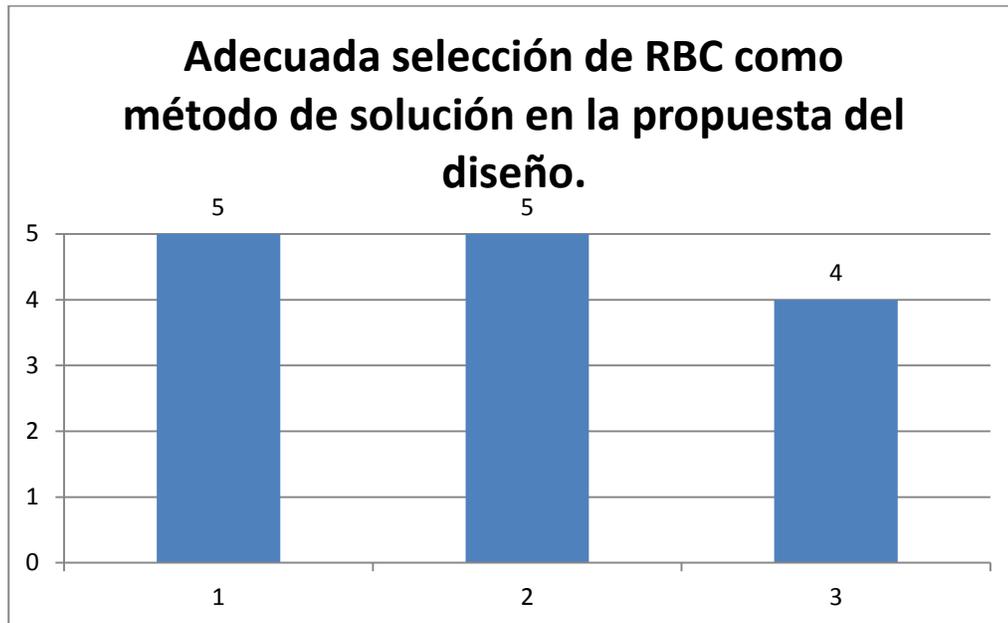


Figura 10: Cumplimiento al objetivo 4 del cuestionario.

4.5. Resultados finales.

De manera general el porcentaje de respuestas de los especialistas a cada uno de los objetivos propuestos fue positivo.

Los resultados generales se pueden observar en el siguiente gráfico:

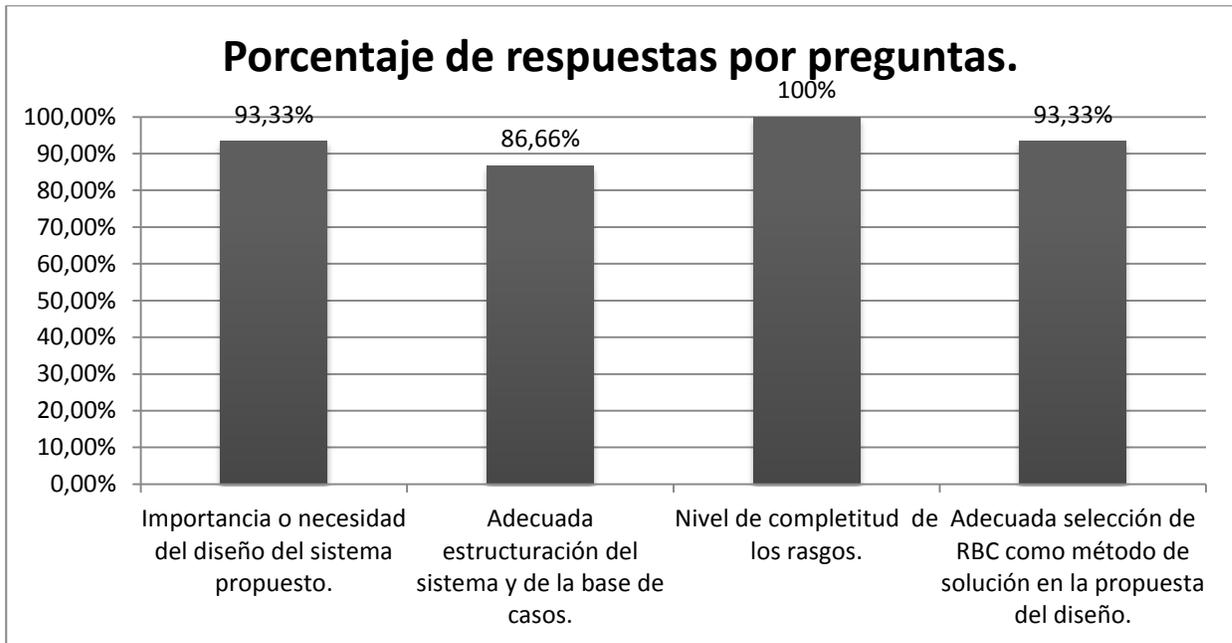


Figura 11: Resultado final.

El gráfico muestra el porcentaje de aceptación por pregunta que tuvo la encuesta según las respuestas de los 3 especialistas en general, teniendo en cuenta el cumplimiento del objetivo que tuvo cada una.

4.6. Conclusiones

En este capítulo se logró la validación del diseño por medio del método Delphi lo que avala el correcto uso de la técnica empleada y la estructura del sistema.

Conclusiones.

El objetivo general trazado para esta investigación fue cumplido exitosamente y se puede arribar a las siguientes conclusiones:

- Se descartó la utilización de los sistemas similares encontrados debido a que las técnicas para el análisis de información que implementan no son acordes a la solución.
- El estudio realizado de las distintas técnicas de IA contribuyó a que se seleccionara el razonamiento basado en casos como mecanismo para analizar la información criminal.
- Se determinaron los componentes necesarios para el diseño de un sistema inteligente capaz de predecir la ocurrencia de un robo en un domicilio.
- La revisión bibliográfica y los antecedentes de la investigación estuvieron centrados en la prevención de delitos y la toma de decisiones por parte de los órganos policiales, mediante el empleo de técnicas de IA.
- La prevención del delito propicia el cuidado de bienes materiales, la seguridad ciudadana y sustenta el proceso de desarrollo económico y social del país.

Recomendaciones.

Los resultados de este trabajo han sido los esperados y de acuerdo con los objetivos definidos se puede afirmar que se cumplieron todos. No obstante para futuras investigaciones y proyectos que guarden relación con este trabajo se recomienda:

- Implementar el diseño propuesto.
- Aplicar el sistema en las zonas de mayor cantidad de robos domiciliarios.

Referencias Bibliográficas.

1. Ugarte, J.M., *La actividad de inteligencia en América Latina y el surgimiento de la inteligencia criminal*; in *Nuevos y viejos paradigmas, en un panorama en evolución*. 2007, Universidad de Buenos Aires.: Montreal, Canada. p. 39.
2. Dabroy, J., *LA IMPORTANCIA DE LA LABOR DE INTELIGENCIA CRIMINAL EN GUATEMALA*. 2009: p. 33.
3. Acosta, C.R. *El Análisis de Inteligencia Criminal*. . 2005 [cited 2011 27 de septiembre]; Available from: <http://www.latinoseguridad.com/LatinoSeguridad/SPX/SPX21.shtml>.
4. Fabiano, J.E. *Principios de Inteligencia Criminal*. 2011 [cited 2011 26-Septiembre]; Available from: <http://www.baluartonline.com.ar/newsletter/Baluart-CAP-0003.pdf>.
5. Perversi, I., *APLICACIÓN DE MINERÍA DE DATOS PARA LA EXPLORACIÓN Y DETECCIÓN DE PATRONES DELICTIVOS EN ARGENTINA*. 2007: Argentina. p. 14.
6. F. Valenga, I.P., E. Fernández, H. Merlino, D. Rodríguez, P. Britos y R. and García-Martínez, *Aplicación de la Minería de Datos para la exploración y detección de patrones delictivos en Argentina*, in *XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. 2002: Buenos Aires, Argentina.
7. José Manuel Molina López, J.G.H., *TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS*. 2006, Carlos III: Madrid. p. 159.
8. Luciana Arrúa, E.M.F., *Inteligencia Artificial*, in *Sistemas Expertos, Redes Neuronales*. 2003.
9. Alfredo Espinosa R., A.Q.R., S. Venecia ZAMbrano D., *Sistema experto basado en casos para un sistema de diagnóstico en tiempo real*. 2006.
10. Llanes, I.K.R., *Sistema Inteligente de Soporte a la Toma de Decisiones*. 2010, UCI: La Habana. p. 85.
11. Salas, R., *Redes Neuronales Artificiales*, Departamento de Computación: Universidad de Valparaíso. p. 7.
12. Takeyas, I.B.L., *REDES NEURONALES*. 2005. p. 20.
13. *EcuRed*. 21-6-2012]; Available from: http://www.ecured.cu/index.php/%C3%81rbol_de_decisi%C3%B3n.
14. Farías, M.E.B., *Análisis de Decisiones*. p. 110.

15. Carrillo, Y.F.M., *Base de Conocimiento para inferir el comportamiento de las pruebas de liberación en el Laboratorio Industrial de Pruebas de Software*. 2011, UCI. p. 97.
16. Pérez, J.C.C., *Introducción a los Sistemas Basados en el Conocimiento*, Escuela Superior Politécnica: Universidad Europea de Madrid. p. 24.
17. Girona, C.J. *Universitat Politècnica de Catalunya*. 27-5-2012]; Available from: <http://www.lsi.upc.edu/~bejar/ia/transpas/teoria/4-SBC3-desarrollo-SBC.pdf>.
18. Virtual, C.d.E. *Arquitectura de un Sistema de Producción(SP) ó Sistemas Basados en Reglas SBR*. 5-Enero-2012]; Available from: <http://www.201.144.34.3/webced/archivos/3.4.ppt>.
19. FELGAER, S.P.E., *OPTIMIZACIÓN DE REDES BAYESIANAS BASADO EN TÉCNICAS DE APRENDIZAJE POR INDUCCIÓN*. 2005, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. p. 157.
20. Iliana Gutiérrez Martínez, R.E.B.P., Andrés Tellería Rodríguez, *UN SISTEMA BASADO EN CASOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE*. REVISTA INVESTIGACION OPERACIONAL, 2002. **23**: p. 19.
21. Natalia Martínez Sánchez, M.M.G.L., Zoila Zenaida García Valdivia, Gheisa Ferreira Lorenzo, *EL PARADIGMA DEL RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS EN EL ÁMBITO DE LOS SISTEMAS DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE INTELIGENTES*, in *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. 2009, Universidad Central de las Villas: Santa Clara, Cuba. p. 21.
22. Lio, D.D.G., *Sistemas Basados en el Conocimiento. Especialización en Inteligencia Artificial*. 1998: Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas.
23. Laura Lozano, J.F., *Razonamiento Basado en Casos*, in *Una Visión General*. 2006, Universidad de Valladolid. p. 59.

Bibliografía.

1. Sistemas Basados en Conocimiento.
2. Acosta, C.R., *Análisis de Inteligencia Criminal*, in *EL ANÁLISIS DE INTELIGENCIA CRIMINAL Y TEMAS RELACIONADOS*. 2005. p. 15.
3. Alfredo Espinosa R., A.Q.R., S. Venecia Zambrano D., *Sistema experto basado en casos para un sistema de diagnóstico en tiempo real*. 2006.
4. Andrea Lodeiro, A.R., Camilo Milano, José Manuel Ugarte, Russell G. Swenson, Luis Francisco Marcó Rodríguez. *REVISTA AAINTELIGENCIA*. 2009 12-6-2012]; Disponible en: www.aainteligencia.cl.
5. Ayala, A.P., *Sistemas basados en Conocimiento: Una Base para su Concepción y Desarrollo*. 2006: Instituto Politécnico Nacional, México. p. 199.
6. Britos, P., Fernández, E., Merlino, H., Pollo-Cataneo, F., Rodríguez, D., Procopio, C., Rancan, C., García-Martínez, R., *EXPLORACION DE INFORMACIÓN APLICADA A INTELIGENCIA CRIMINAL EN ARGENTINA*, Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. Escuela de Postgrado. ITBA. Departamento de Ingeniería Industrial. ITBA. Laboratorio de Sistemas Inteligentes. Facultad de Ingeniería: Universidad de Buenos Aires. p. 12.
7. Dabroy, J., *LA IMPORTANCIA DE LA LABOR DE INTELIGENCIA CRIMINAL EN GUATEMALA*. 2009: p. 33.
8. F. Valenga, I.P., E. Fernández, H. Merlino, D. Rodríguez, P. Britos y R. and García-Martínez, *Aplicación de la Minería de Datos para la exploración y detección de patrones delictivos en Argentina*, in *XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*. 2002: Buenos Aires, Argentina.
9. Fabiano, J.E. *Principios de Inteligencia Criminal*. 2011 [cited 2011 26-Septiembre]; Disponible en: <http://www.baluartonline.com.ar/newsletter/Baluart-CAP-0003.pdf>.
10. Farías, M.E.B., *Análisis de Decisiones*, en *Investigación de Operaciones*.
11. FELGAER, S.P.E., *OPTIMIZACIÓN DE REDES BAYESIANAS BASADO EN TÉCNICAS*

- DE APRENDIZAJE POR INDUCCIÓN*. 2005, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. p. 157.
12. Flechoso, A.J.G., *INTELIGENCIA ARTIFICIAL, APRENDIZAJE Y MINERÍA DE DATOS*. 1998: Madrid. p. 56.
 13. Gómez, F.D., *Razonamiento Basado en Casos (CBR)*, E. U. de Informática – Segovia: Universidad de Valladolid. p. 64.
 14. González, D.C.A., *Introducción al CBR*, Departamento de Sistemas Informáticos y Programación Universidad Complutense de Madrid: Universidad Computense de Madrid. p. 72.
 15. Gutiérrez, J.M., *Sistemas Expertos Basados en Reglas*, Dpto. de Matemática Aplicada: Universidad de Cantabria.
 16. Iliana Gutiérrez Martínez, R.E.B.P., Andrés Tellería Rodríguez, *UN SISTEMA BASADO EN CASOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE*. REVISTA INVESTIGACION OPERACIONAL, 2002. **23**: p. 19.
 17. José Manuel Molina López, J.G.H., *TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS*. 2006, Carlos III: Madrid. p. 159.
 18. Laura Lozano, J.F., *Razonamiento Basado en Casos*, en *Una Visión General*. 2006, Universidad de Valladolid. p. 59.
 19. Llanes, I.K.R., *Sistema Inteligente de Soporte a la Toma de Decisiones*. 2010, UCI: La Habana. p. 85.
 20. Llanes, I.K.R. 2010.
 21. Martínez, D.R.G., *Estudio preliminar: La estadística criminal y el aporte de la minería de datos*, Centro de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento.: Escuela de Postgrado, Instituto Tecnológico de Buenos Aires. p. 24.
 22. Matich, D.J., *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. 2001, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario: Rosario. p. 55.
 23. MSc. Natalia Martínez Sánchez, D.G.F.L., Dra. María M. García Lorenzo, Dra. Zenaida García Valdivia., *El Razonamiento Basado en Casos en el ámbito de la Enseñanza/Aprendizaje*. 2008. **5(10)**: p. 9.

24. Pérez, J.C.C., *Introducción a los Sistemas Basados en el Conocimiento*, Escuela Superior Politécnica: Universidad Europea de Madrid. p. 24.
25. Perversi, I., *APLICACIÓN DE MINERÍA DE DATOS PARA LA EXPLORACIÓN Y DETECCIÓN DE PATRONES DELICTIVOS EN ARGENTINA*. 2007: Argentina. p. 14.
26. RÜEGG, P.G., *CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN CARCELARIA EN ARGENTINA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MINERÍA DE DATOS PARA LA PREVENCIÓN DE HECHOS DELICTIVOS*. 2008.
27. Schiaffino, D.S., *Inteligencia Artificial*, en *Razonamiento Basado en Casos*. 2012. p. 16.
28. Torres, A.d.M., *La cooperación policial en la Unión Europea: propuesta de un modelo europeo de inteligencia criminal*. 2010. p. 12.
29. Ugarte, J.M., *La actividad de inteligencia en América Latina y el surgimiento de la inteligencia criminal: en Nuevos y viejos paradigmas, en un panorama en evolución*. 2007, Universidad de Buenos Aires.: Montreal, Canadá. p. 39.

Anexos.

Anexo 1: Cuestionario de validación 1.

A continuación se muestra el cuestionario realizado a los especialistas.

Teniendo en cuenta su experiencia en el tema de estudio usted fue seleccionado como especialista. Se necesita que conteste las siguientes preguntas, con el objetivo de concluir satisfactoriamente esta investigación.

Nombre y Apellidos:

Grado Científico:

Cargo:

Área Laboral:

Años de experiencia:

1. ¿En qué medida usted considera importante o necesario el diseño del sistema propuesto en la solución?

Muy útil _____.

Bastante útil _____.

Útil _____.

Poco útil _____.

Inútil _____.

_____.

2. ¿En qué medida usted considera que la estructura del sistema y de los casos en la base de casos es la adecuada?

Muy útil _____.

Bastante útil _____.

Útil _____.

Poco útil _____.

Inútil _____.

3. ¿Qué nivel de completitud considera usted que tengan los rasgos seleccionados?

Muy útil _____.

Bastante útil _____.

Útil _____.

Poco útil _____.

Inútil _____.

4. ¿En qué medida usted considera que el RBC es un método de solución adecuado para el diseño propuesto?

Muy útil _____.

Bastante útil _____.

Útil _____.

Poco útil _____.

Inútil _____.

Anexo 2: Cuestionario de validación 2.

Autovaloraciones de los especialistas

1. Según su criterio, marque con una x, en orden creciente, el grado de conocimiento que usted tiene sobre el método de solución RBC.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Entre las fuentes que le han posibilitado enriquecer su conocimiento sobre el tema, seleccione en las categorías de: Alto (A), Medio (M) y Bajo (B), colocando una x.

Fuentes de Argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis realizados por usted.			
Su intuición			
Su experiencia			
Trabajos de autores nacionales			

Anexo 3: Validación policial de aceptación del diseño del sistema propuesto y correcta selección de los rasgos en los casos de robos en domicilios.

a) 1er Tte: Beancy Baró Junco (1er Oficial de Investigación Criminal. PNR La Lisa).

Cuestionario para la validación del Diseño de un Sistema Inteligente para la Prevención del delito:
Robo en Domicilios.

Campo: Desde el punto de vista de Órganos Policiales.

Objetivo: Obtener criterios u opiniones por parte de un grupo de expertos.

Entrevistado2: 1er. Tte. Beancy Junco Baró.

Considero que luego de una explicación bastante clara y detallada por parte del entrevistador y según mis 10 años de experiencia vinculado a la labor policial, que el Diseño de un Sistema Inteligente para la Prevención del delito Robo en Domicilios que propone sería de gran utilidad para las entidades policiales del país y resolvería notablemente problemas de eficiencia a la hora de tomar decisiones por parte de los agentes encargados. La forma en que trata la información y el interés por ayudar a la Policía Nacional Revolucionaria en su lucha por la prevención del delito *Robos en Domicilios* es evidente. Esta consideración la confiero a modo de cooperación con el autor de este trabajo y con la sinceridad que ello requiere. A él y a sus tutores muchas gracias por pensar en el desarrollo de la prevención delictual del país.

1er. Tte: Beancy Junco Baró
Institución Policial: Fecha de Entrevista: 7/06/12

Cargo: 1er Oficial de Investigación
PNR Lisa.

- b) Tte Coronel: Pedro Arturo Cateura Benítez (Jefe de Grupo Dirección Policial. PNR La Lisa. Especialista Gestión Policial).

**Cuestionario para la validación del Diseño de un Sistema Inteligente para la Prevención del delito:
Robo en Domicilios.**

Campo: Desde el punto de vista de Órganos Policiales.

Objetivo: Obtener criterios u opiniones por parte de un grupo de expertos sobre la base de conocimiento propuesta.

Entrevistado1: Tte. Coronel. Pedro A. Cateura Benítez

Considero que luego de una explicación bastante clara y detallada por parte del entrevistador y según mis 29 años de experiencia vinculado a la labor policial, que el Diseño de un Sistema Inteligente para la Prevención del delito Robo en Domicilios que propone sería de gran utilidad para las entidades policiales del país y resolvería notablemente problemas de eficiencia a la hora de tomar decisiones por parte de los agentes encargados. La forma en que trata la información y el interés por ayudar a la Policía Nacional Revolucionaria en su lucha por la prevención del delito *Robos en Domicilios* es evidente. Esta consideración la confiero a modo de cooperación con el autor de este trabajo y con la sinceridad que ello requiere. A él y a sus tutores muchas gracias por pensar en el desarrollo de la prevención delictual del país.

Tte. Coronel:

Pedro A. Cateura Benítez

Cargo:

Jefe Grupo Dir. P.N.R. Lisa
Especialista Gestión Policial

Institución Policial: Fecha de Entrevista:

7/6/2012.

- c) 1er Tte: Beancy Baró Junco (1er Oficial de Investigación Criminal. PNR La Lisa). Validación de los rasgos característicos para el delito de robo domiciliario.

Obtención de los rasgos característicos para el delito de Robo en Domicilio.

Entrevistada: 1er. Tte: Beancy Junco Baró

Hago válida la selección de los rasgos o características para el delito de Robo en Domicilios. Hubo modificaciones tanto para eliminar, agregar y definir algunos de estos aspectos que proporcionan una mejor y más detallada descripción de los sucesos.



Cargo: 1er Oficial Investigación Criminal

Institución Policial: PNR Lisa

Años de Experiencia: 10 años

Fecha de Entrevista: 7/06/12

Anexo 4: Carta de validación de especialistas UCI.

Universidad de la Ciencias Informáticas | 2012

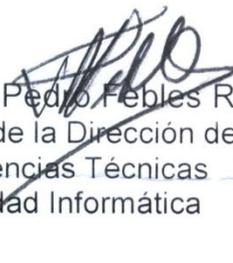
Acta de validación del trabajo de diploma:

Mediante la presente hago constar que el trabajo de diploma *Diseño de un sistema inteligente para la prevención del delito robo en domicilios* para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas, del autor Dionny Matos Robles, presentado ante mí, posee una estructura acorde a las exigencias de los Sistemas Basados en Casos como paradigma de la Inteligencia Artificial.

De ser aplicado y validado pudiera contribuir a la toma de decisiones en el proceso de establecimiento políticas y medidas preventivas por parte de los órganos policiales del país.



Dra. Vivian Estrada Sentí
Profesora de la Dirección de posgrado
Dra. en Ciencias Técnicas
Especialidad Informática



Dr. Juan Pedro Febles Rodríguez
Profesor de la Dirección de posgrado
Dr. en Ciencias Técnicas
Especialidad Informática

La Habana, 25 de mayo de 2012

“Año 54 de la Revolución”