



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

MODELO DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS POLICIACOS EN LA VÍA PÚBLICA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

JUAN FRANCISCO JARA ABURTO

**PROFESOR GUÍA:
FERNANDO ORDÓÑEZ PIZARRO**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO
GASTÓN L'HUILLIER CHAPARRO**

**SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2011**

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL
POR: JUAN F. JARA ABURTO
FECHA: 25/01/2011
PROF. GUÍA: SR. FERNANDO ORDOÑEZ

MODELO DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS POLICIACOS EN LA VÍA PÚBLICA

El objetivo general del presente trabajo de título es proponer un modelo matemático basado en Teoría de Juegos y la metodología para implementarlo, con el fin de establecer prioridades para el uso de los recursos de Carabineros de Chile en materia de vigilancia preventiva y ayudar así a la toma de decisiones sobre la distribución de dichos recursos en la vía pública.

En la actualidad, la delincuencia es una de las principales preocupaciones de la ciudadanía, siendo considerada además el problema al cual el gobierno debería dedicarle el mayor esfuerzo en solucionar. La existencia de numerosos delitos en la vía pública y la restricción de recursos policíacos hacen necesario un alto desempeño por parte de Carabineros para disuadir o aprehender a los criminales. Sin embargo, la distribución del personal tiene mucho de intuitivo hoy en día. Por otro lado, la estrategia de Carabineros no contempla indicadores interesantes como la prioridad por tipo de delito y su efecto en la percepción de seguridad, los cuales deben ser considerados para reducir de forma efectiva la sensación de temor de la ciudadanía.

El modelo propuesto se basa en el equilibrio de Stackelberg (Modelo Líder-Seguidor) y se calibrará con los datos de la 1ª Comisaría de Santiago mediante técnicas de *Data Mining*, para así determinar la distribución de Carabineros a pie en ese terreno.

Se obtuvo mediante DBSCAN una representación de un 88.23% de los delitos ocurridos en los 2 años de estudio, los cuales fueron catalogados en 9 segmentos relevantes por medio de un *wrapper* que utiliza *forward selection*, *k-means* y Davies-Bouldin, y mediante las características espacio-temporales del lugar del ilícito y del tipo de delito. Los resultados arrojados por el modelo en base a estas simplificaciones reflejan la experiencia sobre cómo distribuir los recursos y presenta un método cuantitativo que permite integrar los diversos factores que influyen en esa decisión.

Dentro de las ventajas más importantes que el modelo presenta, en relación a las actuales formas de determinación de la dotación de personal de Carabineros, es la consideración de la prevención situacional como enfoque de solución del problema, la no predictibilidad de la conducta policíaca y el hecho de que los delincuentes pueden percibir en base a su experiencia la estrategia policial en determinado sector.

El modelo permite realizar además una serie de análisis sobre el impacto de decisiones que influyen en el desempeño policial, tales como cambios en la cantidad de recursos policíacos, cambios en la percepción del castigo que sufren los delincuentes si son capturados, etc. Siendo los dos ejemplos mencionados los que reportaron un mayor cambio en el desempeño policial óptimo sugerido por el modelo.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi hermana por su apoyo constante.

A mi polola Nicole por su presencia en los momentos difíciles.

A Sandra, por su compañía y ayuda.

A mis amigos, por creer en mí.

A los ayudantes de investigación del grupo CEAMOS por su aporte y crítica a este trabajo.

Y a todos los que contribuyeron para que esto fuera posible.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto General	1
1.2 Planteamiento del Problema y Justificación	4
1.3 Objetivos	6
1.4 Alcances	6
1.5 Presentación del Informe	8
2. MARCO CONCEPTUAL	8
2.1 Definiciones Generales	8
2.2 Deontología Policial	10
2.3 Prevención y Represión del Delito	10
2.4 Instituciones Policiales en Chile	13
2.5 Integración de los Agentes Involucrados	17
2.6 La Reforma Procesal Penal	19
2.7 Chile Seguro: Plan de Seguridad Pública 2010-2014	21
2.8 Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva	24
2.9 Herramientas GIS	25
2.10 Modelo Líder-Seguidor (Juego de Stackelberg)	27
3. ALGUNAS EXPERIENCIAS EN TEMAS DE SEGURIDAD	29
3.1 Los Ángeles International Airport (LAX) y Federal Air Marshal Services (FAMS)	29
3.2 ALTO S.A.	30
3.3 Bélgica: Contratos de Seguridad y Prevención	30
3.4 William Bratton y New York Police Department (NYPD)	31
4. CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNA DE SANTIAGO	34
4.1 Área de Estudio	36
4.2 Características del Sector a Analizar	37
4.3 Tendencias Espaciales en lo Delitos	42
5. METODOLOGÍA	44
5.1 Herramientas Computacionales	46
5.2 Modelo Utilizado	47
5.3 Supuestos del Modelo	48
5.4 Método Propuesto para la Aplicación del Modelo	50
5.4.1 Definir ventana de tiempo de datos	51
5.4.2 Definir horizonte de validez de solución de asignación de recursos	51
5.4.3 Definir los lugares a proteger ($t \in T$)	51
5.4.4 Definir los tipos de atacantes $\gamma \in \Gamma$	55

5.4.5 Definir malla horaria y tipos de bloque horario $s \in S$	65
5.4.6 Determinar la probabilidad p^γ de enfrentar al tipo de atacante γ	66
5.4.7 Obtener utilidades del Líder y de los atacantes γ para cada tipo de target t , si éste está cubierto o no	69
5.4.8 Determinar la cantidad de personal por turno	73
5.4.9 Resolver ERASER-C por cada tipo de horario $s \in S$	74
5.4.10 Transformar el vector $[c_t]_{t \in T}$ de cada horario s en un vector $[\tilde{c}_t]_{t \in T}$ de solo valores 0 y 1	77
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	78
6.1 Vector de Cobertura	78
6.2 Vectores de Ataque	81
6.3 Utilidades Obtenidas y el Número de Recursos Policiacos	85
6.4 Análisis sobre Cambios en las Utilidades	87
6.5 Análisis sobre Cambios en los Horarios	91
7. CONCLUSIONES	92
7.1 Factores a Considerar para la Implementación del Modelo	95
8. TRABAJO FUTURO	97
9. BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE INFORMACION	100
10. ANEXOS	104
Anexo A: Clasificación de Robos y Hurtos	104
Anexo B: Variables Territoriales	104
Anexo C: Comandos Usados en R para la generación de los mapas Kernel.	110
Anexo D: Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN)	111
Anexo E: K-means	115
Anexo F: Índice Davies-Bouldin	115
Anexo G: Resultados Segmentación por Tipología de Delincuente.	116
Anexo H: Código Penal (Robos y Hurtos)	122
Anexo I: ERASER-C	124
Anexo J: Solución Entregada por el Modelo	125

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto General

La delincuencia, los asaltos y los robos son la principal temática de preocupación de la población en la actualidad; y es, según la ciudadanía, el problema al cual el gobierno debería dedicarle el mayor esfuerzo en solucionar [6].

La criminalidad afecta a la ciudadanía en dos grandes áreas: la victimización y la percepción de inseguridad. Si bien ambas están relacionadas, la delincuencia no solo afecta a la víctima efectiva del delito, sino que contribuye a generar inseguridad en personas que no han sido victimizadas. Más del 50% de la población ha cambiado sus hábitos normales de vida a raíz de la delincuencia; dejando de ir a ciertos lugares, reforzando su casa con medidas de seguridad, dejando de salir a ciertas horas y poniéndose de acuerdo con vecinos [15]. Según informes de Fundación Paz Ciudadana, un 60.3% de las personas piensa que la delincuencia hoy en día es mayor, un 63.7% piensa que es más violenta y un 57.8% que seguirá aumentando [15].

En comparación con países desarrollados, la situación chilena deja mucho margen para mejoras en relación a ambos indicadores: victimización y sensación de inseguridad (ver Figura 1). Sin embargo, no es posible realizar una aplicación directa de las mejores prácticas de dichos países. Existen significativos factores culturales, sociales, políticos, etc. que deben ser considerados al momento de realizar estas comparaciones. Si nos comparamos con el resto de América Latina, la situación de Chile se ve más favorecida.

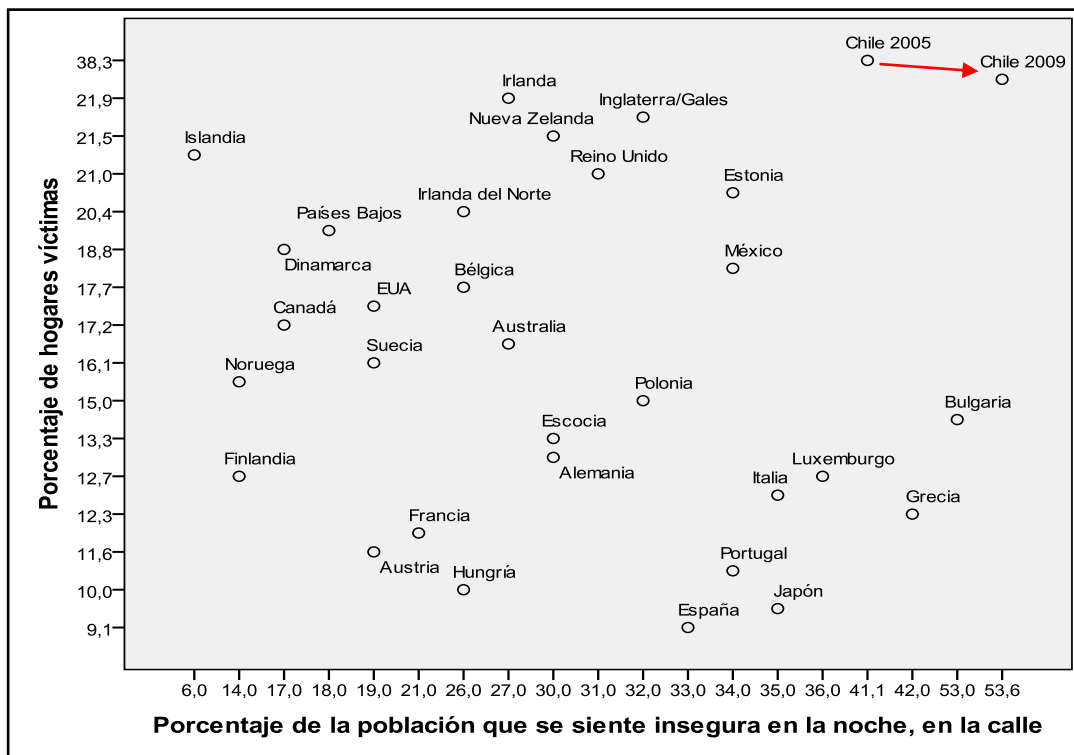


Figura 1. Relación victimización y temor: comparación internacional de países (2004-2005) / Chile 2005 y 2009 [1]

La existencia de numerosos delitos en la vía pública y la restricción de recursos policíacos hacen necesario un alto desempeño por parte de carabineros para impedir el crimen. Sin embargo, las estadísticas muestran que el desempeño de carabineros puede mejorar. La Tabla 1 muestra la proporción entre detenciones y denuncias de los delitos de mayor connotación social en Chile. La tendencia de la gente a denunciar cada vez más los delitos de los que son víctima genera información de mejor calidad para la policía en relación a los sucesos delictivos. Sin embargo, esa mejor información no ha generado una mejora de la misma magnitud en cómo se utiliza esa información para detener a los culpables. Esto considerando patrones de delitos relativamente persistentes en el tiempo y espacio que las estrategias de la Policía no han podido erradicar.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Denuncias	263.740	294.529	357.619	399.507	407.000	409.093	442.789	455.070	489.197
Detenciones	110.737	127.527	145.583	125.220	118.522	120.875	137.447	144.164	160.262
Detenciones/Denuncias	0,42	0,43	0,41	0,31	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33

Tabla 1: Proporción Detenciones/Denuncias para los delitos de mayor connotación social en Chile [18].

Existen numerosos sesgos por tipo de delitos y por comuna del país que afectan esta brecha entre denuncias y detenidos. Eso sin contar con la cifra negra de la delincuencia (no todos los delitos son denunciados). Según la encuesta ENUSC 2009, solo el 34,8% de los delitos declarados son denunciados [6]. Un caso interesante a observar en Chile, es la comuna de Santiago Centro, la cual presenta una altísima proporción de denuncias con respecto al total regional (más de un 12%, y la comuna que le sigue posee menos de un 6%), y a la vez un alto índice de victimización [14]. Esto permite pensar en una baja cifra negra relativa a otras comunas (55,52% según Cuenta Pública de Carabineros de Chile 2009 [5]), y por lo tanto, en que los datos de denuncias reflejan de forma más efectiva el nivel de delincuencia. Cabe destacar que en dicha comuna se mantiene la proporción entre las denuncias y los detenidos.

La toma de conciencia de la comunidad sobre la relevancia de realizar las denuncias ha ido en aumento con el tiempo. Esto proporciona una mejora en la calidad de la información que se maneja a través de los datos de denuncias y permite establecer estrategias de respuestas más finas que a través de las encuestas de victimización (las que no tienen este problema de la cifra negra, pero carecen de suficiente especificidad como para georreferenciar los sucesos). Esto permitirá a futuro, junto con una comunidad más madura en términos de seguridad ciudadana, poder aplicar herramientas GIS (Sistemas de Información Georreferenciados) para comprender y combatir el fenómeno delictual sin temor del sesgo inherente a la información recabada a partir de las denuncias de delitos.

Por otro lado, para gestionar el servicio de calidad que Carabineros pretende entregar, debe tomarse en cuenta la brecha entre las expectativas de la gente sobre la labor de Carabineros y los resultados que ellas perciben. Las encuestas de opinión permiten medir esta brecha. Cabe señalar que en la encuesta ENUSC 2009 [6], la percepción general sobre la principal causa de delincuencia en el barrio de las personas encuestadas, es la falta de presencia de Carabineros en el barrio (36,1%). En la pregunta sobre la causa de la delincuencia en el país, la falta de vigilancia policíaca

ocupa el segundo lugar (17,5%), superada por la falta de preocupación y control de los padres (24,3%). Dentro de esta línea de acción, es posible establecer mejoras que no dependan de una mayor cantidad de recursos policíacos, sino en un uso más eficiente de los recursos que ya existen.

Carabineros no considera hoy en día una estrategia de priorización por tipo de delito en vigilancia preventiva, de modo tal de centrarse en los tipos de criminales que más daño hacen a la ciudadanía. Ellos se guían principalmente en los centros de concentración de crímenes por tipo de delito más evidentes del sector a proteger y la estrategia sobre cómo distribuir su tiempo entre dichos sectores queda a juicio del vigilante de turno y a merced de su experiencia. Carabineros tampoco cuenta con una herramienta cuantitativa que permita integrar los diversos factores que influyen en la vigilancia preventiva, como los costos y beneficios asociados a atrapar a un criminal, a dejar descubierto un sector, las preferencias de los criminales y su percepción del castigo que los espera si son sorprendidos, la probabilidad de atrapar a dicho criminal, la probabilidad de que dicho criminal ataque, etc.

Numerosos modelos de criminología pretenden explicar la interacción entre los delincuentes, las fuerzas policiales y las víctimas. Sin embargo, hay muchos factores que aun no han sido capturados de forma satisfactoria por dichos modelos: la observación de las acciones policíacas por parte de los delincuentes y la consecuente adaptación de estos últimos, la dinámica en el tiempo de los patrones delictuales, los factores psicológicos y sociológicos subyacentes a la conducta delictiva, la presencia de la cifra negra de criminalidad, etc.

Algunos estudios recientes pretenden incluir herramientas de *Data Mining*, Optimización, Simulación, Teoría de Juegos, Procesos de Decisión de Markov, Modelo de Colas en Hiper cubos, entre otras, para intentar solucionar estas temáticas (algunos ejemplos en referencias: [3], [8], [17], [20], [21], [27], [28], [29], [30], [38], [39], [49] y [51]). Sin embargo, muchos de estos análisis no presentan resultados realistas o no llegan a aplicaciones reales que permitan constatar su efectividad.

Este trabajo pretende adaptar a la comuna de Santiago un modelo utilizado hoy en día en la seguridad de LAX (Los Angeles International Airport) desde Agosto de 2007 y FAMS (Federal Air Marshal Services) desde Octubre de 2009 [24] y [23]. El enfoque que se le da al problema se basa en la prevención situacional; tiene la ventaja de evitar la creación de patrones conductuales predecibles por los delincuentes y genera una herramienta cuantitativa para priorizar el uso de recursos de vigilancia. Para esto utiliza conceptos de Teoría de Juegos y herramientas de Optimización, permitiendo determinar una asignación apropiada de los agentes de seguridad a los diferentes lugares que se desean proteger. Además, considera el hecho de que los delincuentes pueden observar parte del actuar de carabineros antes de decidir dónde y cuándo delinquir. El modelo también contempla la posibilidad de percibir diversos tipos de delincuentes y es fácilmente adaptable a otro tipo de consideraciones, como podría serlo la irracionalidad de los agentes involucrados o la imposibilidad de observar por completo la estrategia de carabineros por parte de los delincuentes [23]. Estas consideraciones permitirían un mejor desempeño en términos de prevención situacional del delito por parte de Carabineros.

A pesar de estas ventajas, la adaptación de este modelo a la vía pública no es directa. Deben realizarse algunas consideraciones para adaptar un modelo que contempla un terreno de acción esencialmente discreto a uno continuo. Por ejemplo, en LAX, las salidas del aeropuerto son fijas en el tiempo, en cambio, en la vía pública se tiene un continuo de calles donde pueden ocurrir delitos. Esto incide además en el tipo de interacción entre los agentes; las concentraciones de delitos se desplazan producto de la presencia policial, lo cual en el caso de LAX y FARMS no es posible o se hace demasiado evidente la conducta anormal y ésta es detectada (como podría ocurrir si un vehículo busca evitar una entrada al aeropuerto de Los Ángeles al observar la presencia de agentes de seguridad).

El objetivo de este trabajo es adaptar y evaluar cualitativamente el modelo en base a los resultados que sugiere y compararla con las actuales políticas de Carabineros de Chile para los crímenes en la vía pública.

1.2 Planteamiento del Problema y Justificación

El objetivo de esta memoria consiste en evaluar las limitaciones y beneficios de aplicar un modelo basado en Teoría de Juegos para determinar la priorización de los recursos de Carabineros en la vía pública, y establecer así una herramienta que ayude a la toma de decisiones sobre la asignación de dichos recursos policíacos. El terreno contemplado para su desarrollo es la 1ª Comisaría de Santiago y se considerará primordialmente la dotación de Carabineros a pie.

Se trabajará a nivel de comisarías, ya que de éstas depende la asignación de recursos no extraordinaria. La asignación de recursos extraordinaria (como es el caso de protestas, eventos masivos, etc.) corresponde a la Prefectura y no forma parte de esta memoria.

El problema a abordar, consiste en determinar dónde y cuándo colocar cierta cantidad limitada de carabineros a pie en una localización, de modo de impedir de la forma más efectiva posible la ocurrencia de delitos de hurto, robo con fuerza y robo con violencia [Ver Anexo A], desincentivando o aprehendiendo a delincuentes; o en su defecto, desplazar dichos delitos hacia áreas en que hagan menos daño a la población (tengan menos posibilidades de éxito o no encuentren las condiciones favorables para cometer el crimen). Esto en base a los registros históricos de denuncias de delitos.

La razón de preocuparse principalmente de la dotación de carabineros a pie, es que por las características inherentes de la comuna de Santiago (especialmente en el terreno de la 1ª Comisaría de Santiago, la cual es principalmente peatonal y con alto tráfico de vehículos), se hace relativamente menos importante considerar radiopatrullas, policías en moto o policía montada. La alta congestión vehicular impide un rápido actuar de las radiopatrullas y carabineros a caballo resultan ser poco efectivos debido a la imposibilidad de moverse rápidamente por el asfalto. Las motos, si bien tienen mayor movilidad que las patrullas, también se ven sujetas a las condiciones del tránsito y son entorpecidas por el alto tráfico vehicular. Además, el enfoque apropiado para un tipo de recursos cuya ventaja es la rapidez está más relacionado con herramientas de otro tipo al aquí contempladas, como lo pueden ser flujo en redes.

Sin embargo, también es posible adaptar el modelo para integrar los diversos tipos de recursos policíacos y obtener una distribución de densidad sobre donde es relevante colocar dichos recursos. La interpretación de los resultados entregados por la herramienta varía un poco del caso a pie. Si bien en ambos casos se obtiene un vector de probabilidades que refleja la frecuencia con que dicho recurso debe visitar cada sector en el largo plazo, en el caso de recursos como radiopatrullas o motos no tiene mucho sentido traducir esa probabilidad en una sugerencia esencialmente estática de donde debe encontrarse ese recurso policial.

Otro punto a considerar es que estos recursos basados en la rapidez son utilizados más frecuentemente en respuesta a delitos en proceso o ya consumados, y en vigilancia preventiva relacionada a la fiscalización de alcoholes, escuelas, etc. (como lo establece el Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva); y no tanto así en estrategias preventivas focalizadas exclusivamente a evitar crímenes en la vía pública.

Como las tácticas y motivaciones de los diversos tipos de delitos suele ser diferente, es necesario contemplar diferentes tipos de delincuentes. Para esto es necesario identificar la cantidad de contrincantes a considerar, sus características y sus preferencias para delinquir (lo cual conformará los denominados *hot spots*, o puntos de concentración de delitos, y por consiguiente los lugares claves que carabineros deberá proteger).

También es necesario cuantificar las preferencias de los delincuentes por ciertos puntos delictuales y la preferencia de carabineros por capturar cierto tipo de criminal o proteger determinado lugar. En la actualidad no hay una metodología clara que dé cuenta de las preferencias de Carabineros ante los distintos tipos de delincuentes ni cómo debería planificarse la vigilancia en el terreno que deben proteger en base a los *hot spots* percibidos.

Otro punto a considerar es que el actuar de carabineros en la vía pública es visible. Los delincuentes pueden percibirlo y actuar en consecuencia para tratar de delinquir sin ser detenidos. La visibilidad de la estrategia de carabineros no significa que el delincuente sepa exactamente donde están los carabineros, sino que estima en base a sus observaciones la probabilidad de encontrarse con policías en el o los lugares que pretende atacar. Debido a que los seres humanos no son buenos generando comportamiento aleatorio [48] y [43], esto puede traducirse en algunos casos en patrones conductuales por parte de carabineros, predecibles por los delincuentes. Por ejemplo, ciertos *hot spots* van “moviéndose” de una semana a la siguiente, pues los delincuentes saben que luego de ese lapso de tiempo, el *hot spot* es detectado por carabineros y enviarán más recursos a ese lugar. De esta forma, carabineros llega a ese tipo de *hot spots* siempre una semana demasiado tarde. La implementación de este trabajo busca eliminar dichos patrones conductuales, aleatorizando la conducta de carabineros vía la implementación de estrategias mixtas.

La labor de asignación de recursos policíacos en la vía pública es una problemática diaria de Carabineros. De ella depende gran parte de su efectividad como institución preventiva. Hoy en día se utilizan sofisticados softwares georreferenciados, como ArcGIS para visualizar los *hot spots* de delitos y establecer estrategias de acción.

A pesar de esto, las herramientas teóricas utilizadas por carabineros para la predicción de los *hot spots* tienen mucho de intuitivo y pueden ser mejoradas.

Para concluir, el grupo de interés más relevante de este trabajo, pretende ser la propia ciudadanía. Disminuir los índices de victimización y la percepción de inseguridad es un problema relevante hoy en día y contribuye enormemente a mejorar la calidad de vida de las personas. Si bien es cierto, es necesario adoptar otras medidas en conjunto para persuadir efectivamente los delincuentes (y no solo evitar que cometan delitos porque se les ha negado la oportunidad), el actuar de Carabineros es y seguirá siendo clave en esta materia.

1.3 Objetivos

Objetivo General:

- Evaluar la aplicabilidad de un modelo matemático, basado en Teoría de Juegos, al establecimiento de estrategias preventivas por parte de Carabineros, con el objeto de establecer prioridades para combatir la delincuencia en la vía pública.

Objetivos Específicos:

- Establecer una metodología que permita aplicar el modelo en el terreno de la 1ª Comisaría de Santiago para determinar la asignación de carabineros a pie.
- Determinar los lugares relevantes a considerar por el modelo para la vigilancia preventiva, mediante herramientas de *Data Mining* sobre las denuncias históricas.
- Determinar una tipología de conductas delictivas a considerar por el modelo, mediante herramientas de *Data Mining*, en base a variables asociadas a los tipos de delito, temporalidad y características del espacio físico donde fueron cometidos.
- Establecer las prioridades para el uso de recursos de Carabineros en el sector que debe proteger.
- Comparar cualitativamente la estrategia actual de carabineros con el sugerido por el modelo.

1.4 Alcances

Este trabajo contempla la creación de una metodología que permita establecer de forma cuantitativa las prioridades con que Carabineros debe cubrir los distintos lugares del terreno que debe proteger; y la posterior estimación de la distribución de personal de carabineros en base a este método. Se considerará el terreno de la 1ª Comisaría de Santiago y la dotación de Carabineros a pie. El modelo subyacente a esta metodología se basa en la Teoría de Juegos, y se utilizará información de los registros de denuncias históricas, información recabada sobre el terreno de la 1ª Comisaría, herramientas de *Data Mining* y el juicio de expertos para calibrar sus parámetros.

Además, se realizará una comparación cualitativa entre las técnicas actualmente usadas por carabineros, las consideraciones hechas por el modelo propuesto y algunos otros modelos hallados en la literatura.

No se considera en esta memoria:

1. Llegar a una implementación real del modelo. Esto principalmente debido a que la herramienta propuesta en este trabajo presenta una primera aproximación al problema de la planificación de la vigilancia preventiva y mayores análisis deben ser efectuados antes de pensar en implementarlo (algunos de los cuales se proponen en la sección 8 de Trabajo Futuro).
2. El generalizar este modelo a otras comunas. Si bien se espera crear una noción de importancia de ciertos factores poco considerados en temas de seguridad; la comuna de Santiago presenta características particulares que pueden implicar una generalización no tan directa de las técnicas que aquí se pretenden desarrollar. Un par de ejemplos de esto es la menor cifra negra de la delincuencia (calidad mayor de los datos que en otras comunas) y la relevancia de la dotación a pie en el centro de Santiago (en otras comunas podría ser más importante la utilización de radiopatrullas u otro tipo de vehículos).
3. Cuestionar la calidad de los datos. Es decir, no se cuestionará el ingreso de los datos (errores de tipeo, valores incorrectos y/o imprecisos, etc.); ni tampoco se hará inferencias acerca de la cifra negra en las denuncias de criminalidad (incentivos a no recibir denuncias por parte de Carabineros, falta de incentivo de realizar la denuncia por parte de la víctima, sesgo en los datos, etc.). Con respecto a esto último, se considerarán los datos de denuncias como representativos de los delitos ocurridos en el sector.
4. Evaluar propuestas alternativas sobre el impacto de políticas relacionadas con la criminalidad (nivel de educación, propaganda antidelictiva, estrategias para reducir el comercio de bienes robados, penalización por delinquir, etc.)
5. Incorporar un análisis sobre el comportamiento de las víctimas potenciales ni la configuración del entorno; aunque esto se vea reflejado en lo atractivo del lugar para delinquir y en la noción de oportunidad que los delincuentes ven al momento de cometer el delito. Esto conlleva inevitablemente a determinados tipos de víctimas y configuraciones espaciales (este efecto está implícito en la segmentación realizada de los delitos y las utilidades percibidas por los delincuentes).
6. Incorporar relajaciones a los supuestos iniciales del modelo e indagar en nuevas formas de incorporar la información existente al modelo, si bien ya es posible añadir algunos de estas consideraciones (ver [23] y la sección 8 de Trabajo Futuro).

1.5 Presentación del Informe

En el Capítulo 2 se presenta el Marco Conceptual, el cual servirá de ayuda para definir algunos conceptos necesarios para abordar el problema y contextualizarlo mediante una descripción breve de los principales agentes involucrados. Además, se introduce al lector a dos herramientas claves para comprender el modelo propuesto, como son las tecnologías GIS y el Juego de Stackelberg. En el Capítulo 3 se entrega una descripción del área de estudio y se incorporan variables interesantes georreferenciadas que se utilizarán posteriormente en el análisis del problema. El Capítulo 4 da cuenta de algunas experiencias interesantes en temas de seguridad, que se relacionan directa o indirectamente con el enfoque propuesto para la solución del problema. El Capítulo 5 da cuenta de la metodología sugerida para determinar la asignación de Carabineros en terreno y de los resultados obtenidos en cada paso para los datos analizados. En el Capítulo 6 se analizan los resultados obtenidos y en el Capítulo 7 se explicitan las principales conclusiones de la investigación. El Capítulo 8 da cuenta de las sugerencias para trabajos futuros que surjan a partir de este estudio. En el Capítulo 9 se detalla las fuentes de información consultadas y, finalmente, en el Capítulo 10 se encuentran los Anexos, donde se indaga de forma más exhaustiva en algunas herramientas utilizadas en la resolución del problema, los resultados obtenidos y algunas especificaciones y definiciones demasiado extensas como para incluirlas en el cuerpo del informe.

2. MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se pretende contextualizar la investigación realizada. El Capítulo 2.1 abordará algunos conceptos básicos relacionados con el tema a tratar. Los Capítulos 2.2 al 2.5 pretenden dar una visión de los distintos tipos de agentes policiales existentes en Chile, así como una introducción a las distintas líneas de acción que se emplean para atacar la delincuencia en los ámbitos de prevención y represión del delito. Los Capítulos 2.6 a 2.8 presentan algunas características generales importantes del Sistema de Justicia en Chile, de las líneas de acción que sigue el Gobierno en temas de seguridad ciudadana y del plan estratégico de Carabineros de Chile para la prevención de la delincuencia. Finalmente, los capítulos 2.9 y 2.10 presentan de 2 herramientas importantes para el desarrollo de este trabajo: las herramientas GIS y el modelo Líder-Seguidor de Teoría de Juegos.

2.1 Definiciones Generales:

La noción de qué es un delito no es algo estático. Ésta va evolucionando a medida que cambiamos nuestras percepciones de qué es lo legítimo y modificamos qué es lo legal. Es por esto que es importante precisar algunas definiciones que nos permitan hablar en un lenguaje común.

Uno de los conceptos claves que hay que considerar para comenzar a comprender el fenómeno delictual, es el de “seguridad ciudadana”. Las siguientes nociones relacionadas con este concepto han sido extraídas de informes de la CIDEPOL (Centro de Investigación y Desarrollo Policial) [46]

“**Seguridad ciudadana** se refiere a una facultad que tiene toda persona, natural o jurídica, a desenvolverse cotidianamente libre de amenazas a su vida, libertad, integridad física, psíquica y cultural, lo mismo que al goce de sus bienes, a estar libres de temor, por ejemplo a no ser víctima de actos de violencia, ya sea robo, homicidio, estafa, violencia intrafamiliar o cualquier hecho que vaya contra los derechos (humanos) de las personas.”

Los ámbitos de la Seguridad Ciudadana se vinculan con:

- a) Los derechos humanos.
- b) La seguridad de las personas y de los bienes.
- c) La delincuencia y el quehacer de la policía y la administración de la justicia.
- d) El desarrollo de la sociedad y mejores niveles de vida.
- e) El desarrollo económico y la generación de oportunidades.
- f) La calidad de la democracia y la gobernabilidad.

Además, es posible destacar la criminalidad y la violencia como principales factores de riesgo para la seguridad ciudadana. La Seguridad Ciudadana debe ser abordada de forma integral, haciéndose cargo tanto de los factores **objetivos** que derivan de las amenazas ya mencionadas (victimización, aspectos legales, administrativos y estructurales ligados al sistema de administración de justicia, etc.), como de los factores **subjetivos** de la inseguridad (percepción de inseguridad, temor a ser víctima de un delito, etc.).

Dentro de esta línea, si bien es cierto que ambos factores -objetivo y subjetivo- están relacionados, esta memoria pretende hacerse cargo principalmente de la dimensión objetiva. Para esto se considerará la victimización por algunos de los Delitos de Mayor Connotación Social (DMCS), como lo son los robos y hurtos en la vía pública¹. Basándose en el Código Penal, se establecen las siguientes acepciones de términos relevantes para esta memoria [35]:

Robo: “Un delito en el que una persona se apropia de una cosa mueble ajena, con el ánimo de lucrarse, y sin la voluntad del dueño de la cosa. El robo puede realizarse con fuerza en las cosas y con violencia e intimidación en las personas”.

Robo con fuerza en las cosas: “Un robo en el cual la acción se ejerce directamente sobre las cosas, sin mediar violencia e intimidación sobre las personas, cometido ya sea en lugar habitado o deshabitado, destinado a la habitación o no, o bien en sitios de uso público.”

Robo con violencia e intimidación de las personas: “Un robo en el cual la acción se complementa con violencia e intimidación de las personas, ya sea antes, para facilitar la ejecución de ésta, durante el robo o después del robo, para favorecer la impunidad de quien delinque.”

¹ Los Delitos de Mayor Connotación Social son: Robo con Fuerza en las Cosas, Robo con Violencia e Intimidación, Hurto, Lesiones, Violaciones y Homicidios [5]. Últimamente se incluye Violencia Intrafamiliar.

Hurto: “Una apropiación de una cosa mueble ajena, con ánimo lucrarse, sin la voluntad del dueño, no existiendo ni violencia, ni intimidación en las personas, ni fuerza en las cosas.”

2.2 Deontología Policial [47]:

Son particularmente importantes en la labor policial los códigos normativos de sus responsabilidades; esto debido a la complejidad, el contexto y los dilemas a los que se ven enfrentados a diario. Muchas veces desde una perspectiva de máxima tensión, la policía debe tomar decisiones que deben equilibrar el uso de sus libertades individuales con el bien común, considerando que debe cumplir a cabalidad su tarea. Por ejemplo, debe ser capaz de discernir entre el derecho legítimo a la autodefensa y no hacer uso de la fuerza.

Es por esto que se hace relevante especificar códigos deontológicos sobre la conducta policial que permitan orientar y proteger al personal encargado de hacer cumplir la ley. En consecuencia, la comunidad policial internacional ha promovido el estudio, diseño e implementación de sistemas normativos, con el fin de garantizar ante la sociedad el apropiado cumplimiento de sus funciones. Según Herrera Verdugo (2006) [47]:

Una labor policial ética y lícita que cumpla su labor de colaborar con la seguridad y justicia, debe fundamentarse en el cumplimiento de tres principios:

- a) El respeto y cumplimiento de la ley
- b) El respeto de la dignidad de las personas
- c) El respeto y la protección de los derechos humanos.

2.3 Prevención y Represión del Delito:

Dentro de las estrategias contempladas por la policía para atacar el problema de la delincuencia, existen dos áreas principales: la prevención y la represión del delito.

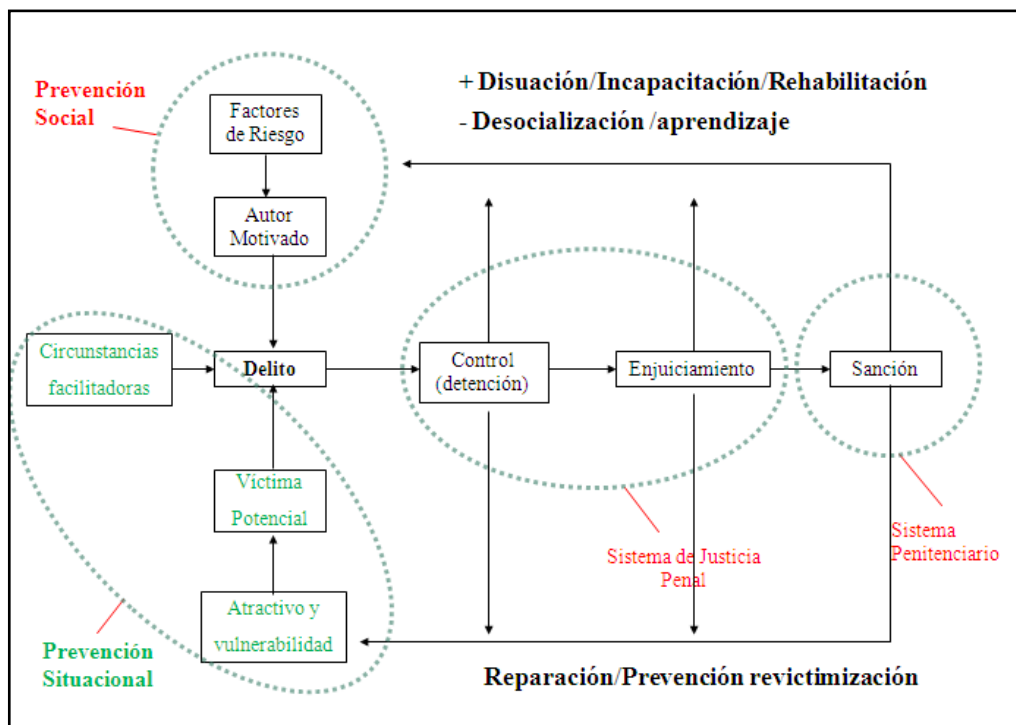


Figura 2: Diagrama factores que inciden en el delito [1]

En la línea de la prevención, es posible identificar diversas áreas a considerar para el establecimiento de acciones contra la criminalidad [45]:

- 1 Acciones en el marco de una prevención de base social (prevención social), con el propósito de incidir en las causas sociales del delito (exclusión, desigualdad, marginación).
- 2 Prevención basada en el delincuente, con el objeto de darle apoyo social, reintegrarlo a la comunidad y reducir la reincidencia.
- 3 Prevención basada en el delincuente potencial, a fin de actuar antes de que éste llegue a delinquir.
- 4 Prevención basada en la víctima real o potencial; identificando grupos vulnerables o en riesgo y enseñando a protegerse y a desarrollar hábitos o conductas preventivas.
- 5 Prevención basada en espacios y situaciones (prevención situacional), reduciendo el atractivo y el riesgo de delinquir, y a su vez aumentando los costos.
- 6 Desarrollo de instancias y mecanismos de reparación y mediación para compensar a las víctimas.

Dentro de los factores que parecen incidir en una disminución de la victimización en los países desarrollados, son los avanzados sistemas de alarmas y vigilancia privada (Prevención Situacional). Esto indica que la comunidad no puede ser excluida de los mecanismos de prevención de delitos y deben tomar conciencia que la seguridad pública es labor de todos (ver punto 2.5 para mayor detalle).

Otro punto importante en materias de prevención es evitar que se produzca el primer delito cometido por una persona, o realizar una intervención temprana una vez que este primer delito ya ha sido consumado (Prevención Social). De esta manera, es provechoso interferir cuanto antes en las situaciones potencialmente riesgosas, es

decir, durante la juventud. Sin embargo, no es sencillo establecer la relación causa-efecto que determina el alto riesgo de un individuo para caer en la delincuencia. Este fenómeno es multidimensional y solo puede ser explicado a partir de múltiples causas, entre las cuales se encuentran factores sociales, económicos, culturales, institucionales, etc.

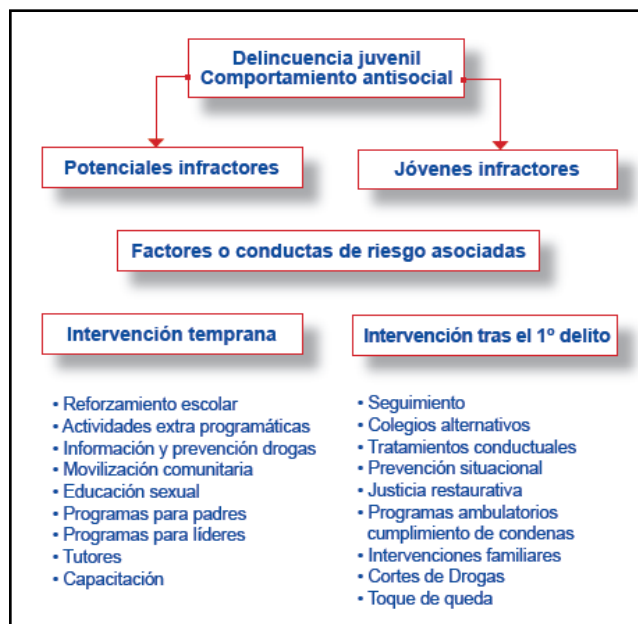


Figura 3: Intervenciones focalizadas en la prevención del comportamiento antisocial juvenil y la reincidencia [50].

Dentro de esta multidimensionalidad que origina una mayor tendencia a la delincuencia y la violencia en Latinoamérica; se encuentra la pobreza (la cual incluye al empobrecimiento y su consecuente segregación social), la desigualdad de oportunidades, la falta de control del acelerado crecimiento urbano en las ciudades, la exclusión escolar y laboral, la mayor disponibilidad de armas de fuego y las limitaciones y falencias que presentan los sistemas de control del delito (sistema penal, policial y carcelario) [11]

Cabe destacar que el delito surge debido a la conjunción de 3 factores: la oportunidad de delinquir, la víctima y el victimario (ver Figura 2) y que es un mal considerado por muchos como inherente a las sociedades humanas. Es por esto que erradicarlo puede ser una labor más bien utópica, y sólo es posible aspirar con certeza a su disminución y desplazamiento a sectores donde haga menos daño. En éste ámbito, la prevención de los delitos cumple un rol fundamental. Pero, ¿qué sucede con los delitos que llegan a cometerse a pesar de dichas medidas de prevención? La represión policial es en estos casos la última instancia. Ésta contempla la investigación de los hechos, así como la búsqueda y arresto de los autores, exigiendo la recolección de pruebas inculpatorias.

Si bien es cierto que ambas dimensiones, prevención y represión, tienden a considerarse como ámbitos separados; es posible establecer un vínculo. Con una efectiva represión policiaca, en conjunto con un sistema legal apropiado, es posible disuadir a los posibles delincuentes mediante el encarecimiento del acto de delinquir

(aumentar las dificultades para cometer delitos, aumentar los riesgos de ser atrapado, reducir las posibles ganancias, etc.).

Esta memoria tiene lugar dentro de esta dinámica prevención situacional-represión. La idea es conjugar una mejor estrategia policial en las calles que haga menos atractivo el acto de delinquir, al mismo tiempo que incrementa las probabilidades de atrapar a los delincuentes si estos no han sido disuadidos.

2.4 Instituciones Policiales en Chile:

En Chile existe más de una policía, las cuales se especializan en distintas áreas de seguridad ciudadana:

a) Carabineros de Chile [31]: Fuerza pública que existe para dar eficacia al Derecho, garantizar el orden público y la seguridad pública interior. Es además un cuerpo armado esencialmente obediente y no deliberante, profesional, jerarquizado y disciplinado. Es una institución policial, técnica y de carácter militar.

Principios Institucionales

Carabineros cuenta con diez principios inexcusables, los cuales están basados en su doctrina, misión e identidad institucionales:

1. El Carabinero es un Servidor Público y un Patriota.
2. El cumplimiento del deber como motivación primera y última de nuestros actos.
3. Legalidad: respeto a la Constitución Política de la República y actuaciones apegadas a Derecho.
4. Protección de la vida y dignidad humanas.
5. Actuaciones imparciales, apolíticas, transparentes y veraces.
6. Respeto a las autoridades nacionales.
7. Capacidad profesional que permita ejercer el principio de la autoridad que la ley entrega a Carabineros y legitimidad social para exigir su respeto y cumplimiento.
8. Disciplina de carácter militar.
9. Ejercicio de los Roles Institucionales; esencialmente, el preventivo.
10. Solidaridad, auxilio y consuelo para el que sufre.

Ejes Estratégicos

Carabineros cuenta con 4 ejes estratégicos derivados de su visión, los que dan cuenta de sus aspiraciones y formas en que pretenden lograrlas [5]:

- 1) “Ser una institución policial de primer orden a nivel nacional e internacional”: Esto se ve validado a través del reconocimiento de la comunidad en la labor desempeñada por Carabineros y es medido a través de encuestas de opinión (ENUSC, ALTUS, COLLECT, etc.).
- 2) “Contar con personal profesional”: Las autoridades y el alto mando institucional de Carabineros pretende profesionalizar a sus miembros, los que deben poseer un alto respeto por las personas y contar con equipamiento de alta generación para asumir la protección de ellas.

- 3) “Ser innovadores, incorporando las más avanzadas tecnologías”: Carabineros ha incorporado tecnologías de punta para desarrollar de manera más eficiente su labor, dentro de las cuales destacan la red IP que permite transferir datos e imágenes entre todos los cuarteles del país, la red de emergencia policial que conecta 27 centrales de comunicaciones, redes de administración Trunking en todos los planes cuadrantes a nivel nacional con comunicación de voz y datos y red GPS instaladas en unidades operativas y tenencias carreteras.
- 4) “Ser una institución integrada con la comunidad que cuida de los suyos y se esmera en entregar un servicio de calidad”: El trabajo con la comunidad es uno de los factores que permitirá a Carabineros tener un mejor desempeño dentro del marco de la prevención de delitos. Además, la institución pretende cuidar a los miembros de su equipo y a sus familias; y considera muy relevante la calidad del servicio entregada.

Estrategia Corporativa [5]

Es la diferenciación por calidad de servicio, la cual es medida a través de indicadores de Oportunidad (satisfacer la demanda en el lugar y momento preciso), Trato Amable (amabilidad en el trato entregado a los ciudadanos) y Respuesta (respuesta apropiada de acuerdo al servicio por el cual es requerido)

Estrategia Operacional [5].

Se basa en 3 líneas de acción: Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva, Unidades y Destacamentos Rurales y Servicios Especializados.

Recursos de Carabineros en la 1ª Comisaría de Santiago

Carabineros cuenta con 310 funcionarios en el terreno de la 1ª Comisaría de Santiago, de los cuales 287 son operativos y 23 administrativos. Cuentan además con 12 radiopatrullas, 7 furgones, 16 motos todo terreno y 2 retenes móviles [5].

Control Preventivo

Las principales herramientas de prevención de accidentes y delitos, que son medibles y monitoreadas constantemente por parte de Carabineros, son los controles preventivos: control de identidad, control vehicular, control financiero y fiscalización de alcoholes.

Planificación del Turno

En las instrucciones entregadas antes del comienzo de cada turno, se otorga a cada Carabinero un mapa del sector que debe proteger donde están identificados los principales *hot spots* por tipo de delito (para los delitos de mayor connotación socio-policial) y marcadas las tendencias temporales de los más importantes incluidos en el turno. De este modo, queda a juicio del personal como focalizar y distribuir su presencia a lo largo de su jornada, de modo de cubrir de la mejor manera dichos *hot spots*.

El Mayor encargado de la comisaría maneja la información de los hot spots de delitos en su terreno en base a las denuncias, así como comparaciones estadísticas del desempeño policial (como los controles preventivos realizados por comisaría y funcionario), detenidos, etc. y comparaciones con periodos anteriores (meses anteriores, años anteriores en el mismo mes, etc.). Esto da una visión global del desempeño de la unidad policial y permite comparar los distintos indicadores a través de los funcionarios (para tomar medidas en caso de un desempeño deficiente) y la comisaría (para determinar qué cambios en la estrategia policial local ha surtido o no efecto).

Críticas a la Institución

Si bien es cierto la Carabineros de Chile debe hacerse cargo del actuar de sus miembros, no siempre es posible generalizar a toda una organización el mal actuar de unos pocos. Tomando esto en cuenta, alguna de las críticas que se le hace a la institución hoy en día tiene relación con la violencia innecesaria, especialmente en el caso de la represión de manifestaciones y en el conflicto mapuche.

También está en discusión si su labor es exclusivamente preventiva, como ellos declaran, o también abarca investigación y represión de los delitos. Debido a una cultura organizacional instaurada y a los incentivos existentes, la PDI y Carabineros suelen competir más que ayudarse mutuamente. A raíz de esto, es posible encontrar unidades especiales en Carabineros que tienen su homólogo en la PDI (como es el caso de las unidades OS de Carabineros). Sin embargo hay diferencias importantes entre ambas organizaciones: la PDI es una policía mucho más especializada en el ámbito investigativo, en cambio Carabineros debe cumplir muchas otras funciones que le obligan a repartir sus recursos y esfuerzos. Por otro lado, Carabineros posee muchos más recursos humanos que la PDI, lo cual le permite estar en muchos más lugares donde el personal de Policía de Investigaciones no da abasto, y esto genera que se le releguen funciones que deberían ser exclusivas de esta última (por ejemplo: el resguardo de pasos fronterizos no es una labor originaria de Carabineros).

Cabe considerar que la competencia entre ambas instituciones puede ocasionar un mejor desempeño de ambas bajo los criterios clásicos de la economía; además de que cuando las investigaciones pertinentes deben realizarse dentro de estas organizaciones, no es aconsejable que la misma institución se autoinvestigue. De esta forma, cada uno de estas organizaciones sirve de control para la otra. Por otro lado, la labor de Carabineros está estipulada exclusivamente para el ámbito preventivo en materia de delitos y destinar recursos a más labores de las que le compete directamente puede mermar su desempeño como institución preventiva. Esto podría responder al hecho de que en las encuestas de opinión realizadas por la ENUSC, la gente considera la falta de presencia de Carabineros en su barrio como a principal causa de la delincuencia en dicho barrio. Bajo este aspecto, sería mejor coordinar ambas Instituciones (Carabineros de Chile y Policía de Investigaciones) para liberar recursos y redestinarlos de forma más eficiente. Otra razón para coordinar ambas organizaciones es el escaso o nulo flujo de información entre ellas producto de su competencia (al menos ese flujo de información no existe por iniciativa propia de las Instituciones).

Es importante destacar que, en este sentido, la reforma procesal penal ha ayudado a diluir la competencia entre Carabineros y la PDI en asuntos investigativos, ya que los fiscales son quienes deciden con qué institución trabajarán.

b) Policía de Investigaciones de Chile (PDI) [36], [37]: Es una institución de carácter civil, que tiene como función principal, pero no única, investigar y aclarar los delitos que ya han ocurrido, a fin de establecer quiénes fueron sus participantes, establecer las condiciones y circunstancias en que se originaron, recolectar las evidencias y pruebas, y finalmente detener a las personas involucradas entregándolas a la justicia.

Otras funciones de la PDI son:

- Contribuir al mantenimiento de la tranquilidad pública.
- Prevenir la perpetración de hechos delictuosos y de actos atentatorios contra la estabilidad de los organismos fundamentales del Estado.
- Dar cumplimiento a las órdenes emanadas del Ministerio público para los efectos de la investigación, así como a las órdenes emanadas de las autoridades judiciales, y de las autoridades administrativas en los actos en que intervengan como tribunales especiales.
- Prestar su cooperación a los tribunales con competencia en lo criminal.
- Controlar el ingreso y salida de personas del territorio nacional.
- Fiscalizar la permanencia de extranjeros en el país.
- Representar a Chile como miembro de la Organización Internacional de Policía Criminal (INTERPOL).
- Dar cumplimiento a otras funciones que le encomienden las leyes.

Dentro de la prevención estratégica, la PDI Se hace cargo de la contención de la delincuencia por la vía de la focalización territorial y tipo de delito en áreas prioritarias de mayor incidencia delictual. Pretende ser una policía anticipativa, mediante el desarrollo de inteligencia sobre el actuar criminal y la gestión de la información que circula en la organización policial. Los principales delitos de interés para la PDI son: el narcotráfico, delitos medioambientales, delitos económicos, y otros derivados del crimen organizado.

Relacionados con este trabajo cabe destacar la participación de la Policía de Investigaciones como agente preventivo en materia de robos con fuerza en las cosas, robo con violencia e intimidación.

Cuenta con 7.230 funcionarios, divididos en: Oficiales Policiales (Oficiales en labores operativas y Oficiales en Laboratorio de Criminalística y labor administrativa), Oficiales de los Servicios (Área Justicia, Área Sanidad, Área Finanzas y Área Administración), Planta Apoyo Científico-Técnica, Planta de Apoyo General y Escalafón de Complemento y Aspirantes.

En el terreno que corresponde vigilar a la 1ª Comisaría de Santiago, se encuentran los Cuarteles Generales de la PDI, la Brigada de Investigaciones Policiales Especiales (límite poniente del sector), Brigada Investigadora de Delitos contra el

Medio Ambiente y la Brigada Investigadora de Lavados de Activos. Sin embargo, como en la mayoría de los casos una unidad operativa asiste y cubre la demanda de varias comunas de una provincia, es difícil determinar la cantidad de personal destinada a los delitos de un sector reducido, como lo es el de la 1ª Comisaría de Carabineros (la distribución de medios se dispone según el ordenamiento administrativo-jurídico de los Tribunales de Justicia y de las Fiscalías Regionales).

c) Gendarmería de Chile (GENCHI): es la institución penitenciaria de Chile encargada del orden, seguridad, cumplimiento de condenas en las prisiones y el resguardo de los Tribunales de Justicia. Su labor preventiva se enfoca principalmente a evitar la reincidencia.

Otro agente que hay que considerar, pero que no cabe en la categoría de policía, son los servicios de seguridad otorgados por las municipalidades. El Programa de Seguridad Comunal de la comuna de Santiago [33], contempla servicios de Guardias Municipales en el centro, principalmente en el Paseo Huérfanos, entre Mac-Iver y Teatinos y el área comprendida por Ahumada, Nueva York, La Bolsa y La Unión. En la actualidad existen 16 Guardias Municipales, los que actúan coordinados con carabineros de la 1ª Comisaría de Santiago, y asisten sus labores enfrentando el comercio ambulante ilegal, reprimiendo hurtos y robos, y recuperando especies sustraídas.

Dentro de los alcances de esta memoria, no se encuentra coordinar los diversos agentes involucrados en la seguridad en la vía pública. Solo se considerará en esta etapa inicial la distribución de Carabineros a pie como estrategia preventiva contra robos y hurtos. Sin embargo, es recomendable considerar en trabajos futuros los beneficios de poder coordinar estos y otros actores involucrados en la seguridad ciudadana.

2.5 Integración de los Agentes Involucrados:

Hay tendencias que indican que el modo apropiado de combatir la delincuencia debe ser pensada de forma sistémica, es decir, incorporar a todos los agentes involucrados en estos sucesos. Esto involucra necesariamente un empoderamiento de la comunidad organizada (Community Policing). Según Patricio Tudela (2003) [44] “esto es producto de la inserción y promoción de un cambio en el imaginario social sobre la producción de la seguridad en nuestra sociedad: primero, la estrecha relación entre seguridad y democracia; segundo, el enfoque moderno de seguridad ciudadana; tercero, la necesidad de mejorar la gestión policial y, finalmente, un cambio en el paradigma preventivo, que indica que para que esto realmente funcione la comunidad debe poder jugar un rol relevante, lo que significa que ella tiene una “función policial”, por cierto distinta, pero complementaria, a la tradicional.”

Si bien es cierto estas tendencias han tenido buenos resultados en el ámbito internacional y ya se han comenzado a aplicar en Chile, su efectividad no es directa. Existen varios factores locales que hacen esta adaptación de experiencias extranjeras un poco más compleja, como lo son la resistencia del personal de policía a adoptar una nueva forma de trabajo, la desconfianza y descrédito de la comunidad ante la policía, y

viceversa, el temor frente al control y fiscalización de esta, la ausencia de parámetros para una correcta evaluación, entre otros.

Existen ciertas contradicciones en los incentivos de las policías chilenas que ocasiona que esta integración de los agentes involucrados no pueda ser llevada a cabo, como por ejemplo, cierto grado de competencia existente entre la PDI y Carabineros de Chile, lo que repercute en una escasa cooperación y poco traspaso de información de una institución a otra.

Además, los incentivos dentro de Carabineros no están siempre alineados con los del bien social. La efectividad de Carabineros suele ser medida por la disminución en la victimización y en la sensación de temor de las personas, pero los indicadores que suelen tomar de estos sucesos no son los apropiados. Por ejemplo, es erróneo suponer que podemos medir directamente los cambios victimización mediante la variación en las denuncias. La tendencia en el tiempo ha sido que las denuncias han aumentado, pero esto se debe a que cada vez más personas comprenden la necesidad de denunciar los sucesos delictivos, con el fin de poder generar la información que permita establecer estrategias preventivas a futuro. La postura al público es clara: se desea tener una mayor tasa de denuncias que represente una disminución en la cifra negra; sin embargo, muchas veces los carabineros de turno sienten y hacen sentir a los denunciantes la inocuidad de realizar una denuncia (especialmente si se desconoce al victimario). Además, existen costos de tiempo y esfuerzo por parte de Carabineros al momento de detener a un criminal (el esfuerzo de capturarlo, el llevarlo a constatar lesiones, traslado a la comisaría, ser llamados a declarar, etc.), lo cual significa además una disminución de los recursos disponibles para proteger el sector. En este sentido, hay desincentivos por parte de Carabineros a atrapar cierto tipo de criminales que involucren un costo muy alto de captura junto con una probabilidad muy baja de ser castigado correctamente, frente a la posibilidad de dejar más desprotegido el sector a vigilar. Esto no necesariamente se alinea con el bien social.

También existe cierto recelo ante la legislación vigente, ya que ésta parece proteger muchas veces a los delincuentes. Es normal si uno va a una comisaría encontrar carteles con los “Derechos del Detenido” (los cuales muchas veces resultan ser victimarios de algún delito) y ninguno con los “Derechos de las Víctimas”. Una de las grandes diferencias es, por ejemplo, la posibilidad del detenido de acceder a un abogado proporcionado por el estado (en el caso de la víctima, esto no es así). Si consideramos que gran parte de los delincuentes que roban y hurtan tienen perfecto conocimiento sobre las consideraciones que hace el sistema judicial y explotan sus falencias; y que las víctimas suelen ignorarlas, es normal ver cierto grado de insatisfacción ante la policía o el sistema judicial penal por parte de la comunidad.

En esta perspectiva, es necesario intervenir profundamente las instituciones y seguir trabajando en el alineamiento de los incentivos con el bien de la comunidad. En el caso específico de Carabineros y de la PDI, sus incentivos debieran contemplar indicadores como: el nivel de confianza de la comunidad en la institución, el índice de corrupción, la evolución de la cifra negra, el nivel de temor, índices de calidad, expectativas satisfechas o no, entre otras. En el caso de la legislación vigente, el asunto es un poco más delicado, pues parece haber una disyuntiva entre un sistema judicial muy coercitivo y uno que respete los derechos humanos.

2.6 La Reforma Procesal Penal [2]

Es el mayor cambio en el Sistema de Justicia Penal que ha enfrentado Chile. Fue implementado gradualmente a partir del año 2000 y abarca cambios en 4 áreas principales: paradigma, sistema, gestión y procesos.

En el ámbito paradigmático, el modelo tradicional poseía rasgos de índole inquisitorial en la persecución penal: las tareas de investigación, acusación y juicio del acusado eran labor exclusivas del juez del crimen. En cambio, el modelo acusatorio se caracteriza por ser más respetuoso de los derechos de los imputados y de las víctimas. Algunas de las principales diferencias pueden ser apreciadas en la siguiente tabla:

Antiguo Paradigma	Nuevo Paradigma
El Juez debe buscar la verdad real, que es independiente de los actores y es única.	El Juez abre el espacio para reparar los daños en caso de los delitos menores, lo que en ciertas oportunidades implica que la verdad real puede traducirse en un problema secundario, puesto que lo que prima es la solución del conflicto particular.
La información es relevante por su mera incorporación a un expediente.	La información es relevante en tanto supere un mínimo control de calidad constituido por el juicio oral, público y contradictorio.
Al inculpado se le presume culpable, aun cuando no haya sentencia que así lo señale.	Si el estado quiere sancionar penalmente a un ciudadano, debe haber sentencia condenatoria. En tanto ello no ocurra, el ciudadano debe ser tratado como inocente y la posibilidad de afectar sus derechos es excepcional.
Solo vale lo que está escrito en el proceso.	El debate es central y solo vale la información que pueda ser debatida y presenciada por los jueces personalmente.
Los jueces son competentes en todas las materias y por ello no requieren de otras especialidades. Se les exige buen desempeño en todos los dominios del quehacer organizacional.	Los jueces son exigidos de competencias en el dominio de producir resolución de conflictos. Las responsabilidades relacionadas con la organización y administración son entregadas a especialistas.
Los abogados tienen como una de sus actividades principales el redactar escritos, pues es una forma fundamental de argumentar.	Los abogados tendrán como su actividad principal el debate en las audiencias, razón por la cual deberán invertir tiempo en prepararse.
El cliente muchas veces no está presente en las instancias fundamentales del juicio, puesto que el sistema no le permite presenciarlas.	El cliente puede evaluar la labor de su abogado en cuanto a planificación y estrategia del debate, dado que puede asistir y presenciar todas las audiencias fundamentales del proceso.
Los funcionarios auxiliares realizan, al mismo tiempo, actividades administrativas y legales.	Existe una clara separación de los roles legales y administrativos (los roles legales son de exclusividad del juez).
Hacer justicia no es una cuestión de recursos y, en consecuencia, los análisis económicos o eficientistas no tienen cabida en el ámbito de la justicia.	La justicia es un ámbito de servicios públicos perfectamente equivalente a cualquier otro y, en consecuencia, racionalizar el uso de los recursos escasos es clave para el mejor cumplimiento de los objetivos.

Tabla 2: Comparación del antiguo y nuevo paradigma en el sistema de Justicia Penal [2]

Dentro de los cambios provenientes de la Reforma Procesal Penal que atañen directamente a Carabineros de Chile, destacan los siguientes:

- 1) Cambio Paradigmático: En relación a este ámbito, cabe destacar dos líneas de acción principales: la introducción de fiscales al sistema como los responsables de dirigir la investigación y la modificación de la relación de Carabineros con los inculpados.

Adicionalmente, existen otros aspectos relevantes, como la enfatización de la labor preventiva de Carabineros por sobre la investigativa y la necesidad de armonizar el Plan Cuadrante con la Reforma Procesal Penal

- 2) Cambio Sistémico: Bajo este aspecto, se entiende que el desempeño de Carabineros está estrechamente ligado al de otros actores institucionales involucrados en el nuevo sistema, como lo son Policía de Investigaciones, el Ministerio Público, el Poder Judicial, el Registro Civil y la Ciudadanía. Este actuar sistémico, lejos de relevar a Carabineros de algunas de sus responsabilidades, le exige además tomar iniciativas para definir, en conjunto con estos actores, contextos organizacionales y operativos.
- 3) Cambio en la Gestión: La gestión de los procesos de coordinación constituye uno de los mayores impactos hacia Carabineros. Se deben crear nuevas coordinaciones debido al surgimiento de un nuevo “cliente”: los fiscales. Los fiscales formulan peticiones a Carabineros, quienes deben cumplir e informar en plazos determinados. Deben además establecerse contextos compartidos entre los fiscales y los carabineros que permitan determinar la oportunidad, especificidad y pertinencia de la acción solicitada; así como también un aprendizaje mutuo sobre las capacidades y la cultura organizacional de ambos actores.

Luego de 10 años de la instauración de la Reforma Procesal Penal, es posible notar muchos de sus éxitos y falencias. Alguno de los aspectos positivos que destacan son: mayor transparencia, mayor eficiencia en términos de judicialización y causas terminadas, mayor porcentaje de sentencias condenatorias, entre otros. Los principales aspectos negativos que resaltan son: el número de casos que van a archivo provisional, el alto porcentaje para las salidas no judiciales en los casos con imputado desconocido y la tasa de esclarecimiento en la investigación policial [1].

Además, es necesario solucionar de una vez el tema institucional y contemplar mecanismos que permitan orientar el desempeño de las instituciones en la reducción de la delincuencia y que logre la necesaria coordinación intersectorial con los actores.

En el ámbito que atañe a esta memoria, estos sucesos tienen diversas implicancias. Una escasa coordinación entre los actores incide en el desempeño de cada uno de ellos, llegando incluso a entorpecerse mutuamente en algunos casos. Es por esto que la coordinación entre la policía y los fiscales es importante y puede incidir en el desempeño de ambos. Por ejemplo, si no queda claro por qué el fiscal decide trabajar con Carabineros o la PDI, una de las instituciones puede sentirse pasada a llevar y eso puede mermar la confianza y afectar a los trabajos futuros en conjunto.

También existen distintas perspectivas de la delincuencia entre el policía que va a terreno, el fiscal que pretende abogar por un caso y el juez que pretende dictaminar la sentencia. Algunas veces resulta que por un tecnicismo se deja sin el castigo apropiado a alguien que sin lugar a dudas cometió un delito (existen ocasiones en que lo legal no logra reflejar con eficacia lo que socialmente acordamos como legítimo). Un ejemplo de esto estuvo a punto de ocurrirle a un par de carabineros en servicio. Ellos tuvieron la oportunidad de ver como un auto chocaba levemente en una luz roja el auto precedente. Cuando la señora que lo abordaba fue a constatar el daño de su vehículo, olvidó las llaves en su interior, por lo que un delincuente aprovechó la oportunidad e intentó robarse el automóvil. El individuo no lo logra, pues advierte la presencia policial y huye corriendo. Luego de perseguirlo un largo tiempo, los carabineros logran capturarlo. Era evidente para ellos que el choque no había sido casual, que el automovilista que chocó a la señora estaba coludido con el ladrón para robarse el auto. Es por esto que el delito tiene una connotación de robo con fuerza. Sin embargo, la justicia estuvo a punto de dictaminar que el delito había sido hurto (cuya pena es mucho menor), debido a que la señora había dejado las llaves dentro del vehículo al momento de abandonarlo y que el delincuente no había utilizado la fuerza. Afortunadamente, en esa ocasión se pudo demostrar la colusión con el automovilista y se aplicó el castigo apropiado. Sin embargo, luego del gran esfuerzo realizado por los carabineros y la sensación de que el delincuente sería castigado muy levemente, es difícil impedir cierto grado de desconfianza en las autoridades judiciales (la sensación de que no comprenden la realidad de los sucesos que pretenden juzgar) y sentirse desmotivados a realizar los enormes esfuerzos que su labor implica.

2.7 Chile Seguro: Plan de Seguridad Pública 2010-2014 [19], [4]

Dentro de las principales preocupaciones y ámbitos de interés del Gobierno actual, se encuentra la delincuencia. En este sentido, el Plan Chile Seguro da cuenta de la estrategia del Gobierno para los próximos 4 años.



Figura 4: Plan Chile Seguro [19]

Las 2 metas principales del Plan Chile Seguro son:

- 1) Reducir el porcentaje de hogares víctimas de delitos: Esperan baja la cifra de victimización de los hogares de un 33,6% (ENUSC 2009) a un 29% para el 2013. Esto equivale a decir que 118 mil hogares dejen de ser víctimas de la delincuencia.
- 2) Reducir la cantidad de delitos en espacios públicos: espera que para los delitos de robo por sorpresa, robo con violencia o intimidación y robo de vehículos o de accesorios de vehículos desciendan en un 29% con respecto al 2009, es decir, que se cometan 320 mil delitos menos en espacios públicos.

Dentro de los principales ejes de acción, se espera poner fin a la sensación de impunidad de los delincuentes, resguardar el orden y la seguridad pública y reducir el consumo excesivo de alcohol y drogas. El Plan de Seguridad Pública contempla de forma más específica los siguientes tópicos:

I. Prevenir:

- Programa Vida Sana.
- Estrategia de prevención de alcohol y drogas.
- Programa “Después de clases” de jornada alterna a la escolar.
- Prevención de la violencia intrafamiliar.
- Programa Abriendo Caminos.

- Laboratorio de proyectos piloto de prevención.

II. Proteger:

- Prevención del delito mediante el diseño del ambiente físico.
- Mayor y mejor presencia policial.
- Seguridad privada.
- Reducir el atractivo de los bienes susceptibles de robo.
- Víctimas potenciales menos vulnerables.

III. Sancionar:

- Persecución Penal Estratégica.
- Estrategia de control del tráfico de drogas.
- Creación de Fiscalías Especializadas para Delitos de Alta Complejidad.
- Control de medidas y sanciones que se cumplen en libertad.
- Perfeccionamientos legislativos.

IV. Apoyar:

- Política Nacional de Atención a Víctimas de Delitos.
- Nuevo estándar de atención.

V. Rehabilitar:

- Programa Vida Nueva.
- Fortalecimiento del Programa de Seguridad Integrada 24 Horas.
- Perfeccionar el sistema de justicia para menores y adolescentes infractores.
- Ampliar el tratamiento de consumo de drogas en el proceso penal.
- Mejorar la calidad de programas de reinserción social y laboral.
- Construcción de infraestructura penitenciaria.

VI. Ejes Transversales

Corresponden a áreas de información y ejecución territorial. Son 2 ejes transversales:

1. Centro Estratégico de Análisis del Delito (CEAD)

Tiene relación con la gestión eficiente de la información que nutre al Plan Chile Seguro, y le permite medir las variables asociadas al fenómeno delictivo, y por lo tanto evaluar los programas de seguridad ciudadana, coordinar labores de control y prevención, generar innovaciones tecnológicas o de procesos y anticipar tendencias.

Contempla un Banco Unificado de Datos Criminales y un Observatorio Nacional de Seguridad Pública, un grupo de analistas especializados del Ministerio del Interior y de cada institución que comprende el sistema de

justicia criminal: Carabineros, Policía de Investigaciones, Ministerio Público, Poder Judicial y Gendarmería.

Los principales objetivos del CEAD son:

- Medir en profundidad el fenómeno delictivo
- Desarrollar programas con eficacia comprobable
- Potenciar la acción penal y lograr mayores tasas de condena
- Gestionar eficientemente la información y la evidencia disponible
- Monitorear y evaluar los programas del Plan.

2. Programa Barrio en Paz

Es un programa de intervención integral focalizado en barrios residenciales y comerciales críticos. Es imprescindible para la correcta aplicación de los programas de seguridad ciudadana a nivel local. El programa Barrio en Paz contempla:

- Indicadores claros y objetivos para establecer un ordenamiento a nivel nacional de los barrios con mayores problemas delictivos y criterios transparentes para su selección y el traspaso de fondos a los municipios.
- Instancias de coordinación interinstitucional y con las organizaciones locales y modelos de gestión local que orienten el trabajo mediante compromisos y metas concretas.
- Procesos administrativos eficientes para mantener el foco en los programas, en los beneficiarios y en el impacto alcanzado.
- Intervenciones de entre 12 y 48 meses, acordes a las necesidades metodológicas.
- Metodologías para evaluar continuamente los programas a través de diagnósticos definidos y seguimientos durante y con posterioridad a las intervenciones que se realicen.
- Sistematización de las mejores prácticas que se recojan de la experiencia de los proyectos desarrollados, generando una base de conocimientos que se difundirá tanto a nivel comunal como nacional.

Dentro del ámbito que atañe directamente con este trabajo, es decir, en el ámbito de proteger mediante una mejor oferta policial, el Plan Chile Seguro contempla el aumento de la dotación de Carabineros y Policía de Investigaciones, la ampliación y el perfeccionamiento del Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva de Carabineros de Chile; así como el perfeccionamiento de la legislación que regula la seguridad privada y su incentivo hacia la prevención situacional del delito.

2.8 Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva (PCSP) [10]

El Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva es la estrategia operativa definida por Carabineros de Chile en sectores urbanos, con el fin de reducir la victimización y la sensación de temor de la ciudadanía por medio de una mayor eficacia y eficiencia del actuar policial. Uno de sus objetivos principales es estrechar la relación de Carabineros con la comunidad para el mejor intercambio de información de interés policial y el actuar coordinado de ambos agentes.

Debido a que el PCSP se establece para comunas con al menos una composición urbana-rural de 70% y 30%; la población objetivo de este plan pretende abarcar 158 comunas en la actualidad. Esto comprende el 85% de la población total del país.

Con el objeto de una mayor focalización de los recursos policíacos y el desarrollo de una relación más estrecha con la población, las unidades policíacas (comisarías) se subdividen en regiones menores (cuadrantes) de modo que cada cuadrante posea servicios policíacos permanentes que puedan cubrir de forma eficaz dicho sector. La división del territorio se define por la medición de variables asociadas a la capacidad de cobertura y restricciones de los medios de vigilancia, características geográficas, viales y de organización de las actividades del sector. Lo anterior se traduce en una estimación de la oferta y la demanda (medida en Unidades de Vigilancia Equivalentes o UVE) de un área por recursos policíacos, lo que a su vez genera el Índice de Cobertura Policial (IDCP) que cada cuartel entrega a la población de la que es responsable.

El PCSP otorga los siguientes servicios a la comunidad:

- a) Patrullajes preventivos focalizados: Consiste en uno o más medios de vigilancia policíacos en terreno con el objetivo de impedir la ocurrencia de ilícitos. La focalización tiene relación con el análisis de las tendencias delictuales del cuadrante (*hot spots*) y su consideración al momento de realizar el patrullaje.
- b) Atención de procedimientos: Consiste en el actuar de Carabineros en un sector producto de la solicitud de quien lo requiere o de alguien en su representación.
- c) Fiscalización de establecimientos: Consiste en la verificación del cumplimiento de determinadas obligaciones establecidas en leyes y reglamentos, como por ejemplo la Ley de Alcoholes, Ley de Tránsito, Ley de Vigilantes Privados, Ley de Control de Armas, etc. a las que están sometidas personas y establecimientos.
- d) Cumplimiento de órdenes judiciales: Consiste en dar cumplimiento a las órdenes emanadas de los tribunales tales como arresto, citación, detención, etc., además del cumplimiento de medidas cautelares.

Estos servicios responden a necesidades que no solo se encuentran en regiones urbanas. Sin embargo, la metodología del Plan Cuadrante se distingue por la forma de entregar dichos servicios (zonificación y focalización) y por la forma de registrar y sistematizar la información recabada.

2.9 Herramientas GIS [45]:

Los Sistemas de Información Georreferenciados (GIS) aplicados a la delincuencia, son herramientas que permiten identificar tendencias espacio-temporales en conductas criminales.

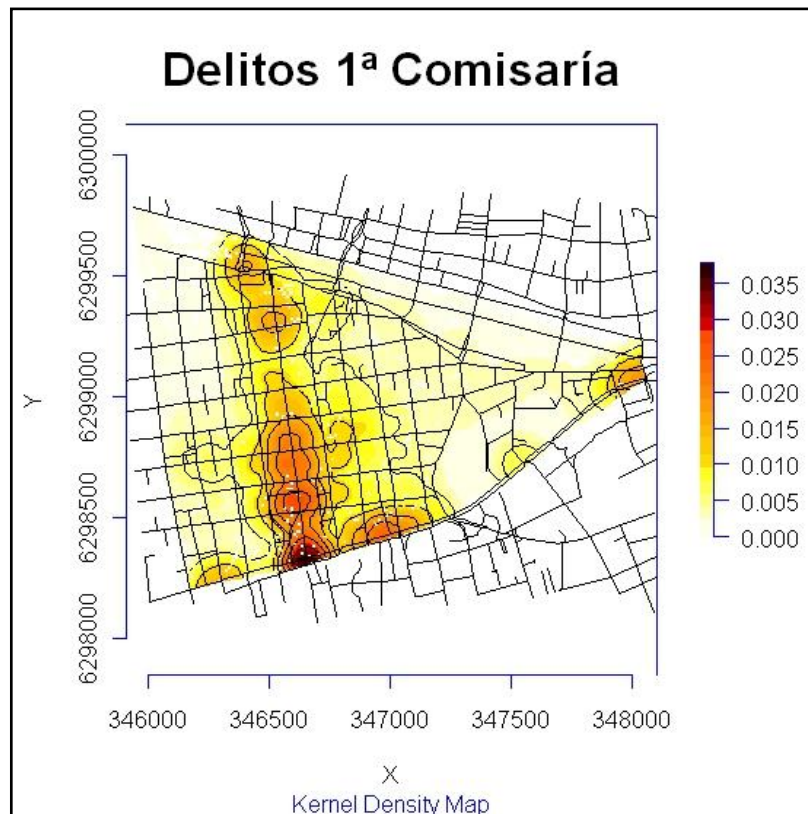


Figura 5. Mapa de densidad de robos y hurtos en la 1ª Comisaría de Santiago. Datos del 2001 al 2004 [Fuente: elaboración propia. Ver Anexo C].

Esta información es relevante tanto para las instituciones vinculadas al sistema criminal como para aquellas responsables de implementar políticas sociales no sólo acerca de la criminalidad en los territorios, sino también a las que se involucran en procesos activos de planeamiento colectivo con representantes de la sociedad civil, tomas de decisiones fundadas y acertadas, y a rendir cuentas sobre su labor.

“En la actualidad es cada vez más necesario responder apropiadamente a una mayor demanda de información por parte de la ciudadanía, las propias instituciones públicas y la comunidad científica. La incorporación de nuevas tecnologías en la representación y análisis de los problemas de criminalidad, violencia e inseguridad no sólo permite que la sociedad interesada conozca de manera “más objetiva” la situación de su localidad y no se forme apreciaciones equivocadas, sobre todo en los casos en que el tema puede ser utilizado políticamente, si no también pueda participar en procesos de fortalecimiento de la comunidad y del capital social para la implementación de políticas públicas.” [45]

Dentro de las ventajas de la utilización de GIS para combatir la criminalidad se encuentra:

- a. La reducción de la carga de trabajo policial: El proveer información actual ahorra tiempo y reduce notoriamente el papeleo, la impresión y los costos de duplicación, además de relevar las consultas ciudadanas más frecuentes.
- b. Mientras más conocimiento tenga la comunidad acerca de los problemas de criminalidad y de seguridad, mayor será su deseo de trabajar y cooperar con la

policía en la solución de tales problemas. Además, las víctimas de delitos que siguen un patrón determinado pueden protegerse de mejor manera.

- c. Los mapas pueden ayudar en el policiamiento y la solución de problemas señalando dónde existen y dónde no. Así, si sólo una sección pequeña de un barrio está afectada por un problema de criminalidad, los vecinos entenderán que no es algo generalizado y no afectará el comercio ni la inversión en el área.
- d. Los mapas aumentan la conciencia acerca de los problemas de un barrio. Permiten identificar los *hot spots* y, como consecuencia de ello, el direccionamiento de los recursos para la prevención criminal hacia aquellas áreas que más lo necesitan (focalización).
- e. Los mapas promueven las alianzas con investigadores y otras instituciones, y colaboran a que éstas cumplan mejor con sus funciones.
- f. Si la autoridad no proporciona mapas e información, otro eventualmente lo hará, existiendo el riesgo de que se interprete por quien no la conoce cabalmente.
- g. Proporcionar mapas e información posibilita la responsabilización de la policía y el control social sobre los organismos públicos responsables de garantizar y promover los derechos ciudadanos.
- h. Además, permite evaluar en el tiempo las intervenciones y sus efectos a través de procedimientos e indicadores más complejos.

Sin embargo, existen potenciales falencias en la popularización de estas herramientas, algunas de las cuales son:

- a) El mal uso que puede dársele a la información para fines comerciales, por ejemplo, por empresas de seguros o empresas que comercializan servicios de vigilancia o alarmas.
- b) Potenciales delincuentes pueden usar los mapas para identificar las áreas que no son objetivo de atención policial prioritaria.
- c) La publicación de mapas puede dañar una zona de alta criminalidad al influir en la baja del valor de las propiedades o el aumento del valor de los seguros.
- d) Los detalles de los incidentes en los mapas pueden ser mal usados vulnerando el derecho a la privacidad de las víctimas.
- e) Las víctimas pueden evitar colaborar con la investigación del delito si temen ser victimizadas nuevamente. Si ello ocurre, la disminución de denuncias dificulta la respuesta adecuada de la policía a las preocupaciones de seguridad de la población.

De este modo, debe llegarse a un acuerdo sobre los tipos de datos que pueden estar circulando para promover así las ventajas de su difusión, reduciendo en lo posible el mal empleo de esa información, y las responsabilidades pertinentes sobre sus posibles malos usos.

2.10 Modelo Líder-Seguidor (Juego de Stackelberg) [24]:

Un modelo general de Juego de Stackelberg posee dos jugadores; un Líder (L) y un Seguidor (S). Para el caso de seguridad, el Líder representa las fuerzas policiales (o defensor) y el Seguidor, los delincuentes (o atacante). Cada jugador tiene un grupo de estrategias puras posibles $\sigma_L \in \Sigma_L$ y $\sigma_S \in \Sigma_S$. Un jugador está jugando estrategias puras cuando elige una acción, de su set de acciones posibles, con probabilidad 1. Las

estrategias mixtas, en cambio, permiten a cada jugador escoger una función de distribución sobre las estrategias puras, denotadas $\delta_L \in \Delta_L$ y $\delta_S \in \Delta_S$.

Las funciones de pago para cada jugador están definidas para todo par posible de estrategias puras de los jugadores: $\Omega_L: \Sigma_L \times \Sigma_S \rightarrow \mathbb{R}$ para el defensor y $\Omega_S: \Sigma_L \times \Sigma_S \rightarrow \mathbb{R}$ para el atacante. Las funciones de pago son extendidas a la forma mixta mediante el valor esperado sobre las estrategias puras.

El Seguidor puede observar la estrategia del Líder, y luego actuar de forma de optimizar su pago. De este modo, la estrategia del Seguidor en un Juego de Stackelberg, es una función $F_S: \Delta_L \rightarrow \Delta_S$ que selecciona una estrategia del Líder y otorga una estrategia para el Seguidor.

El concepto más común en Teoría de Juegos es el Equilibrio de Nash, el cual se encuentra en cada par de estrategias en que ninguno de los jugadores tiene incentivos unilaterales a cambiar de estrategia.

Un Equilibrio de Stackelberg es un refinamiento de este equilibrio para un Juego de Stackelberg. Éste es una forma de equilibrio perfecto en subjuegos, esto es; cada jugador selecciona la mejor respuesta en cualquier subjuego del juego original, donde un subjuego corresponde a una secuencia parcial de acciones. El efecto es eliminar equilibrios que están sustentados en amenazas no creíbles por parte de alguno de los jugadores. Esta condición es necesaria para obtener un equilibrio, pero no asegura una solución única en el caso de que el Seguidor esté indiferente ante dos o más estrategias.

Hay dos tipos de Equilibrios de Stackelberg, identificados por Leitmann [26], que determinan una solución única. Estos son llamados comúnmente equilibrios “fuertes” y “débiles”. El equilibrio fuerte asume que, en caso de indiferencia entre dos o más acciones, el Seguidor escogerá aquella estrategia que beneficie al Líder. Cabe destacar que el Equilibrio de Stackelberg existe en todos los Juegos de Stackelberg. Un argumento estándar para asumir la ocurrencia del equilibrio fuerte, es que el Líder tiene, a menudo, la posibilidad de inducirlo. Esto es posible seleccionando una estrategia arbitrariamente cerca del equilibrio, de modo que el Seguidor prefiera estrictamente la estrategia deseada. De esta forma, se acepta el Equilibrio de Stackelberg “fuerte” como solución al problema de Líder-Seguidor.

Definición: Un grupo de estrategias (δ_L, F_S) forma un Equilibrio de Stackelberg Fuerte (SSE: Strong Stackelberg Equilibrium) si satisface las siguientes condiciones:

1. El Líder juega su mejor respuesta:
 $\Omega_L(\delta_L, F_S(\delta_L)) \geq \Omega_L(\delta_L', F_S(\delta_L')) \quad \forall \delta_L' \in \Delta_L$
2. El seguidor juega su mejor respuesta:
 $\Omega_S(\delta_L, F_S(\delta_L)) \geq \Omega_S(\delta_L, \delta_S) \quad (\forall \delta_L \in \Delta_L) (\forall \delta_S \in \Delta_S)$
3. El Seguidor opta por la mejor respuesta para el Líder en caso de indiferencia:
 $\Omega_L(\delta_L, F_S(\delta_L)) \geq \Omega_L(\delta_L, \delta_S) \quad (\forall \delta_L \in \Delta_L) (\forall \delta_S \in \Delta_S^*(\delta_L))$

3. ALGUNAS EXPERIENCIAS EN TEMAS DE SEGURIDAD

Existen numerosos trabajos y modelos relacionados con la criminalidad. Muchos de ellos nacen desde diferentes perspectivas del problema, como lo son el enfoque de políticas públicas, modelamiento matemático del fenómeno, modelamiento econométrico del fenómeno, entre muchos otros, esto sin considerar las numerosas subdivisiones de cada área. Hay modelos que van desde contemplar la delincuencia como un factor del comportamiento transmitido genéticamente, hasta otros que la contemplan como una suma de circunstancias desfavorables (como la desigualdad, familias disfuncionales, acceso a drogas, etc.). En base a esto, se establecen estrategias más represivas o disuasivas para combatir el delito. Lo cierto es que no hay consenso en esta materia. Es por eso que es útil revisar las experiencias internacionales y hacer hincapié en los éxitos, para tratar de replicarlos, y en la causa de los fracasos, para tratar de evitarlos.

Algunos ejemplos de modelos y mejores prácticas internacionales se encuentra en la bibliografía ([3], [7], [8], [17], [20], [21], [23], [24], [28], [29], [30], [38], [39], [49], [51]), sin embargo, es posible destacar algunos que motiven y contextualicen este trabajo.

El caso 3.1 es el que inspira la herramienta a utilizar en este trabajo. El 3.2 presenta un caso interesante de la seguridad privada a empresas en Chile, aunque por razones de disponibilidad y confidencialidad de datos a nivel público, no es posible replicar directamente esa experiencia en la vía pública. En la sección 3.3 se menciona un ejemplo exitoso de prevención situacional que bien puede sugerirse como complemento a la herramienta aquí propuesta para modificar el atractivo de los lugares altamente vulnerables al delito. Finalmente, en la sección 3.4 se mencionan muchos de los factores relevantes a considerar si es que se decide poner en práctica el modelo propuesto. También la experiencia de este último caso permite idear algunas estrategias alternativas para mejorar el desempeño policial que podrían servir de complemento a una metodología de distribución de recursos policiales para lograr mejores resultados

3.1. Los Ángeles International Airport (LAX) y Federal Air Marshal Services (FAMS) [24]

El caso de LAX consiste en la implementación original del modelo propuesto en [24] para determinar cómo asignar la vigilancia en las calles de acceso al Aeropuerto Internacional de Los Ángeles, y también en como asignar las unidades caninas a las entradas de dicho aeropuerto. De esta forma es posible reaccionar de forma óptima bajo esta perspectiva de teoría de juegos ante numerosos tipos de criminales y terroristas, quienes no podrán explotar los patrones conductuales de la dotación de personal del aeropuerto. Este modelo opera en dicho aeropuerto desde el año 2007.

FAMS es una nueva aplicación del modelo aplicado en LAX para distribuir el limitado número de agentes federales entre los numerosos vuelos que deben proteger de la acción de terroristas. Existen nuevas restricciones impuestas al problema, como restricciones sobre los lugares de origen y destino de los vuelos que puede abordar

determinado agente federal. Este modelo opera para la distribución de personal de FAMS desde el año 2009.

Dado que este trabajo está inspirado en la experiencia de LAX y FAMS, los detalles del modelo serán abordados en la sección 4.

3.2. ALTO S.A.

Alto S.A. es una empresa de seguridad privada chilena que opera principalmente en empresas de *retail*, centros comerciales, supermercados, farmacias, entre otras; para combatir el hurto interno y externo. La empresa opera desde el año 2003, aprovechando la entrada en vigencia de la reforma procesal penal. Dentro de las líneas de acción de la empresa ALTO S.A., se encuentra:

- Marketing Disuasivo y Comunicación de Resultados: ALTO S.A. ha elaborado mediante técnicas de *Data Mining*, perfiles de los distintos tipos de delincuente que atacan a sus clientes y mediante modelos predictivos, estimaciones de la probabilidad de volver a delinquir. Con esto, realizan diversas acciones de marketing para desincentivar la reincidencia en los segmentos con alta probabilidad de recaer. Algunas de estas acciones son: mensajes por radio para sectores estratégicos, cartas a domicilio, entre otras. Además, comunican periódicamente sus resultados de forma interna y externa de modo de mantener a sus clientes al tanto de sus logros y como una forma más de desincentivar el delito.
- Persecución Penal Total: ALTO S.A. representa judicialmente a sus clientes ante delitos de hurto, buscando siempre las penas más altas. La idea es querellarse sin importar el monto de la pérdida, de modo que sirva de ejemplo para los demás delincuentes.
- Tecnología: ALTO S.A. provee una plataforma web para poder seguir en tiempo real de los incidentes, así como también de los estados y resultados de las causas en tribunales que estos generan.

3.3. Bélgica: Contratos de Seguridad y Prevención [7]

En Bélgica existen contratos de Seguridad y Prevención entre el Estado (representados por el Ministerio del Interior) y la ciudad o el municipio, los cuales aseguran que el Ministerio contribuye al cumplimiento de las prioridades del Gobierno Federal en estas materias. Las medidas preventivas realizadas dentro del marco del Contrato de seguridad y prevención ayudan a fortalecer la política de seguridad a nivel local.

Los contratos se inspiran en los siguientes principios:

1. Responder a las necesidades identificadas sobre la base y los problemas específicos que se encuentran en los municipios.
2. Prestar atención particular a las preocupaciones identificadas por la comunidad en relación con la delincuencia.
3. Luchar contra el sentimiento de inseguridad.

4. Participar en la lucha contra los fenómenos que se han identificado en la Declaración del Gobierno como prioridades a controlar, es decir:
 - Delitos contra la propiedad
 - Impedimentos sociales
 - Lucha contra el abuso de drogas
 - Seguridad en las carreteras
5. Acordar el desarrollo de una política de seguridad integrada y exhaustiva.
6. Desarrollar una política a nivel local que sirva como base para las políticas de otros socios, incluyendo tanto a los socios penales como administrativos.
7. Reforzar el tejido social dentro de las comunidades.

Las medidas estipuladas en los contratos de seguridad y prevención, y su consiguiente implementación, deben integrarse en la política de seguridad global del municipio. La ciudad también es responsable de asegurarse de que la política local de prevención del delito esté de acuerdo con las actividades policiales.

Ejemplo de Mejores Prácticas:

Una de las principales prioridades del Ministerio del Interior y del Gobierno Federal es la lucha contra los robos a las casas. Para esto, el Ministerio del interior lanzó un plan de Tecno-Prevención el cual incluye la contratación de consultores en esta área.

Dentro de las líneas de acción de estos Consultores en Tecno-Prevención está prevenir los robos en viviendas mediante la mejora de la seguridad en los edificios, reducir los sentimientos de inseguridad y de desesperanza entre los ciudadanos, mejorar el sentimiento de responsabilidad y concienciación en la comunidad.

Los consultores en tecno-prevención reciben una formación especial y forman parte del personal de la policía, la ciudad o del municipio. Los CTP trabajan in situ para proporcionar asesoramiento adaptado a las características particulares del edificio, independientemente de si es un edificio residencial, comercial, público o semi público. Los consultores visitan los lugares gratuitamente para realizar la evaluación de los edificios, analizar los riesgos específicos y sugerir soluciones. Ofrecen asesoramiento de organización, técnico y arquitectónico sobre lo que se puede hacer en cada caso.

La implementación del Plan de Tecno-Prevención ha implicado un descenso estadísticamente significativo en el robo a viviendas.

3.4. William Bratton y New York Police Department (NYPD) [25]

En Febrero de 1994, William Bratton fue declarado comisionado de la Ciudad de Nueva York. La situación era difícil: debía manejar una fuerza policial de 35.000 oficiales de policías con un presupuesto de US\$2 billones, frecuentes peleas por jurisdicción y financiamiento, oficiales con paga relativamente baja en comparación a las comunidades cercanas, promoción en el empleo sin aparente relación con el desempeño, altas tasas de crímenes, entre otros.

Sin embargo en tan solo 2 años, y sin incremento de presupuesto, William Bratton logró transformar New York en una de las ciudades más seguras de Estados Unidos. La estrategia de Bratton ha tenido éxito no solo como comisionado de NYPD, sino también en otras áreas como: Boston Police District 4, Massachusetts Bay Transit Authority, Boston Metropolitan Police y New York Transit Police. Esto hace posible extraer algunas buenas prácticas en la gestión de Bratton como líder.

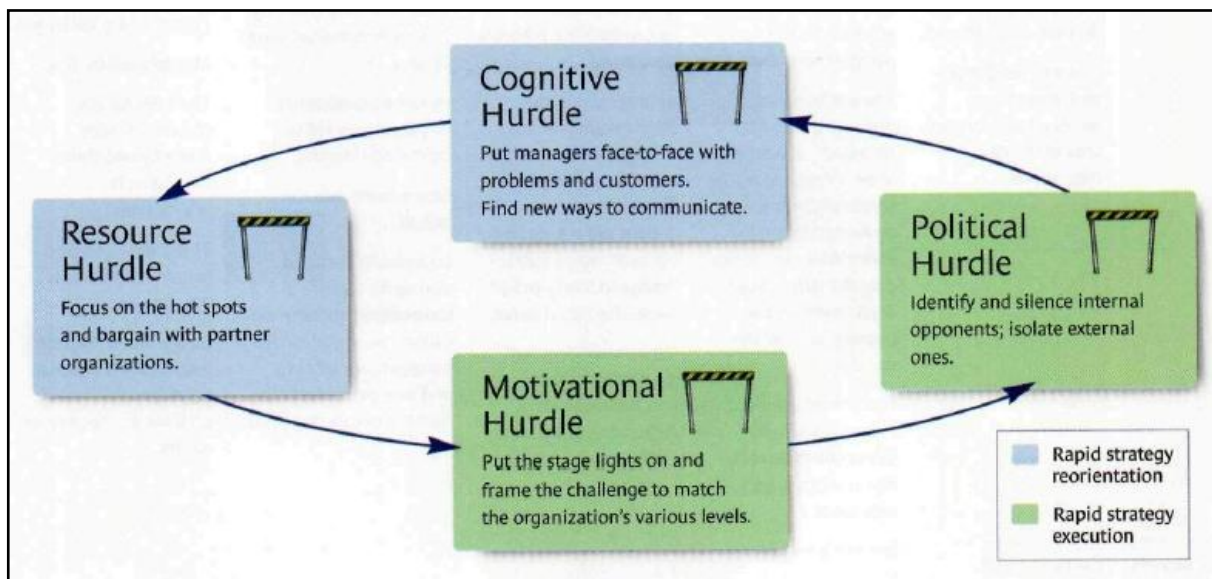


Figura 6: Consejos para el liderazgo [25]

Los líderes como Bratton usan este proceso de 4 pasos para lograr cambios rápidos, drásticos y duraderos con recursos limitados. Las barreras cognitivas y de recursos representan los obstáculos que la organización enfrenta al reorientar y formular su estrategia. Las barreras motivacionales y políticas impiden una ejecución rápida de dicha estrategia. Pasar estas barreras es un proceso continuo que lleva a una rápida reorientación y ejecución estratégica.

Rompiendo la Barrera Cognitiva

Muchas veces el obstáculo más difícil consiste en acordar con la gente las causas de los problemas actuales y la necesidad de cambiar. La idea es poner a los gerentes claves cara a cara con los problemas operacionales, de modo tal que no puedan evadir la realidad.

Cuando Bratton fue a New York para encabezar la policía de tránsito, descubrió que ninguno de los oficiales antiguos viajaba en metro. Ellos iban al trabajo y realizaban su jornada laboral desde autos provistos por la ciudad. No conocían los sucesos reales que allí sucedían y se sentían seguros de la inocuidad de ir al metro gracias a que solo el 3% de los crímenes de mayor connotación de la ciudad eran cometidos ahí. Bratton obligó a todos los oficiales de tránsito, partiendo por él mismo, a viajar en metro a todas horas del día y en la noche. De esta forma, los oficiales fueron conscientes de aspectos que sus subordinados sabían perfectamente y que ellos ignoraban: torniquetes congestionados, limosneros agresivos, bandas de jóvenes saltando los torniquetes y empujando gente en las plataformas, borrachos y

vagabundos revolcándose en las bancas, etc. Estaba claro que aunque pocos de los crímenes más importantes se llevaban a cabo en el metro, éste estaba poblado de temor y desorden. Esto dejó en evidencia para los oficiales antiguos la necesidad de un cambio en sus métodos policiales.

Otros puntos importante son acercar a los policías a la comunidad y establecer un sistema de comunicación apropiado dentro de la organización (de forma de comunicarse de acuerdo a la cultura organizacional imperante) y hacia fuera de la organización (de modo de transmitir hacia el exterior por medio de entrevistas de prensa e historias los fuertes mensajes internos que Bratton estaba enviando).

Rompiendo la Barrera de Recursos

Una vez que la gente acepta la necesidad del cambio y está relativamente de acuerdo en cómo debe ser efectuado, los líderes se ven muchas veces enfrentados a la realidad de escasos recursos con que llevar a cabo esta labor. Sin embargo, es posible lograr resultados efectivos, sin un incremento de recursos, si se concentran dichos recursos en aquellas áreas que más necesiten un cambio y que poseen altos niveles de gratificación.

Esto se logra una vez que la gente incorpora la idea de cambio e incentivándolos de que observen objetivamente qué es lo que está mal con sus prácticas actuales. A este nivel se incorpora la visión cuantitativa del desempeño (indicadores que señalan posibles falencias u oportunidades de mejora en el actuar institucional).

Una mejora de las actividades claves de la policía puede reducir la cantidad de recursos necesarios. El antecesor de Bratton en New York's transit police estaba convencido que el único modo de detener a los asaltantes en los vagones del metro era colocar policías en cada línea del tren subterráneo y rondar las 700 salidas y entradas. Bratton, por el contrario, creía que el crimen en el metro podía ser solucionado no incrementando los recursos, sino utilizándolos mejor. Analizando los crímenes en el metro, Bratton encontró que la mayoría de éstos ocurrían en unas pocas estaciones de un par de líneas. De esta forma, concentrar los recursos en estos *hot spots* podría ser de gran efectividad. Al mismo, promovió que parte de los policías en terreno fueran de civil. Esto se tradujo en que rápidamente los criminales incorporaron la noción de que ausencia de uniformes no significaba ausencia de policías.

Pero la distribución de los oficiales no era el único problema. Se desperdiciaba mucho tiempo en procesar un detenido (cerca de 16 horas por arresto, lo que incluía trasladar al detenido y realizar todo el papeleo pertinente). De esta forma, muchos policías evitaban realizar arrestos menores. Este hecho también se traducía en una disminución sustancial de la cantidad de recursos disponibles. La solución que planteó Bratton fue colocar buses averiados como centros de detención y procesamiento de detenidos. Con esto, Bratton logró reducir el tiempo de procesamiento de 16 horas a solo 1.

Otro acierto de Bratton es que su método de buscar soluciones basadas en los datos, dio origen a la famosa base de datos criminales Compstat. Esto ha permitido

identificar *hot spots* para la intervención intensiva de la policía, capturar semanalmente la actividad delictual y de arrestos policíacos, entre otras cosas.

Rompiendo la Barrera Motivacional

Los empleados no solo necesitan reconocer qué necesita ser realizado, sino también deben querer hacerlo.

Una forma de realizar esto es identificando a los influenciadores claves, es decir, gente dentro o fuera de la organización con un poder desproporcionado debido a sus conexiones con la organización, su habilidad para persuadir o su habilidad para bloquear el acceso a recursos. Generalmente son pocos en una organización y tienden a compartir los problemas comunes, por lo que son fáciles de detectar y motivar. La idea es generar espacios comunes donde todos los influenciadores claves puedan dar a conocer sus puntos de vista y se evidencien las buenas y malas prácticas. Tener a los influenciadores claves motivados libera a la organización de tener que motivar a cada uno de sus miembros, y sin embargo, todos ellos resultarán interesados en los cambios que se estén realizando.

Es importante en este punto establecer metas claras y alcanzables, de lo contrario la organización puede caer en un escepticismo poco productivo.

Rompiendo la Barrera Política

Uno de los factores más importantes a considerar, son los influenciadores negativos externos e internos. Estos detractores lucharán fieramente por conservar su poder si se sienten amenazados por los procesos de cambio. Es imperioso detectar tempranamente estos influenciadores negativos y anticipar respuestas a sus posibles argumentos.

4. CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNA DE SANTIAGO

Esta comuna corresponde al centro histórico de la ciudad de Santiago de Chile y en ella se encuentran los principales organismos del estado. Fue fundada el 12 de Febrero de 1541 por Pedro de Valdivia bajo el nombre de “Santiago de Nueva Extremadura”. Comprende lugares históricos y simbólicos de la ciudad, como la Plaza de Armas, el cerro Huelén o Santa Lucía, el Paseo Ahumada, el Museo Nacional de Bellas Artes, Barrio Lastarria, el Museo de Arte Precolombino, el Teatro Municipal de Santiago, el Palacio de La Moneda, la Biblioteca Nacional, el Instituto Nacional, Plaza de la Constitución, Palacio de Tribunales, la Bolsa de Comercio de Santiago y muchas de las casas centrales de Universidades y Bancos.

En la actualidad, comprende una superficie de 2316 há, y una población de 206.044 personas según el último Censo de Población y Vivienda 2002. Hay dos sucesos que marcan principalmente la demografía de la comuna: el primero es la pérdida sistemática de población residente y el segundo es que Santiago es considerada como una comuna envejecida.

Lo anterior proviene de múltiples razones, muchas de las cuales tienen que ver exclusivamente con la comuna de Santiago, sino también con la ciudad entera. Dentro de las razones que destacan como causas de la pérdida de población están: la ausencia de políticas urbanas y la falta de una visión de ciudad, la ausencia de un gobierno metropolitano (o al menos de una instancia de coordinación intermunicipal), el desarrollo no planificado de la expansión de la ciudad, el desinterés manifiesto por el patrimonio acumulado en las áreas centrales de la ciudad en términos de inversiones en edificios, infraestructura y servicios; la invasión del espacio público por el comercio informal, entre otras.

En cuanto a la estructura etaria de la ciudad de Santiago, ésta tiene diversos comportamientos según las zonas geográficas. Sin embargo, se han encontrado patrones que vinculan la presencia mayoritaria de la tercera edad en la zona central, precisamente en aquellas áreas en que existen procesos de pérdida de población, como es el caso de la comuna de Santiago.

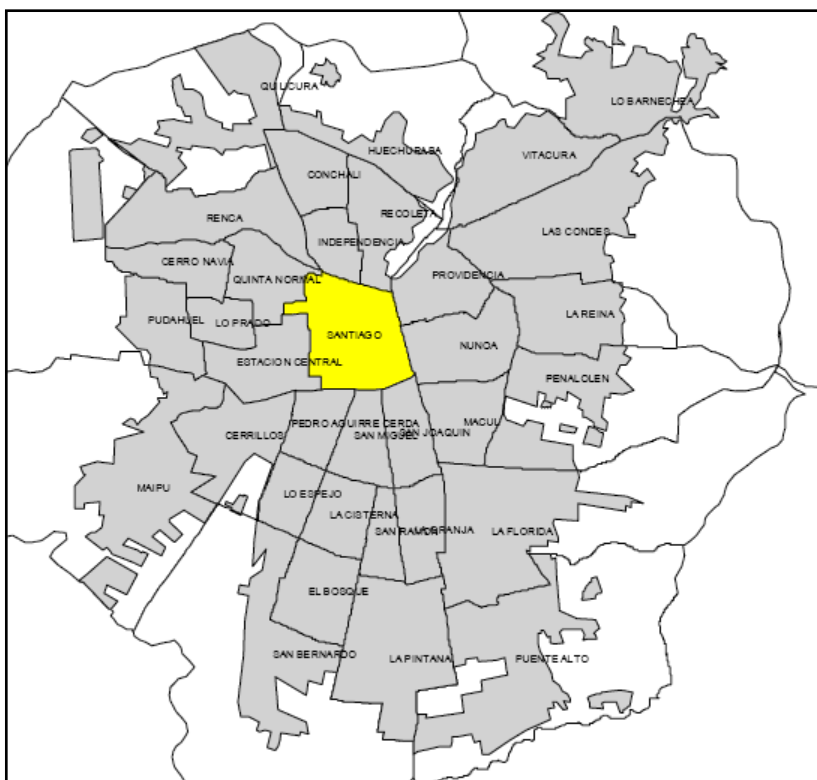


Figura 7: Comuna de Santiago dentro de la ciudad de Santiago de Chile [32]

Por medio de un análisis FODA realizado en conjunto con el sector público y privado de la comuna, se establecieron las siguientes fortalezas y debilidades de la comuna para el Plan Estratégico de Desarrollo Comunal 2010 realizado por la comuna de Santiago [32]:

Fortalezas:

- Accesibilidad y movilidad local
- Centralidad Metropolitana
- Dotación de equipamientos

- Oferta cultural y académica
- Capacidad de infraestructura
- Diversidad y calidad de servicios y funciones de alcance metropolitano
- Oferta de espacios públicos
- Concentración patrimonial
- Visibilidad nacional
- Atracción de personas
- Diversidad social
- Fisonomías barriales inconfundibles
- Identidad comunal y barrial

Debilidades:

- Fiscalización abusiva y arbitraria
- Burocracia obstaculizadora
- Congestión vehicular
- Contaminación ambiental
- Insuficiente promoción de la ciudad
- Inseguridad ciudadana
- Descoordinación institucional
- No aprovechamiento de la concentración espacial de fortalezas
- Insuficiencia de espacios públicos
- Informalidad del sector productivo PYME
- Deterioro localizado en sectores de la comuna
- Administración local de problemas metropolitanos

Algunas características de de interés de la comuna que no serán abordadas en este trabajo, se encuentran en el Anexo B.

4.1 Área de Estudio

Para efectos de este estudio, se analizará el terreno de la 1ª Comisaría de Santiago. Sus límites son: Al norte el Río Mapocho, al sur la Avenida Libertador Bernardo O'higgins, al oriente Av. Vicuña Mackenna y al poniente la calle Amunátegui.

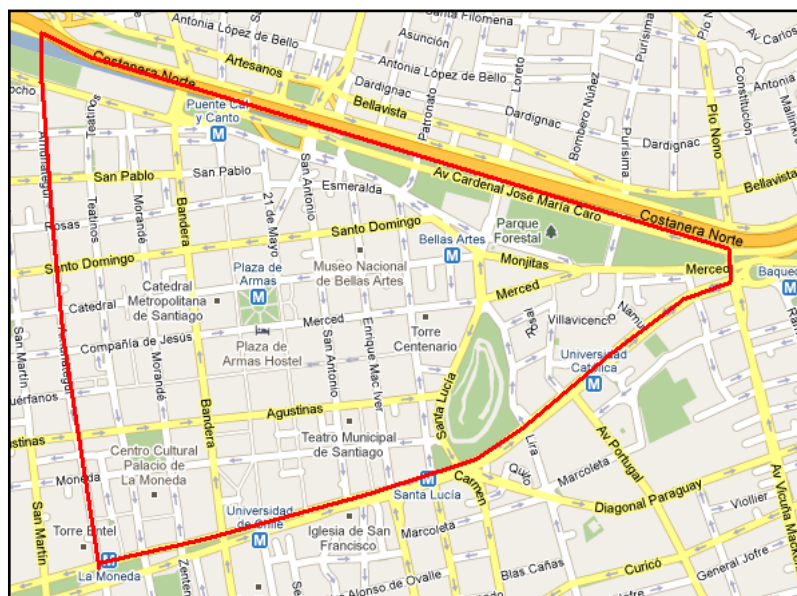


Figura 8: Mapa 1ª Comisaría de Santiago [Fuente: google maps]

Este sitio corresponde a la parte más antigua de Santiago. Posee viviendas principalmente en forma de departamentos, y una marcada connotación comercial. Tiene un alto flujo vehicular y alta población flotante durante el día.

La existencia de paseos peatonales y la alta afluencia de personas durante el día, incentiva en cierto modo la proliferación del comercio informal, además de generar oportunidades propicias para la ocurrencia de delitos en la vía pública.

4.2 Características del Sector a Analizar

En esta sección se presenta geográficamente algunas variables consideradas de interés para el fenómeno a analizar y que dan cuenta de la composición del sector contemplado².

Muchas de las variables detalladas más abajo, son consideradas como directamente influyentes (positiva o negativamente) en la ocurrencia de delitos. Sin embargo, cabe destacar la posibilidad de la existencia de variables latentes que se encuentran indirectamente representadas por la cercanía de los atributos que aquí se presentan.

Un posible ejemplo de esto puede ser la consideración de farmacias y bancos en el sector. Si bien existen asaltos a farmacias o robos a personas que salen de los bancos; la presencia de este tipo de negocios suele indicar un alto flujo de personas en las cercanías. Luego, puede resultar mera coincidencia que haya una cantidad considerable de delitos cerca de bancos o farmacias, pero la variable latente que

² La mayoría de esta información georreferenciada fue recabada por la ayudante de la investigación del grupo CEAMOS, María Paz Jofré, para el tema de tesis “Modelos Gravitacionales para Explicar el Comportamiento de los Delincuentes”.

representa esta cercanía, tiene que ver más con las características del sector donde se sitúan estas organizaciones (por ejemplo, el alto flujo de personas)

Para evitar redundancias o información poco útil, se aplicarán técnicas de selección de atributos para determinar qué variables son las realmente relevantes al momento de considerarlas en el análisis.

- a) Cuadrantes: En la Figura 8 se puede apreciar la asignación del terreno a proteger a los distintos cuadrantes que lo componen.



Figura 9: Cuadrantes de la 1ª Comisaría de Santiago. [Fuente: google maps]

- b) Cámaras de Seguridad, Centros Policiales y de Justicia: El siguiente mapa presenta las cámaras de seguridad existentes en el terreno de la 1ª Comisaría de Santiago, los centros policiales (comisarías de Carabineros y de la PDI), y centros de Justicia (fiscalías).

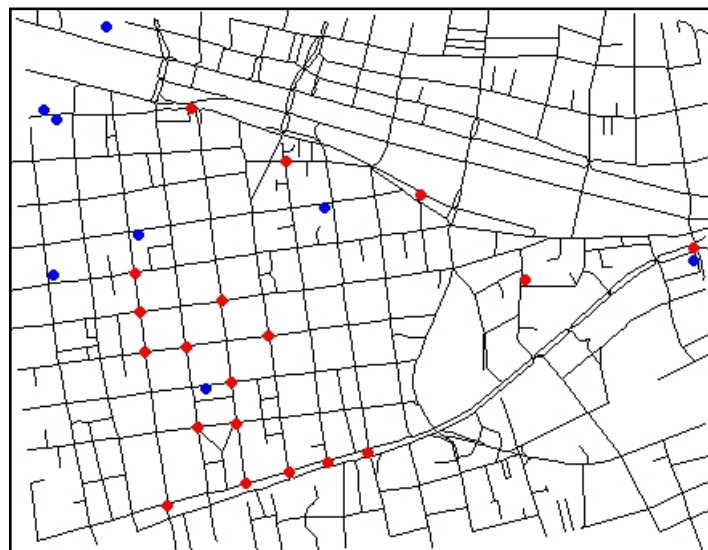


Figura 10: Cámaras de seguridad (rojo) y centros policiales (azul) [Fuente: elaboración propia]

- c) Dependencias Gubernamentales y Afines: Comprende la Municipalidad de Santiago, las embajadas de Argentina y Alemania, La Moneda, diversos Ministerios (de Defensa Nacional, de Salud, de Bienes Nacionales, de Vivienda y Urbanismo, etc.) y los registros civiles del sector.

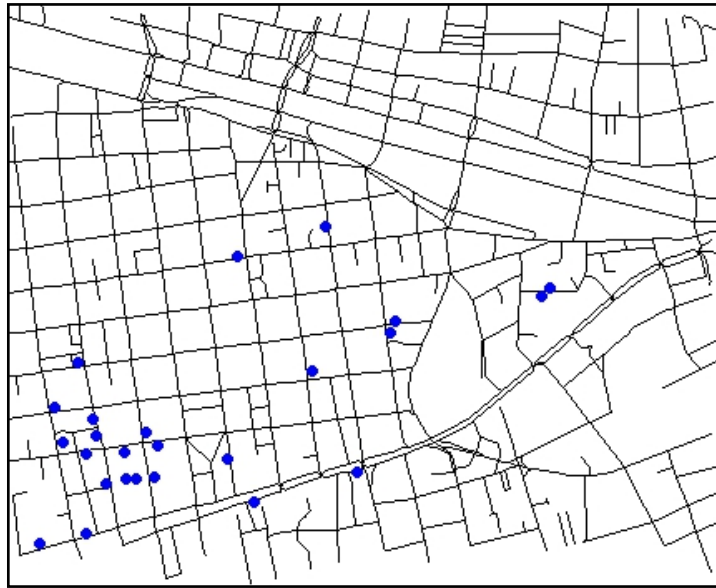


Figura 11: Dependencias gubernamentales y afines [Fuente: elaboración propia]

- d) Bancos y Casas de Cambio: Comprende todo tipo de bancos (en rojo) y las casas de cambio del sector (azul).

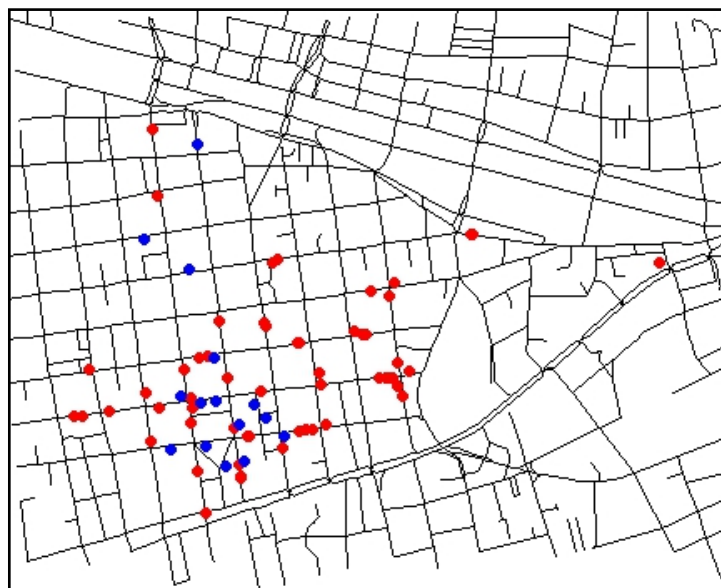


Figura 12: Bancos (rojo) y casas de cambio (azul) [Fuente: elaboración propia]

e) Salidas del Metro.

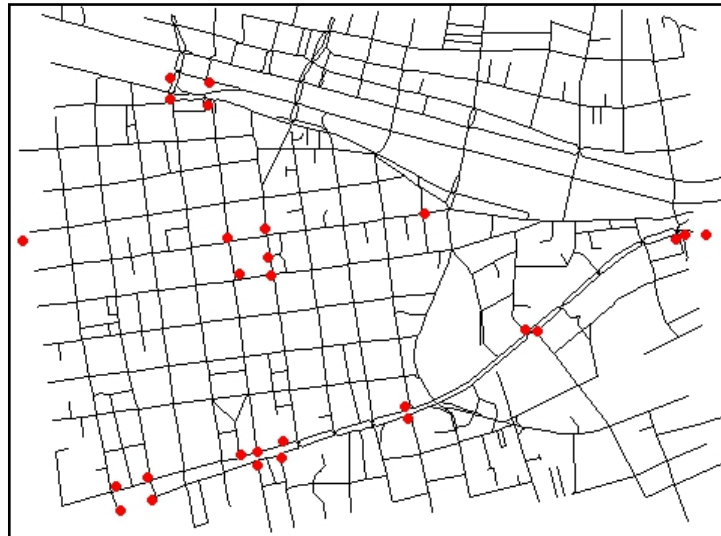


Figura 13: Salidas del metro [Fuente: elaboración propia]

f) Botillerías, Pubs y Discotecas: Contiene las botillerías (en azul), los pubs y las discotecas (en rojo) del sector.

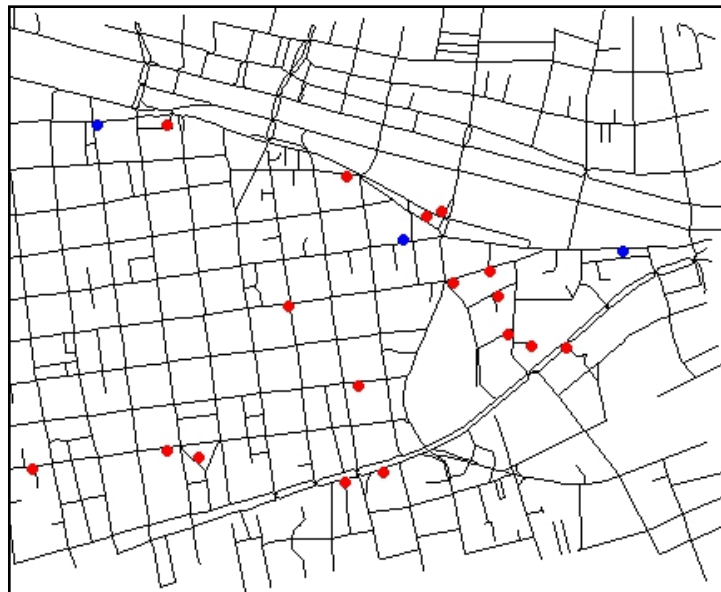


Figura 14: Botillerías (azul), pubs y discotecas (rojo) [Fuente: elaboración propia]

g) Centros de Entretención y Colegios: Incluye centros entretención como teatros, centros culturales, museos, bibliotecas (todos los anteriores en rojo), cines (en azul) y colegios (en verde).

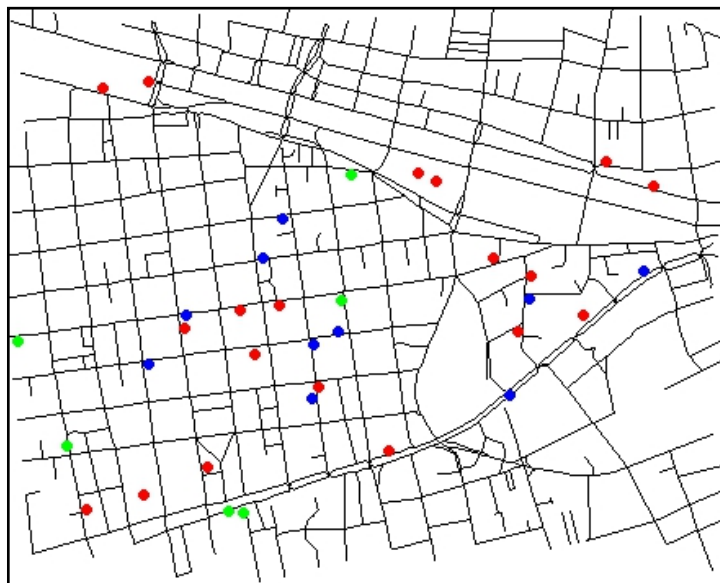


Figura 15: Centros de entretenimiento y colegios [Fuente: elaboración propia]

h) Farmacias y Grandes Tiendas.

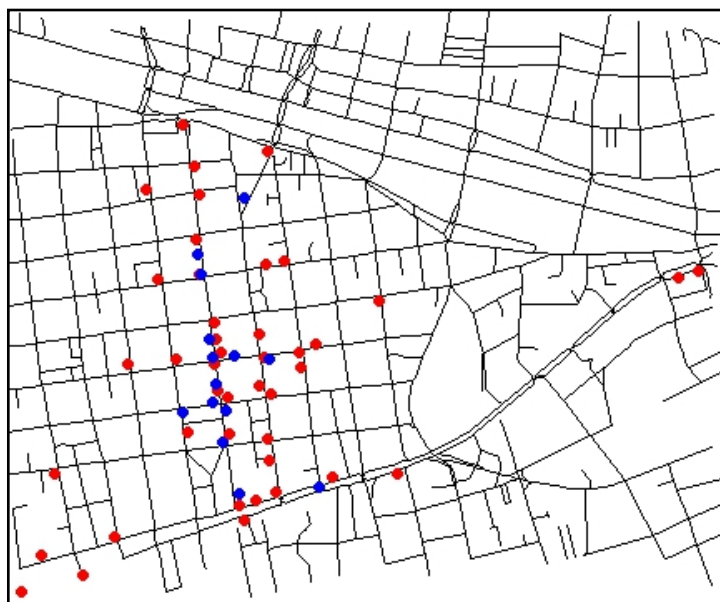


Figura 16: Farmacias y grandes tiendas [Fuente: elaboración propia]

i) Estacionamientos.



Figura 17: Estacionamientos [Fuente: elaboración propia]

j) Hoteles y Moteles.

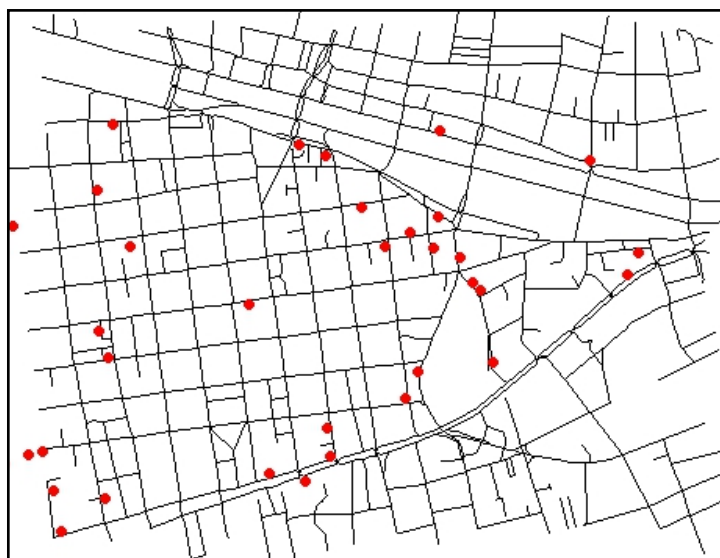


Figura 18: Hoteles y moteles [Fuente: elaboración propia]

4.3 Tendencias Espaciales en los Delitos

Para los análisis comprendidos en este trabajo, se utilizarán los delitos de hurtos, robo con fuerza y robo con violencia de Diciembre de 2002 a Diciembre de 2004 disponibles (es decir, un poco más de 2 años de datos). Esto es a modo de obtener un ejemplo lo más realista posible. Cabe destacar que la temporalidad de los datos se

debe a la difícil disponibilidad de éstos y que toda la metodología desarrollada en esta memoria puede ser aplicada a datos más recientes.

Las siguientes figuras ilustran los mapas de densidad kernel de los delitos antes mencionados para el periodo contemplado a nivel agregado y desagregado. Esto permite ver los distintos patrones espaciales de los delitos, especialmente de los robos con fuerza en relación a los demás. Cabe destacar que los robos con fuerza son apenas el 6,19% de los delitos seleccionados, pero suelen causar más daños económicos que el resto.

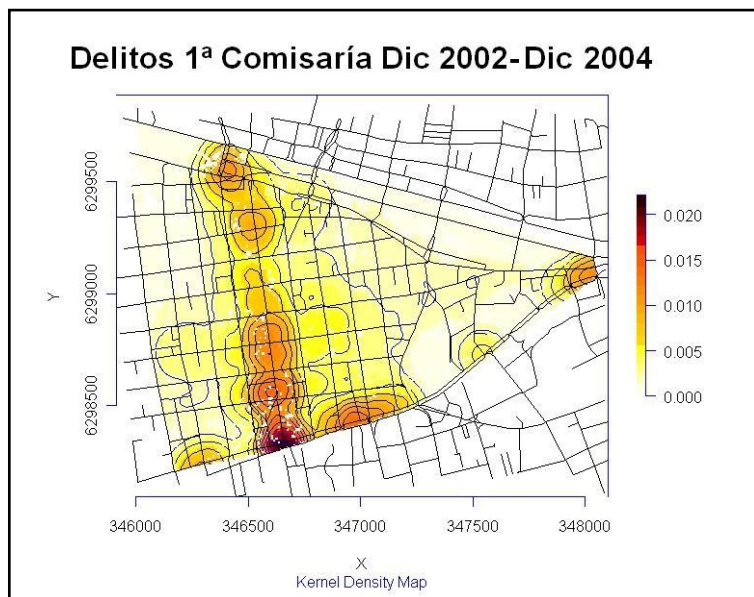


Figura 19: Delitos de Hurtos, RCV y RCF en la 1ª Comisaría [Fuente: elaboración propia]

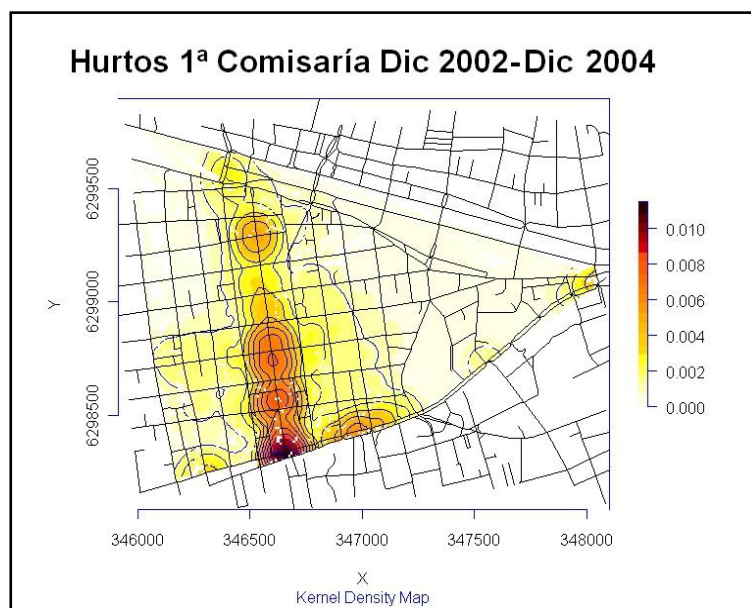


Figura 20: Hurtos 1ª Comisaría [Fuente: elaboración propia]

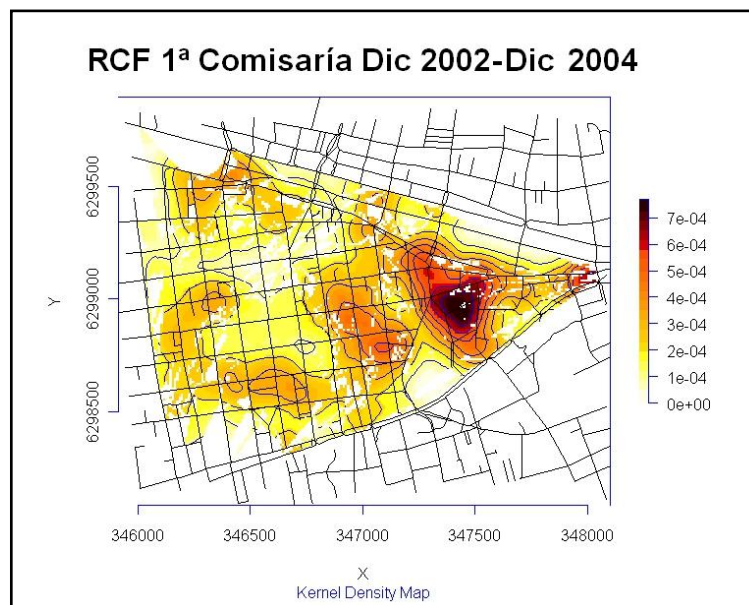


Figura 21: Robo con fuerza 1ª Comisaría [Fuente: elaboración propia]

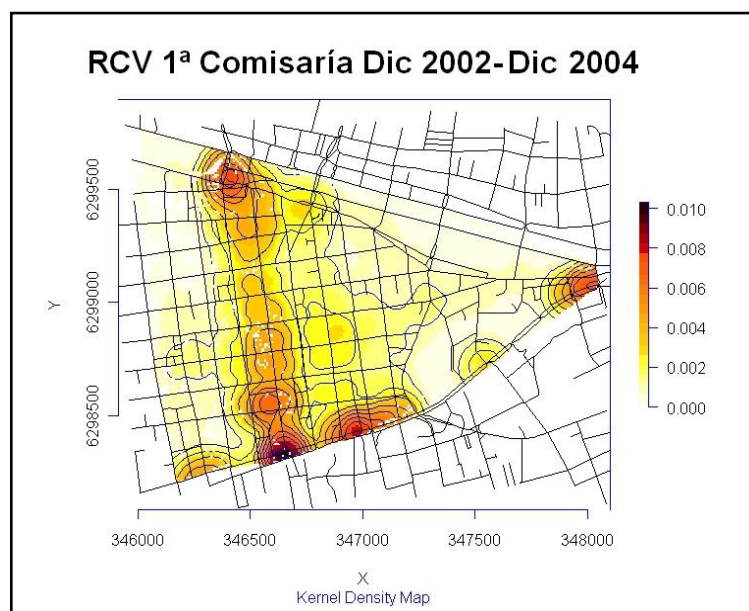


Figura 22: Robo con violencia 1ª Comisaría [Fuente: elaboración propia]

Del total de 7.622 delitos del periodo contemplado, 6,19% son robos con fuerza, 40,33% hurtos y 53,47% robos con violencia.

5. METODOLOGIA

Como ya se ha mencionado antes, el problema de la distribución de la dotación de personal de Carabineros se enmarca dentro de lo que se conoce como prevención situacional. La idea de mejorar este enfoque se basa en el incremento de los costos de los delincuentes al momento de delinquir, el aumento del riesgo de ser capturados y en una mejor equidad del uso de recursos policiales, sin mermar la focalización del uso de

dichos recursos. Este último punto viene a responder en parte la inquietud de las personas que consideran la falta de presencia de Carabineros en el barrio como la principal causa de delincuencia en dicho barrio (ENUSC 2009). Sin embargo, la respuesta de Carabineros debe ser focalizada en los *hot spots* debido a la restricción en sus recursos. Así, la respuesta a este problema debe contemplar lo mejor posible ambos factores aparentemente contradictorios.

Para ello, es necesario establecer un método que permita establecer de forma cuantitativa las prioridades sobre el uso de los recursos policíacos en el sector a proteger, así como educar a la población sobre la labor de Carabineros y evitar que generen expectativas desmedidas sobre su funcionamiento.

Cabe destacar que no es posible aspirar a una mejora sustancial en la reducción de la delincuencia tan solo mediante una mejor distribución de los recursos de Carabineros. La respuesta a este desafío debe ser integral y contemplar los diversos factores y actores del sistema. Dentro de la misma prevención situacional, existen métodos exitosos internacionalmente basados en la configuración de los espacios públicos, educación de la población en temas preventivos y comunicación de la comunidad con la policía. Además, hay herramientas de prevención social que deben ser desarrolladas para evitar tempranamente el desarrollo de potenciales delincuentes.

Tampoco es posible aspirar a una reducción de la delincuencia sin un organismo legal-judicial que respalde el actuar policial. La actual reforma procesal penal ha significado un avance en muchos sentidos, pero aun existen deficiencias en el sistema que hay que mejorar. Sin un costo significativo para el acto de delinquir, el desincentivo que puede tener Carabineros frente a los delincuentes es muy escaso. Esto no solo tiene que ver con las penas emitidas a los delincuentes, sino también a las consideraciones que hace el sistema frente a los mismos Carabineros. Un ejemplo de esto último es la incapacidad en algunos casos por parte de los jueces de determinar si la violencia ejercida por Carabineros para aprehender a un delincuente es legítima, es decir, si la fuerza ejercida por la policía para aprehender el criminal fue apropiada y usada para reducir al delincuente (es evidente que los delincuentes no quieren ser detenidos, por lo que es necesario utilizar algo de fuerza para capturarlos), o si por el contrario, dicha fuerza fue utilizada luego de la captura del delincuente, en cuyo caso el detenido suele quedar en libertad y es el Carabinero el que resulta sancionado.

Dentro de las múltiples dimensiones en que es posible y debe ser atacado el fenómeno de la delincuencia, la determinación de la distribución de personal de Carabineros en terreno es un factor importante. Una mejor utilización de los recursos policíacos impacta fuertemente en la sensación de seguridad de las personas y reduce la victimización.

Es claro que este problema debe estar acompañado de otro tipo de gestiones internas para que Carabineros:

- a) Lo identifique como una oportunidad y necesidad de mejora.
- b) Considere otro tipo de herramientas a las ya utilizadas para poder resolver el problema.
- c) Se sientan motivados a utilizar las herramientas propuestas.

- d) Se sienta capacitados para anular los posibles detractores de estas innovaciones.

Esta labor no es menor, en especial en una institución de un carácter militar y cerrada a la ayuda externa como es Carabineros.

Para abordar el problema, se propone un modelo de Teoría de Juegos basado en el equilibrio de Stackelberg (modelo líder/seguidor), en donde el líder (policía) debe escoger como optimizar la ubicación de sus recursos limitados para defender los distintos targets, sabiendo que los diferentes tipos de delincuentes verán su estrategia antes de escoger sus acciones.

La elección del modelo Líder-Seguidor como se plantea, proviene del hecho de que la organización policial, si bien basa sus estrategias preventivas en base a la información histórica (es decir, observa el actuar criminal para determinar cómo utilizar sus recursos), puede generar amenazas creíbles como institución, lo cual le da el carácter de Líder en el juego. En cambio, la organización criminal es mucho más precaria en temas de robos y hurtos. Es difícil establecer amenazas creíbles que involucren de forma inteligente a todos los criminales del sector. Normalmente, existen grupos reducidos que atacan sectores relativamente pequeños (ellos deciden su actuar en base a observaciones de la estrategia policial pasada, junto con la oportunidad que otorga el espacio donde delinquen, el comportamiento de las víctimas y la delimitación del territorio donde pueden actuar producto de la presencia de otros grupos criminales).

Si las amenazas policiales y las de los delincuentes fueran igualmente creíbles, entonces el juego estaría caracterizado por un equilibrio de Nash clásico debido a la repetición indefinida del juego y a la no sostenibilidad de las amenazas de los agentes a través del tiempo.

Se utilizarán estrategias mixtas para aleatorizar la conducta policial y evitar patrones de comportamiento predecibles, y por lo tanto explotables por los delincuentes para su propio beneficio.

Para el cálculo de los parámetros del modelo, se pretende utilizar los datos históricos de las denuncias de delitos en la comuna de Santiago y realizar los análisis mediante herramientas de *data mining* y el juicio de expertos.

5.1 Herramientas Computacionales

En el desarrollo de este trabajo se utilizaron las siguientes herramientas computacionales:

- Microsoft Office Excel 2007: Para manejo de las bases de datos de denuncias y su consolidación, para la selección de atributos inspectiva, detección de missings, *outliers* y cambio en el formato de los datos.
- RapidMiner 5: Al igual que en Excel, RapidMiner fue utilizado para selección de atributos, detección de missings y *outliers*, pero mediante técnicas más elaboradas que la inspección simple (la cual no es suficiente para solucionar

todos los problemas debido al gran volumen de los datos). Además, RapidMiner fue utilizado para realizar la segmentación de los tipos de delincuentes.

- GrassGIS 6.5 SVN: Fue utilizado para visualizar los datos georreferenciados de delito y determinar algunos comportamientos espacio-temporales evidentes.
- R 2.11.1: Al tener librerías que permiten conectar con GrassGIS, así como introducir directamente los archivos Shapefiles y mapas Ráster, fue útil para visualizar los datos georreferenciados y detectar comportamientos espacio-temporales menos evidentes o de forma más global, como lo son la segmentación de los tipos de lugares a proteger (mediante el DBSCAN. Ver Figura 14) o los mapas de densidad kernel (ver Figura 7).
- R 2.12.0: Fue incorporado una vez avanzada la investigación por la necesidad de utilizar métricas apropiadas para establecer el desempeño de la segmentación por tipo de conducta delictiva (se utilizó el índice Davies-Bouldin, el cual no se encuentra implementado en la versión anterior).
- GAMS 23.0: Fue utilizado para resolver el problema de optimización caracterizado por ERASER-C [ver Anexo I]. Se usó CPLEX como solver.

5.2 Modelo Utilizado

El modelo de optimización ERASER-C es una forma eficiente y robusta de calcular el equilibrio de Stackelberg de un problema de seguridad más general, como el abordado en LAX o FAMS [24]. La propuesta considerada en el Anexo I corresponde a una adaptación al problema aquí planteado.

De esta forma, se deben estimar los siguientes parámetros:

1. Lugares a considerar para cubrir por las fuerzas policiales (Targets u objetivos a proteger T).
2. Tipos de adversarios Γ .
3. Probabilidad p^γ de ocurrencia de un adversario de tipo γ , con $\gamma \in \Gamma$.
4. Cantidad de recursos disponibles R .
5. Utilidades para el defensor y el atacante en cada tipo de lugar, y según si ese lugar está cubierto o no:
 - $U_L^{\gamma,c}(t)$: Utilidad del Líder contra un adversario tipo γ en el lugar t , cuando t está cubierto.
 - $U_L^{\gamma,u}(t)$: Utilidad del Líder contra un adversario tipo γ en el lugar t , cuando t está descubierto.
 - $U_S^{\gamma,c}(t)$: Utilidad del Seguidor del tipo γ en el lugar t , cuando t está cubierto.
 - $U_S^{\gamma,u}(t)$: Utilidad del Seguidor del tipo γ en el lugar t , cuando t está descubierto.

Y el modelo entrega los siguientes resultados:

1. El vector de “ataque” $[a_t^\gamma]_{t \in T}$ óptimo de cada tipo de delincuente, es decir, su estrategia pura en caso de atacar.
2. El vector de cobertura del defensor $[c_t]_{t \in T}$ que refleja su estrategia mixta. Esto da cuenta de cuanta importancia relativa tiene un lugar a cubrir con respecto a los otros y por lo tanto, permite identificar cuantitativamente las prioridades de

utilización de recursos de la policía. Sin embargo, este vector no designa una asignación de recursos. Para concretizar la asignación, es necesario transformar este vector de números entre 0 y 1 a un vector de solo valores 0 y 1, de modo tal que se reflejen las probabilidades señaladas por $[c_t]_{t \in T}$ y que respeten las restricciones del problema.

3. La recompensa d^γ del defensor frente a un adversario de tipo γ (en valor esperado).
4. La recompensa k^γ del adversario de tipo γ (en valor esperado).

5.3 Supuestos del modelo:

El modelo propuesto hace algunos supuestos sobre la realidad que pretende representar. Algunos de estos supuestos no representan mayores limitaciones y son formulados para simplificar el diseño en su etapa inicial. Otros en cambio son de carácter más profundo y deben ser consideradas sus consecuencias al momento de utilizar esta herramienta para la toma de decisiones.

- a. La discretización del espacio a cubrir mediante las concentraciones de *hot spots* permite hacer un símil entre el problema y los casos discretos cerrados donde fue concebido originalmente la herramienta.

Uno de los fundamentos para discretizar de esta forma el espacio, es la noción de que el delito cometido, depende fuertemente del lugar donde se comete. Esto se ve avalado por los patrones espacio-temporales observados (ver tópico 3.4) y la teoría consensuada de que los delitos ocurren producto de 3 factores que se encuentran: victimario, víctima y oportunidad. Dichas oportunidades y presencia de víctimas están fuertemente ligadas al espacio donde ocurren los crímenes, lo cual atrae a los delincuentes. Los lugares con menor iluminación nocturna, menor visibilidad, muchas vías de escape, alto flujo de personas, etc. suelen ser más atractivos para algunos tipos de robo, como el hurto simple, robo por sorpresa y otros. Por otra parte, no podría llevarse a cabo robo de vehículos o de sus accesorios si el lugar no genera que las personas dejen sus vehículos allí.

De este modo, la discretización del sector a proteger apunta a la noción de que el delito no puede ser cometido en cualquier parte, y vigilar los sectores más propensos a la ocurrencia de estos ilícitos, evitará sin duda que mucho de éstos se cometan, y en caso de que los malhechores persistan en delinquir en otros sectores, verán mermadas en gran parte sus utilidades.

Es posible que de todas formas, al cambiar la estrategia policial haya un cambio en los patrones conductuales percibidos. Este juego se basa en una noción de equilibrio y valores esperados de recompensa que no se obtendrán en un corto plazo. Es por esto que en una primera etapa, este juego deberá ser recalculado y ajustado numerosas veces para poder dar cuenta de estos cambios.

Otra ventaja de la discretización que aquí se propone, es que permite focalizar la presencia de carabineros de una forma más equitativa en el área a proteger, ya que considera no sólo los casos extremos de concentraciones de delitos, sino también concentraciones intermedias. Sin embargo, una falencia de esta técnica

es que no considera en lo absoluto sectores donde el nivel de crímenes no supere el límite establecido. De este modo, patrones delictuales no arraigados a patrones espaciales pueden ser ignorados por la herramienta.

- b. La distribución actual de los delitos en el mapa refleja las verdaderas preferencias de los delincuentes. De este modo, se considera que los lugares a proteger vienen definidos por los *hot spots* históricos, y que la distribución de carabineros en las calles no distorsiona en el largo plazo estos puntos de interés.
- c. En el caso de lugares claves de Santiago, como el Palacio de la Moneda, dado que es un sector emblemático y que existe una dotación permanente de carabineros (la cual influye y distorsiona las preferencias de los delincuentes en ese sector), se excluirá del modelo esa dotación de personal y se asumirá las preferencias de los delincuentes distorsionadas.
- d. En el caso de indiferencia de un delincuente frente a más de una alternativa para delinquir, éste escogerá aquella que beneficie a Carabineros (Equilibrio de Stackelberg Fuerte. Notar que siempre existe y que puede ser inducido [24]).
- e. Carabineros ignora a qué tipo de delincuente hará frente y debe establecer una estrategia que abarque lo mejor posible todas las acciones viables. Es por esto que se utilizará una extensión bayesiana del modelo.
- f. Los Targets u objetivos a proteger son independientes. Es decir, no se contemplan estrategias conjuntas por situar recursos policíacos en lugares cercanos, a pesar de que esto puede incrementar la posibilidad de atrapar a los ladrones mediante la coordinación de carabineros, como también dificultar la captura de delincuentes si éstos logran establecer estrategias más desarrolladas.

Este supuesto se debe a que incluir estrategias conjunta a través de los objetivos a proteger incrementa drásticamente el número de parámetros a estimar en las utilidades (habría beneficios distintos si, por ejemplo, cubro dos targets muy cercanos o si no es así).

- g. Los carabineros a pie son enviados a cubrir puntos del mapa de a dos personas. Esta consideración forma parte del modo de actuar hoy en día de carabineros en una mirada más “en terreno”. Este supuesto simplifica el problema, pues considerar cuantos carabineros hay que colocar por Target genera una infinidad de estrategias muy difícil de estimar bajo este método.
- h. Racionalidad de los agentes: Delincuentes son conscientes de las utilidades de carabineros y las propias de las diversas estrategias a seguir, y actúan maximizando su utilidad. Este supuesto puede ser relajado (ver [23]), sin embargo, los delincuentes reincidentes si reaccionan como agentes racionales.
- i. Delincuentes son neutrales al riesgo, por lo que el valor percibido a lo largo de varios juegos, es el valor esperado de las utilidades. En caso de que esto no se cumpla, es necesario modificar la función de utilidad del delincuente para que contemple este efecto distorsionador. Este supuesto no se cumplirá en el caso en que los delincuentes perciban un costo adicional debido al riesgo que toman

delinquiendo en lugares propensos a la presencia policial (adverso al riesgo), o si, por el contrario, experimentan alguna sensación favorable al riesgo (por ejemplo, por la adrenalina de arriesgarse sienten un beneficio mayor cuando existe una probabilidad más alta de ser capturado y de tener una mayor recompensa si tienen éxito; un caso semejante a la ludopatía).

- j. Completa capacidad de observación de la estrategia mixta de carabineros por parte de los delincuentes. Esto es cierto para aquellos delincuentes reincidentes, los cuales son conocidos la estrategia de carabineros debido a su experiencia delinquiendo en el sector. Estos delincuentes reincidentes son precisamente los que generan los patrones conductuales persistentes en el tiempo. Cabe considerar que este supuesto puede ser relajado (ver [23]).
- k. Se considerará la planificación ordinaria de la asignación de recursos policíacos, por lo que se trabajará a nivel de comisaría. Serán excluidas asignaciones extraordinarias, como protestas en la Avenida Libertador Bernardo O'Higgins y el Palacio de la Moneda, eventos masivos (como el espectáculo de La Pequeña Gigante), asignaciones debidas a disturbios en la Plaza Italia (luego de partidos de fútbol), etc. Por otro lado, las asignaciones extraordinarias forman parte de las responsabilidades de las Prefecturas y no de las comisarías.
- l. Se considerarán indistintamente carabineros a pie de civil y uniformados, a pesar de que los primeros tengan labores principalmente coercitivas (capturar a un criminal) y los segundos tengan una labor primordialmente preventiva (disuadir al criminal). Esto se debe a que existe la probabilidad de que el criminal pueda ver al carabiniere en uniforme antes de actuar puede alterar la forma de calcular el equilibrio del juego (es decir, no solo conoce su estrategia mixta, sino que en algunos casos ve la realización de dicha estrategia y puede decidir cambiar su lugar de ataque), Dejando en manos de carabineros la elección táctica de qué tipo de recurso enviar al lugar señalado por el modelo, disminuye la importancia de este hecho.

Cabe señalar que a pesar de que Carabineros de civil tengan menos probabilidades de ser detectados por los delincuentes, la estrategia óptima no implica necesariamente convertir todos los policías de uniforme a policías de civil, ya que Carabineros de uniforme cumple una función importante en la sensación de seguridad de las personas y como figura de autoridad.

- m. Los movimientos de los *hot spots* en el plano a cubrir son considerados como targets distintos. De este modo, la aleatoriedad de la respuesta entregada por el modelo puede forzar efectivamente a disuadir dichos *hot spots* o a sacarlos del terreno a proteger.

5.4 Método Propuesto para la Aplicación del Modelo

A continuación se detalla la metodología propuesta para la aplicación del modelo. Como se mencionó anteriormente, en la etapa inicial de su implementación, se deberá recalcular y/o adaptar numerosas veces algunos de estos pasos; esto debido a un proceso natural de ajuste en las estrategias de todos los agentes involucrados.

5.4.1 Definir ventana de tiempo de datos

Se debe definir el largo del periodo de tiempo considerado de la base de datos de denuncias. Cabe considerar una base de datos de tamaño intermedio, de modo que pueda reflejar el comportamiento histórico de los delitos sin dejar de representar fuertemente las últimas tendencias delictuales. Además, las herramientas de segmentación utilizadas necesitan un número considerable de datos para funcionar correctamente. En la aplicación realizada en este trabajo, se consideró una ventana de tiempo de un poco más de 2 años de datos.

5.4.2 Definir horizonte de validez de solución de asignación de recursos

Para esto es necesario considerar el tiempo que le toma cambiar a las condiciones externas (como por ejemplo, la aparición de nuevos *hot spots*, o los cambios de conducta de las potenciales víctimas, etc.) y el tiempo que tomaría a Operaciones recalculer los parámetros del modelo.

5.4.3 Definir los lugares a proteger ($t \in T$)

Para esto debe considerarse al menos todos los *hot spots* vigentes. Los movimientos de los *hot spots* deben ser considerados como targets aparte.

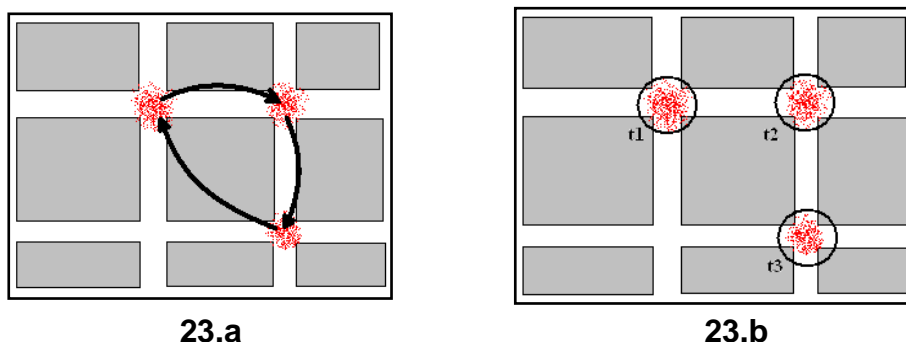


Figura 23: Desplazamiento de un hot spot [Fuente: elaboración propia]

En las imágenes, la Figura 23.a muestra el desplazamiento de un mismo *hot spot*. En la Figura 23.b se puede ver que todos los desplazamientos del *hot spot* son tratados como targets independientes. La aleatorización de la estrategia del Líder dará por resultado una mayor dificultad por parte de los delincuentes de prever la conducta de Carabineros, y por lo tanto, el *hot spot* terminará por disiparse o desplazarse fuera del terreno a proteger (los desplazamientos dentro del terreno a proteger serán incorporados periódicamente como nuevos targets a considerar).

Para la determinación de los targets en base a la base de datos de denuncias, se utilizó el proceso KDD (*Knowledge Discovery in Databases*) aplicado a la base de datos de denuncias.

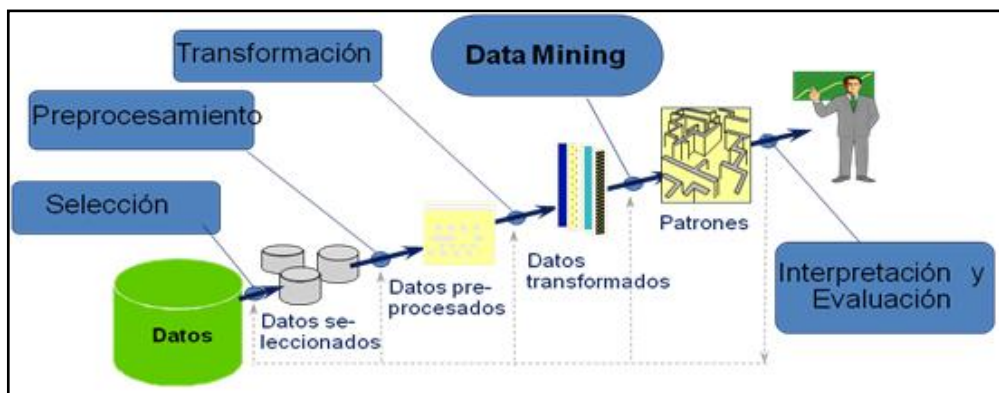


Fig. 24: Proceso KDD

El objetivo principal de este proceso es limpiar los datos, extraer *outliers* y generar una segmentación de la ubicación espacial de los delitos. Para este caso, solo se contemplan las variables de posicionamiento X e Y en el mapa, con lo cual el proceso KDD se ve bastante simplificado (Se abordará en más detalle en la parte 4), en la definición de los tipos de atacantes).

Luego de probar diversos métodos, se seleccionó una técnica llamada DBSCAN [13], el cual es un algoritmo de segmentación por densidad que tiene incorporada la detección de *outliers* mediante los valores ingresados de sus parámetros. Este algoritmo tiene dos parámetros de entrada: una distancia “d” y un número mínimo “n” de puntos que deben estar a una distancia a lo más “d” del punto en cuestión, para ser considerado relevante. De esta forma, va aglutinando puntos relevantes si están a una distancia menor a “d”. El resultado, son agrupaciones de puntos por densidad, las cuales tienen al menos una distancia “d” entre ellas y que tienen al menos “n” miembros. Los puntos que no cumplan estas condiciones son considerados *outliers*. Esto permite encontrar *clusters* con formas diversas, lo cual no sería posible con técnicas de segmentación basadas en centros de *clusters* (como k-medias), las que solo sirven para hallar segmentos de formas hiperesféricas. Otra ventaja del método, es que determina de forma automática en base a los parámetros el número de segmentos identificados en la base de datos. Para más detalles, ver Anexo D.



Figura 25: Ejemplos de datos con segmentos no esféricos [13].

En el caso de la base de denuncias de hurtos y robos de la 1ª Comisaría (Diciembre 2002- Diciembre 2004), luego de probar diversas combinaciones de parámetros, se consideró apropiado utilizar Eps=20 y MinPts=10. Los resultados son mostrados en las Figuras 26 y 27.

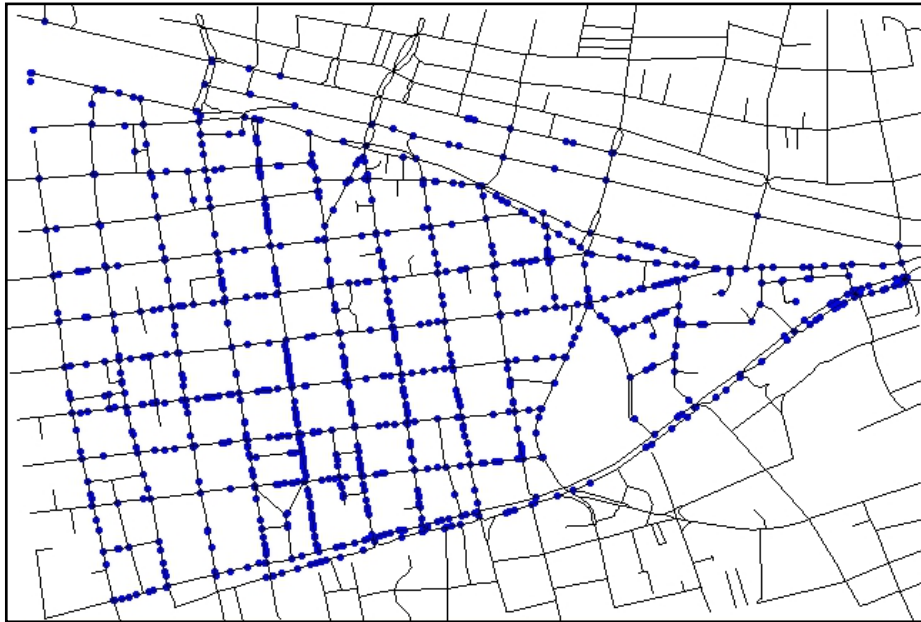


Figura 26: Hurtos y robos Diciembre 2002 – Diciembre 2004 [Fuente: elaboración propia].

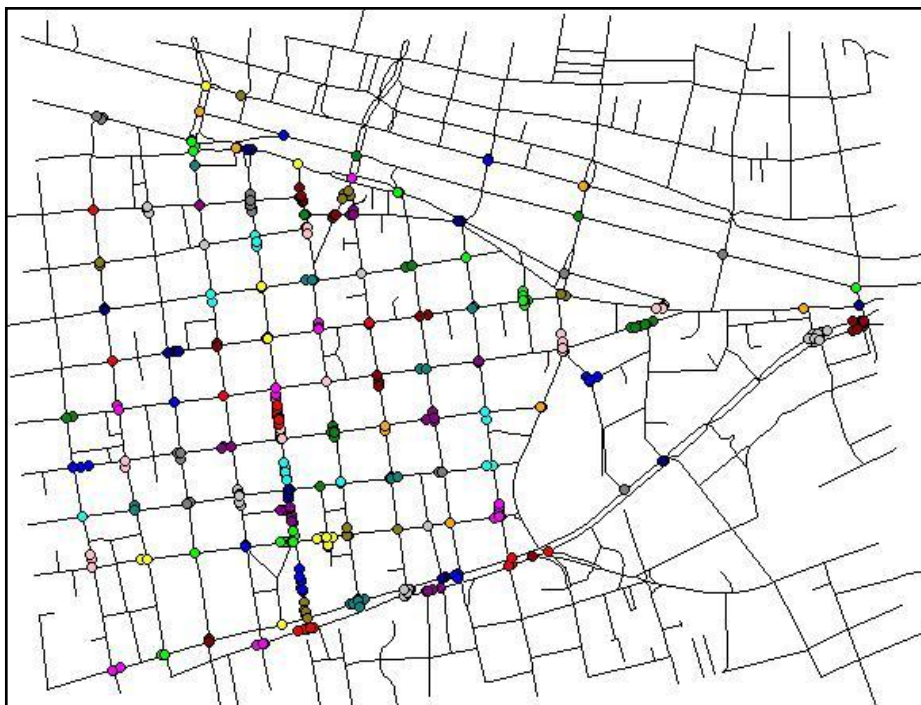
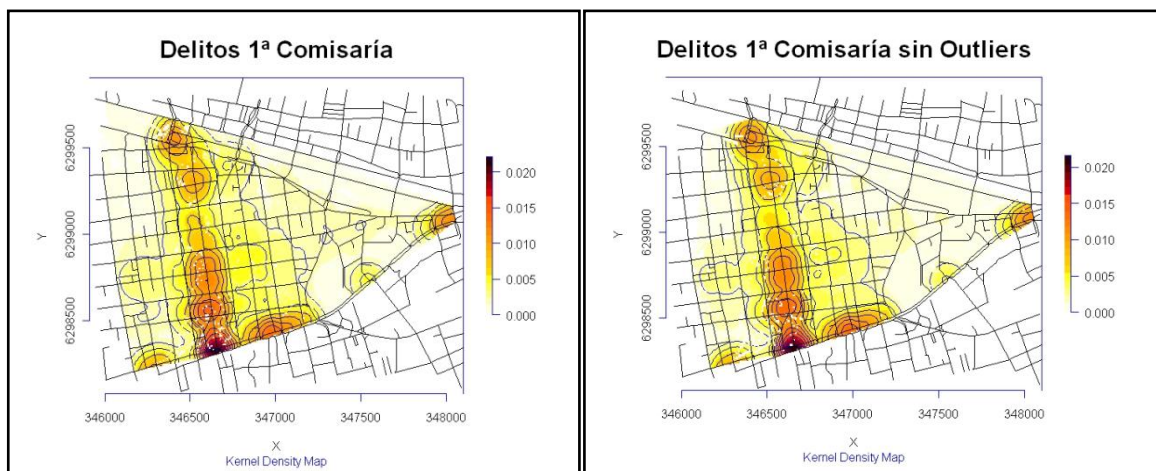


Figura 27: Resultados DBSCAN Eps=20, MinPts=10 [Fuente: elaboración propia].

En la Figura 27 se pueden ver las concentraciones de puntos contempladas por el algoritmo. Cada color representa un *cluster*. En las 119 agrupaciones así obtenidas, se encuentran 6.725 de los 7.622 datos totales de denuncias por robos y hurtos, esto es, un 88.23%. Estos resultados fueron muy satisfactorios, ya que en sólo 119 áreas relativamente pequeñas se concentra la gran mayoría de los delitos aquí contemplados (todas las áreas a proteger caben en un cuadrado de lado 56 metros y suelen ser mucho menores). Esto hace evidente la existencia de patrones de comportamiento explotables por el método sugerido en esta memoria.



28.a

28.b

Figura 28: Delitos 1ª Comisaría Diciembre 2002 – Diciembre 2004 con y sin outliers [Fuente: elaboración propia]

En la Figura 28.a se puede observar la distribución de los delitos de la 1ª Comisaría entre Diciembre de 2002 y Diciembre de 2004. En la Figura 38.b se puede ver la distribución de los mismos delitos en el mismo periodo de tiempo, pero sin los *outliers* detectados por la técnica DBSCAN, con Eps=20 y MinPts=10. Se puede apreciar que aun extrayendo un 11,77% de los datos, el cambio en la distribución entre ambos mapas kernel es marginal y los delitos considerados por DBSCAN son buenos representantes del total de los ilícitos.

Tipo de Delitos	Total
Hurto agravado (art 447 cod penal)	8
Hurto en supermercado / centro comercial	9
Hurto por hallazgo	4
Hurto simple	2745
Robo con intimidacion	846
Robo con violacion	2
Robo con violencia	765
Robo de accesorios de veh / especies interior de veh	187
Robo de vehiculo motorizado	36
Robo en bienes nacionales de uso publico	1
Robo en lugar habitado	7
Robo en lugar no habitado	63
Robo por sorpresa	2052
Total general	6725

Tabla 3: Composición tipos de delitos de la BBDD sin outliers

La Tabla 3 muestra las cantidades de cada tipo de delito considerado en la base de datos, sin el ruido detectado por DBSCAN. Si bien delitos como el robo en bienes nacionales de uso público presentan una baja presencia en la base de datos contemplada, su asociación con un lugar atractivo para delinquir hace que sea importante considerarlos (el robo en bienes nacionales de uso público detectado pertenece a un segmento con 149 casos, lo cual da cuenta de la vulnerabilidad del lugar y puede no ser recomendable calificarlo de *outlier* en este nivel de la metodología). Lo mismo sucede para los otros delitos con baja presencia, como robos

con violación, hurto por hallazgo, hurto agravado, hurto en supermercado o centro comercial y robo en lugar habitado.

Cabe destacar que al hacer tests de hipótesis sobre diferencias de comportamiento (para variables como: día de la semana, mes, etc.) entre el 11,77% considerado *outlier* y el 88,23% restante, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas. Con esto, hay patrones de comportamiento delictivo que el modelo no contemplará potencialmente. Sin embargo, dichos patrones no son identificables mediante la información espacio-temporal existente en las bases de datos de denuncias y habría que tener información de mejor calidad sobre los delitos así cometidos para poder establecer estrategias preventivas. En cualquier caso, la dispersión de dichos hechos delictuales sugiere que la respuesta óptima no se encuentra en la asignación de recursos policíacos en las calles, con lo que no será abordado en esta memoria.

Como trabajo futuro, es posible mejorar el desempeño de este modelo utilizando técnicas de predicción de *hot spots* y no solo basarse en datos del pasado.

5.4.4 Definir los tipos de atacantes $\gamma \in \Gamma$

Para esto, se utilizará nuevamente el proceso KDD, esta vez con el fin de determinar una segmentación de los tipos de delitos. Cada grupo encontrado corresponderá a un tipo de conducta criminal distinta, y se definirá por lo tanto un tipo de atacante $\gamma \in \Gamma$ correspondiente a cada uno de dichos segmentos.

Existen simplificaciones importantes al trabajar con esta base de datos, como la inexistencia de missings (por construcción de la base de datos, todos los campos deben ser llenados). Esto, sin embargo, puede afectar de todas formas a atributos como el avalúo de las especies sustraídas, el cual no siempre aplica al suceso y el llenado de dicho campo presenta cierto grado de subjetividad.

Dentro de los pasos a considerar sugeridos por el proceso KDD, cabe contemplar los siguientes:

- a- Extraer *outliers*:** Detectar delitos aislados que no reflejen comportamientos generales y sacarlos de la base de datos. Cabe recalcar que parte de dichos *outliers* (aquellos que no reflejan una tendencia espacial definida) ya han sido extraídos por el DBSCAN.

En este paso puede ser relevante considerar un filtro por tipo de crimen. Por ejemplo, si el número de denuncias por robos con homicidio en mi comuna es muy bajo y son casos aislados (es decir, dichos fenómenos no me permiten ser traducidos en una detección de una tendencia delictiva), el alto valor social asignado al homicidio puede alterar el óptimo calculado con el método, situando recursos policíacos donde no es probable que ocurran más crímenes de esas características.

Por otro lado, si el costo social del delito de baja presencia no logra distorsionar significativamente los valores percibidos, o si dicho delito ocurre en sectores en

que existen otras tendencias delictuales; es recomendable no extraer dicho delito. Esto debido a que si el delito ocurre en un lugar donde hay presencia de otras tendencias delictivas, éste ayuda a dar cuenta de la vulnerabilidad del sector y extraerlo podría distorsionar el potencial peligro que corren las personas de ser vulneradas.

Además, debido a la inexistencia de estudios que contemplen el costo social al nivel de detalle como para considerar “tipos de delitos”, se utilizarán las agrupaciones de robo con fuerza, robo con violencia y hurtos a nivel agregado. Es por esto que no se extraerán los delitos de robo en bienes nacionales de uso público robo con violación, etc (cuya presencia relativa es muy baja en la base de datos contemplada luego del paso 3); y su consideración ayudará a caracterizar la vulnerabilidad del lugar ya detectado como un foco de atención relevante.

b- Incorporar a la base de datos nuevas variables que estén relacionadas al fenómeno a explicar y que no se encuentren reflejadas directamente en los registros. Por ejemplo: variables binarias que reflejen si la fecha de delito fue un fin de semana, un feriado, un día de asignación de recursos extraordinario, un día de vacaciones, a fin de mes, si el crimen tuvo lugar en la hora de colación, en hora punta del flujo de gente; o también si existen cambios administrativos importantes (por ejemplo, la delincuencia es atacada de forma diferente según el Presidente de turno, o según la persona al mando de la comisaría en cuestión).

También se considerarán variables de distancia a sitios como cámara de seguridad más cercana, banco más cercano, farmacia más cercana, etc. para caracterizar el delito y poder determinar patrones delictivos (los atributos considerados se encuentran detallados en la sección 3.2). Cabe destacar que, tal como fue mencionado en la sección 3.2, estas variables pueden representar una incidencia directa en la ocurrencia o disipación del delito (como ocurre con las cámaras de seguridad), o también caracterizar el delito mediante variables latentes ocultas en los atributos especificados [52]. De esta forma, los delitos cercanos a una farmacia no dan cuenta necesariamente de los robos a dicha farmacia, sino de otras variables, como el mayor flujo de gente y características del sector donde suelen situarse dichas farmacias.

En esta etapa no es necesario determinar cuáles son las variables verdaderamente relevantes para el análisis, para eso se pueden utilizar posteriormente técnicas de Selección de Atributos.

Las variables contempladas en esta etapa inicial son las siguientes:

1. Cuadrante donde ocurrió el delito.
2. Distancia al establecimiento educacional más cercano (mts.)
3. Distancia a la salida de metro más cercana (mts.)
4. Distancia al banco más cercano (mts.)
5. Distancia a la cámara de seguridad más cercana (mts.)
6. Distancia a la botillería más cercana (mts.)
7. Distancia a la casa de cambio más cercana (mts.)
8. Distancia al centro cultural más cercano (mts.)

9. Distancia al centro policial o de justicia más cercano (mts.)
10. Distancia al cine más cercano (mts.)
11. Distancia a la dependencia gubernamental o afín más cercana (mts.)
12. Distancia a la discoteca o pub más cercano (mts.)
13. Distancia al estacionamiento más cercano (mts.)
14. Distancia a la farmacia más cercana (mts.)
15. Distancia a la tienda comercial grande más cercana (mts.)
16. Distancia al hotel o motel más cercano (mts.)
17. Cercanía cerro Santa Lucía
18. Cercanía a Plaza de Armas
19. Cercanía a Parque Forestal
20. Agrupación del delito (Robo con fuerza, robo con violencia y hurto)
21. Día de la semana (lunes, martes, etc.)
22. Feriado (si el delito ocurrió en un feriado)
23. Vacaciones de verano (si el delito ocurrió en los meses de enero o febrero)
24. Fin de mes (si el delito ocurrió entre los días 30, 31, 1, 2, 3, 4 o 5 del mes (debido a que la gente tiene en su poder el sueldo completo de su trabajo)
25. Semestre y Trimestre de la ocurrencia del delito.
26. División de horas del delito en base a los flujos de personas en el centro (de 0 a 6, de 7 a 9, de 10 a 12, de 13 a 14, de 15 a 17, de 18 a 19 y de 20 a 23 hrs.)
27. Turno policiaco en que ocurrió el delito (1^{er} turno: de 7 a 14 hrs, 2^o turno: de 15 a 21 hrs. y 3^{er} turno: de 22 a 6 hrs.).

c- Cambios de formato de los datos: Esto dependerá de las técnicas que se pretenden utilizar posteriormente. Hay técnicas que admiten variables nominales y que categorizan las variables numéricas, como lo son técnicas como CHAID, test Chi-cuadrado, etc. Otras técnicas, utilizan exclusivamente datos numéricos, por lo que es necesario transformar las variables categóricas a múltiples variables binarias (1 si pertenecen a la categoría de determinada variable y 0 si no). En este último caso es necesario normalizar o estandarizar las variables numéricas, de modo de no asignar relevancia a alguna variable por factores de escala. Ejemplos de estas técnicas son *K-means*, PCA (*Principal Component Analysis*), ICA (*Independent Component Analysis*), entre otras.

En nuestro caso, se estudiaron diversas técnicas de segmentación, como *K-means*, *K-medoids*, *K-means* (Kernel), *X-means* y *Expectation Maximization*, y se experimentó con diversas técnicas de extracción de atributos, como por ejemplo, pesando los atributos según su presencia en las primeras componentes extraídas de PCA. Todas estas técnicas requieren datos numéricos y estandarizados.

Debido a esto, se traspasaron a variables binarias la información de los atributos nominales o categóricos (por ejemplo, se transformó la variable "Cuadrante", cuyas categorías son 1, 2 y 3; a 3 variables binarias: "Cuadrante i" = 1 si "Cuadrante"=i, y 0 si no, para $i \in \{1, 2, 3\}$).

En el caso de las variables numéricas (las que denominan distancias en metros), fueron normalizadas (llevadas al rango [0,1]).

Considerando estas transformaciones, se contempló un total de 45 atributos para la generación de los segmentos.

d- Técnicas de selección y extracción de atributos: Se pueden utilizar numerosos criterios para la Selección y Extracción de Atributos, tales como el juicio de expertos, análisis de la correlación de los atributos, test Chi-cuadrado, test KS (Kolmogorov-Smirnoff), ANOVA (Analysis of Variance), PCA, ICA, entre otros. También existen métodos que tienen filtros incorporados (*Embedded Methods*) o que los utilizan iterativamente (*Wrapper*).

En un primer plano, se aplicó un filtro cualitativo al total de los atributos presentes en la base de datos (las variables detalladas en el punto b son el resultado de ese filtro). Primero que todo, se obviaron las variables relativas al día, mes y año del delito (la tendencia temporal será incorporada por medio de la probabilidad de enfrentar a cada tipo de criminal). Tampoco se incorporó información sobre el avalúo de las especies sustraídas ni su tipo (este factor será incorporado en las utilidades del juego de Stackelberg). Se obvió además a este nivel si la víctima fue amenazada y con qué elemento (cuchillo, arma de fuego, etc.).

Otras variables que podrían ser incluidas, son relacionadas con la población residente en la comuna [ver Anexo B]. Estas variables no fueron incorporadas debido a que los delitos reflejados en la base de denuncias aluden a víctimas mayoritariamente relacionadas con la población flotante en el sector.

Luego de obtener estos 45 atributos, se decidió aplicar un *wrapper* para decidir la cantidad de ellos que resultan relevantes para la aplicación de la técnica de segmentación escogida [12].

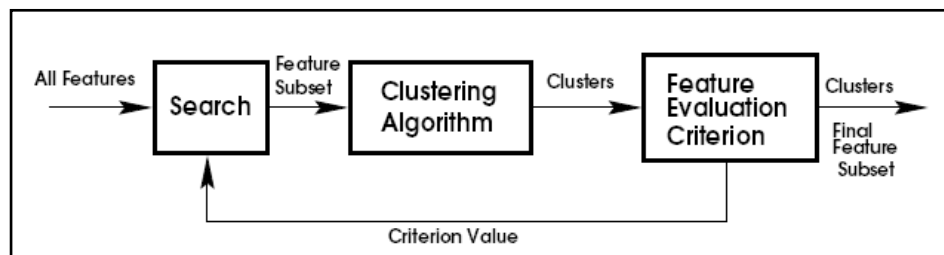


Figura 29: Wrapper para aprendizaje no supervisado [12]

En la Figura 29 se puede observar el concepto general del *wrapper*. Los pasos a seguir se detallan a continuación:

- 1- Se ingresan todos los atributos.
- 2- Se procede a seleccionar algunos de los atributos más importantes según un criterio preestablecido.
- 3- Se aplica la técnica de segmentación con el subconjunto de atributos encontrados.
- 4- Se evalúa la calidad de los *clusters* identificados bajo algún criterio.
- 5- Si el criterio se cumple, tenemos los segmentos deseados y el subconjunto de atributos que los definen. Si el criterio no se cumple, se vuelve al paso 2

utilizando la información recabada sobre la utilidad de los atributos para la nueva selección del subconjunto a considerar.

El *wrapper* aplicado tiene como marco un *forward selection* en el paso 2-, al que se le exige que escoja un máximo de 25 atributos relevantes para definir los segmentos. La técnica *forward selection* consiste en partir de cero atributos y agregarlos luego uno a uno según su importancia bajo algún criterio (este criterio se aplica a todo el subconjunto seleccionado hasta el momento). En este caso, se le exigió que el atributo agregado en cada iteración, fuese el mismo que se aplica para ver el desempeño de la segmentación (pueden ser perfectamente criterios distintos). Para mayor detalle sobre la técnica *wrapper* utilizada, ver [12].

Se escogió *forward selection* entre otros muchos mecanismos de selección de atributos principalmente por su simplicidad y fácil manejo e interpretación de los resultados. Esto, sin embargo, no permite asegurar una selección óptima de atributos, aunque sí permite detectar un subconjunto de ellos con un cierto poder de explicación en base al criterio seleccionado. Otros posibles métodos a considerar son: *backward elimination*, optimización de los atributos seleccionados mediante pesos asignados, por ejemplo, por PCA, optimización de los atributos evolucionaria, etc.

La herramienta de segmentación escogida y la forma de evaluarla serán abordadas en el siguiente tópico.

e- Segmentación: para la determinación de segmentos en una base de datos, existe un gran número de técnicas no supervisadas, tales como redes neuronales (*Self Organizing Maps*), *K-means*, *K-means* con kernel, *Fuzzy C-means*, *Expectation-Maximization*, *X-means*, etc.

Para el desarrollo de la segmentación de los patrones delictivos se investigaron técnicas basadas en centros de *clusters*, principalmente aquellas derivadas de *K-means*. De esta forma, se trabajará con el centro del segmento como representante de todo el grupo.

Muchas de estas técnicas presentan un costo muy alto de ejecución (tiempo y memoria), lo cual es considerable al trabajar con bases de datos muy grandes. Es por esto que se privilegió el uso de dos herramientas de las antes mencionadas: *Expectation Maximization* (EM) y *K-means*. Sin embargo, los segmentos entregados por EM carecían de una interpretación apropiada y su tiempo de ejecución es mucho mayor que el de *K-means*, por lo que se descartó su uso.

Debido a esto, solo se detallará el uso de la herramienta *K-means* para la detección de las tipologías de delincuentes [ver Anexo E].

Como mencionamos en el paso anterior, la selección de atributos se realizó iterativamente con la técnica de segmentación elegida. Sin embargo, cabe considerar 2 cosas importantes en relación al subconjunto de atributos escogidos. Primero, que distintos subconjuntos de atributos tienen distintos números de

clusters. Y segundo, que el criterio de selección de atributos tiene sesgo en relación a la dimensionalidad del subconjunto de atributos [12].

Luego, es necesario aplicar la técnica *wrapper* para distintos números de *clusters* por separado, lo que dará distintos subconjuntos de atributos óptimos. Se consideraron de 2 a 10 *clusters* y se utilizó como criterio de evaluación del subconjunto de atributos, el índice Davies-Bouldin [ver Anexo F] y la distancia intragrupo de los *clusters*.

Para seleccionar el número de *clusters* óptimo, se comparó nuevamente el índice Davies-Bouldin con $q = p = 2$, el cual da una medida de la separabilidad de los segmentos en el espacio y de su cohesión interna (el índice Davies-Bouldin crece a medida que aumenta la varianza intragrupo y decrece con la varianza intergrupos de los *clusters*).

Resultados de la segmentación

Número de Clusters	Índice DB	Nº Atributos Relevantes
2	inf	25
3	2,257745	24
4	2,758857	25
5	5,388644	25
6	3,33207	24
7	2,128586	24
8	2,397635	19
9	2,062057	24
10	7,037098	20

Tabla 4: Resultados *wrapper*

Se encontraron 9 *clusters* definidos por 24 atributos relevantes. Para mayor detalle sobre dichos segmentos, ver Anexo G. A continuación, algunas características distintivas de cada agrupación:

Grupo 0: Delitos de hurto en el 2º y 3º cuadrante. Contiene el 65% de los hurtos de la base de datos, el 33% de los delitos de 7 a 9 horas (horario punta de la mañana) y el 24% de los delitos ocurridos entre 20 y 23 horas. Contiene además el 28% de los delitos que ocurren a fin de mes, el 27% de los que ocurren en vacaciones de verano, el 35% de los delitos ocurridos en la Plaza de Armas y el 17% de los delitos ocurridos en el Parque Forestal. Suelen ocurrir en sitios no muy alejados de donde se encuentran farmacias, bancos y cámaras de seguridad. Representa el 29% de los delitos ocurridos los días martes, el 27% de los delitos ocurridos los viernes y el 21% de los delitos ocurridos los días sábado.

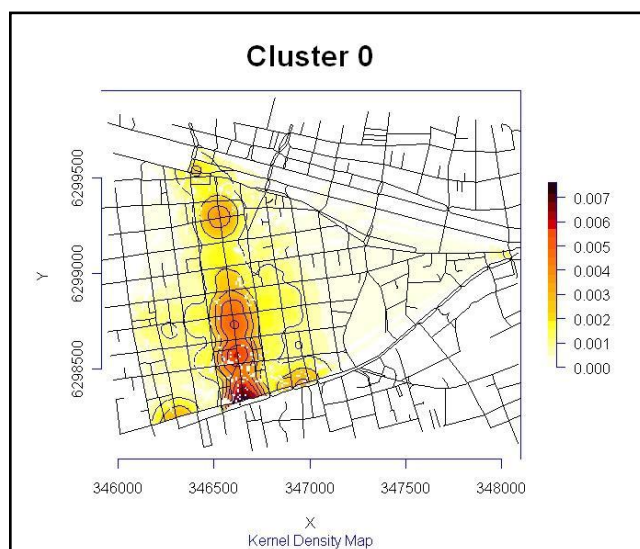


Figura 30: Distribución del Cluster 0 [Fuente: Elaboración propia]

Grupo 1: Está conformado principalmente por delitos de robo con violencia y, en un grado mucho menor, de robo con fuerza. Los delitos de este *cluster* suelen ocurrir en el periodo de fin de mes, representando el 40% de los delitos totales que ocurren en estas fechas. Simbolizan el 13% de los delitos de robo con fuerza del sector y el 17% de los delitos de robo con violencia. Suelen ocurrir muy cerca de los lugares donde hay farmacias.

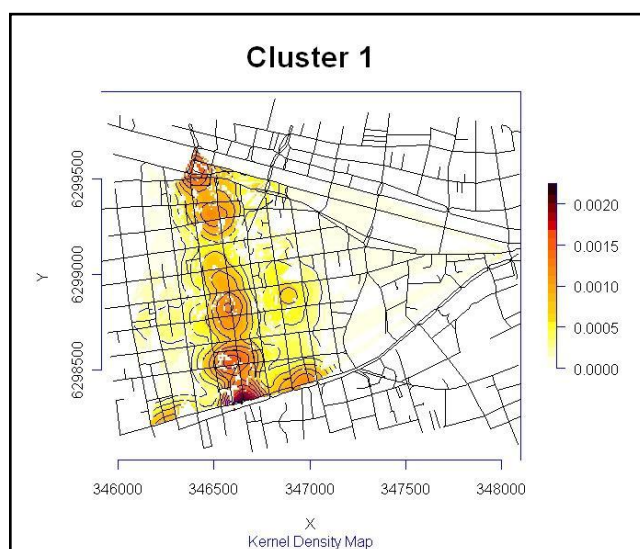


Figura 31: Distribución del Cluster 1 [Fuente: Elaboración propia]

Grupo 2: Delitos principalmente de hurto en los cuadrantes 2 y 3, de 15 a 17 horas. Representa el 19% de los hurtos del sector, el 15% de los delitos ocurridos en la Plaza de Armas y el 44% de los delitos ocurridos entre 15 y 17 horas en el terreno de la primera comisaría. Suele ocurrir cerca de farmacias y bancos y no muy lejos de las cámaras de seguridad.

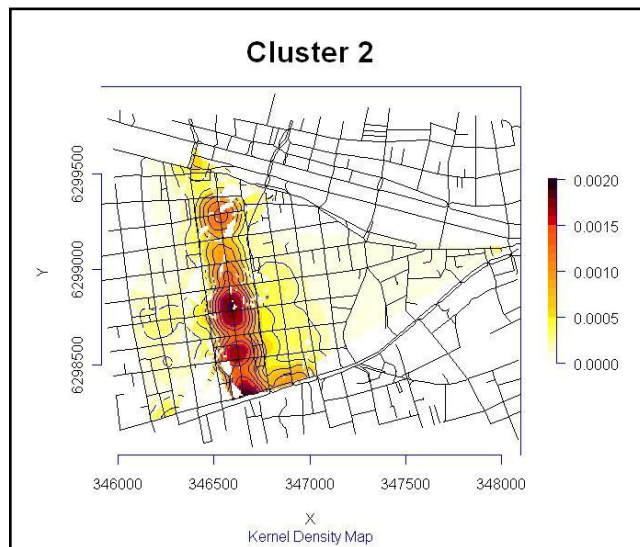


Figura 32: Distribución del Cluster 2 [Fuente: Elaboración propia]

Grupo 3: Son delitos principalmente de robo con violencia. Suelen ocurrir en el periodo de vacaciones de verano, entre 20 y 23 horas, representando el 45% del total de estos delitos. Los sectores donde suceden se encuentran alejados de las botillerías.

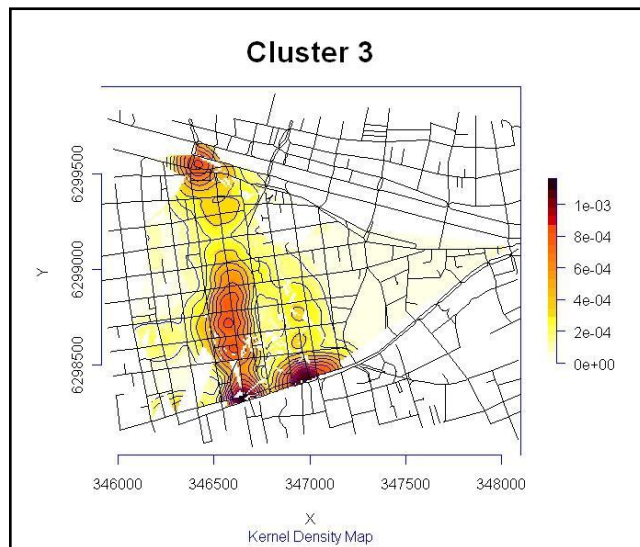


Figura 33: Distribución del Cluster 3 [Fuente: Elaboración propia]

Grupo 4: Delitos de robo con violencia ocurridos entre 15 y 17 horas. Representa el 33% de los delitos perpetrados en ese rango horario. Ocurren en terrenos alejados de los centros culturales y cercanos a farmacias.

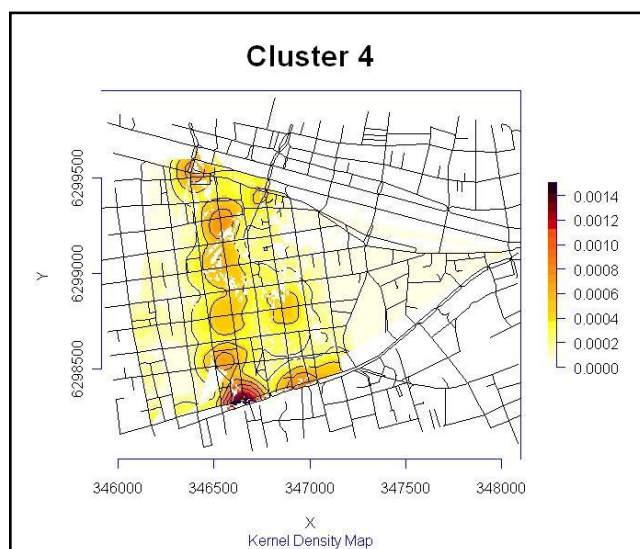


Figura 34: Distribución del Cluster 4 [Fuente: Elaboración propia]

Grupo 5: Delitos de robo con violencia y robo con fuerza en el cuadrante 1. Representan el 19% del total de robos con violencia y el 29,9% del total de robos con fuerza del sector. Representan el 58% de los delitos ocurridos en el 1^{er} cuadrante, el 16% de los delitos ocurridos los días sábado, el 12% de los delitos ocurridos a fin de mes y el 22% de los delitos ocurridos en las cercanías del Parque Forestal. Representa además el 13% de los delitos ocurridos entre 7 y 9 horas. Ocurren en sectores relativamente cercanos a botillerías, así como también de hoteles y moteles. Los terrenos donde sucede este tipo de delito se encuentran lejos de las farmacias, bancos, cámaras de seguridad, casas de cambio y centros policiales o de justicia del centro de Santiago.

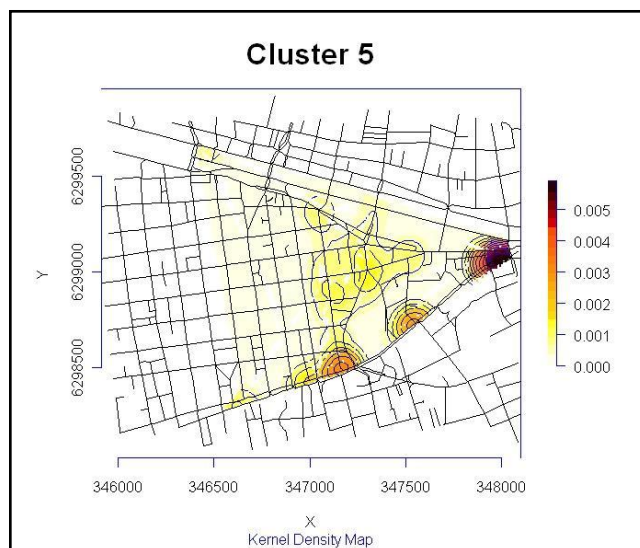


Figura 35: Distribución del Cluster 5 [Fuente: Elaboración propia]

Grupo 6: Delitos de hurto principalmente del 1^{er} cuadrante. Representa el 14% de los hurtos totales y el 30% de los delitos del 1^{er} cuadrante. Ocurren relativamente cerca de centros culturales, pubs, hoteles y moteles; y lejos de farmacias, cámaras de seguridad, bancos, casas de cambio, centros policiales o de justicia.

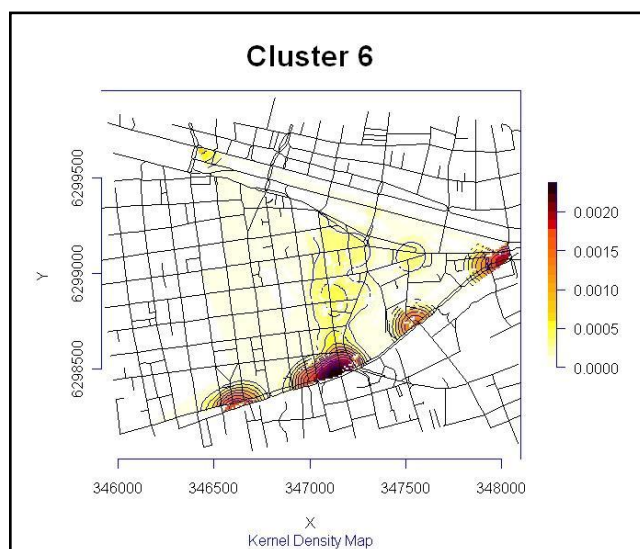


Figura 36: Distribución del Cluster 6 [Fuente: Elaboración propia]

Grupo 7: Delitos de robo con violencia y, en menor grado, robo con fuerza en el 2^o y 3^{er} cuadrante de 20 a 23 horas. Representa el 14% de los robos con violencia del sector, el 10% de los robos con fuerza, el 38% de los delitos ocurridos entre 20 y 23 horas y el 11% de los ilícitos ocurridos en el Parque Forestal. Ocurren en sectores alejados de los cines y cerca de farmacias y cámaras de seguridad.

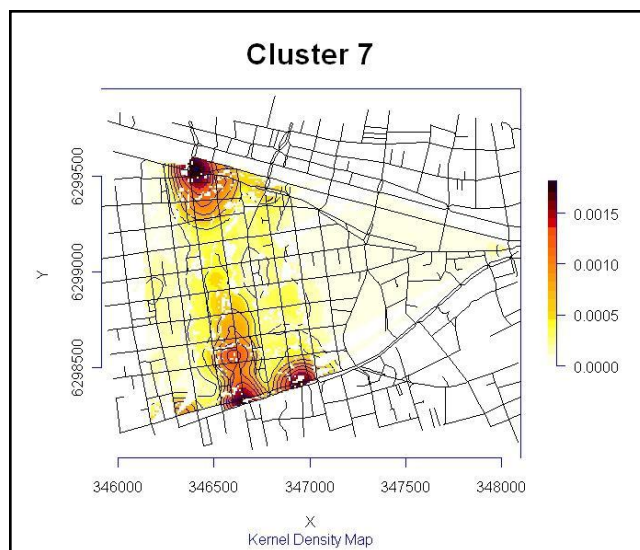


Figura 37: Distribución del Cluster 7 [Fuente: Elaboración propia]

Grupo 8: Delitos de robo con violencia y robo con fuerza en el 2^o y 3^{er} cuadrante, no ocurridos ni a fin de mes ni en vacaciones de verano. Representan un 28% de los robos con violencia y un 25% de los robos con fuerza del sector. Posee un porcentaje considerable de los delitos que sucedieron los días martes, viernes y sábado, y un 30% de los delitos ocurridos entre 7 y 9 horas. Contiene un 17% de los delitos ocurridos en el Parque Forestal y un 17% de los delitos ocurridos en la Plaza de Armas. Suelen suceder cerca de farmacias, bancos y cámaras de seguridad. Representa el 16% de los delitos ocurridos los días martes y el 17% de los días viernes.

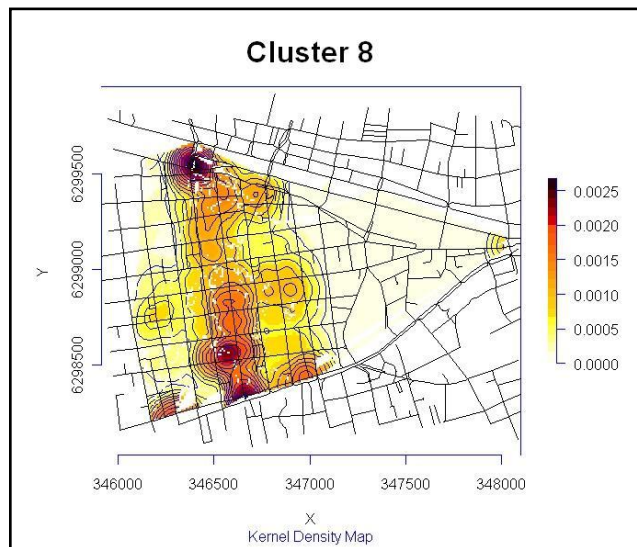


Figura 38: Distribución del Cluster 8 [Fuente: Elaboración propia]

5.4.5 Definir malla horaria y tipos de bloque horario $s \in S$

Esto repercutirá en cuantas veces al día se deberá jugar el juego definido por ERASER-C (es decir, cuantas veces deberá resolverse el problema y en consecuencia, cuantos parámetros se deberá estimar para resolverlo).

Mallas muy finas puede permitir una gran variedad de movilidad policiaca programada, pero empobrece la calidad de los datos (tengo menos datos por bloque horario que me permita predecir qué crímenes suceden allí) y aumenta el número de parámetros a estimar (cambian, por ejemplo, las probabilidades de encontrar a distintos tipos de criminal, la cantidad de recursos policiacos disponibles, etc.).

En principio, debe considerarse una malla relativamente fina, que coincida al menos con las variaciones de recursos policiacos durante el día (R), y en caso de querer reflejar en el modelo fenómenos más específicos como horas punta, horarios de colación, fines de semana, etc.; será necesario utilizar algún criterio para agrupar dichos bloques horarios y tratarlos por grupos para el cálculo de parámetros.

En la Figura 39, se puede apreciar un ejemplo de malla en base a las horas del día obtenidas por la selección de atributos y los turnos de Carabineros. Los colores indican las posibles similitudes entre horarios a través de la semana, y por lo tanto, se calcula el mismo óptimo para el juego dentro de ellos. De esta forma, para el cálculo de los parámetros de uno de los tipos de horarios, se utilizaría una consolidación de los delitos ocurridos en los bloques horarios del mismo color. Esto daría en el ejemplo 7 juegos distintos a lo largo de una semana y la posibilidad de realizar la programación de la ubicación de los recursos policiacos por hora.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
00:00-00:59							
01:00-01:59							
02:00-02:59							
03:00-03:59							
04:00-04:59							
05:00-05:59							
06:00-06:59							
07:00-07:59							
08:00-08:59							
09:00-09:59							
10:00-10:59							
11:00-11:59							
12:00-12:59							
13:00-13:59							
14:00-14:59							
15:00-15:59							
16:00-16:59							
17:00-17:59							
18:00-18:59							
19:00-19:59							
20:00-20:59							
21:00-21:59							
22:00-22:59							
23:00-23:59							

Figura 39: Malla horaria.

En la actualidad, Carabineros tiene 3 turnos de personal definidos: de 7 a 15 hrs, de 15 a 22 hrs y de 22 a 7 hrs., los cuales es importante considerarlos debido a que varía la cantidad de recursos en terreno en cada turno. Los rangos horarios seleccionados por la selección de atributos como discriminadores entre conductas delictivas son: H2 (de 7 a 9 hrs.), H5 (de 15 a 17 hrs.) y H7 (de 20 a 23 hrs.). La Figura 39 muestra una malla horaria producto de la intersección de estos rangos.

Con esto, se obtiene la siguiente división horaria:

- S_1 : de 00:00 a 6:59 hrs.
- S_2 : de 07:00 a 9:59 hrs.
- S_3 : de 10:00 a 14:59 hrs.
- S_4 : de 15:00 a 17:59 hrs.
- S_5 : de 18:00 a 19:59 hrs.
- S_6 : de 20:00 a 21:59 hrs.
- S_7 : de 22:00 a 23:59 hrs.

5.4.6 Determinar la probabilidad p^γ de enfrentar al tipo de atacante γ

Para esto, hay que filtrar los delitos por tipo de bloque horario y determinar la probabilidad de que haya un ataque y que el atacante sea $\gamma \in \Gamma$.

Cabe destacar que éste parámetro p^γ y el número de recursos policíacos R son los únicos parámetros que cambiarán a través de los distintos tipos de bloques horarios.

Dado que $p^\gamma = \mathbb{P}(\text{ataque} \cap \text{atacante sea } \gamma) = \mathbb{P}(\text{atacante sea } \gamma \mid \text{atacaron}) \cdot \mathbb{P}(\text{ataque})$; y que $\mathbb{P}(\text{ataque})$ es difícil de determinar, se toma la siguiente consideración: notando que $\mathbb{P}(\text{ataque})$ depende sólo del tipo de bloque horario a

considerar (y no de $\gamma \in \Gamma$), éste es solo un factor de escala que no afecta a la solución óptima entregada por ERASER-C, y por lo tanto se omitirá del cálculo.

De este modo, tomando $\mathbb{P}_1(\gamma, s) = \mathbb{P}(\text{atacante sea } \gamma \mid \text{atacaron})$ y $\mathbb{P}_2(s) = \mathbb{P}(\text{ataque})$, con $s \in S$ el tipo de bloque horario

$$\begin{aligned} \text{Max}_{a, c, d, k} \sum_{\gamma \in \Gamma} d^\gamma p^\gamma &= \text{Max}_{a, c, d, k} \sum_{\gamma \in \Gamma} d^\gamma \cdot \mathbb{P}_1(\gamma, s) \cdot \mathbb{P}_2(s) \\ &= \mathbb{P}_2(s) \cdot \text{Max}_{a, c, d, k} \sum_{\gamma \in \Gamma} d^\gamma \cdot \mathbb{P}_1(\gamma, s) \end{aligned}$$

El cual encuentra su óptimo en los mismos valores a, c, d, k que:

$$\text{Max}_{a, c, d, k} \sum_{\gamma \in \Gamma} d^\gamma \cdot \mathbb{P}_1(\gamma, s)$$

Una estimación de $\mathbb{P}_1(\gamma, s)$ consiste en determinar la proporción de delitos de tipo γ con respecto al total en la base de datos filtrada para el horario de tipo s .

Sin embargo, el valor de la función objetivo ya no corresponderá al de la utilidad esperada y por lo tanto no podrá ser directamente comparable entre bloques de distinto tipo s .

En caso de querer realizar dicha comparación, será necesario multiplicar los valores óptimos obtenidos por un factor de escala que dé cuenta del nivel de delitos en cada bloque. Este factor de escala no tiene que ser necesariamente $\mathbb{P}(\text{ataque})$, si es que solo se quiere dicho valor a modo de comparar distintos tipos de estrategias. Bien podría utilizarse directamente la proporción del número de delitos del bloque con respecto al total de la base de datos (sin filtrar por tipo s).

De este modo, puede trabajarse con proporciones fácilmente extraíbles de los datos sin alterar la estrategia óptima propuesta.

Cluster	k0	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8
Proporción	0,270	0,101	0,081	0,055	0,060	0,120	0,062	0,086	0,165

Tabla 5: Proporción de los clusters en la base de datos.

Sin embargo, existen ciertas tendencias temporales que deberían entrar en consideración, como lo es la estacionalidad y la tendencia a través del tiempo (ver Figura 40).

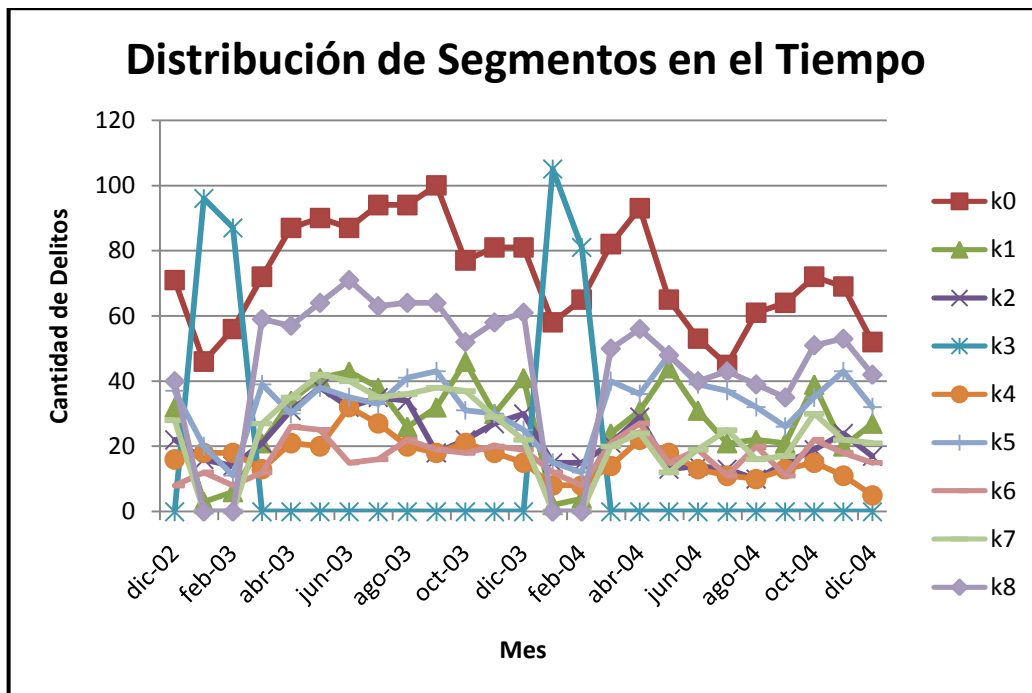


Figura 40: Distribución de los tipos de delincuentes por mes

Para trabajar la tendencia, se trabajó con meses y se utilizó una suavización exponencial con $\alpha = 0.4$. De esta forma, se le dará más peso a las frecuencias observadas más recientemente. Además, se calculó otra suavización exponencial a través de los meses pasados con $\alpha = 0.7$, de modo de representar las variaciones inherente de los meses. La probabilidad de enfrentarse a cada tipo de criminal se tomó como la normalización del promedio de estos dos indicadores.

Tendencia	0,260	0,113	0,078	0,002	0,040	0,150	0,071	0,093	0,193
Estacionalidad	0,255	0,130	0,086	0,000	0,032	0,137	0,067	0,095	0,198
Promedio	0,258	0,121	0,082	0,001	0,036	0,143	0,069	0,094	0,196

Tabla 6: Probabilidad de enfrentarse a cada tipo de criminal.

Como trabajo futuro, pueden ser refinadas estas probabilidades con otras técnicas más elaboradas que den cuenta de mejor manera la presencia de los segmentos de criminales en el tiempo.

Para incorporar la hora del día como factor, se utilizará la siguiente tabla, la cual da cuenta de la distribución de los *Clusters* según el horario especificado en el paso 5. Se destacó en amarillo los valores más importantes (mayores o iguales a un 10%).

Cluster	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Total Cluster
0	0,124	0,333	0,432	0,000	0,410	0,297	0,176	1815
1	0,110	0,098	0,089	0,108	0,088	0,112	0,116	679
2	0,000	0,000	0,000	0,448	0,000	0,000	0,000	545
3	0,083	0,057	0,062	0,000	0,040	0,069	0,109	369
4	0,000	0,000	0,000	0,333	0,000	0,000	0,000	405
5	0,301	0,131	0,097	0,051	0,100	0,110	0,150	808
6	0,052	0,074	0,064	0,060	0,097	0,037	0,046	419
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,373	0,402	575
8	0,330	0,306	0,255	0,000	0,264	0,000	0,000	1110
Total Horario	727	457	1892	1217	939	881	612	

Tabla 7: Presencia de los clusters por horario.

La probabilidad final de enfrentarse a cada tipo de delincuente en cada horario se obtuvo de la normalización de la multiplicación de la presencia de los *clusters* por horario con el promedio obtenido de la tendencia con la estacionalidad. Los resultados se muestran en la Tabla 8. Fueron destacados en amarillo los valores más importantes (mayores o iguales a un 10%).

Cluster	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Total Cluster
0	0,234	0,516	0,624	0,000	0,603	0,562	0,395	1815
1	0,078	0,057	0,048	0,142	0,049	0,079	0,097	679
2	0,000	0,000	0,000	0,470	0,000	0,000	0,000	545
3	0,032	0,018	0,018	0,000	0,012	0,027	0,050	369
4	0,000	0,000	0,000	0,260	0,000	0,000	0,000	405
5	0,253	0,091	0,063	0,079	0,066	0,093	0,150	808
6	0,023	0,027	0,022	0,048	0,033	0,016	0,024	419
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,223	0,285	575
8	0,381	0,291	0,225	0,000	0,238	0,000	0,000	1110
Total Horario	727	457	1892	1217	939	881	612	

Tabla 8: Probabilidades finales por horario de enfrentarse a cada Seguidor.

La idea es resolver 7 veces el juego de Stackelberg (una por cada bloque horario) y utilizar en cada instancia las probabilidades de enfrentarse a cada tipo de seguidor que aparecen en la Tabla 8.

5.4.7 Obtener utilidades del Líder y de los atacantes γ para cada tipo de target t , si éste está cubierto o no

- $U_L^{\gamma,c}(t)$: Utilidad del Líder contra un adversario tipo γ en el lugar t , cuando t está cubierto.
- $U_L^{\gamma,u}(t)$: Utilidad del Líder contra un adversario tipo γ en el lugar t , cuando t está descubierto.
- $U_S^{\gamma,c}(t)$: Utilidad del Seguidor del tipo γ en el lugar t , cuando t está cubierto.
- $U_S^{\gamma,u}(t)$: Utilidad del Seguidor del tipo γ en el lugar t , cuando t está descubierto.

En términos generales, las utilidades deberían contemplar las siguientes componentes:

$U_L^{\gamma,c}(t)$: Debe dar cuenta del beneficio que percibe la sociedad por sacar un delincuente γ de circulación. Si bien este modelo presupone que ante la desaparición de un tipo de seguidor, otro del mismo tipo llena el vacío que éste deja, un actuar eficiente de la policía puede desincentivar a dicho tipo de criminales o desviar su conducta de modo tal que generen menos daño. Este parámetro debe dar cuenta además de la probabilidad con que se atrapa a un delincuente del tipo γ si la policía está vigilando el lugar. Sin embargo, también hay costos asociados al actuar policiaco. Una vez que el criminal es aprehendido, éste debe ser llevado a constatar lesiones, trasladado a la comisaría, debe llenarse el papeleo pertinente (registrar los objetos incautados, etc.) y posteriormente el carabinero que detuvo al criminal será llamado a testificar. Esto sin contar que mientras los carabineros detiene al criminal y realiza todas estas formalidades, el terreno que debía proteger queda al descubierto (normalmente las unidades de los terrenos adyacentes deben intentar suplir la falta de estos carabineros). Debería incluirse aquí el costo de las instituciones asociadas al procesamiento de un criminal capturado (Sistema Judicial, Servicio Médico Legal, Cárceles, Gendarmería, entre otras). Los beneficios percibidos de atrapar a un criminal son: la posible disuasión de otros criminales del mismo tipo (y por lo tanto, disminución de la victimización) y la disminución del temor de la población.

$U_L^{\gamma,u}(t)$: La utilidad del Líder en un lugar descubierto es el costo esperado por el posible perjuicio de que ataque el seguidor γ en t . Este perjuicio tiene varias componentes. Primero se encuentra el monto económico sustraído a la posible víctima. Segundo, está la violencia sufrida por la víctima, el aumento de la sensación de temor de la población en el caso en que el éxito de los delincuentes sea un hecho sostenido en el tiempo y el cambio conductual que conlleva el temor a la victimización. Por último, se encuentra el costo por inversión pública asociado a cada tipo de delito (si es posible hacer esta distinción). Un ejemplo de esto, es el costo que deben incurrir las personas en alarmas de seguridad para los delitos de robo con fuerza, transporte de bienes preciados, protección y vigilancia, etc.; esto sin contar con los costos asociados al Ministerio Público y del Interior por concepto de la delincuencia, Cárceles, Gendarmería, Servicio Médico Legal, SERNAM, SENAME, Carabineros, Policía de Investigaciones, Sistema Judicial, Municipales, etc. [34].

La importancia en relación al modelo que se plantea son los valores relativos entre los tipos de delincuentes (esto es lo que generará la priorización de las estrategias preventivas). Sin embargo, muchos de estos costos aquí mencionados no logran ser atribuidos directamente a los distintos tipos de conducta criminal mediante la información disponible, por lo que su correcta inclusión quedará pendiente como trabajo futuro.

$U_S^{\gamma,c}(t)$: Aquí se refleja el costo que percibe el criminal cuando es sorprendido delinquiendo por Carabineros. Algunas de las penas más importantes señaladas por el Código Penal, se encuentran detalladas en el Anexo H.

$U_S^{\gamma,u}(t)$: Este es el beneficio percibido por el delincuente por la comisión del ilícito. Se estima como el avalúo del monto sustraído corregido por el atractivo que tiene el sector t para el seguidor γ .

Las inversiones que no se puedan desagregar por tipo de delito deben evaluarse mediante los cambios en la función objetivo del problema (el beneficio esperado por el Líder). De este modo, una disminución global de la delincuencia producto de una mejor estrategia policial puede llevar a liberar recursos públicos hacia otras áreas, o en caso contrario, incentivar una reinversión si se determina con más recursos utilizados en seguridad puede generar un aumento sustancial en la calidad de vida de las personas (producto de la disminución de la sensación de temor y la victimización).

Cabe destacar que, para fines de esta memoria, no se pretende determinar con exactitud las ganancias y pérdidas de los distintos tipos de agentes involucrados, sino establecer parámetros que reflejen sus preferencias ante las acciones posibles. Es por esto que los valores aquí determinados tienen una importancia relativa y no pretenden ser interpretados sino de forma comparativa.

Esto es una simplificación importante, ya que la dificultad para estimar las utilidades exactas es muy grande, sin contar que no existe un valor único al cual apuntar. Las utilidades que percibe la policía bien podrían no estar alineadas con los costos sociales que percibe la sociedad; y, dentro de la misma policía, las personas tienen puntos de vista distintos de la labor que desempeña la institución.

La idea principal es reflejar en las utilidades la información que se maneja del tema en estos parámetros y contrastar con el conocimiento de expertos.

El principal atributo que se utilizará para el cálculo de las utilidades es el avalúo del monto sustraído.

Avalúo	Casos
1.000.001 a 5.000.000	48
10.000 a 50.000	1151
10.000.001 y mas	3
100.001 a 250.000	316
250.001 a 500.000	109
5.000.001 a 10.000.000	4
50.001 a 100.000	730
500.001 a 750.000	46
750.001 a 1.000.000	27
No aplica	25
Sin avalúo	4266
Total general	6725

Tabla 5: Distribución del avalúo del monto sustraído en la base de datos.

Cabe destacar la alta presencia de delitos sin una valoración del monto sustraído. Para tratar esto, se decidió realizar los siguientes pasos, de modo de poder asociar a un valor representativo (bajo algún criterio), el beneficio del delincuente por el robo o asalto.

- 1- Se reemplazó cada intervalo numérico por el monto inferior del intervalo. (por ejemplo, si el avalúo del robo es entre \$50.001 y \$100.000, se reemplazó dicho valor por \$50.000). Esto genera una subvaloración de los daños percibidos, pero

ya que lo interesante son los costos relativos, se asume esa aproximación como válida.

- 2- Los valores “No Aplica” fueron reemplazados por 0, ya que en esos casos, el intento de robo o hurto no tuvo consecuencias monetarias.
- 3- Para los valores “Sin Avalúo”, se reemplazó este valor por el promedio obtenido de cada segmento de los tipos de patrones delictivos. De esta forma, se asocia el monto robado a las tipologías de delincuentes encontradas en el paso 4 y se asume que los *missings* no presentan sesgos dentro de cada *cluster*.

De esta forma, el monto promedio robado o hurtado por tipo de delincuente es:

Cluster	Avalúo (\$)
0	\$ 91.175
1	\$ 104.448
2	\$ 67.976
3	\$ 225.985
4	\$ 87.650
5	\$ 108.717
6	\$ 69.481
7	\$ 69.246
8	\$ 109.174
Promedio	\$ 100.898

Tabla 6: Avalúo promedio por tipo de delincuente.

Este valor se corregirá por las preferencias de los lugares que tiene cada tipo de seguidor para actuar. De esta forma, si bien el monto que aparece en la Tabla 6 nos da un valor esperado por tipo de delincuente, la utilidad $U_S^{\gamma,u}(t)$ dará cuenta del valor esperado por cada lugar t de forma comparativa.

Debido a la inexistencia de trabajos focalizados que permitan asociar un costo social a los distintos tipos de delitos (es decir, un costo que incorpore la sensación de temor, la violencia sufrida, el costo institucional y la inversión privada para evitar la delincuencia), se tomará el avalúo económico sustraído como la pérdida sufrida si el delincuente γ actúa impunemente. Esto equivale a decir que $U_L^{\gamma,u}(t) = -U_S^{\gamma,u}(t)$.

Además, ya que existe un alto costo institucional por procesar un criminal aprehendido y debido a que los incentivos que puede tener Carabineros al momento de detener a un criminal pueden ser contradictorios (si se esfuerzan mucho por atrapar un criminal menor, que saben que quedará libre casi inmediatamente, y además deben realizar mucho papeleo y trámites para detenerlo, sin contar con que el territorio quedará más desprotegido si estarán realizando estas acciones; es posible que no sea tan claro el atractivo de detener a un delincuente). De esta forma, y por simplicidad del modelo, se supondrá $U_L^{\gamma,c}(t) = 0$.

Para el costo que percibe el criminal por ser atrapado, $U_S^{\gamma,c}(t)$, se utilizaron algunas definiciones entregadas por el código penal [Anexo H] y [22]. Se aceptarán como representativas las penas mínimas en días por tipo de delito: robo con fuerza (541 días), robo con violencia (1.826 días) y hurtos (61 días); y se estimará un monto

económico por cada seguidor γ en base a cuanto dejan de percibir producto de no delinquir esa cantidad de días.

En la Tabla 7 se puede ver el cálculo de este costo bajo el supuesto de que los Seguidores esperan al menos tener éxito una vez al día (y por lo tanto, cada día es evaluado monetariamente como el valor esperado que ellos esperan conseguir) y mediante una tasa de descuento del 40%, la cual supone que los delincuentes actúan con una mentalidad cortoplacista al momento de evaluar sus potenciales costos.

Cluster	Promedio de Utilidad	Cantidad de Elementos	Días Reclusión	Tasa Descuento	Costo (\$)
0	91175	1815	61	40%	319113
1	104448	679	1752	40%	365568
2	67976	545	63	40%	237916
3	225610	369	1746	40%	789636
4	87650	405	1747	40%	306776
5	108717	808	1686	40%	380511
6	69481	419	74	40%	243184
7	69246	575	1757	40%	242362
8	109174	1110	1739	40%	382109

Tabla 7: Costo esperado para el delincuente en caso de ser atrapado.

Así, el monto $U_s^{\gamma,c}(t)$ es el costo producto de los flujos futuros descontados que no percibe el Seguidor por estar preso, multiplicado por la probabilidad de que el Seguidor esté en el lugar t .

5.4.8 Determinar la cantidad de personal por turno.

Antes de resolver el problema, es necesario identificar la cantidad de recursos policiales por cada turno. Esta información es confidencial y no se encuentra disponible al público. Sin embargo es posible realizar una estimación en base a los datos y a conversaciones con Carabineros.

Sabemos que Carabineros cuenta con 310 funcionarios en el terreno de la 1ª Comisaría de Santiago, de los cuales 287 son operativos y 23 administrativos. Además cuentan con 12 radiopatrullas, 7 furgones, 16 motos todo terreno y 2 retenes móviles [5].

La distribución de personal entre el primer turno (7 a 15 hrs), el segundo turno (15 a 22 hrs.) y el tercer turno (22 a 7 hrs.) es de 35%, 40% y 25%, lo que nos da un aproximado de 100 personas operativas en el primer turno, 114 en el segundo y 73 en el tercero. No todas las patrullas, furgones y motos se encuentran operativas al mismo tiempo. Si consideramos 7 patrullas, 3 furgones, 8 motos y los 2 retenes en terreno al mismo tiempo en el primer y tercer turno (turnos de demanda relativamente más baja), tenemos que cerca de 40-41 Carabineros se necesitan para conducirlos (3 Carabineros por retén móvil y furgones, 1 Carabinero por moto y 2 o 3 Carabineros por patrulla). En el caso del segundo turno, se estima que se utilizan al mismo tiempo 8 patrullas, 6 furgones, 10 motos y los 2 retenes, lo cual indica que se necesitan cerca de 52 Carabineros para conducir esos vehículos. Además, debe existir personal de guardia

en la comisaría (10 Carabineros) y cerca del 10% no se encuentra trabajando (día libre, licencia, etc.). Se estima entonces que la cantidad de personal disponible para estrategias preventivas a pie por turno es: 46 en el primer turno, 48 en el segundo turno y 18 en el tercero.

Como los Carabineros a pie suelen vigilar en pareja, tenemos que los recursos a asignar en el modelo corresponden a la mitad de los señalados más arriba.

- Turno 1 (7 a 15 hrs.: S_2 y S_3): 23 unidades.
- Turno 2 (15 a 22 hrs.: S_4 , S_5 y S_6): 24 unidades
- Turno 3 (22 a 7 hrs.: S_1 y S_7): 9 unidades

5.4.9 Resolver ERASER-C por cada tipo de horario $s \in S$ [ver Anexo I]

Esto nos dará los parámetros $[a_t^\gamma]_{t \in T}$, $[c_t]_{t \in T}$, d^γ y k^γ para cada $\gamma \in \Gamma$ que realizan la estrategia óptima para carabineros.

Las siguientes figuras dan cuenta de los resultados obtenidos para el vector de cobertura de la policía y la preferencia de ataque de cada seguidor por bloque horario S_i , $i \in \{1, \dots, 7\}$. Los valores numéricos de estos resultados se encuentran en el Anexo J.

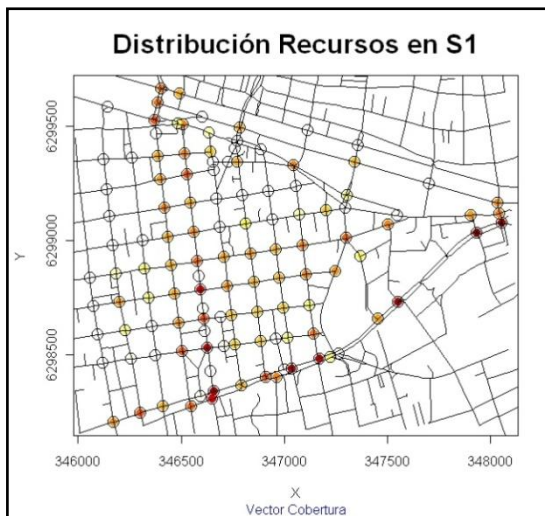


Figura 41.1.a

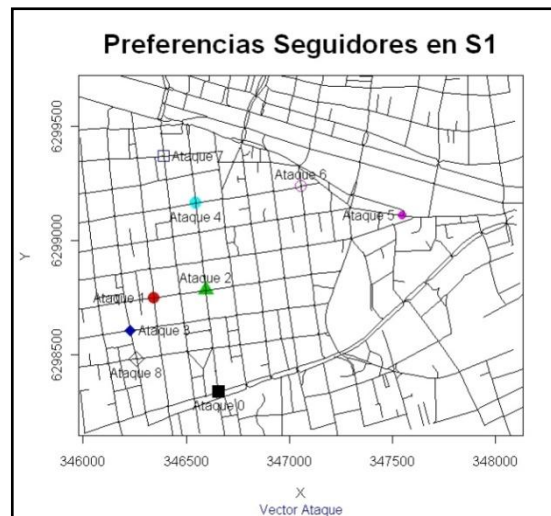


Figura 41.2.a

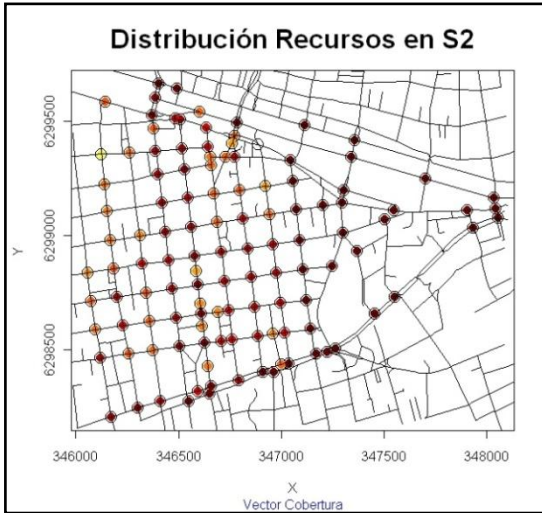


Figura 41.1.b

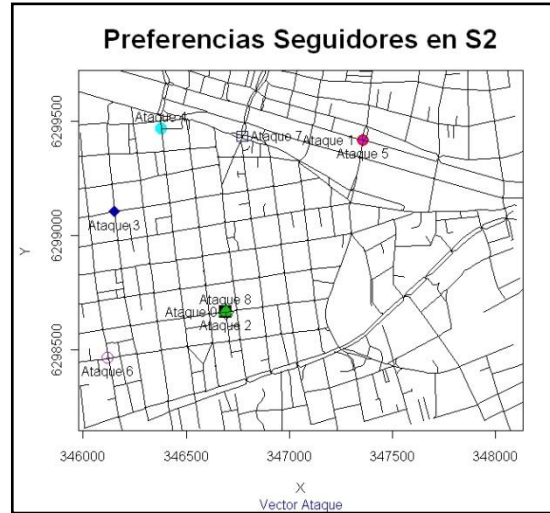


Figura 41.2.b

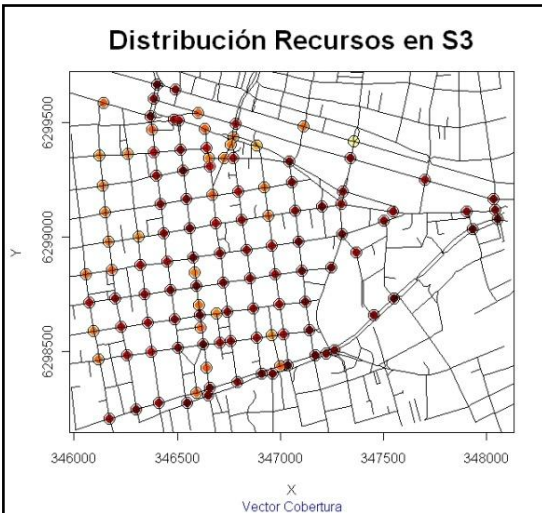


Figura 41.1.c

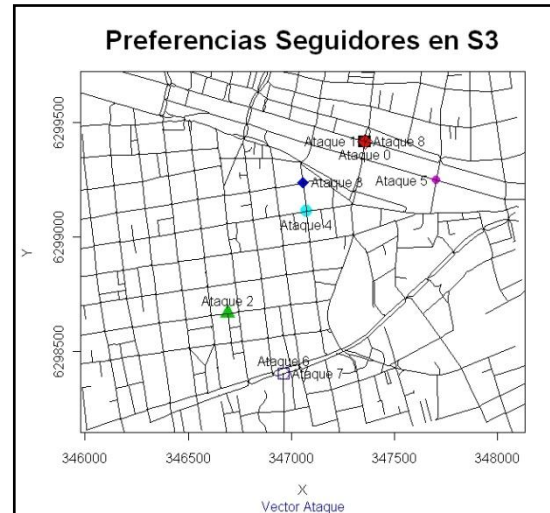


Figura 41.2.c

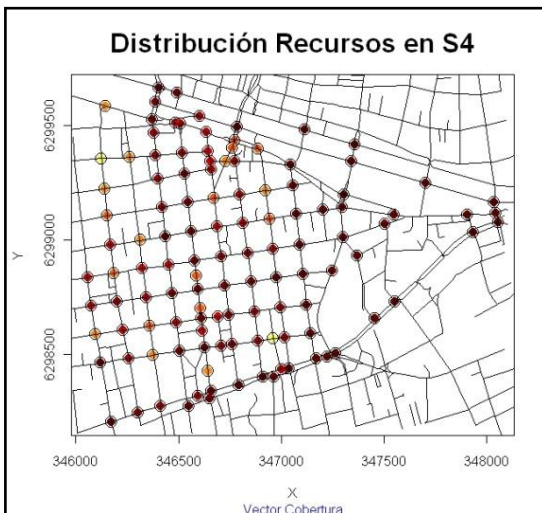


Figura 41.1.d

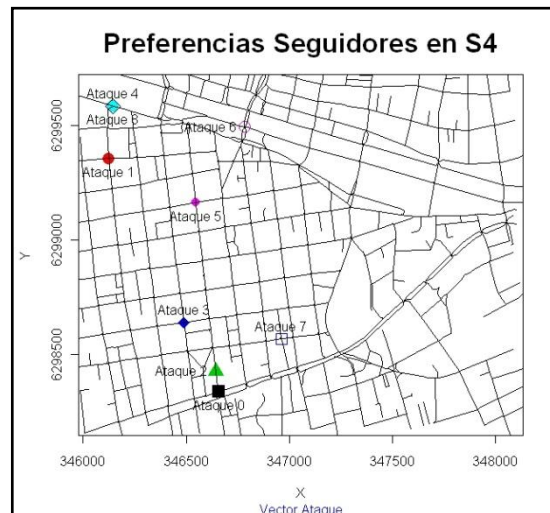


Figura 41.2.d

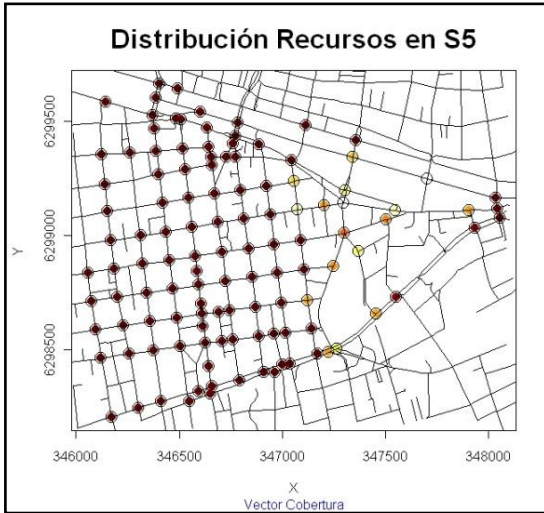


Figura 41.1.e

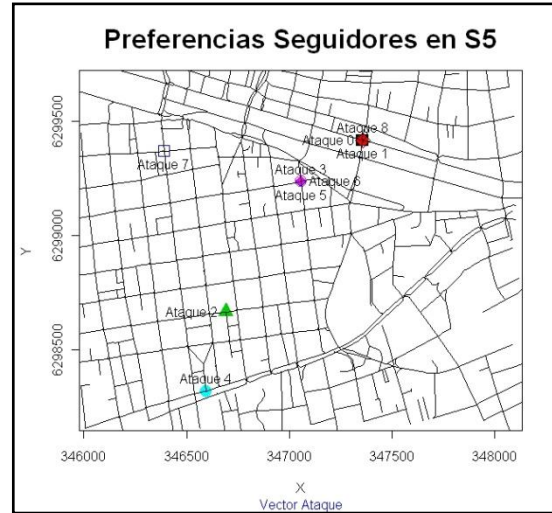


Figura 41.2.e

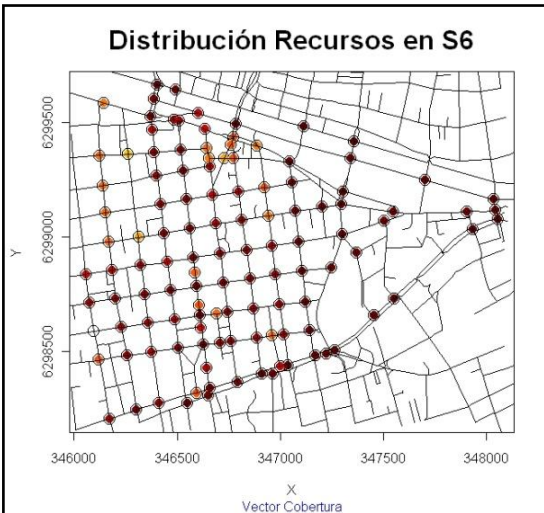


Figura 41.1.f

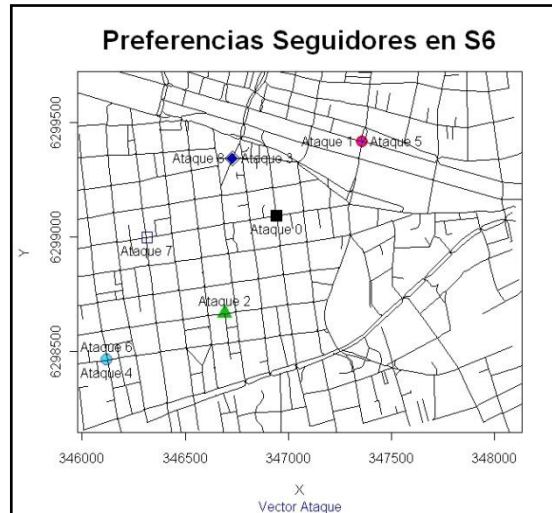


Figura 41.2.f

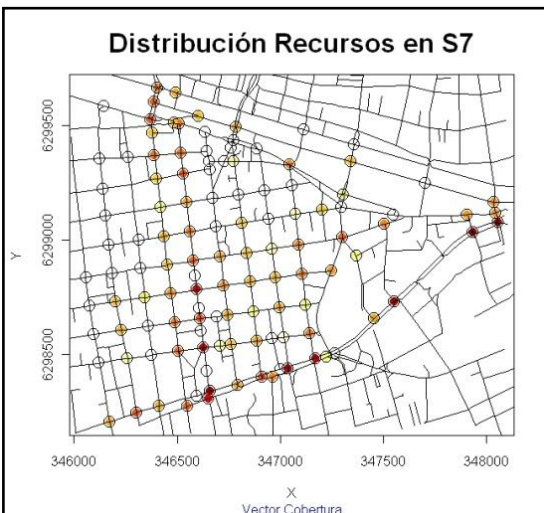


Figura 41.1.g

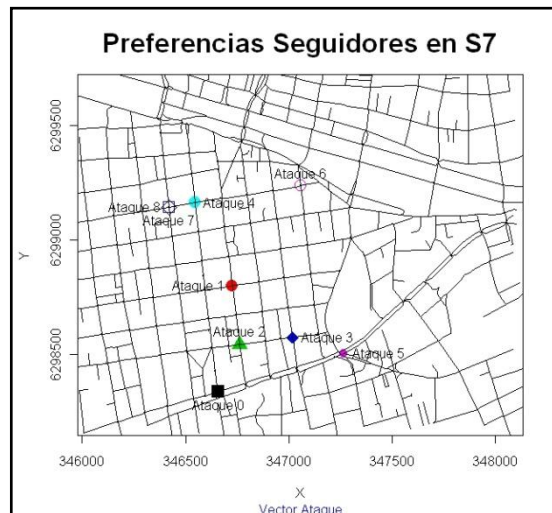


Figura 41.2.g

Figura 41: Distribución de recursos policíacos y preferencia de los Seguidores por bloque horario.

Las Figuras 41.1.a a 41.1.g muestran la distribución óptima de los recursos policiales sobre los sectores relevantes considerados. Colores más oscuros señalan una alta frecuencia de visitas en el largo plazo a dichas áreas por parte de Carabineros.

En las Figuras 41.2.a a 41.2.g se señala la preferencia de ataque en el largo plazo por cada tipo de conducta criminal considerada. La interpretación de estas imágenes debe realizarse con cuidado para no entrar en conclusiones erróneas. Primero que todo, la preferencia señalada es considerada en el largo plazo, cuando el juego ha alcanzado su equilibrio y ni los Seguidores ni el Líder tienen incentivos a cambiar su estrategia unilateralmente (es decir, también supone que las condiciones externas no cambian, o de lo contrario el equilibrio cambiaría y habría otro proceso de ajuste). El segundo factor tiene que ver con la probabilidad de enfrentarse a cada tipo de criminal. Existen ocasiones en que la probabilidad contra el adversario γ es cero o cerca de cero. En estos casos, la respuesta sobre qué lugar atacará ese adversario es irrelevante y, como el Líder contempla una baja probabilidad de enfrentarse a dicho tipo de criminal, su respuesta óptima tampoco lo considera (con lo que la preferencia de ataque del seguidor en este caso no será representativa de nada). El último factor tiene que ver con que en algunos casos se puede estar en un escenario en que una buena estrategia del Líder haga muy poco atractivo atacar cualquier lugar en el mapa para cierto Seguidor. En este caso, el modelo contempla que el Seguidor de todas formas debe atacar en alguna parte del mapa, con lo cual la respuesta entregada será la que más convenga al Seguidor dentro del terreno a proteger, olvidando que dicho Seguidor tiene otras alternativas como no delinquir o cambiarse a otra comuna o terreno peor protegido.

En resumen, la interpretación de las Figuras 41.2.a a 41.2.g no puede realizarse de forma independiente de la probabilidad de enfrentar a cada tipo de Seguidor y del valor de la utilidad que éste percibe por su mejor respuesta. A pesar de estas consideraciones, la respuesta debe además considerarse como un equilibrio alcanzable en el largo plazo.

5.4.10 Transformar el vector $[c_t]_{t \in T}$ de cada horario s en un vector $[\tilde{c}_t]_{t \in T}$ de solo valores 0 y 1

Esto para concretizar la estrategia mixta propuesta en una asignación real (el vector $[c_t]_{t \in T}$ contiene números fraccionarios que representan la probabilidad de que dicho target sea cubierto).

Para realizar esto se utilizará un muestreo aleatorio con las probabilidades descritas en $[c_t]_{t \in T}$ de modo tal que cumpla con las restricciones del problema (es decir, hay que preocuparse de que solo se puede asignar un número de recursos R).

Cabe destacar que este paso puede realizarse más de una vez de ser necesario. Además, mientras no cambien las condiciones externas, los vectores $[c_t]_{t \in T}$ calculados por cada tipo de horario s permanecerán constantes y la estrategia a seguir por carabineros podrá ser recalculada a partir de ellos realizando nuevos muestreos en base a estos valores.

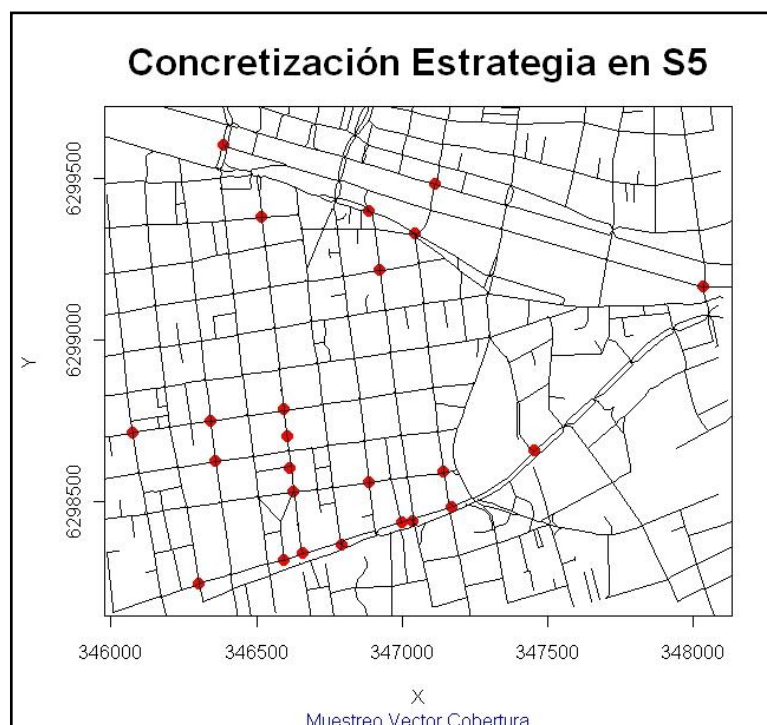


Figura 42: Ejemplo de concretización de la estrategia mixta en S5

En la Figura 42 se presenta un ejemplo de la concretización del vector de estrategia mixta $[c_t]_{t \in T}$ para el bloque horario S_5 . De esta forma, el mapa señala donde deben localizarse los 24 recursos policíacos disponibles para ese momento del día.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Vector de Cobertura

Los resultados entregados por el método si reflejan la intuición sobre cómo deberían estar distribuidos los recursos policíacos. En las Figuras 43.1.a a 43.2.g se muestran las comparaciones de los mapas de distribución de los delitos por bloque horario, en comparación a la respuesta entregada por el modelo.

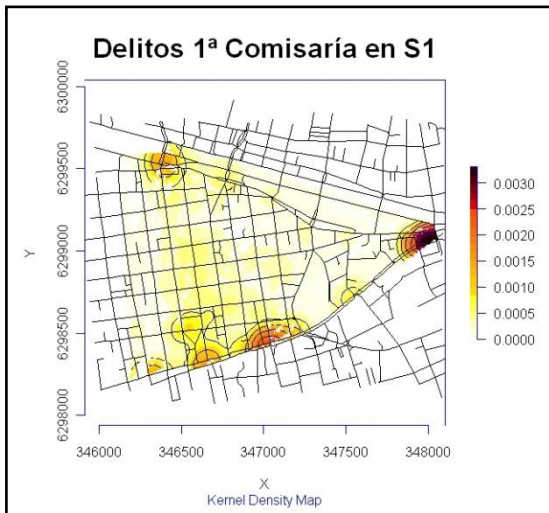


Figura 43.1.a

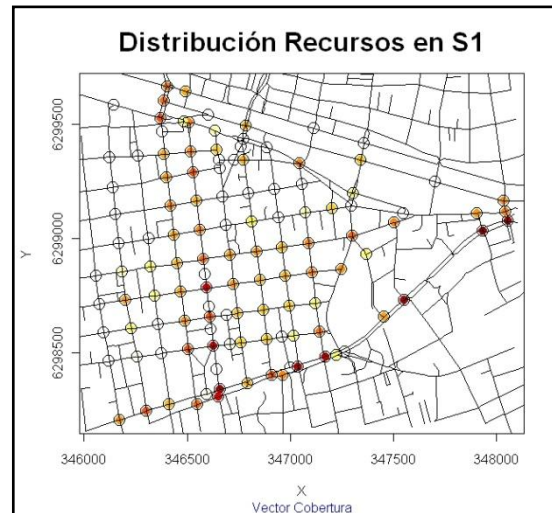


Figura 43.2.a

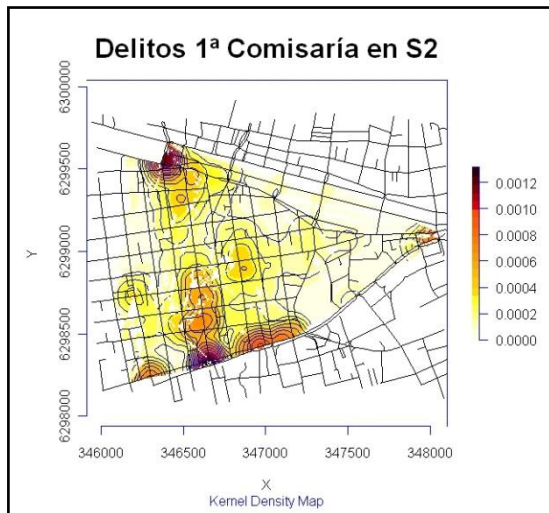


Figura 43.1.b

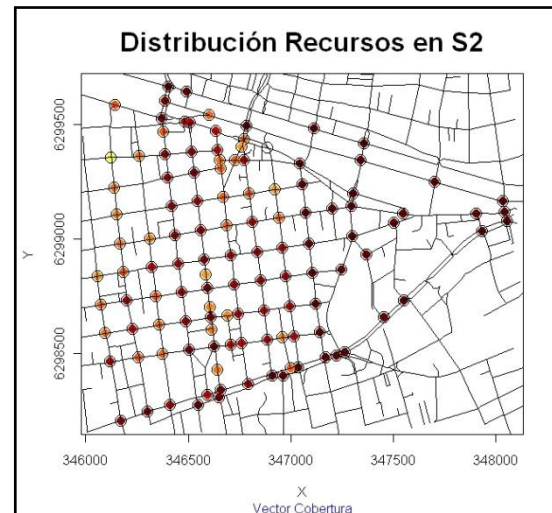


Figura 43.2.b

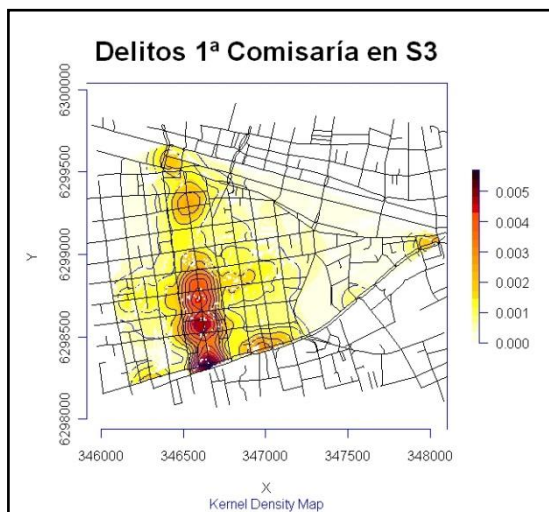


Figura 43.1.c

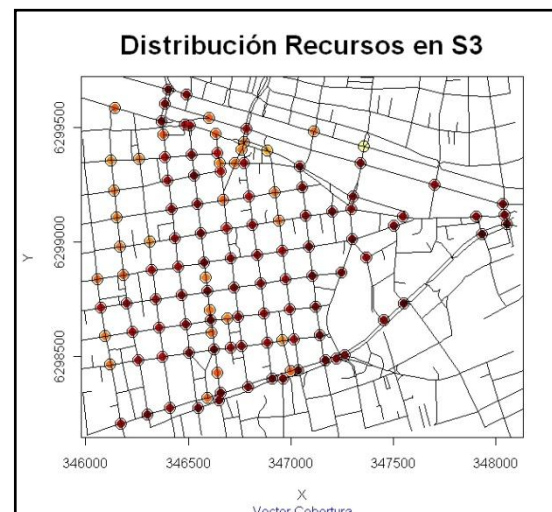


Figura 43.2.c

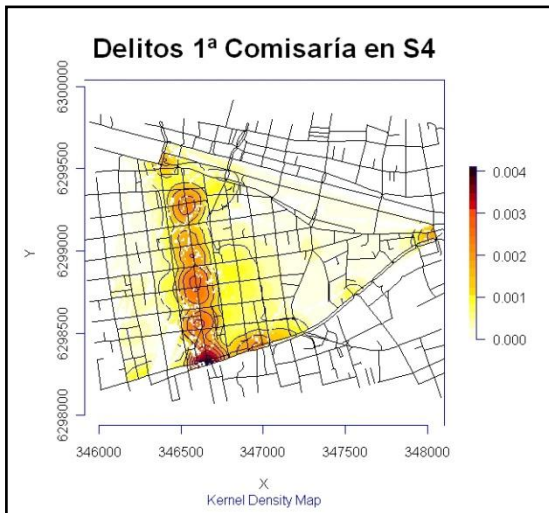


Figura 43.1.d

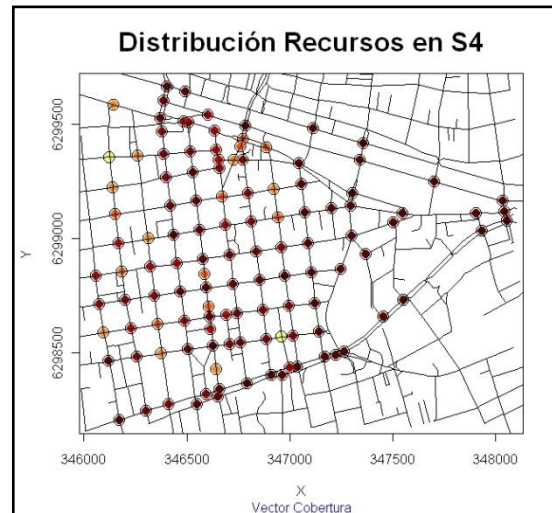


Figura 43.2.d

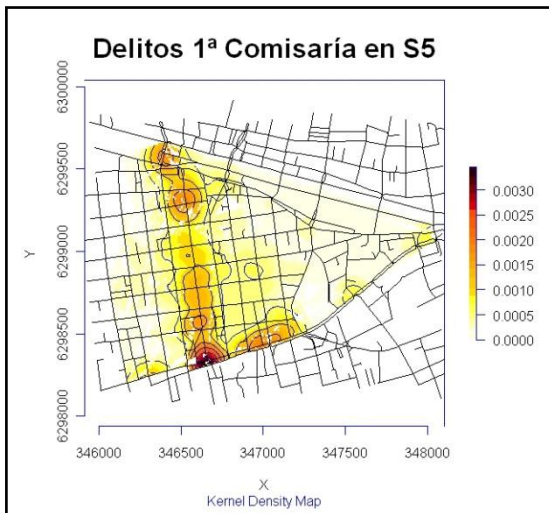


Figura 43.1.e

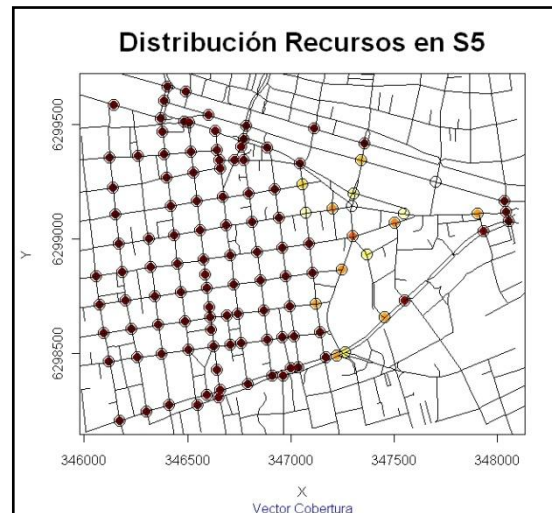


Figura 43.2.e

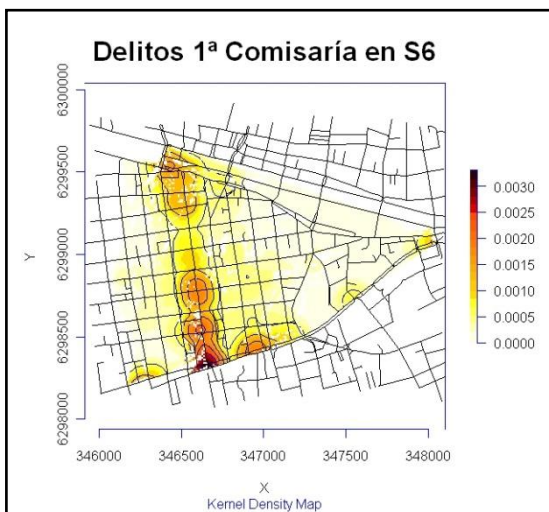


Figura 43.1.f

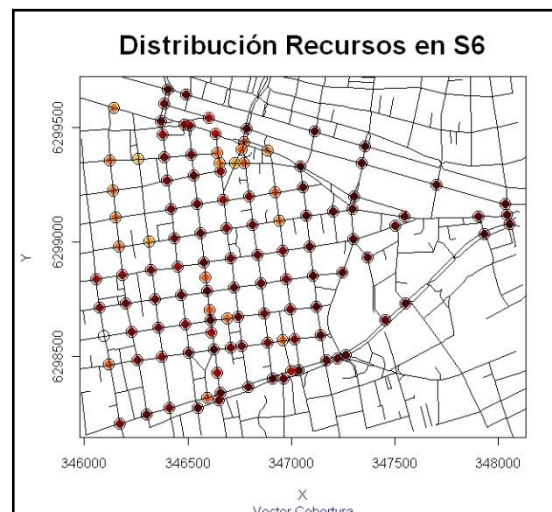


Figura 43.2.f

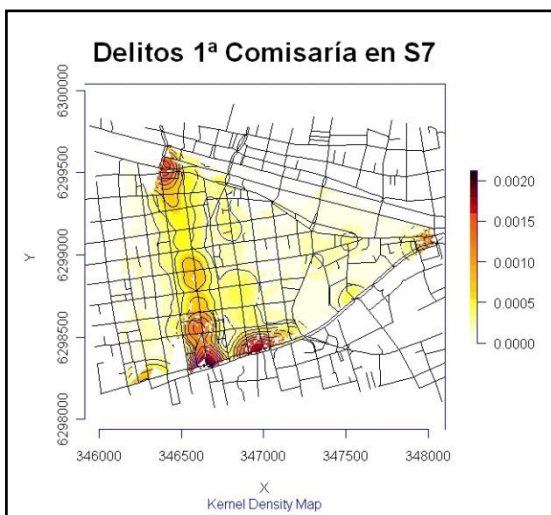


Figura 43.1.g

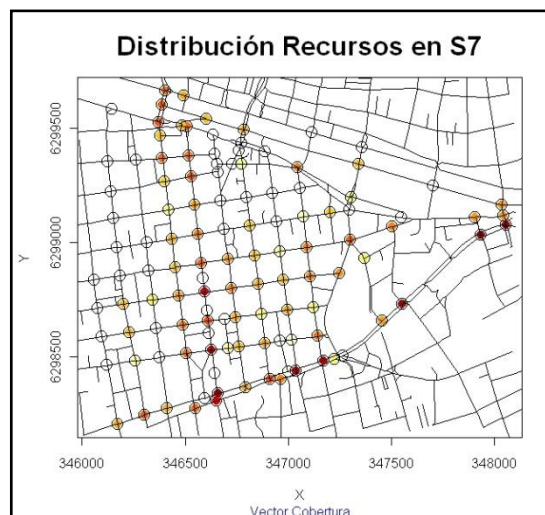


Figura 43.2.g

Figura 43: Comparación delitos y asignación de recursos por bloque horario

Cabe destacar que esta comparación no es directa, ya que no se ha filtrado en el mapa de delitos por tipo de seguidor ni se ha ponderado la importancia relativa de cada uno de ellos. Hay que destacar que seguidores como el *cluster 3*, tienen una muy baja presencia fuera del periodo de verano y que por lo tanto distorsionan esta comparación. Esto se debe a que el mapa de delitos contempla de forma indiferente la influencia del segmento 3, mientras que la distribución de recursos considera su presencia reducida. Este efecto también está presente, aunque en menor grado, en las otras tipologías de criminales.

Sin embargo, esta comparación nos ayuda a visualizar en términos generales el atractivo que tiene cada sector del mapa según la hora del día y contrastarlo con la respuesta entregada por el modelo. En base a esto, se puede estimar cualitativamente que la respuesta entregada por la herramienta es razonable.

El modelo indica que en los horarios de baja cantidad de personal (el tercer turno de Carabineros), los lugares más importantes para proteger son: el *hot spot* encontrado en el cruce de la Av. Libertador Bernardo O'Higgins con el Paseo Ahumada, sectores del Paseo Ahumada, sectores de la Av. Libertador Bernardo O'Higgins, el *hot spot* de Plaza Italia y el entorno del metro Cal y Canto. El resto del tiempo, debido a la mayor cantidad de recursos disponibles, el modelo tiende a proponer una estrategia un poco más uniforme dentro del territorio, destacándose los lugares antes mencionados.

6.2 Vectores de Ataque

Como fue mencionado en el paso 9 del Capítulo 5.4; la interpretación de los vectores de ataque debe ser realizada de acuerdo a la probabilidad de enfrentar a cada tipo de seguidor y a la utilidad esperada percibida.

Cluster	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
0	0,234	0,516	0,624	0	0,603	0,562	0,395
1	0,078	0,057	0,048	0,142	0,049	0,079	0,097
2	0	0	0	0,47	0	0	0
3	0,032	0,018	0,018	0	0,012	0,027	0,05
4	0	0	0	0,26	0	0	0
5	0,253	0,091	0,063	0,079	0,066	0,093	0,15
6	0,023	0,027	0,022	0,048	0,033	0,016	0,024
7	0	0	0	0	0	0,223	0,285
8	0,381	0,291	0,225	0	0,238	0	0
Total Horario	727	457	1892	1217	939	881	612

Tabla 8: Probabilidades de enfrentarse a cada Seguidor por tipo horario

Cluster	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
0	733,051	148,085	81,184	212,126	0	50	647,841
1	1047,063	151,025	250,346	118,169	0	191,943	1077
2	1140,805	244,176	133,465	47,971	0,394	125	1072,148
3	2450	450,914	399,523	531,341	861,188	1225	1837
4	1360,879	264,651	292,707	82,638	329,192	216	1335,955
5	1076	0	109,774	0	1076	0	1076
6	928,055	15,019	45,069	0	589,046	27,913	928,055
7	1135,007	354,013	271,359	276,859	0,222	120	602
8	787	145,197	160,16	301,663	0	492	1663,745

Tabla 9: Utilidades esperadas por cada Seguidor y por tipo horario

En las Tablas 8 y 9 se puede ver destacado en amarillo las conjunciones de bloques horarios y segmentos de patrones delictivos que no son representativos de la respuesta óptima entregada para los Seguidores. Esto se debe a que si el tipo de patrón delictivo no se encuentra presente en ese momento, no es posible determinar ninguna respuesta óptima; y en el caso en que la utilidad del Seguidor sea 0 o negativa éstos preferirán atacar en otras comunas o en terrenos de otras comisarías menos protegidos contra este tipo de delincuente o dejar de delinquir.

De esta forma, las respuestas de los Seguidores a considerar una vez alcanzado el equilibrio, son mostradas en las siguientes figuras:

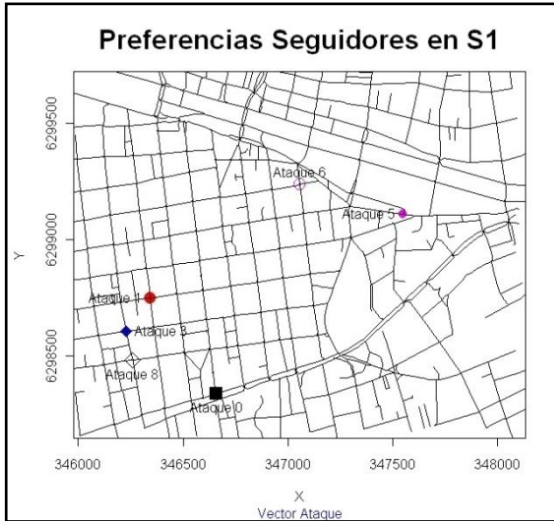


Figura 44.a

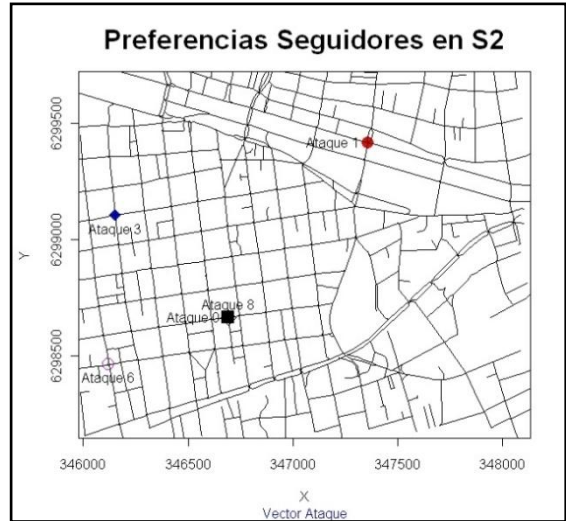


Figura 44.b



Figura 44.c

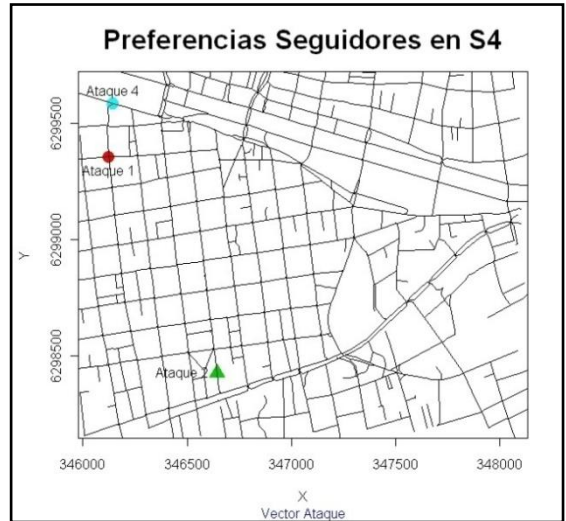


Figura 44.d

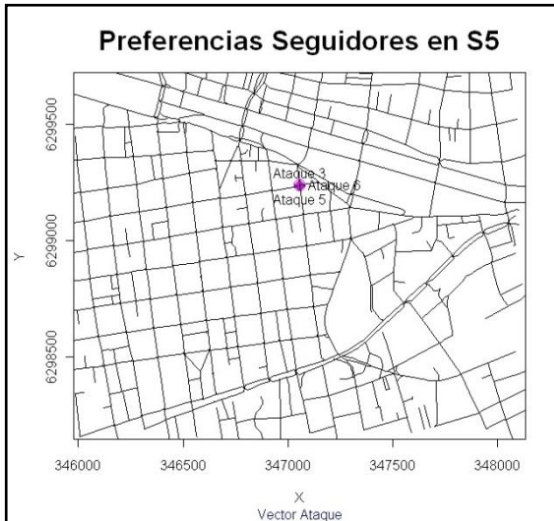


Figura 44.e

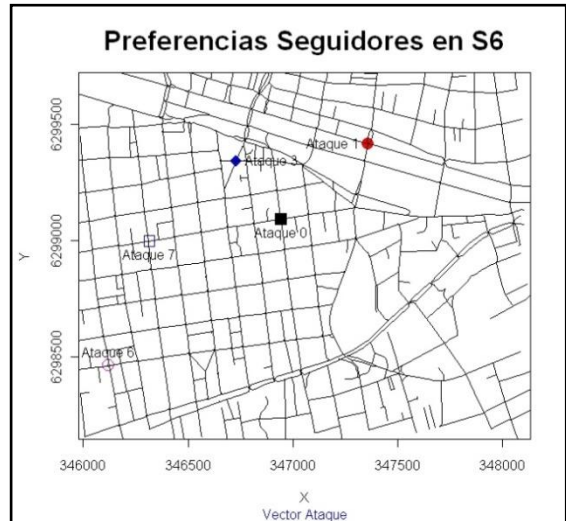


Figura 44.f

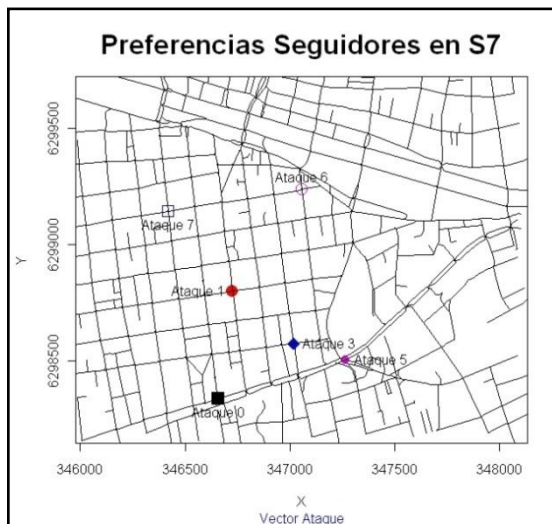


Figura 44.g

Figura 44: Mejor respuesta de los Seguidores en el equilibrio.

Es fácil notar en qué tipo de horarios la estrategia policial logra desplazar el actuar criminal hacia sectores donde hace menos daño (S_4 salvo por el Seguidor 2, S_3 , S_5 y S_6). Aunque esto no se traduce necesariamente en un mejor desempeño, ya que áreas más alejadas de los *hot spots* más importantes suelen ser menos vigiladas (y los criminales podrían actuar casi impunemente). En cambio, Seguidores que prefieren atacar sectores cercanos a los *hot spots* más evidentes observan un beneficio más alto en esos sectores, que les compensa el riesgo que corren; pero a la vez tienen una mayor probabilidad de ser capturados producto de la mayor presencia policial.

Cluster	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
0	0,006	0,004	0,042			0,000	0,208
1	0,006	0,004	0,042	0,052		0,084	0,133
2				0,137			
3	0,000	0,059	0,150		0,066	0,000	0,017
4				0,137			
5	0,000		0,042		0,000		0,000
6	0,045	0,202	0,162		0,025	0,185	0,000
7						0,000	0,043
8	0,000	0,059	0,042				

Tabla 10: Probabilidad de captura de cada Seguidor por bloque horario.

En la Tabla 10, podemos observar la probabilidad que tiene cada seguidor de ser atrapado por el Líder (se considera al criminal atrapado con probabilidad 1 si ataca el sector donde se encuentra algún recurso de Carabineros). Las casillas pintadas de amarillo indican que el Seguidor no atacará en ese horario, debido a que no existe probabilidad de este ataque, o a que su utilidad es nula o negativa si decide atacar. Los casilleros en verde indican un ataque con total impunidad por parte de los Seguidores. Esto se debe a que el método considera más beneficioso desplazar el ataque de dichos patrones delictuales hacia áreas donde tengan menos probabilidades de generar daño, que atraparlos.

En general, el método presenta una baja probabilidad de atrapar criminales, dándole una connotación prioritariamente disuasiva. Esta característica disuasiva se obtiene producto de que los incentivos de Carabineros para atrapar criminales incorporados al problema resultan de un valor ambiguo (se asume 0 debido a los costos en tiempo y recursos de los Carabineros de turno). Sin embargo, este valor es una simplificación y si se incorporan claros incentivos a Carabineros para atrapar delincuentes sin incurrir en el costo de atrapar al criminal, custodiarlo, llevarlo a constatar lesiones, ingresarlo al registro, etc.; entonces se obtendría un modelo que mezcla de mejor manera la disuasión con la probabilidad de captura.

Por otro lado, como la misión de Carabineros es primordialmente preventiva, se considera un buen resultado lograr desplazar a los delincuentes de los sectores donde tienen mayor posibilidad de hacer daño.

6.3 Utilidades Obtenidas y el Número de Recursos Policiacos

En el Anexo J se detallan los resultados obtenidos. Dentro de estos resultados se encuentran las Utilidades esperadas de cada Seguidor y del Líder por cada bloque horario. Si bien es cierto que la interpretación de las utilidades no es directa debido a los supuestos que se han considerado, es posible extraer algunas conclusiones de las sugerencias que hace el modelo de forma comparativa (no utilizando la “utilidad” como un beneficio absoluto en valor esperado, sino como un índice del desempeño policial en base a un sinnúmero de componentes externas y interpretarla por medio de su relación con otras utilidades). En cualquier caso, la utilidad esperada del Líder considera una sola instancia de ataque contra todos los tipos de Seguidores, sus preferencias y la probabilidad de enfrentarlos. Intentar calcular mediante éste método la pérdida mensual (por ejemplo) del Líder significa calcular cuantas veces se desarrolla el juego en ese lapso de tiempo y multiplicar por ese valor la utilidad obtenida.

Por construcción, la utilidad esperada del Líder en el juego propuesto es negativa y el problema se centra en disminuir esa pérdida (el Líder pierde cierta cantidad cuando el ladrón ataca un sector descubierto y tiene utilidad cero si el sector está cubierto). Bajo este contexto, cabe preguntarse ¿qué cantidad de recursos por horario hace que el Líder obtenga utilidad esperada cero? Esto indicaría que los Seguidores que presentan probabilidad de atacar en cada turno han sido completamente disuadidos de actuar (si actúan son capturados con probabilidad 1) o desplazados fuera del área donde logran obtener sus beneficios.

El modelo no se ve forzado a ocupar todos los recursos policiacos, aunque en general si lo hace, debido a que normalmente existe un déficit de Carabineros para lograr cobertura total. De este modo, asignando a cada horario una cantidad de recursos arbitrariamente grande, se obtiene la cantidad de recursos utilizada de la suma de las componentes del vector cobertura $[c_t]_{t \in T}$ y luego se analizan las soluciones en torno a esos valores. La Tabla 11 da cuenta de los valores obtenidos.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Utilidad Percibida	-934,820	-154,239	-146,405	-119,896	-106,081	-112,392	-813,393
Cantidad Real	9	23	23	24	24	24	9
Cantidad Óptima	27	27	27	27	27	27	27
Utilidad Óptima	0	0	0	0	0	0	0
Perdida x 1 unidad de Optimo	-76,068	-89,482	-63,167	-30,088	-68,954	-82,42	-82,66

Tabla 11: Análisis de la cantidad óptima sugerida por el modelo.

En base a estos resultados, podemos determinar que la estructura óptima contemplada por el modelo es más pareja que lo que se maneja en la realidad y que supondría un déficit de recursos de 4 parejas de Carabineros en el primer turno, 3 en el segundo y 18 en el tercero, es decir, 50 Carabineros más dedicados exclusivamente a labores preventivas (lo cual supone una cantidad excesiva y probablemente un costo muy alto para la institución, si consideramos que en total Carabineros de la 1ª Comisaría cuenta con 287 funcionarios operativos para todo tipo de labores no administrativas).

El resultado de 27 parejas de Carabineros en todos los bloques horarios supone que la extensión del terreno a proteger es muy relevante al momento de determinar la estrategia óptima (si dejas algún lugar descubierto, los delincuentes podrían obtener alguna utilidad con alguna probabilidad sin preocuparse de la posibilidad de ser detenidos y esto impediría al Líder tener utilidad cero). El efecto de la extensión del lugar a proteger es relativamente más importante que las diferencias de prioridades entre los Seguidores, ya que en conjunto, los criminales que atacan en determinado horario tienen cierta preferencia no nula a lo largo de todo el terreno.

Las utilidades esperadas del Líder, si bien aparentemente lucen como valores bastante reducidos, suponen, al ser estrictamente menores a cero, que muchos de los delitos cometidos por los delincuentes fueron perpetrados con éxito. Mientras más cercana a cero la utilidad esperada del Líder, la estrategia ha surtido mejor efecto disuadiendo, atrapando criminales o cambiando sus preferencias hacia sectores que generen menos oportunidades de delinquir. El mejor desempeño de la estrategia policial se obtiene en S₅ (entre 18 y 19.59 hrs.) y el peor desempeño se obtiene en la madrugada (S₁: entre 0 y 6:59 hrs.), debido principalmente a la baja cantidad de recursos en ese horario.

El relajar en una unidad del óptimo sugerido por el modelo, nos permite ver la pérdida de utilidad por bloque horario debido a esta falta marginal de recursos. El horario menos perjudicado es S₄ y el más perjudicado es S₂ (entre 7 y 9:59).

Realizando un análisis de sensibilidad sobre la cantidad de recursos, se obtienen las utilidades esperadas para el Líder mostradas en la Tabla 12.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Promedio
Proporción Horario	0,108	0,068	0,281	0,181	0,140	0,131	0,091	
Utilidad por 1 unidad menos	-1056,61	-178,03	-178,29	-125,52	-141,75	-131,79	-911,51	-319,21
Utilidad Percibida Utilidad por 1 unidad más	-934,82	-154,24	-146,41	-119,90	-106,08	-112,39	-813,39	-277,98
	-860,95	-130,96	-98,09	-77,49	-78,96	-92,44	-747,62	-234,76
Variación por 1 u. menos	-121,79	-23,79	-31,88	-5,63	-35,67	-19,40	-98,12	-41,22
Variación por 1 u. más	73,87	23,28	48,32	42,41	27,12	19,95	65,78	43,22

Tabla 12: Utilidades esperadas mediante un análisis de sensibilidad de la cantidad de recursos

Se puede observar en la Tabla 12 que un aumento en una pareja de Carabineros más en el tercer turno (S_1 y S_7) genera un aumento del beneficio mayor que la pérdida obtenida de una pareja menos en el segundo turno (S_4 , S_5 y S_6), aun corrigiendo por la importancia relativa del horario (se obtiene un beneficio de 13,971 por la pareja adicional en el 3^{er} turno y una pérdida de 8,54 por la pareja menos en el 2^o turno). Esto sugiere que un traspaso de personal del 2^o al 3^{er} turno puede generar un aumento de la utilidad del Líder. El promedio ponderado de este cambio en relación a la relevancia del horario es -272,552; que, si bien es marginal en comparación a agregar una pareja de policías en cada turno, representa un cambio interesante, sin incrementar los recursos policíacos, si consideramos que agregar una pareja en el 3^{er} turno y mantener el resto constante reporta una utilidad de -264,011.

6.4 Análisis sobre Cambios en las Utilidades

Se pueden realizar numerosos análisis sobre las respuestas del modelo en base a cambios en las utilidades de los jugadores. En esta sección sólo abordaremos brevemente dos tipos de cambios: en el castigo percibido por los delincuentes por ser atrapados y en los incentivos de los policías a atraparlos. Por simplicidad escogeremos solo el horario S_5 para realizar los experimentos (horario punta de la tarde: de 18 a 19:59 hrs.).

Cambios en los Castigos Percibidos por los Delincuentes

Los castigos impuestos a los delitos están considerados generalmente como una cierta cantidad de tiempo en que el delincuente pasará recluso (y en algunos casos como multas económicas). Sin duda que el fin de estos tipos de penalizaciones tiene como objetivo disuadir a posibles delincuentes de actuar o, en su defecto, sacarlos de circulación si es que no fueron disuadidos.

Resulta interesante saber qué tan relevante es para los criminales las consecuencias futuras de sus actos. Si ellos no perciben el peso real que significa estar, por ejemplo, 1 año encarcelado, este tipo de castigos carece de un sentido preventivo y solo se potencia un mayor gasto en cárceles y el hacinamiento de presos.

Dentro del marco de la racionalidad, existen muchos factores que pueden incidir en esta baja percepción de las consecuencias futuras de sus actos en términos de estos castigos. Algunos de estos factores tienen que ver con que el delincuente no percibe un riesgo real de ser atrapado o juzgado o, debido a una mentalidad cortoplacista, siente de forma más pronunciada el posible beneficio que puede tener hoy robando que los castigos futuros. Otros factores tienen que ver con el hecho de que para cierto tipo de criminales la cárcel no representa completamente un castigo. Hay algunos que se sienten orgullosos de poder destacar entre otros delincuentes, otros que generan oportunidades de más delitos en conjunto con otros presos, etc. También están los delincuentes que roban producto de necesidades apremiantes, como adicción a drogas (y por lo tanto la dimensión del riesgo de caer en presidio que corren se ve muy reducida en comparación a su necesidad imperiosa de conseguir más dinero. En este caso no es una baja percepción del castigo lo que motiva al criminal, sino el alto beneficio de su robo, el cual no se traduce necesariamente en términos monetarios).

Debido a que estos efectos pueden ser considerados de muchas maneras en las utilidades, se ha decidido realizar un análisis de sensibilidad de la respuesta del modelo en base a la percepción del castigo que tiene cada tipo de conducta delictiva identificada en la base de datos. Siguiendo la línea de los supuestos hechos en la confección de las utilidades, el factor relevante que determina cuanto afectan los castigos de largo plazo a los criminales es la tasa de descuento de los pagos que dejan de percibir por estar presos (análisis más profundos de los tipos de comportamiento y de su incidencia en las utilidades contempladas se proponen como trabajo futuro). La Tabla 13 da cuenta de un análisis sobre cambios en las utilidades del Líder debido a cambios en la tasa de descuento de los Seguidores. No se consideraron tasa de descuento diferentes por tipo de Seguidor.

Tasa de Descuento	Utilidad Esperada	Diferencia
35%	-70,510	35,571
38%	-87,144	18,937
39%	-91,847	14,234
40%	-106,081	0
41%	-120,266	-14,185
42%	-137,268	-31,187
45%	-148,199	-42,118

Tabla 13: Variaciones de la utilidad esperada en base a cambios en la tasa de descuento.

Pequeños cambios en la tasa de descuento no representan una variación muy significativa en la utilidad del Líder si la comparamos con el efecto de incorporar una pareja de Carabineros en cualquier horario. Sin embargo, para variaciones más grandes, este efecto se vuelve más importante, igualando el efecto global de incorporar o quitar una pareja de Carabinero en cada turno.

En este sentido, podría resultar más beneficioso utilizar esfuerzos en generar castigos que disuadan de actuar a los posibles criminales, que inyectar recursos en personal (incorporar una pareja de Carabineros en cada turno representa el pago mensual de al menos 6 personas más). Y por otro lado, el costo de un sistema penitenciario que no tiene un efecto preventivo, tiende a incrementarse rápidamente con los niveles actuales de delincuencia, lo cual significaría otro incentivo para buscar formas alternativas de penalizar crímenes.

Cambios en los Beneficios Percibidos por Carabineros

Otro análisis que resulta interesante es considerar los incentivos de Carabineros alineados con los de la sociedad. Para esto es necesario trabajar en los costos que supone atrapar un delincuente para Carabineros. Existen experiencias internacionales en la reducción de dichos costos; una de ellas se menciona en la sección 4.5 con la incorporación de buses averiados como centros de detención y procesamiento de detenidos, con el objetivo de reducir el tiempo de detención y procesamiento de los detenidos en Nueva York. De esta forma, se lograría incentivar la captura de criminales menores y sería posible alinear los incentivos sociales con los de la policía.

También es necesario trabajar con los indicadores de desempeño que posee Carabineros y estudiar si no generan desviaciones del beneficio social.

Suponiendo los incentivos de Carabineros alineados con los de la sociedad, cabe preguntarse qué valor se debe asignar a la utilidad del Líder por la captura de cada tipo de criminal. Es fácil aceptar el supuesto de que existe un mayor incentivo a atrapar aquellos criminales que generen potencialmente un mayor daño. Como el daño causado por el criminal se está medido por el momento por medio del avalúo económico de las especies sustraídas (a falta de mejores indicadores que incorporen factores como la violencia), se utilizarán múltiplos de este valor como el incentivo de la policía a atrapar al criminal.

Basándose en conceptos de economía, las personas estarían dispuestas a tomar un riesgo valorado en hasta \$C para evitar la pérdida de \$C mediante un robo o hurto (no estarían dispuestas a arriesgar más que el monto del avalúo económico de los bienes sustraídos y cualquier riesgo valorado en una suma menor que este monto les genera una utilidad mayor que sufrir el delito sin asumir ese riesgo). Basándose en esto, con una mejor cobertura policial no solo se podría evitar el robo de los \$C (no se observa la pérdida de los \$C en la utilidad del Líder), sino que además se observa un beneficio adicional de \$C por el riesgo evitado a la víctima. Luego, el beneficio de cubrir el lugar t contra el Seguidor γ , $U_L^{\gamma,c}(t)$, es igual al avalúo esperado del monto sustraído

por γ , si tuviera éxito, multiplicado por la probabilidad de que γ ataque t. En otras palabras:

$$U_L^{\gamma,c}(t) = U_L^{\gamma,u}(t) = -U_S^{\gamma,u}(t)$$

Bajo estos supuestos, se obtuvo un valor esperado de la utilidad del Líder de -104,579 en el bloque horario S₅; lo cual no es significativamente mejor que los -106,081 observados sin el alineamiento de los incentivos.

Estos números pueden ser interpretados de varias formas. Primero que todo, la utilidad del Líder sigue siendo negativa (con el alineamiento de incentivos, el valor esperado de la utilidad no tiene por qué ser menor a cero), lo cual significa que siguen habiendo delitos perpetrados con éxito bajo este nuevo “juego”.

Otro punto a considerar es que, a pesar del mayor incentivo a atrapar delincuentes, el número escaso de recursos policíacos no permite evitar significativamente los daños percibidos. Esto puede deberse a varios factores. Uno de ellos es que al cambiar de una estrategia esencialmente disuasiva a una más punitiva se centra aún más la atención en los tipos de criminales más valiosos (o más costosos de no atrapar), privilegiando su captura; y se descuida aun más a los tipos de delincuentes menos valiosos, los que actúan con mayor libertad. Esto anula el beneficio de concentrarse en los Seguidores más importantes. El otro posible efecto es que, aún incorporando estos factores, al no haber un cambio importante de prioridades entre los Seguidores, la estrategia general no cambia significativamente (el Líder ya estaba motivado a atrapar o disuadir al criminal por medio de evitar el robo, lo cual está medido como el avalúo del monto robado. El alineamiento de incentivos medido de esta forma solo amplifica la misma preferencia de enfrentarse ante cada tipo de criminal).

La siguiente tabla muestra una comparación entre las utilidades del Líder con y sin incentivos alineados, relacionándolas con la probabilidad de encontrar cada Seguidor en el horario S₅ y el avalúo promedio sustraído por cada tipo de contrincante.

Cluster	Prob en S5	Avalúo	Utilidad Normal	Utilidad con incentivos	Diferencia
0	0,603	91.175	0,000	0,000	0
1	0,049	104.448	0,000	0,000	0
2	0,000	67.976	-97,285	-623,797	-526,512
3	0,012	225.985	-1144,043	-1064,039	80
4	0,000	87.650	-577,944	-5060,887	-4482,943
5	0,066	108.717	-1076,000	-1076,000	0
6	0,033	69.481	-646,574	-630,148	16,426
7	0,000	69.246	-1686,222	-267,894	1418,328
8	0,238	109.174	0,000	0,000	0

Tabla 14: Cambio en las utilidades del Líder contra cada Seguidor con y sin incentivos alineados

En base a la Tabla 14, podemos ver con letras de color rojo los Seguidores que tienen probabilidad 0 de presentarse en este juego (y por lo tanto, los cambios en la utilidad de estos jugadores no significan nada). En color amarillo se ven los aumentos de la utilidad del Líder contra cada tipo de Seguidor y en verde las disminuciones de esta utilidad. De esto se puede concluir que, si bien existe una mejora (las disminuciones de la utilidad no se consideran pues los Seguidores correspondientes no están presentes); no existe un cambio significativo en la estrategia producto del alineamiento de incentivos de Carabineros con la sociedad, al menos bajo los supuestos bajo los cuales fue planteado. Todos los cambios en la estrategia ocurren en los segmentos de presencia marginal o nula en el horario y, de existir, estos cambios resultan ser muy pequeños.

Con esto se reafirma que el alineamiento de incentivos tal como fue planteado no genera cambios en las prioridades de enfrentarse a cada Seguidor y por lo tanto, la estrategia vista es básicamente la misma con y sin alineamiento de incentivos.

6.5 Análisis sobre Cambios en los Horarios

Se analizará el impacto que tiene planificar cada turno de Carabineros como si no existieran diferencias significativas en el comportamiento de la delincuencia dentro de dicho turno.

Las siguientes tablas dan cuenta de las probabilidades de enfrentarse a cada Seguidor en cada turno (calculadas de forma análoga al caso con 7 tipos de bloque horario) y las utilidades obtenidas de la estrategia por turnos.

Cluster	T1	T2	T3	Total Cluster
0	0,605	0,445	0,301	1815
1	0,050	0,081	0,086	679
2	0,000	0,113	0,000	545
3	0,018	0,014	0,039	369
4	0,000	0,062	0,000	405
5	0,068	0,078	0,210	808
6	0,022	0,031	0,023	419
7	0,000	0,072	0,118	575
8	0,237	0,104	0,223	1110
Total Horario	727	457	1892	

Tabla 15: Probabilidad de enfrentarse a cada Seguidor en cada turno de Carabineros

	Utilidad	Probabilidad
T1	-149,166	0,349
T2	-132,787	0,452
T3	-921,797	0,199
Total	-295,606132	

Tabla 16: Utilidades esperadas del Líder por cada turno

Al comparar la estrategia policial sugerida por el modelo con una más sencilla basada solo en los turnos del personal, se obtiene una pérdida de utilidad esperada en esta última. La estrategia por turnos tiene una utilidad esperada de -295,606 y la estrategia basada en los horarios significativos -277,98. Esta diferencia de 17.626 es mayor a la que obtenemos al redistribuir la cantidad de personal entre los turnos, al agregar una pareja más de policías en el turno que más lo necesita (turno 3) o variar levemente la percepción del castigo que les espera a los delincuentes si son detenidos.

Esto nos permite establecer que existe un empeoramiento en la estrategia policial si no se consideran los cambios horarios relevantes. Sin embargo, hay que tener cuidado de dividir mucho los datos entre categorías (como por ejemplo, horarios del día, días de la semana, meses del año, etc.), ya que si bien esto genera una mejora de los indicadores del modelo, éste puede dejar de representar la realidad en algún momento debido a la escasez de datos por categoría (no es posible establecer una función distribución sobre el espacio con pocos datos, ya que deja de ser representativo de lo que sucede en el largo plazo y se potencian sucesos circunstanciales que no tienen que ver necesariamente con tendencias de comportamiento).

Considerando esto, el número de 9 Seguidores y 7 bloques horarios divide suficientemente los datos en categorías como para permitir identificar tendencias (lo que se traduce en una mejor estrategia policial en términos de utilidad esperada por el Líder), pero no los divide tanto como para no poder traducir esos datos en las distribuciones espaciales características de cada tipo de Seguidor.

Una posible solución a la obtención de pocos datos producto de subdividir mucho la muestra, es utilizar una ventana de tiempo mayor a 2 años en la información incorporada al modelo. Sin embargo, emplear ventanas de tiempo muy grandes puede inducir a errores si existen cambios significativos en las tendencias de comportamiento de los delincuentes (se podría eventualmente calibrar el modelo en base a tendencias que ya no existen, lo cual, si bien se pretende corregir mediante la probabilidad de enfrentarse al criminal, puede conducir a resultados erróneos).

7. CONCLUSIONES

Los resultados entregados por la herramienta son, de un punto de vista cualitativo, de acorde con lo que sugiere la intuición al compararlos con las distribuciones de los delitos por bloques horarios. Esto permite cuantificar y sistematizar dicha intuición y propagar las buenas prácticas dentro de la organización. De esta forma, es posible entregar una información mucho más completa a Carabineros sobre lo que se espera que suceda en cada turno en base a los datos de denuncias y a la configuración del espacio a proteger; y aconsejar una respuesta a la planificación del uso de sus recursos en terreno basado en estos datos.

Sin embargo, esta herramienta no pretende suplantar la experiencia e intuición del personal de Carabineros, sino complementarlas. Existe mucha información que no está incorporada a la base de datos de denuncias y parte de ella está sesgada (por tipo de

lugar, por tipo de delito, por tipo de víctima, etc.) y no permite ser inferida a partir de estos datos. A este nivel, se vuelve importante trabajar en otros mecanismos de generación y traspaso de la información, y la experiencia e intuición entrenada por esta experiencia que tiene Carabineros no es reemplazable por un modelo basado en datos de denuncias.

Por otro lado, una vez que se tiene la información apropiada (la cual es mucha y de diversas índoles), es necesario articularla como un todo y generar una estrategia apropiada que aproveche dicha información. El modelo se presenta como una herramienta articuladora que se nutre de estas diversas fuentes de información y genera una respuesta “inteligente” una vez alcanzado el equilibrio. En este sentido, éste tiene un gran valor como ayuda a la toma de decisiones operativas sobre la asignación de recursos en terreno y tiene un enorme potencial si se logran resolver ciertas barreras (algunas de las cuales se sugieren en la sección de Trabajo Futuro).

La experiencia de Carabineros jugará un rol fundamental al momento de corroborar los lugares relevantes a proteger, formar los segmentos de Seguidores, etc.; y se puede buscar la forma incorporar al modelo la experiencia e intuición no reflejadas en la base de denuncias mediante cambios en los parámetros. Sin embargo, no basta con saber donde atacarán los delincuentes con una gran probabilidad, sino que hay que determinar qué hacer con esa información (el territorio a proteger es amplio y los recursos de Carabineros limitados; una concentración excesiva de recursos en los puntos más vulnerables puede generar la desprotección de otros sectores y el incentivo a los criminales a desplazar sus preferencias de ataque. Estos factores deben ser contemplados al generar la estrategia de Carabineros).

La respuesta “inteligente” sugerida por el modelo tiene que ver con sus características claves: estrategia aleatorizada con pesos para evitar patrones conductuales, la consideración de que el Seguidor es consciente de la probabilidad de enfrentarse al Líder en cada punto del mapa y actúa considerando esto, etc. De esta forma, se responde a una necesidad de focalización de la estrategia policial en las áreas más conflictivas, sin descuidar otros sectores del terreno con una concentración de delitos menos pronunciada. Esto permite una mayor equidad de la presencia policial en el terreno a proteger en relación a una estrategia que solo contempla unos pocos lugares evidentes, como es la estrategia actual; haciéndose cargo en parte de las expectativas de la población sobre la labor policial (quienes atribuyen como causa de la delincuencia en su barrio la falta de presencia policial).

Así, el modelo supone una ventaja sobre los métodos actuales de planificación del turno, los que solo consideran los *hot spots* más evidentes. La herramienta propuesta, en cambio, utiliza concentraciones delictuales de carácter media y alta, y permite abordar un 88.23% de los delitos reflejados en la base de datos de denuncias mediante solo 119 sectores conflictivos. Cabe destacar que no son considerados patrones delictivos que escapen a tendencias espacio-temporales, esto porque las características inherentes de la vigilancia preventiva sugieren centrarse en dichos patrones.

Carabineros prioriza en relación a la urgencia de delitos ya informados, por ejemplo, un robo en proceso a un banco es muy distinto a un robo ya consumado; lo

cual se refleja, entre otras cosas, en los tiempos de respuesta que deben cumplir para llegar al sitio del suceso y en la prioridad con que atienden el llamado. Sin embargo, este tipo de priorización no se relaciona directamente con las estrategias preventivas. En materias preventivas, Carabineros no prioriza por tipo de delito (robo con fuerza, robo con violencia y hurtos), a pesar de la clara diferencia de su impacto en la victimización y sensación de temor. Esto presenta una ventaja de la herramienta en el ámbito de la focalización de su estrategia.

Otra diferencia entre la forma de modelar los sucesos delictivos por Carabineros y el propuesto en esta investigación, es que Carabineros filtra por tipo de delito antes de generar las concentraciones delictuales. Esto da cuenta de las tendencias más marcadas de delitos en ciertas áreas, pero ignora ciertas áreas vulnerables compuestas por más de un tipo de delito. El enfoque propuesto se basa en la prevención situacional y en la asignación de las preferencias de los delincuentes a sectores que privilegian la oportunidad y la aparición de víctimas. De esta forma, lo primero que es relevante no es identificar los tipos de delitos para determinar posteriormente los lugares a proteger, sino determinar los lugares vulnerables para luego identificar las componentes asociadas que los hacen más propensos a la delincuencia. Estas componentes, que inciden en la mayor o menor presencia de delitos en un lugar, fueron las que se utilizaron para determinar los distintos Seguidores del juego de Stackelberg. De esta forma, los Seguidores no representan de forma pura un tipo de delito (robo con fuerza, robo con violencia, hurto, o alguna de sus subcategorías), sino que pretenden dar cuenta de las tipologías de criminales en base a las características del sector que pretenden atacar y a características particulares del crimen.

La solución entregada por la herramienta pretende principalmente desplazar el comportamiento de los distintos tipos de criminales hacia sectores donde ellos tienen una menor probabilidad de tener éxito (debido principalmente a que se les priva de actuar en los lugares que generan una mayor cantidad de oportunidades de delinquir), y atraparlos con una probabilidad más alta si es que desviar el comportamiento resulta demasiado costoso. Esto genera un menor perjuicio social del actuar criminal, pero no erradica la delincuencia.

Debido a que la mejor estrategia policial genera para los delincuentes una reducción de las ganancias esperadas (debido al desplazamiento que se ven forzados a hacer de sus lugares predilectos de ataque) y en algunos casos, aumento del riesgo que corren al ser capturados; es posible esperar que los criminales vayan en busca de otros territorios más desprotegidos dentro o fuera del terreno a proteger por la Comisaría (si el delincuente desplaza sus preferencias dentro del terreno, el modelo genera una respuesta apropiada; pero no considera lo que sucede fuera del territorio). Para lograr un menor costo social de la delincuencia, es necesario coordinar una estrategia policiaca a través de los terrenos correspondientes a las distintas comisarías y comunas. De otro modo, existe la posibilidad de que se bajen los niveles de delincuencia de un sector a costa de otros y el efecto global de la estrategia sea incierto.

Otro factor importante a considerar es que a partir de los datos entregados por el modelo se pueden realizar una serie de análisis sobre cómo afecta al desempeño

policial cambios en los diversos factores que influyen en la planificación de la vigilancia preventiva. En este sentido, la herramienta sirve como una forma de apoyo en la toma de decisiones no solo en cuanto a cómo debe ser la distribución de personal de Carabineros en terreno, sino también hacia donde deberían ser orientados los esfuerzos para obtener mejores resultados de dicha estrategia de distribución.

Los análisis que pueden realizarse son muy diversos y queda para trabajo futuro profundizar más en ellos y contrastarlos con la evidencia empírica. Algunos de los contemplados son: costos y beneficios relativos acerca de agregar, quitar o redistribuir personal de Carabineros a lo largo de los turnos, impacto relativo del aumento del costo percibido por los delincuentes, impacto del beneficio observado producto de la generación de mejores incentivos para atrapar criminales (reducción del tiempo de registro y traslado del detenido), etc.

Los cambios analizados que más afectan al desempeño policial son: cambios en la percepción del castigo que perciben los delincuentes y cambios en la cantidad de personal de Carabineros por turnos (una redistribución del personal puede generar un beneficio sin generar un costo, y al agregar recursos se obtiene un beneficio neto producto de la estrategia de asignación de recursos que debe ser contrastada con su costo). Además, el no considerar una planificación que contemple los cambios significativos en la delincuencia a lo largo del día puede empeorar considerablemente el desempeño policial. Finalmente, los alineamientos de incentivos de la policía con la sociedad resultaron no ser de gran importancia para el modelo, presumiblemente debido a que el modo de considerar este efecto no afecta las preferencias de atrapar los distintos tipos de criminales.

7.1 Factores a Considerar para la Implementación del Modelo

En base a las posibilidades de implementación de este tipo de herramientas, es necesario considerar varios factores, los cuales se dividen en 2 categorías: factores institucionales de Carabineros y factores contextuales.

Dentro de los factores institucionales de Carabineros, destaca su ideología de carácter militar cerrada y jerárquica. Incorporar este tipo de herramientas implica convencer al alto mando de Carabineros de que existe una necesidad de cambio y que las cosas se pueden hacer de una mejor forma que beneficie a la institución y a la comunidad. Es difícil incorporar este tipo de ideas desde fuera de la institución, en particular porque Carabineros, siendo una institución prestigiosa internacionalmente, tiene pocos incentivos a considerar críticas externa o dejar que personas ajenas a la organización interfieran en el modo de realizar sus labores. Carabineros, hoy en día, no prioriza por tipo de delitos en materias preventivas, solo prioriza, de forma reactiva, los llamados a emergencias. Además, la información que se otorga antes de cada turno para organizar la vigilancia preventiva solo habla de las tendencias más evidentes por tipo de delito y deja a juicio del personal operativo el cómo distribuir su tiempo para cubrir dichos sectores. Si bien la experiencia y la intuición es un factor crucial en cualquier labor, siempre es recomendable tratar de analizar y reflejar de forma más sistemática los procesos y factores que generan una toma de decisión acertada, de modo de poder compartir esa experiencia a otros sectores de la institución, transmitírsela a los nuevos miembros de la organización y corregir malas decisiones.

En general, la labor de terreno suele ser llevada a cabo de a 2 personas, donde siempre es necesario contar con alguien experimentado que guíe a los policías novatos. Una herramienta que sistematice parte de esta experiencia tiene el valor de disminuir esta dependencia, liberar recursos valiosos y difundir parte de las buenas prácticas en temas de vigilancia.

Otro factor institucional de Carabineros, consiste en transmitir estas nociones de cambio de modo que haga sentido a lo largo de toda la organización y generar prácticas e incentivos de acuerdo a los quiebres encontrados. Es importante motivar e incluir al personal en la toma de decisiones. Muchas veces el carácter jerárquico de Carabineros ocasiona que las decisiones tomadas hagan sentido al alto mando, pero que los policías de mandos medios o bajos no comprendan a cabalidad la razón de dichas decisiones, o que sientan incentivos contradictorios (como puede ser el hecho de aprehender a un ladrón de poca monta, lo cual puede generar mucho esfuerzo, papeleo y tiempo perdido, y seguramente quedará en libertad pronto; o también como puede ser el hecho de recibir denuncias, por ejemplo, de robos sin imputado conocido, donde se deberá realizar trabajo e investigación que generalmente es infructuoso).

Dentro de lo que atañe directamente al modelo propuesto, se encuentra la aleatoriedad de la estrategia policial. Es necesario hacer comprender que en ocasiones el modelo indicará la necesidad de presencia policial en sectores donde es relativamente menos probable que ocurran delitos. Sin embargo, en el largo plazo, este tipo de indicaciones genera cambios en la conducta de los delincuentes que conllevan a una pérdida social menor. Para incentivar este tipo de acciones, es necesario generar indicadores que no restrinjan el éxito de la conducta policial a cuántos individuos lograron capturar, sino a cuántos robos lograron evitar. La presencia de Carabineros tiene un rol disuasivo que debe ser considerado como un factor importante en materias preventivas y los mismos Carabineros deben tomar conciencia del valor de esta disuasión (y tener un reconocimiento dentro y fuera de la institución de este factor).

También debe ser incorporado a la herramienta otro tipo de recursos policiales, tales como patrullas, furgones, motos y retenes móviles; de modo de poder coordinar de forma conjunta el actuar de todos esos agentes en la vigilancia preventiva.

Dentro de los factores contextuales, cabe mencionar el valor que tiene integrar la vigilancia preventiva de Carabineros con la acción de otros agentes, como la PDI, guardias municipales y la misma comunidad. Para esto, es necesario establecer formas más eficientes de intercambio de información entre estos agentes y generar incentivos interinstitucionales que permitan la colaboración entre ellos. No es menor determinar qué información es apta y útil para compartir. Carabineros no puede entregar información detallada sobre la distribución de la delincuencia en el mapa, ya que podría generar reacciones adversas (ladrones pueden beneficiarse de esta información, la gente podría estigmatizar ciertos barrios innecesariamente, etc.). Por otro lado, dicha información puede ser útil para concientizar a la sociedad sobre conductas riesgosas y evitar la ocurrencia de crímenes al privar a los delincuentes de la oportunidad para cometerlos. También puede impactar positivamente en cómo la comunidad percibe la labor de Carabineros, ya que, como cualquier empresa de servicios (aquí el servicio entregado es “seguridad”) la institución debe ser capaz de manejar las expectativas

que tiene la gente de su labor para reducir la brecha entre lo esperado y lo percibido por sus clientes (la comunidad, los fiscales, etc.).

Sin embargo, no es posible establecer cambios significativos en la reducción de la delincuencia solo por medio del actuar policial. Es importante considerar la integración de esta estrategia con otros ámbitos de la prevención situacional y prevención social, como por ejemplo, utilizar estrategias de diseño del entorno apropiadas para impedir el actuar delictivo o, en su defecto, de modo tal que favorezca el actuar policial. Algunos de estos tipos de prevención escapan a las labores que realiza Carabineros, a pesar de que su mejor o peor manejo incide en la percepción de la labor policiaca, lo cual debería ser tomado en consideración al momento de evaluar su desempeño.

8. TRABAJO FUTURO

Este trabajo tiene el carácter de una aproximación inicial al método propuesto. Como tal, existen diversas modificaciones y refinaciones que serían interesantes tomar en consideración antes de pensar en una aplicación real de la herramienta.

Estas consideraciones se dividen en dos grandes grupos: las que tienen que ver con la implementación de la herramienta y las que tienen que ver con refinaciones de la herramienta.

Algunas de estas modificaciones y temas de estudio pendientes que se visualizan a este nivel de la investigación y que se proponen como trabajo futuro, son:

I. Consideraciones relacionadas a la implementación de la herramienta:

1. Integrar la herramienta con los paradigmas institucionales de Carabineros. Para esto, es necesario que el alto mando de Carabineros visualice las ventajas de priorizar por tipo de delito al momento de establecer sus estrategias preventivas y que comprenda cómo la vigilancia mediante técnicas aleatorizadas puede incrementar su desempeño en el largo plazo al disminuir la predictibilidad de sus actos. También es necesario que comprendan la implicancia que puede tener un mejor desempeño en relación a la cantidad de recursos disponibles, que logren transmitir estos conceptos de forma fehaciente a toda la institución de modo tal de generar políticas de implementación que motiven a todo el cuerpo de Carabineros y que alineen su estrategia con el bien social. Además, Carabineros deberá establecer estrategias combatir los posibles detractores internos y externos del cambio.
2. Resultaría interesante lograr coordinar los esfuerzos en materia preventiva de las diversas instituciones involucrada en temas de seguridad (Carabineros, Policía de Investigaciones, Municipalidades, etc.), de modo tal de complementar las estrategias de vigilancia y lograr un mejor efecto en la reducción de la victimización y la sensación de inseguridad de la ciudadanía (la coordinación entre Carabineros y la PDI es principalmente a través de los fiscales y por lo tanto, se relaciona con la labor investigativa y no preventiva). Esta coordinación debería efectuarse además de forma coordinada entre los

distintos terrenos de las comisarías, de forma de impedir que un mejor desempeño de una ocasionara un perjuicio en los terrenos circundantes (si los delinquentes ven un incremento del costo de delinquir en el terreno que es responsabilidad de una comisaría, el efecto podría no ser la reducción de la delincuencia, sino su traslado a comunas o comisarías cercanas).

3. La implementación del método debe incluir a la comunidad (*community policing*). En el caso del terreno de la 1ª Comisaría, esta comunidad debe incluir no sólo a la población residente, sino también a la población flotante (los principales delitos del sector se asocian a la gente que está de paso en la comuna).
4. Es posible obtener mejores resultados modificando la configuración de los espacios vulnerables. De esta forma, se lograría una disminución del valor esperado por delinquir, junto con un aumento del riesgo y los costos sin necesidad de utilizar directamente los recursos policíacos (por ejemplo, mediante intervención de la Municipalidad). Sería interesante considerar estudios de urbanidad relacionados con la criminología (iluminación, accesos, áreas verdes, plazas, espacios abiertos, seguridad de edificios, etc.) y utilizarlo como medida complementaria al modelo.

II. Trabajo futuro relacionado con refinaciones de la herramienta:

1. En relación a la probabilidad p^γ de enfrentarse a cada tipo de delincuente γ , es posible realizar estudios que permitan predecir la probabilidad con que cada segmento atacará en el periodo siguiente de forma más precisa. Una forma de realizar esta predicción, consiste en estimar modelos del estilo ARIMAX (*Auto-Regressive Integrated Moving Average with eXtra process*) o redes neuronales en base a periodos pasados, para poder determinar el nivel de delincuencia por tipo de delincuente y traducir esos valores a probabilidades. De esta forma, se puede representar de mejor manera las estacionalidades y tendencias de las distintas tipologías de delinquentes y se pueden realizar análisis econométricos (especialmente en el caso de utilizar ARIMAX) para establecer el grado de representatividad de cada variable, la presencia de endogeneidad, etc., mediante test de hipótesis.
2. Pueden incluirse nuevas variables consideradas a priori como posiblemente relevantes para realizar la segmentación por tipo de delincuente e indagar en otros métodos no contemplados en este trabajo. Las herramientas escogidas para realizar la segmentación utilizaron criterios concretos de evaluación (Davies-Bouldin y varianza intragrupo de los *clusters*), pero existen muchas otras métricas y técnicas que no fueron abordadas por ser excesivamente complejas para esta etapa de la investigación o por consumir demasiados recursos en términos de tiempo y memoria computacional (como es el caso de técnicas como *k-means* con kernel). Un estudio más acucioso de las

innumerables técnicas de selección de atributos y segmentación existentes puede arrojar mejores *clusters* a considerar por el modelo y enriquecer su respuesta.

3. Existen estudios acerca de la movilidad de los *clusters* en el tiempo que pueden ser incorporados al momento de designar los sectores relevantes a proteger. En este trabajo se asume que las condiciones que ocasionaron el atractivo de un lugar para los delincuentes se mantienen relativamente estables en el tiempo, lo cual puede inducir en imprecisiones al momento de utilizar la herramienta.
4. Es necesario realizar estudios más precisos sobre el impacto social de los distintos tipos de delitos. Las utilidades contempladas en este trabajo solo representan una estimación del costo económico asociado directamente a cada acto delictivo, y no considera el costo de la inversión pública y privada en temas de seguridad, la violencia sufrida por las víctimas de los delitos, los cambios en la sensación de temor de la ciudadanía producto de la victimización de sus congéneres y de la influencia mediática al respecto, etc.
5. Existe la posibilidad de relajar algunos de los supuestos entregados por el modelo, de modo de hacer más robusta la respuesta que éste otorgue. Algunas de estas relajaciones son: utilizar estrategias ε -óptimas [23] (esto otorga una respuesta a una distancia ε del óptimo, permitiendo incorporar estrategias donde los Seguidores no sean completamente racionales o no tengan la perspectiva de analizar por completo todas las implicancias de sus acciones), visualización parcial de las estrategias del Líder [23], estrategias conjuntas para los recursos policiales (las utilidades del Líder pueden cambiar según la cercanía o no de otras unidades policiales. Esto con el fin de establecer estrategias conjuntas para atrapar criminales entre unidades policiales presentes en *hot spots* cercanos), etc.
6. Estudiar la posibilidad de transformar el vector de cobertura $[c_t]_{t \in \mathcal{T}}$, que es esencialmente estático, en un patrullaje que cumpla con esas probabilidades de frecuencia en el largo plazo y que no induzca predictibilidad en el comportamiento policiaco.
7. Incorporar otros tipos de recursos policiacos que no sea a pie (patrullas, motos, retenes móviles y furgones) y determinar la estrategia conjunta para todos esos recursos de forma integrada.

9. BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE INFORMACION

- [1] BLANCO Javiera. Debate en Seguridad Ciudadana. Presentación en el Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. Agosto 2010.
- [2] BLANCO Rafael, ZANLUNGO Juan Pablo “et al”. Estudio sobre el Impacto de la Reforma Procesal Penal en Carabineros de Chile. Universidad Alberto Hurtado. 2003.
- [3] BRAGA Anthony. Hot spots policing and crime prevention: A systematic review of randomized controlled trials. *Journal of Experimental Criminology*, 1 (3): 317-342. 2005.
- [4] CALDERÓN Giovanni. Presentación Plan Chile Seguro. Montevideo. Agosto 2010.
- [5] Carabineros de Chile. Cuenta Pública 2009: Santiago. Septiembre 2009.
- [6] Centro de Estudios Públicos. Encuesta Nacional de Opinión Pública. [en línea] www.cepchile.cl. Octubre 2009. [Consulta: 13 octubre 2010].
- [7] Centro Internacional para la Prevención de la Criminalidad. Estrategias y Mejores Prácticas en la Prevención del Delito. Bangkok. Abril 2005.
- [8] CORCORAN Jonathan, WILSON Ian, WARE J. Andrew. Predicting the geo-temporal variations of crime and disorder. *International Journal of Forecasting*, 19 (4): 623-634. 2003.
- [9] DAVIES D. L., BOULDIN D. W. A cluster separation measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-1 (2): 224-227. 1979.
- [10] DIPRES. Informe Final de Evaluación: Programa Plan Cuadrante de Seguridad Preventiva. Junio 2007.
- [11] División de Seguridad Ciudadana, Ministerio del Interior. Políticas de Seguridad Ciudadana en Europa y América Latina: Lecciones y Desafíos. Chile. Marzo 2004.
- [12] DY Jennifer, BRODLEY Carla. Feature Selection for Unsupervised Learning. *Journal of Machine Learning Research*, 5: 845-889. 2004.
- [13] ESTER Martin, KRIEGEL Hans-Peter, SANDER Jörg, XU Xiaowei. A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise. Institute for Computer Science, University of Munich. 1996.
- [14] Fundación Paz Ciudadana. Índice Paz Ciudadana-Adimark 2009. [en línea] www.pazciudadana.cl. 2009. [Consulta: 13 octubre 2010].
- [15] Fundación Paz Ciudadana. Memoria 2008. [en línea] www.pazciudadana.cl. 2008. [Consulta: 13 octubre 2010].
- [16] Fundación Paz Ciudadana. Resumen Estadísticas Carabineros de Chile (2007). [en línea] www.pazciudadana.cl. 2008. [Consulta: 13 octubre 2010].

- [17] FURTADO Vasco, MELO Adriano, COELHO André, MENEZES Ronaldo, PERRONE Ricardo. A bio-inspired crime simulation model. *Decision Support Systems*, 48 (1): 282-292. 2009.
- [18] Gobierno de Chile, Ministerio de Interior. Delitos de Mayor Connotación Social [En línea] http://www.seguridadpublica.gov.cl/delitos_de_mayor_connotacion_social.html [Consulta: 10-11-10]
- [19] Gobierno de Chile, Ministerio de Interior. Plan Chile Seguro. [En línea] www.planchileseguro.cl/home/plan-chile-seguro.html [Consulta: 25-10-10]
- [20] GORR Wilpen, HARRIES Richard. Introduction to crime forecasting. *International Journal of Forecasting*, 19 (4): 551-555. 2003.
- [21] GORR Wilpen, OLLIGSCHLAEGERB Andreas, THOMPSONC Yvonne. Short-term forecasting of crime. *Journal of Forecasting*, 19 (4): 579-594. 2003.
- [22] INFOIUS Ltda. Diccionario Jurídico Chileno. [En línea] www.juicios.cl/ [Consulta: 01-12-10]
- [23] JAIN Manish, PITA James, ORDÓÑEZ Fernando, TAMBE Milind, Kraus Sarit. Robust Solutions to Stackelberg Games: Addressing Bounded Rationality and Limited Observations in Human Cognition. *Artificial Intelligence Journal*. 2010.
- [24] JAIN Manish, TSAI Jason, PITA James, KIEKINTVELD Christopher, RATHI Shyamsunder, ORDÓÑEZ Fernando, TAMBE Milind. Software Assistants for Patrol Planning at LAX and Federal Air Marshals Service. *Interfaces* 40 (4): 267-290. 2010.
- [25] KIM, W. Chan y MAUBORGNE Renée. Tipping Point Leadership. *Harvard Business Review*. 2003.
- [26] LEITMANN G. On generalized Stackelberg strategies. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 26 (4): 637-643. 1978.
- [27] LIU Hua, BROWN Donald. Criminal incident prediction using a point-pattern-based density model. *International Journal of Forecasting*. 19 (4): 605-622. 2003.
- [28] LOBATO José. Modelo Aplicado de Teoría de Juegos para el Estudio del Crimen en la Vía Pública. Tesis (Magister en Gestión de Operaciones), Memoria (Ingeniero Civil Industrial). Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas. Julio 2009.
- [29] LOBATO José, WEBER Richard, FIGUEROA Nicolás. Modelo Aplicado de Teoría de Juegos para el Estudio del Crimen en la Vía Pública. *Revista Ingeniería de Sistemas* 23: 49–69. Septiembre 2009.

- [30] MALLESON Nick, HEPPENSTALL Alison, SEE Linda. Crime reduction through simulation: An agent-based model of burglary. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34 (3): 236-250. 2010.
- [31] Manual de Doctrina de Carabineros de Chile. *Revista Carabineros de Chile*. Santiago, Chile. Abril 2010.
- [32] Municipalidad de Santiago. Plan Estratégico de Desarrollo Comunal. Santiago 2010.
- [33] Municipalidad de Santiago. Seguridad en el Centro. [en línea] www.municipalidaddesantiago.cl/seguridad/seguridad.php [Consulta: 13 octubre 2010].
- [34] OLAVARRÍA Mauricio. The Economic Cost of Crime in Chile. *Global Crime*, 8 (4): 287-310. 2007.
- [35] OVIEDO Enrique. Violencia Delictual y Ciudad: Evolución histórica de hurtos y robos en siete ciudades chilenas y análisis de su distribución intercomunal en el Gran Santiago. *Proposiciones*. (22): 173-207. Agosto 1993.
- [36] Policía de Investigaciones de Chile. Plan Minerva: Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de la Policía de Investigaciones de Chile 2004-2010. 200-.
- [37] Policía de Investigaciones de Chile. Nuestra Misión. [en línea]. www.investigaciones.cl/paginas/mision/MISION1.HTM [Consulta: 13 octubre 2010]
- [38] RATCLIFFE Jerry. Detecting Spatial Movement of Intra-Region Crime Patterns Over Time. *Journal of Quantitative Criminology*, 21 (1): 103-123. 2005.
- [39] RATCLIFFE Jerry. The Hotspot Matrix: A Framework for the Spatio-Temporal Targeting of Crime Reduction. *Police Practice and Research*, 5 (1): 05–23. Marzo 2004.
- [40] REPÚBLICA DE CHILE. Código Penal de la República de Chile. [En línea] <http://www.servicioweb.cl/juridico/Codigo%20Penal%20de%20Chile%20libro2.htm> [Consulta: 01-12-10]
- [41] SECPLAN. Resumen Estadístico del Censo 2002 Comuna de Santiago (Población y Vivienda). 2004.
- [42] SERPLAC Santiago. Metodología Proyectos de Vigilancia Policial. [en línea] www.serplacrm.cl. 2002. [Consulta: 13 octubre 2010]
- [43] TREISMAN Michel, FAULKNER Andrew. Generation of random sequences by human subjects: Cognitive operations or psychophysical process?. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116 (4): 337-355. 1987.
- [44] TUDELA Patricio. “Community Policing” en Chile: Contexto y Limitaciones. *Policía de Investigaciones de Chile*. 2003a.

[45] TUDELA Patricio, LENZ Alan, CAMPOS José. Experiencia de Chile en el empleo de tecnología SIG en los procesos de mejoramiento de la gestión policial y la implementación y evaluación de programas de prevención social y situacional del crimen y la violencia. Departamento de Información y Estudios, División de Seguridad Ciudadana, Ministerio del Interior de Chile. Noviembre 2003b

[46] TUDELA Patricio. Conceptos y Orientaciones para Políticas de Seguridad Ciudadana. Centro de Investigación y Desarrollo Policial, Policía de Investigaciones de Chile. 2005.

[47] VERDUGO Herrera. Deontología policial: Reflexiones y retos para las policías de la región americana. Policía de Investigaciones de Chile. Diciembre 2006.

[48] WAGENAAR W. A.. Generation of random sequences by human subjects: A critical survey of literature. *Psychological Bulletin*, 77 (1): 65-72. 1972.

[49] WANGA Shoou-Jiun, BATTAB Rajan, RUMP Christopher. Stability of a crime level equilibrium. *Socio-Economic Planning Sciences*, 39 (3): 229-244. 2004.

[50] WERTH Francisca. Prevención Social del Delito: Pautas para una intervención temprana en niños y jóvenes. Fundación Paz Ciudadana. 2006.

[51] WOLFF Markus, ASCHE Hartmut. Geospatial Crime Scene Investigation – From Hotspot Analysis to Interactive 3D Visualization. University of Potsdam, Department of Geography. 2009.

[52] XUE Yifei, BROWN Donald. Spatial Analysis with Preference Specification of Latent Decision Makers for Criminal event Prediction. *Decision Support Systems In Intelligence and security informatics*, 41 (3): 560-573. 2006.

[53] YIN, Zhengvu, KIEKINTVELD Christopher, KORZHYK Dmytro, CONIZER Vicent, TAMBE Milind. Stackelberg vs. Nash in Security Games: Interchangeability, Equivalence, and Uniqueness. *AAMAS*, 1. 2010.

10. ANEXOS

ANEXO A: Clasificación de Robos y Hurtos [16].

Hurtos:

- Apropiación de cables del tendido eléctrico o de comunicaciones.
- Hurto simple.
- Hurto de hallazgo.
- Hurto agravado (Art. 447 C.P.)
- Hurto supermercado/ otro comercio.
- Hurto falta
- Hurto simple por un valor de 4 a 40 UTM.
- Hurto simple por un valor de media a 4 UTM.
- Hurto simple por un valor sobre 40 UTM.

Robo con Violencia:

- Robo calificado.
- Robo con intimidación.
- Robo con violencia.
- Robo con sorpresa.
- Robo con homicidio.
- Robo con violación.
- Robo con castr./mutilación/lesiones gravísimas.
- Robo con retención de víctimas/ lesiones graves.

Robo con Fuerza:

- Robo con fuerza en las cosas.
- Robo bienes nacionales de uso público.
- Robo en lugar habitado.
- Robo en lugar no habitado.
- Robo vehículo motorizado.
- Robo vehículo.
- Robo accesorio de vehículo/especies interior vehículo.

ANEXO B: Variables Territoriales [41]

A continuación se presentan algunas divisiones interesantes para el análisis de la comuna. Estas variables no fueron incluidas como atributos para la determinación de las tipologías de criminales, debido a que las características de los crímenes contemplados en la 1ª Comisaría hacen suponer que las víctimas de los delitos tienen relación con la población flotante más que con la que reside en el sector. Sin embargo, podría resultar interesante incorporar estas variables para aplicar esta metodología en los terrenos de otras comisarías.

- a) Agrupaciones y Unidades Vecinales: Dan cuenta de la cohesión entre residentes y la diversidad de sus integrantes podría ser causa de disimilitudes entre los distintos tipos de delitos allí ocurridos.

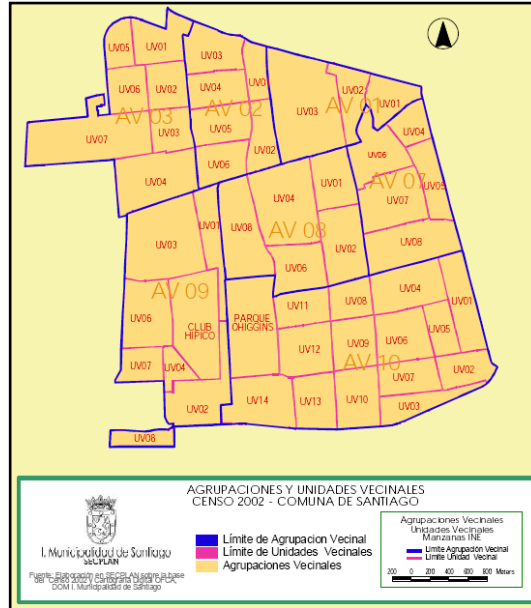


Figura B1: Agrupaciones y unidades vecinales [41]

- b) Índice de Masculinidad: Refleja la cantidad de hombres cada 100 mujeres. En la figura está expresada por manzanas y puede ser utilizada para discernir si la proporción de hombres de un sector incide en el número o tipo de delitos ahí percibidos.

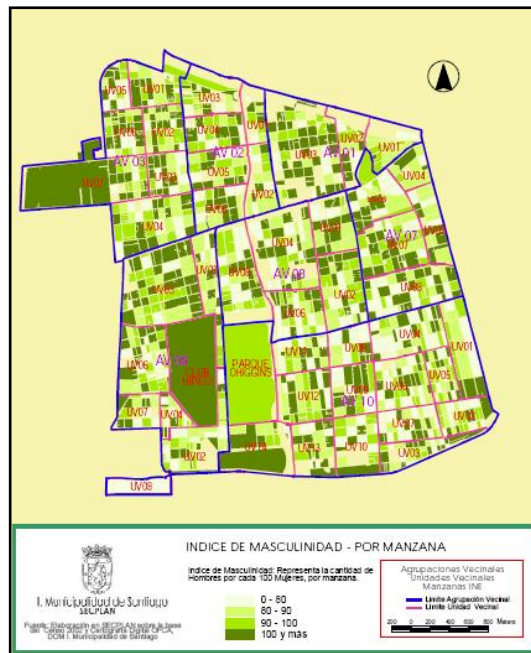


Figura B2: Índice de Masculinidad por manzanas (hombres cada 100 mujeres) [41]

- c) Cantidad de personas residentes en la comuna de Santiago el año 1997 y cantidad de personas que al nacer, sus madres vivían en la comuna de Santiago: Están calculadas por manzanas. Dan cuenta de los sectores que prefiere la gente que ha sido residente por largo tiempo en la comuna. Esta elección depende de diversos factores: ruido, accesibilidad, tránsito de gente por las calles circundantes, tipos de barrios, etc. Sin entrar en detalles sobre estas causas, es posible utilizar el componente asociado a esta decisión que incide en la criminalidad del sector para tratar de explicar los tipos de delitos.

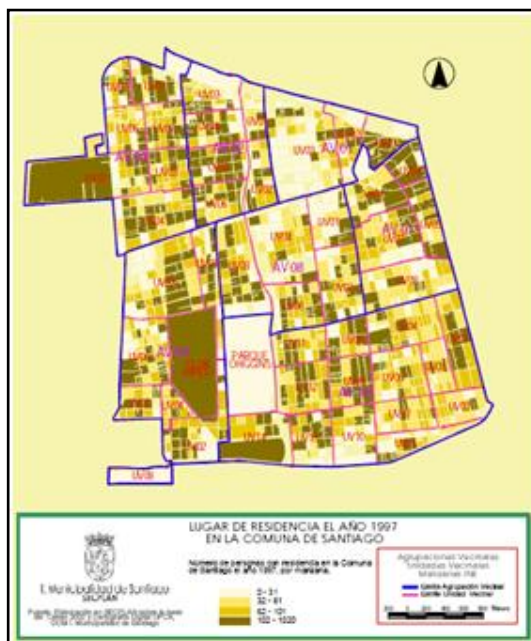


Figura B3: Cantidad de personas residentes en la comuna de Santiago en 1997 [41]

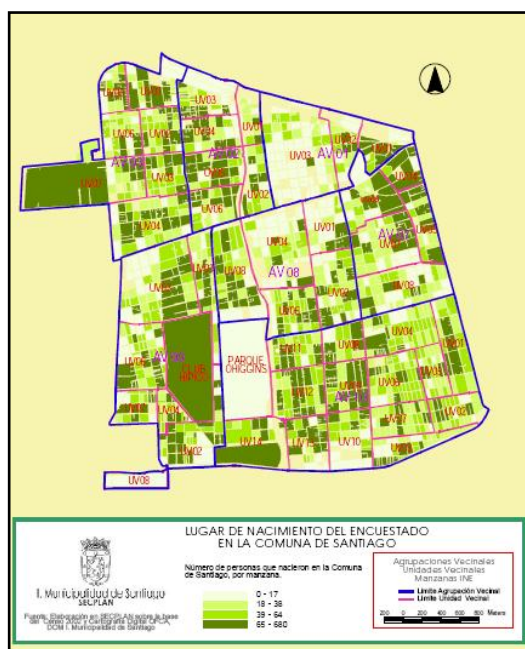


Figura B4: Cantidad de personas que al nacer, sus madres vivían en la comuna de Santiago [41]

d) Variables Etarias: Dan cuenta de la preferencia de los sectores según el segmento etario de la población. Está medido como índice de concentración por manzanas.

$$\text{Índice de concentración} = \frac{\% \text{ Rango etario en la manzana}}{\% \text{ Rango etario en la comuna}}$$

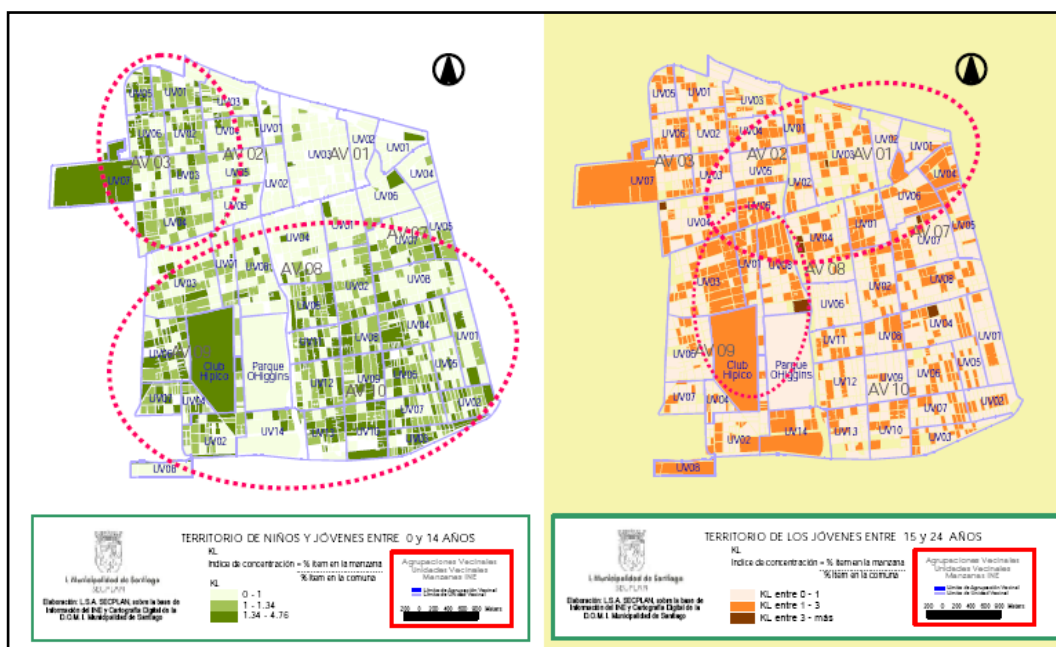


Figura B5: Índice de concentración 0 – 14 años y 15 – 24 años. [41]

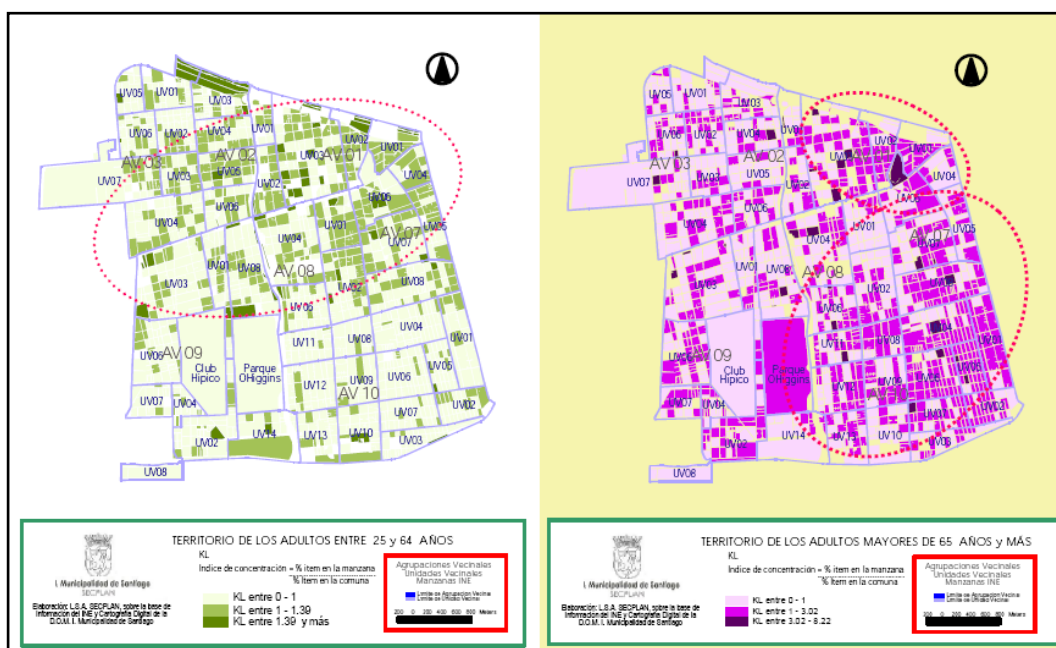


Figura B6: Índice de concentración 25 – 64 años y 65 o más años [41]

e) Índice de escolaridad: Se mide en años de estudio promedio por manzana. Da cuenta del nivel de estudio del sector y, por lo tanto, puede tener incidencia en el

tipo de vivienda, características socioeconómicas, características del barrio, etc. predominantes en la manzana.

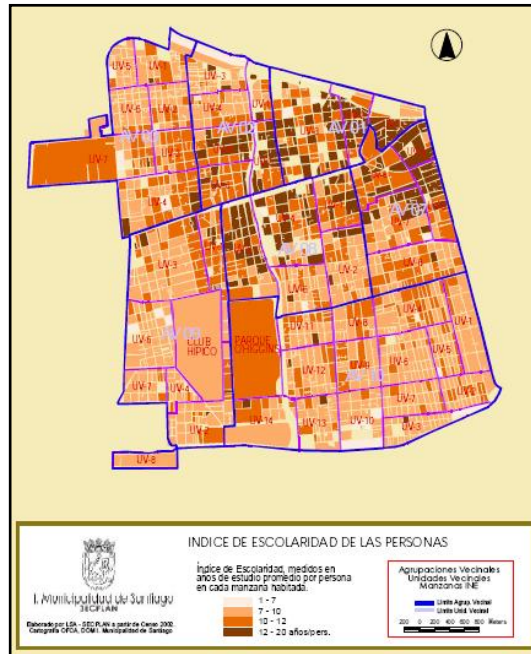


Figura B7: Índice de escolaridad (años de estudio promedio por manzana) [41]

f) Hacinamiento de hogares con dormitorio exclusivo: Está medido en Personas/Dormitorio.

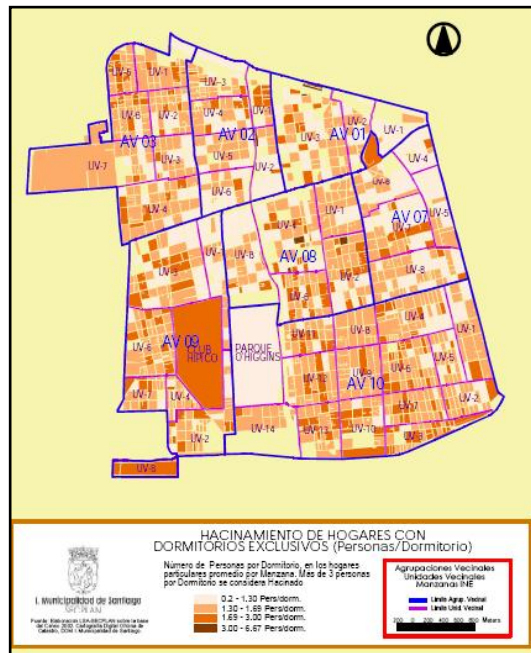


Figura B8: Hacinamiento de hogares con dormitorio exclusivo (Personas/Dormitorio) [41]

g) Acceso a Vehículos: Cantidad de hogares por manzana que posee acceso a bicicleta, moto particular o auto particular.

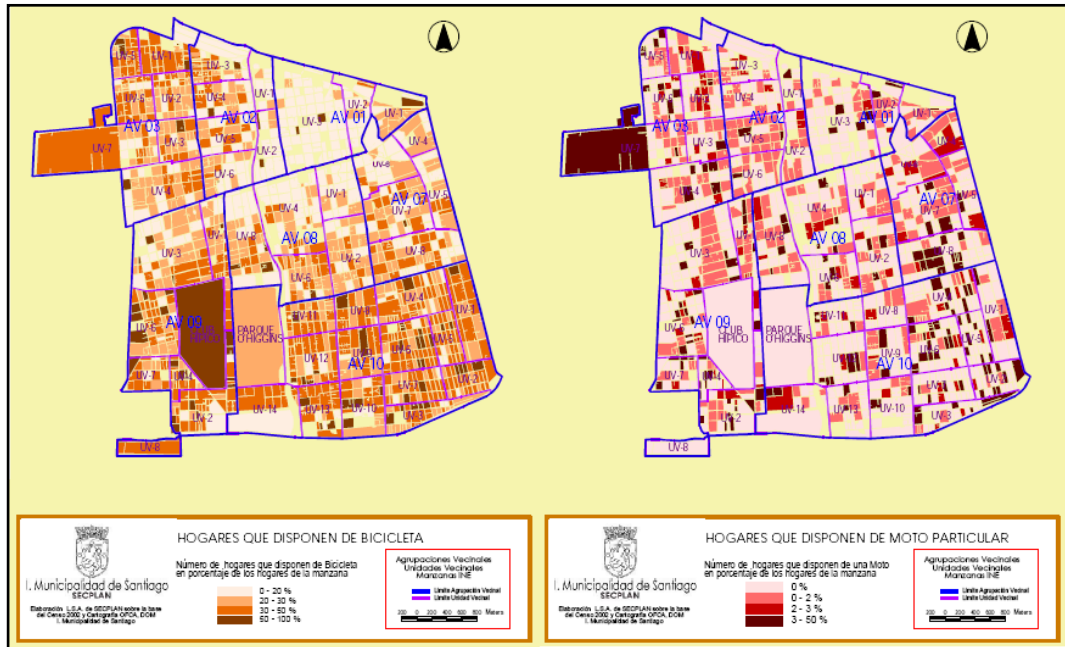


Figura B9: Número de hogares que disponen de Bicicleta o Moto particular [41]

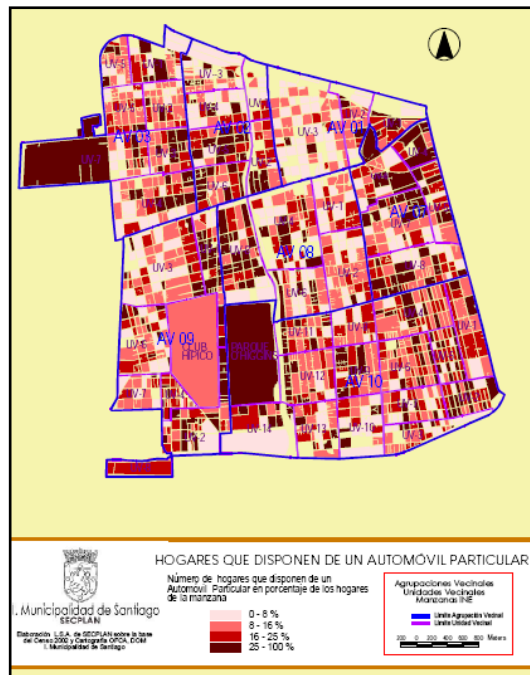


Figura B10: Número de hogares que disponen de Automóvil particular [41]

h) Tipos de Vivienda: Porcentaje de viviendas en cada manzana de carácter colectivo (Hoteles, pensiones, hospitales, cárceles, etc.) o particulares (casas, conventillos, departamentos).

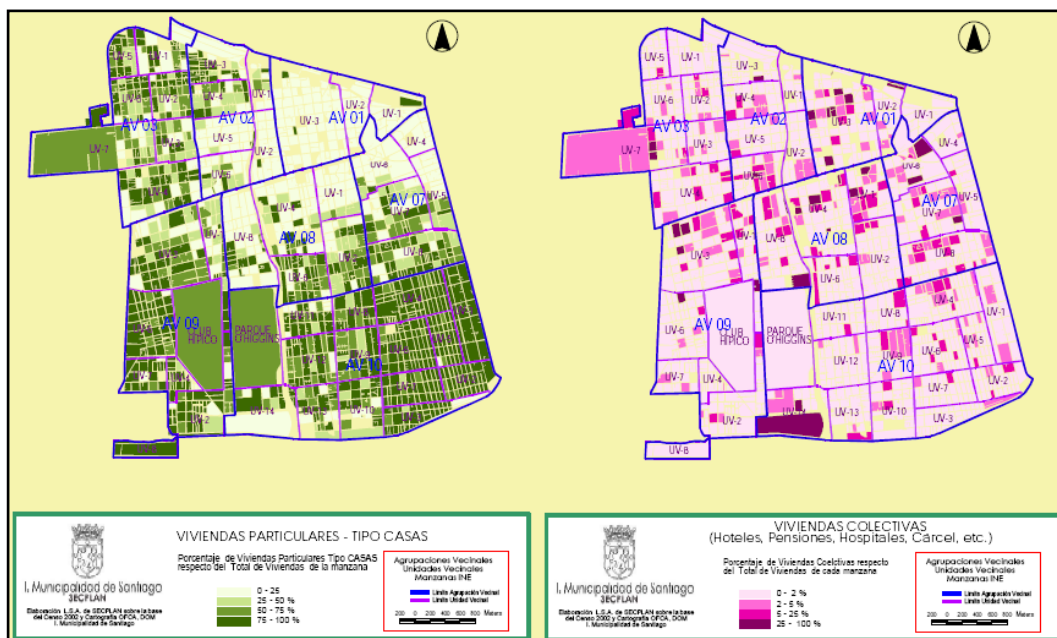


Figura B11: Viviendas particulares tipo casas y viviendas colectivas [41]

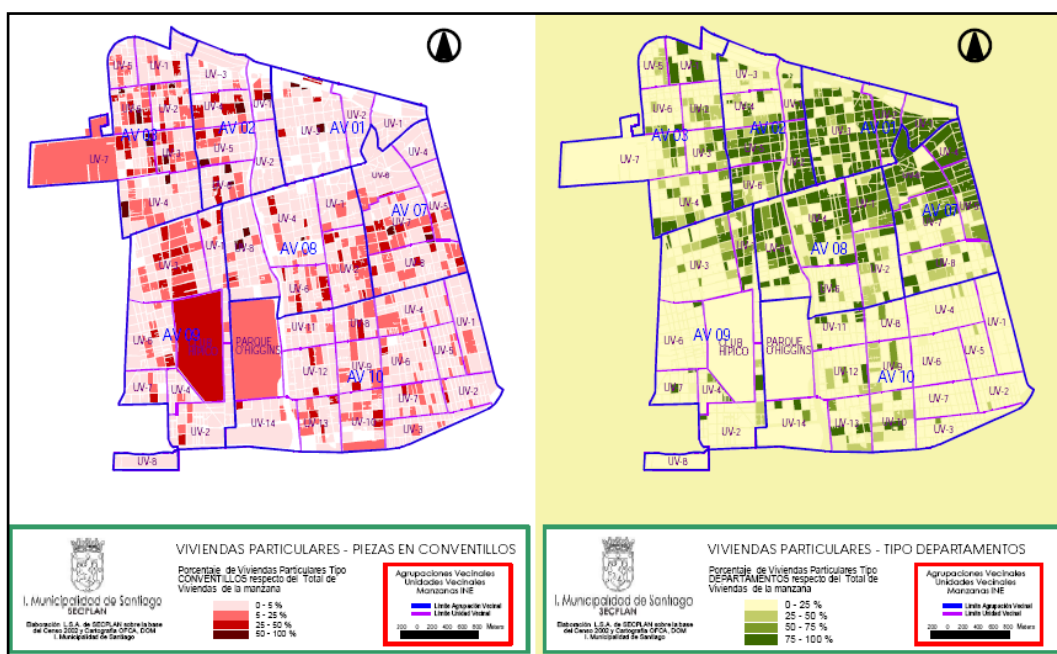


Figura B12: Viviendas particulares tipo conventillo y tipo departamento [41]

ANEXO C: Comandos Usados en R (con GrassGIS) para la generación de los mapas Kernel. Ejemplo general.

Cargar Librerías

```
library(spgrass6)
library(splanco)
library(raster)
library(shapefiles)
```

```
library(spatialkernel)
```

Crear Variables

```
stgo.del<-read.csv2(file="C:/Documents and  
Settings/Administrador/Escritorio/Datos/Denuncias Santiago  
Filtrados.csv",head=TRUE,sep=";")  
stgo.map<-readVECT6("stgo")
```

Kernel

```
stgo.grd<-  
  GridTopology(cellcentre.offset=c(345917,6298170),cellsize=c(10,10),cells.dim=c(2  
  19,165))  
stgo.ker<-  
  spkernel2d(as.points(data.matrix(stgo.del[,1:2])),data.matrix(stgo.del[,1:2]),h0=120  
  ,stgo.grd)
```

Raster del Kernel

```
stgo.ras<-raster(SpatialGridDataFrame(stgo.grd,data=data.frame(stgo.ker)))  
stgo.cont<-rasterToContour(stgo.ras)
```

Gráfico

```
par(bty="7",bg="white",fg="blue")  
plot(stgo.ras,col=risk.colors(20))  
plot(stgo.cont,add=TRUE,col="blue")  
plot(stgo.map,type="l",add=TRUE)  
title(main="Delitos 1ª Comisaría",sub="Kernel Density  
Map",ylab="Y",xlab="X",col.sub="blue",cex.main=2)
```

ANEXO D: Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) [13]

Al mirar los elementos una base de datos, como las mostradas en la Figura D1, podemos identificar fácilmente algunos segmentos. Esto se debe principalmente a que cada *cluster* tiene una densidad interna mucho mayor que nos permite identificarlo y separarlo de otros *clusters* o del ruido.



Figura D1: Ejemplos de bases de datos [13]

De este modo, se pretende dar conceptualizar estas nociones intuitivas de “ruido” y “segmentos” para una base de datos D cualquiera de puntos en algún espacio k -dimensional S . La idea base del método es que cada punto de un *cluster* debe contener al menos una cierta cantidad de puntos en una vecindad (noción de densidad). La cantidad de puntos mínima (MinPts) y el tamaño de la vecindad (Eps = distancia desde el punto hasta el borde de su vecindad) son parámetros a entregar al DBSCAN, así como la distancia considerada (Euclideana, Manhattan, etc.).

Definiciones

Definición 1: (Eps-vecindad de un punto) La Eps-vecindad de un punto p , denotada $N_{Eps}(p)$, se define como $N_{Eps}(p) = \{q \in D / \text{dist}(p, q) \leq Eps\}$

Este concepto de Eps-vecindad y la cantidad mínima de puntos en dicha vecindad (MinPts) no basta para definir el modelo de segmentación. Esto se debe a que en cada *cluster* existe la presencia de los denominados puntos centrales (*core points*), los cuales poseen una gran cantidad de elementos en su Eps-vecindad, y los puntos bordes (*border points*) los que aun perteneciendo al *cluster*, por hallarse en un borde de éste, poseen relativamente menos vecinos que los puntos centrales. De esta forma, es necesario refinar esta noción para poder incorporar los puntos borde al *cluster*.

Definición 2: (Alcanzable Directamente mediante Densidad) Un punto p es alcanzable directamente mediante densidad desde un punto q , dado MinPts y Eps, si:

- a) $p \in N_{Eps}(q)$; y
- b) $|N_{Eps}(q)| \geq \text{MinPts}$ (condición de punto central)

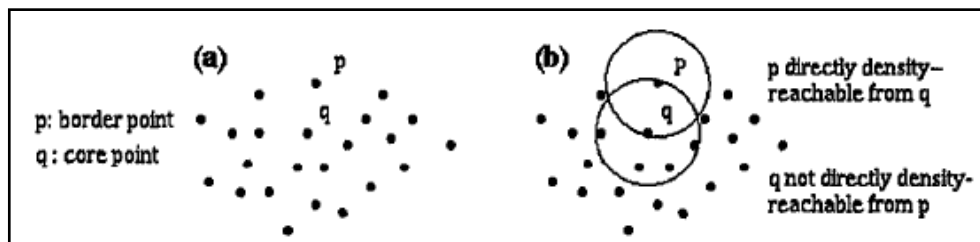


Figura D2: Alcanzable Directamente mediante Densidad [13]

Se puede apreciar en la Figura D2 que si bien p es alcanzable directamente mediante densidad desde q , q no tiene porqué ser alcanzable directamente mediante densidad desde p . Esto se debe a que en la definición exigimos que q sea un punto central, pero p puede no serlo necesariamente.

Definición 3: (Alcanzable mediante Densidad) Un punto p es alcanzable mediante densidad desde un punto q , dado MinPts y Eps, si existe una cadena de puntos p_1, \dots, p_n ; con $p_1 = q$ y $p_n = p$, tal que p_{i+1} es alcanzable directamente mediante densidad desde p_i .

Es claro que esta relación es transitiva, pero no simétrica.

Definición 4: (Conectados por Densidad) Un punto p está conectado por densidad con un punto q , dado $MinPts$ y Eps ; si existe un punto o , tal que p y q son alcanzables mediante densidad desde o , con respecto a $MinPts$ y Eps .

La relación de “conectados por densidad” (*Density-Connected*) es una relación simétrica.

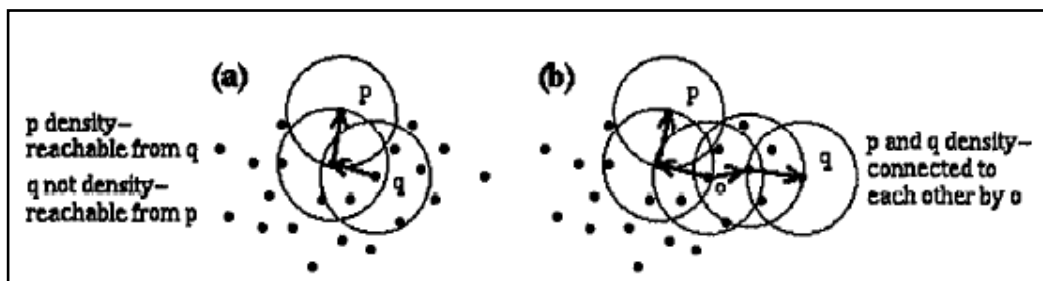


Figura D3: Alcanzable mediante Densidad y Conectados por Densidad [13]

Definición 5: (*Cluster*) Sea D la Base de Datos de los puntos. Un *cluster* C con respecto a $MinPts$ y Eps es un subconjunto de D no vacío, que satisface las siguientes condiciones:

- 1) $\forall p, q \in D$; si $p \in C$ y q es alcanzable mediante densidad desde p , con respecto a $MinPts$ y Eps , entonces $q \in C$ (Maximalidad)
- 2) $\forall p, q \in C$; p está conectado por densidad con q , con respecto a $MinPts$ y Eps (Conectividad).

Definición 6: (Ruido) Sean C_1, \dots, C_k los *clusters* encontrados en la base de datos D , con respecto a $MinPts$ y Eps . Se define el “ruido” como el subconjunto de puntos de D que no pertenece a ningún *cluster* C_i , $i=1, \dots, k$. Es decir, ruido = $\{p \in D / \forall i = 1, \dots, k; p \notin C_i\}$

Consideraciones con la Herramienta

Para aplicar estas definiciones de *clusters* y ruido, se diseñó el algoritmo de DBSCAN [25], el cual toma arbitrariamente un punto de la base de datos D y, según los parámetros $MinPts$ y Eps entregados, lo clasifica como ruido (si en su vecindad definida por Eps no hay una cantidad mínima de puntos $MinPts$) o, en caso contrario, comienza a conectarlo mediante densidad con otros puntos hasta obtener un subconjunto maximal que definirá ese *cluster*. Luego procede a tomar aleatoriamente otro punto de los que aun no son revisados e itera hasta clasificar toda la base de datos..

Cabe mencionar que la solución entregada por DBSCAN no es única (depende del orden en que se consideren los puntos en el mapa), pero que las diferencias entregadas presentan cambios marginales en los segmentos obtenidos.

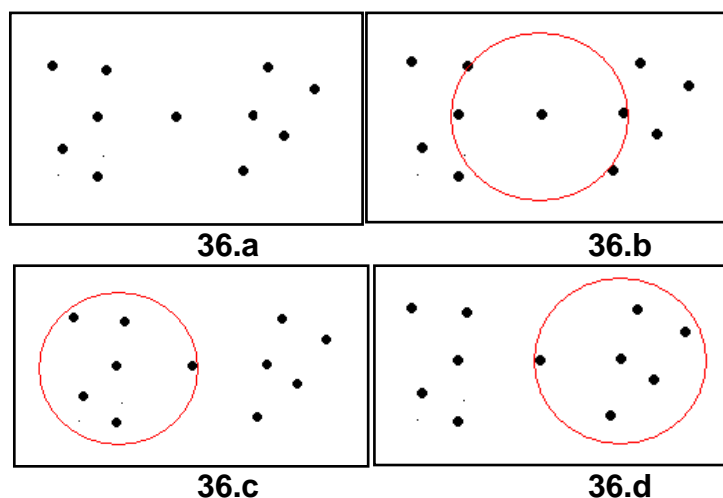


Figura 36: Ejemplo de la no unicidad de respuesta entregada por DBSCAN
[Fuente: Elaboración propia]

En la Figura 36.a, podemos ver un grupo de puntos a modo de ejemplo para mostrar la no unicidad de la respuesta entregada por DBSCAN. Si pedimos un número mínimo de puntos $\text{MinPts}=5$ y una distancia Eps del tamaño del radio del círculo rojo de las Figuras 36.b, 36.c y 36.d; podremos ver que se formarán dos segmentos y que el punto del medio pertenecerá a uno u otro, según el punto de partida que tome el algoritmo. La Figura 36.b muestra que el punto del medio carece de los vecinos necesarios para conectar ambos segmentos, y las Figuras 36.c y 36.d muestran que es posible que el punto pertenezca a uno u otro segmento. Se puede ver que el cambio es marginal entre ambas soluciones

Un caso más extremo es contemplar $\text{MinPts}=6$ y las mismas condiciones anteriores. En este caso, sólo se formará un segmento y el resto de los puntos será ruido (el que posea el punto del medio alcanzará el requisito mínimo de poseer los 6 puntos). Sin embargo, este tipo de diferencias más significativas pueden ser controladas mediante el ajuste de los parámetros de entrada del algoritmo.

Comandos en R para el cálculo de DBSCAN:

Cargar Librerías

```
library(fpc)
```

DBSCAN

```
stgo.dbscan<-dbscan(stgo.del[,1:2],25,MinPts=10,showplot=TRUE,method="hybrid")
stgo.cluster<-matrix(ncol=4,nrow=length(stgo.del[,1]))
stgo.cluster[,1]<-stgo.del[,1]
stgo.cluster[,2]<-stgo.del[,2]
stgo.cluster[,3]<-data.matrix(stgo.dbscan$cluster)
stgo.cluster[,4]<-data.matrix(stgo.dbscan$isseed)
```


Gráfico

```
par(bty="7",bg="white",fg="blue")
plot(stgo.ras,col=risk.colors(20))
plot(stgo.cont,add=TRUE,col="blue")
plot(stgo.map,type="l",add=TRUE)
title(main="Delitos 1ª
      Comisaría",sub="DBSCAN",ylab="Y",xlab="X",col.sub="blue",cex.main=2)
points(subset(stgo.cluster,stgo.cluster[,3]>0)[,1:2],col=stgo.cluster[,3],pch=20,cex=1.5)
```

ANEXO E: K-means Clustering

K-means es un método de segmentación que permite agrupar n observaciones en k *clusters*, de modo tal que cada observación pertenece al *cluster* cuya media se encuentre más cerca. El objetivo del algoritmo es encontrar los centros de los segmentos que minimice la varianza intragrupo.

Descripción

Sea (x_1, \dots, x_n) el grupo de observaciones, donde cada punto x_i es un vector de dimensión d (número de atributos de las observaciones) con coeficientes reales. El objetivo de *k-means* es dividir las n observaciones en k grupos $S = \{S_1, \dots, S_k\}$ ($k < n$) de modo tal de minimizar la suma cuadrática de los elementos dentro del *cluster*:

$$\arg \min_S \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} \|x_j - \mu_i\|^2$$

Donde μ_i es la media de los puntos de S_i .

ANEXO F: Índice Davies-Bouldin [9]

El índice Davies Bouldin (DB) es una métrica para evaluar algoritmos de segmentación. El índice se calcula de la siguiente forma:

Sean $X_j, j=1, \dots, n$, los vectores a clasificar, cada uno de dimensión d , y $C_i, i=1, \dots, k$, los *clusters* a considerar. Cada *cluster* C_i tiene un centro A_i y una cantidad de elementos T_i , con $i=1, \dots, k$. De esta forma, se define S_i como:

$$S_i = \sqrt[q]{\frac{1}{T_i} \sum_{j=1}^{T_i} |X_j - A_i|^q}$$

S_i nos da una medida de la cohesión interna del segmento i . Además, se quiere tener una medida de la separación entre dos *clusters* C_i y C_g , para lo cual se define:

$$M_{i,g} = \sqrt[p]{\sum_{s=1}^d |a_{s,i} - a_{s,g}|^p}$$

Donde $a_{s,i}$ corresponde a la s-ésima coordenada de A_i .

Luego, se relacionan ambos tipos de dispersión entre dos *clusters* (intragrupo, definida por S_i y S_g ; y entre grupos, definida por $M_{i,g}$):

$$R_{i,g} = \frac{S_i + S_g}{M_{i,g}}$$

Luego, como se espera que en los segmentos representativos de las variables observadas varíen poco internamente y mucho entre ellos, se espera que los indicadores $R_{i,g}$ sean bajos. De este modo, para construir el índice, se toma el peor caso para cada segmento:

$$R_i = \max_{g, g \neq i} R_{i,g}$$

Y finalmente se toma el promedio simple:

$$DB = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i$$

De esta forma, el índice DB entrega una información sobre la relación entre la dispersión interna de los segmentos, y de la dispersión entre los centros de los segmentos. Los valores asignados a q y p son típicamente 2, sin embargo, podemos alterar estos valores para darle mayor peso a un tipo de variación (intragrupo o intergrupo).

ANEXO G: Resultados Segmentación por Tipología de Delincuente.

Las variables relevantes para definir los segmentos son:

- Distancia al centro cultural más cercano (mts.)
- Distancia a la botillería más cercana (mts.)
- Distancia al hotel o motel más cercano (mts.)
- Si el día en que ocurrió el delito fue Martes.
- Distancia a la dependencia gubernamental o afín más cercana (mts.)
- Distancia al cine más cercano (mts.)
- Si el día en que ocurrió el delito fue Viernes.
- Distancia a la farmacia más cercana (mts.)
- Distancia al centro policial o de justicia más cercano (mts.)
- Distancia a la cámara de seguridad más cercana (mts.)

- Vacaciones de verano (si el delito ocurrió en los meses de enero o febrero)
- Si el delito ocurrió entre las 20 y 23 hrs. (H7)
- Si el día en que ocurrió el delito fue Sábado.
- Cercanía a Plaza de Armas
- Si el delito fue robo con violencia (RCV)
- Distancia al banco más cercano (mts.)
- Distancia a la casa de cambio más cercana (mts.)
- Si el delito ocurrió en el cuadrante 1.
- Si el delito ocurrió entre las 7 y 9 hrs. (H2)
- Fin de mes (si el delito ocurrió entre los días 30, 31, 1, 2, 3, 4 o 5 del mes.
- Si el delito fue hurto (Hurto)
- Distancia a la discoteca o pub más cercano (mts.)
- Si el delito ocurrió entre las 15 y 17 hrs. (H5)
- Cercanía a Parque Forestal

En base a estos atributos encontrados con el *wrapper*, se identificaron 9 segmentos en la base de datos. Cabe mencionar que atributos como el robo con fuerza, que está ausente en esta selección, se puede extraer indirectamente de las variables de hurtos y robo con violencia. Esto se debe a que un delito de la muestra cae forzosamente en una de estas 3 categorías (son linealmente dependientes, por lo que es lógico que el método de selección de atributos no incorpore las 3 alternativas).

A continuación se presentan algunas tablas que dan cuenta de la composición de los *clusters*.

Cluster	Cantidad	RCV	HURTO	RCF	H2: 7 a 9 hrs	H5: 15 a 17 hrs	H7: 20 a 23 hrs
0	1815	0	1815	0	152	0	370
1	679	640	0	39	45	132	170
2	545	0	543	2	0	545	0
3	369	346	0	23	26	0	128
4	405	380	0	25	0	405	0
5	808	720	0	88	60	62	189
6	419	0	408	11	34	73	61
7	575	544	0	31	0	0	575
8	1110	1035	0	75	140	0	0
Total	6725	3665	2766	294	457	1217	1493

Tabla G1.a: Presencia de las variables binarias en los segmentos.

Cluster	Cantidad	Vacaciones Plaza de				
		Fin de Mes	Verano	Armas	Cuadrante 1	Forestal
0	1815	477	225	124	0	81
1	679	679	15	38	17	51
2	545	142	60	54	5	22
3	369	67	369	30	43	23
4	405	1	52	28	49	26
5	808	205	58	0	808	108
6	419	121	40	0	419	19
7	575	0	0	16	33	56
8	1110	0	0	62	0	84
Total	6725	1692	819	352	1374	470

Tabla G1.b: Presencia de las variables binarias en los segmentos.

Cluster	Cantidad	Martes	Viernes	Sábado
0	1815	307	339	190
1	679	109	105	99
2	545	88	108	71
3	369	40	63	60
4	405	64	76	37
5	808	99	130	143
6	419	73	81	51
7	575	83	122	67
8	1110	165	209	176
Total	6725	1028	1233	894

Tabla G1.c: Presencia de las variables binarias en los segmentos.

En las Tablas G1.a, G1.b y G1.c se muestra la presencia de las variables binarias por cada *cluster*. En las Tablas G2.a, G2.b y G2.c se muestra su frecuencia relativa al total de los elementos del segmento. Las casillas color amarillo muestran la ausencia de la variable en dicho segmento, mientras que el color celeste indica una alta presencia.

Cluster	Cantidad	RCV	HURTO	RCF	H7: 20 a 23		
					H2: 7 a 9 hrs	H5: 15 a 17 hrs	hrs
0	1815	0,000	1,000	0,000	0,084	0,000	0,204
1	679	0,943	0,000	0,057	0,066	0,194	0,250
2	545	0,000	0,996	0,004	0,000	1,000	0,000
3	369	0,938	0,000	0,062	0,070	0,000	0,347
4	405	0,938	0,000	0,062	0,000	1,000	0,000
5	808	0,891	0,000	0,109	0,074	0,077	0,234
6	419	0,000	0,974	0,026	0,081	0,174	0,146
7	575	0,946	0,000	0,054	0,000	0,000	1,000
8	1110	0,932	0,000	0,068	0,126	0,000	0,000
Total	6725	3665	2766	294	457	1217	1493

Tabla G2.a: Frecuencia de las variables binarias en los segmentos en relación al tamaño del segmento.

Cluster	Cantidad	Vacaciones				
		Fin de Mes	Verano	Plaza de Armas	Cuadrante 1	Forestal
0	1815	0,263	0,124	0,068	0,000	0,045
1	679	1,000	0,022	0,056	0,025	0,075
2	545	0,261	0,110	0,099	0,009	0,040
3	369	0,182	1,000	0,081	0,117	0,062
4	405	0,002	0,128	0,069	0,121	0,064
5	808	0,254	0,072	0,000	1,000	0,134
6	419	0,289	0,095	0,000	1,000	0,045
7	575	0,000	0,000	0,028	0,057	0,097
8	1110	0,000	0,000	0,056	0,000	0,076
Total	6725	1692	819	352	1374	470

Tabla G2.b: Frecuencia de las variables binarias en los segmentos en relación al tamaño del segmento.

Cluster	Cantidad	Martes	Viernes	Sábado
0	1815	0,169	0,187	0,105
1	679	0,161	0,155	0,146
2	545	0,161	0,198	0,130
3	369	0,108	0,171	0,163
4	405	0,158	0,188	0,091
5	808	0,123	0,161	0,177
6	419	0,174	0,193	0,122
7	575	0,144	0,212	0,117
8	1110	0,149	0,188	0,159
Total	6725	1028	1233	894

Tabla G2.c: Frecuencia de las variables binarias en los segmentos en relación al tamaño del segmento.

En las Tablas G3.a, G3.b y G3.c podemos apreciar cómo se reparte el total de elementos de cada atributo entre los *clusters*. Es importante ver esta distribución de los datos, puesto que como en algunos casos, la presencia del atributo es muy baja, una frecuencia relativa sólo al número de elementos del *cluster* impide ver cómo se reparten esos datos. Un ejemplo de esto es el Robo con Fuerza, cuya presencia en la base de datos es de un 4,37%, pero su alto costo podría hacer que ese bajo porcentaje sea muy significativo.

En las Tablas G3.a, G3.b y G3.c, las casillas de color amarillo indican una frecuencia menor a la del promedio del atributo menos su desviación estándar, mientras que el color verde indica una frecuencia mayor a la del promedio más la desviación estándar.

Cluster	Cantidad	RCV	HURTO	RCF	H2: 7 a 9 hrs	H5: 15 a 17 hrs	H7: 20 a 23 hrs
0	1815	0,000	0,656	0,000	0,333	0,000	0,247823175
1	679	0,175	0,000	0,133	0,098	0,108	0,113864702
2	545	0,000	0,196	0,007	0,000	0,448	0
3	369	0,094	0,000	0,078	0,057	0,000	0,085733423
4	405	0,104	0,000	0,085	0,000	0,333	0
5	808	0,196	0,000	0,299	0,131	0,051	0,126590757
6	419	0,000	0,148	0,037	0,074	0,060	0,040857334
7	575	0,148	0,000	0,105	0,000	0,000	0,38513061
8	1110	0,282	0,000	0,255	0,306	0,000	0
Promedio		0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111111111
Desv. Est.		0,100	0,218	0,104	0,127	0,165	0,130690824

Tabla G3.a: Frecuencia de las variables binarias en los segmentos en relación a la presencia del atributo.

Cluster	Cantidad	Vacaciones Plaza de				
		Fin de Mes	Verano	Armas	Cuadrante 1	Forestal
0	1815	0,282	0,275	0,352	0,000	0,172
1	679	0,401	0,018	0,108	0,012	0,109
2	545	0,084	0,073	0,153	0,004	0,047
3	369	0,040	0,451	0,085	0,031	0,049
4	405	0,001	0,063	0,080	0,036	0,055
5	808	0,121	0,071	0,000	0,588	0,230
6	419	0,072	0,049	0,000	0,305	0,040
7	575	0,000	0,000	0,045	0,024	0,119
8	1110	0,000	0,000	0,176	0,000	0,179
Promedio		0,111	0,111	0,111	0,111	0,111
Desv. Est.		0,140	0,152	0,109	0,203	0,069

Tabla G3.b: Frecuencia de las variables binarias en los segmentos en relación a la presencia del atributo.

Cluster	Cantidad	Martes	Viernes	Sábado
0	1815	0,299	0,275	0,213
1	679	0,106	0,085	0,111
2	545	0,086	0,088	0,079
3	369	0,039	0,051	0,067
4	405	0,062	0,062	0,041
5	808	0,096	0,105	0,160
6	419	0,071	0,066	0,057
7	575	0,081	0,099	0,075
8	1110	0,161	0,170	0,197
Promedio		0,111	0,111	0,111
Desv. Est.		0,078	0,071	0,063

Tabla G3.c: Frecuencia de las variables binarias en los segmentos en relación a la presencia del atributo.

Las Tablas G4.a, G4.b, G4.c y G4.d muestran el promedio del atributo por cada *cluster*. Las casillas verdes muestran un promedio por sobre el promedio del atributo más su desviación estándar, mientras que el color lila muestra valores por debajo del promedio del atributo menos su desviación estándar.

Cluster	Cantidad	Centros Culturales (Dist)	Botillerías (Dist)	Hoteles y Moteles (Dist)
0	1815	165,95	565,13	155,50
1	679	169,38	516,49	160,94
2	545	168,28	574,20	152,84
3	369	155,88	540,99	155,41
4	405	176,07	523,77	155,26
5	808	174,04	354,96	121,03
6	419	155,21	471,73	130,78
7	575	168,14	509,71	159,62
8	1110	169,87	498,71	161,79
Promedio		167,68	510,37	151,52
Desv. Est.		7,18	65,05	14,38

Tabla G4.a: Promedio de las variables continuas por segmento.

Cluster	Cantidad	Dependencias Gubernamentales y Afines (Dist)	Cines (Dist)	Farmacias (Dist)
0	1815	178,02	250,13	57,20
1	679	214,10	277,43	68,14
2	545	183,02	239,58	52,43
3	369	201,19	272,57	71,78
4	405	192,81	266,55	69,68
5	808	259,99	224,12	167,33
6	419	215,34	272,03	147,63
7	575	231,62	301,76	73,43
8	1110	218,03	272,07	75,68
Promedio		207,59	260,53	82,77
Desv. Est.		25,49	22,90	40,95

Tabla G4.b: Promedio de las variables continuas por segmento.

Cluster	Cantidad	Centros Policiales y de Justicia (Dist)	Cámaras Seguridad (Dist)	Banco (Dist)
0	1815	265,78	91,91	103,32
1	679	277,64	103,03	121,36
2	545	257,68	90,60	102,90
3	369	302,42	99,11	114,20
4	405	297,53	114,75	125,14
5	808	367,96	148,96	165,04
6	419	410,32	130,80	167,25
7	575	292,90	96,58	129,34
8	1110	271,00	108,47	123,59
Promedio		294,71	107,11	123,99
Desv. Est.		51,17	19,44	23,50

Tabla G4.c: Promedio de las variables continuas por segmento.

Cluster	Cantidad	Casas de Cambio (Dist)	Discotecas y Pubs (Dist)
0	1815	172,34	188,78
1	679	191,17	186,33
2	545	167,75	195,92
3	369	192,21	172,32
4	405	201,17	184,91
5	808	776,30	125,17
6	419	588,93	130,13
7	575	189,99	176,32
8	1110	204,83	191,26
Promedio		282,09	176,02
Desv. Est.		223,18	26,37

Tabla G4.d: Promedio de las variables continuas por segmento.

Las Tablas G2 y G4 muestran los centroides de los segmentos, los cuales serán utilizados como representativos del grupo completo.

ANEXO H: Código Penal (Robos y Hurtos) [40] (Extracto)

Título IX: CRIMENES Y SIMPLES DELITOS CONTRA LA PROPIEDAD 1 – 2

1. De la apropiación de las cosas muebles ajenas contra la voluntad de su dueño

Art. 432 El que sin la voluntad de su dueño y con ánimo de lucrarse se apropia cosa mueble ajena usando de violencia o intimidación en las personas o de fuerza en las cosas, comete robo; si faltan la violencia, la intimidación y la fuerza, el delito se califica de hurto.

2. Del robo con violencia o intimidación en las personas

Art. 433 El culpable de robo con violencia o intimidación en las personas, sea que la violencia o la intimidación tenga lugar antes del robo para facilitar su ejecución, en el acto de cometerlo o después de cometido para favorecer su impunidad, será castigado:
1º Con presidio mayor en su grado medio a muerte cuando, con motivo u ocasión del robo, se cometiere, además, homicidio, violación o alguna de las lesiones comprendidas en los artículos 395, 396 y 397, N.º 1.

2º Con presidio mayor en su grado medio a máximo, cuando las víctimas fueren retenidas bajo rescate o por más de un día, o se cometieren lesiones de las que trata el N.º 2 del artículo 397.2

Art. 436 Fuera de los casos previstos en los artículos precedentes, los robos ejecutados con violencia o intimidación en las personas, serán penados con presidio mayor en sus grados mínimo a máximo, cualquiera que sea el valor de las especies substraídas.

Se considerará como robo y se castigará con la pena de presidio menor en sus grados medio a máximo, la apropiación de dinero u otras especies que los ofendidos lleven consigo, cuando se proceda por sorpresa o aparentando riñas en lugares de concurrencia o haciendo otras maniobras dirigidas a causar agolpamiento o confusión.

Art. 439 Para los efectos del presente párrafo se estimarán por violencia o intimidación en las personas los malos tratamientos de obra, las amenazas ya para hacer que se entreguen o manifiesten las cosas, ya para impedir la resistencia u oposición a que se quiten, o cualquier otro acto que pueda intimidar o forzar a la manifestación o entrega. Hará también violencia el que para obtener la entrega o manifestación alegare orden falsa de alguna autoridad, o la diere por sí fingiéndose ministro de justicia o funcionario público.

3. Del robo con fuerza en las cosas

Art. 440 El culpable de robo con fuerza en las cosas efectuado en lugar habitado o destinado a la habitación o en sus dependencias, sufrirá la pena de presidio mayor en su grado mínimo si cometiere el delito 3:

1º Con escalamiento, entendiéndose que lo hay cuando se entra por vía no destinada al efecto, por forado o con rompimiento de pared o techos, o fractura de puertas o ventanas.

2º Haciendo uso de llaves falsas, o verdadera que hubiere sido sustraída, de ganzúas u otros instrumentos semejantes para entrar en el lugar del robo.

3º Introduciéndose en el lugar del robo mediante la seducción de algún doméstico, o a favor de nombres supuestos o simulación de autoridad.

Art. 442 El robo en lugar no habitado, se castigará con presidio menor en sus grados medio a máximo, siempre que concurra alguna de las circunstancias siguientes.

1a Escalamiento.

2a Fractura de puertas interiores, armarios, arcas u otra clase de muebles u objetos cerrados o sellados.

3a Haber hecho uso de llaves falsas, o verdadera que se hubiere sustraído, de ganzúas u otros instrumentos semejantes para entrar en el lugar del robo o abrir los muebles cerrados.

Art. 443 Con la misma pena señalada en el artículo anterior se castigará el robo de cosas que se encuentren en bienes nacionales de uso público o en sitios no destinados a la habitación si el autor hace uso de llaves falsas o verdaderas que se hubiere sustraído, de ganzúas u otros instrumentos semejantes o si se procede, mediante fractura de puertas, vidrios, cierros, candados u otros dispositivos de protección o si utiliza medios de tracción.

4. Del hurto

Art. 446 Los autores de hurto serán castigados:

1º Con presidio menor en sus grados medio a máximo y multa de once a quince unidades tributarias mensuales, si el valor de la cosa hurtada excediera de cuarenta unidades tributarias mensuales.

2º Con presidio menor en su grado medio y multa de seis a diez unidades tributarias mensuales, si el valor excediere de cuatro unidades tributarias mensuales y no pasare de cuarenta unidades tributarias mensuales.

3º Con presidio menor en su grado mínimo y multa de cinco unidades tributarias mensuales, si excediere de una unidad tributaria mensual y no pasare de cuatro unidades tributarias mensuales.

Si el valor de la cosa hurtada excediere de cuatrocientas unidades tributarias mensuales, se aplicará la pena de presidio menor en su grado máximo y multa de veintiuna a treinta unidades tributarias mensuales.

Art. 447 En los casos del artículo anterior podrá aplicarse la pena inmediatamente superior en grado:

1º Si el hurto se cometiere por dependiente, criado o sirviente asalariado, bien sea en la casa en que sirve o bien en aquella a que lo hubiere llevado su amo o patrón.

2º Cuando se cometiere por obrero, oficial o aprendiz en la casa, taller o almacén de su maestro o de la persona para quien trabaja, o por individuo que trabaja habitualmente en la casa donde hubiere hurtado.

3º Si se cometiere por el posadero, fondista u otra persona que hospede gentes en cosas que hubieren llevado a la posada o fonda.

4º Cuando se cometiere por patrón o comandante de buque, lancharo, conductor o bodeguero de tren, guarda-almacenes, carruajero, carretero o arriero en cosas que se hayan puesto en su buque, carro, bodega, etc.

Art. 448 El que hallándose una especie mueble al parecer perdida, cuyo valor exceda de una unidad tributaria mensual, no la entregare a la autoridad o a su dueño, siempre que le conste quién sea éste por hechos coexistentes o posteriores al hallazgo, será considerado procesado por hurto y castigado con presidio menor en su grado mínimo y multa de cinco unidades tributarias mensuales.

ANEXO I: ERASER-C

Esta formulación del problema es una adaptación al caso en estudio del propuesto en [24].

Función Objetivo:

$$\text{Max} \quad \sum_{\gamma \in \Gamma} d^{\gamma} p^{\gamma}$$

a, c, d, k

Restricciones:

- 1) $a_t^{\gamma} \in \{0,1\} \quad (\forall t \in T)(\forall \gamma \in \Gamma)$
- 2) $c_t \in [0,1] \quad (\forall t \in T)$
- 3) $\sum_{t \in T} a_t^{\gamma} = 1 \quad (\forall \gamma \in \Gamma)$
- 4) $\sum_{t \in T} c_t \leq R$
- 5) $d^{\gamma} - U_L^{\gamma}(t, C) \leq (1 - a_t^{\gamma}) \cdot Z \quad (\forall t \in T)(\forall \gamma \in \Gamma)$
- 6) $0 \leq k^{\gamma} - U_S^{\gamma}(t, C) \leq (1 - a_t^{\gamma}) \cdot Z \quad (\forall t \in T)(\forall \gamma \in \Gamma)$
- 7) $U_L^{\gamma}(t, C) = c_t \cdot U_L^{\gamma,c}(t) + (1 - c_t) \cdot U_L^{\gamma,u}(t) \quad (\forall t \in T)(\forall \gamma \in \Gamma)$

$$8) \quad U_S^Y(t, C) = c_t \cdot U_S^{Y,c}(t) + (1 - c_t) \cdot U_S^{Y,u}(t) \quad (\forall t \in T)(\forall \gamma \in \Gamma)$$

Nomenclatura:

- Γ : Conjunto de posibles adversarios.
- T : Conjunto de lugares a cubrir.
- d^Y : Recompensa del Líder contra un adversario tipo γ .
- k^Y : Recompensa del adversario tipo γ .
- p^Y : Probabilidad de enfrentar un adversario tipo γ .
- a_t^Y : Ataque del adversario tipo γ en el lugar t (1 si ataca, 0 si no).
- c_t : Porcentaje de cobertura del lugar t por el Líder.
- R : Número disponible de recursos del Líder.
- Z : Constante positiva muy grande.
- $U_L^{Y,c}(t)$: Utilidad del Líder contra un adversario tipo γ en el lugar t , cuando t está cubierto.
- $U_L^{Y,u}(t)$: Utilidad del Líder contra un adversario tipo γ en el lugar t , cuando t está descubierto.
- $U_S^{Y,c}(t)$: Utilidad del Seguidor del tipo γ en el lugar t , cuando t está cubierto.
- $U_S^{Y,u}(t)$: Utilidad del Seguidor del tipo γ en el lugar t , cuando t está descubierto.

ANEXO J: Solución Entregada por el Modelo

A continuación se presentan los resultados entregados por el modelo en base a los parámetros estimados.

Target	X	Y	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	347702	6299245	0,000	0,222	0,200	0,222	0,000	0,222	0,000
2	347172,5906	6298480,772	0,198	0,222	0,221	0,222	0,223	0,222	0,198
3	348054,6791	6299075,179	0,203	0,222	0,221	0,222	0,221	0,222	0,203
4	348038	6299161	0,123	0,222	0,212	0,222	0,222	0,222	0,123
5	347342	6299340	0,086	0,222	0,208	0,222	0,086	0,222	0,086
6	347038,9623	6298435,067	0,195	0,222	0,221	0,222	0,222	0,222	0,195
7	347553,0331	6298728	0,199	0,222	0,221	0,222	0,204	0,222	0,199
8	346406	6299662,167	0,144	0,222	0,218	0,222	0,222	0,222	0,144
9	346493	6299642	0,104	0,222	0,212	0,222	0,223	0,222	0,104
10	347246,7692	6298863	0,123	0,222	0,215	0,222	0,124	0,222	0,123
11	347300,8649	6299008,838	0,170	0,222	0,217	0,222	0,170	0,222	0,170
12	347143,4082	6298589,082	0,154	0,222	0,218	0,222	0,222	0,222	0,154
13	347090	6298975,912	0,141	0,222	0,215	0,222	0,222	0,222	0,141
14	347106,0556	6298850,472	0,145	0,222	0,216	0,222	0,222	0,222	0,145
15	347074,3571	6299110,071	0,025	0,222	0,207	0,222	0,025	0,222	0,025
16	347934,5139	6299032,451	0,206	0,222	0,221	0,222	0,206	0,222	0,206
17	347457	6298655	0,111	0,222	0,211	0,222	0,111	0,222	0,111
18	346653,9649	6298305,342	0,190	0,222	0,221	0,222	0,222	0,222	0,190
19	347225	6298487	0,045	0,222	0,214	0,222	0,109	0,222	0,045
20	347204,95	6299128,2	0,074	0,222	0,215	0,222	0,124	0,222	0,074
21	346784	6299491	0,096	0,222	0,192	0,222	0,222	0,222	0,099
22	347114,1667	6299479,167	0,000	0,223	0,162	0,223	0,222	0,223	0,000
23	347046,6667	6299326	0,138	0,222	0,214	0,222	0,222	0,222	0,138
24	346546	6299161,113	0,104	0,200	0,208	0,215	0,222	0,213	0,108

25	347298,2	6299141,9	0,000	0,222	0,200	0,222	0,000	0,222	0,000
26	347905	6299109	0,118	0,222	0,212	0,223	0,118	0,222	0,118
27	347550,75	6299108,167	0,000	0,222	0,207	0,222	0,025	0,222	0,000
28	346549,7115	6298271,808	0,166	0,222	0,219	0,222	0,222	0,222	0,166
29	346963,5179	6298401,161	0,138	0,222	0,217	0,222	0,223	0,222	0,138
30	347123,3333	6298714,952	0,045	0,222	0,214	0,222	0,109	0,222	0,045
31	346792,3827	6298363,16	0,095	0,202	0,207	0,223	0,222	0,213	0,103
32	346912,7915	6298399,024	0,176	0,222	0,217	0,223	0,222	0,222	0,186
33	347305	6299197	0,045	0,222	0,204	0,223	0,045	0,222	0,045
34	347265	6298502	0,000	0,222	0,210	0,222	0,064	0,222	0,000
35	346435,9552	6299014,09	0,106	0,205	0,203	0,223	0,222	0,210	0,103
36	347057	6299235	0,000	0,222	0,210	0,222	0,066	0,222	0,000
37	347502,6296	6299067,259	0,138	0,222	0,214	0,222	0,138	0,222	0,138
38	347369,6	6298930,3	0,045	0,222	0,204	0,222	0,045	0,222	0,045
39	348045	6299117	0,138	0,222	0,210	0,222	0,222	0,222	0,123
40	346562,9328	6299034,395	0,137	0,205	0,213	0,219	0,222	0,216	0,147
41	346658,8801	6298336,489	0,206	0,219	0,220	0,223	0,222	0,221	0,208
42	347356,8	6299414,3	0,000	0,223	0,042	0,223	0,223	0,223	0,000
43	346121,4706	6298463,059	0,000	0,202	0,162	0,223	0,223	0,185	0,000
44	346173,3333	6298204,087	0,123	0,205	0,202	0,223	0,222	0,204	0,103
45	346976,0702	6298833,105	0,095	0,202	0,201	0,223	0,222	0,209	0,089
46	346419,0476	6299141,81	0,138	0,207	0,205	0,212	0,222	0,208	0,043
47	346673,4444	6299180,852	0,000	0,175	0,177	0,179	0,222	0,195	0,000
48	346797	6299195,057	0,000	0,181	0,192	0,201	0,222	0,204	0,000
49	346998,6341	6298700,951	0,074	0,195	0,198	0,205	0,222	0,205	0,111
50	346816	6299071,942	0,060	0,198	0,204	0,203	0,222	0,211	0,079
51	346837,1364	6298938,742	0,123	0,204	0,203	0,21	0,222	0,210	0,081
52	346625,7175	6298526,39	0,194	0,217	0,219	0,22	0,222	0,220	0,197
53	346726,9385	6298798,169	0,121	0,202	0,211	0,213	0,222	0,215	0,133
54	346507	6298513,007	0,180	0,214	0,214	0,216	0,222	0,217	0,155
55	346612,0588	6298653,818	0,183	0,214	0,218	0,217	0,222	0,220	0,187
56	346708,6667	6298534,846	0,006	0,191	0,198	0,205	0,222	0,208	0,031
57	346886	6298558	0,074	0,195	0,198	0,205	0,222	0,205	0,111
58	346855,0274	6298815,795	0,095	0,200	0,207	0,215	0,222	0,213	0,098
59	346595,9333	6298781,417	0,191	0,216	0,219	0,22	0,222	0,220	0,194
60	346580,9801	6298907,146	0,163	0,212	0,216	0,219	0,222	0,218	0,171
61	346467,7727	6298763,795	0,114	0,204	0,210	0,215	0,222	0,215	0,127
62	346744,902	6298671,373	0,087	0,195	0,207	0,21	0,222	0,213	0,103
63	346870,2708	6298685,042	0,074	0,195	0,200	0,205	0,222	0,208	0,043
64	346488,9811	6298637,981	0,124	0,204	0,206	0,201	0,222	0,200	0,148
65	346342,7805	6298745,585	0,042	0,186	0,202	0,201	0,222	0,210	0,063
66	346452	6298888	0,095	0,199	0,196	0,194	0,222	0,194	0,083
67	346413,9844	6298273,156	0,095	0,202	0,201	0,207	0,222	0,209	0,099
68	346378	6298495,933	0,000	0,163	0,190	0,137	0,222	0,202	0,000
69	346691	6298664	0,000	0,141	0,150	0,194	0,223	0,167	0,000
70	346325,0714	6298874,964	0,045	0,190	0,195	0,194	0,222	0,205	0,002
71	346999,375	6298434,083	0,000	0,168	0,171	0,201	0,223	0,191	0,000
72	346597	6298317	0,006	0,191	0,171	0,205	0,222	0,185	0,000
73	346761,9608	6298542,49	0,068	0,191	0,205	0,213	0,222	0,212	0,086
74	347019	6298573	0,045	0,190	0,197	0,205	0,222	0,206	0,017
75	346709,0526	6298926	0,111	0,202	0,205	0,21	0,222	0,212	0,111
76	346687,963	6299056,778	0,000	0,168	0,190	0,194	0,222	0,202	0,000
77	346614,4706	6298599,176	0,000	0,149	0,171	0,194	0,223	0,191	0,000

78	346606	6298699,083	0,000	0,141	0,162	0,179	0,223	0,185	0,000
79	346958,6222	6298958,956	0,095	0,199	0,196	0,201	0,222	0,204	0,028
80	346962	6298566	0,000	0,140	0,133	0,052	0,223	0,167	0,000
81	346360,2963	6298620,815	0,000	0,172	0,195	0,18	0,222	0,205	0,002
82	346586,9091	6298842,818	0,000	0,113	0,150	0,179	0,222	0,178	0,000
83	346944,2	6299089,2	0,000	0,168	0,162	0,18	0,223	0,149	0,000
84	346301,9718	6298242,989	0,181	0,215	0,217	0,214	0,222	0,219	0,179
85	346922,5833	6299213,75	0,000	0,113	0,162	0,137	0,223	0,185	0,000
86	346644	6298425,125	0,000	0,157	0,186	0,137	0,223	0,200	0,000
87	346315,1818	6298996,909	0,000	0,140	0,132	0,137	0,223	0,112	0,000
88	346259,4857	6298479	0,006	0,181	0,198	0,205	0,222	0,208	0,031
89	346762,9167	6299398,417	0,000	0,113	0,150	0,179	0,222	0,178	0,000
90	346390	6299600	0,156	0,212	0,210	0,214	0,222	0,213	0,174
91	346659,7308	6299304,231	0,000	0,168	0,192	0,205	0,223	0,204	0,000
92	346771,8889	6299433	0,000	0,157	0,150	0,18	0,223	0,178	0,000
93	346775,8293	6299343,244	0,104	0,200	0,198	0,205	0,222	0,185	0,037
94	346530,0649	6299288,557	0,182	0,214	0,218	0,22	0,222	0,219	0,187
95	346379	6299464	0,000	0,182	0,186	0,205	0,222	0,198	0,083
96	346402	6299266	0,118	0,203	0,201	0,205	0,222	0,208	0,067
97	346518,0602	6299376,602	0,141	0,207	0,209	0,205	0,222	0,214	0,153
98	346170	6298976	0,000	0,157	0,150	0,194	0,222	0,167	0,000
99	346643,7742	6299385,806	0,074	0,195	0,192	0,194	0,222	0,167	0,000
100	346370,5541	6299523,968	0,185	0,215	0,215	0,215	0,222	0,215	0,181
101	346654,125	6299341,063	0,000	0,157	0,150	0,194	0,223	0,149	0,000
102	346602	6299539	0,000	0,168	0,177	0,205	0,222	0,195	0,083
103	346508,1585	6299504,988	0,145	0,208	0,206	0,207	0,222	0,210	0,161
104	346636,0303	6299469	0,025	0,191	0,182	0,198	0,222	0,191	0,000
105	346139,0714	6299221,5	0,000	0,157	0,150	0,137	0,223	0,167	0,000
106	346484,8286	6299510	0,044	0,190	0,193	0,194	0,222	0,198	0,089
107	346202,0545	6298727,727	0,118	0,203	0,205	0,208	0,222	0,212	0,086
108	346185,9286	6298853,464	0,025	0,186	0,182	0,165	0,222	0,198	0,000
109	346390	6299368	0,106	0,205	0,194	0,209	0,222	0,210	0,161
110	346097	6298587	0,000	0,157	0,150	0,137	0,222	0,000	0,000
111	346228,8889	6298604,481	0,044	0,190	0,195	0,194	0,223	0,205	0,089
112	346261,1818	6299359,182	0,000	0,157	0,150	0,137	0,222	0,084	0,000
113	346146,1111	6299583	0,000	0,181	0,177	0,137	0,222	0,148	0,000
114	346123,3	6299354	0,000	0,059	0,133	0,052	0,223	0,167	0,000
115	346729,9	6299341,1	0,000	0,168	0,162	0,137	0,222	0,111	0,000
116	346889,0909	6299397	0,000	0,004	0,103	0,179	0,223	0,149	0,000
117	346058,8667	6298835,4	0,000	0,129	0,171	0,194	0,222	0,191	0,000
118	346075,931	6298710,31	0,000	0,168	0,192	0,201	0,222	0,204	0,000
119	346152,9286	6299103,357	0,000	0,141	0,150	0,179	0,223	0,167	0,000

Tabla J1: Vector cobertura por bloque horario.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Cluster 0	733,051	148,085	81,184	212,126	0	50	647,841
Cluster 1	1047,063	151,025	250,346	118,169	0	191,943	1077
Cluster 2	1140,805	244,176	133,465	47,971	0,394	125	1072,148
Cluster 3	2450	450,914	399,523	531,341	861,188	1225	1837
Cluster 4	1360,879	264,651	292,707	82,638	329,192	216	1335,955
Cluster 5	1076	0	109,774	0	1076	0	1076
Cluster 6	928,055	15,019	45,069	0	589,046	27,913	928,055
Cluster 7	1135,007	354,013	271,359	276,859	0,222	120	602
Cluster 8	787	145,197	160,16	301,663	0	492	1663,745

Tabla J2: Recompensa de cada Seguidor por bloque horario.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Función Objetivo	-934,82	-154,239	-146,405	-119,896	-106,081	-112,392	-813,393
Líder v/s 0	-749,342	-150,351	-95,837	-477,205	0	-50	-651,854
Líder v/s 1	-1070,347	-153,338	-295,179	-146,026	0	-282,191	-1077
Líder v/s 2	-1805,935	-247,929	-223,36	-107,867	-97,285	-125	-1790,677
Líder v/s 3	-2450	-576,177	-1041,311	-4403,712	-1144,043	-1225	-1837
Líder v/s 4	-2154,275	900,367	-906,601	-186,395	-577,944	-216	-2148,735
Líder v/s 5	-1076	0	-129,38	0	-1076	0	-1076
Líder v/s 6	-1109,23	-132,404	-139,09	0	-646,574	-135,273	-1109,23
Líder v/s 7	-1938,423	-359,448	-1746,481	-342,308	-1686,222	-120	-602
Líder v/s 8	-787	-185,469	-188,799	-679,132	0	-492	-1975,847

Tabla J3: Función objetivo y recompensa del Líder contra cada Seguidor por bloque horario.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Ataque 0	88	116	42	68	1	110	41
Ataque 1	72	116	42	80	1	112	53
Ataque 2	31	116	116	110	14	110	73
Ataque 3	95	114	105	64	36	110	74
Ataque 4	58	102	43	113	30	110	24
Ataque 5	34	24	42	24	1	24	34
Ataque 6	30	31	43	21	15	43	36
Ataque 7	109	116	109	80	103	110	46
Ataque 8	48	114	42	113	20	110	46

Tabla J4: Target donde cada Seguidor preferirá atacar en cada bloque horario.