

Titulo de la Tesis: **Tecnologías de búsqueda, S.I.G. e interactividad de datos.**

Por

Autor de la Tesis: Juan Francisco Luzoro San Martin

Presentado a la Escuela de Diseño (o Design Lab) en 16 de septiembre del 2015 como parte de cumplir con los requerimientos del grado de Máster en Diseño.

Derechos de autor según Decreto Rectoría Propiedad Intelectual de la Universidad Adolfo Ibáñez

ABSTRACT - El proyecto de investigación adjunto, busca entregar una visión colaborativa entre la actualidad del levantamiento de información en sistemas de información geográfica (SIG), pensado desde la perspectiva de la aspiración humana de documentar la globalidad, así como desde una visión desde la automatización tecnológica y como este proceso puede ser afectado por las capacidades del elemento base de toma de datos y su espectro de alcance. Cabe mencionar que la relevancia de cada una de las posturas en presentación está respaldada por una exitosa implementación de ambas en diversos ámbitos. A través de ejercicios y la colaboración que podría generar la automatización aplicada a los SIG, y como puede aportar sustantivamente en la solución de problemáticas, se pretende validar la acción de cada una de estas prácticas y desarrollar protocolos programables que permitan la actualización de datos en alguna técnica relevante. Una aplicación relevante se refiere a una actualización automática de la ubicación geográfica de dispositivos explosivos (minas antipersonales), en cartografías de control, que permita conocer la ubicación de dichos elementos y por ende disminuir riesgos asociados a su manejo. La gestión eficaz de la información con respecto a las actividades relativas a las minas es fundamental para el éxito de un programa de desminado y para tales fines, se utiliza ampliamente a nivel mundial el Sistema de Gestión de Información para las Actividades relativas a las Minas (IMSMA), creado por el CIDHG para las Naciones Unidas, que sirve como el sistema de Información Geográfica (SIG), entre otras bases de datos útiles, normalmente gestionadas por los centros nacionales de actividades relativas a las minas. Es en esta tarea donde la integración de dispositivos de captura de información en terreno puede marcar una diferencia fundamental en el nivel de precisión de la información recabada y como esta se interpreta e interfiere positiva o negativamente en el proceso. **KEYWORDS: Minas, SIG, Cartografía, Desminado, IMSMA**

Asesor de Tesis:

Director Máster en Diseño:

Firma : _____

Firma : _____

Asesor de Tesis:

Firma : _____

Director Máster en Diseño:

Firma : _____

Agradecimientos

A mi Familia, en especial a Cony y Diego, mi razón de querer hacer más; Para Alicia y Juan, porque sé que esto les hace feliz.

Al equipo del Design Lab de la Universidad Adolfo Ibañez, A Sergio por la confianza, y en especial a Camilo y Felipe que me apoyaron constantemente en este camino.

A los Profesores, por su gran aporte a esta investigación, en especial a Ricardo Truffello por su gran colaboración y guía en este proceso.

A mis compañeros, por el aguante de estos 2 años

Index

A. Pagina titular

B. Pagina del Lector(es) de Tesis

C. Reconocimientos

D. Index

1. Introduccion

- 1.1 Contexto General.
- 1.2 Variables de una Problematica Global.
- 1.3 Tratado de Ottawa y la Prohibición.
- 1.4 El Desminado Humanitario como Acción
- 1.5 IMSMA, Aportes y Externalidades

2. Pregunta de Investigacion.

- 2.1 La captura de datos y su incidencia.
- 2.2 Evolución histórica de las disciplinas asociadas a la detección y documentación geográfica de datos.

3. Proceso Metodologico

- 3.1 Metodología de mejora en base a la creación de prototipos y prueba empírica.
- 3.2 Metodología de parametrizacion y modelación matemática probabilística, aplicada a SIG.
- 3.3 Investigación de metodología de programación para tareas de similar naturaleza.

4. Ambito Proyectual

- 4.1 Comprension de la plataforma SIG
- 4.2 Desarrollo electronica sensorial
- 4.3 Programacion
- 4.4 Funcionalidad y Resultados Preliminares

5. Desarrollo de Prototipo UGV y Plataforma SIG

5.1 Desarrollo de Prototipo Fisico UGV

- 5.1.1 Programación del sistema de detección
- 5.1.2 Motorización y movilidad del UGV

5.2 Trabajo en Plataforma SIG

- 5.2.1 Definición de Espacio de Probabilidad
- 5.2.2 Análisis Precisión GPS
- 5.2.3 Análisis de probabilidad de localización
- 5.2.4 Consideraciones Físicas y Geomorfológicas

5.3 Integración en Herramienta SIG

- 5.3.1 Área de Estudio
- 5.3.2 Definición de Parámetros Individuales.
- 5.3.3 Diferencia Altitudinal
- 5.3.4 Pendiente de Equilibrio
- 5.3.5 Velocidad
- 5.3.6 Factor de Atasco
- 5.3.7 Integración del Modelo SIG y Resultados

6. Contribuciones y relevancias

- 6.1 Ámbito Teórico y el re-pensar una tarea
- 6.2 Ámbito Técnico y aporte al desarrollo tecnológico
- 6.3 Relevancia en la mejora de un procedimiento existente

7. Conclusiones

8. Notas

9. Referencias Bibliograficas

10. Lista de Figuras

11. Anexos

- 11.1 Informacion complementaria para Fig. 6 (Paginas 12-13)
- 11.2 Programacion sistema de detecccion JAVA (Version 4.1)

Tecnologías de búsqueda, S.I.G. e interactividad de datos.

1. Introducción

1.1 Contexto General

Recientemente se han desarrollado diversas técnicas y tecnologías con el afán de poder documentar fenómenos geográficos, demográficos o tectónicos de manera informativa y eficiente. La actualización de estos datos geográficos se ha realizado consistentemente con los avances de la técnica y particularmente, desde el siglo XX en adelante, el desarrollo informático y el procesamiento de datos ha permitido un avance con un nivel de eficacia y rapidez nunca antes desarrollado en la historia. Ejercicios de captura de datos geográficos y su cruce con información relevante, como el de Charles de Fourcroy y su *“Comparación de propiedades demográficas en ciudades europeas”*¹ o John Snow y su trabajo *“Definición cartográfica de áreas afectadas por una epidemia de cólera”*², que sentaron las bases de la sistematización de la información geográfica. A través de estos ejercicios y la colaboración que se pudo generar en la automatización aplicada a los SIG, y como puede aportar sustantivamente en la solución de problemáticas, se pretende validar la acción de cada una de estas prácticas y desarrollar protocolos programables que permitan la actualización de datos en alguna técnica de desarrollo cartográfico de manera automática e inmediata. Para el desarrollo de nuestro caso nace

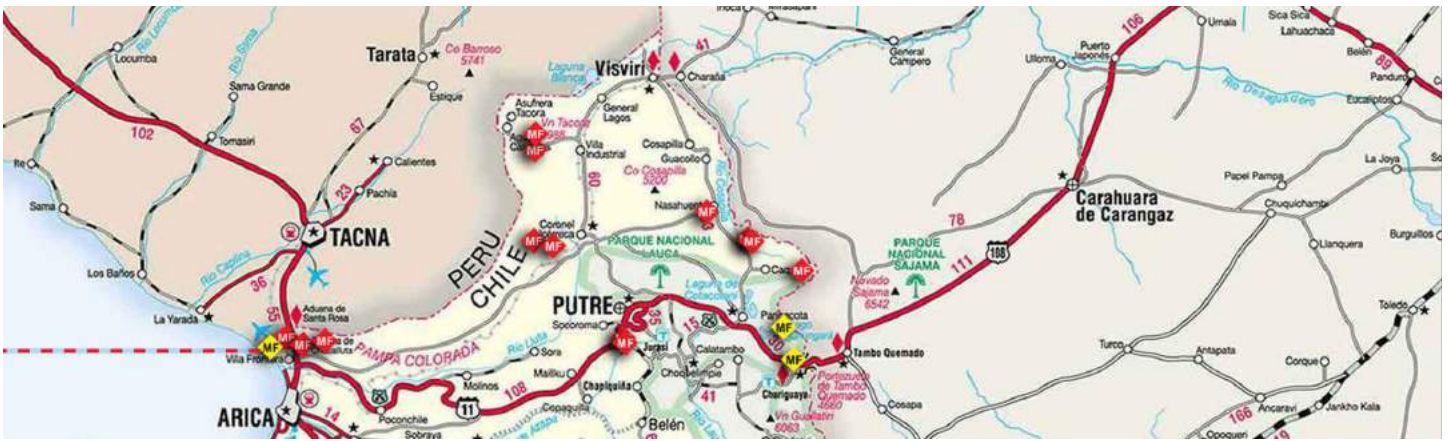


Fig1. Mapa cartográfico de ubicación explosivos en la región de Tarapaca - Chile, CNAD, 2009

como caso de estudio, una actualización automática de la ubicación geográfica de dispositivos explosivos o “minas antipersonales”, en cartografías de control, que permita conocer la ubicación de dichos elementos y por ende disminuir riesgos asociados a su manejo. El caso, en su generalidad más amplia, se refiere a la relación existente entre los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la posición de objetos explosivos diseminados en territorios, con fines militares, esto sumado a diversas variables como la composición del terreno, influencia de cauces fluviales, composición tectónica del mismo, características geomorfológicas, así como el tiempo transcurrido desde la colocación de dichos artefactos, hacen compleja la actualización de datos cartográficos que documenten la posición a través del tiempo y por la naturaleza de los mismos, su detección con fines de localización y/o eliminación, se hace sumamente peligrosa.

1.2 Variables de una Problemática Global

En su versión más simple, las minas terrestres (conocidas normalmente como ‘minas’)³ son trampas explosivas activadas por las propias víctimas, con independencia de que el objetivo sea una persona o un vehículo. Una mina está compuesta por una cierta cantidad de material explosivo contenido en algún tipo de caja (normalmente de metal, plástico o madera) y por

un mecanismo de fusibles destinado a provocar la explosión. Las minas suelen clasificarse en dos categorías: las minas antitanque (o antivehículo)⁴ y las minas antipersonal. Por lo general, los especialistas clasifican las minas antipersonal en cuatro subcategorías, según el principal método utilizado para causar las heridas: mina de onda explosiva, mina de fragmentación, mina proyectable y mina de fragmentación de efecto dirigido. Se utilizan para colapsar los servicios médicos enemigos, degradar la moral de sus tropas, y dañar vehículos no blindados. Por ello, se busca sobre todo que hieran gravemente o mutilen, y no la muerte del soldado, ya que “un muerto no causa tantos problemas como un herido”. Así, sus efectos más comunes son amputaciones, mutilaciones genitales, lesiones musculares y en órganos internos, quemaduras. Nadie sabe exactamente cuántas minas siguen diseminadas a raíz de conflictos antiguos o recientes. Se calcula que hay más de 110 millones de minas repartidas en más de 64 países (la mayoría en África y América Latina).

Pueden permanecer activas durante más de 50 años después del fin de un conflicto. Frecuentemente no se señalizan las zonas minadas, ya que son lanzadas arbitrariamente desde aviones o desde lanzadoras sin ningún control sobre la zona en que caen. Tampoco se elaboran mapas de minas, cosa que provoca, como ocurrió en Bosnia-Herzegovina, que muchas veces los soldados en plena retirada ante una contraofensiva del

contrincante fueran víctimas de las minas que ellos mismos habían colocado previamente.

La Campaña internacional para la prohibición de las minas terrestres (ICBL), por ejemplo, que se trata de una red de más de 1.400 ONG, notificó los accidentes de minas terrestres y municiones sin estallar, incluidos los mortales, que se produjeron en 65 países en 2002 y en la primera parte de 2003.

En 2002 y hasta junio de 2003, se registraron bajas provocadas por las minas terrestres en 65 países; la mayoría (41) de estos países estaban en situación de paz, no en guerra. Sólo el 15 por ciento de las bajas registradas correspondieron a personal militar. En 2002, el mayor número de nuevas bajas registradas se produjo en: Chechenia (5.695 bajas registradas), Afganistán (1.286), Camboya (834), Colombia (530), India (523), Irak (457), Angola (287), Chad (200), Nepal (177), Vietnam (166), Sri Lanka (142), Burundi (114), Burma/Myanmar (114) y Pakistán (111). También se registraron cantidades importantes (más de 50) de nuevas bajas en Bosnia y Herzegovina, República Democrática del Congo, Eritrea, Etiopía, Georgia, Laos, Palestina, Senegal, Somalia y Sudán. (5)



Fig2. Desminado de territorios en el norte de Chile, utilizando metodos tradicionales de busqueda y desactivación., CNAD, 2009



Fig3. Explosión controlada de una mina antipersonal, CNAD, 2009

No obstante, la amenaza de las minas va mucho más allá de matar, mutilar y herir a miles de personas cada año. Estas armas siguen teniendo consecuencias sociales, económicas y medioambientales, que son prolongadas y en muchos casos graves. Así pues, la pérdida de tierras agrícolas fértiles y de acceso a puntos de suministro de agua son algunas de las consecuencias más graves para las comunidades rurales en desarrollo.

Colocar una mina puede costar 1,8 euros, pero desactivarla puede llegar a mucho más: hasta 718 euros. Frecuentemente son las mismas empresas productoras de minas las que proporcionan servicios de desminado.

Los países que disponen de una infraestructura mínima...son particularmente vulnerables a la amenaza de las minas terrestres. Se han minado los diques y las instalaciones eléctricas, lo que reduce considerablemente la capacidad de un país de producir la energía necesaria para su reconstrucción. También se han minado los sistemas de transporte, por lo que se ha interrumpido el desplazamiento de las personas y el intercambio de bienes y servicios. Las carreteras y los caminos minados debilitan la economía de mercado, ya que aíslan a campesinos y pastores, impidiéndoles llegar a los mercados para vender sus productos.(6)

1.3 Tratado de Ottawa y la prohibición

El Tratado de Ottawa o la Convención sobre la prohibición de minas antipersonales, formalmente denominada Convención sobre la prohibición del empleo, almacenamiento, producción y transferencia de minas antipersonales y sobre su destrucción es un tratado internacional de desarme que prohíbe la adquisición, la producción, el almacenamiento y la utilización de minas antipersonales.

“ Con excepción de lo dispuesto en el Artículo 3, cada Estado Parte se compromete a destruir, o a asegurar la destrucción de todas las existencias de minas antipersonal que le pertenezcan o posea, o que estén bajo su jurisdicción o control, lo antes posible, y a más tardar en un plazo de 4 años, a partir de la entrada en vigor de esta Convención para ese Estado Parte. [art. IV]”

Asimismo, más de 90 millones de minas han sido destruidas en estos años, si bien continúa habiendo países con stocks muy importantes, de varios millones de unidades, en estados parte como Bielorrusia, Grecia, Turquía o Ucrania. Todos ellos tienen fecha fijada para la destrucción de sus stocks. Las grandes cifras, sin embargo, están en manos de estados no parte en el Tratado: China (110 millones estimados), Rusia (24.5



Fig4. Desminado Humanitario en la region de antofagasta, CNAD, 2011

millones), Estados Unidos (10.4 millones), Pakistán (6 millones) e India (4-5 millones).

Con todo, a 16 años de su entrada en vigor, el Tratado de Ottawa debe considerarse un gran éxito de la comunidad internacional. Por haber contribuido decididamente al consenso generalizado que existe en la actualidad en la comunidad internacional sobre el carácter ilegal de cualquier utilización de este tipo de armamento, la Convención de Ottawa constituye un hito para el desarme internacional, para la protección de las víctimas de los conflictos armados y, en definitiva, para la extensión de los derechos humanos en el planeta.

1.4 El Desminado Humanitario como Acción

El desminado humanitario, componente esencial de las actividades relativas a las minas, abarca una serie de actividades para la limpieza y la remoción de minas y de municiones sin estallar. Éstas incluyen estudios técnicos, levantamientos cartográficos, remoción de minas y municiones sin estallar, señalización, documentación posterior al desminado, contacto directo con las comunidades afectadas y traspaso de las tierras desminadas. Las operaciones de desminado sólo representan unaparte del proceso de desminado humanitario, aunque son la parte más costosa. Se ha desarrollado una amplia gama de métodos de desminado que utilizan por separado o de forma combinada, según proceda,

el desminado manual, perros rastreadores de minas, y equipos mecánicos de desminado como cizallas, arados y mayales. La neutralización de municiones explosivas y el desminado de los campos de batalla se reserva fundamentalmente a profesionales encargados de eliminar o destruir las municiones sin estallar.

El desminado humanitario debe distinguirse claramente del desminado militar. El primero tiene por objeto destruir todas las minas y otros restos explosivos de guerra diseminados en una zona determinada, y restituir las tierras desminadas a la población civil para su utilización. Con respecto al segundo, la rapidez reviste una importancia clave para los soldados que libran una batalla, ya que deben asumir mayores riesgos y, por consiguiente, durante las operaciones de desminado militar es probable que sólo se abra una brecha en el campo minado y que no se destruyan todas las minas que se hallen en el camino de las fuerzas armadas.

Según las Normas Internacionales para las Actividades relativas a las Minas (IMAS), los términos 'desminado' o 'desminado humanitario' (considerados sinónimos) en este contexto se refieren a "*las actividades realizadas al objeto de retirar minas y municiones sin estallar, inclusive el estudio técnico, levantamiento cartográfico, desminado, señalización, documentación posterior al desminado, contacto directo con las comunidades afectadas y traspaso de las tierras desminadas.*"⁷

De conformidad con las normas y directrices IMAS, la

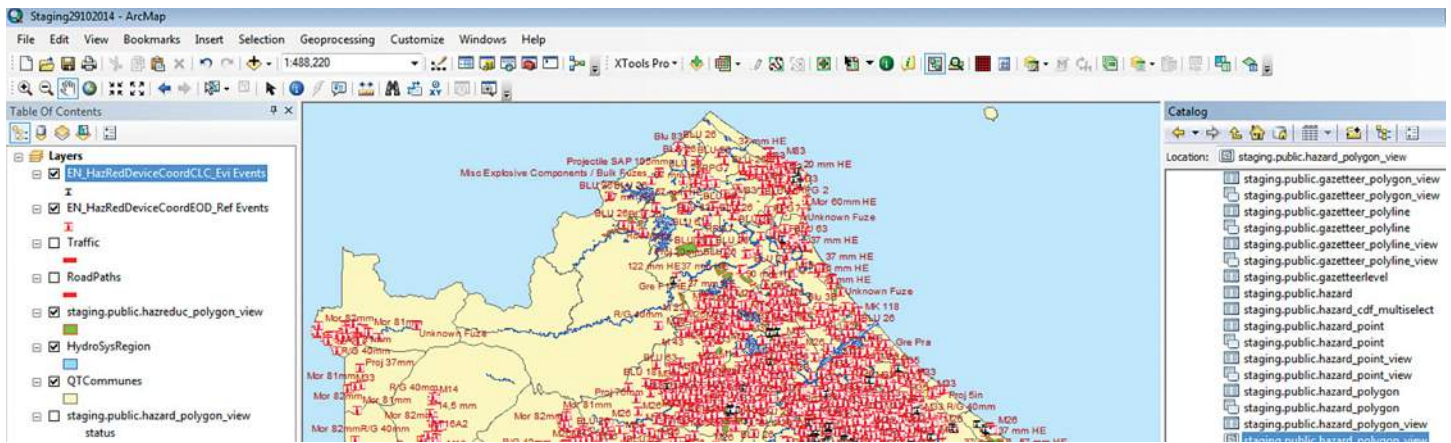


Fig5. Información del Sistema de Información Geográfica ARGIS, utilizando la base de datos IMSMA

remoción de minas y de municiones sin estallar sólo es una parte del proceso de desminado que, a su vez, sólo representa una parte de las actividades relativas a las minas.⁸

Como señalan las IMAS en lo que respecta a la evaluación general de las actividades relativas a las minas, su planificación “exige la recopilación de informaciones exactas y puntuales sobre la forma, el alcance y los efectos de la amenaza que plantean las minas, las municiones sin estallar y otros artefactos explosivos. Estas informaciones se obtendrán de estudios y misiones de evaluación, de acciones y proyectos conexos emprendidos localmente, y de otras fuentes locales.”⁹ Se debe llevar a cabo un muestreo para eliminar falsos positivos y realizar otros estudios complementarios. Los resultados del estudio se integran en la base de datos **IMSMA (Sistema de Gestión de Información para Actividades relativas a las Minas)** del país afectado.

1.5 IMSMA, Aportes y Externalidades

La gestión eficaz de la información con respecto a las actividades relativas a las minas es fundamental para el éxito de un programa nacional. A tales fines, se utiliza ampliamente el Sistema de Gestión de Información para las Actividades relativas a las Minas (IMSMA), creado por el CIDHG para las Naciones Unidas, que sirve como el Sistema de Información Geográfica (SIG),

entre otras bases de datos útiles, normalmente gestionadas por los centros nacionales de actividades relativas a las minas. IMSMA es un sistema de gestión de datos para su utilización por los centros de actividades relativas a las minas. Este instrumento combina una base de datos relacional con un Sistema de Información Geográfica (SIG). El sistema y su desarrollo, difusión, mantenimiento y apoyo, así como los cursos de formación necesarios para su manejo, son financiados por el gobierno suizo y se ponen gratuitamente a disposición de los Estados. Se ha desarrollado para facilitar, recabar, cotejar y distribuir informaciones pertinentes y oportunas tanto en el terreno como en la sede central. En la actualidad, el sistema se utiliza en más del 90 por ciento de los programas de acción contra las minas en todo el mundo. Merced a la aportación de los usuarios en el terreno, se ha actualizado y mejorado permanentemente desde su puesta en marcha, en 1999.

IMSMA es un instrumento que permite la planificación, gestión, y presentación de informes en materia de desminado. Utiliza técnicas informáticas habituales, puede adaptarse a las necesidades locales, reduciendo el tiempo que requiere la creación de un centro de actividades relativas a las minas, al ofrecer un sistema de información normalizado y listo para su utilización. Funciona como registro e informa sobre los problemas puntuales ocasionados por las minas terrestres y sobre sus consecuencias socioeconómicas (expande su ám-

bito de acción a la relación social de la problemática, no solo al perfil técnico del problema), proporcionando datos e instrumentos de análisis para mejorar la asignación de recursos tanto técnicos como de intervención en otras áreas.

Realiza un seguimiento de los progresos y comprueba si se han mitigado los efectos de las minas terrestres, apoyando la gestión y las operaciones. De conformidad con las IMAS, IMSMA es el sistema de información preferido por la ONU para la gestión de datos críticos en el marco de los programas apoyados por la Organización en el terreno, asegurando la recopilación de datos, el análisis y la difusión de las informaciones, y la gestión de proyectos.

2. Pregunta de Investigación

2.1 La Captura de datos y su incidencia

En su generalidad más amplia, la relación existente entre los Sistemas de Información Geográfica (SIG) - en relación a este caso de estudio, el IMSMA - y la posición de objetos explosivos diseminados en territorios, con fines militares, así como las diversas variables explicadas anteriormente hacen compleja la actualización de datos cartográficos que documenten su posición a través del tiempo y por la naturaleza de los mismos, su detección se hace sumamente compleja.

Es en esta área donde el desarrollo la automatización de muestreo, integración y actualización en tiempo real de datos se plantea como el próximo paso, y ya se han generado avances en esa línea de investigación, como los sistemas de captura satelital o escaneos mediante fotogrametría, más en general, el crecimiento técnico, describe una curva de desarrollo cercana a la captura de macro datos y no a la captura de datos en áreas de menor tamaño y con mayor nivel de precisión y detalle. Ahí existe la posibilidad de entender, como la captura de datos y búsqueda de objetos en áreas de menor escala puede aportar a la actualidad de los SIG, considerando el paradigma de como una aspiración global de levantar datos geográficos del mundo, puede ser afectado por el nivel de capacidad e interactividad del elemento de captura en su relación cercana con la superficie del globo y en su dimensión micro de captura de información. Todo relacionado directamente con un proceso de desarrollo basado en el diseño de un sistema que permita la actualización automática de la ubicación geográfica de dispositivos explosivos (minas antipersonales), en cartografías de control creando bases de datos actualizadas y reactivas a los cambios geográficos dados por las variables tectónicas y geodésicas asociadas a la problemática antes detallada.

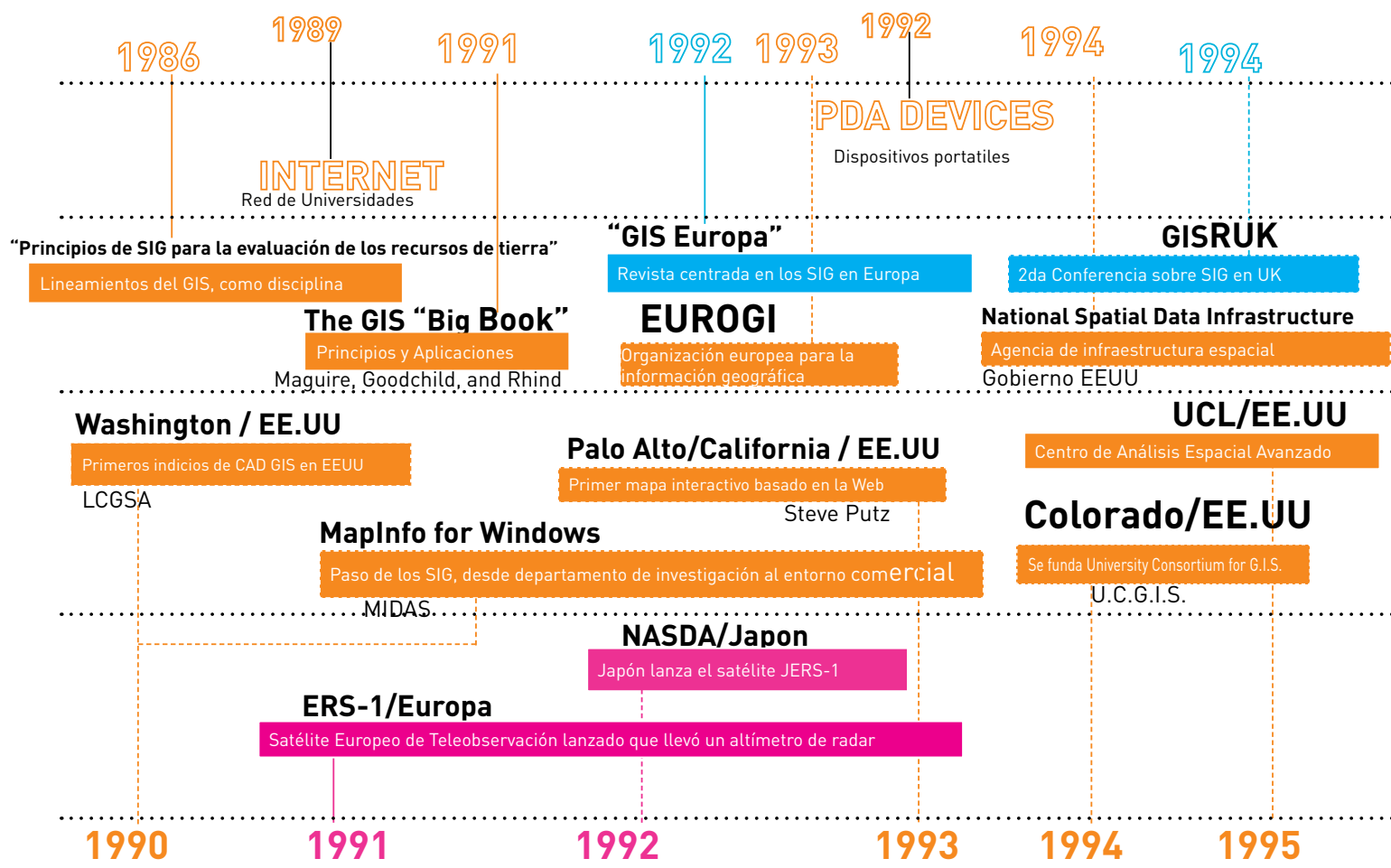
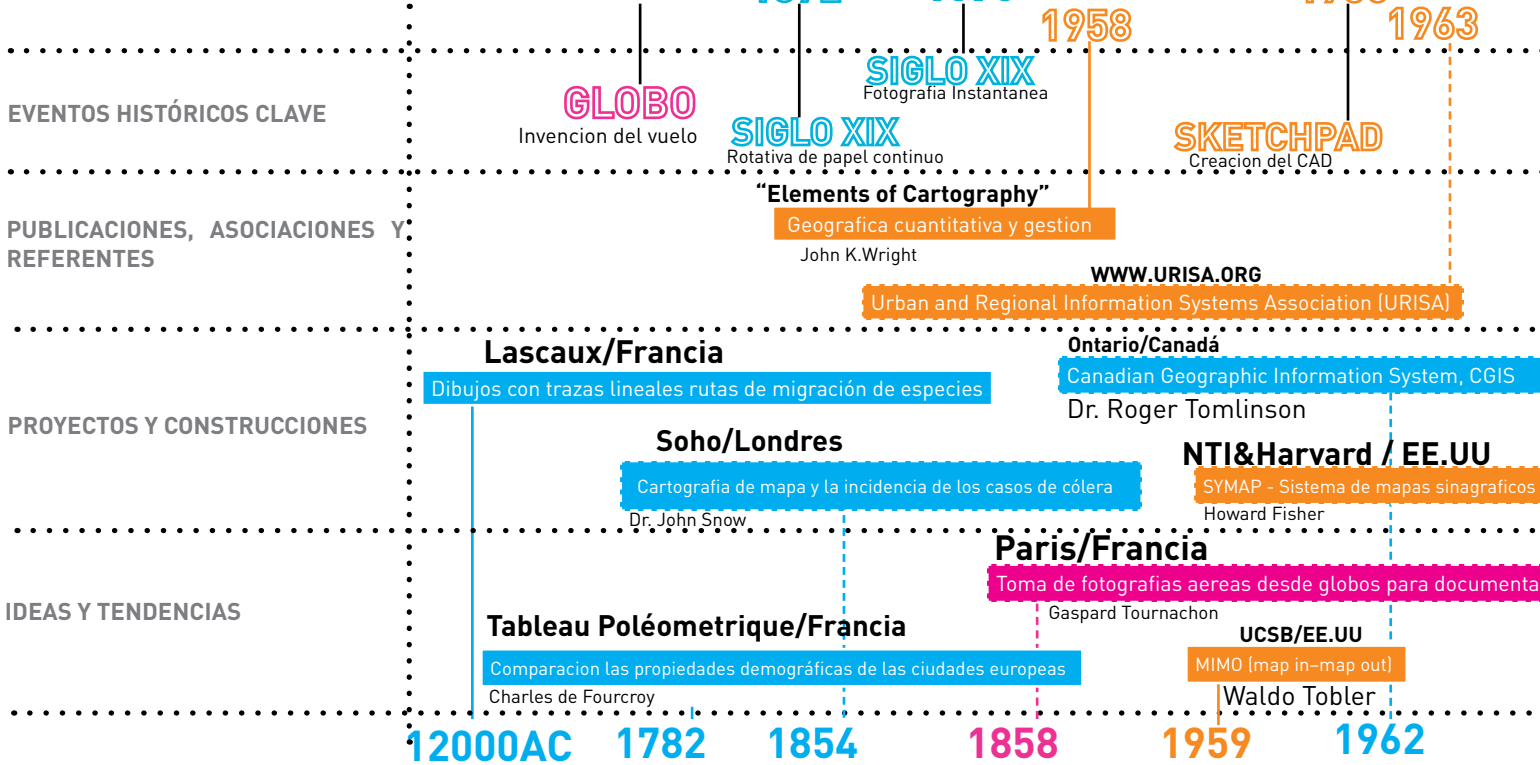
Es importante además conocer la actualidad y la evolución histórica del proceso de captura de datos geográficos, así como se ha desarrollado en directa relación

2.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS DISCIPLINAS ASOCIADAS A LA DETECCIÓN

Asociaciones funcionales de data mapping y teledetección

Desarrollo de la técnica y captura de datos

Imagen asociada con un atributo de información



Y DOCUMENTACIÓN GEOGRÁFICA DE DATOS (Fig6.)

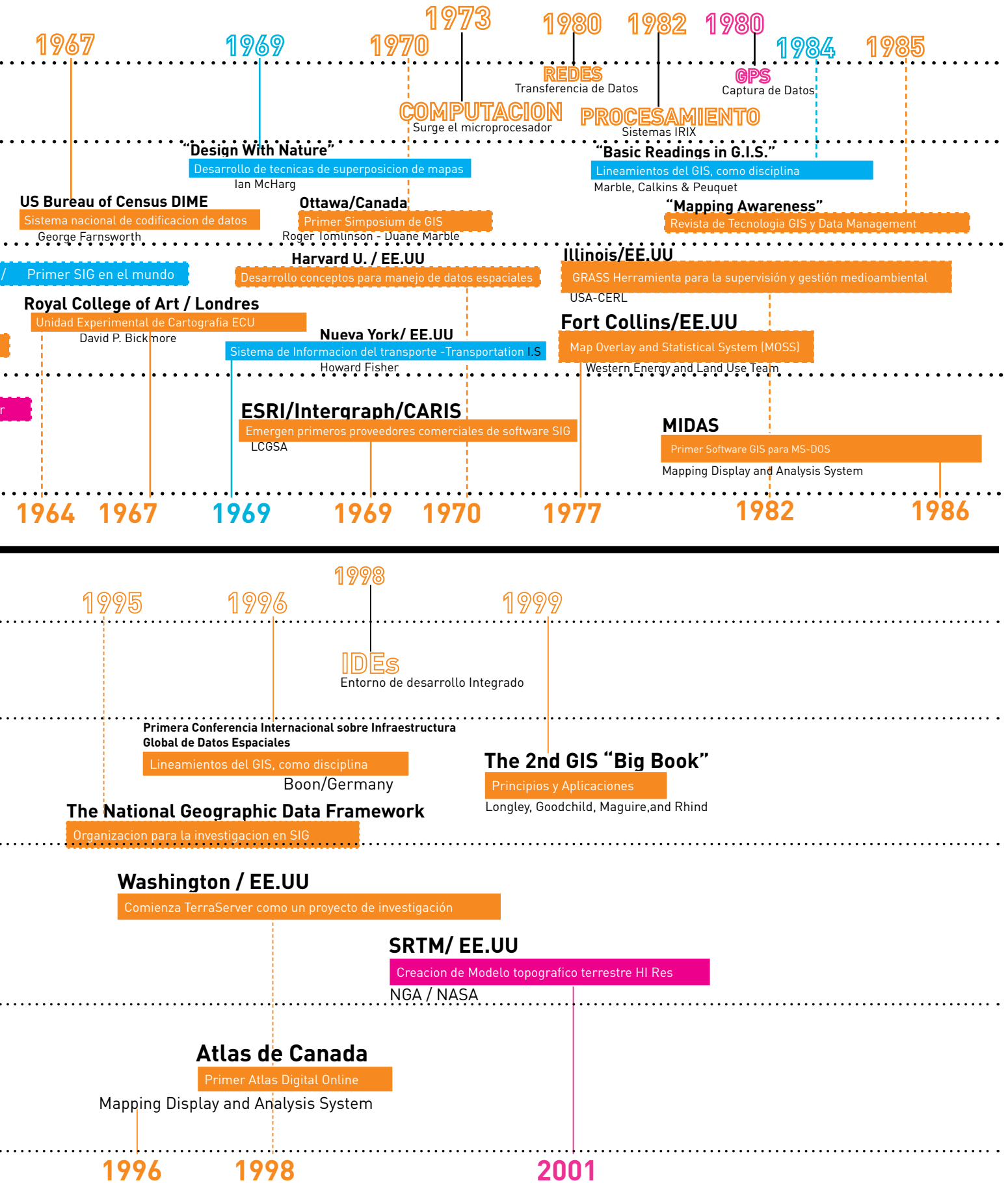




Fig7. Diagrama grafico del ciclo de "investigacion activa", Kurt Lewin

con las disciplinas asociadas a la documentación de los mismos, para fines relacionados o no directamente con este proyecto. [Paginas 12-13]

3. Proceso Metodologico

Para el trabajo de investigación se desarrollaran diferentes ámbitos de investigación que se considera podrán aportar de manera consistente al desarrollo del estudio y la concepción del sistema de detección y su asociación con el modelo predictivo dentro de la plataforma SIG. Las estrategias o metodologías son:

- Metodología de mejora en base a la creación de prototipos, prueba empírica e iteración.
- Metodología de parametrización y modelación probabilística.
- Investigación de metodología de programación para tareas de similar naturaleza.

3.1 Metodología de mejora en base a la creación de prototipos y prueba empírica.

En términos metodológicos, la realización de prototipos, está enfocada desde la creación de diversos ejercicios en el ámbito de la electrónica, SIG, programación entre otros, a modo de experimentación guiada, que permita obtener datos válidos para el proyecto, me-

dante el análisis y que conduzca a una reformulación de la próxima experiencia dentro de una misma área o aportando a otras áreas dentro del mismo proyecto. Esto permite una reformulación cíclica de cada experiencia en pro de desagregar la información relevante y aplicable al proyecto. Se ha planificado cada experiencia basada en los principios de investigación activa⁵, pero adaptados a la investigación a través del diseño. Básicamente se refiere a la iteración y testeo continuo de variables tecnológicas en el acto de sensing, corrigiendo y re planificando las acciones de cada prototipo, con el fin de afinar estadísticas y funcionalidad del mismo. De manera practica esto se puede ejemplificar de la siguiente manera:

Etapa 1: el desarrollo de un plan de acción para mejorar lo que ya está sucediendo o implementar una nueva iniciativa. >> "Combinar sensores de diversa índole para detectar plásticos utilizando controlador programable"

Etapa 2: acción para implementar el plan. >> "Crear un dispositivo que combine sensores de metal, magnetismo y color y combinar funcionamiento para discriminar según detector"

Etapa 3: tener en cuenta los efectos de la acción en el contexto de lo que ocurre. >> "Configurar el prototipo para trabajar de acuerdo a las variables del entorno"

Etapa 4: reflexionar sobre estos efectos, como base para la planificación, la acción siguiente, y así suce-

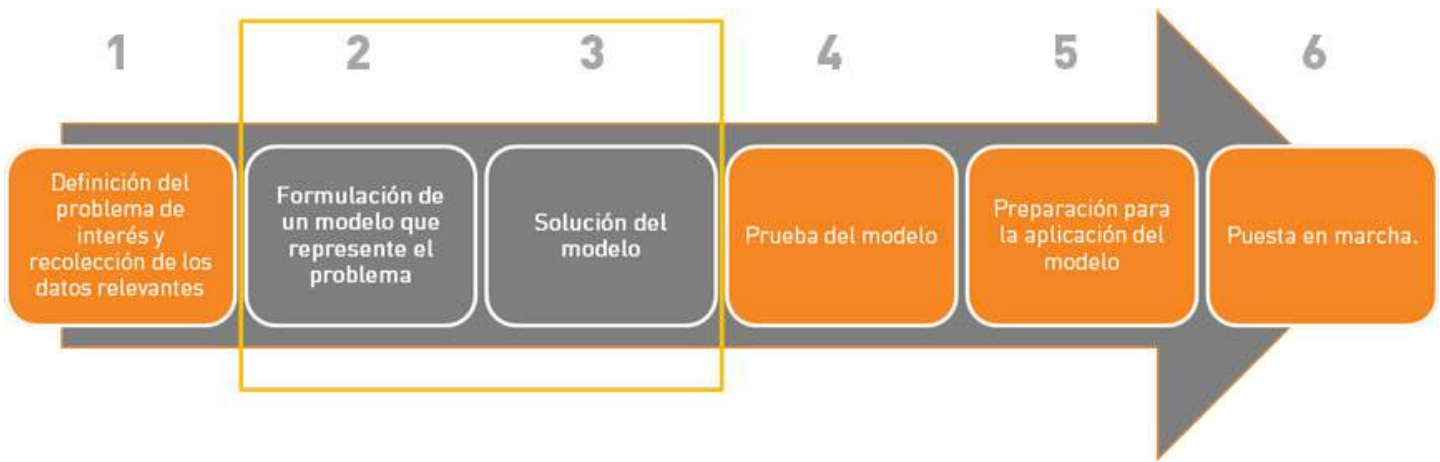


Fig8. Pasos para definición de modelo matemático básico

sivamente, a través de una sucesión de ciclos >> “Se debe reconfigurar el dispositivo para incrementar efectividad, agregar nuevos sensores, reconfigurar parámetros de acción de los actuales”

3.2 Metodología de parametrización y modelación matemática probabilística, aplicada a SIG.

El siguiente planteamiento metodológico relacionado con la búsqueda y detección de objetos en situación de dispersión aleatoria, se basa en la posibilidad de prever la posición de cada uno de los objetos. Ante esto es necesario, identificar cual es la mejor tipología de modelo matemático de las existentes para la aplicación de definición de recorridos de búsqueda y recorridos del equipo (existen modelos deterministas, continuos, probabilísticos, estocásticos entre otros). Luego se definirá entre dos posibles enfoques iniciales de cómo abordar esta definición:

- Generar un modelo matemático que utilice cada una de las posibles variables y de acuerdo a ellas, entregue una retícula de búsqueda no uniforme, que permita seguir una ruta lógica no geométrica de búsqueda.
- Desarrollar un modelo de probabilidades basado en factores que afectan el desplazamiento

posicional de los objetos, con el fin de entregar órdenes de avance y dirección al dispositivo.

Para desarrollar este modelo matemático o de probabilidades y según se entiende desde la planificación básica documentada de desarrollo de modelos matemáticos, inicialmente deberíamos trabajar y cumplir las siguientes tareas (fig5):

1. Definición del problema de interés y recolección de los datos relevantes
2. Formulación de un modelo que represente el problema
3. Solución del modelo
4. Prueba del modelo
5. Preparación para la aplicación del modelo
6. Puesta en marcha.

Utilizando esta planificación, la creación de los puntos 2 y 3 es la que difiere en mayor medida con las capacidades propias del diseño como herramienta de investigación y serán asesoradas por un experto que conozca y guíe la captura y aplicación de los datos sobre la formulación del modelo. Otra definición importante debe ser la del modelo a utilizar, el uso de un modelo deterministas, probabilísticos o discretos, determinara la validez del resultado.

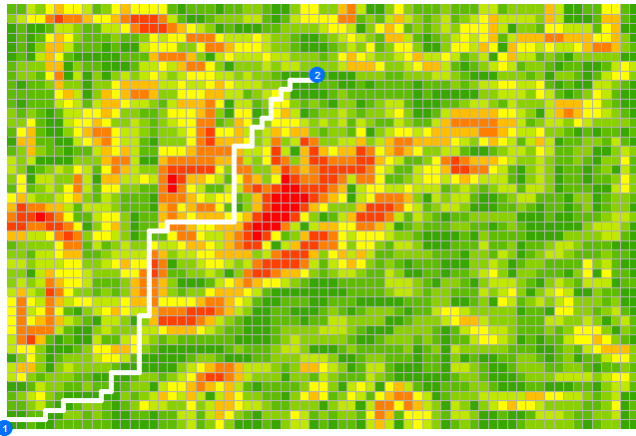
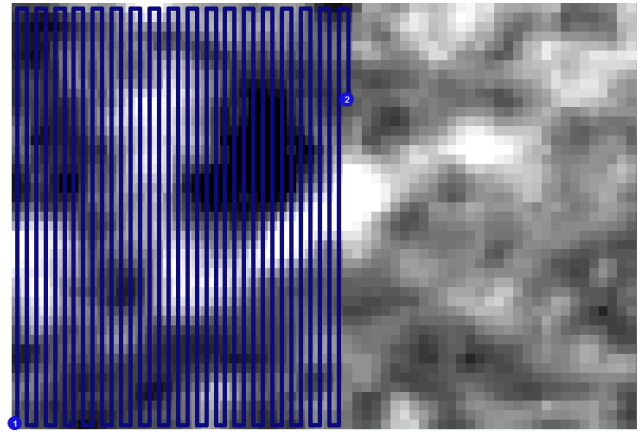


Fig9. Imagen raster satelital, mostrando derivacion automatica de rutas entre 2 puntos, de acuerdo a las diversas gradientes del terreno, utilizando la ruta con menor inclinacion.



3.3 Investigación de metodología de programación para tareas de similar naturaleza.

En términos metodológicos parece interesante, revisar el desarrollo de software que utiliza la dispersión aleatoria de objetos en su funcionalidad. Lo interesante a investigar, se relaciona con los algoritmos de dispersión que se utilizan para la implantación de los objetos, así como los diversos “bots” o softwares que solucionan automáticamente juegos (ejemplo, el “buscaminas” de Windows). Además de la búsqueda de otros juegos que sigan esta temática de “seeker” y que cuenten con información validable con fines de investigación..

4. Ambito Proyectual

4.1 Comprension de la plataforma SIG

Como punto de partida se desarrollaron 3 ejercicios de investigación y trabajo práctico en aplicaciones SIG relacionados con la obtención de información cartográfica necesaria para configurar ubicaciones (zonas con latitud y longitud), información para crear zonas para revisión y por último el uso de información actualizada para crear las cartografías, además de mapas de planificación. Para los primeros 2 de ellos se utilizó la plataforma tecnológica ARC GIS y su módulo ARC MAP, sobre ellos se trazaron puntos manualmente sobre un

mapa raster MDE de la Región de Tarapaca que permitió obtener ubicaciones de longitud, latitud y altitud en la base de datos del software. Para obtener este dato se debía realiza un cruce entre la información del mapa de la imagen raster y la información del archivo SHP que contaba con la disposición geográfica de los elementos. La información de cada posición de estos puntos se exporta como base de datos y archivo de texto hacia un software de control de dispositivos AUV/AGV (Unmanned Aerial Vehicle/ Unmanned Ground Vehicle) llamado Mission Planner, esto con el fin de generar áreas de control y rastreo interpretables por un control de máquina. Todo esto con la finalidad de gestionar áreas que deberían ser revisadas en búsqueda de artefactos explosivos por dispositivos no tripulados.

Otro proceso que permite el uso de SIG en la planificación, se basa en la posibilidad de crear en la medida que el trabajo progresa, los datos cartográficos base, con el estado de la revisión y niveles de exploración desarrollados, utilizando los mismos datos generados para el uso en Mission Planner.

Además se realizó un trabajo de levantamiento que permita usar información cartográfica para determinar la velocidad de viaje de un vehículo, de acuerdo a las pendientes del terreno, determinar las distancias, tiempos, seguimiento de las rutas y zonas de influencia de acuerdo a la velocidad y tiempo transcurrido. El primer paso fue reducir el área de trabajo sobre la

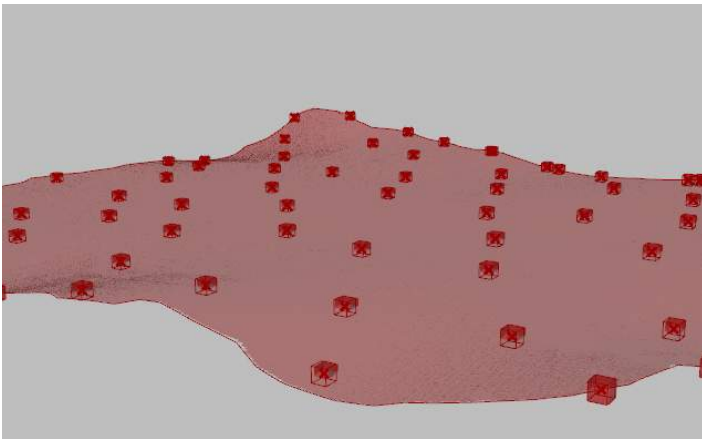


Fig10. Gráfico de diseminación de objetos aleatoriamente en un área digitalizada tridimensionalmente.

imagen satelital, para poder gestionar mejor la información. La calidad de imagen determinará la superficie mínima de trabajo y la resolución de los resultados. La resolución en este caso es 25 x 25 metros en cada píxel. Esta resolución estaba lejos del ideal necesario para obtener resultados fidedignos de operatividad de un supuesto vehículo, pero a modo de ejercicio académico pudo determinar la programación y el método a seguir para realizar a futuro un ejercicio similar con un nivel de resolución superior al entregado por SRMT de la NASA, que se utilizó en este ejercicio (Se sugiere datos de Satelite Pleiades con RADAR Terrasar), y lograr un panorama similar al revelado en investigación de *Chyi-Rong Chiou, Wei Lung Tsai y Yu-Fai Leung*¹¹, que además podría considerar aún más valores en la simulación de las rutas, además de las pistas y velocidad de los dispositivos, pueden considerarse variables el gasto de energía y discriminar la naturaleza de la ruta de acuerdo con estas variables.

4.2 Desarrollo electronica sensorial

Paralelamente se ha trabajado en la creación de un primer aparato de sensing y obtención de información. Para ello se diseñó el control de sensores a través de un micro controlador de bajo costo (Arduino), y la utilización de tres sensores conectados a sus entradas análogas (sensor de metales, sensor de magnetismo y

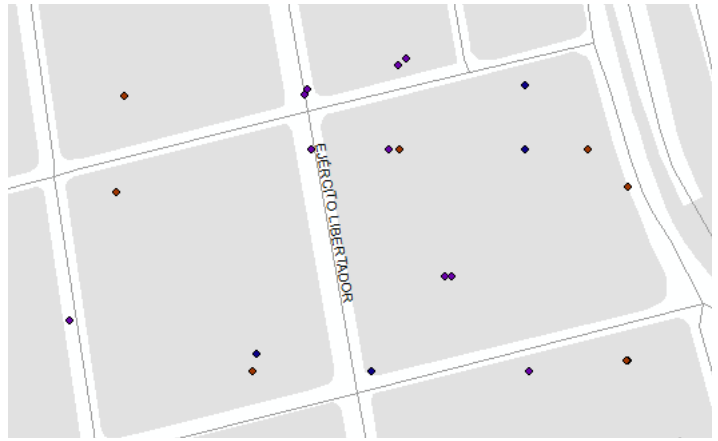


Fig11. Actualización cartografica de puntos provenientes del sistema de rastreo, basada en las interacciones de el buscador con objetos dispersos.

sensor de color), cada uno con una función claramente definida en la funcionalidad del aparato: La sensibilidad frente a la presencia metálica y magnética, se justifica debido a la naturaleza de un alto porcentaje (Mas de un 90%) de los dispositivos explosivos instalados y abandonados, desde que comenzó el uso de estos equipos en conflictos bélicos y limítrofes, y el uso de un sensor de color, se justifica por la evolución técnica de los explosivos y la creación de minas artesanales con envases plásticos que no sería detectados por medio de los dispositivos o sensores anteriormente mencionados. Una vez procesadas las señales se realiza un circuito interno que permite generar una respuesta audible y/o visual de diferente frecuencia para cada uno de los diversos sensores, a través de tres leds, buzzers o zumbadores. En el diseño del programa de control se utilizó un control del tipo maestro esclavo, que requiere mantener conectado el aparato de sensorización a un computador. Con esto se gana en velocidad de procesamiento de datos y posterior respuesta pero se pierde en movilidad, aunque este último punto se puede relevar utilizando método de conexión inalámbrica (GPRS) o cargando la programación internamente en el controlador en almacenamiento. Una vez capturados los datos, la plataforma SIG, permite a través de un algoritmo de programación interna, corregir los datos capturados en orden de mejorar la precisión y relevancia de los mismos. es común que un proceso de toma de datos y

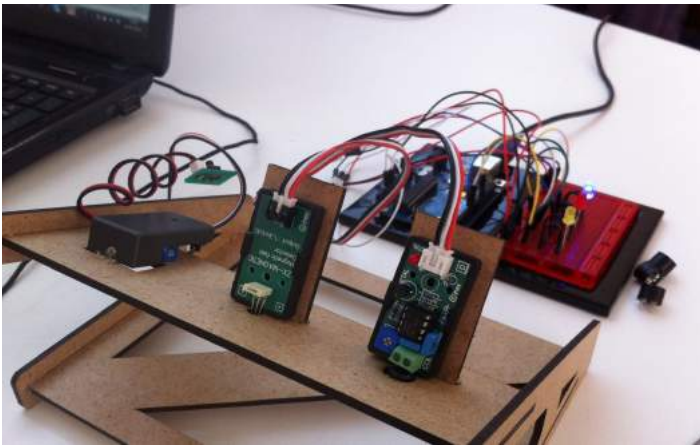
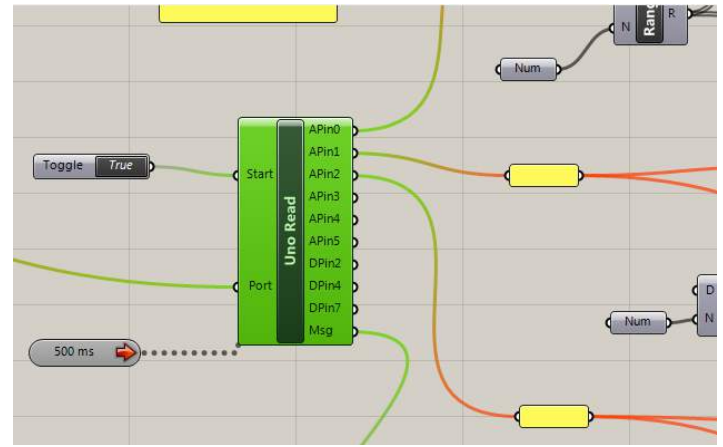


Fig12. Programación mediante sistema Firefly para el control de sensores, prueba inicial de funcionalidad



levantamiento geodesico requiera de post procesos de costos muy elevados, lo que a su vez permitiría abordar tareas que actualmente son inviables por su elevado costo.

4.3 Programación

La programación se ha trabajado en primera instancia utilizando programación visual en el Add-on del software Rhino, Grasshopper. Este software permite realizar la programación de cada uno de los pasos de lectura, filtro, clasificación y acción del dispositivo captor de la información. En una primera instancia mediante el plug in de Grasshopper, Firefly, se conecta el controlador (Arduino), mediante un puerto COM del computador, lo que permite la comunicación inmediata y de alta velocidad, entre el microcontrolador y el computador que mantiene la programación. Inmediatamente a esta conexión el software lee e interpreta cada cambio en el estado de los sensores, el cual se ve reflejado en el cambio de un coeficiente numérico que ingresa a una cadena de "pilas" pre programadas, las que entregan la información a una pila de escritura final que se comunica a las salidas digitales del microcontrolador Arduino generando, ante cualquier cambio en el estado, una señal audible. Acá se han detectado problemas debido a la naturaleza de los sensores, por tratarse de sensores genéricos, los cuales generan ruido e interfieren

entre sí, lo que complejiza la lectura e interpretación de los datos, por ejemplo, en el sensor de metales ZX, las señales están determinadas por una variable lógica 1/0, lo que indica que ante la cualquier cambio de esta se desata una reacción audible, no así en el sensor de magnetismo, donde las variables están determinadas por la posición positiva o negativa del polo del imán, frente al sensor. En estos casos cada sensor además genera interferencia en el accionarse, que "contamina" la señal de otros, por lo cual el rango de acción real, (en términos técnicos) se ve reducido y requiere de filtros para lograr que entreguen la información relevante y resultados correctos.

Se ha que la conexión además de realizarse en búsqueda de una entrega exterior de resultados, también genera automáticamente la actualización de una base de datos de ubicada en relación con el software ARC GIS, que permite mediante un programa, creado en un macro interior de programación de dicho software llamado Model Builder, la actualización automática de la información cartográfica de cada punto de detección alcanzado, mejorando la actualización automatizada de mapas y zonas rastreadas.

Cabe mencionar de que la misma manera se está desarrollando un modelo, mediante programación tradicional y bajo el lenguaje de programación Python, que permita ser cargado en el "corazón" del controlador y que permita su uso sin la dependencia del computador

y pueda utilizar la memoria del controlador para realizar las acciones programadas, sin el riesgo de perder equipos o accesorios de alto costo por el hecho de mantener un computador asociado a cada aparato de sensing. La mayor problemática de esta tarea se encuentra asociada a que el lenguaje de programación utilizado no es el nativo del controlador (C++) y eso requiere de una interpretación diferente de los sensores, mas es posible desarrollar la programación en el lenguaje correcto y nativo con la finalidad de no entorpecer la relación entre la funcionalidad y la preparación del dispositivo. Esto además se realizara con la idea de poder cargar estos controladores en varios aparatos que permitan revisar mayor cantidad de mts² en el menor tiempo posible, mejorando la eficiencia al poner equipos duplicados a realizar una labor, con planes de recorrido previamente determinados. El desarrollo de la programación además incluye la lectura y escritura automática de datos en un archivo de datos separados por comas (*.CSV), el cual puede ser interpretado por el sistema SIG.

4.4 Funcionalidad y Resultados Preliminares

Los resultados ante la funcionalidad del prototipo, son validables fundamentalmente en el ámbito de la transferencia de datos y como estos se representan en el sistema de información geográfica (SIG). La represen-

tación de los mismos es la búsqueda prioritaria del proyecto por lo que cualquier otro resultado en paralelo, ya sea deseado o no se considerara una alternancia positiva del proyecto, mas no reemplazara los resultados primordiales.

Se realizó un recorrido con el dispositivo detector, dentro del entorno virtual desarrollado con la finalidad de simular el proceso de captura de datos. Para la creación de este entorno se utilizaron datos GPS de longitud, latitud y elevación (cabe mencionar la utilización de datos UTM (Universal Transversal Mercator) - unidad métrica -, que permiten crear superficies utilizando sus tres dimensiones, en la misma unidad de medición) con la finalidad de crear una reproducción a escala de un área de unos 80000 mts², comprendida entre las calles Vergara, Toesca, Manuel Rodríguez y Blanco Encalada. Con esta área se creó un modelo 3D de superficie, que considero las pendientes y desviaciones de altitud del modelo. En esta área se dispersaron alrededor de 45 objetos de manera aleatoria con el fin de "poblarla" de objetivos a detectar; se considera detección cada vez que el buscador (elemento electrónico o virtual), realiza una alerta frente a la presencia de alguno de los elementos que dispara alertas en los diversos programas de control activos.

Utilizando un algoritmo de automatización basado en bípedos que generan recorridos aleatorios en una zona específica (en este caso se utilizó uno, con la finalidad

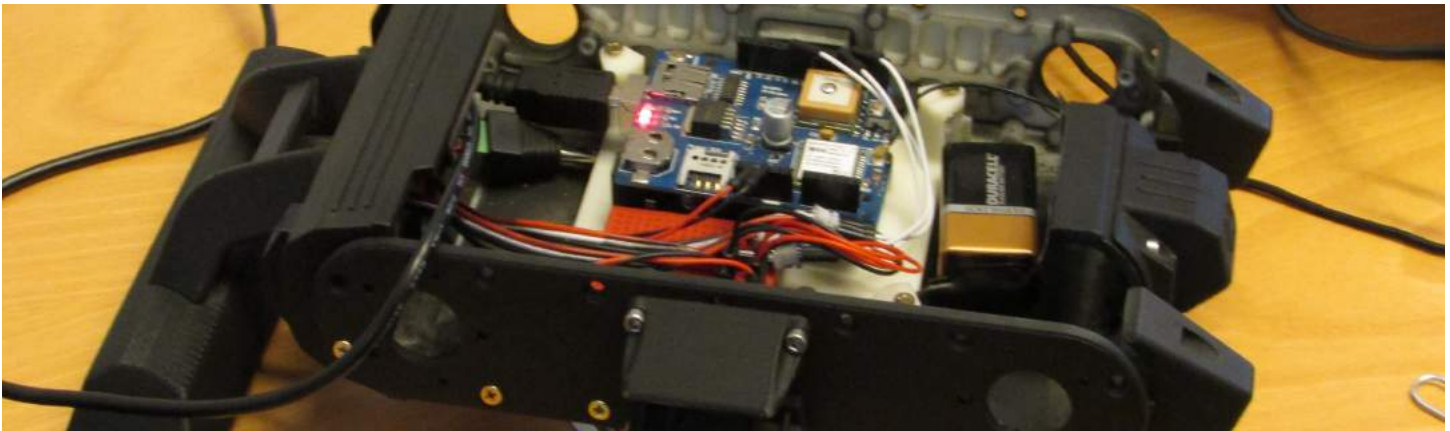


Fig13. Montaje de sistema M2M sobre plataforma UGV, para pruebas de campo y toma de muestras

de imitar el proceso de búsqueda aleatoria dentro de un campo de objetos dispersos], se logró realizar varios “recorridos” de rastreo dentro del área digitalizada los que arrojaron resultados exitosos. La actualización de los datos de cada uno de los recorridos realizados y sus detecciones exitosas son sobrescritos, generando capas de información complementaria, que permiten transformar puntos específicos en áreas de influencia, con el fin de desarrollar un mapa de ubicación que entregue seguridad ante la ubicación real de los objetos, por tratarse de dispositivos que revisten peligro para los operadores del sistema o el personal involucrado en las labores.

Esta cohesión de lectura – escritura – interpretación, sumada a la existencia y utilización en el ámbito local del Sistema de Gestión de la Información para la Acción contra las Minas (IMSMA), sobre una base común como plataforma GIS (ARCGIS) , se puede considerar un aporte sustantivo a la actualidad de las tareas de investigación previa, planificación, desarrollo y ejecución de tareas de desminado humanitario en el ámbito nacional e internacional. El aporte prioritario de este proyecto se basa en la automatización de procesos, cuya actualidad está basada en captura y transferencia de datos de manera manual, con el consiguiente margen de error, incremento de tasa de fallas y por consiguiente una merma en la fidelidad de los datos recibidos. Como se ha desarrollado anteriormente en este texto,

la aplicación de estos protocolos, ayudaría a la creación de datos de validez real al momento de la acción en terreno, disminuye los riesgos, y colabora con una planificación más exacta de las tareas.

5. Desarrollo de Prototipo UGV y Plataforma SIG

5.1 Desarrollo prototipo físico UGV

Habiendo desarrollado una serie de trabajos preliminares de investigación basados en las metodologías planteadas anteriormente y que permitieron acercarnos a las actividades y conocimientos disciplinares necesarios para poder desarrollar las tareas relacionadas con las funcionalidades tanto de software como de hardware, se comenzó el proceso final de desarrollo de las actividades relacionadas con la prueba de campo. En primer lugar el desarrollo de un sistema móvil (UGV, Unmanned Ground Vehicle) que permitiese la movilidad del sistema electrónico sensor, en adición con los sistemas de comunicación y respaldo de datos. En segundo lugar se desarrolló la programación de la plataforma SIG que permita, recuperar los datos recogidos en terreno por medio del UGV desde el servidor y/o el dispositivo de respaldo de información en el caso de tratarse de zonas remotas sin acceso a comunicación GSM¹² (Global System for Mobile communications), además de interpretar esa información



Fig14. Primera toma de muestras realizada con el sistema M2M montado sobre el dispositivo UGV (Zona peñalolen, Region Metropolitana, Chile)

para poder determinar por medio de un algoritmo dentro del software SIG que permita, cruzando información relevante a la situación de ubicación del dispositivo explosivo detectado (Variables Hidrográficas, de elevación del terreno, composición del suelo, entre otras), predecir la ubicación de un dispositivo con mayor precisión y determinar la evolución de un mapa de ubicación de minas antipersonales con el tiempo y priorizar el orden de retiro o desactivación de las mismas.

5.1.1 Programación del sistema de detección

El desarrollo del sistema de detección, almacenamiento y transmisión de información, montado sobre un vehículo autónomo, se actualizó en base a los prototipos realizados previamente, usando sensores de naturaleza comercial y bajo costo, aunque esta vez se montaron y programaron sobre una plataforma funcional sobre la plataforma de desarrollo electrónico Arduino. Este Shield de naturaleza M2M¹³ se relaciona a un concepto referido al intercambio de información entre dos máquinas o dispositivos, lo que nos permite automatizar procesos y generar proyectos de telemetría, localización, sistemas de seguridad, entre otros. Usando como base una placa Arduino, se puede transmitir información de sensores y la ubicación de estos a un servidor, así como también transferir información entre dos de estos sistemas (futuro trabajo colaborativo de varios

UGV). Esta tarjeta posee un módulo GPRS¹⁴/GSM con el que puedes entregar y recibir información a través de conectividad inalámbrica, como mensajes de texto, llamados telefónicos y datos a un servidor. Esta capacidad es la que permite mediante la programación del dispositivo en relación con un servidor remoto, enviar información en tiempo real que permita la actualización rápida y automatizada de datos de ubicación en cartografías y mapas de ubicación de campos minados. El M2M Shield posee además, un módulo GPS con el que puedes adquirir información satelital (latitud, longitud, fecha, hora entre otros parámetros) y un socket micro SD, para el almacenamiento de las diversas tramas capturadas por el módulo GPS¹⁵, así como también se pueden almacenar datos de diversa índole, como información de sensores, conectividad, etc. Con el solo hecho de añadir una batería y sin la necesidad de mantener el computador vinculado al módulo, el sistema se transforma en un centro receptor y transmisor de datos de bajo costo, que nos permitió desarrollar la prueba de campo base para esta investigación.

La programación del sistema desarrollada en Java, se inició creando un controlador, que permitiese al sistema realizar la conexión mediante el dispositivo GPS disponible y los sensores conectados al mismo. Para realizar la prueba de campo se utilizaron los tres (3) sensores anteriormente detallados, aunque esta vez se programó el control utilizando una plataforma de de-

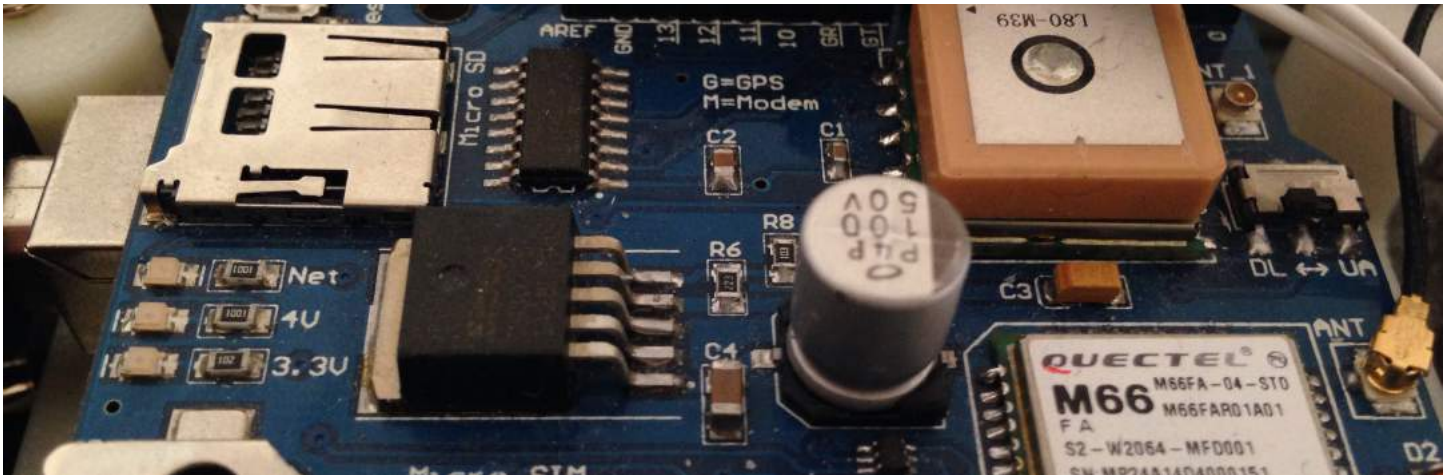


Fig15. Detalle del sistema M2M, montado en el interior del sistema de movilidad UGV

sarrollo (JAVA) que permitiese montar el mismo, directamente sobre la memoria física disponible en Arduino, eliminando así la necesidad de mantener el dispositivo conectado directamente al computador, permitiendo al mismo tiempo la funcionalidad básica necesaria para la detección en el campo de pruebas. El resultado de esta primera etapa permite obtener datos de ubicación GPS, dados por latitud y longitud, cada vez que alguno de los sensores en funcionamiento detecte cambios en la superficie que alteren las variables de presencia de materiales metálicos, magnetismo y/o color de la superficie del suelo. En base a esta primera prueba se realizó el primer mapa cartográfico, en primera instancia sobre una plataforma SIG online y luego sobre la misma plataforma ArGIS sobre la que se realiza el proyecto, utilizando los datos almacenados en el sistema de respaldo disponible por medio de un periférico SPI¹⁶ y la utilización de una memoria física.

La segunda etapa se enfocó en lograr programar las comunicaciones de manera remota que permitiesen al dispositivo y al UGV enviar la información disponible durante el proceso de toma de datos en terreno. Esto en paralelo con el almacenamiento de los datos en la memoria a bordo del UGV, permite salvaguardar la información de cada objeto o anomalía en el terreno detectada, independiente de cualquier daño en el UGV que impida su funcionamiento por variables del terreno, las tareas o por daños generados por alguna

activación involuntaria durante el proceso de muestreo. Por tratarse de comunicación GSM, se montó sobre el dispositivo una tarjeta de comunicación celular (Chip), esta se configura para poder usar la funcionalidad de comunicación Ethernet, permitiéndole acceder a internet donde se encuentra el servidor de almacenamiento. Por la naturaleza de la comunicación, cabe mencionar que la ausencia de redes de comunicación celular impide la comunicación por este medio, mas no evitan el funcionamiento del sistema de respaldo "on board". Se especula que una mejora que incluya un sistema de comunicación satelital, podría salvaguardar en envío de información la posibilidad de no encontrar redes GSM disponibles, así como la presencia de redes de última generación (4G), incrementaría la velocidad de conexión y por ende mejorarían la actualización de los datos previamente enviados.

En términos de programación, la tercera y última fase, delimito algunos detalles en el archivo entregado, con el fin de poder ser interpretado correctamente por el software SIG dispuesto con el fin de realizar la lectura, y despliegue de los datos capturados dentro de los mapas que combinadamente puedan definir los datos finales de ubicación detectada y los mapas de probabilidad que en adelante detallaremos. Se creó un contador de eventos que permita graficar los puntos en el mapa de manera de ordenarlos automáticamente y poderlos



Fig16. UGV en funcionamiento para prueba de campo

graficar con un número de evento asociado, generando así un archivo histórico, que permita mantener todos los eventos de detección ocurridos en un rango de días, meses incluso años.

5.1.2 Motorización y movilidad del UGV

Se creó un modelo tridimensional paramétrico del vehículo, considerando espacio para montar todos los sistemas de motorización y transmisión inherentes al manejo a distancia del mismo, además del sistema M2M, previamente desarrollado y detallado anteriormente. Se montó un sistema de tracción simple (2WD: 2 Wheel Drive), suficiente para realizar la prueba de campo y mover sin gran esfuerzo los componentes montados sobre el mismo y su propio peso. Además se utilizó un controlador remoto con 150 mts. de alcance para controlar el vehículo a distancia.

Para la producción física del vehículo se utilizó método de impresión tridimensional por medio de un equipo Stratasys SST 1200, optimizando el diseño para lograr piezas de alta resistencia pero con el menor peso posible. Con esta finalidad se modeló utilizando software CAD / CAE, que permite el análisis de las piezas individualmente y en conjunto. Además de considerar los lineamientos entregados para el diseño de piezas plásticas.¹⁷

5.2 Trabajo en Plataforma SIG

5.2.1 Definición de Espacio de Probabilidad

Parte importante de la presente tesis se ha centrado en resolver dos objetivos fundamentales en el contexto de la problemática de investigación definida: la detección de las minas antipersonales a través de vehículos no tripulados (lo que disminuye los problemas asociados a la seguridad en la búsqueda y aumenta la precisión de la misma) y la georreferenciación de los datos levantados, situación que permite sumar al catastro existente en plataformas georreferenciadas, tales como IMSMA. Específicamente, el proceso de georreferenciación se basa en que la detección en sí misma es más eficiente y rápida que el proceso de detección más desarme de los artefactos de inmediato; además la detección masiva de objeto, permite organizar planes de acción con respecto a cómo abordar el proceso de desminado, priorizando áreas de mayor riesgo (referenciar con el concepto de riesgo y su fuente), más accesibles a población flotante o bien áreas más susceptibles a movimientos de dichas minas, por procesos naturales. Este punto, es justamente el que se presenta como fundamental y de alto riesgo ya que se debe asumir que la localización de las minas antipersonales no es una variable estática, sino que por el contrario, muy dinámica, sobre todo si dicha localización se lleva a ambientes

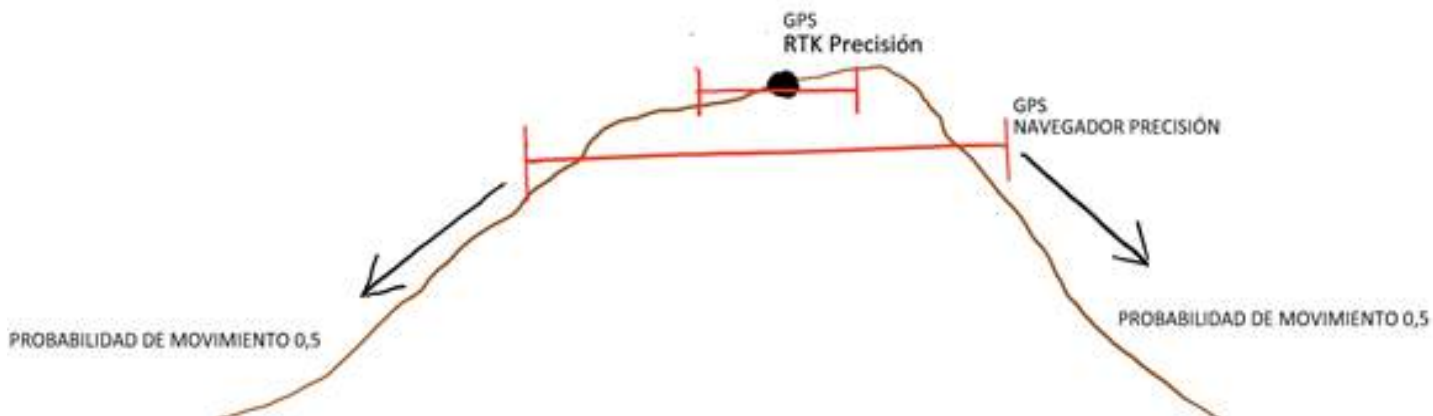


Fig17. Ejemplo de Importancia de la Precisión GPS para cálculo de probabilidades.

naturales, no controlados, de diferentes características, tanto topográficas como geomorfológicas.

Es por esto que de forma complementaria a la detección se plantea la generación de una herramienta SIG, que sirva como solución experimental ¹⁸ para subsanar dos problemas fundamentales:

1. El análisis de precisión derivado de la utilización de GPS, según su tipología y precisión.
2. Análisis de probabilidades de localización, considerando las características físicas-geográficas y geomorfológicas del terreno.

5.2.2 Análisis Precisión GPS

Un primer input que debe ser considerado al momento de ejecutar el desminado es la precisión con que está realizado el catastro. Dicha precisión depende de las características técnicas del GPS, así como también de la metodología con que se utilice.

En términos simples se puede establecer una clasificación que divida ambas situaciones en los extremos de precisión y técnicas señalados a continuación:

1.GPS Navegador sin metodología de corrección: corresponde a GPS de baja gama, que funcionan triangulando la posición de los satélites disponibles en el momento, pero sin metodologías de apoyo para mejorar la precisión. En promedio este tipo de mediciones debiera

rondar los 15 metros de precisión, aunque es posible bajar a 1 /3 el error mediante la toma de puntos consecutivos en el área (más gasto temporal) o bien tomando los puntos con mayor espaciamiento de tiempo.

2.GPS RTK con corrección Normal: GPS en Dron que debe conectarse a una antena GPS en posición conocida y referenciable, generalmente un monolito o punto representativo, que permita mejorar la precisión de las medidas móviles.

3.GPS RTK con corrección Geodésica: Implica manejar un GPS que tome puntos asociado al dron y que sea capaz de comunicarse con una estación GPS estática midiendo sobre un punto geodésico del IGM que permita realizar una corrección diferencial y bajar a precisiones sub métricas.

En el desarrollo de la herramienta SIG para medir la probabilidad de movilidad de las minas antipersonales, se considerarán las tres opciones como un input probable, no obstante es importante destacar que la primera opción no sólo genera problemas iniciales en el radio de búsqueda, sino que eventualmente puede generar escenarios contrapuestos de localización (por ejemplo si la mina antipersonal se encuentra localizada en una línea de cumbre)

5.2.3 Análisis de probabilidad de localización

El análisis de probabilidad de localización, basa su cálculo en dos factores principales la dirección del movimiento y su velocidad; de esta forma todas las variables que intervienen en el sistema natural se entenderán como modificadores de estas variables, generando un espacio natural segmentado por la probabilidad de que el objeto analizado (en este caso minas antipersonales) se encuentre en un sitio determinado en un tiempo específico.

Esta definición se encuentra formalizada en las teorías tradicionales de riesgo, específicamente en las derivadas de los deslizamientos en masa (Sassa, Canuti, & Yin, 2014). En dónde se define riesgo como:

$$Riesgo = \sum P_H(x,y) \sum (f_v(v,E,D)A)$$

Donde: $P_H(x,y)$ es la probabilidad que el deslizamiento en masa alcance una posición (x,y) y $(f_v(v,E,D)A)$ es la función de vulnerabilidad del elemento, en función de la velocidad, energía de impacto y modo de desintegración.

Tomando en consideración dicha formulación lo que aparece como relevante es el espacio de probabilidad (Sassa et al., 2014), es decir la subdivisión de los planos sujetos de probable nuevo emplazamiento del ob-

jeto analizado, y su consecuente rango de probabilidad (entre 1 y 0).

Para la definición de esta probabilidad entonces hay que definir una serie de factores físicos, geomorfológicos, incluso ecológicos que afecten el movimiento y su velocidad y por ende la probabilidad de localización ya mencionada.

5.2.4 Consideraciones Físicas y Geomorfológicas

Las consideraciones o factores modificadores de la probabilidad de localización se pueden dividir en físicos o geográficos y geomorfológicos. En orden de importancia son:

A) Modelo de Elevación¹⁹ / Pendiente (Factor físico - geográfico): la pendiente es el primer factor y quizás el más relevante, ya que en si misma desencadena más de un factor que incide en el movimiento, su velocidad y su dirección.

- **Diferencia Altitudinal:** El primer factor a considerar es la diferencia altitudinal entre dos celdas raster. El resultado de la suma de las mismas debe reclasificarse en un factor binario que defina la existencia de movimiento, desde una celda de mayor altura a una de menor o la no existencia, en el caso contrario. Desde



Fig18. Desborde de rios y aludes, generan movimiento de explosivos en Region de Tarapaca, Chile

la perspectiva del Sistema de Información Geográfica esto puede ser abordado a través de una herramienta de costo en formato raster similar a la establecida en un modelo hidrológico (como derivado entrega también la dirección)

- **Pendiente de Equilibrio:** En consonancia con el factor anterior debe considerarse el concepto de pendiente de equilibrio (Fredlund & Krahn, 1977). De esta forma se debe definir un binario al partir de un umbral de pendiente en el cual se produce el movimiento o existe inmovilidad. Este factor no puede ser considerado como estático, sino que deberá elegirse de un set de posibilidades dependiendo de la clase de suelo y la presencia de biomasa.

- **Velocidad:** La velocidad se evalúa también como una función de la pendiente, que en este caso es evaluada sólo en el tramo en donde el umbral quiebra la pendiente de equilibrio, por lo tanto entra como un multiplicador del factor antes expuesto, que aumenta su valor de manera proporcional a la pendiente. Al igual que con el factor anterior se considera.

B) Granulometria (Factor geomorfológico): el primer factor a abordar en el contexto del análisis del suelo

corresponde a la textura, es decir su composición granulométrica la que puede clasificarse en suelos de grano grueso (rocas, cantos, gravas y arenas) y suelos de grano fino (limos, arcillas, suelos orgánicos y de relleno). Cada una de estas características se puede dar en diferentes tipologías de suelo, en distintos estados de evolución de los mismos y sometidos a distintas condiciones climáticas; es por esto que en un primer momento serán evaluados de forma simple, dividiendo sus características a través de la textura, como una unidad simplificadora de la situación del suelo.

En términos simples, la textura funcionará como un factor multiplicador de la velocidad; de esta forma dependiendo de la granulometría se definirá un número que multiplicará directamente el valor de pendiente, de forma tal de generar un freno o un catalizador al mismo según corresponda. Además, al igual que con otros factores como la pendiente, dependiendo de la textura se agregará un factor de estancamiento o atasco, que no será más que la asignación base a la probabilidad de que el objeto analizado se encuentre localizado en su punto de origen. Obviamente dicha probabilidad debe estar asociada a la Textura como factor determinante.

C) Hidrografia (Factor geomorfológico): como bien es sabido la influencia del agua es uno de los factores más relevantes a la hora de estudiar la situación de las minas antipersonales, no sólo por los argumentos aquí

levantados, sino que por un gran número de interferencias, incluso en el proceso de detección de las minas²⁰. En este acápite particularmente se aborda su situación como agente de transporte, específicamente en su actuación en medios ambientes desérticos, de crecidas rápidas sobre medios muchas veces de carácter arriero, lo que supone modificaciones importantes en la geomorfología, la biodiversidad (Valett, Fisher, Grimm, & Camill, 1994) y generación de transporte muchas veces de características violentas e inesperadas.

En tal sentido el factor será abordado como un modificador absoluto de las condiciones geomorfológicas y físicas antes descritas, para lo cual se adoptarán las referencias históricas o de no existirlas modelamiento de modelos hidrográficos que permitan simular el desplazamiento de un torrente probable en la zona de estudio.

D) Factores Importantes no considerados: Existen una serie de factores relevantes como modificadores de la velocidad y por ende del desplazamientos, no obstante su manera de actuar es incierta y por lo tanto es necesario analizarlos con mayor profundidad dependiendo de las circunstancias (contexto geográfico) y la respectiva interacción (por cierto compleja) con otros de los factores hasta ahora mencionados. El hecho de que se los deje fuera del modelo no responde entonces

a la minimización de los mismos, sino al reconocimiento de testear el modelo con mayor detenimiento por medio de campañas de terreno. Dentro de los factores considerados destacan:

- **Viento:** como agente de desplazamiento, sobre todo en medios desérticos.

- **Permeabilidad del suelo:** como modificador de la hidrografía ante fenómenos de crecida o de pluviosidad

- **Pluviosidad:** agente que puede modificar las características físicas del suelo y cambiar parámetros relevantes como la estabilidad del suelo y el umbral de quiebre de la pendiente de equilibrio.

- **Vegetación:** agente biótico que le da mayor sustento mecánico al suelo, configurando de forma regresiva la afectación ante fenómenos de inundación o pluviosidad, así como también la influencia eólica.

- **Influencia Antrópica:** eventualmente la intervención del hombre puede generar cambios en el mapa de probabilidades, ya sea basado en la propia vulnerabilidad ante detonaciones accidentales; la modificación de las características mecánicas del suelo por el factor antes mencionado; o la afectación deliberada de un territorio minado por razones bélicas.

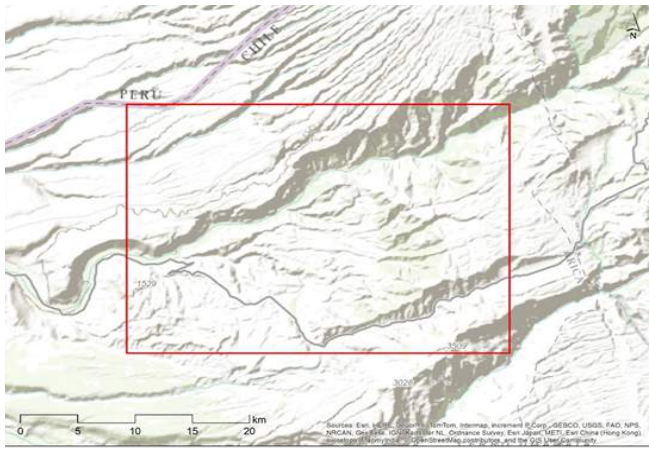


Fig19. Área de estudio Límite con Perú – Región Arica y Parinacota - Poconchile

Con todos los factores explicitados se deben establecer algunas consideraciones prácticas de importancia a la hora de definir la aplicación efectiva de los mismos en un territorio con características particulares. Esto quiere decir que la aplicación no puede ser explícita para cualquier ambiente, sino que los tests y pruebas debe ser parte de la generación del modelo, dada la sensibilidad y peligro asociado a su aplicación. Esto debe ser evaluado sobre todo para los factores no abordados (a priori) en el presente modelo.

5.3 Integración en Herramienta SIG

5.3.1 Área de Estudio

Con todas las consideraciones técnicas y teóricas abordadas, es posible programar una herramienta que se base en la utilización de insumos básicos para el cálculo de probabilidad de localización de minas terrestres antipersonales. Como se detalló en el capítulo de consideraciones físicas y geomorfológicas, es necesario ajustar estos parámetros de acuerdo a la realidad geográfica en donde se aplique la herramienta; dicha situación requiere implícitamente la necesidad de calcular variables físicas y edafológicas que pueden generar cambios importantes en los resultados. Es por esto que de modo inicial se realizará la aplicación a un estudio de casos²¹, basado en la localización actual de minas antipersonales, específicamente la situación de

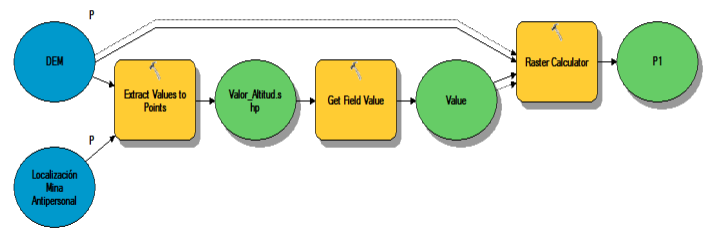


Fig20. Proceso para extraer Diferencia Altitudinal

del desierto de atacama, en la región de Arica y Parinacota.

Para testear el resultado del modelo se utilizará un MDE de 25 metros de resolución (SRTM NASA) para un área correspondiente de 35*35 kilómetros al noroeste de la ciudad de ARICA (80.000 hectáreas).

Como se observa en la imagen subsiguiente, el sector cuenta con cambios topográficos relevantes así como también de presencia de cursos de agua arreicos y exorreicos.

5.3.2 Definición de Parámetros Individuales.

La definición de los parámetros que interactúan en la herramienta, se deben abordar considerando dos situaciones básicas: la expresión matemática o lógica del parámetro y su integración en la herramienta SIG. En este caso se privilegiará la explicación en el contexto del Sistema de Información Geográfica, ya que es aquí donde se aplicará directamente la interacción del parámetro.

5.3.3 Diferencia Altitudinal

Se aplica directamente en función del objeto que quiere ser evaluado de forma de diferenciar las zonas en donde es posible que exista movimiento (altitud menor a la del objeto) y donde no (altitud mayor). Para esto el procedimiento considera los siguientes pasos:

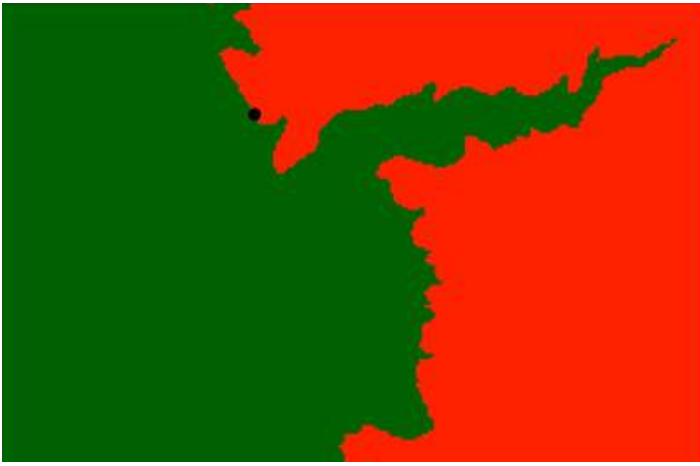


Fig21. Resultados de parámetro 1 – Diferencia Altitudinal

- 1.Extracción de valor celda del Raster según localización de mina antipersonal
- 2.Definición de valor de quiebre
- 3.Cálculo binario de zonas plausibles y zonas libres de movimientos (1 y 0 respectivamente) en función del valor de altitud extraído.

Los resultados del proceso, se presentan en la figura 21.

5.3.4 Pendiente de Equilibrio

El cálculo de la pendiente de equilibrio es altamente complejo y depende de diversos factores, tales como la capacidad de carga del suelo, el estrés a que es sometido, la fricción, el tipo de material y la vegetación presente en la ladera analizada, entre otros factores (Chandler, 1991). En este caso, dependiendo de la granulometría del material se aplicará un factor de pendiente fijo, minimizando así las complicaciones derivadas de los cálculos señalados.

Para este efecto se tomará como referencia las indicaciones tradicionales de ángulos de reposo de acuerdo a la tipología del material (Goudie, 2004):

- Arena: 34°
- Arcilla: 25°
- Grava: 30°
- Roca: 37°
- Limo: 55°

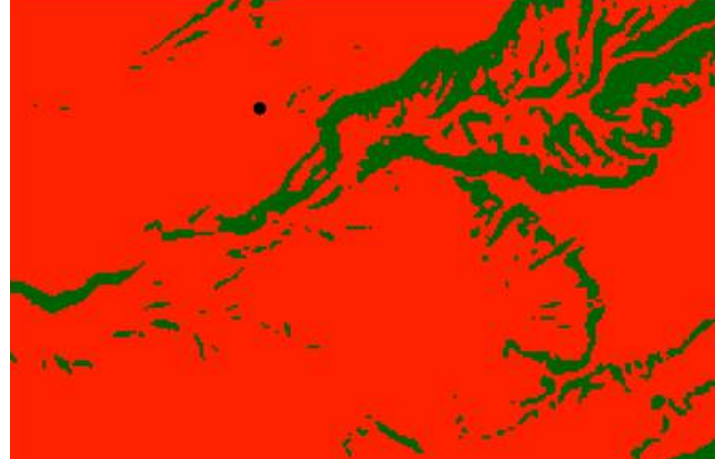


Fig22. Resultado parámetro 2 – Pendiente de Equilibrio (25°)

Para el caso del área de estudio se pretendía ocupar las definiciones entregadas por el mapa geológico de Chile del SERNOGEOMIN, sin embargo dada la escala, resulta muy general, obligando a realizar análisis de detalle en terreno o bien mediante estudios locales. De esta forma se utilizará una pendiente de equilibrio promedio a fin de probar la utilidad del modelo.

En este caso la definición del modelo es simplemente una reclasificación del valor de la pendiente de equilibrio considerando un valor k a definir en terreno a partir del quiebre de valor de equilibrio que modificará en la medida que la pendiente sea más alta.

Para el caso de la figura precedente no se produciría movimiento alguno, para la localización del objeto analizado, por lo tanto el modelo de pendiente y velocidad se cerraría con un atasco probable del objeto.

5.3.5 Velocidad

La modificación de la velocidad se entenderá como un multiplicador k de la pendiente, asumiendo una velocidad constante de caída. Su resolución se puede evaluar de forma continua (a través de una función) o discreta a través de la reclasificación de la pendiente. En este caso dado que no existe un valor de velocidad previamente obtenido (debe ser testado en terreno y en condiciones de laboratorio) es que se reclasifica el valor k como un factor general reclasificado con una velocidad teórica. De esta manera es posible generar una tabla

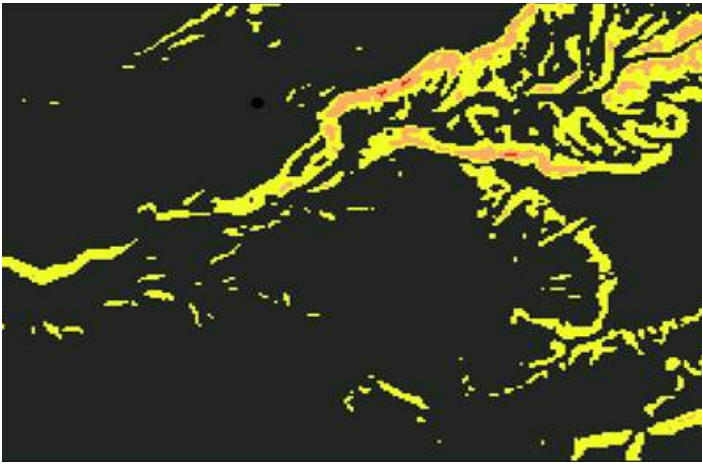


Fig23. Resultado Factor Velocidad

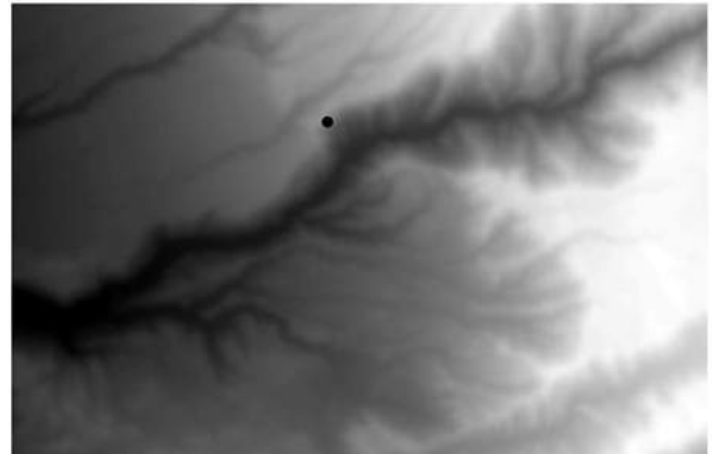


Fig25. Localización inicial

de doble entrada que indique el tiempo, en segundos y la posición en metros de un objeto en función de un rango de pendiente aproximado.

Es importante destacar que en el ambiente natural, se debe considerar el movimiento, fuera de la conceptualización de caída libre, incluso fuera del cálculo de caída por pendiente; por el contrario debe adecuarse al movimiento asociado a los deslizamientos en masa o derrumbes de diferentes tipologías de material, lo que implica movimientos asociados a proceso de reptación (1 centímetro al año), hasta derrumbes (5 kilómetros por hora).

La tabla ocupada en este caso es:

Pendiente (Grados)	Velocidad (Km/hr)
25 - 35	3
35 - 45	5
> 45°	10

Fig24. Tabla de Pendientes

5.3.6 Factor de Atasco

El factor de atasco tiene su explicación en la situación colocación de las minas antipersonales. A diferencia de muchos otros objetos, como clastos o elementos naturales dispuestos sobre el suelo, las minas antipersonales se entierran en la superficie del suelo, generalmente a muy pocos centímetros, a veces sólo camufladas en la vegetación. Esto genera que con mayor probabilidad se produzca el atascamiento del objeto en el lugar,

aun cuando exista pendiente. La probabilidad de que tan atascado esté el objeto dependerá de factores individuales, casi imposibles de generalizar en un modelo, es por esto que parte importante de las probabilidades se le asignarán de manera discrecional a este factor, partiendo con una importante diseminación de las mismas en el lugar en donde se localiza el objeto, pero también considerando sus probables localizaciones en los tiempos sucesivos al movimiento.

Para el caso práctico del análisis en sistemas de información geográfica el atasco será considerado en el área de precisión del GPS como primer factor; posteriormente se le asignará de forma proporcional en las celdas siguientes con probabilidad de movimiento.

5.3.7 Integración del Modelo SIG y Resultados

El modelo integrado, considera de manera adicional una herramienta de dirección de flujo, creada a partir del mismo modelo de elevación y que utiliza la localización de objeto para identificar los flujos probables, la orientación para determinar probable movimiento en los parámetros antes ingresados.

Como se observa en la imagen precedente el modelo permite definir el área de propagación del objeto y las velocidades que puede adquirir en función de la distancia. Esto permite aislar un espacio o plano de probabilidades inicial del resto del modelo de elevación digital, lo da pie para el cálculo final.

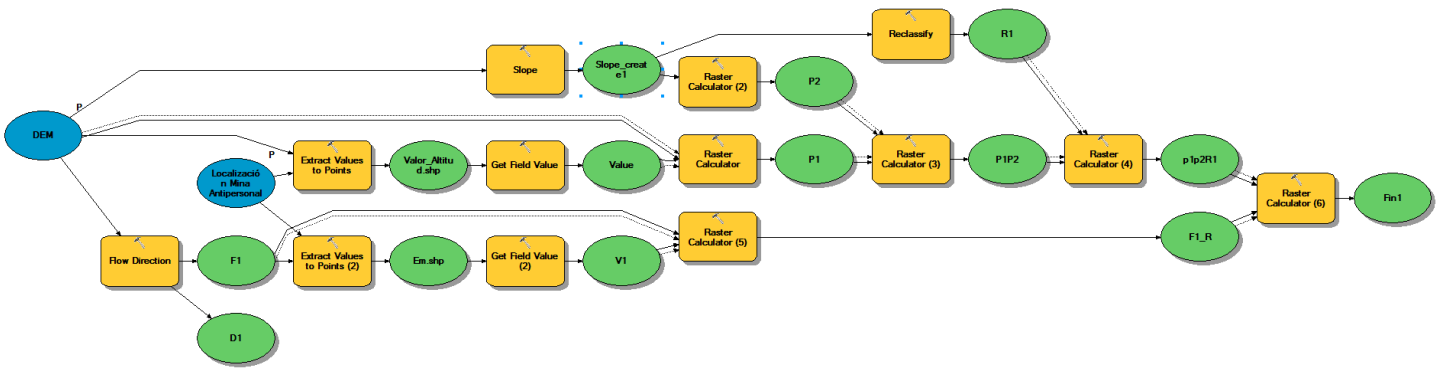


Fig26. Modelo Integrado

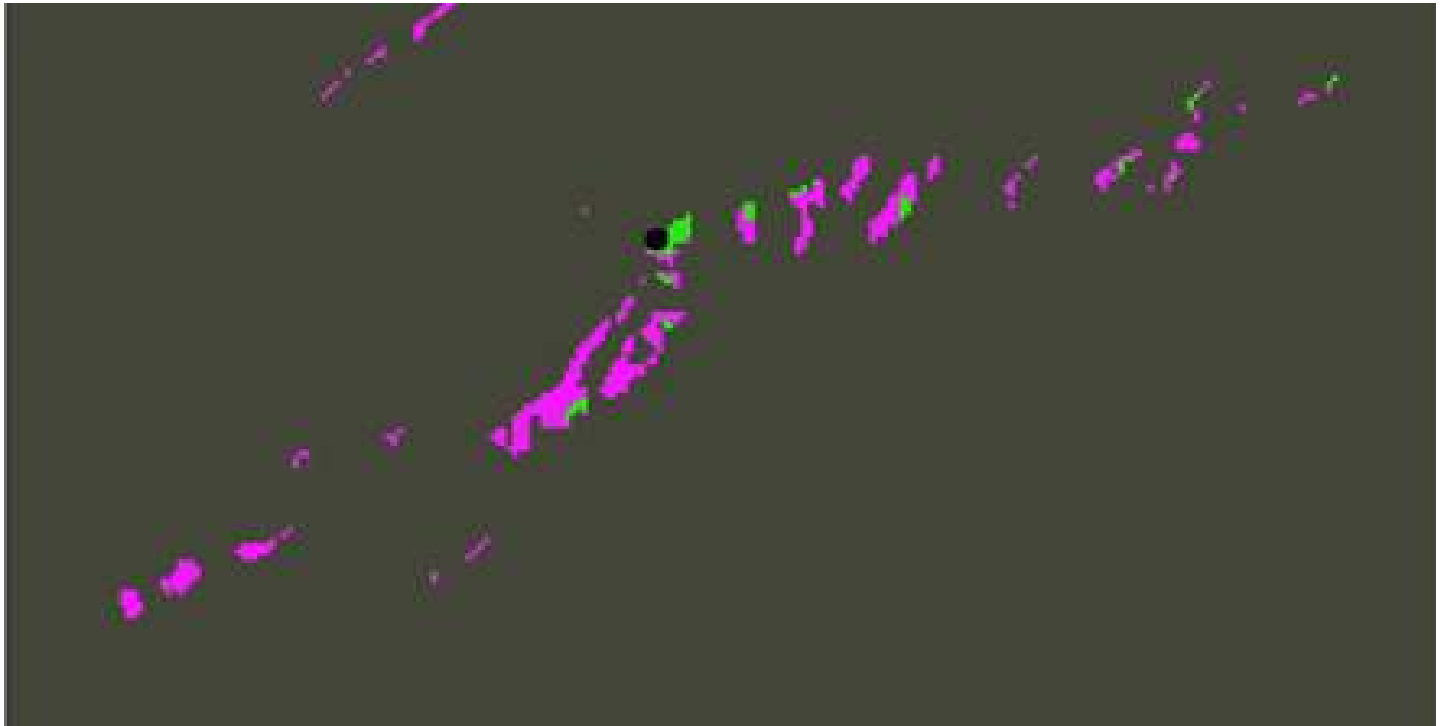


Fig27. Resultado 1 sin aislación zonal

En la imagen anterior se observa las localizaciones probables de acuerdo a los requerimientos iniciales de movimiento, queda pendiente aislar el fenómeno de acuerdo a la situación zonal de la mina y el cálculo de probabilidades.

El aislamiento zonal no es más que tomar la contigüidad del resultado en función de la localización del objeto, considerando que este no puede desplazarse en más allá de un plano continuo definido por el modelo. Una vez hecho esto se agrega el factor de atascamiento de manera proporcional a las celdas con resultados y el

valor de probabilidad en función de la velocidad.

Los resultados se presentaran para un horizonte de tiempo temporal estándar, esto con el fin de no crear distorsiones derivadas de factores externos necesarios de ser verificados en terreno.

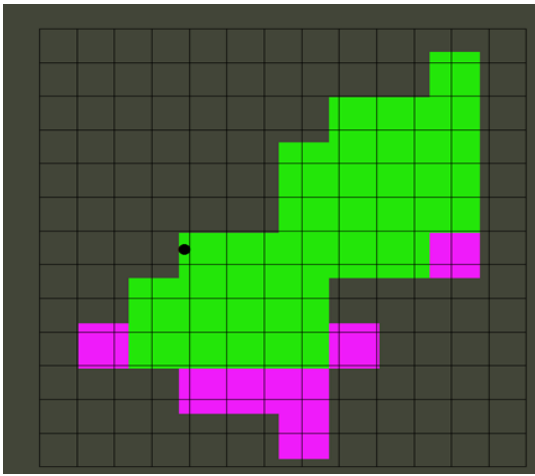


Fig.28. Resultado 1 con aislamiento zonal

Como se observa en la figura 27 el plano de probabilidades da una idea inicial de la zona de búsqueda a ser implementada dada la situación inicial de la mina antipersonal. Al respecto el sistema calcula las probabilidades segmentando el área en dos claras zonas. La más favorecida por la pendiente y por la velocidad de movimiento hacia el sur, en dónde distribuye lentamente las probabilidades (dado el alto factor de atasco entregado a las celdas iniciales o contiguas a la localización de la mina). La segunda zona distribuye de forma muy menos las probabilidades dando pequeños cambios en función de la velocidad obtenida previamente con la modelación.

6. Contribuciones y relevancias

Realizando una evaluación del ejercicio referido en lo anteriormente descrito, se puede evaluar los aportes, desde varios ámbitos:

- Ámbito Teórico y el re-pensar una tarea por desarrollar
- Ámbito Técnico y aporte al desarrollo tecnológico
- Relevancia en la mejora de un procedimiento existente

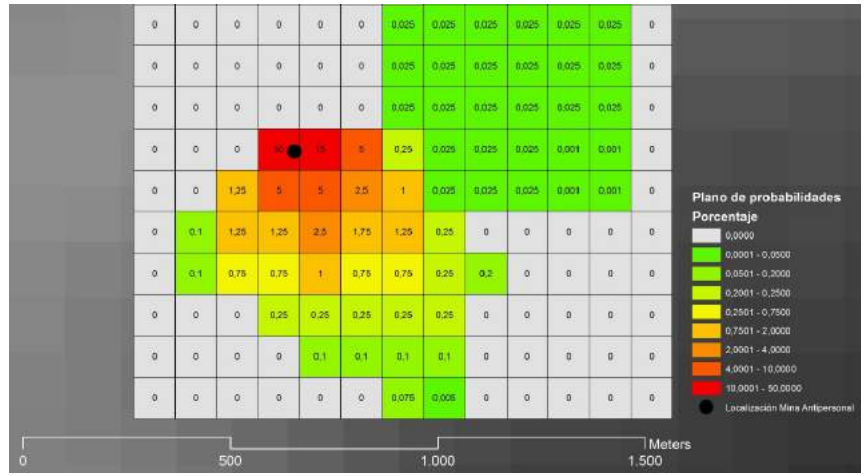


Fig.29. Resultado Final con Probabilidades Calculados a Tiempo 1

6.1 Ámbito Teórico y el re-pensar una tarea

Uno de los procesos iniciales en el desarrollo de esta tesis, fue el poder comprender el procesos de búsqueda y entenderlo desde un perfil relacionado con la forma mas primitiva de la tarea a desarrollar. Es así como el desarrollo de la investigación propiamente ligada a la comprensión de la tarea desde un perfil propiamente teórico, permitió generar interrogantes, y entender el proceso de búsqueda, como la ambición humana de documentar y perpetuar las tareas que realiza y el entorno que lo rodea, en otras palabras, capturar el mundo y documentarlo es un proceso inherente al ser humano, y es así como se vio graficado en la línea del tiempo creada, y que mostro las diversas disciplinas asociadas al tema de la tesis presentada y como ellas nacen en la antigüedad y crecen en cantidad y relevancia con el correr del tiempo y el desarrollo de diversas actividades tecnológicas.

Otro tema teóricamente interesante de entender, fue como funciona un proyecto que se interesa en pensar como puede ser afectado el dialogo entre la escala planetaria y la captura de esos datos a escala humana, por el dispositivo y la naturaleza del proceso de toma de muestras. Queda de manifiesto que la utilización de elementos técnicos de diversa naturaleza puede crear nuevos paradigmas de la captura de macro datos como son la información de naturaleza geodésica o geográ-

fica y la utilización de elementos originalmente creados para trabajar en una escala menor, entendiendo que la adaptabilidad de los mismos puede requerir esfuerzos tecnológicos no disponibles, más la posibilidad de un estudio a futuro, en la medida de los avances de la técnica, puede permitir acercarse a los resultados requeridos por parte de esta aspiración netamente teórica (ej. Los sistemas Lidar de escaneo fotogramétrico, no pudieron desarrollarse sino hasta que existiese la capacidad y velocidad de almacenamiento de datos requerida por el mismo. Una variable técnica que detuvo el desarrollo de una aspiración netamente teórica, el escaneo tridimensional de grandes espacios). En resumen: ¿ Como una aspiración global de levantar datos geográficos del mundo, puede ser afectado por el nivel de capacidad e interactividad del elemento de captura y su relación con la superficie del globo?

6.2 Ámbito Técnico y aporte al desarrollo tecnológico

Pensar el proceso de detección de dispositivos explosivos antipersonales, desde un perfil meramente tecnológico, era un camino bastante obvio para lograr objetivos durante el desarrollo de lo antes descrito. No obstante, las contribuciones en el ámbito tecnológico, pasan también por las asociaciones de diversas técnicas que se realizaron. En primer lugar la asociación

inédita y trascendente entre la técnica de detección y la documentación de la información, crean de inmediato una base de referencia interesante para el estudio de diversas opciones de trabajo en el ámbito de la teledetección de objetos dispersos (no solamente en el ámbito del desminado humanitario). Cabe mencionar que el envío de información desde un lugar a distancia sobre la ubicación de objetos, podría repensarse desde muchos ámbitos, inherentes a la búsqueda de otros objetivos (personas en una avalancha, información de niveles de tóxicos en el ambiente, niveles de radioactividad posterior a desastres, etc.), quedando el desarrollo de la plataforma móvil y el sistema de sensores como un punto de partida para otras tareas de similar naturaleza. En otros ámbitos relevantes, el desarrollo de una plataforma UGV sobre dispositivos de electrónica de bajo costo, con el fin de realizar las pruebas de campo de esta tesis, abre una posibilidad interesante de poder repensar el desarrollo de dispositivos no tripulados de bajo costo operativo para labores de alta complejidad, considerando la posibilidad de perderlos durante el transcurso de la operación en terreno, además de permitir el trabajo combinado de varias unidades, optimizando con ello, los tiempos de operación y la velocidad en la captura y posterior procesamiento de los datos capturados.

6.3 Relevancia en la mejora de un procedimiento existente

Por último y en un ámbito netamente operativo, la mejora de un procedimiento es la búsqueda inicial de muchos proyectos del ámbito tecnológico y este no es la excepción. El inicio de esta tesis estaba relacionado con la búsqueda y desactivación de dispositivos explosivos, más se encontró con alternancias positivas al relacionarse el plan meramente tecnológico y de desarrollo técnico con la documentación de los procesos, creación de bases de datos de ubicación geoespacial y administración de las mismas por medio de softwares. La creación de un procedimiento multidisciplinario que mezcla la electrónica, programación, diseño y el manejo de sistemas de información geográfica, permite la mejora sustancial de un proceso que de momento y en la actualidad requiere de varios pasos y la participación de variadas competencias profesionales en forma consecutiva, las mismas que en lo propuesto por esta investigación sucede de forma paralela y en tiempo real, con menor intervención y resultados más precisos y completos.

7. Conclusiones

En el diseño de un dispositivo no tripulado de detección de dispositivos explosivos antipersonales, confluyen diversos factores en directa concordancia con la funcionalidad más básica de un dispositivo creado para esos fines. Sin pensar en funciones adicionales ni creer en la creación de un aparato multifuncional, la adición de nuevas capacidades debe ser racional y para ello es clave, entender el proceso y como la problemática basada en su actualidad, no permite generar mejoras en la situación de esta peligrosa realidad a nivel mundial. Así mismo las especulaciones y necesidades futuras asociadas a esta problemática son un aliciente importante para pensar en nuevos paradigmas de como enfrentar un problema practico y para ello el conocimiento multidisciplinar se hace fundamental. El conocimiento de una plataforma SIG y como esta puede aportar al diseño como disciplina, permitió crear un cruce entre las capacidades propiamente técnicas de un vehículo UGV y la comprensión del problema desde su naturaleza intrínseca: La movilidad de los dispositivos en el tiempo y la incompetencia de los documentos asociados existentes, en temas de levantamiento de información relativa a las minas antipersonales. La IMSMA, entrego un primer paso relativo a la documentación, mas no se habían realizado esfuerzos relativos a comprender como la captura deficiente de esos datos

podría dar obsolescencia a toda la información mundial respecto al tema que posee su base de datos, además de considerar como los elementos geomorfológicos y físico geográficos pueden afectar los resultados a mediano y largo plazo.

Es importante que a futuro se pueda modificar el proceso de comprensión del fenómeno de los explosivos diseminados en el mundo, para entregarle precisión y con ello mayor seguridad en las labores. Además como se define en la tesis que se acaba de presentar, la disponibilidad futura de mejoras en el acceso a información geodésica (mapas raster de mejor calidad), puede incrementar la calidad de los resultados, así como la incorporación de mejores elementos electrónicos de captura y transmisión (GPS RTK con corrección Geodésica, sistemas de comunicación satelital, etc.) puede mejorar la calidad de los datos recolectados

En el ámbito del manejo de la información y la validación del modelo probabilístico antes expuesto, es importante destacar que este modelo es aún teórico, por lo tanto es de primordial importancia no ocuparlo bajo ninguna circunstancia hasta que se realicen tests experimentales en terreno con artefactos que simulen el peso y la geometría de las minas antipersonales.

Es por esta misma razón que se le ha dado tanta importancia al factor de atasco, el que debe ser calibra-

do luego cuando sea posible comprobar la eficacia del modelo.

Así mismo es necesario testear otras modelaciones de flujo no sólo basadas en fluidos sino que modelos previamente programados para objetos sólidos, de esta forma y con la comprobación in situ, es posible ir reduciendo las incertidumbres entregadas inicialmente.

A pesar de lo anterior este avance se sitúa como un primer modelo de base en SIG para la determinación de movimientos básicos producidos por la pendiente, orientación y textura de materiales. Es necesario incorporar el resto de los elementos mencionados, a fin de mejorarla precisión y complejidad del modelo; cada una de esas etapas deberá además contar con tests empíricos que permitan validar la situación, tomando en consideración la naturaleza del objeto analizado y el ambiente en donde se realizará la búsqueda.

8. NOTAS

1. Charles de Fourcroy, Comparacion de propiedades demográficas en ciudades europeas, 1782
2. Dr. John Snow, Definición cartográfica de áreas afectadas por una epidemia de cólera, 1854
3. El término 'mina terrestre' se utiliza para distinguir este arma de las minas navales, que no son objeto del presente estudio.
- 4 El término 'mina antivehículo' es relativamente nuevo. Antiguamente se utilizaba el término 'mina antitanque'.
5. ICBL, Informe 2003 del Monitor de Minas Terrestres: Hacia un mundo libre de minas, Principales Hallazgos, Human Rights Watch, Washington DC, agosto de 2003
6. S. Roberts, y J. Williams, After the Guns Fall Silent, The Enduring Legacy of Landmines, Vietnam Veterans of America Foundation, Washington DC, 1995, pág. 6
7. IMAS 04.10, Segunda edición, 1o de enero de 2003.
8. IMAS 04.10, Segunda edición, 1o de enero de 2003.
9. IMAS 08.10, Segunda edición, 1 o de enero de 2003, pág. v de la versión inglesa
10. Lewin, K. (1946) "Action research and minority problems")
11. *Chyi-Rong Chiou, Wei Lung Tsai y Yu-Fai Leung* , A GIS-dynamic segmentation approach to planning travel routes on forest trail networks in Central Taiwan, 2010
11. GSM: Global System for Mobile communications. Sistema global para comunicaciones móviles
13. M2M: Machine to Machine
14. GPRS: General Packet Radio Service. Extensión al servicio GSM para envío de paquetes
15. GPS: Global Positioning Systems. Sistema de posicionamiento global
16. SPI: Serial Peripheral Interface. Interfaz de periférico serial.
17. Applied plastics engineering handbook , David Kazmer Plastics Engineering , University of Massachusetts Lowell.

18. Se plantea como experimental o preliminar, ya que es necesario testear su precisión y validar a través de pruebas en terreno y considerando su aplicación en diferentes ambientes y topografías. Además se abordará con una cantidad limitada de parámetros a fin de ir testeando aquellos que aparecen como más relevantes.

19. Para mayor precisión en la asignación de movimiento y cálculo de las probabilidades se recomienda ocupar un Modelo de Elevación Digital de detalle, preferentemente con equidistancias submétricas.

20. La humedad de los suelos puede afectar la temperatura y conductividad eléctrica de los suelos, generando imprecisiones al momento de detectar minas por medios tradicionales. [Bhabani, Hendrickx, & Borchers, 2001]

21. El modelo se puede ir complejizando sobre la base de sí mismo, pero se toma como referencia base la utilización de variables clave de MDE y de características generales de tipo de suelo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Landmines and Unexploded Ordnance, A Resource Book, Pluto Press, Londres. Maresca, L. y Maslen, S. (eds.) (2000)

The Banning of Anti-Personnel Landmines, The Work of the International, Committee of the Red Cross 1955-1999, Cambridge University Press, Cambridge.

Roberts, S. y William

Guía para elaborar una legislación sobre actividades relativas a las minas, 2003, CIDHG

Mejorando la comunicación en los programas de sensibilización contra las minas, 2002— Un manual operativo , CIDHG, Ginebra.

The History of Landmines, M. Croll, Leo Cooper (Reino Unido)

The Evolving Arms Control Agenda, Implications of the Role of ngos in Banning Antipersonnel Landmines, Kenneth Rutherford, World Politics 53 (October 2000), 74-114

Understanding Landmines and Mine Action, Robert Kealey, Sept 2003

A Multiple Migration and Stacking Algorithm Designed for Land Mine Detection, J.Schofield, D.Daniels, and P.Hammerton, 2008

Bhabani, D., Hendrickx, J., & Borchers, B. (2001). Modeling transient water distributions around landmines in bare soils. *Soil Science*, 166(3), 163–173.

Chandler, R. J. (1991). *Slope Stability Engineering: Developments and Applications* : Proceedings of the International Conference on Slope Stability. Thomas Telford.

Fredlund, D. G., & Krahn, J. (1977). Comparison of slope stability methods of analysis. *Canadian Geotechnical Journal*, 14(3), 429–439. <http://doi.org/10.1139/t77-045>

Goudie, A. (2004). *Encyclopedia of Geomorphology*. Psychology Press.

Pendiente - Física en Línea. (n.d.). Retrieved November 16, 2015, from <https://sites.google.com/site/timesolar/fisicamatematica/pendiente>

Sassa, K., Canuti, P., & Yin, Y. (2014). *Landslide Science for a Safer Geoenvironment: Volume 2: Methods of Landslide Studies*. Springer.

Valett, H. M., Fisher, S. G., Grimm, N. B., & Camill, P.

(1994). Vertical Hydrologic Exchange and Ecological Stability of a Desert Stream Ecosystem. *Ecology*, 75(2), 548–560. <http://doi.org/10.2307/1939557>

10. LISTA DE FIGURAS

Fig1. Mapa cartografico de ubicacion explosivos en la region de Tarapaca - Chile, CNAD ,2009

Fig2. Desminado de territorios en el norte de Chile, utilizando metodos tradicionales de busqueda y desactivación., CNAD, 2009

Fig3. Explosion controlada de una mina antipersonal, CNAD, 2009

Fig4. Desminado Humanitario en la region de Antofagasta, CNAD, 2011

Fig5. Informacion del Sistema de Informacion Geografica ARGIS, utilizando la base de datos IMSMA, <http://www.colombiasinminas.org>, 2010

Fig6. Evolución histórica de las disciplinas asociadas a la detección y documentación geográfica de datos, Elaboracion propia, 2015

Fig7. Diagrama grafico del ciclo de “investigacion activa”, Kurt Lewin, 1944

Fig8. Pasos para definicion de modelo matematico basico, Elaboracion propia, 2015

Fig9. Imagen raster satelital, mostrando derivacion

automatica de rutas entre 2 puntos, de acuerdo a las diversas gradientes del terreno, utilizando la ruta con menor inclinacion, Elaboracion Propia, 2014

Fig10. Gráfico de diseminación de objetos aleatoriamente en un área digitalizada tridimensionalmente, Elaboracion Propia, 2015

Fig11. Actualizacion cartografica de puntos provenientes del sistema de rastreo, basada en las interacciones de el buscador con objetos dispersos, Elaboracion Propia, 2015

Fig12. Programacion mediante sistema Firefly para el control de sensores, prueba inicial de funcionalidad, Elaboracion propia, 2014

Fig13. Montaje de sistema M2M sobre plataforma UGV, para pruebas de campo y toma de muestras, Elaboracion Propia, 2015

Fig14. Primera toma de muestras realizada con el sistema M2M montado sobre el dispositivo UGV (Zona peñalolen, Region Metropolitana, Chile, Elaboracion Propia, 2015

Fig15. Detalle del sistema M2M, montado en el interior del sistema de movilidad UGV, Elaboracion Propia, 2015

Fig16. UGV en funcionamiento para prueba de campo, Elaboracion Propia

Fig17. Ejemplo de Importancia de la Precisión GPS para cálculo de probabilidades, Elaboracion Propia, 2015

Fig18. Desborde de rios y aludes, generan movimiento de explosivos en Region de Tarapaca, Chile, Canal 24 Horas, 2012

Fig19. Área de estudio Límite con Perú – Región Arica y Parinacota - Poconchile, ESRI, 2015

Fig20. Proceso para extraer Diferencia Altitudinal, Elaboracion Propia, 2015

Fig21. Resultados de parámetro 1 – Diferencia Altitudinal, Elaboracion Propia, 2015

Fig22. Resultado parámetro 2 – Pendiente de Equilibrio (25°), Elaboracion Propia, 2015

Fig23. Resultado Factor Velocidad, Elaboracion Propia, 2015

Fig24. Tabla de Pendientes, Elaboracion Propia, 2015

Fig25. Localización inicial, Elaboracion Propia, 2015

Fig26. Modelo Integrado, Elaboracion Propia, 2015

Fig27. Resultado 1 sin aislación zonal, Elaboracion Propia, 2015

Fig28. Resultado 1 con aislación zonal, Elaboracion Propia, 2015

Fig29. Resultado Final con Probabilidades Calculados a Tiempo 1, Elaboracion Propia, 2015

11. Anexos

11.1 Información complementaria para Fig. 6 (Paginas 12-13)

Lascaux/Francia

Dibujos con trazas lineales rutas de migración de especies

Hace unos 15.000 años en las paredes de las cuevas de Lascaux (Francia) los hombres de Cro-Magnon pintaban en las paredes los animales que cazaban, asociando estos dibujos con trazas lineales que, se cree, cuadraban con las rutas de migración de esas especies.

Tableau Poléometrique/Francia Charles de Fourcroy

Comparacion las propiedades demográficas de las ciudades europeas

Charles de Fourcroy, matemático francés, escribió un tratado en 1782 llamado Poléometrique Tableau. Analizó el crecimiento urbano a través de gráficos, comparando el tamaño de las principales ciudades europeas, con su número de habitantes.

Soho/Londres Dr. John Snow

Cartografía de mapa y la incidencia de los casos de cólera

En 1850 se creía que el cólera se propagaba por miasmas en el aire, no se conocían aún los gérmenes y por lo tanto, la repentina y grave oleada de casos de cólera en el Soho de Londres era un misterio. Fue por esto que Snow hizo algo que los periodistas estadísticos hacen rutinariamente hoy día, representó los casos de enfermedad en un mapa. Este protoSIG, uno de los ejemplos más tempranos del método geográfico, permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como la fuente causante del brote.

Paris/Francia Gaspard Tournachon

Toma de fotografías aéreas desde globos para documentar

Realizo las primeras fotografías aéreas de la historia en el año 1856 realizadas con una cámara fotográfica desde un globo aerostático. Esta innovación tuvo un gran interés militar.

Ontario/Canadá Dr. Roger Tomlinson

Canadian Geographic Information System, CGIS / Primer SIG en el mundo

La primera utilización real de los SIG en el mundo, concretamente en Ottawa (Ontario, Canadá) y a cargo del Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural. Desarrollado por Roger Tomlinson, el llamado Sistema de información geográfica de Canadá (Canadian Geographic Information System, CGIS) fue utilizado para almacenar, analizar y manipular datos recogidos para el Inventario de Tierras Canadá (Canada Land Inventory, CLI).

WWW.URISA.ORG

Urban and Regional Information Systems Association (URISA)

Edgar Horwood fundó URISA y fue su primer presidente. Horwood proporcionó liderazgo intelectual hacia la construcción de una asociación interdisciplinaria y se desempeñó como un crítico constructivo en el desarrollo de prácticas éticas en el área emergente de la aplicación de la tecnología de sistemas de información para aplicaciones urbanas y regionales.

UCSB/EE.UU

Urban and Regional Information Systems Association (URISA)

Waldo Tobler esboza un modelo simple llamado MIMO (map in - map out) para aplicar la informática a la cartografía. Los principios del sistema MIMO fueron los orígenes de geocodificación, captura de datos, análisis de datos y visualización. El sistema MIMO contenía todos los elementos estándar que se encuentran en el software SIG.

NTI&Harvard / EE.UU Howard Fisher

SYMAP - Sistema de mapas sinograficos

SYMAP (Synagraphic Mapping Sytem) - una aplicación de mapas automatizada pionera desarrollada por Howard Fisher en el Instituto de Tecnología de Northwestern y completado en el laboratorio de Harvard

Royal College of Art / Londres David P. Bickmore

Unidad Experimental de Cartografía ECU

La Unidad Experimental Cartografía (ECU), establecido en el Royal College of Art en Londres por David P. Bickmore.

Nueva York/ EE.UU Howard Fisher

Sistema de Información del transporte -Transportation I.S

El Sistema de Información de Transporte fue desarrollado por Robert Tweedie del Departamento de Estado de Nueva York de Transporte en Albany, y se basa en la manipulación de cuadrícula. Se incorporó, entre otros, el uso del suelo y las características geocodificado viaje. El output de este sistema era mapas de puntos de impresora de línea.

US Bureau of Census DIME George Farnsworth

Sistema nacional de codificación de datos

El US Bureau of Census DIME (Dual Independent Map Encoding) es un Formato de datos bautizado por George Farnsworth.

Ottawa/Canada Roger Tomlinson - Duane Marble

Primer Simposium de GIS

28 septiembre 1970 - 2 octubre 1970

Primer simposio sobre Sistemas de Información Geográficos, celebrada en Ottawa, Canadá.

ESRI/Intergraph/CARIS LCGSA

Emergen primeros proveedores comerciales de software SIG

La Universidad de Harvard, el Laboratorio de Computación Gráfica y Análisis Espacial en la Harvard Graduate School of Design (LCGSA 1965-1991), donde se desarrollaron una serie de importantes conceptos teóricos en el manejo de datos espaciales, y en la década de 1970 había difundido código de software y sistemas germinales, tales como SYMAP, GRID y ODYSSEY - los cuales sirvieron como fuentes de inspiración conceptual para su posterior desarrollos comerciales - a universidades, centros de investigación y empresas de todo el mundo.

Fort Collins/EE.UU Western Energy and Land Use Team

Map Overlay and Statistical System (MOSS)

El proyecto Map Overlay and Statistical System (MOSS) se inició en 1977 en Fort Collins (Colorado, EE. UU.) bajo los auspicios de la Western Energy and Land Use Team (WELUT) y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (US Fish and Wildlife Service).

Illinois/EE.UU USA-CERL

GRASS Herramienta para la supervisión y gestión medioambiental de territorios

El Cuerpo de Ingenieros del Laboratorio de Investigación de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos (USA-CERL) desarrolla GRASS como herramienta para la supervisión y gestión medioambiental de los territorios bajo administración del Departamento de Defensa.

MIDAS Mapping Display and Analysis System

Primer Software GIS para MS-DOS

(MIDAS) Mapping Display and Analysis System, primer producto SIG de escritorio surgió para el sistema operativo MS-DOS.

Washington / EE.UU LCGSA

Primeros indicios de CAD GIS en EEUU - MIDAS - MAPINFO

(MIDAS) Mapping Display and Analysis System, primer producto SIG de escritorio surgió para el sistema operativo MS-DOS. En 1990 MAPINFO fue portado a la plataforma de Microsoft Windows. Esto comenzó el proceso de mover los SIG del departamento de investigación al entorno empresarial.

Palo Alto/California / EE.UU Steve Putz

Primer mapa interactivo basado en la Web

En 1993, la internet, empieza a utilizarse directamente para actividades relacionadas con los SIG o la distribución de cartografía. En esta fecha aparece Xerox PARC, el primer servidor de mapas. Mapserver, uno de los principales servidores de cartografía en la actualidad, aparece a mediados de 1997

EUROGI

Organización europea para la información geográfica

Se establece la organización europea para la Información Geográfica (EUROGI).

NASDA/Japon

Japón lanza el satélite JERS-1

La Agencia Nacional de Desarrollo Espacial (NASDA) en Japón, lanza el satélite JERS-1

UCL/EE.UU

Centro de Análisis Espacial Avanzado

Fue formado por los Estados Unidos por una orden ejecutiva del presidente Bill Clinton. Es una infraestructura de datos de la aplicación de un marco de datos geográficos, metadatos, los usuarios y herramientas que están conectados de forma interactiva con el fin de utilizar los datos espaciales de una manera eficiente y flexible.

Colorado/EE.UU

Se funda University Consortium for G.I.S.

El Consorcio de Universidades de Ciencias de Información Geográfica (UCGIS) es una organización sin fines de lucro de universidades y otras instituciones de investigación dedicadas a la promoción de la comprensión de los procesos geográficos y relaciones espaciales mediante la mejora de la teoría, métodos, tecnología y datos.

The National Geographic Data Framework

Organización para la investigación en SIG

La National Geographic Data Framework ya ha sido ampliamente aceptado por la comunidad geoespacial en el Reino Unido y los primeros pasos se han tomado para su realización. El crecimiento de los servicios de datos geoespaciales y su fusión con los servicios de información integrados más grandes ayudarán desarrollo a todos los niveles con posibles beneficios para todos en forma de nuevos servicios comerciales y un mejor gobierno a través de las personas.

Washington / EE.UU

Comienza TerraServer como un proyecto de investigación

TerraServer comenzó como un proyecto de investigación conjunto entre Aerial Images, Inc., Microsoft, el USGS, y Compaq. El concepto TerraServer surgió de la convergencia de dos necesidades. Aerial Images Inc. querían vender las imágenes en línea y Microsoft Research necesitaban una gran base de datos para demostrar las capacidades de su nuevo software de base de datos. Según el acuerdo, Microsoft creó la aplicación TerraServer y aceptó acoger los datos SPIN-2 y gestionar la página durante dieciocho meses siguientes a la iniciación formal de sitio.

SRTM/ EE.UU NGA / NASA

Creación de Modelo topográfico terrestre HI Res

El Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) es un esfuerzo internacional de investigación que obtuvieron modelos de elevación digital en una escala casi mundial de 56 ° S a 60 ° N, para generar la base de datos de alta resolución topográfico digital más completa de la Tierra.

11.2 Programa controlador sistema de deteccion JAVA (Version 4.1)

```
#include <AltSoftSerial.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <SD.h>

#define CTRL_Z 26

SoftwareSerial GPRSbee(2,3); // RX, TX
AltSoftSerial GPS;

#define CTRL_Z 26
char lat[12];
char lg[12];
char dato;
char verificador;
int salida=0;
String temp;

void setup()
{
  // Pin que enciende el módulo GPRS
  pinMode(7, OUTPUT);
  digitalWrite(7, LOW);

  // Inicialización de comunicaciones seriales
  Serial.begin(9600);
  GPRSbee.begin(9600);
  GPS.begin(9600);
  pinMode(4, INPUT);
  SD.begin(6);

  // Encendiendo y configurando el módulo GPRS
  Serial.println("Encendiendo Modem");
  ModemOn();
  delay(2000);
  Serial.println("Configurando Modem");
  configuracionGPRSbee();

  // Reduciendo tramas de datos del módulo GPS
  Serial.println("Enviando comando al GPS");
  GPS.println("$PMTK314,0,4,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0*2C");
```

```

delay(700);
GPS.println("$PMTK314,0,4,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0*2C");
delay(700);
}

void loop()
{
  // Serial.println("-----Iniciando Recepcion de posicion y envio de datos-----");

  if(digitalRead(4)==LOW || digitalRead(5)==LOW)
  {
    Serial.println("Se activo");
    // Prender LED
    // Tomar posición GPS
    Receive_GPS_Data();
    Serial.print(lat);
    Serial.print(",");
    Serial.println(lg);

    // Se conecta y comienza a enviar los datos
    SendCommand("AT+QIOPEN=\\"TCP\\",\\"detectorjls.areaweb.cl\\",\\"80\\""", 3000, 3); // Dirección y puerto
    delay(4000);
    serial();
    SendCommand("AT+QISEND", 100, 1);
    // GPRSBe.print("t,T=");
    // GPRSBe.print(Temperatura);
    // GPRSBe.print(",");
    GPRSBe.print(lat);
    GPRSBe.print(",");
    GPRSBe.println(lg);
    // GPRSBe.print("w,T=");
    // GPRSBe.print(Temperatura);
    // GPRSBe.print(",");
    // GPRSBe.print(lat);
    // GPRSBe.print(",");
    // GPRSBe.println(lg);
    GPRSBe.write(CTRL_Z); // Finaliza el envio de datos
    delay(500);
    GPRSBe.println("AT+QICLOSE"); // Finaliza conexión
    delay(500);
    serial();

    // Guardar posición en la microSD
    File dataFile = SD.open("arch.txt", FILE_WRITE);

```

```

// Si el archivo está disponible se guardan los datos
if (dataFile) {
  dataFile.print(lat);
  dataFile.print(",");
  dataFile.println(lg);
  dataFile.close();
  // print to the serial port too:
}
// Enviar dato al servidor
}
delay(500);
}

//Loop para leer datos de GPRSBe-----
int serial()
{
  while(Serial.available() != 0)
  {
    dato = Serial.read();
    GPRSBe.print(dato);
  }
  while(GPRSBe.available() != 0)
  {
    dato = GPRSBe.read();
    Serial.print(dato);
  }
}

//-----Configuracion de GPRSBe-----
int configuracionGPRSBe()
{
  SendCommand("AT", 2000, 3);
  SendCommand("AT+CMEE=2", 2000, 3);
  SendCommand("AT+QICSGP=1,\"imovil.entelpcs.cl\"\\r\\n", 3000, 3); // APN. En este caso tiene la APN de Entel
  SendCommand("AT+QIHEAD=1", 3000, 3);
  SendCommand("AT+QIDNSIP=1", 3000, 3);
  SendCommand("AT&W", 2000, 3);
}

//-----String envio de datos por GPRSBe-----
int SendCabecera()

```

```

{
  SendCommand("AT+QIOPEN=\\"TCP\\",\\"detectorjls.areaweb.cl\\",\\"80\\""", 3000, 3);
  delay(4000);
  serial();
  SendCommand("AT+QISEND", 100, 1);
  GPRSBeep.println("latitude,longitude");
  GPRSBeep.write(CTRL_Z);
  GPRSBeep.println("AT+QICLOSE");
  delay(500);
  serial();
}

```

```

//-----ModemOn-----
void ModemOn(){
  unsigned long time_1;
  unsigned long time_2;
  boolean estado_modem = false;
  char recibido;

  time_1 = millis() + 4000;
  time_2 = millis();
  GPRSBeep.flush();
  GPRSBeep.println("AT");
  while((GPRSBeep.available() > 0 || time_1 > time_2) && estado_modem == false)
  {
    time_2 = millis();
    if(GPRSBeep.available() >= 0)
    {
      recibido = GPRSBeep.read();
      if(recibido == 'K')
      {
        estado_modem = true;
      }
    }
  }
  if(estado_modem == false)
  {
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite(7, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(5000);
  }
}

```

```
    serial();  
}
```

```
boolean SendCommand(String command, int time, int repeat)  
{
```

```
    unsigned long time_1;  
    unsigned long time_2;  
    boolean respuesta_modem = false;  
    char recibido;  
    int x = 0;
```

```
    while( x < repeat && respuesta_modem == false)  
    {  
        time_1 = millis() + time;  
        time_2 = millis();
```

```
        Serial.println(command);  
        GPRSBeep.println(command);
```

```
        while((GPRSBeep.available() > 0 || time_1 > time_2) && respuesta_modem == false)  
        {
```

```
            time_2 = millis();  
            if(GPRSBeep.available() >= 0)  
            {  
                recibido = GPRSBeep.read();  
                //Serial.println(recibido);  
                if(recibido == 'K')  
                {  
                    respuesta_modem = true;  
                    Serial.println("OK");  
                }  
            }  
        }  
    }  
    x++;  
    }  
    return respuesta_modem;  
}
```

```
//-----Recibiendo datos del GPS-----
```

```
void Receive_GPS_Data()
```

```
{  
    double latitud = 0;
```



```

double longitud = 0;
unsigned int finish =0;
unsigned int lat_cnt = 0;
unsigned int log_cnt = 0;
unsigned int flg = 0;
unsigned int com_cnt = 0;
unsigned int pos_cnt = 0;
char Gpsdata;
boolean valid = false;
boolean valid_2 = false;
while(finish==0){
    while(GPS.available(>0){
        Gpsdata = GPS.read();
        //Serial.print(Gpsdata);
        flg = 1;
        if( Gpsdata=='$' && pos_cnt == 0)
            pos_cnt=1;
        if( Gpsdata=='G' && pos_cnt == 1)
            pos_cnt=2;
        if( Gpsdata=='P' && pos_cnt == 2)
            pos_cnt=3;
        if( Gpsdata=='R' && pos_cnt == 3)
            pos_cnt=4;
        if( Gpsdata=='M' && pos_cnt == 4)
            pos_cnt=5;
        if( Gpsdata=='C' && pos_cnt==5 )
            pos_cnt=6;
        if(pos_cnt==6 && Gpsdata ==,'){
            com_cnt++;
            flg=0;
        }

        if(com_cnt==3 && flg==1){
            lat[lat_cnt++] = Gpsdata;
            flg=0;
        }

        if(valid == true)
        {
            lat[lat_cnt++] = Gpsdata;
            lat[lat_cnt++] = 0;
            valid = false;
        }
    }
}

```

```

if(Gpsdata == ',' && com_cnt==4)
    valid = true;

if(com_cnt==5 && flg==1){
    lg[log_cnt++] = Gpsdata;
    flg=0;
}

if(valid_2 == true)
{
    lg[log_cnt++] = Gpsdata;
    lg[log_cnt++] = 0;
    valid_2 = false;
}

if(Gpsdata == ',' && com_cnt==6)
    valid_2 = true;

if( Gpsdata == '*' && com_cnt >= 7){
    com_cnt = 0;
    lat_cnt = 0;
    log_cnt = 0;
    flg     = 0;
    finish  = 1;
}
}
}
}
Bee-----
int serial()
{
    while(Serial.available() != 0)
    {
        dato = Serial.read();
        GPRSBeep.print(dato);
    }
    while(GPRSBeep.available() != 0)
    {
        dato = GPRSBeep.read();
        Serial.print(dato);
    }
}
}

```

```

//-----Configuracion de GPRSBe-----
int configuracionGPRSBe()
{
    SendCommand("AT", 2000, 3);
    SendCommand("AT+CMEE=2", 2000, 3);
    SendCommand("AT+QICSGP=1,\"imovil.entelpcs.cl\"\\r\\n", 3000, 3); // APN. En este caso tiene la APN de Entel
    SendCommand("AT+QIHEAD=1", 3000, 3);
    SendCommand("AT+QIDNSIP=1", 3000, 3);
    SendCommand("AT&W", 2000, 3);
}

//-----String envio de datos por GPRSBe-----
int SendCabecera()
{
    SendCommand("AT+QIOPEN=\"TCP\", \"detectorjls.areaweb.cl\", \"80\", 3000, 3);
    delay(4000);
    serial();
    SendCommand("AT+QISEND", 100, 1);
    GPRSBe.println("latitude,longitude");
    GPRSBe.write(CTRL_Z);
    GPRSBe.println("AT+QICLOSE");
    delay(500);
    serial();
}

//-----ModemOn-----
void ModemOn(){
    unsigned long time_1;
    unsigned long time_2;
    boolean estado_modem = false;
    char recibido;

    time_1 = millis() + 4000;
    time_2 = millis();
    GPRSBe.flush();
    GPRSBe.println("AT");
    while((GPRSBe.available() > 0 || time_1 > time_2) && estado_modem == false)
    {
        time_2 = millis();
        if(GPRSBe.available() >= 0)
        {

```

```

    recibido = GPRSBe.read();
    if(recibido == 'K')
    {
        estado_modem = true;
    }
}
}
if(estado_modem == false)
{
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite(7, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(5000);
}
serial();
}

```

```

boolean SendCommand(String command, int time, int repeat)
{
    unsigned long time_1;
    unsigned long time_2;
    boolean respuesta_modem = false;
    char recibido;
    int x = 0;

    while( x < repeat && respuesta_modem == false)
    {
        time_1 = millis() + time;
        time_2 = millis();

        Serial.println(command);
        GPRSBe.println(command);

        while((GPRSBe.available() > 0 || time_1 > time_2) && respuesta_modem == false)
        {

            time_2 = millis();
            if(GPRSBe.available() >= 0)
            {
                recibido = GPRSBe.read();
                //Serial.println(recibido);
            }
        }
    }
}

```

```

        if(recibido == 'K')
        {
            respuesta_modem = true;
            Serial.println("OK");
        }
    }
}
x++;
}
return respuesta_modem;
}

```

```

//-----Recibiendo datos del GPS-----
void Receive_GPS_Data()
{
    double latitud = 0;
    double longitud = 0;
    unsigned int finish =0;
    unsigned int lat_cnt = 0;
    unsigned int log_cnt = 0;
    unsigned int flg = 0;
    unsigned int com_cnt = 0;
    unsigned int pos_cnt = 0;
    char Gpsdata;
    boolean valid = false;
    boolean valid_2 = false;
    while(finish==0){
        while(GPS.available()>0){
            Gpsdata = GPS.read();
            //Serial.print(Gpsdata);
            flg = 1;
            if( Gpsdata=='$' && pos_cnt == 0)
                pos_cnt=1;
            if( Gpsdata=='G' && pos_cnt == 1)
                pos_cnt=2;
            if( Gpsdata=='P' && pos_cnt == 2)
                pos_cnt=3;
            if( Gpsdata=='R' && pos_cnt == 3)
                pos_cnt=4;
            if( Gpsdata=='M' && pos_cnt == 4)
                pos_cnt=5;
            if( Gpsdata=='C' && pos_cnt==5 )
                pos_cnt=6;
            if(pos_cnt==6 && Gpsdata ==',' ){

```

```

    com_cnt++;
    flg=0;
}

if(com_cnt==3 && flg==1){
    lat[lat_cnt++] = Gpsdata;
    flg=0;
}

if(valid == true)
{
    lat[lat_cnt++] = Gpsdata;
    lat[lat_cnt++] = 0;
    valid = false;
}

if(Gpsdata == ',' && com_cnt==4)
    valid = true;

if(com_cnt==5 && flg==1){
    lg[log_cnt++] = Gpsdata;
    flg=0;
}

if(valid_2 == true)
{
    lg[log_cnt++] = Gpsdata;
    lg[log_cnt++] = 0;
    valid_2 = false;
}

if(Gpsdata == ',' && com_cnt==6)
    valid_2 = true;

if( Gpsdata == '*' && com_cnt >= 7){
    com_cnt = 0;
    lat_cnt = 0;
    log_cnt = 0;
    flg = 0;
    finish = 1;
}
}
}

```


}
}