



---

# **TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN SISTEMAS  
COMPUTACIONALES**

**MGFLEET, PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL  
MONITOREO DE FLOTAS BASADO EN GPS.**

**T E S I S   D E   G R A D O  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
M A E S T R O   E N  
I N G E N I E R Í A   E N  
S I S T E M A S   C O M P U T A C I O N A L E S**

**P R E S E N T A :**

**ING. EMMANUEL TONATIHU JUÁREZ VELÁZQUEZ**

**D I R E C T O R E S :**

**DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. IRVING CARDIEL ALCOCER  
GUILLERMO**

**CODIRECTOR DE TESIS: M. EN I.S.C. JESÚS EMMANUEL  
RAMÍREZ NAVERRETE**

**CODIRECTOR DE TESIS: M. EN C. EDGAR CORONA  
ORGANICHE**

**ECATEPEC DE MORELOS, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2019**



## DEDICATORIA

*A Manuel Juárez Pérez †*

*Un logro compartido a través del tiempo...*



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida, y porque me acompaña día con día en este camino lleno de aprendizaje.

Agradezco a mi esposa quién con su paciencia y esmero me apoya para lograr metas que ni yo mismo sabía que podía alcanzar.

Agradezco a mis padres y hermanas, por quienes forjé mi esencia como persona, con quiénes aprendí de valores, y de la importancia de ser y tener una familia.

Agradezco a mis compañeros maestros, de quienes he aprendido infinidad de lecciones, con quienes comparto la noble tarea de la docencia y quienes me reafirman diariamente que el camino elegido es el correcto.



## RESUMEN

El trabajo presente, tiene como objetivo principal proponer una solución tecnológica al problema de falta de monitoreo a las unidades vehiculares pertenecientes a las flotillas automotrices de las micro y pequeñas industrias.

Para tal efecto, se realizó una investigación documental de los aspectos teóricos, históricos y contextuales; así como los determinantes en funcionalidad tecnológica y recursos que existen en la actualidad para el control de flotas vehiculares. Encontrando que el monitoreo desde los años 80 se encuentra basado en dispositivos de rastreo GPS, y que la implementación de dichos dispositivos, en la actualidad se ha masificado y profesionalizado dadas las necesidades de planeación, control e integración de los recursos; así como la gestión y organización de la información en las empresas a nivel global.

Las consecuencias derivadas de la falta de monitoreo, radican en costos y gastos inadecuadamente dirigidos; que van desde el desgaste de las unidades, hasta la falta de apego a políticas por parte de los conductores; ocasionando un impacto en las finanzas que no ha sido controlado ni medido en ciertos contextos, debido a que está rodeado de factores externos a las flotas en sí mismas. Siendo resultado de la falta de planeación estratégica, de la visión clara del modelo de negocio y de las prioridades en la cadena de valor de las organizaciones.

En ese tenor, y evaluando las distintas aplicaciones de los sistemas de control; se tomaron en cuenta cuatro aspectos generales para delimitar la solución que aquí se plantea. El **primero** es el enfoque global de los sistemas, en donde se permea la optimización, sistematización y automatización de procesos y recursos. El **segundo** aspecto, son los factores de planeación sistémica que determina la rentabilidad de un negocio, en donde las flotas son parte de la



cadena de valor y deben de estar consideradas dentro de esta planeación. En **tercer** lugar se obedece a la revisión del papel de la tecnología y sus posibilidades de funcionalidad, entrada y salida de información para la toma de decisiones, y por supuesto la inversión que implica. Por último, en **cuarto** lugar se tomó en cuenta la capacidad de acción para la generación de un software que respondiera a una problemática de control de monitoreo básico en donde la planeación reactiva del negocio, la madurez de su información y procesos para hacerlo funcional; no constituyeran obstáculos para una implementación inmediata. Siendo una solución viable, para las empresas tipo de nuestro país.

En concreto, se plantea el diseño por un lado de un dispositivo electrónico basado en un microcontrolador que tenga conectado un receptor GPS y un dispositivo para el almacenamiento de información; y por el otro lado el desarrollo de un software que interprete la información entregada por el dispositivo electrónico. En su conjunto, ambas partes ofrecerán un control “fuera de línea” funcional, confiable y económico, auxiliar en la operación de las flotillas de vehículos con vistas a la optimización de recursos.

Se ha denominado **MGFLEET, Aplicación para el monitoreo óptimo de flotillas** (MG, tomadas de la palabra *management*), que constituye una propuesta para incorporar un sistema regulador de rutas de la flota vehicular, que permita detectar la diferencia entre la **ruta ideal y la ruta real**; así como los tiempos de traslado que impactan en el servicio.

Con lo anterior, una empresa que tiene dentro de su modelo de negocio el servicio de flotas para la repartición de bienes y/o servicios; tendrá a su disposición una herramienta útil y económicamente accesible para comenzar a tomar decisiones funcionales a su operación y encaminadas a los objetivos del negocio.



Para este trabajo se utilizó la metodología para la generación de software, denominada RUP (*Rational Unified Process* en español Proceso Racional Unificado); por lo cual se describen con detalle las etapas del desarrollo, la implementación y puesta en marcha de esta propuesta.

Se presenta un capítulo referente a los cálculos que se debieron realizar para encontrar las distancias requeridas sobre la superficie terrestre, ya que por la misma curvatura de nuestro planeta dichos cálculos varían considerablemente a los que se realizan para calcular distancias sobre un plano.

También se presenta un capítulo que describe el diseño y desarrollo de la placa electrónica hasta llegar a su elaboración y uso para el presente proyecto.

Los resultados obtenidos en este trabajo de tesis, han sido satisfactorios, ya que se plantea a **MGFLEET**, como un monitor funcional, cuyo alcance considerará variables como velocidad en el trayecto, tiempo de recorrido, hora, fecha, latitud, longitud y tiempos muertos; siendo así una opción para la operación de flotas en las empresas de alta precisión y fidelidad.

Finalmente, **MGFLEET**, es un prototipo que sintetiza las mejores prácticas en métodos integrales formales para el diseño de software, ya que es multidisciplinar. Lo cual se desea subrayar como una característica fundamental del presente planteamiento, en el que se lograron combinar aspectos matemáticos, lógicos, de programación y electrónicos. Integrando un diseño metodológico en una solución real y comercial.



## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
RESUMEN .....	5
CAPÍTULO 1. MARCO METODOLÓGICO (PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN) .....	13
a) Finalidad del estudio.....	13
b) Cuestiones de investigación .....	13
Supuesto hipotético.....	14
c) Alcance del estudio.....	14
d) Limitaciones del estudio.....	15
e) Definición de términos .....	16
f) Organización del Informe.....	24
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE .....	26
a) Los sistemas de gestión, control y monitoreo de flotillas en la actualidad .....	26
Sobre la necesidad de monitoreo orientado al control .....	26
Sobre los sistemas de gestión, control y monitoreo.....	28
Sobre los aspectos técnicos de las aplicaciones y los sistemas de monitoreo vehicular.....	31
b) Evaluación crítica sobre las aplicaciones de gestión, control y monitoreo de flotillas actuales .....	31
Ondas débiles .....	33
Infraestructura de datos .....	33
Monitoreo offline.....	33
Soluciones genéricas e ideales .....	34
c) Conclusiones sobre la problemática actual respecto a los sistemas diseñados para el monitoreo de flotillas .....	37
d) Discusión sobre la metodología utilizada .....	38
RUP para desarrollo de software.....	38
- Actividades: Procesos que se han de realizar en cada etapa/iteración. ....	43
Sobre la revisión de la literatura a través de investigación documental .....	44



e) Sobre las fuentes y medios para el acopio de material .....	46
<b>CAPÍTULO 3: MARCO DE INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL SOBRE EL</b> <b>MONITOREO VEHICULAR.....</b>	<b>48</b>
Un panorama general del VSRP .....	49
Consideraciones básicas en las aplicaciones de monitoreo vehicular .....	52
GPS o Sistema de Posicionamiento Global.....	55
Banda L y Banda S .....	56
Modulación.....	58
Funcionamiento de los receptores GPS .....	59
Receptores GPS .....	62
Mapa Georeferenciado.....	62
Sobre la precisión del rastreo.....	63
Otros sistemas de geolocalización .....	63
Planteamiento de uso de GPS.....	65
Teoría sobre monitoreo de rutas .....	66
Variables de monitoreo base para la optimización .....	68
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS MATEMÁTICO.....</b>	<b>70</b>
Método de Haversine .....	74
Método de Thaddeus Vincenty.....	76
<b>CAPÍTULO 5. SOLUCIÓN PROPUESTA: MGFLEET .....</b>	<b>80</b>
Primera fase: Inicio .....	80
Problemática del negocio .....	80
Síntesis de arquitectura posible .....	80
Alcance del proyecto .....	87
Segunda fase: Elaboración.....	88
Plan del proyecto .....	88
Especificaciones de características.....	88
Arquitectura base .....	89
Tercera fase: Construcción.....	90
Desarrollo del sistema.....	90



e).- Realizamos un diagrama de tablas para la implementación de un BD.....	100
Cuarta fase: Transición.....	110
Implementación.....	110
Gestión de configuración y cambios.....	111
Gestión del proyecto para su salida al público.....	112
CONCLUSIONES .....	134
Bibliografía .....	136
Anexos .....	138
ANEXO 1 .....	138
ANEXO 2.....	139
ANEXO 3.....	140
ANEXO 4.....	141
ANEXO 5.....	142
Ilustración 1. Principales beneficios de la optimización de flotillas (Mozos, 2007). ...	36
Ilustración 2. Síntesis visual de la metodología RUP.....	41
Ilustración 3. Optimización de flotas de vehículos (Mozos, 2007, pág. 120). ....	51
Ilustración 4. Señal GPS y modulaciones.....	59
Ilustración 5. Principio de funcionamiento de receptores GPS.....	61
Ilustración 6. Ejemplos de receptores GPS. ....	62
Ilustración 7. Mapa georeferenciado. ....	63
Ilustración 8. Propuesta de conceptualización del receptor GPS.....	65
Ilustración 9. Elipsoide terrestre. ....	71
Ilustración 10. Vista de meridianos para considerar latitud y longitud. ....	73
Ilustración 11. Muestra comparativa entre una figura elipsoide y una esfera. ....	76
Ilustración 12. Componentes del hardware de MGFLEET. ....	81
Ilustración 13. Sistema mínimo basado en microcontrolador.....	82
Ilustración 14. Microcontrolador ATMega 328. ....	83
Ilustración 15. Pines ATMega 328.....	84
Ilustración 16. Datalogger GPS. ....	84
Ilustración 17. Receptor GPS UBLOX. ....	85
Ilustración 18. Lector de Memorias SD genérico. ....	87
Ilustración 19. Diagrama Electrónico del hardware.....	90



Ilustración 21. Diagrama para el monitoreo de vehículos mediante GPS. ....	92
Ilustración 22. Circuito en software Eagle.....	93
Ilustración 23. Imagen del diseño de la placa.....	93
Ilustración 24. Placa de Circuito Impreso. ....	94
Ilustración 25. Modelo relacional de la BD.....	101
Ilustración 26. Diagrama UML de la aplicación visual.....	102
Ilustración 27. Diagrama UML de la aplicación visual (Cont.).....	103
Ilustración 28. Diagrama de casos de uso.....	104
Ilustración 29. Formulario Principal. ....	105
Ilustración 30. Formulario de Ingreso. ....	106
Ilustración 31. Formulario para agregar o eliminar dispositivos GPS.....	106
Ilustración 32. Formulario para agregar o eliminar vehículos a monitorear.....	107
Ilustración 33. Formulario para agregar o eliminar rutas.....	107
Ilustración 34. Formulario para asociar vehículos con dispositivos GPS. ....	108
Ilustración 35. Formulario de rutas activas. ....	108
Ilustración 36. Formulario de registros óptimos por ruta. ....	109
Ilustración 37. Formulario de comunicación con el dispositivo de hw. ....	109
Ilustración 38. Comparación de las rutas ideal y real.....	110
Ilustración 39. Fig. Base de datos alimentada. ....	111
Ilustración 40. Prueba de GPS desde terminal serial.....	112
Ilustración 41. Código de Conexión a la BD. ....	128
Ilustración 42. . Conexión con el dispositivo GPS en puerto COM.....	128
Ilustración 43. Configuración de parámetros. ....	129
Ilustración 44. Cálculo de distancias por método de Vincenty. ....	129
Ilustración 45. Extracción de Datos. ....	130
Ilustración 46. Generación de Mapas. ....	130
Ilustración 47. Generación de Mapas. ....	131
Ilustración 48. Creación de Marcas en el Mapa.....	131
Ilustración 49. Definición de trayectoria de ruta. ....	132
Ilustración 50. Mapa resultante.....	132
Ilustración 51. Mapa Resultante. ....	133



Tabla 1. Sobre bandas para frecuencias. ....	57
Tabla 2. Comparativo entre los Sistemas de Geoposicionamiento. ....	64
Tabla 3. Datos obtenidos del receptor, layout básico. ....	66
Tabla 4. Comparativo de sistemas referenciales de coordenadas.....	78



## CAPÍTULO 1. MARCO METODOLÓGICO (PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN)

### a) Finalidad del estudio

La finalidad del estudio aquí contenido, radica en presentar una aplicación de escritorio que permita mediante el empleo de GPS (*Global Positioning System*, en español Sistema de Posicionamiento Global), realizar un monitoreo eficiente de una flota vehicular. En este sentido, se considera una solución tecnológica cuyo alcance de monitoreo se focaliza en el control, cuidado y optimización de los recursos de una empresa o negocio; y cuya planeación requirió la suma de áreas de estudio, tales como programación, manejo de base de datos, circuitos de comunicación, sistemas informáticos y matemáticos. Siendo así, un trabajo multidisciplinario integrado en un sistema al que se ha denominado: **Aplicación para el monitoreo óptimo de flotillas (MGFLEET)**.

### b) Cuestiones de investigación

Derivado de un ejercicio de análisis e investigación se llegó a la conclusión de que el tema del monitoreo en general, es una de las áreas exploradas a través de sistemas de planeación y tecnología en todo el mundo. No obstante el empleo de las opciones tecnológicas de monitoreo y control ya existentes implica madurez en la información y en el propio negocio; así como de considerables inversiones que en ocasiones no se ven viables por la falta de seguimiento y solidez financiera de las empresas.



En esa línea se plantean las siguientes interrogantes:

¿Cómo aplicar la tecnología en una solución de monitoreo para contribuir a la optimización de recursos destinados a las flotillas de vehículos en la microindustria o la industria pequeña<sup>1</sup>?

¿Cómo evaluar el monitoreo eficiente de las unidades de dichas flotillas aprovechando la tecnología?

Tales preguntas, requieren una solución que considere los elementos básicos a resolverse para el monitoreo<sup>2</sup>, en donde la programación de sistemas pueda emplearse de manera funcional y económica.

### **Supuesto hipotético**

Dadas las condiciones expresadas, si se genera una solución que integre la necesidad de monitoreo básico orientado al control, con la economía de recursos; es factible para su adquisición e implementación en las empresas (con las condiciones citadas); derivando de ello una herramienta para la optimización de recursos y la toma de decisiones.

### **c) Alcance del estudio**

En esta propuesta, se incluye un prototipo tanto en software como en hardware, que puede monitorear y proporcionar información para el control de una flota vehicular. Englobando así, los aspectos base para un monitoreo vehicular,

---

<sup>1</sup> “Microindustria. Las empresas que ocuparan hasta 15 personas y el valor de sus ventas netas fuera hasta 30 millones de pesos al año. Industria Pequeña. Las empresas que ocuparan hasta 100 personas y sus ventas netas no rebasaran la cantidad de 400 millones de pesos al año” (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2011, pág. 11).

<sup>2</sup> Elementos base para el monitoreo vehicular en esta propuesta: ruta, tiempo, desgaste vehicular, servicio, consumo de combustible.



desde la óptica de un sistema de localización; así como las herramientas empleadas para la construcción de la **Aplicación para el monitoreo óptimo de flotillas (MGFLEET)**.

Por herramientas llamaremos a los elementos que fueron utilizados para el desarrollo de **MGFLEET**; como son el GPS, el método matemático para el cálculo de rutas, la programación empleada, la base de datos obtenida, así como el dispositivo sugerido.

#### **d) Limitaciones del estudio**

Dadas las condiciones de iniciativa independiente, en este trabajo no se tiene planeado llegar a la instalación física de los dispositivos en las unidades vehiculares.

Lo anterior porque la inversión que implica, se encuentra sujeta a la adquisición del sistema por parte de una empresa o institución; sin embargo sí se ha considerado el presupuesto mínimo a costear en el caso de su posible adquisición.

Asimismo se plantea la construcción del hardware electrónico como la placa PCB (*Printed Circuit Board*), en este caso de manera artesanal; ya que su elaboración industrial requeriría de una máquina de alto costo, enviando a maquilar las piezas de esta PCB.

La forma en la que se realizará la comprobación de este proyecto, será planteando el alcance hipotético de ahorro y eficiencia en la gestión de flotillas, con relación a la evaluación de desempeño, dada por la transición de los resultados del monitoreo (comportamiento A Vs comportamiento B). Lo anterior se obtendrá de las lecturas que el “sistema” arroje al determinar cuando exista



alguna incidencia durante el trayecto del vehículo. Cabe decir que se pretende emplear la base de monitoreo de *Google Maps*, por lo que existe un mínimo de error dado por la misma aplicación.

Asimismo se usarán en este trabajo, dispositivos de rastreo GPS, memoria, micro controlador de tipo experimental y no profesional por lo que existe cierto porcentaje de error, el cual se considerará aceptable y válida para los efectos de esta propuesta.

### **e) Definición de términos**

A continuación se presentan los conceptos en los que se soporta la presente en orden alfabético.

#### **Aplicación**

La aplicación, se utiliza como una herramienta para realizar una operación o tarea específica. Es un programa, cuya finalidad es ejecutar una tarea concreta para la cual fue creado, una de sus principales características es que resulta de fácil operación para los usuarios no avanzados, por lo que suele ser empleada con la finalidad de poder solucionar o simplificar una operación compleja (Ramos, 2011, pág. 30).

#### **Aplicación Web**

Las aplicaciones web son herramientas diseñadas para realizar una tarea específica; pero son cargadas a los distintos dispositivos desde internet (u otra red) y poseen la facilidad de mantener y actualizar dichas aplicaciones sin la



necesidad de distribuir e instalar un software; también cuentan con la característica de ser ejecutadas en múltiples plataformas. Por su programación, las aplicaciones web generan dinámicamente una serie de páginas en un formato estándar, como HTML, soportados por los navegadores web comunes (*loc. cit.*).

### **AVR**

El microcontrolador de 8 bits AVR de tecnología RISC de Atmel es un microcontrolador que se constituye por un chip con EPROM, Ram, un conversor Analógico-Digital, unas cuantas entradas y salidas digitales, timers, una UART para comunicación RS 232. Los AVR son una familia de Microcontroladores RISC, cuenta con un diseño simple y de fácil programación. Constituyen circuitos integrados que contienen todos los elementos electrónicos que se utilizan para hacer funcionar un sistema basado con un microprocesador. La función básica de un regulador automático de tensión (AVR) es la de alimentar a un circuito para mantener constante la tensión de salida del generador dentro de ciertos rangos de frecuencia y carga (Pardue, 2005, pág. 22).

### **Bluetooth**

Es un medio de comunicación entre diferentes aparatos por ondas de radio. Constituye una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN), que tiene como atributo permitir la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.



- Eliminar los cables y conectores entre éstos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales (Eckkrammer, 2009, pág. 158).

### **Comunicación Serial**

La comunicación serial es un protocolo (no hay que confundirlo con el Bus Serial de Comunicación, o USB) para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. La mayoría de las computadoras incluyen dos puertos seriales RS-232. La comunicación serial es también un protocolo común utilizado por varios dispositivos para instrumentación; existen varios dispositivos compatibles con GPIB que incluyen un puerto RS-232. Además, la comunicación serial puede ser utilizada para adquisición de datos si se usa en conjunto con un dispositivo remoto de muestreo (REDUSERS.com, s/a, págs. 76 - 79).

### **Coordenada**

En un sentido práctico es un trazo que permite saber cómo ir de un punto A a un punto B. A nivel geográfico son un sistema de referencia que utiliza las dos coordenadas angulares, latitud (Norte y Sur) y longitud (Este y Oeste) y sirve para determinar los laterales de la superficie terrestre (o de una circunferencia en general) (Gordo, 2014, págs. 3 - 9).

### **Dashboard**



Es una interfaz gráfica de usuario que yace tanto en consolas de videojuegos como en algunos sistemas operativos. Es una interfaz donde el usuario puede administrar el equipo y/o software (De la Cuadra, 2013).

### **Data Logger**

Son registradores de datos, los cuales constituyen sistemas de adquisición de datos que pueden tomar entradas desde un gran número de fuentes, realizando funciones matemáticas específicas a fin de proceder al almacenamiento de los mismos en determinado dispositivo. Estos sistemas suelen tener varios tipos de entrada, adicional a los atributos de muestreo, conversión y respuesta programados (Valdés & Pallás, 2007, pág. 149).

### **Georreferenciación**

La georreferenciación es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datos específicos. Es una operación habitual dentro de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) tanto para objetos ráster (imágenes de mapa de píxeles) como para objetos vectoriales (puntos, líneas, polilíneas y polígonos que representan objetos físicos) (Gordo, 2014, pág. 9).

### **Google**

Es una empresa multinacional estadounidense especializada en productos y servicios relacionados con Internet, software, dispositivos electrónicos y otras tecnologías. El principal producto de Google es el motor de búsqueda de contenido en Internet del mismo nombre, aunque ofrece también otros servicios como un servicio de correo electrónico llamado Gmail, sus servicios de mapas



Google Maps y Google Earth, el sitio web de vídeos YouTube, otras utilidades web como Google Libros o Google Noticias; así como el navegador web Google Chrome y la red social Google+ (Arnalich & Urruela, 2012, pág. 8).

### **Google Maps**

Es el nombre del servicio gratuito de Google. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la web. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle Google Street View (De la Cuadra, 2013).

### **GPS**

*Global Positioning System* o Sistema de Posicionamiento Global. Identificado actualmente con las siglas GPS, su nombre correcto es NAVSTAR GPS y constituye un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, un vehículo o una nave, con una precisión de hasta centímetros.

El GPS funciona mediante una red de satélites que se encuentran orbitando alrededor de la tierra y envían señales de radio a su superficie (Letham, 2001, págs. 5, 95).

### **GPRS**

De sus siglas en inglés *General Packet Radio Services*, es una técnica de conmutación de paquetes, que es integrable con la estructura actual de las redes GSM. Esta tecnología permite una velocidad de datos de 115 kbs. Sus



ventajas son múltiples, y se aplican fundamentalmente a las transmisiones de datos que produzcan tráfico "a ráfagas", es decir, discontinuo. Por ejemplo, Internet y mensajería. Puede utilizar a la vez diversos canales, y aprovechar los "huecos" disponibles para las transmisiones de diversos usuarios. Por ello, no necesitamos un circuito dedicado para cada usuario conectado. De esta forma desaparece el concepto de tiempo de conexión, dejando paso al de cantidad de información transmitida: El cliente podrá ser facturado por los paquetes realmente enviados y recibidos. El ancho de banda podrá ser entregado bajo demanda, en función de las necesidades de la comunicación. En cuanto a los cambios que supone, las redes GSM deben implementar una serie de nuevos equipos y cambios Hardware y Software, tanto en la parte radio como en la parte de conmutación (McGuiggan, 2004, pág. 109).

## **GSM**

*Group Special Mobile o Global System for Mobile Communications*, organismo encargado de la configuración técnica de una norma de transmisión y recepción para la telefonía celular europea y el Global System es el sistema europeo de telefonía móvil digital a 900 MHz (*Ibidem*, pág. 211).

## **Microcontrolador**

Un microcontrolador (abreviado  $\mu\text{C}$ , UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales



unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida (Pardue, 2005, pág. 160).

### **Offline**

Referente a una operación o a una unidad funcional, cuando no está bajo control directo del sistema al cual está asociada. Las unidades fuera de línea no están disponibles para su uso inmediato a solicitud del sistema, aunque pueden ser operadas independientemente (Jensel, 2015, págs. 64 - 69).

### **Online**

En telecomunicación, el término tiene otro significado muy específico. Un aparato asociado a un sistema está en línea si se encuentra bajo control directo del mismo, esto es, si se encuentra disponible para su uso inmediato por parte del sistema, sin intervención humana, pero que no puede operar de modo independiente del sistema (*Ibíd.*, pág. 69).

### **PCB**

En electrónica, “circuito impreso”, “tarjeta de circuitos impresos” o “placa de circuitos impresos” (*Printed Circuit Board*, PCB), es la superficie constituida por caminos, pistas o buses de material conductor laminadas sobre una base no conductora. El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de los caminos conductores, y sostener mecánicamente, por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos. Los caminos son generalmente de cobre mientras que la base se fabrica de resinas de fibra de vidrio reforzada, cerámica, plástico, teflón o polímeros como la baquelita (Valdés & Pallás, 2007).



## **RUP**

El Proceso Unificado de Rational (*Rational Unified Process* en Inglés, habitualmente resumido con las siglas RUP), es un proceso de desarrollo de software generado por la empresa *Rational Software*, actualmente propiedad de IBM. Junto con el Lenguaje Unificado de Modelados (UML), constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos (De la Cuadra, 2013, pág. 186).

El RUP no es un sistema con pasos firmemente establecidos, sino un conjunto de metodologías adaptables al contexto y necesidades de cada organización. También se conoce por este nombre al software, que incluye información entrelazada de diversos artefactos y descripciones de las diversas actividades, permitiendo la personalización de acuerdo a las necesidades.

## **SaaS**

(Software como Servicio, del inglés *Software as a Service*, SaaS), es un modelo de distribución de software donde el soporte lógico y los datos que maneja se alojan en servidores de una compañía de tecnologías de información y comunicación (TIC), a los que se accede con un navegador web desde un cliente, a través de Internet. La empresa proveedora de TIC se ocupa del servicio de mantenimiento, de la operación diaria y del soporte del software usado por el cliente. Regularmente, ese sistema, es flexible de consulta en cualquier computador y se deduce que la información, el procesamiento, los insumos, y los resultados de la lógica de negocio del software, están hospedados en compañía TIC (*Ibidem*, pág. 188).



La variante actual de SaaS, implica tener acuerdos de gestión y administración dentro del propio negocio, lo que implicaría un recurso humano dedicado por parte de la empresa proveedora, o un servicio de supervisión y acompañamiento puntual, donde se tracen los alcances y capacidad de acción tanto de la empresa que presta el servicio, como del cliente.

## **UML**

Lenguaje Unificado de Modelado (LUM o UML, por sus siglas en inglés, *Unified Modeling Language*), es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad. Se encuentra respaldado por el OMG (*Object Management Group*). Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema. UML ofrece un estándar para describir un “plano” del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocio, funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguaje de programación, esquemas de bases de datos y compuestos reciclados (*Ibídem*, pág. 188).

### **f) Organización del Informe**

El trabajo presente posee un ejercicio de investigación y revisión de la literatura existente, a fin de sustentar el carácter científico del mismo; incluyendo así los procesos de planeación y construcción de **MGFLEET** a detalle. De tal manera que la información se ha distribuido como sigue:

Capítulo I, se narra el marco metodológico de la tesis, en el cual se explica el propósito y organización de la misma; así como las limitantes a las que se enfrenta el estudio.



Capítulo II, refiere el estado del arte. Esto es, la discusión producto del análisis de fuentes de investigación, que justifican la viabilidad de la presente, la vigencia de la misma y la revisión de los aspectos determinantes para el enfoque crítico de la literatura revisada y su relación con la realidad de la microindustria y las industrias pequeñas en nuestro país.

Capítulo III, se describen aquí los aspectos relacionados con las aplicaciones empleadas para monitoreo y los elementos relacionados con el GPS, tanto a nivel de software como en el aspecto económico. Lo anterior, dado que el proyecto está basado en la generación de una aplicación de escritorio que emplea como base el GPS de Google Maps.

Capítulo IV. Se presentan las categorías y herramientas que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la aplicación a nivel hardware y software. Esto implica reconocer las técnicas matemáticas para calcular la ruta de los vehículos dentro de una aplicación y los factores a considerar para establecer la ruta ideal, la tolerancia y la ruta real; así como los parámetros de análisis para las métricas de optimización de recursos.

En tanto el capítulo V, presenta la aplicación integral a nivel hardware y software. Así como la experiencia de construcción de la misma, siendo la síntesis del trabajo de investigación, construcción y programación presentado en los capítulos anteriores. Lo cual deriva en una revisión general que se coloca en el espacio de conclusiones, en donde finalmente se vincula el marco metodológico con **MGFLEET**, la aplicación diseñada.



## CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

### a) Los sistemas de gestión, control y monitoreo de flotas en la actualidad

#### Sobre la necesidad de monitoreo orientado al control

Una de las funciones de la ingeniería es acercar soluciones a la medida de las necesidades. En la actualidad la competencia por alcanzar sistemas de gestión macros y genéricos ha provocado que aquellos negocios que no se alinean a las características de la globalización no sean candidatos idóneos para emplear las innovadoras herramientas y softwares que se han diseñado partiendo de las mejores prácticas y de la idealización de que todas las empresas tendrán que alinearse tarde o temprano.

En tanto, la consideración de madurez del negocio; así como de los procesos y de la información que en estos se manejan son variables determinantes para la inversión viable en ciertos sistemas o aplicaciones funcionales.

Uno de los factores primarios para la adquisición de sistemas, recae en los aspectos de gestión, control y monitoreo de los recursos que poseen las organizaciones. Lo cual es resultado de la masificación de tareas asociadas con el servicio y la competencia. En este sentido, el monitoreo de flotas vehiculares que distribuyen bienes o brindan servicios implica en sí el control de gastos, la eficacia de la inversión y la funcionalidad de los modelos de negocio.

Sin un monitoreo adecuado orientado al control, las flotas vehiculares suelen tener pérdidas diversas, las cuales suelen ser generadas por distintas causas. Revisando la literatura y la investigación al respecto, se sintetizan tres. La **primera**, es la incidencia de sistemas de gestión en modelos de negocio, en



donde la flota vehicular es sólo un medio para un fin en la cadena productiva y de valor, por lo que no se le percibe como una inversión. A esta causa, obedece que las pérdidas derivadas del comportamiento de los vehículos no se tienen en mente, por lo que no hay un marco de conocimiento del problema y no habrá un trazo de la solución.

La **segunda** situación, es la manera poco homogénea en que han crecido las flotas, hasta su aglomeración. Vehículos con diferentes características y condiciones desde marca, modelo, rendimiento, fecha de adquisición, mantenimiento continuo, pago de derechos vehiculares. Sólo por mencionar algunos factores, implicando que las distintas variables de control se extiendan y sin una base de datos actualizada, el monitoreo se convierte en el menor de los problemas.

Las variables generan que el monitoreo, seguimiento y actualización de la información se convierta en un reto, al cual no se le ve al corto plazo la incorporación de la solución, ya que es característico de una empresa con problemáticas de gestión a otros niveles en donde nuevamente el monitoreo y control vehicular no es la prioridad (Optimización de flotas de vehículos, una herramienta para incrementar la eficiencia, 2007).

Para evitar lo anterior, ha sido estrategia de la industria emplear proveedores que se encarguen del manejo sustancial de los vehículos, ya sea por sistema de arrendamiento o por servicio de flotillas, dejando el tema del control en manos de un tercero.

La **tercera** causa, tiene su base en la falta de planeación del servicio a brindar a través de la flota vehicular, e incluso del negocio en sí mismo. Este aspecto no sólo tiene un impacto financiero, en realidad se basa en la falta de políticas y procedimientos que van desde el reglamento a conductores de los vehículos



hasta la rendición de horarios y servicio brindado a través de las rutas “establecidas” o no.

¿Qué sucede ante la falta de planeación de todas las variables citadas? Simplemente hay pérdidas cuantificadas y sin cuantificar que impactan en el servicio, en la supervisión, en la rendición de cuentas de los conductores de los vehículos; en sí, en los objetivos del negocio (Logística y gestión de servicios humanitarios en el sector salud, 2001).

### **Sobre los sistemas de gestión, control y monitoreo**

Las tendencias con sistemas, aplicaciones y herramientas tecnológicas, se encuentran enfocadas a la optimización de recursos, a la sistematización de procesos y a la automatización. A finales del siglo anterior la incorporación de la tecnología tenía como meta las premisas anteriores; sin embargo la madurez de la información, la organización de la misma, la forma en cómo se construyó en las organizaciones, era uno de los primeros obstáculos que se presentaban en la construcción de sistemas de gestión y control.

Con el tiempo, la posibilidad de tener métricas e indicadores al alcance de los distintos servicios; también permitió que la incorporación de políticas y procedimientos en cada uno de los procesos de la industria, lo cual se añadió como elemento necesario para la generación de sistemas con mayor alcance y mayores beneficios para los inversionistas.

A nivel de sistemas de gestión, la optimización de flotas vehiculares, considera hoy líneas claras globales: integralidad y visión macro del negocio, enfoque de servicio, métricas e indicadores cuantitativas, cualitativas y económicas. Por tanto, la percepción de un sistema como solución, dicta que haya un enfoque de planeación holístico, en donde se evalúen condiciones, variables, características, normas, objetivos, metas, presupuesto y riesgos para la



construcción de soluciones tecnológicas; o en su caso, para la toma de decisiones de adquisición de la posible solución.

Según Mozos y Moreno (Optimización de flotas de vehículos, una herramienta para incrementar la eficiencia, 2007): “La optimización de flotas permite incrementar la eficiencia de todos los procesos empresariales en los que participen vehículos. Esta mejora de los procesos se basa en la obtención de información en tiempo real del vehículo y su entorno de trabajo, incluyendo datos como posición, carga, conductor asociado, estado del vehículo y de la vía, meteorología, tráfico, etc., pudiendo utilizar toda esta información para actuar sobre los elementos de la flota, si fuera necesario, incluso de manera inmediata”.

Esta visión, es una generalidad en las distintas implementaciones de sistemas que se encuentran documentadas. Modelos de organizaciones gubernamentales, instituciones sin fines de lucro y por supuesto las empresas e industrias, han apostado por unificar la información de los vehículos que poseen para controlarla de manera eficiente. Hay casos documentados en el transporte público, en el manejo de ambulancias, en el arrendamiento de “activos vehiculares” como prestación de los empleados, y en el monitoreo de flotas vehiculares, por mencionar sólo algunos<sup>3</sup>.

Un factor determinante en el cuidado de la calidad y el control, es que la masificación de negocios del mismo rubro genera una competencia acelerada, obligando a las mismas empresas a acortar brechas tecnológicas e invertir en recursos que permitan ofertar servicios al nivel de la demanda de los clientes.

---

<sup>3</sup> “En un mundo que, cada vez más, exige tener el producto adecuado, en el momento y lugar adecuados, la optimización de flotas adquiere un valor muy importante. Este servicio ayuda a las empresas a cumplir esta demanda al contribuir a una mejora en la relación con el cliente, aumentar su índice de satisfacción y mejorar la gestión del negocio, lo que en muchos casos se traduce tanto en un incremento en el beneficio, como en un aumento de la motivación de los empleados y, por lo tanto, en una mayor eficiencia. Es importante destacar que la optimización de flotas es mucho más que un dispositivo dotado de receptor GPS que nos permite saber la localización de nuestro vehículo o el camino que ha de llevar. La optimización de flotas ofrece una integración de la información sobre la localización y el estado del vehículo (y su mercancía), con los procesos y aplicaciones de negocio. Esto hace que la información recogida se pueda utilizar en las aplicaciones de Enterprise Resource Planning (ERP), Customer Relationship Management (CRM), Enterprise Asset Management (EAM), en sistemas de facturación, etcétera” (*loc. cit.*)



Cabe mencionar, que el elemento a defender en el presente ejercicio, se encuentra enfocado a acercar las condiciones de gestión óptimo; en un contexto donde la inversión para el monitoreo orientado al control vehicular podría ser mínimo, la homogeneidad y síntesis de la información todavía es incipiente, y la tecnología con la que se cuenta no ha sido adquirida para la flota de vehículos, ni para su monitoreo funcional.

¿Cuáles son los beneficios básicos para la empresa ante un sistema o herramienta de monitoreo de flotillas (orientado al control)?

- Reducción de costes, gastos de comunicación, combustible, etc.
- Optimización de las planificaciones (aumento de repartos, disminución de tiempo perdido).
- Aumento de la productividad, en un determinado porcentaje que habrá de comenzar a cuantificarse.
- Evitar la utilización indebida de recursos de la empresa para tareas que nada tienen que ver con el desarrollo normal de la misma.
- Reducción de tiempos de entrega, mejor servicio y asistencia a clientes.
- Control de imprevistos.
- Recuperación de los vehículos frente a un robo, aviso de salidas de zonas arranques no autorizados, entre otros.
- Impacto en flotas más ecológicas, ya que se aprovecha el estilo de conducción y con ello el aprovechamiento adecuado de combustible.
- Localización en caso de accidente de los vehículos.
- Localización de la mercancía.
- Ahorro en mantenimientos, desgaste de piezas, neumáticos, etc.
- Mayor calidad de servicio (González, 2014).

De tal suerte, un sistema que pretenda aportar valor a una organización, parte de los parámetros anteriores para ser validado como factible.



### **Sobre los aspectos técnicos de las aplicaciones y los sistemas de monitoreo vehicular**

El monitoreo es el antecedente del control. La razón de realizar un monitoreo remite al control; por tanto las variables del monitoreo van de la mano de las variables del control. Y la planeación de todo este proceso, deriva en gestionar desde el principio cómo se va construyendo la información que servirá para armar una base de datos con posibilidades al corto, mediano y largo plazo; con relación a la estrategia del negocio.

A nivel técnico, la generación de aplicaciones para subsanar el control vehicular ha tenido un auge a partir del GPS como sistema de localización. Con ello las posibilidades de localización de unidades se incrementaron, además del aprovechamiento de este sistema abierto a la población en general (un aprovechamiento sujeto a la capacidad de programación y a la visión de la empresa).

Las opciones al día, consideran desarrollos a nivel software y hardware. Lo que conlleva a conocer las variables de programación, análisis de rutas y cálculos de variación, *layout* para el aprovechamiento de la base de datos y de la información en general. Así como los dispositivos generadores de información, los ciclos de alimentación, transferencia y salida de información. Aunado a las formas de presentación de los datos, para la toma de decisiones y las condiciones de temporalidad para las mismas (sincrónicas, asincrónicas).

### **b) Evaluación crítica sobre las aplicaciones de gestión, control y monitoreo de flotillas actuales**



De acuerdo a diversos artículos y trabajos de tesis publicados en diversas partes del mundo, la mayor utilidad que se observa para los receptores de GPS, es con el funcionamiento online, aplicado para la localización y monitoreo de vehículos en tiempo real.

Asimismo se ha utilizado en los últimos años para el seguimiento de rutas, ubicación de calles y lugares en mapas georeferenciados de la misma forma en tiempo real.

Una de las mayores aplicaciones que se destacan en el uso de receptores GPS en nuestros días, es como apoyo indiscutible en la localización y recuperación de vehículos robados, según empresas aseguradoras y empresas que ofrecen este tipo de servicios de localización, es muy alta la posibilidad de localizar y recuperar un vehículo robado que cuente con este aditamento. Porque no solamente basta con localizar el vehículo en un mapa georeferenciado, sino que es posible cortar el flujo de combustible para apagarlo, e incluso activar una alarma de forma remota.

Otro tipo de aplicaciones es en la ingeniería civil, para el trazado y la construcción de carreteras, en la agricultura para estudiar las zonas de mayor fertilidad con determinado tipo de planta o vegetal, y asimismo en la biología marina, para estudiar el comportamiento migratorio de algunas especies marinas que quizá se encuentren en peligro de extinción.

El número de aplicaciones para los receptores GPS online va en aumento, al grado de incrustar microchips de forma intracutánea a los seres humanos para tenerlos localizados, sobre todo a personas con cargos políticos de importancia en el mundo. Hoy en día casi todos los teléfonos inteligentes cuentan con un receptor GPS para apoyar el las apps de Android o IOS, que requieran de una georeferencia.



Si bien los sistemas que usan geolocalización van en aumento y tienen mucho auge; es importante mencionar que la aplicación de esta tecnología puede tener algunas variaciones que la determinan como parcialmente exacta, y no como totalmente exacta.

### **Ondas débiles**

Por principio de cuentas los receptores de GPS trabajan con una modulación FM en las bandas L1 y L2 (1572.45 MHz y 1176.42 MHz) del espectro electromagnético, con longitudes de onda de entre 10.93m y 109.3m, lo que tiene como resultado ondas débiles que no son capaces de atravesar techumbres, muros e incluso una densidad de árboles en un bosque. Por tal motivo un receptor GPS, requiere de línea de vista directa con la constelación de satélites en órbita.

### **Infraestructura de datos**

Por otro lado el uso del receptor online, requiere de una infraestructura de datos en tierra como son un proveedor de señal celular, torres de repetición, un paquete de datos disponible para el envío de las coordenadas e incluso una plataforma de mapas georeferenciados que permitan dar el seguimiento a los vehículos monitoreados.

Toda esta infraestructura en tierra es muy costosa, ya que además del costo de los equipos receptores de GPS, se tiene que pagar una renta mensual por cada vehículo que se desea monitorear.

### **Monitoreo offline**

Muy pocos autores tanto de libros, artículos y tesis, abarcan el tema del monitoreo offline, posiblemente porque no es tan vistoso ni atractivo para un



potencial cliente final o una empresa. Sin embargo en el presente trabajo, se intentará demostrar que un monitoreo offline puede ser tan interesante y útil como lo es el monitoreo online bajo algunas circunstancias, y reduciendo sus costos de operación.

### **Soluciones genéricas e ideales**

Las distintas opciones que hay en la actualidad se encuentran basadas en los principios de globalización, cuyo enfoque radica en permear las mejores prácticas en las organizaciones, generalmente procedentes de empresas tipo en otros países, y poco adaptables al modelo de empresa mexicana.

Las empresas mexicanas, suelen tener necesidades de gestión y control muy amplias, incluso más allá de las flotillas en sí. Por lo cual, la tecnología que se ha diseñado en el ideal de empresa, no siempre se encuentra al alcance y en el contexto de la microindustria y la industria pequeña.

Independientemente del costo, la consolidación de la información, los factores de planeación estratégica, la creación de flotas desde una visión de negocios; así como la coordinación administrativa y legal de los vehículos, son problemas comunes a los que las grandes soluciones desean abordar, pero se enfrentan a grandes inconvenientes en los mismos líderes de las organizaciones.

No es casualidad que un porcentaje importante de empresas en este nivel (micro, pequeña y hasta mediana), sean de carácter familiar o asociaciones con amigos, lo cual enrarece la claridad de políticas y procedimientos al interior. Dejando de ser esto una prioridad, y enfocándose a la generación de dinero a través de los bienes o servicios que se provean.

Como se mencionó anteriormente, uno de los antecedentes de la falta de inversión en el control de flotas, proviene de la planeación integral del negocio,



sobretudo de la injerencia de la evaluación financiera del mismo. Siendo en muchas ocasiones, el último eslabón a considerar dentro de los procesos rentables y de prioridad para las organizaciones.

¿Cuál es la consecuencia de esto a nivel tecnológico? Los sistemas, aplicaciones y herramientas nacidas con una visión global y genérica, suelen no concebirse para ser adaptables a sólo ser dispositivos de monitoreo, ya que al ser diseñadas para ejercicios más completos, encarecen su adquisición, perdiendo viabilidad.

Por otra parte, las aplicaciones actuales que se centran en la factibilidad del empleo de Google Maps, y demás funcionalidad de Google; requieren una inversión específica en los datos de navegación, los dispositivos a emplear ya sea para los vehículos o para las personas; así como un experto que integre, opera, administre y de seguimiento a la información, traduciéndola en valor para la empresa.

En este sentido, la propuesta aquí expresada, surge de la necesidad de considerar los factores recurrentes en la microindustria y la pequeña industria para adquirir un software o una solución tecnológica de apoyo para el monitoreo y control básico de flotillas. Se realizó un ejercicio de discriminación del alcance de la propuesta, para poder ser una opción factible y con vistas al retorno de inversión, sin representar un proyecto ambicioso que implicara la madurez de la información, la obligatoriedad de una planeación estratégica y la base del modelo de negocio.

Por el contrario, **MGFLEET** se encuentra trazado de manera tal, que arroje los datos necesarios para el monitoreo vehicular en cuanto a trayectorias, y con ello se disminuyan aspectos clave, que según Mozos y Moreno (2007), son los mínimos necesarios para comenzar a construir un sistema de optimización de recursos.



<b>REDUCCIÓN DE COSTES</b>	Mejora en la gestión de la flota que permite aprovechar vehículos infrautilizados.
<b>MEJORA EN LA CALIDAD DEL SERVICIO</b>	Reacción ante imprevistos de cualquier tipo de manera inmediata para satisfacer al cliente y afianzar su confianza
<b>AHORRO DE TIEMPO</b>	Ahorros gracias a la automatización de la planificación de rutas.
<b>CUMPLIMIENTO DE LAS NORMATIVAS</b>	Los condicionantes introducidos en el sistema son tenidos en cuenta durante la planificación sin posibilidad de error.

Ilustración 1. Principales beneficios de la optimización de flotillas (Mozos, 2007).

Es deseable tener presente que para el éxito de este tipo de proyectos, dependiendo el contexto de las empresas, quizá es necesario estar dispuesto a cambiar los procesos del negocio para poder obtener el máximo beneficio de la optimización de flotas. Ante este tipo de transformaciones, el impacto en los negocios puede ser benéfico, pero sin una gestión adecuada del cambio, también suele ser invasivo.

Por otra parte la información obtenida de los vehículos tiene que ser filtrada y utilizada de forma óptima en los distintos procesos del negocio. El hecho de que sea en tiempo real o no, y de si es mejor una aplicación online u offline, también varía con relación a la capacidad de toma de decisiones ante la información. No tiene sentido recibir información en tiempo real de todo lo que se está llevando a cabo de manera correcta, si no se sabe inmediatamente cuándo hay alguna anomalía o desviación de la planificación (ya que no hubo oportunidad de planeación); o bien, no se sabe qué hacer con la información, volviéndose esta



inútil y acumulativa (Optimización de flotas de vehículos, una herramienta para incrementar la eficiencia, 2007, págs. 124 - 126).

### **c) Conclusiones sobre la problemática actual respecto a los sistemas diseñados para el monitoreo de flotillas**

Los desarrollos en torno a la factibilidad del GPS son diversos, genéricos y se encuentran a disposición de la empresa. Sin embargo, como enfoque SaaS se precisa investigación adicional y una conceptualización sólida del proyecto, en donde se visualicé el valor para un posible cliente, en este caso la micro y pequeña industria.

Como se ha mencionado las variables en la empresa mexicana respecto al monitoreo de flotas parte de síntomas que implican una sana gestión del negocio en general; lo que implica a veces romper con las formas tradicionales de hacer las cosas, planear con enfoques diferentes orientados a la rendición de cuentas, establecer políticas y procedimientos claros, dar seguimiento a las decisiones tomadas, administrar la información, consolidar acciones de la cadena de valor; por supuesto tener un experto en el ámbito tecnológico que acompañe las decisiones y posibilite que la gestión de recursos se realice de manera ordenada, práctica y dinámica.

En este sentido las aplicaciones globales, también tienen su contraparte, y son precisamente los dispositivos y aplicaciones construidos a la medida de la necesidad y contextualización de las empresas. Sobre todo en el rubro de aquellas que por sus condiciones la inversión en el monitoreo y control de flotas no representa una prioridad, pero si un problema.

En sí, el mercado, la competencia y la diversidad que hay tanto de opciones tecnológicas, como de empresas y servicios; posibilita que haya opciones de



adquisición, compra y posicionamiento dirigido a las características de cada industria en particular y los alcances de actuación que se consideren costeables y por supuesto útiles.

#### **d) Discusión sobre la metodología utilizada**

##### **RUP para desarrollo de software**

Revisando las metodologías de proyecto que se han implementado para generar soluciones de gestión, control y monitoreo de flotillas, es coincidente encontrar a la metodología RUP (Rational Unified Process), ya que es un modelo flexible para el desarrollo de software, adaptado a las necesidades con pasos a seguir funcionales y claros para los fines de este trabajo.

##### *Fases genéricas del RUP*

RUP divide el proceso en 4 fases, dentro de las cuales se realizan varias iteraciones en número variable según el proyecto y en las que se hace un mayor o menor hincapié en las distintas actividades.

##### **Inicio**

Esta fase tiene como propósito definir y acordar el alcance del proyecto con los patrocinadores, identificar los riesgos asociados al proyecto, proponer una visión muy general de la arquitectura de software y producir el plan de las fases y el de iteraciones posteriores.

##### **Elaboración**



En la fase de elaboración se seleccionan los casos de uso que permiten definir la arquitectura base del sistema y se desarrollaran en esta fase, se realiza la especificación de los casos de uso seleccionados y el primer análisis del dominio del problema, se diseña la solución preliminar.

### **Construcción**

El propósito de esta fase es completar la funcionalidad del sistema, para ello se deben clarificar los requisitos pendientes, administrar los cambios de acuerdo a las evaluaciones realizados por los usuarios y se realizan las mejoras para el proyecto.

### **Transición**

El propósito de esta fase es asegurar que el software esté disponible para los usuarios finales, ajustar los errores y defectos encontrados en las pruebas de aceptación, capacitar a los usuarios y proveer el soporte técnico necesario. Se debe verificar que el producto cumpla con las especificaciones entregadas por las personas involucradas en el proyecto.

Estos procesos se encuentran documentados en los capítulos finales, en donde se presenta el progreso de la aplicación generada.

La metodología RUP, tiene como fin entregar un producto de software. Estructura todos los procesos y auxilia a medir la eficiencia de la organización. Constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos. Se centra en la producción y mantenimiento de modelos del sistema.



Se decidió emplear porque cuenta con características flexibles al trabajo aquí expuesto; tales como:

- Asignación de tareas
- Implementación de mejores prácticas en Ingeniería de Software
- Administración del proyecto
- Arquitectura de software
- Control de cambios
- Construcción para el hacer basado en problemáticas reales
- Verificación de la calidad del software
- Verificación de la viabilidad (costo – beneficio)

El RUP se encuentra basado en el producto final, por lo tanto está centrado en la arquitectura del sistema y guiado por los casos de uso. El entregable incluye artefactos (que son los productos tangibles del proceso como por ejemplo, el modelo de casos de uso, el código fuente, etc.).



### Dimensiones y fases del RUP

## Dos Dimensiones

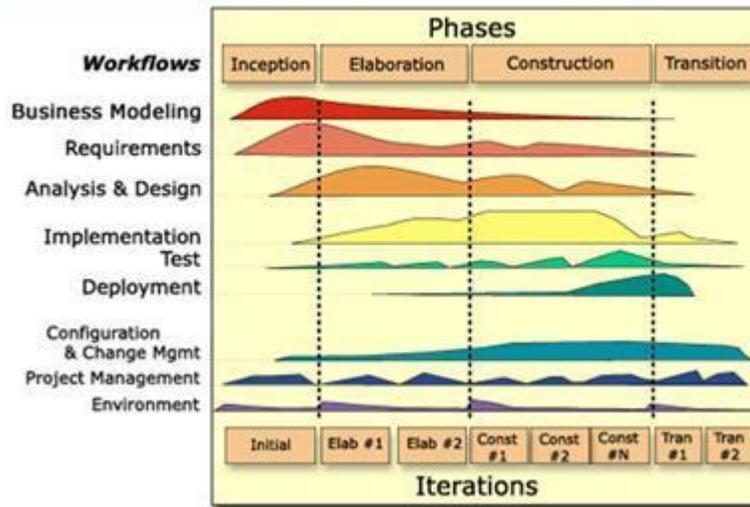


Ilustración 2. Síntesis visual de la metodología RUP.

### Sobre la fase de cierre

El ciclo de vida RUP es una implementación del desarrollo en espiral, organizando las tareas en cuatro fases e iteraciones, las cuales ya citamos. Para efectos del presente documento la fase de cierre no se encuentra considera en tanto cliente comprador, o cliente usuario; ya que la aplicación real, como se mencionó en la introducción está sujeta a su adquisición por parte de una organización.



La metodología RUP tiene 6 principios clave:

**1. Adaptación del proceso.**

El proceso debe adaptarse a las características de la organización para la que se está desarrollando el software.

**2. Balancear prioridades.**

Debe encontrarse un balance que satisfaga a todos los que se encuentran financiando, validando o revisando el proyecto. En este caso, la acción de validación va acompañada de la revisión técnica y aprobación que el proceso de titulación de maestrante exige, y la vinculación de las aprobaciones y ajustes con la realidad en la industria.

**3. Colaboración entre equipos.**

Debe haber una comunicación fluida para coordinar requerimientos, desarrollo, evaluaciones, planes, resultados, entre otros. En este punto, el proyecto es controlado por una persona, si se requiriera un desarrollo para una empresa con cierto alcance y recurso, se trabajaría con la visión de personas – equipos y los roles que plantea la metodología.

**4. Demostrar valor iterativamente:** Los proyectos se entregan, aunque sea de una forma interna, en etapas iteradas. En cada iteración se evaluará la calidad y estabilidad del producto y analizará la opinión y sugerencias de los evaluadores.

**5. Elevar el nivel de abstracción:** Motivar el uso de conceptos reutilizables.

**6. Enfocarse en la calidad:** La calidad del producto debe verificarse en cada aspecto de la producción.



### *Disciplina de desarrollo de RUP*

Determina las etapas a realizar durante el proyecto de creación del software.

- **Ingeniería o modelado del negocio.** Analizar y entender las necesidades del negocio para el cual se está desarrollando el software.
- **Requisitos.** Proveer una base para estimar los costos y tiempo de desarrollo del sistema.
- **Análisis y diseño.** Trasladar los requisitos analizados anteriormente a un sistema automatizado y desarrollar una arquitectura para el sistema.
- **Implementación:** Crear software que se ajuste a la arquitectura diseñada y que tenga el comportamiento deseado.
- **Pruebas:** Asegurarse de que el comportamiento requerido es correcto y que todo lo solicitado está presente.
- **Despliegue:** Producir distribuciones del producto y distribuirlo a los usuarios.

### *Disciplina de soporte RUP*

Determina la documentación que es necesaria realizar durante el proyecto.

- **Configuración y administración del cambio:** Guardar todas las versiones del proyecto.
- **Administración del proyecto:** Administrar los horarios y recursos que se deben de emplear.
- **Ambiente:** Administrar el ambiente de desarrollo del software.
- **Distribución:** Hacer todo lo necesario para la salida del proyecto.

### *Elementos del RUP*

- **Actividades:** Procesos que se han de realizar en cada etapa/iteración.
- **Trabajadores:** Personas involucradas en cada actividad del proyecto.



- **Artefactos:** Herramientas empleadas para el desarrollo del proyecto. Puede ser un documento, un modelo, un elemento del modelo.

El capítulo final, documenta la el proceso de arquitectura con base en esta metodología, a fin de apegarse a una línea estructurada orientada a la calidad del proceso y componentes, como la marcan los sistemas de gestión globales.

#### **Sobre la revisión de la literatura a través de investigación documental**

Al respecto, se realizó una investigación documental exhaustiva aplicando la técnica de análisis micro y macro de la información a nivel de gestión de flotillas, a fin de palpar la necesidad real desde un enfoque holístico, y las posibilidades de hacer correspondiente la solución a las necesidades de la empresa en nuestro país.

La investigación derivo en aspectos que requirieron focalizar el campo de estudio y desarrollo, ya que los sistemas de gestión actuales abarcan una gran cantidad de objetivos, funcionalidades, categorías y tareas a considerar; siendo además que la literatura al respecto se encuentra enfocada a la naturaleza financiera, al aprovechamiento de los recursos y al retorno de inversión.

Digamos que el discurso global basado en parámetros de optimización, sistematización y automatización que se encuentra vigente en todo los desarrollo tecnológicos dirigidos a las empresas; tendría que evaluarse y acotarse al contexto de la empresa en México, principalmente la micro y pequeña industria.

Revisando la situación actual, se abordó información del desarrollo y estatus de las organizaciones según el INEGI, en cuanto a planeación de recursos y aspectos enfocados a la gestión, el control y el monitoreo. Lo anterior, fue el



antecedente para tomar factores claros del alcance de esta propuesta en la viabilidad, los elementos posibles para la optimización, y la inversión factible.

Acotando a **MGFLEET**, a una aplicación de escritorio offline que pudiese monitorear la trayectoria de una flota vehicular basándose en Google Maps y en un dispositivo GPS, capaz de traducir los mínimos básicos de información para monitorear los vehículos. Pensando además en la posibilidad de comercializarlo como SaaS, la investigación también permite dirigir la oferta de indicadores para el posible cliente a sólo los siguientes: ruta, tiempo, desgaste vehicular, servicio y consumo de combustible.

En este sentido la revisión de literatura, permitió conocer la problemática del monitoreo vehicular orientado al control desde distintos enfoques; así como las causas, consecuencias y aplicaciones actuales de los sistemas de monitoreo, desde los ámbitos de las aseguradoras, hasta la protección civil. La información recopilada, además de permitir acotar el objeto de estudio, también proporciona datos consistentes para el futuro, en el cual se puede considerar la comercialización de la aplicación aquí presentada, o la extensión del alcance de su usabilidad y funcionalidad.



### e) Sobre las fuentes y medios para el acopio de material

Se emplearon documentos publicados en revistas científicas y libros base para la investigación documental. Tomando de referencia aquellos ingenieros que han decidido documentar los ejercicios realizados a nivel software y hardware para la gestión de flotillas.

Curiosamente la literatura científica se encuentra centrada en mayor porcentaje en casos de aplicación específica sobre determinadas problemáticas. Siendo los problemas de mayor injerencia los del sector gubernamental, tales como organización funcional de transporte público, optimización de flotas para manejo de emergencias, regulación del transporte para la sustentabilidad y cuidado del medio ambiente, regulación de flotas para el aprovechamiento de horarios y la disminución del tránsito vehicular, por mencionar algunas.

Por otra parte los documentos revisados para el fundamento teórico se abordaron como tarea documental de recoger la información histórica y teórica que soporta los sistemas, aplicaciones y herramientas de monitoreo y control vehicular basados en GPS. Encontrando también distintas metodológicas matemáticas para el cálculo de trayectorias; así como semántica ya trabajada en publicaciones de otros autores con relación a las problemáticas vehiculares y manejo de rutas.

En tanto a los ejercicios offline, similares al que aquí se plantean las fuentes no revelan un trabajo documental (al menos) de aplicaciones con características cercanas a las descritas para **MGFLEET**. Resolviendo que al día de hoy, son muy pocas las empresas que usan la configuración offline con *data logger* para resolver algún problema planteado. Solamente se ha observado en una empresa de autobuses de pasajeros, un esquema parecido, donde se



monitoreaba si el autobús realizaba paradas intermedias, si abría las puertas o si permanecía detenido por un periodo largo de tiempo.

Los medios revisados se enfocan a aplicaciones online, dada la utilidad de los dispositivos móviles, y la expectativa de empleo de toda la información generada a partir de una ruta real.



## CAPÍTULO 3: MARCO DE INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL SOBRE EL MONITOREO VEHICULAR

“Dentro de un sistema de producción, el problema de gestión del transporte (planeación y enrutamiento) es importante tanto al momento del diseño (i.e. determinación del número de vehículos) como durante toda la vida productiva del mismo (gestión y optimización global)” (Montoya, 2003, pág. 88). Existen en el mercado sistemas que unificados logran una gestión de carácter integral en el negocio, incluyendo la flota vehicular; cabe subrayar que estos sistemas previamente diseñados y acompañados de marcas globales suelen encarecer las soluciones para la industria y sus métodos de control.

Para los alcances del presente trabajo, se realizó una investigación amplia de las aplicaciones para el monitoreo y control de flotillas y su eficacia. Esto, con la finalidad de reconocer el impacto actual en el mundo y la vigencia de la solución que aquí se incluye. Dicho ejercicio se expresa en síntesis a continuación, previo a abordar los aspectos tecnológicos que determinan a **MGFLEET**, como prueba de validez de la revisión literaria necesaria para la construcción de soluciones tecnológicas funcionales.

Al momento de decidir la distribución en planta, las reglas de planeación del transporte de materiales, al igual que el enrutamiento de los vehículos, deben ayudar al sistema de control a tomar decisiones de forma dinámica. Por otra parte, durante la vida útil de la empresa, el sistema de gestión del transporte debe igualmente contribuir a la optimización de los índices globales de evaluación del sistema en general, no sólo a los aspectos que determinan la flota en particular (*loc. cit.*).



El problema de planeación y enrutamiento de vehículos en los sistemas de producción (*vehicle scheduling and routing problem*, VSRP) puede ser considerado como una variante del *vehicle routing problema*, (VRP). El monitoreo de rutas se realiza a través de cálculos de las mismas, así como de la consideración de factores base, como velocidad, tiempo de respuesta, caminos y condiciones, tecnología a emplear.

### **Un panorama general del VSRP**

Los avances en investigación y técnicas de cálculos para enrutamiento, distinguen con claridad el alcance de un software de acuerdo a niveles de monitoreo, control y gestión; en donde los cálculos matemáticos tienen una gran influencia y son los que ayudan a estimar las determinantes entre puntos de salida, vértices, puntos de llegada (clientes), tiempo y rendimiento.

Las problemáticas relacionadas con el monitoreo de ruta manual, la variabilidad de la velocidad, registro de avances y servicio sólo por vía telefónica o hasta el regreso del vehículo a las instalaciones, así como la baja productividad del personal; son factores que han derivado en el planteamiento de soluciones que puedan subsanar de manera efectiva tales efectos.

Las soluciones se enfocan en:

- ✓ Gestionar indicadores para toma de decisiones.
- ✓ Controlar velocidad de desplazamiento de vehículos.
- ✓ Controlar zonas de movilización.
- ✓ Supervisar registros de conductores, vehículos, sucursales, entre otros.



Los casos de uso o funcionalidades básicas<sup>4</sup> (a nivel tareas) que se suelen encontrar en la mayoría de las soluciones de gestión de flotas son las siguientes:

- “Seguimiento de los vehículos sobre un mapa.
- Visualización sobre un mapa de la ruta seguida por un vehículo.
- Informes de la ruta seguida por los vehículos, incluyendo paradas, entradas y salidas de áreas predefinidas, distancia recorrida y horas de funcionamiento” (Mozos, 2007, pág. 124).

La ilustración siguiente, muestra de manera esquemática las relaciones de información que se encuentran consideradas en la generación de un sistema de monitoreo vehicular, sea este una aplicación, un software o una solución integral. Como puede observarse los componentes de un planteamiento de monitoreo y control, no están enfocados sólo al aspecto tecnológico, en sí la tecnología es el recurso para alcanzar un objetivo.

---

<sup>4</sup> “A continuación se describen algunas de las soluciones más importantes según el tipo de sectores a los que se dirigen: Leasing. Para las compañías de leasing es importante obtener el mayor valor residual de sus vehículos, para lo que es vital un correcto mantenimiento del mismo. Una manera de conseguirlo es disponer de un sistema en el que sea el propio vehículo el que avise de cuando ha de llevarse a cabo una revisión y lo notifique de forma remota a la compañía de leasing. Si a la empresa le consta que el vehículo no ha sido revisado, puede avisar al portador del contrato de leasing de este hecho y en su caso penalizarlo, consiguiendo de esta manera que el vehículo sea revisado adecuadamente. Seguros. El negocio de los seguros se está reinventando a sí mismo con el uso de la monitorización en los vehículos asegurados. Hay un nuevo sistema basado en la monitorización que ha sido denominado "Pay as you drive", pensado para el usuario esporádico del automóvil al que no le compensa pagar por una póliza de seguro convencional, sino por otra modalidad en la que pagaría el seguro del coche sólo cuando lo utilizara. Se trata de seguros personalizados que se basan en la monitorización remota del uso que se hace del automóvil por parte de la empresa de seguros. Servicios de emergencia y seguridad. Para este tipo de empresas el factor más importante es el tiempo. Reaccionar con rapidez es clave para su actividad. En este sentido, la optimización de flotas permite localizar el vehículo con la ubicación más cercana a donde ha surgido la emergencia y calcular en tiempo real la ruta óptima para llegar al lugar. (Mozos, 2007, págs. 122 - 123).



La consideración de todos los componentes en la planeación son los que garantizan el éxito del sistema, así como sus limitantes<sup>5</sup>.

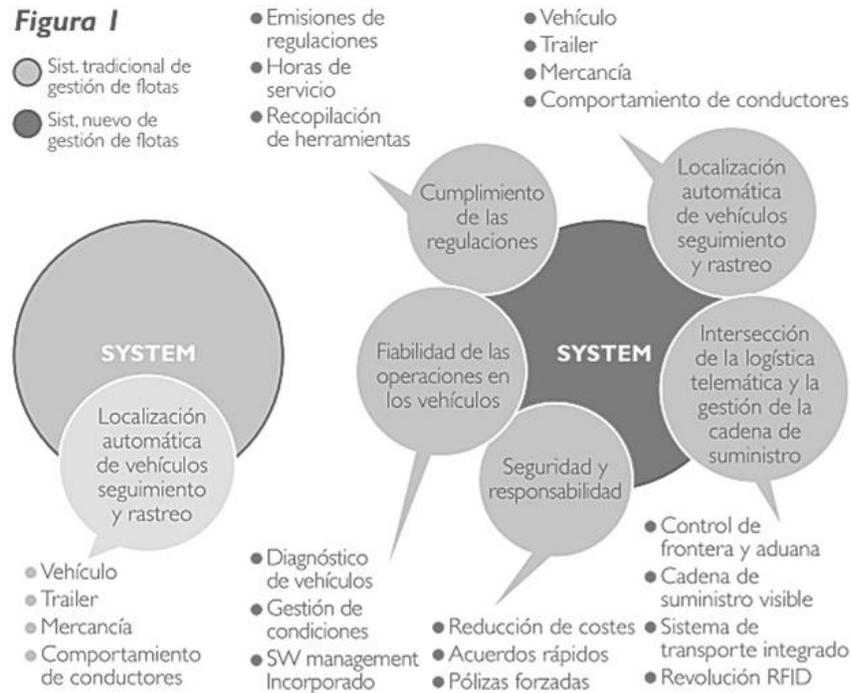


Ilustración 3. Optimización de flotas de vehículos (Mozos, 2007, pág. 120).

<sup>5</sup> Además, en ciudades con un servicio inteligente de señales de tráfico, los vehículos que incorporen soluciones de optimización de flotas pueden conectar con este servicio y conseguir que los semáforos den prioridad a los vehículos de emergencia para que lleguen de la manera más rápida posible. Transporte de larga distancia. En este tipo de transportes la rapidez no es el factor de mayor importancia, sin embargo la seguridad hay que tenerla muy en cuenta. Con una solución de optimización de flotas podemos tener seguridad sobre la carga, principalmente frente a robos. Un sistema de este tipo es capaz de detectar si el camión ha hecho una parada no planificada o si la puerta del camión ha sido abierta cuando no correspondía, mandando una señal de aviso al sistema central. Puede ayudar también a incrementar la seguridad del conductor, al tener un control más preciso sobre las horas al volante, la velocidad a la que se conduce, información a tiempo real del estado de la carretera, sugiriendo rutas alternativas” (Mozos, 2007, págs. 122 - 123).



## **Consideraciones básicas en las aplicaciones de monitoreo vehicular**

La revisión de las aplicaciones al día de hoy, así como de los estudios que justifican la generación de distintos tipos de software y hardware dedicados a la gestión, control y monitoreo vehicular a nivel de rutas de desplazamiento; se encuentran basados en diagnósticos situacionales que arrojan las consideraciones detalladas a continuación.

**Planeación de la flota.** Son los aspectos de usabilidad y funcionalidad que se planean para la flota en sí misma. El modelo empresarial para la flota, sumando al modelo de negocio. Cómo se constituye, si hay separación de vehículos tipo para determinado servicio, si se pretende una clasificación, la categorización, viabilidad de uso de vehículos dependiendo el servicio o el objetivo de empleo de estos. Incluye el diseño de la flota y su modelo operativo.

**Control administrativo y legal.** Son los aspectos administrativos que permiten el funcionamiento de las unidades en aspectos legales y de movimiento. Documentación, trámites, mantenimiento, condiciones, promedio de vida, usabilidad y funcionalidad de los mismos.

**Cadena de valor.** Conocimiento del enfoque productivo de la flota al nivel del negocio, para entender qué eslabón se juega en la cadena de valor, reconocer las actividades previas y posteriores a realizar; así como la importancia del servicio que se realiza con cada vehículo, apuntado a la salud financiera de la industria que emplea la flota.



**Elección de factores de monitoreo y control.** El control es un elemento regulador, que está condicionado por factores específicos para el modelo de negocio. Para los modelos de optimización hay subsistemas de producción y control, cuyo objetivo es gerenciar las rutas a un nivel costos. Las rutas de la empresa deben ser entendidas como operaciones del negocio sobre las cuales se efectúan procesos comerciales que requieren una regulación. La elección de factores para efectos de **MGFLEET** se presenta en la siguiente sección.

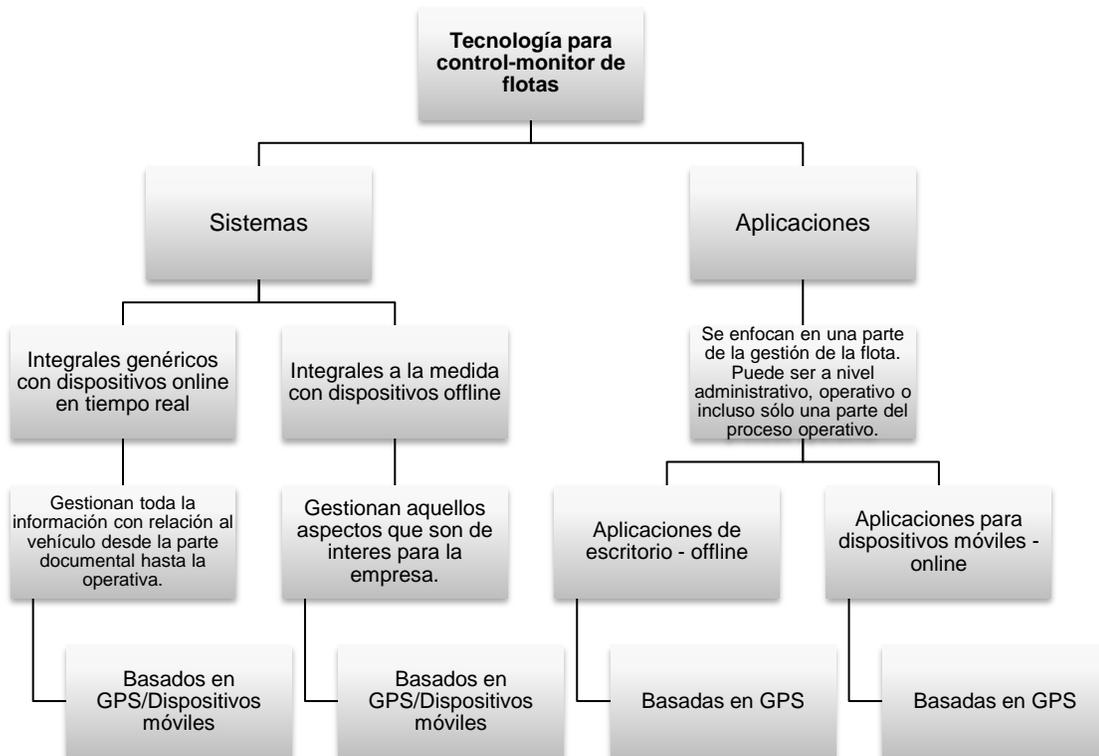
**Socio tecnológico.** Cuya responsabilidad implica realizar un análisis de la problemática y del alcance de la solución para combinar las necesidades de la empresa con la funcionalidad de su flota vehicular, con las acciones de cálculos de tareas y actividades de construcción de un sistema, aplicación, o herramienta que permita la gestión de los vehículos de forma dinámica, práctica y resuelta a los objetivos planteados.

**Indicadores de gestión financiera.** La empresa deberá desarrollar las categorías de eficiencia y sostenibilidad del negocio, de manera que cualquier inversión tecnológica tenga justificación. Para ello se trazan aspectos como:

- ✓ Utilidad operativa por ruta.
- ✓ Costos operativos sobre ingresos.
- ✓ Costos administrativos sobre ingresos.
- ✓ Costos promedio por kilómetro recorrido.
- ✓ Flujo de efectivo.
- ✓ Ingreso promedio por vehículo.
- ✓ Retorno de inversión (Moncada, 2005).



Asimismo, hay una clasificación de las soluciones a nivel tecnológico que derivan del alcance mismo de la inversión.



El alcance de las soluciones va directamente relacionado con la inversión que se plantee realizar. Cabe decir, que todas se encuentran basadas en el Sistema de Posicionamiento Global o GPS.

Hasta aquí, hemos realizado un recorrido general por el monitoreo vehicular a manera de dirigir el marco teórico; sin embargo el enfoque pragmático del presente trabajo, obliga su dirección a la materia tecnológica, para lo cual a continuación revisaremos lo que compete a los aspectos tecnológicos que



determinan a **MGFLEET** (GPS, teoría básica sobre rutas y categorías de medición para la optimización).

### **GPS o Sistema de Posicionamiento Global**

Durante las primeras décadas del siglo pasado, el descubrimiento de las ondas de radio permitió que se potencializarán las telecomunicaciones. Su posterior aplicación en la navegación aumentó la fiabilidad de los cronómetros; aunado a ello la radiodifusión de señales horarias propició que los relojes de los barcos se ajustaran periódicamente a una hora exacta tomando como referencia la hora del meridiano de Greenwich (GMT) (Antichán, 2009, pág. 58).

Anterior a ello, se utilizaron otros sistemas de navegación y posicionamiento que se encontraban fundamentados sobre la técnica de recepción de señales de radio, en donde se aplicaban el principio matemático de la triangulación. Con ello, se logró determinar la posición de un barco o un avión sin necesidad de conocer la distancia que los separaba de otros puntos de referencia.

Fue durante la Segunda Guerra Mundial cuando basados en las señales de radio, se desarrollaron dispositivos tales como:

El radiogoniómetro, el radiofaro direccional, las radio balizas y el loran. El radiogoniómetro fue el pionero en cuanto a sistemas utilizados de forma generalizada como ayuda a la navegación. Sabemos que las aplicaciones de sistemas satelitales se han hecho muy populares, como por ejemplo el GPS, la cual es empleada hoy en día en contextos lejanos a su origen militar (*Ibidem*, pág. 59).

Es aproximadamente en 1982 cuando se realiza el primer prototipo de GPS Macrometer, el cual tiene campos variados de aplicación en la actualidad, tanto en sistemas de ayuda de navegación, “como en la modelización del espacio atmosférico y terrestre, o en aplicaciones con requerimientos de alta precisión en la medida del tiempo” (*loc. cit*).



Los receptores GPS han evolucionado tanto, que están preparados para determinar con un margen mínimo de error la latitud, longitud y altura desde cualquier punto de la tierra. Adicionalmente suelen trazar en mapas la trayectoria recorridas en tiempo real, y dejar el trazo y testimonio de los lugares en donde se realizó alguna parada o actividad; así como el tiempo de la misma.

### **Banda L y Banda S**

Los satélites GPS, proveen señales moduladas por CDMA, en el rango de los (1575.42MHz - 1227.6MHz), sin embargo, la banda de trabajo del sistema satelital es la banda L (L1, L2, y L5).

Es frecuente que se emplee otra banda, denominada S, la cual trabaja en el rango de 2 a 4GHz, que permite el intercambio de información con las estaciones terrestres.



<b>Banda</b>	<b>Rango de frecuencias</b>	<b>Origen del nombre</b>
Banda HF	3 a 30 MHz	High (alta) Frecuencia
Banda VHF	30 a 300 MHz	Very (Muy) High (alta) Frecuencia
Banda UHF	300 a 1000 MHz	Ultra High (alta) Frecuencia
<i>Banda L</i>	<b>1 a 2 GHz</b>	<b><i>Onda Larga</i></b>
<i>Banda S</i>	<b>2 a 4 GHz</b>	<b><i>Onda corta (Short en inglés)</i></b>
Banda C	4 a 8 GHz	C compromiso entre S y X
Banda X	8 a 12 GHz	Utilizada en la Segunda Guerra Mundial para sistemas de apuntamiento militar, la X provendría de la retícula utilizada para apuntar
Ku band	12 a 18 GHz	Kurz-under (bajo)
Banda K	18 a 27 GHz	Del alemán Kurz (corto)
Banda Ka	27 a 40 GHz	Kurz-above (sobre)
Banda V	40 a 75 GHz	
Banda W	75 a 110 GHz	W sigue a V en el alfabeto
Onda mm	110 a 300 GHz	

Tabla 1. Sobre bandas para frecuencias.



La razón de utilizar la banda L como banda base para el sistema GPS, es porque las señales que emite son de onda larga, lo que permite que las señales puedan viajar una mayor distancia con una menor potencia de transmisión. Los inconvenientes que presentan las señales de este tipo, se relacionan con la incapacidad de atravesar muros, y la poca cantidad de información que pueden transmitir.

### **Modulación**

La modulación es el proceso electrónico por el cual dos señales de diferentes frecuencias se combinan para poder enviar un mensaje a mayor distancia. A la señal que lleva el mensaje se le llama señal moduladora, que normalmente es de una frecuencia considerablemente menor a la otra señal. A la señal que sirve como transporte de la señal moduladora se le llama portadora y por su frecuencia mayor, es capaz de viajar a una mayor distancia.

Por lo tanto para modular la señal de GPS, 1575.42MHz - 1227.6MHz (Moduladora), se requiere una señal de mayor frecuencia (Portadora), que en este caso es la señal de la banda L, 1 - 2 GHz.

La señal GPS, requiere ser modulada, ya que como se explicó, debe recorrer más de 20,000km hasta los equipos receptores y sin ayuda de una modulación sería prácticamente imposible.

El método de modulación es CDMA (Acceso múltiple por división de código), y se usa para multiplexar diferentes señales a través de un único medio con diferentes códigos.

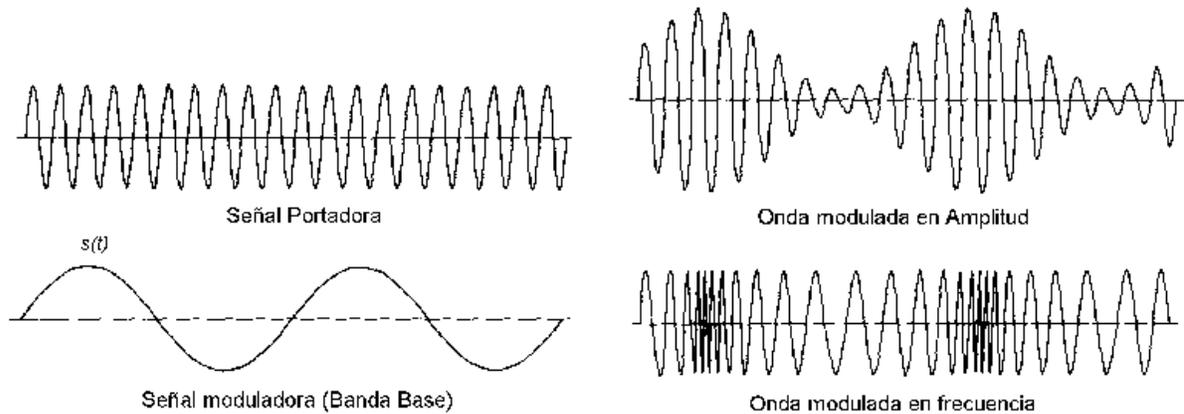


Ilustración 4. Señal GPS y modulaciones.

### Funcionamiento de los receptores GPS

Las señales que entregan los satélites de la constelación, están disponibles de forma gratuita para ser recibidas por cualquier equipo receptor GPS alrededor del mundo. Cuando un receptor de señal GPS realiza una petición al sistema, un arreglo de hasta cuatro satélites traza polígonos imaginarios entre una estación base de referencia y el receptor que es el punto que se desea localizar, haciendo los cálculos correspondientes de las distancias, que generarán finalmente la posición del receptor en coordenadas.

Si sólo se dispone de tres satélites en la zona del receptor, se podría obtener una localización 2D (longitud, latitud y desplazamiento), sin embargo, si se alcanza la señal de cuatro satélites, se obtendría una localización 3D (longitud, latitud, desplazamiento y altitud). Una vez que se logra localizar el receptor, se pueden obtener otro tipo de datos como el tiempo de recorrido, la distancia recorrida, la velocidad de desplazamiento, la hora de la red, entre otros.



El principio de funcionamiento de los receptores GPS, según Martínez (2004), citado en Antichán (Posicionamiento global aplicado al tráfico inteligente para organismos de emergencia, 2009, pág. 59), se define como sigue:

“En primer lugar, cuando el receptor detecta el primer satélite se genera una esfera virtual, cuyo centro es el propio satélite. El radio de la esfera, es decir, la distancia que existe desde su centro hasta la superficie, será la misma que separa el satélite receptor. Éste último asume entonces que se encuentra situado en un punto cualquiera de la superficie de la esfera, que aún no puede precisar. Seguidamente, al calcular la distancia hasta un segundo satélite, se genera otra esfera virtual. Una esfera se superpone a esta otra y se crea un anillo imaginario que pasa por los dos puntos donde se interceptaban ambas esferas”.

Cabe decir, que esta explicación, sólo observa 2 esferas, pero hay una tercera esfera virtual. La cual se genera con un extremo del anillo anteriormente creado en un punto en el espacio y con el otro extremo en la superficie de la Tierra. ¿Qué hace el receptor? Discrimina como ubicación el punto situado en el espacio utilizando recursos matemáticos para el posicionamiento.

Finalmente, el receptor muestra en su pantalla las coordenadas de su posición. Esto es, la latitud y la longitud, detectando la altura a la que se encuentra situado el receptor GPS respecto al nivel del mar, y midiendo la distancia que lo separa del satélite, generando otra esfera virtual para lograr esa medición.

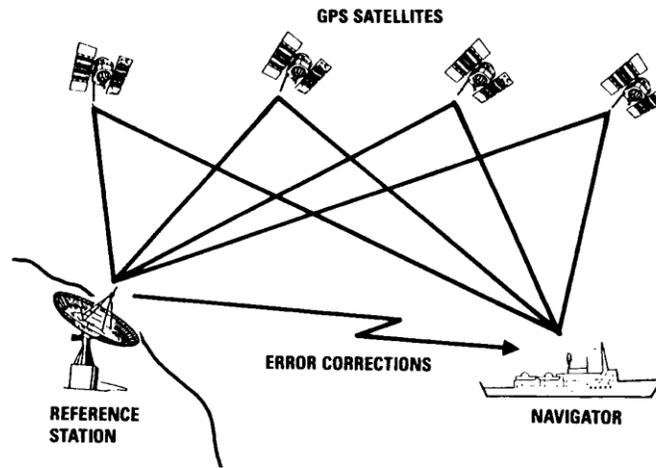


Ilustración 5. Principio de funcionamiento de receptores GPS.

Con la tecnología GPS, es posible determinar exactamente la localización del usuario. Se ha masificado su uso porque puede emplearse para el uso público en general independientemente de la comercialización con la que se piense emplear este recurso. Cabe decir, que uno de los impactos de esta masificación es precisamente el abaratamiento de costos, y la necesidad de que haya acceso a la tecnología para rastreo casi a la medida de las necesidades.



## Receptores GPS

Actualmente existe una gran variedad de receptores GPS, para diversas aplicaciones, desde los que van embebidos en los celulares o relojes, hasta los equipos de navegación que cuentan con mapas georeferenciados.

Los receptores de GPS usados para el seguimiento de rutas o identificación de calles y avenidas, vienen acompañados de mapas georeferenciados, los cuales ayudan a identificar fácilmente los puntos correspondientes a las coordenadas entregadas por el sistema GPS.



Ilustración 6. Ejemplos de receptores GPS.

## Mapa Georeferenciado

Los mapas georeferenciados, son mapas geográficos a los cuales se les ha aplicado un tratamiento de referenciación geoespacial, con ayuda del sistema GPS. Es decir que por cada pixel o unidad de medida del mapa geográfico, se asigna una coordenada real, lo cual permite tener mapas de ciudades enteras; ya georeferenciados a nivel de calle e incluso de inmuebles, para su ubicación con un muy aceptable grado de confiabilidad.



# MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES MGFLEET, PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MONITOREO DE FLOTAS, BASADO EN GPS.

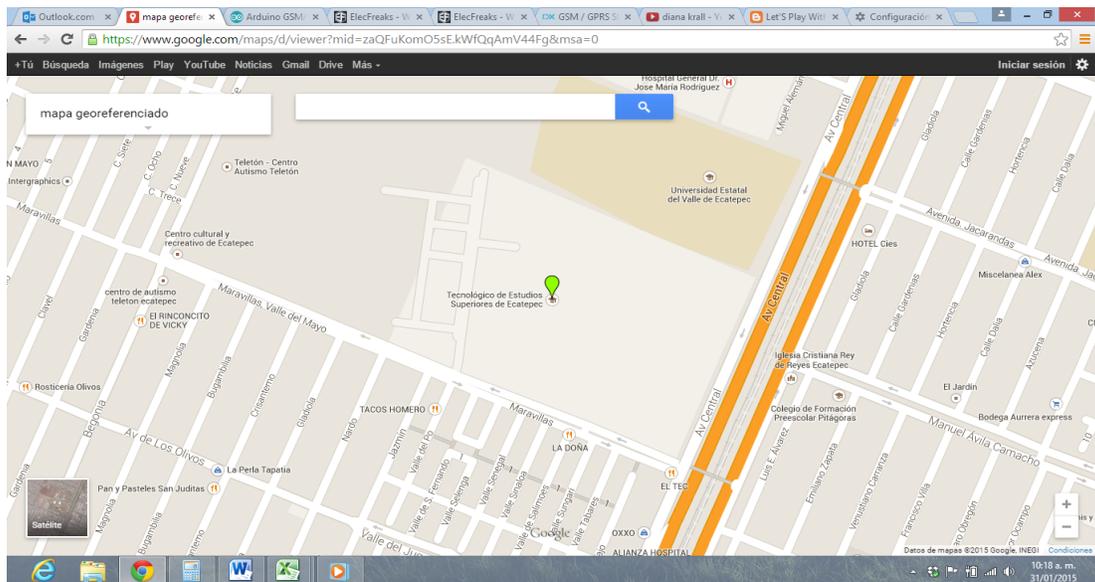


Ilustración 7. Mapa georeferenciado.

## Sobre la precisión del rastreo

Originalmente la aplicación, no requería de alta precisión, ya que se consideró suficiente localizar la zona aproximada en donde se encontraban los datos. Sin embargo, conforme fue revisándose la capacidad y detallando el alcance de se completó su funcionalidad. Por lo que fue necesario trabajar por la disminución del error de localización que en un inicio se estimaba en cientos de metros. Al perfeccionar el sistema se logró una precisión de incluso centímetros en equipos de rastreo GPS muy sofisticados.

## Otros sistemas de geolocalización

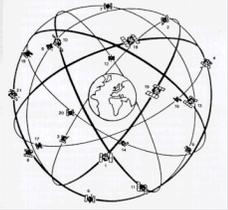
La Unión Europea (UE) cuenta con su propio sistema de navegación global por satélite denominado Galileo. Galileo está programado para ser un sistema civil, que es operado por un concesionario Galileo comercial.



De forma similar, la federación Rusa, cuenta con su propio sistema de posicionamiento global, denominado Glonass (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistem*), el cual de forma similar al sistema GPS, ofrece servicios de geolocalización a la comunidad civil sobre todo en la región de Europa Oriental.

### Comparativo entre los Sistemas de Geoposicionamiento

Constelación	GPS	Galileo	Glonass
Total de Satélites	24 + 3	24	27 + 3
Periodo Orbital	12 horas	11hrs 15min	14hrs 22min
Planos Orbitales	6	3	3
Altura de Orbita (km)	20,200	19,100	23,616
Satélites por plano	4	8	10
Inclinación	55	64.8	56
Separación entre orbitas	60	120	120
Frecuencia	1575.42MHz - 1227.6MHz	1246 MHz - 1257 MHz 1602 MHz - 1616 MHz	1164 MHz - 1300 MHz 1559 MHz - 1591 MHz
Modulación	CDMA	FDMA	CDMA



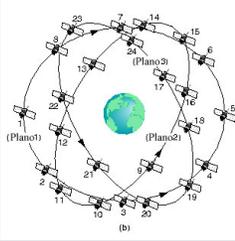


Tabla 2. Comparativo entre los Sistemas de Geoposicionamiento.



## Planteamiento de uso de GPS

A continuación se plantea un esquema de uso del sistema GPS que se implementó en este proyecto. **MGFLEET**, es una aplicación que se conforma de un sistema Data Logger para funcionar de manera offline.

El planteamiento implica colocar un receptor GPS dentro de un vehículo, el cual está interconectado con una memoria SD, la cual realizará la función data logger (almacenamiento de datos). Ambos dispositivos estarán gobernados por un sistema mínimo que usa en su núcleo un microcontrolador, el cual dará las pautas y controles para los tiempos de poleo al satélite y de escritura a la memoria.

Los datos de cada registro (latitud, longitud, altitud, velocidad, hora y fecha), tienen una extensión mínima, lo que nos permite en caso requerido, almacenar registros incluso de varias semanas.

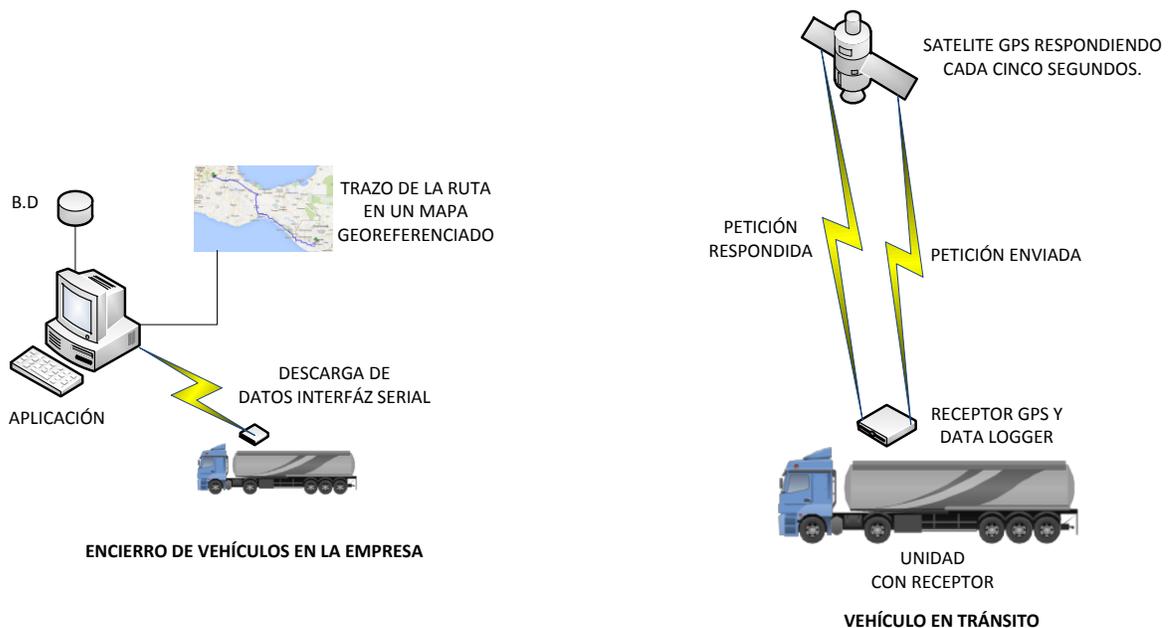


Ilustración 8. Propuesta de conceptualización del receptor GPS.



En la tabla que sigue, se muestra un ejemplo de los registros obtenidos por el receptor GPS, y que se envían a la memoria SD.

INDEX	DATE	TIME	LATITUDE	N/S	LONGITUD E	E/W	HEIGHT(m)	SPEED(km/h )
84	13/06/201	23:36:18	19.520643	N	-	W	2232.052	20.253
	0				99.055689			
85	13/06/201	23:36:19	19.520594	N	-	W	2232.143	20.796
	0				99.055711			
86	13/06/201	23:36:20	19.520545	N	-	W	2232.158	21.182
	0				99.055731			
87	13/06/201	23:36:21	19.520495	N	-	W	2231.78	21.691
	0				99.055754			

Tabla 3. Datos obtenidos del receptor, layout básico.

El dispositivo receptor GPS, que será empleado en este proyecto es el Ublox NEO 6-M, del cual se anexa la hoja de especificaciones en el anexo de este documento.

### Teoría sobre monitoreo de rutas

Esta sección es un antecedente teórico para la consideración de los aspectos de programación que se requieren considerar para el análisis de trayectorias que se lleven a cabo a través de los vehículos de las flotas vehiculares. Se encuentra basado en una revisión de los métodos de trabajo comparativo para conocer si una trayectoria es ideal o no; o bien, si se lograron cumplir los requisitos de eficiencia esperada del vehículo.



Se distinguen 3 tipos de ruta, según la literatura revisada: ruta potencial, ruta posible, ruta real. Las cuales se definen a continuación:

- **Ruta potencial.** Se establece la trayectoria a seguir de acuerdo al GPS y a la petición de servicio a realizar. En ella se planifican los trayectos en latitud, longitud, tiempo, más funcionales con la finalidad de optimizar recursos, eficientar traslados y lograr los servicios esperados.
- **Ruta posible.** Es la diferencia que hay entre la planeación ideal y los posibles imponderables en tiempo con relación a aspectos que salen del control de un conductor y de los sistemas en general. Es decir, lo que no se puede planear, los espacios en donde puede fallar la funcionalidad del localizador, y el margen de error posible. A este efecto, generalmente la planeación en tiempos y compromisos de entrega o servicio, no deben realizarse de manera justa (aunque el enfoque financiero manda que nada sobre y nada falte); buscando así no tener una respuesta reactiva, sino una anticipada.

Suele aplicarse esta conceptualización, cuando se trabaja con tecnología SaaS, que manda la consideración de tiempos más efectivos y preventivos para mantener la experiencia del usuario en un nivel alto de satisfacción.

A pesar del monitoreo, el control de tiempos de servicio acompañado del monitoreo de las flotas es fundamental para considerar que un sistema es funcional; incluso sabiendo que hay factores externos (manifestaciones, accidentes, sustracción de unidades, tránsito de flujo lento) que influyen en el cumplimiento.

- **Ruta real.** Como su nombre lo expresa, es el resultado final del monitoreo real al término de un recorrido, en el que se establece una comparación de la expectativa inicial (la planeación), con el comportamiento del vehículo en trayectoria, tiempo, destinos.



La ruta real permite realizar el análisis de eficiencia esperado al nivel de optimización de recursos. Gracias a este rubro, se crean modelos de negocio a partir de la gestión de flotas, de manera que los resultados de esta construcción sean alcanzables y de amplio beneficio para las empresas.

Según Posada y Rodrigo (Búsqueda tabú para el ruteo de vehículos, 2012, pág. 30), “el diseño de rutas eficientes para vehículos comerciales es de vital importancia en los sectores de transporte y logística”. Esto significa que las compañías que controlan una flota de vehículos para servir a sus clientes se enfrentan con el problema del diseño de rutas con relativa frecuencia.

En el día a día, las rutas se diseñan con distintos objetivos en mente. “El objetivo más común es la minimización de la distancia recorrida por los vehículos. Un segundo objetivo es la minimización del tiempo utilizado por los vehículos. En la práctica se asume que distancia y tiempo están correlacionados y la optimización de uno lleva a la optimización del otro” (*loc. cit*). Debido a su importancia, el ruteo de vehículos es uno de los problemas más estudiados en la literatura especializada, sobre todo cuando es un problema táctico que se presenta con frecuencia.

#### **Variables de monitoreo base para la optimización**

Cuando se incorporan avances tecnológicos a los sistemas existentes, en ocasiones se considera a priori que el desempeño mejora, pero esto sólo es válido si se conoce la manera de evaluar ese desempeño. Si bien es cierto que todo lo hasta aquí planteado está dirigido al objetivo de optimizar, es importante tener claro los mínimos a considerar para realizar una evaluación directa de la solución presentada.



En esa línea, se tomaron como base aspectos de ruta, tiempo, desgaste vehicular, calidad en el servicio y consumo de combustible. Aspectos de los cuales se tendrá que obtener un registro previo a la implementación de **MGFLEET**; para generar una base comparativa de los resultados obtenidos a un mes, en periodos trimestrales y anuales.

Recordemos que las soluciones que no son medibles, se quedan en proyectos ideales de mejora. Desde el punto de vista de un SaaS, un beneficio que debe ser palpable para un prospecto a cliente se debe presentar en números, costos e impacto financiero comprobable, por lo tanto el ejercicio a realizar requiere de la diferencia establecida en al menos estos aspectos, para verificar la viabilidad o no de la aplicación.



## CAPÍTULO 4. ANÁLISIS MATEMÁTICO

Este capítulo se presenta a los cálculos matemáticos que fundamentan el proyecto, el cual requiere de deducciones como la distancia entre dos puntos, sobre la superficie terrestre. Tales cálculos no se obtienen de igual manera que sobre un plano, aunque se pudieran hacer ciertas consideraciones cuando la distancia calculada entre dos puntos es demasiado pequeña como para despreciar la curvatura de la tierra.

Se propone un modelo matemático para el VSRP, en el cual se pretende, a la vez, optimizar el rendimiento del sistema, considerando además cálculos adicionales como el número de unidades terminadas por unidad de tiempo, y minimizar la distancia total recorrida por cada vehículo. Cabe citar que el modelo propuesto no es único, puesto que dependiendo de la aplicación, la función objetivo y las restricciones pueden cambiar. Modelos correspondientes a otras funciones objetivo con restricciones similares a las expuestas son fáciles de obtener para sistemas de aplicación reales:

En el artículo Planeación del transporte y enrutamiento de vehículos en sistemas de producción, se abordan los “diversos modelos para aplicaciones específicas y configuraciones particulares de red (Tanchoco y Sinriech, 1992; Lin y Dgen, 1994; Sinriech y Tanchoco, 1994). De su parte, Hsu y Huang (1994; Huang y Hsu, 1994) presentan la complejidad computacional en tiempo y espacio para las operaciones del enrutamiento de vehículos en varias configuraciones bidireccionales específicas. Los límites superiores de complejidad en tiempo y espacio son  $\Theta(n^2)$  y  $\Theta(n^3)$ , respectivamente, donde  $n$  es el número de nodos en la red. Sin embargo, en estos trabajos no presentan ni algoritmos de enrutamiento ni técnicas asociadas para evitar los problemas de gestión de tráfico, tales como congestión, bloqueo de rutas o colisiones entre vehículos” (Montoya, 2003).

Una de las teorías que se emplea con mayor continuidad es la llamada teoría de Grafos, herramienta para la solución de problemas de ruteo de vehículos con restricciones de capacidad (Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP).



Este proyecto, contempla la identificación de puntos de alerta, a lo largo de la ruta del vehículo con el receptor GPS. Un punto de alerta, es aquel que por alguna razón ya sea distancia, velocidad o tiempo estacionario, se aleja de la ruta ideal precargada, o de los parámetros preestablecidos para la ruta seguida. Esto quiere decir que si el vehículo se sale de su ruta en una distancia mayor por ejemplo a 100m, una alerta quedará marcada en dicho registro para su posterior revisión; lo mismo pasará si el vehículo excede de velocidad o permanece mucho tiempo estacionado en un punto determinado.

Los cálculos que se realizarán como ya se comentó, deben generarse tomando en consideración la superficie de la tierra, sin embargo la representación geométrica de nuestro planeta no es sencilla ni exacta, por lo que se utilizará un modelo simplificado tomando como base la geometría de una esfera terrestre y también de un elipsoide terrestre.

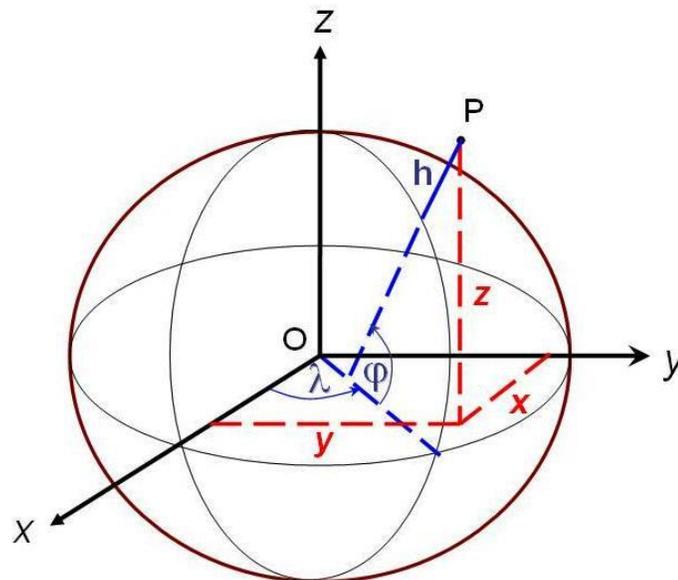


Ilustración 9. Elipsoide terrestre.



En la figura anterior se muestra un elipsoide que representa la forma de la tierra, donde para un punto dado  $P$  se puede hacer una representación tanto en coordenadas rectangulares como en coordenadas geodésicas.

#### **Coordenadas rectangulares:**

$$P = (x, y, z)$$

Dónde:

x = Representación del plano.

y = Representa la superficie perpendicular al plano

z= Representa la superficie de elevación.

#### **Coordenadas geodésicas:**

$$P = (\phi, \lambda, H)$$

Dónde:

$\Phi$  = Representa la latitud.

$\lambda$  = Representa la medida de la longitud.

H = Representa la medida de la altitud.

#### **Latitud**

Mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador. Las líneas de latitud se llaman paralelos y son círculos paralelos al ecuador en la superficie de la Tierra. La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.



## Longitud

Mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud 0 en la mayoría de las sociedades modernas. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos.

## Altitud

Es la distancia vertical desde un punto a un origen determinado, considerado como nivel cero, para el que se suele tomar el nivel medio del mar.

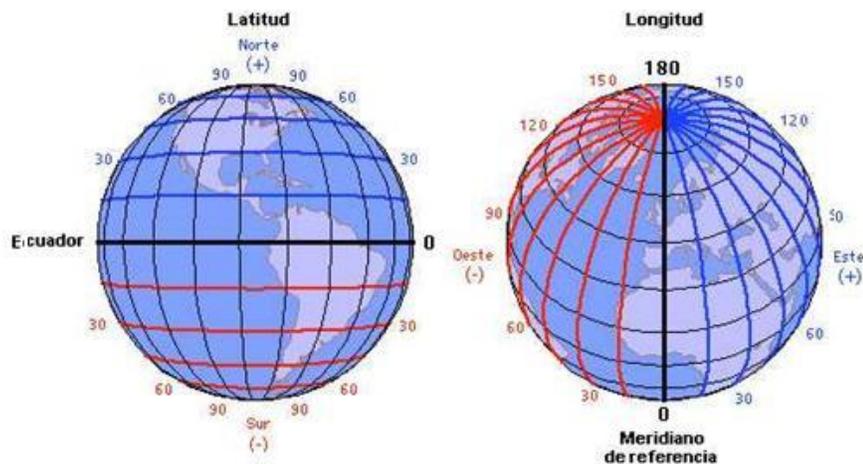
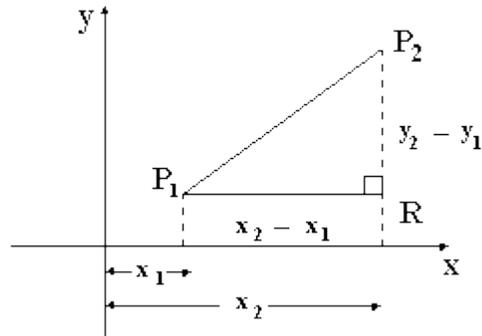


Ilustración 10. Vista de meridianos para considerar latitud y longitud.

En el hipotético caso que tuviéramos dos puntos en el plano euclidiano  $P1(x1, y1)$  y  $P2(x2, y2)$  de los cuales quisiéramos encontrar la distancia entre ellos, tendríamos el siguiente planteamiento a partir del teorema de Pitágoras:



$$|P1P2|^2 = |P1R|^2 + |RP2|^2$$

$$|P1R|^2 = (x2 - x1)^2$$

$$|RP2|^2 = (y2 - y1)^2$$

$$|P1P2| = \sqrt{(x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2}$$

Y obtenemos finalmente la distancia d:

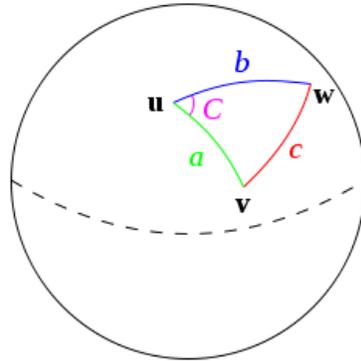
$$d = \sqrt{(x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2}$$

Sin embargo, para realizar el mismo cálculo sobre la superficie de la tierra, no podríamos utilizar el mismo procedimiento.

Se mostrarán dos procedimientos que serán útiles para nuestros propósitos:

#### Método de Haversine

Dada una esfera que representa la geometría terrestre, y un segmento triangular sobre su superficie, se tiene:



$$\text{haversin} \left( \frac{d}{R} \right) = \text{haversin}(\varphi_1 - \varphi_2) + \text{Cos}(\varphi_1) \text{Cos}(\varphi_2) \text{haversin}(\Delta\lambda)$$

donde:

*haversin* es la función *haversine*

$$\text{haversin}(\theta) = \text{Sen}^2 \left( \frac{\theta}{2} \right) = \left( \frac{1 - \text{Cos}(\theta)}{2} \right)$$

*d* es la distancia entre dos puntos de la esfera

*R* es el radio de la esfera(tierra) = 6,367.45km

$\varphi_1$  Es la latitud del punto 1

$\varphi_2$  Es la latitud del punto 2

$\Delta\lambda$  Es el diferencial de la longitud

$$d = R \text{haversin}^{-1}(h) = 2R \text{ArcoSen}(\sqrt{h})$$

dónde *h* es la función *haversin*  $\left( \frac{d}{R} \right)$

si partimos de la ley esférica de coseno:

$$\text{Cos}(c) = \text{Cos}(a)\text{Cos}(b) + \text{Sen}(a)\text{Sen}(b)\text{Cos}(C)$$

O podemos usar la siguiente fórmula cuando *c* es muy pequeña:

$$\text{Cos}(a - b) = \text{Cos}(a)\text{Cos}(b) + \text{Sen}(a)\text{Sen}(b)$$



Este método resulta útil en el cálculo de distancias en coordenadas geodésicas, no obstante se maneja como una aproximación de la realidad ya que al no ser la tierra una esfera perfecta, existen diferencias en la medida del radio (R), a nivel del Ecuador ( $R= 6,378.14$  km), y a nivel de los polos ( $R=6,356.78$  km).

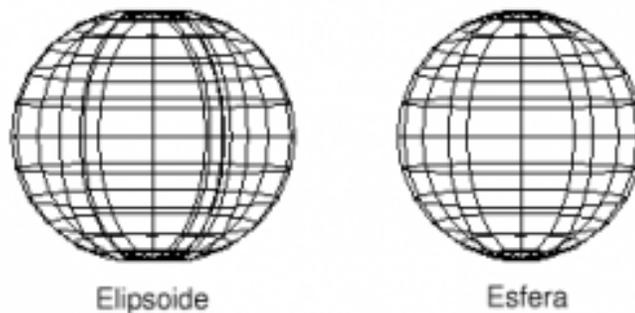


Ilustración 11. Muestra comparativa entre una figura elipsoide y una esfera.

#### **Método de Thaddeus Vincenty**

Este método desarrollado en 1975, resulta más preciso que el método Haversine, para el cálculo de distancias sobre la superficie terrestre, ya que puede entregar una precisión de hasta 0.5mm, con un mínimo de operaciones.

Basándose en el WGS84 (Sistema Geodésico Mundial), utilizado en cartografía, geodesia y navegación, se toman las siguientes consideraciones:



$a$  es el largo del semi eje mayor de la elipsoide de la tierra (6,378,137m)

$f$  es el achatamiento superior de la elipsoide  $\left(\frac{1}{298.257223563}\right)$

$b = (1 - f) \cdot a$

es el largo del semi eje menor de la elipsoide de la tierra (6,356,752.314245m)

$\varphi 1, \varphi 2$  son las latitudes de los puntos en cuestión.

$U 1 = \arctan[(1 - f) \cdot \tan \varphi 1]$  latitud reducida en la esfera auxiliar

$U 2 = \arctan[(1 - f) \cdot \tan \varphi 2]$  latitud reducida en la esfera auxiliar

$L = L 2 - L 1$  diferencial de longitud entre los dos puntos

$\lambda 1, \lambda 2$  longitud de los dos puntos

$\alpha 1, \alpha 2$  son los azimutal de los puntos en cuestión

$s$  es la distancia elipsoidal entre los dos puntos

$\sigma$  es la longitud de arco en la esfera auxiliar

Para resolver el problema geodésico inverso, en donde se requiere encontrar la distancia entre dos puntos terrestres  $(\varphi 1, \lambda 1)$  y  $(\varphi 2, \lambda 2)$ , los azimutales de los dos puntos y la distancia elipsoidal entre ellos, se propone la siguiente ecuación:

$$d = R \cdot \text{Arctan} \left[ \frac{\sqrt{((\text{Cos}(\varphi 2) \cdot \text{Sen}(\Delta \lambda))^2 + ((\text{Cos}(\varphi 1) \cdot \text{Sen}(\varphi 2) - \text{Sen}(\varphi 1) \cdot \text{Cos}(\varphi 2) \cdot \text{Cos}(\Delta \lambda))^2)}}{(\text{Sen}(\varphi 1) \cdot \text{Sen}(\varphi 2)) + (\text{Cos}(\varphi 1) \cdot \text{Cos}(\varphi 2) \cdot \text{Cos}(\Delta \lambda))} \right]$$



Y tomando en cuenta los siguientes datos, proporcionados por la WS84.

WGS-84	$a = 6\,378\,137\text{ m } (\pm 2\text{ m})$	$b \approx 6\,356\,752.314245\text{ m}$	$f \approx 1 / 298.257223563$
GRS-80	$a = 6\,378\,137\text{ m}$	$b \approx 6\,356\,752.314140\text{ m}$	$f = 1 / 298.257222101$
Airy 1830	$a = 6\,377\,563.396\text{ m}$	$b = 6\,356\,256.909\text{ m}$	$f \approx 1 / 299.3249646$
Internat'l 1924	$a = 6\,378\,388\text{ m}$	$b \approx 6\,356\,911.946\text{ m}$	$f = 1 / 297$
Clarke mod.1880	$a = 6\,378\,249.145\text{ m}$	$b \approx 6\,356\,514.86955\text{ m}$	$f = 1 / 293.465$
GRS-67	$a = 6\,378\,160\text{ m}$	$b \approx 6\,356\,774.719\text{ m}$	$f = 1 / 298.247167$

Tabla 4. Comparativo de Sistemas Referenciales de Coordenadas

Podemos calcular la distancia entre dos coordenadas:

Punto A	TESE	(19.511503, -99.040247)
Punto B	Texcoco, Mex.	(19.511989, -98.891164)
Distancia en línea recta por el método de Vincenty		15,648.731 m.

Tanto el método Haversine como el método de Vincenty, tienen serios problemas cuando se trata de calcular distancias entre puntos antípodas.

Existen otros métodos que evitan este problema de los antípodas, sin embargo por cuestiones prácticas y de aplicación, se usará en este trabajo el método de Thaddeus Vincenty.



La aplicación desarrollada para la solución **MGFLEET** permite demostrar la importancia de la utilización de herramientas informáticas para resolver problemas de ruteo con el fin de optimizar costos y aprovechar de mejor forma las flotas vehiculares.

Vale la pena, citar un par de conclusiones que expresadas por Serna (Métodos formales en ingeniería de software, 2010, pág. 18 y 19), para cerrar este capítulo de planteamientos matemáticos:

Más de cuatro décadas de investigación y experimentación demostraron que los métodos formales son, hasta el momento, el único medio práctico para exponer la ausencia de comportamientos no deseados en los programas, una propiedad esencial en los sistemas críticos. Los modelos para probar calidad industrial, y los probadores de teoremas avanzados permiten, de forma automática o semiautomática, hacer análisis complejos de las especificaciones formales, por lo que estas herramientas son atractivas para uso comercial[...] [...]Sus herramientas proporcionan el soporte automatizado necesario para la integridad, trazabilidad, verificabilidad, reutilización, y para apoyar la evolución de los requisitos, los puntos de vista diversos y la gestión de las inconsistencias[...]”.



## **CAPÍTULO 5. SOLUCIÓN PROPUESTA: MGFLEET**

El siguiente capítulo sintetiza la metodología RUP aplicada para generar la aplicación citada a lo largo de este trabajo.

### **Primera fase: Inicio**

#### **Problemática del negocio**

La necesidad que justifica el presente planteamiento, se centra básicamente en monitorear la forma en que los conductores de los vehículos hacen uso de las unidades, la velocidad que promedian, las paradas injustificadas, el tiempo que ocupan en recorrer su trayecto, e incluso cual es la ruta que siguen en su viaje. Un ejercicio de monitoreo que lleva como consecuencia directa el control de los recursos; y de ahí la optimización de los mismos. Por tanto, el diseño de **MGFLEET** dirigido a tal necesidad no habrá de significar un gasto oneroso para la empresa o industria que lo decida implementar, ya que en ese caso no sería viable su desarrollo.

#### **Síntesis de arquitectura posible**

El hardware es un elemento fundamental que integra el proyecto, ya que permitirá obtener los datos del exterior en este caso del sistema GPS, para ser procesados por la aplicación. El hardware que se tiene contemplado, va desde un sistema mínimo basado en un microcontrolador, hasta la comunicación serial que se tendrá con el sistema de cómputo que hospedará la aplicación.



Como se mencionó en capítulos anteriores, algunos elementos del hardware fueron de diseño e implementación propia; en adelante se mostrarán los elementos empleados y el procedimiento para su construcción.

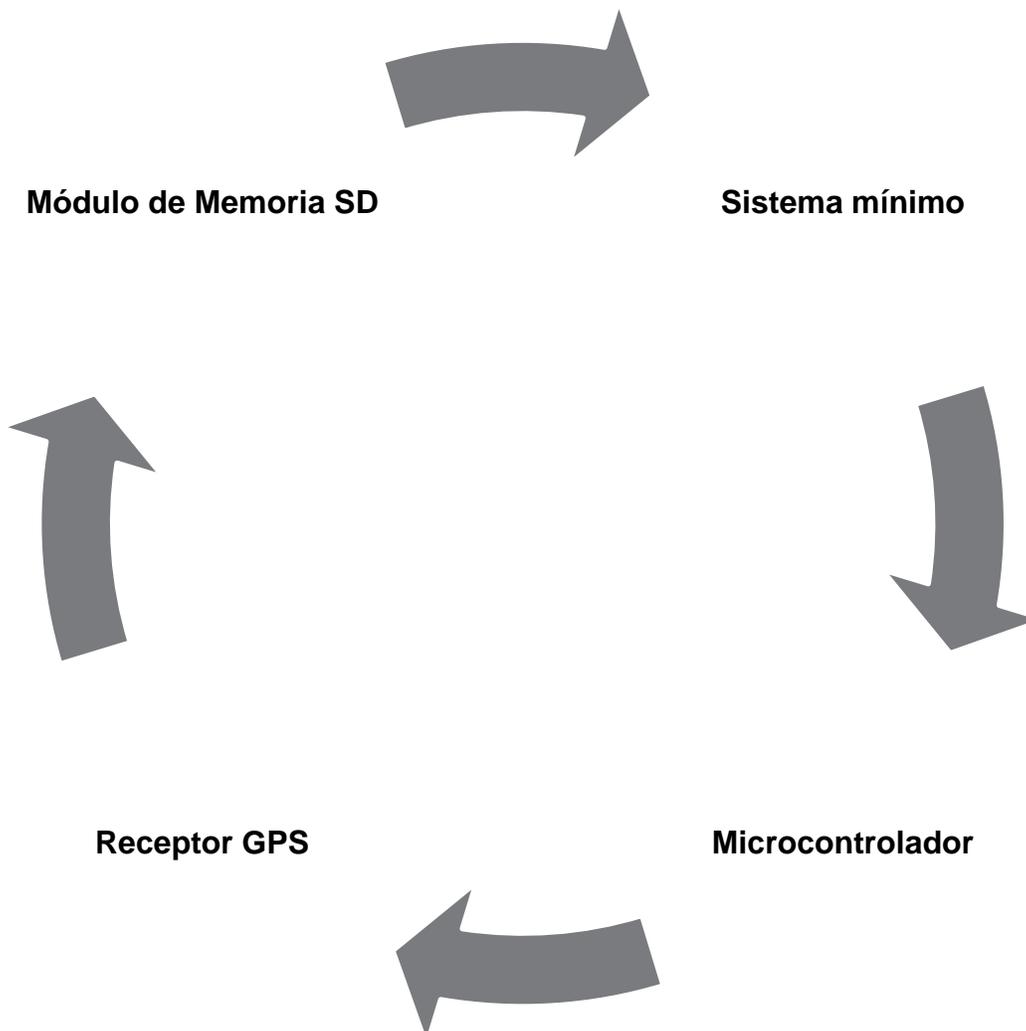


Ilustración 12. Componentes del hardware de MGFLEET.



## Detalles de los componentes

### *Sistema Mínimo*

Un sistema mínimo basado en un microcontrolador o un microprocesador, en pocas palabras es una microcomputadora de propósito general o propósito particular, el cual requiere del mínimo de componentes para realizar las tareas para las cuales fue diseñado.

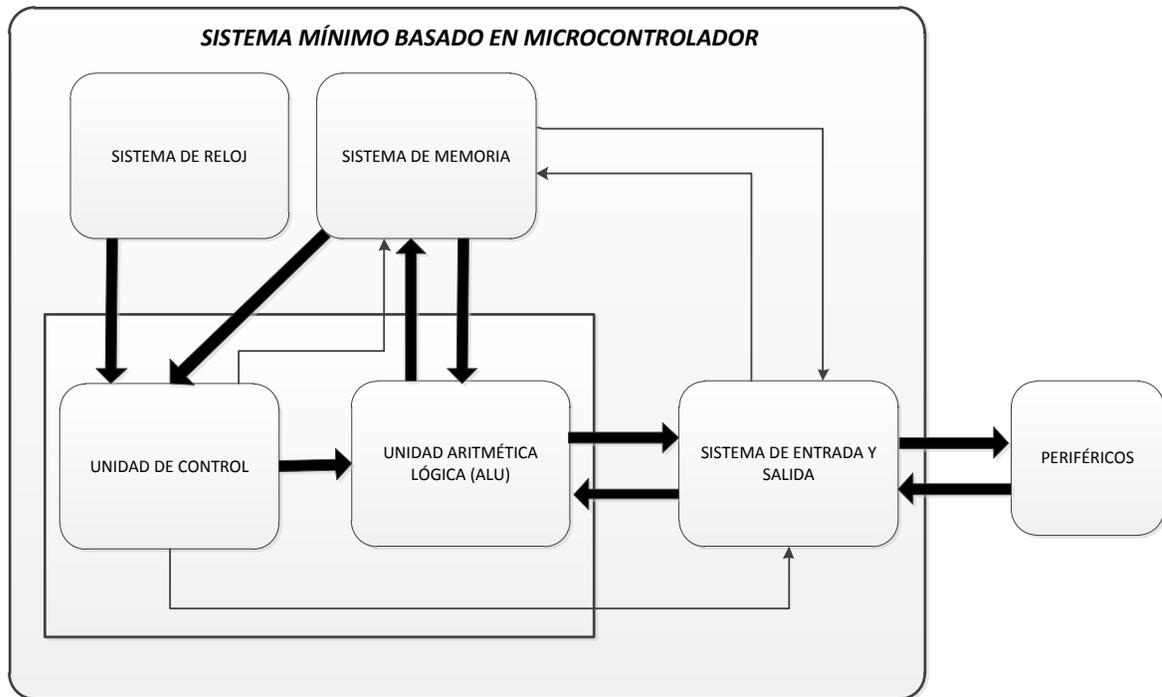


Ilustración 13. Sistema mínimo basado en microcontrolador.

El sistema mínimo está basado en la arquitectura de John Von Neumann, un científico Húngaro-Americano, quien propuso un modelo de procesamiento de datos mediante una unidad de procesamiento, una unidad aritmética lógica,



periféricos de entrada y salida y una única memoria de programa que servía para almacenar las instrucciones que se iban a ejecutar.

Posteriormente la Universidad de Harvard, mejoró el modelo de Von Neumann y propuso otro con dos módulos de memoria, los cuales servían para almacenar las instrucciones y para almacenar los datos obtenidos.

El modelo Harvard es el que sirve de base actualmente para todos los modelos computacionales modernos incluyendo los derivados de dispositivos electrónicos como los microcontroladores

### *Microcontrolador*

El microcontrolador es un sistema de cómputo mínimo, de uso específico.

En este proyecto se utilizará un microcontrolador para el control inicial de los dispositivos de hardware que realizarán la adquisición de datos.

El microcontrolador usado es un ATmega 328, fabricado por la empresa ATMEL, del cual se muestra su hoja de especificaciones en el área de anexos y tiene los suficientes recursos en memoria y en líneas de entrada y salida, necesarias para controlar los dispositivos de GPS y lector SD.

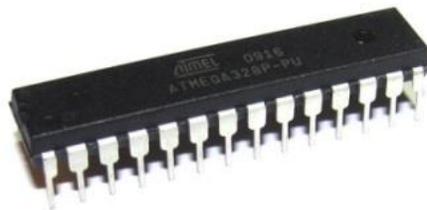


Ilustración 14. Microcontrolador ATmega 328.



La disposición de pines para el microcontrolador ATmega328 se muestra en la siguiente figura.

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Ilustración 15. Pines ATmega 328.

### Receptor GPS

Originalmente se utilizó un receptor comercial GPS del tipo datalogger, sin embargo dada su naturaleza de dispositivo propietario, fue prácticamente imposible modificar su funcionamiento, para lograr los fines que seguía este proyecto.



Ilustración 16. Datalogger GPS.



El dispositivo usado inicialmente fue un i-Blue GPS Data Recorder A+, con memoria interna, y transmisión de datos vía bluetooth. Sin embargo, se decidió utilizar un receptor GPS de tipo abierto, ya que puede ser utilizado con diferentes dispositivos controladores, ya sea microprocesadores o microcontroladores.

Usa un chip de la marca Ublox modelo NEO-6M, el cual permite mediante programación, obtener diversas variables requeridas como la latitud, longitud, fecha, hora y velocidad de desplazamiento.

De la misma forma se anexa la hoja de especificaciones para una mayor referencia, de la descripción y la programación que se puede utilizar para controlarlo.



Ilustración 17. Receptor GPS UBLOX.

Este receptor GPS, tiene una precisión de hasta 50cm de error, lo que nos permite generar coordenadas muy confiables en cada punto del trayecto que recorran los vehículos.

Es importante mencionar también que este módulo pertenece a la nueva era de la microelectrónica lo que significa que maneja un consumo muy bajo tanto de voltaje (3.3v), como de corriente (pocos mA), incluso con el uso de una antena



externa que facilita el “amarre” del dispositivo, con la señal modulada de la constelación GPS.

Asimismo, se verificó que cumpliera con el estándar NMEA, para el intercambio de información con el sistema GPS a través de comandos bien definidos.

Una de las desventajas que se encontraron de este módulo, fue el tiempo de “amarre” inicial con la señal GPS, ya que puede ser de varios minutos dependiendo de la ubicación del dispositivo y la fuerza con la que llegue la señal hasta ese sitio.

En comparación con el receptor inicialmente usado, se puede decir que el costo fue un factor que facilitó en gran medida el uso de este último módulo, repitiendo que por su facilidad de uso mediante programación, se pudo manipular mucho mejor que el anterior dispositivo.

La comunicación entre el módulo Ublox NEO-6M y el sistema mínimo, se realizó mediante transmisión serial de datos

La velocidad de transmisión de datos entre el micro y el GPS fue configurada en 9600bps.

Asimismo se usaron algunas librerías específicas del fabricante para manipular este módulo, de las cuales se hablará más a fondo en el capítulo dedicado al software.

### ***Módulo de Memoria SD***

Para implementar la función de data logger, se requirió de un módulo externo de memoria SD, que sustituyó a la memoria interna que venía integrada con el receptor i-Blue A+.

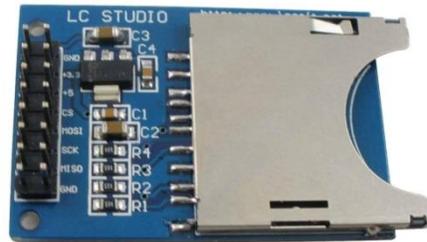


Ilustración 18. Lector de Memorias SD genérico.

Este módulo al igual que el módulo GPS Ublox, es compatible con una gran variedad de dispositivos controladores, lo que nos permitió comunicarlo con nuestro microcontrolador mediante un protocolo llamado SPI.

### **Alcance del proyecto**

En este estudio se pretende construir un prototipo en hardware y con una aplicación de escritorio en software, que realice funciones de monitoreo de las unidades vehiculares, que en conjunto puedan procesar y entregar información acerca de la ruta recorrida por el vehículo en un viaje determinado.



## **Segunda fase: Elaboración**

### **Plan del proyecto**

El plan que se siguió para realizar el proyecto que nos ocupa es el siguiente:

- a).- Realizar un diagrama de flujo general.
- b).- Proponer una arquitectura de hardware adecuada a los requerimientos del proyecto.
- c).- Implementar físicamente la arquitectura propuesta, mediante un sistema micro controlado.
- d).- Codificar una aplicación en un lenguaje de mediano nivel, que permita manipular el hardware de modo que se le puedan realizar pruebas de funcionamiento, aún sin tener finalizada una aplicación de escritorio.
- e).- Realizar un diagrama de tablas para la implementación de una base de datos que satisfaga las necesidades de la aplicación.
- f).- Realizar un diagrama de clases UML, mostrando las principales clases de la aplicación final.
- g).- Realizar un diagrama de casos de uso relacionado con la aplicación de escritorio
- h).- Desarrollar la aplicación visual para el monitoreo de vehículos via gps.

### **Especificaciones de características**

Las características de los elementos necesarios para implementar la solución planteada en este trabajo son las siguientes:

- Sistema micro controlado diseñado e implementado en placa de circuito impreso, basado en el micro de la marca ATMEL ATmega328.



- Dispositivo GPS basado en el Chip Ublox Neo 6M del fabricante WOMARTS.
- Dispositivo lector de memorias SD para micro controlador de tipo genérico.
- Memoria SD de 8Gb, formateada en FAT.
- IDE para Arduino, basado en lenguaje C.
- IDE Visual Studio .NET, para desarrollo visual en Visual C# 2005.
- Manejador de Base de Datos Microsoft SQL Server 2008.

### Arquitectura base

A continuación se muestra el diagrama electrónico de la arquitectura base usada en este proyecto.

El componente electrónico, está realizado en el software especializado para placas de circuito impreso Eagle, y muestra los componentes usados para construir el circuito impreso, así como las conexiones necesarias para generar el sistema mínimo requerido en nuestra aplicación.

El sistema mínimo micro controlado, se compone de hardware y software, y en este caso en particular usaremos el Bootloader de Arduino, el cual es el sistema base que se graba en el microcontrolador, y que sirve como intérprete de comandos.

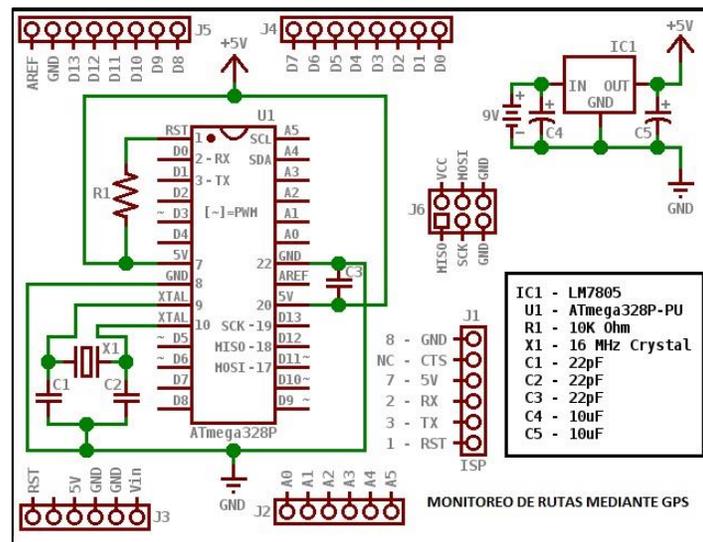


Ilustración 19. Diagrama Electrónico del hardware.

### Tercera fase: Construcción

#### Desarrollo del sistema

a).- Diagrama de Flujo del funcionamiento general de la aplicación, a fin de ilustrar la forma de operación del mismo.

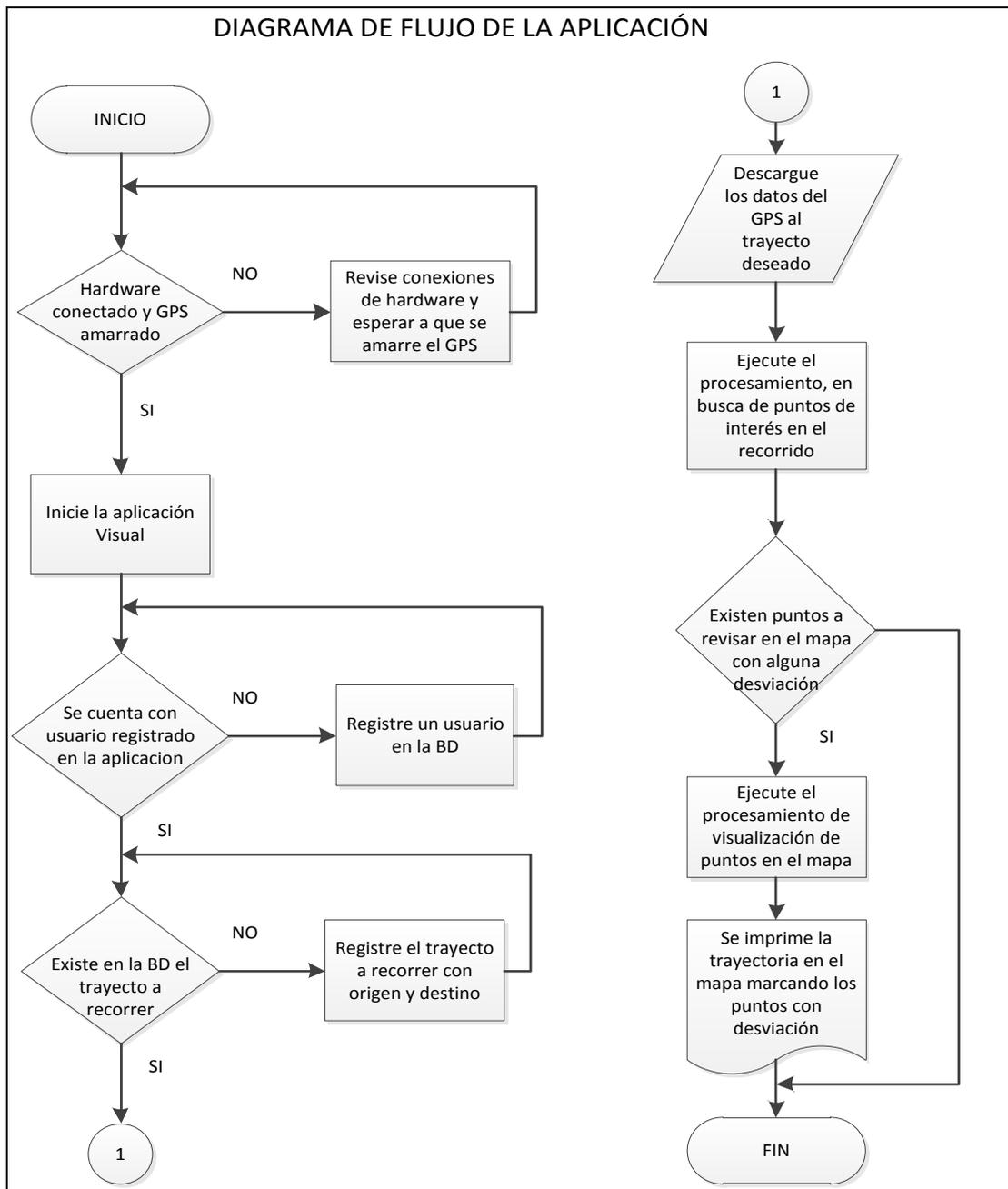


Ilustración 20. Mecanismo de operación de MGFLEET.

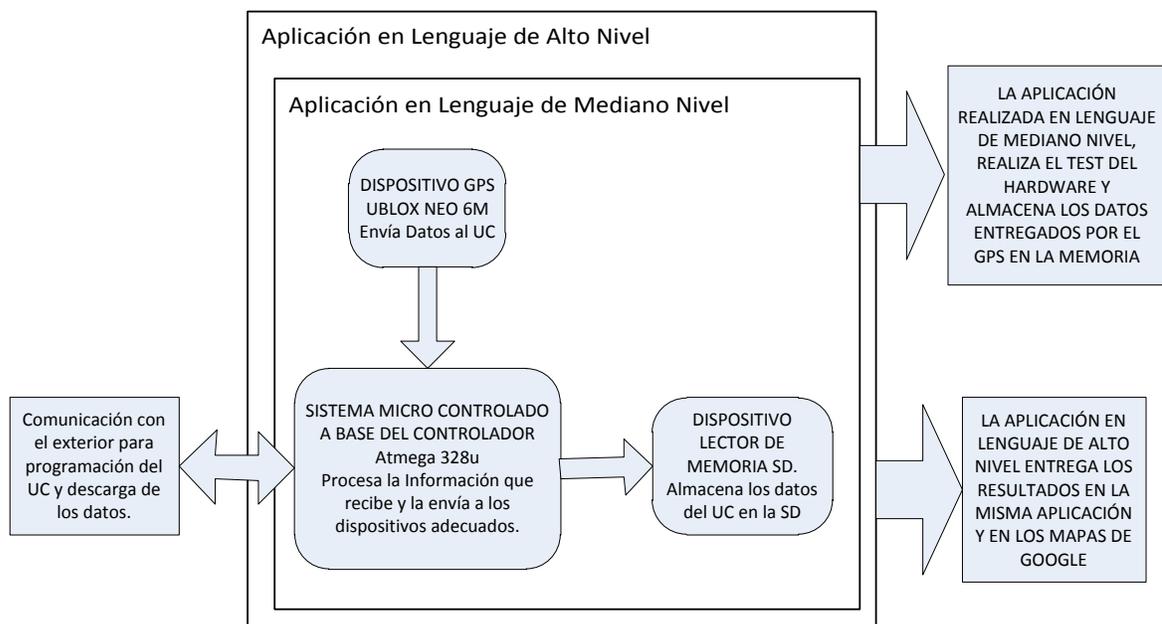


b).- La arquitectura que satisface los requerimientos del proyecto.

Abajo, el esquema general de funcionamiento de la solución propuesta en el presente trabajo de investigación.

Se ilustra a manera de bloques cada parte significativa de la solución con una breve descripción de la funcionalidad de cada una de ellas para su mejor comprensión.

**DIAGRAMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO PARA EL PROYECTO DE MONITOREO DE VEHICULOS MEDIANTE DISPOSITIVOS GPS**



**Ilustración 21. Diagrama para el monitoreo de vehículos mediante GPS.**



c).- La arquitectura fue implementada mediante un sistema basado en UC.

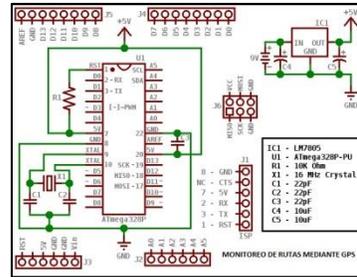


Ilustración 22. Circuito en software Eagle.

Una vez realizado el circuito en el software Eagle, se genera la placa de circuito impreso, la cual se construirá de manera artesanal usando la técnica de papel transfer y cloruro férrico para eliminar el cobre que no se requiere.

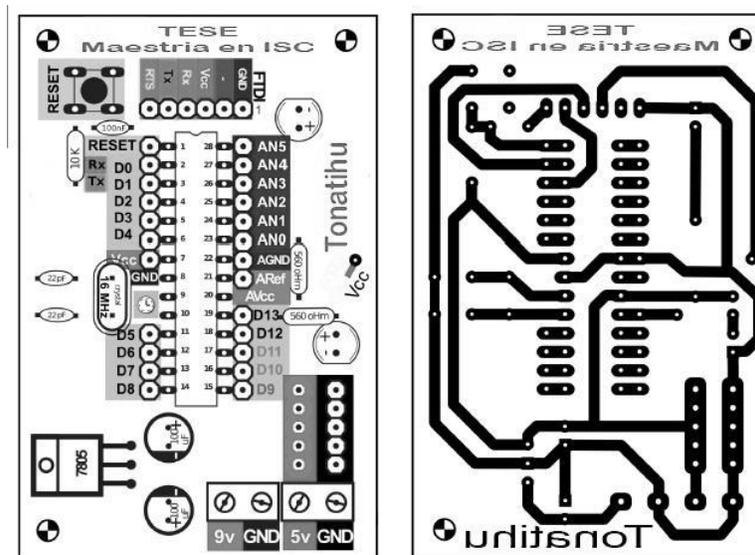


Ilustración 23. Imagen del diseño de la placa.



Finalmente la placa ya construida queda de la siguiente forma (incluyendo componentes y etiquetas).

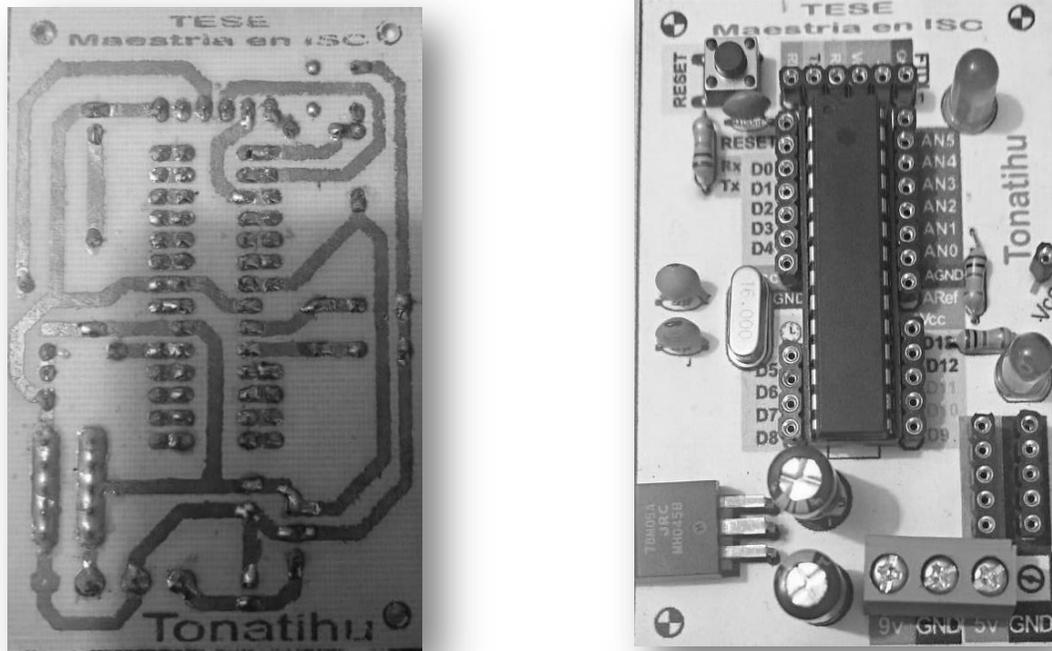


Ilustración 24. Placa de Circuito Impreso.

d).- Codificación de una aplicación en mediano nivel para realizar pruebas de Hw.

A continuación se agrega una aplicación realizada en lenguaje C, basado en el IDE de Arduino que permite realizar pruebas al receptor de GPS y al módulo de memoria SD para el almacenamiento de los datos.



```
/*  
Codigo implementado por el Ing. Emmanuel Tonatihu Juarez Velazquez *  
que tiene como funcion obtener los datos de Latitud, Longitud, Fecha, *  
Hora y Velocidad de un dispositivo receptor GPS, para posteriormente *  
grabarlos en una memoria SD para su envio a la base de datos y *  
finalmente a la aplicacion que procesara toda la informacion. *  
Este proyecto se realiza para obtener el grado de Maestria en *  
Ingenieria de Sistemas Computacionales en el Tecnologico de Estudios *  
Superiores de Ecatepec. Abril 2015 */
```

```
*****/  
  
#include <SoftwareSerial.h>  
  
#include <TinyGPS.h>  
  
#include <SD.h>  
  
#include <SPI.h>  
  
  
SoftwareSerial mySerial(2, 3); // RX, TX  
  
TinyGPS gps;  
  
const int chipSelect = 4;  
  
long lat, lon;  
  
float flat, flon;  
  
unsigned long age, date, time, chars;  
  
int year;  
  
byte month, day, hour, minute, second, hundredths;  
  
unsigned short sentences, failed;
```



```
char latitud[10],longitud[10];

String dataString="";

void gpstdump(TinyGPS &gps);

void printFloat(double f, int digits = 2);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);

  delay(500);
  Serial.println("      Tecnologico de Estudios Superiores de Ecatepec");
  Serial.println("      Maestria en Ingenieria en Sistemas Computacionales");
  Serial.println("      Proyecto para obtener el Grado de Maestria ");
  Serial.println("      'Monitoreo de Flotillas de Autotransporte mediante GPS'");
  Serial.println("      Emmanuel Tonatihu Juarez Velazquez");
  Serial.println();
  Serial.print("Inicializando memoria SD...");

  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Memoria erronea, o no presente");
    return;
  }
  Serial.println("Memoria Inicializada.");
```



```
Serial.println();

Serial.println("  Latitud      Longitud      Fecha      Hora      Velocidad ");

Serial.println("-----");

}

void loop()

{

  bool nuevodato = false;

  unsigned long start = millis();

  while (millis() - start < 10000) {

    if (mySerial.available()) {

      char c = mySerial.read();

      if (gps.encode(c)) {

        nuevodato = true;

      }

    }

  }

  if (nuevodato) {

    gpsdump(gps);

    guardaDatos();

  }

}

void gpsdump(TinyGPS &gps)
```



```
{  
gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);  
Serial.print(" ");  
Serial.print(flat, 5);  
Serial.print(" ");  
Serial.print(flou, 5);  
Serial.print(" ");  
gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minute, &second, &hundredths, &age);  
hour = hour +6;  
day = day -1;  
if(hour > 12)  
day = day +1;  
Serial.print(static_cast<int>(month));  
Serial.print("/");  
Serial.print(static_cast<int>(day));  
Serial.print("/");  
Serial.print(year);  
Serial.print(" ");  
Serial.print(static_cast<int>(hour));  
Serial.print(":");  
Serial.print(static_cast<int>(minute));  
Serial.print(":");  
Serial.print(static_cast<int>(second));  
Serial.print(".");  
Serial.print(static_cast<int>(hundredths));
```



```
Serial.print("  ");

Serial.println(gps.f_speed_kmph(),3);

delay(500);

}

void guardaDatos()

{

File archivo = SD.open("datoslog.log", FILE_WRITE);

dataString= "";

dataString = String(float);

archivo.print(dataString);

dataString= "";

archivo.print(",");

dataString = String(flon);

archivo.print(dataString);

archivo.println();

archivo.close();

}

void printFloat(double number, int digits)

{

if (number < 0.0) {

Serial.print('-');

number = -number;

}

double rounding = 0.5;

for (uint8_t i=0; i<digits; ++i)
```



```
rounding /= 10.0;

number += rounding;

unsigned long int_part = (unsigned long)number;

double remainder = number - (double)int_part;

Serial.print(int_part);

if (digits > 0)

  Serial.print(".");

while (digits-- > 0) {

  remainder *= 10.0;

  int toPrint = int(remainder);

  Serial.print(toPrint);

  remainder -= toPrint;

}

}
```

e).- Realizamos un diagrama de tablas para la implementación de un BD.

En el diseño se puede apreciar que se tomó en cuenta la tabla de rutas como la tabla principal del proyecto, a la cual se relacionan tablas de usuarios, vehículos, dispositivos GPS, y desviaciones de ruta, logrando un diseño compacto y funcional.



# MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

## MGFLEET, PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MONITOREO DE FLOTAS, BASADO EN GPS.

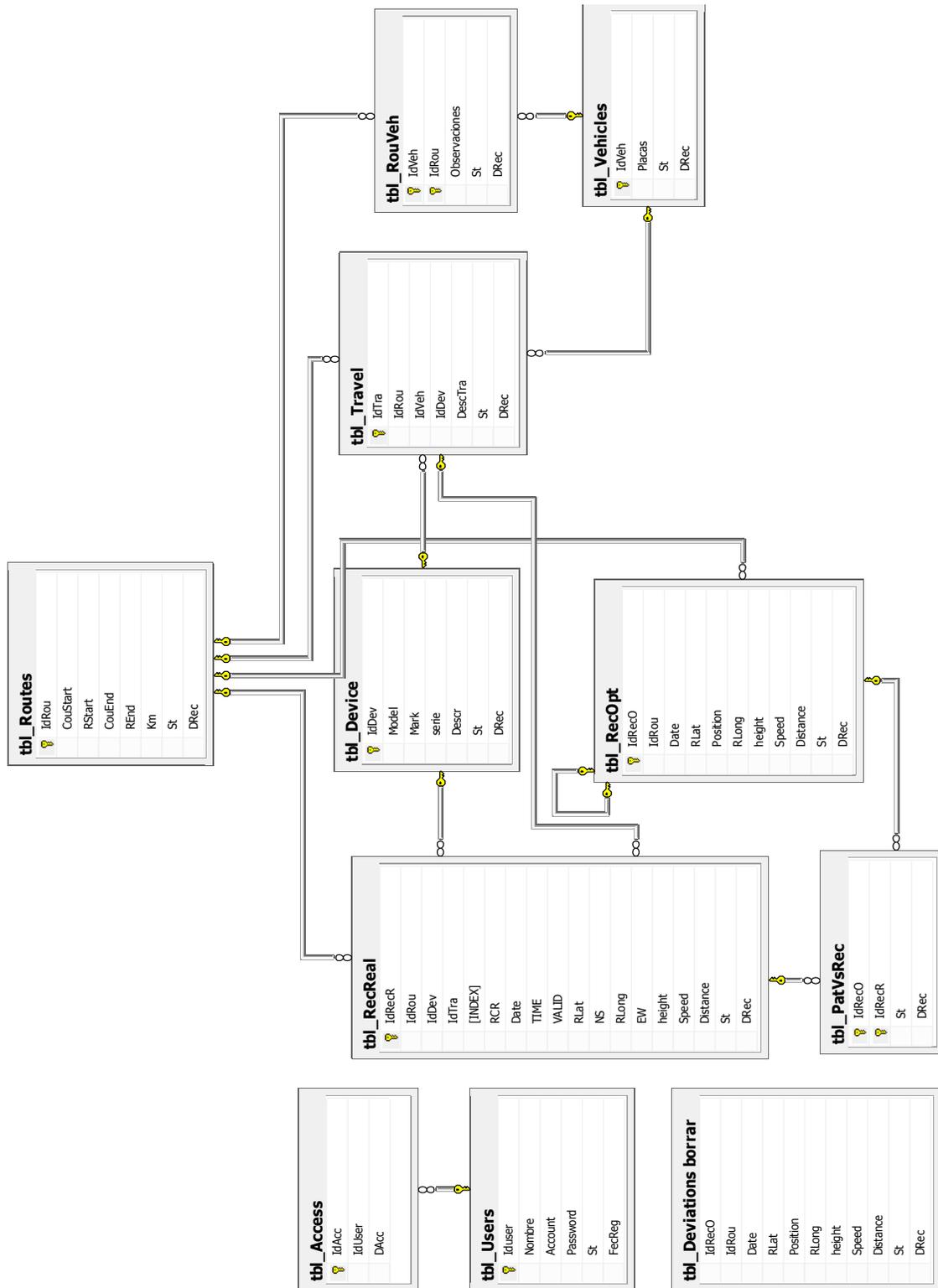


Ilustración 25. Modelo relacional de la BD.



f).- Diagrama de clases UML de la aplicación visual.

Se observan los componentes de las clases utilizadas en el proyecto en el diagrama UML generado desde el IDE Visual .NET.

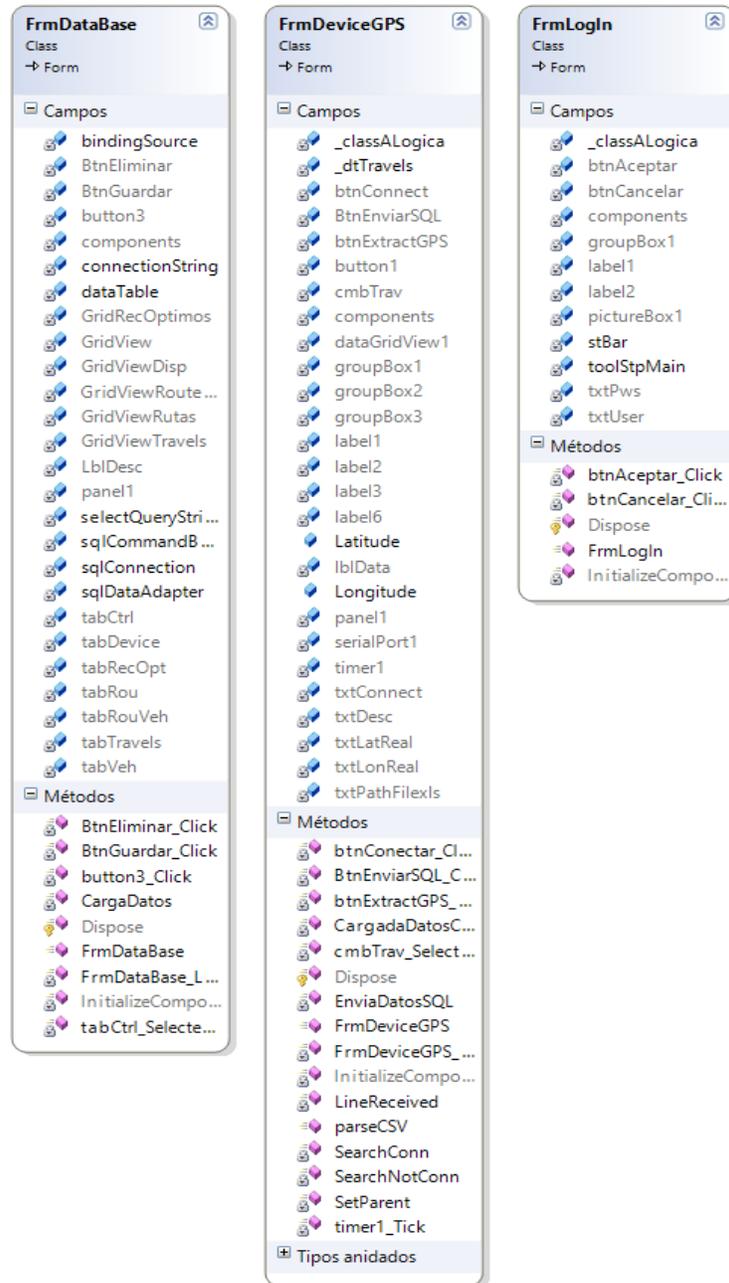


Ilustración 26. Diagrama UML de la aplicación visual.

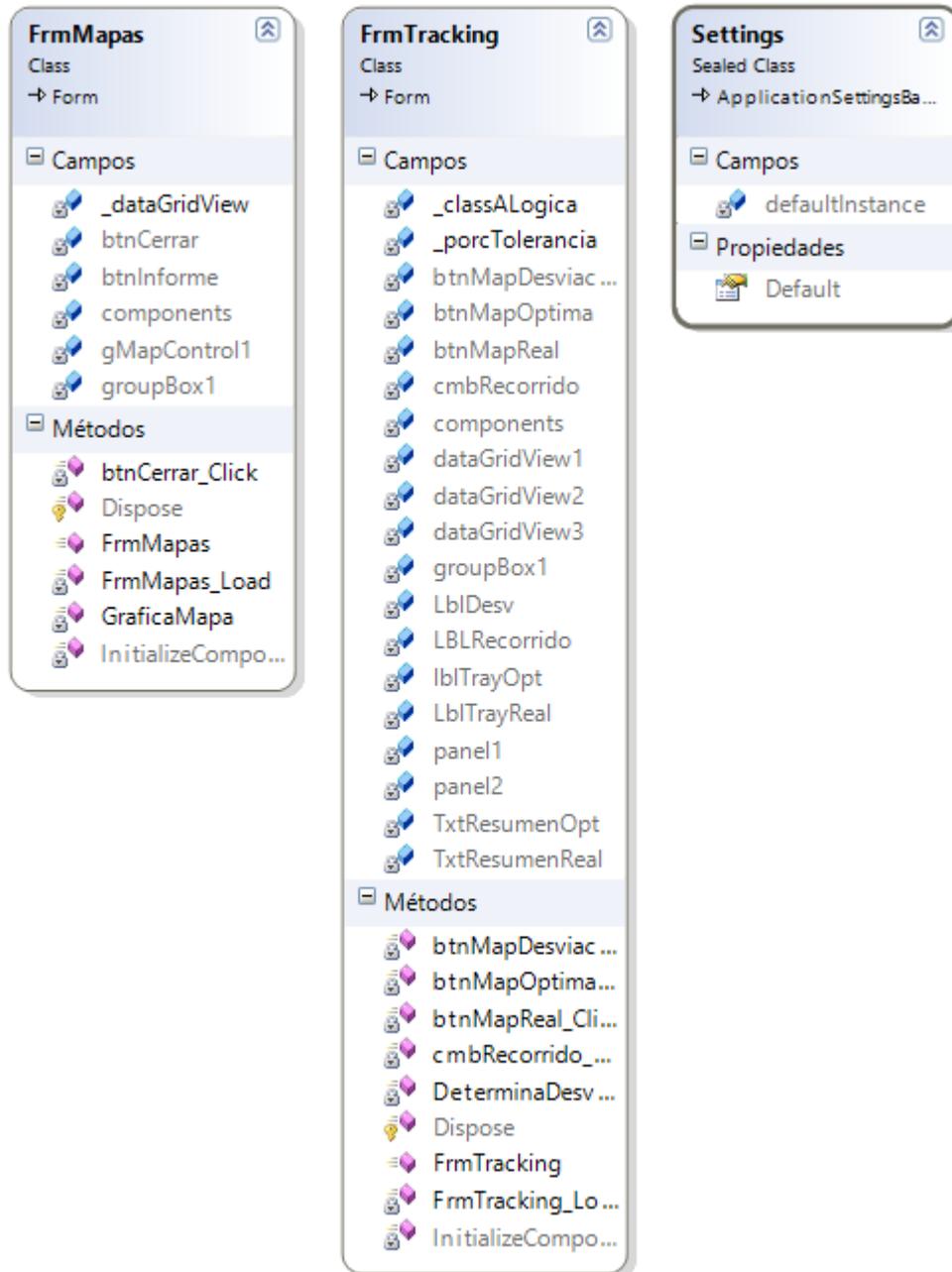


Ilustración 27. Diagrama UML de la aplicación visual (Cont.).

g).- Diagrama de casos de uso resultante de la aplicación visual.



Se describen los casos más relevantes de la solución en un sencillo diagrama de casos de uso, en donde se observa la actuación de un usuario administrador y de un usuario indirecto que es el que maneja el vehículo que va capturando las coordenadas en su recorrido.

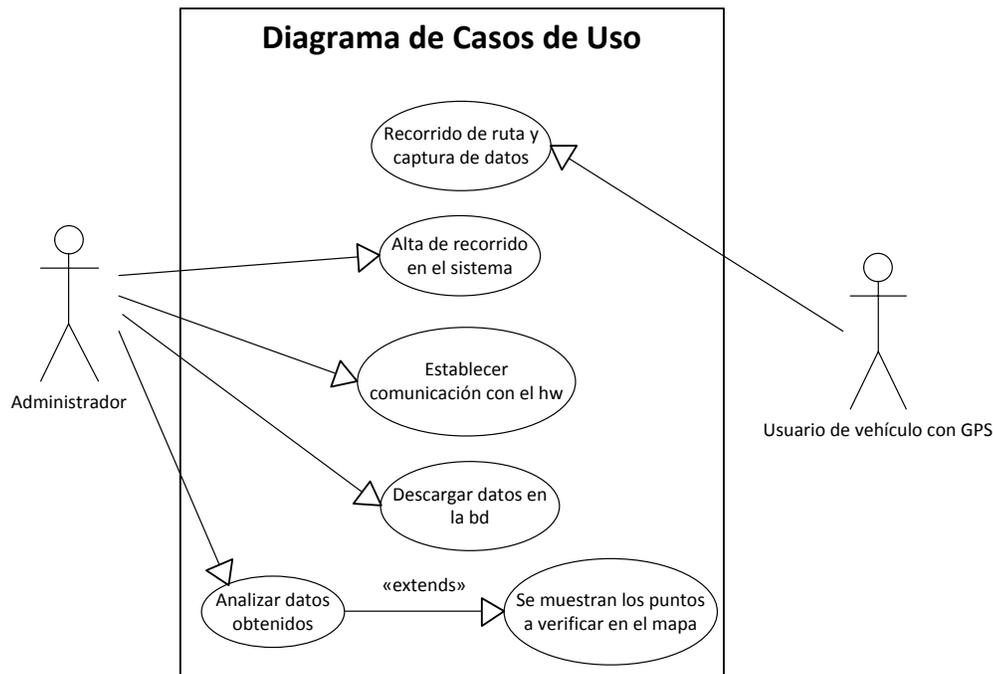
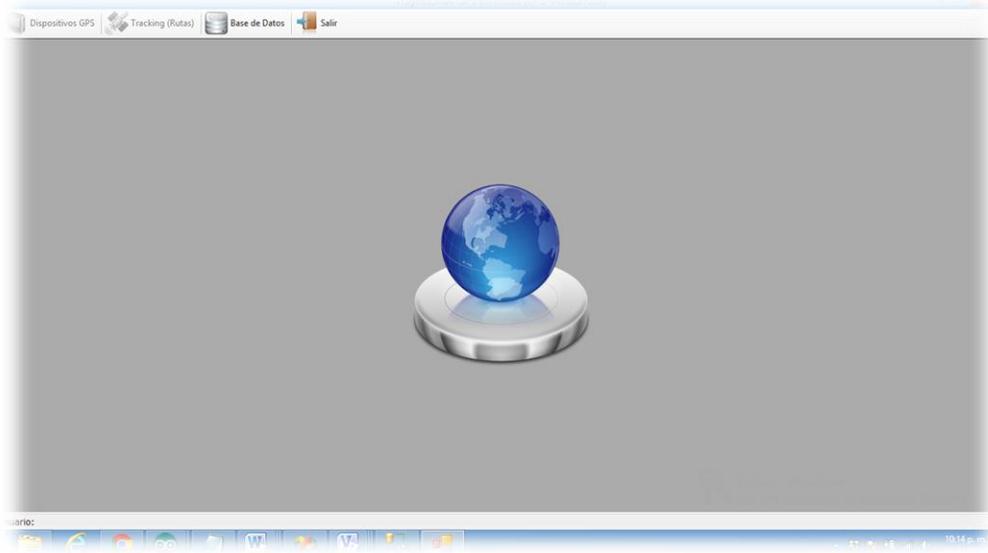


Ilustración 28. Diagrama de casos de uso.

h).- Formularios del sistema desarrollado en el entorno visual antes mencionado.

Formulario inicial, donde se muestra el fondo limpio, el usuario ingresado, los menús y la opción de salir.



**Ilustración 29. Formulario Principal.**

En el formulario de ingreso se teclean las credenciales, para validar el ingreso al sistema por un usuario válido.

En este caso los usuarios deben encontrarse previamente agregados directamente en la base de datos.

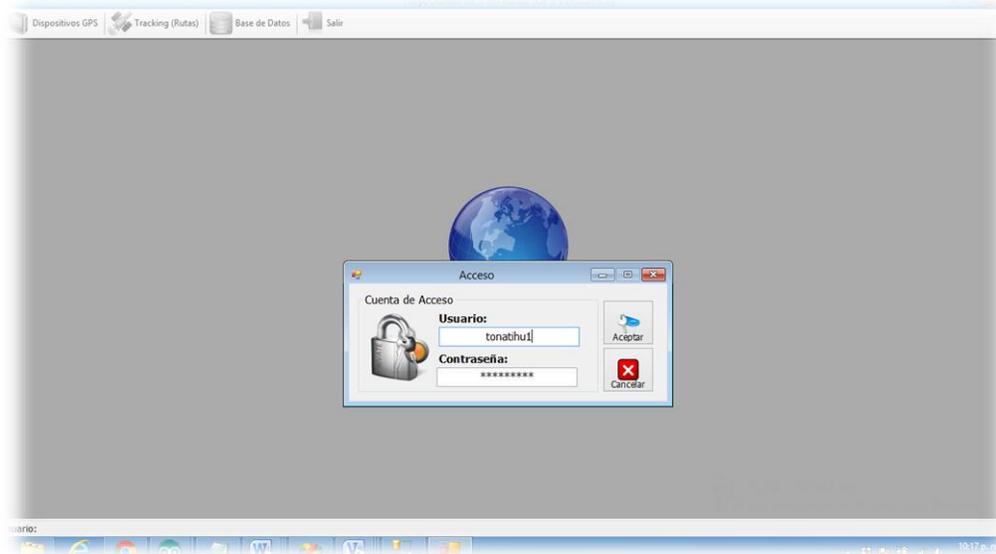


Ilustración 30. Formulario de Ingreso.

Formulario de configuración general de parámetros, donde se manejan altas bajas y cambios de los dispositivos GPS, vehículos, rutas, recorridos ideales y de los vehículos asignados a cada ruta.

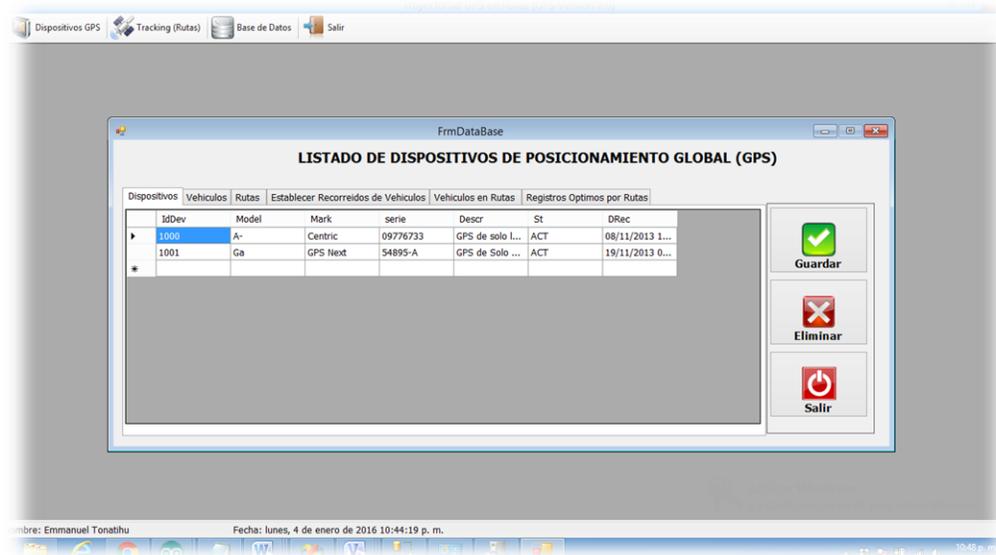


Ilustración 31. Formulario para agregar o eliminar dispositivos GPS.

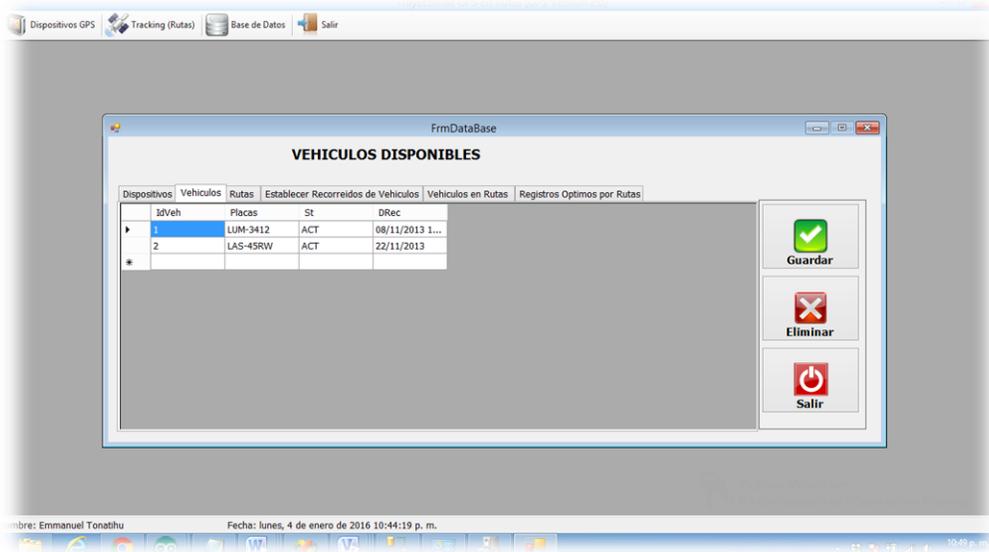


Ilustración 32. Formulario para agregar o eliminar vehículos a monitorear.

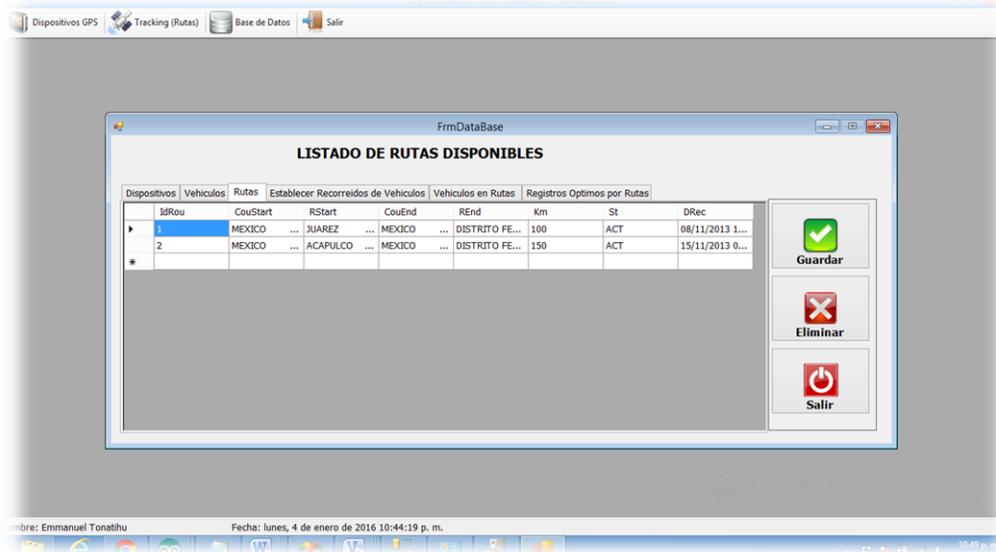


Ilustración 33. Formulario para agregar o eliminar rutas.

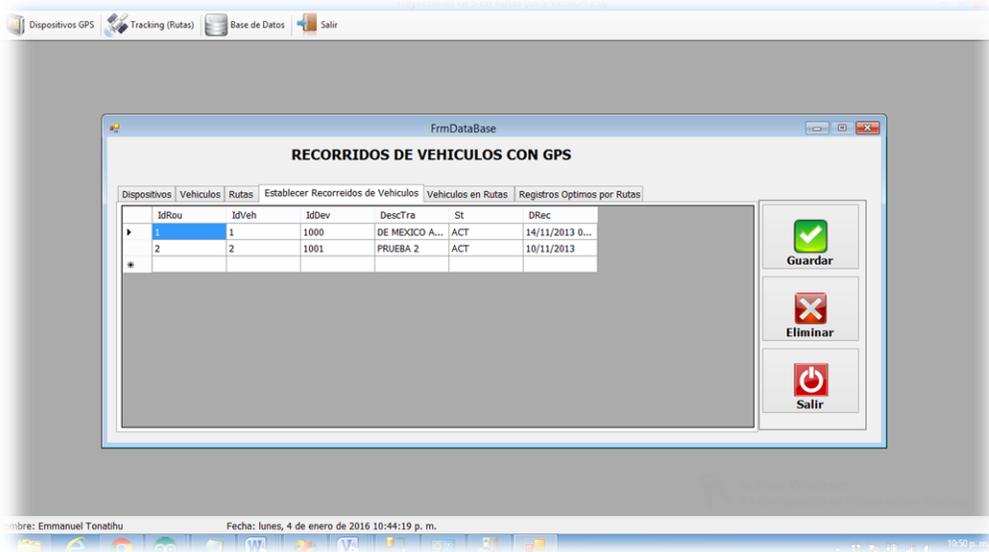


Ilustración 34. Formulario para asociar vehículos con dispositivos GPS.

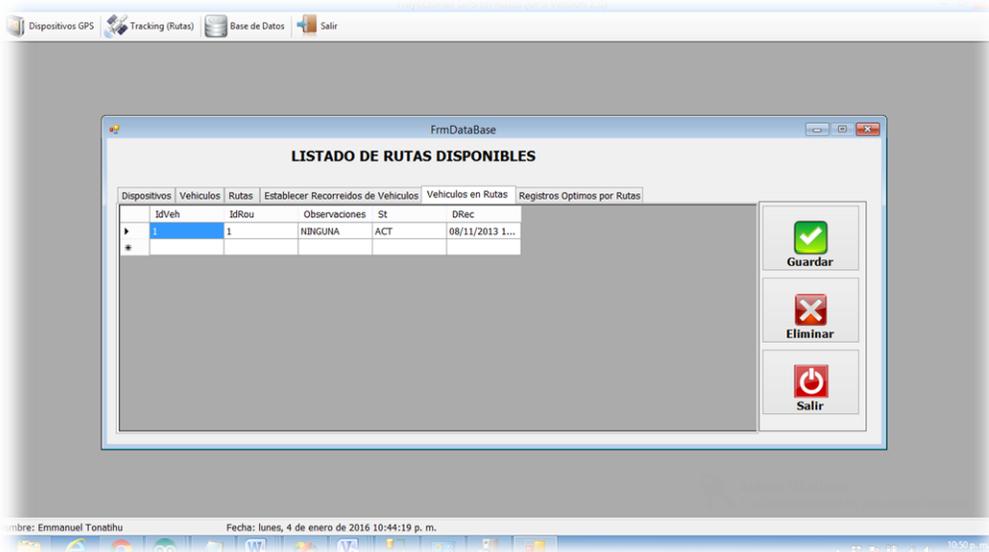


Ilustración 35. Formulario de rutas activas.



# MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

## MGFLEET, PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MONITOREO DE FLOTAS, BASADO EN GPS.

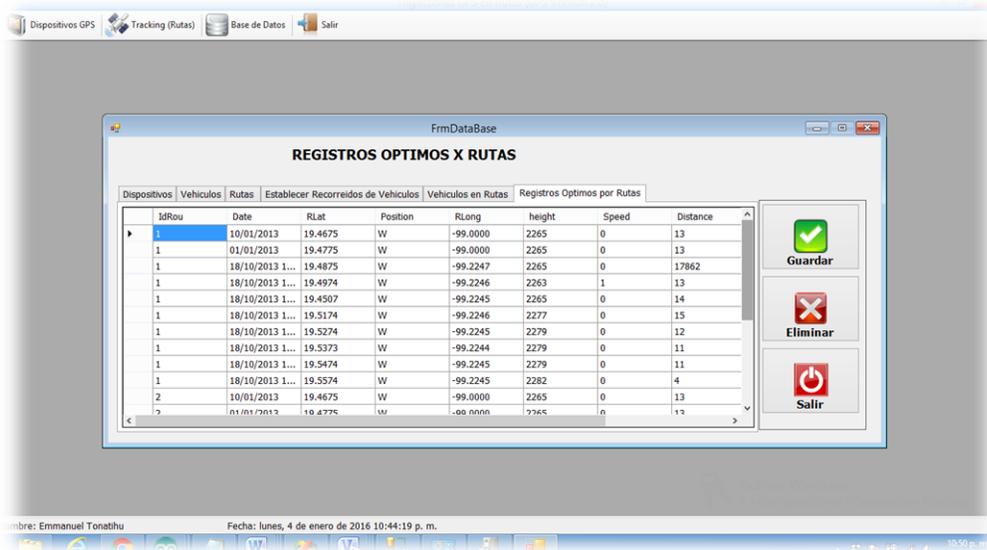


Ilustración 36. Formulario de registros óptimos por ruta.

En este formulario se realiza la comunicación con el puerto COM, en donde se encuentra conectado el hardware, y posteriormente se realiza la descarga de la memoria del dispositivo. Es posible también descargar archivos tipo kml, o .gpx.

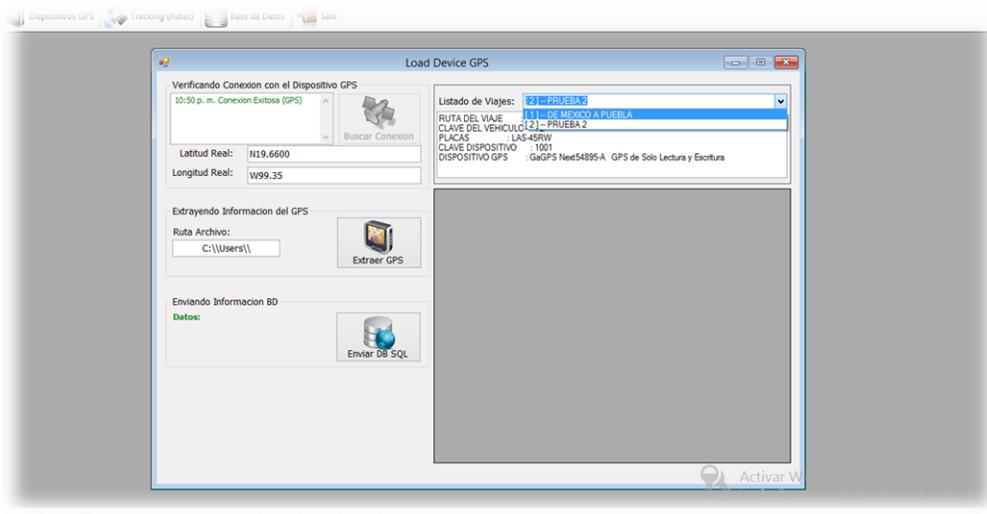


Ilustración 37. Formulario de comunicación con el dispositivo de hw.



En este formulario es donde cargamos la ruta deseada y se realizan los cálculos correspondientes para validar si es que existió alguna desviación en la ruta, en caso que fuera ese el caso, los puntos en cuestión se pintarán en rojo y al oprimir el botón “ver mapa”, se observará la trayectoria seguida por el vehículo en un mapa de la api de Google, y también se observarán globos en el mapa que indicarán los puntos en rojo.

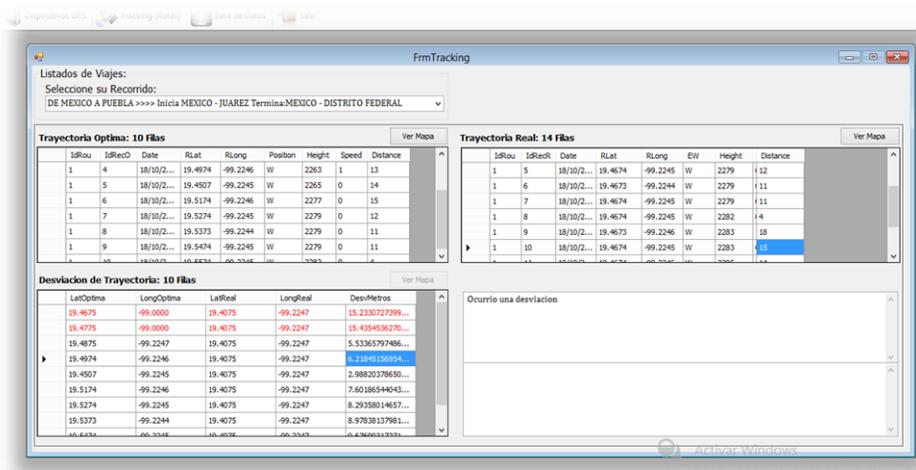


Ilustración 38. Comparación de las rutas ideal y real.

## Cuarta fase: Transición

### Implementación

En esta última fase del proyecto, se pretende dar a conocer los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en las diferentes etapas del proyecto, y comentar algunos detalles importantes en la implementación de esta solución.

Se aclara que por cuestiones de seguimiento del proyecto y de una posible comercialización, no se presenta en su totalidad el código fuente, sin embargo se presentan algunos segmentos que son importantes para entender la aplicación.



## Gestión de configuración y cambios

A continuación se muestran los resultados de las pruebas realizadas a las etapas de base de datos y de hardware en su conjunto,

Inicialmente se exhibe una consulta general de la base de datos alimentada en una cierta ruta, donde se pueden observar los parámetros que se usarán en la aplicación, como son id de registro, id de ruta, fecha, hora, coordenadas, y el estatus de la ruta

IdRecO	IdRou	Date	RLat	Position	RLong	height	Speed	St
1	1	2013-01-10 00:...	19.4675	W	-99.0000	2265	0	ACT
2	1	2013-01-01 00:...	19.4775	W	-99.0000	2265	0	ACT
3	1	2013-10-18 22:...	19.4875	W	-99.2247	2265	0	ACT
4	1	2013-10-18 22:...	19.4974	W	-99.2246	2263	1	ACT
5	1	2013-10-18 22:...	19.4907	W	-99.2245	2265	0	ACT
6	1	2013-10-18 22:...	19.5174	W	-99.2246	2277	0	ACT
7	1	2013-10-18 22:...	19.5274	W	-99.2245	2279	0	ACT
8	1	2013-10-18 22:...	19.5373	W	-99.2244	2279	0	ACT
9	1	2013-10-18 22:...	19.5474	W	-99.2245	2279	0	ACT
10	1	2013-10-18 22:...	19.5574	W	-99.2245	2282	0	ACT
11	2	2013-01-10 00:...	19.4675	W	-99.0000	2265	0	ACT
12	2	2013-01-01 00:...	19.4775	W	-99.0000	2265	0	ACT
13	2	2013-10-18 22:...	19.4875	W	-99.2247	2265	0	ACT
14	2	2013-10-18 22:...	19.4974	W	-99.2246	2263	1	ACT
15	2	2013-10-18 22:...	19.4907	W	-99.2245	2265	0	ACT
16	2	2013-10-18 22:...	19.5174	W	-99.2246	2277	0	ACT
17	2	2013-10-18 22:...	19.5274	W	-99.2245	2279	0	ACT
18	2	2013-10-18 22:...	19.5373	W	-99.2244	2279	0	ACT
19	2	2013-10-18 22:...	19.5474	W	-99.2245	2279	0	ACT
20	2	2013-10-18 22:...	19.5574	W	-99.2245	2282	0	ACT

Ilustración 39. Fig. Base de datos alimentada.

Se presentan los registros que se obtienen de la terminal serial de la computadora, a partir del código mostrado en el apartado anterior, recordemos que dicho código se realizó en un lenguaje C adaptado para dispositivos micro controlados con ATmega 328u, que fue nuestro caso.

Es importante comentar que el uso de la librería “TinyGPS.h” desarrollada por “Mikal Hart”, que permite convertir las cadenas NEMEA en coordenadas de posicionamiento global, fue de gran ayuda, ya que maneja funciones específicas para el control del directo del hardware gps.



Asimismo en el caso de la aplicación gráfica realizada en C#, la librería “Gmap.NET”, propia de la suite Visual Studio, también fue fundamental en la realización de este proyecto, por las clases y métodos que permitieron reducir bastante el tiempo de programación.

Tecnologico de Estudios Superiores de Ecatepec  
Maestria en Ingenieria en Sistemas Computacionales  
Proyecto para obtener el Grado de Maestria  
'Monitoreo de Flotillas de Autotransporte mediante GPS'  
Emmanuel Tonatihu Juarez Velazquez

Inicializando memoria SD...

Latitud	Longitud	Fecha	Hora	Velocidad
19.65999	-99.03507	1/3/2016	24:49:45.0	0.167
19.65999	-99.03507	1/3/2016	24:49:56.0	0.074
19.65999	-99.03508	1/3/2016	24:50:6.0	0.185
19.65999	-99.03509	1/3/2016	24:50:17.0	0.093
19.65999	-99.03509	1/3/2016	24:50:27.0	0.056
19.65999	-99.03509	1/3/2016	24:50:38.0	0.037
19.65999	-99.03509	1/3/2016	24:50:48.0	0.130
19.65999	-99.03509	1/3/2016	24:50:59.0	0.093
19.65999	-99.03509	1/3/2016	24:51:9.0	0.204

Ilustración 40. Prueba de GPS desde terminal serial.

### Gestión del proyecto para su salida al público

En esta parte se muestra la codificación de los formularios más relevantes de la aplicación, incluyendo el script de la base de datos que se utilizó.

```
USE [RutasGPS]
GO
/***** Object: Table [dbo].[GPSDATA] Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[GPSDATA](
    [DATE] [datetime] NULL,
```



```
[TIME] [datetime] NULL,  
[VALID] [nvarchar](255) NULL,  
[LATITUDE] [float] NULL,  
[N/S] [nvarchar](255) NULL,  
[LONGITUDE] [float] NULL,  
[E/W] [nvarchar](255) NULL,  
[HEIGHT(m)] [float] NULL,  
[SPEED(km/h)] [float] NULL,  
[DISTANCE(m)] [float] NULL  
  
) ON [PRIMARY]  
  
GO  
  
/***** Object: Table [dbo].[tbl_Routes]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/  
  
SET ANSI_NULLS ON  
  
GO  
  
SET QUOTED_IDENTIFIER ON  
  
GO  
  
CREATE TABLE [dbo].[tbl_Routes](  
    [IdRou] [int] NOT NULL,  
    [CouStart] [nchar](50) NULL,  
    [RStart] [nchar](50) NULL,  
    [CouEnd] [nchar](50) NULL,  
    [REnd] [nchar](50) NULL,  
    [Km] [numeric](18, 0) NULL,  
    [St] [nchar](10) NULL,  
    [DRec] [datetime] NULL,  
  
CONSTRAINT [PK_tb_Routes] PRIMARY KEY CLUSTERED  
  
(  
    [IdRou] ASC  
  
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,  
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
```



```
) ON [PRIMARY]

GO

/***** Object: Table [dbo].[tbl_Device]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/

SET ANSI_NULLS ON

GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON

GO

CREATE TABLE [dbo].[tbl_Device](
    [IdDev] [int] NOT NULL,
    [Model] [nchar](10) NULL,
    [Mark] [nchar](10) NULL,
    [serie] [nchar](10) NULL,
    [Descr] [nvarchar](50) NULL,
    [St] [nchar](10) NULL,
    [DRec] [datetime] NULL,
    CONSTRAINT [PK_tbl_Device] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IdDev] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO

/***** Object: Table [dbo].[tbl_Deviations borrar]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/

SET ANSI_NULLS ON

GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON

GO

CREATE TABLE [dbo].[tbl_Deviations borrar](
    [IdRecO] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [IdRou] [int] NULL,
```



```
[Date] [datetime] NULL,  
[RLat] [decimal](18, 4) NULL,  
[Position] [nchar](10) NULL,  
[RLong] [decimal](18, 4) NULL,  
[height] [int] NULL,  
[Speed] [int] NULL,  
[Distance] [decimal](18, 0) NULL,  
[St] [nchar](10) NULL,  
[DRec] [datetime] NULL  
  
) ON [PRIMARY]  
  
GO  
  
/***** Object: Table [dbo].[tbl_Vehicles]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/  
  
SET ANSI_NULLS ON  
  
GO  
  
SET QUOTED_IDENTIFIER ON  
  
GO  
  
CREATE TABLE [dbo].[tbl_Vehicles](  
    [IdVeh] [int] NOT NULL,  
    [Placas] [nchar](10) NULL,  
    [St] [nchar](10) NULL,  
    [DRec] [datetime] NULL,  
  
    CONSTRAINT [PK_tbl_Vehicles] PRIMARY KEY CLUSTERED  
  
(  
    [IdVeh] ASC  
  
) WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,  
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]  
  
) ON [PRIMARY]  
  
GO  
  
/***** Object: Table [dbo].[tbl_Users]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/  
  
SET ANSI_NULLS ON
```



```
GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON

GO

CREATE TABLE [dbo].[tbl_Users](

    [Iduser] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,

    [Nombre] [nvarchar](50) NULL,

    [Account] [nvarchar](16) NULL,

    [Password] [nvarchar](16) NULL,

    [St] [nvarchar](10) NULL,

    [FecReg] [datetime] NULL,

    CONSTRAINT [PK_tbl_Users] PRIMARY KEY CLUSTERED

(

    [Iduser] ASC

)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,

ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]

) ON [PRIMARY]

GO

/***** Object: Table [dbo].[tbl_Travel]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/

SET ANSI_NULLS ON

GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON

GO

CREATE TABLE [dbo].[tbl_Travel](

    [IdTra] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,

    [IdRou] [int] NULL,

    [IdVeh] [int] NULL,

    [IdDev] [int] NULL,

    [DescTra] [nvarchar](50) NULL,

    [St] [nvarchar](10) NULL,

    [DRec] [datetime] NULL,
```



```
CONSTRAINT [PK_tbl_Recorridos] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IdTra] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
GO

/***** Object: Table [dbo].[tbl_RouVeh]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[tbl_RouVeh](
    [IdVeh] [int] NOT NULL,
    [IdRou] [int] NOT NULL,
    [Observaciones] [nvarchar](4000) NULL,
    [St] [nchar](10) NULL,
    [DRec] [datetime] NULL,
CONSTRAINT [PK_tbl_RouVeh] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IdVeh] ASC,
    [IdRou] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
GO

/***** Object: Table [dbo].[tbl_RecOpt]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
```



GO

```
CREATE TABLE [dbo].[tbl_RecOpt](
    [IdRecO] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [IdRou] [int] NULL,
    [Date] [datetime] NULL,
    [RLat] [decimal](18, 4) NULL,
    [Position] [nvarchar](10) NULL,
    [RLong] [decimal](18, 4) NULL,
    [height] [int] NULL,
    [Speed] [int] NULL,
    [Distance] [decimal](18, 0) NULL,
    [St] [nvarchar](10) NULL,
    [DRec] [datetime] NULL,
    CONSTRAINT [PK_tbl_RecOpt] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IdRecO] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
    ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
```

GO

```
/***** Object: Table [dbo].[tbl_Access] Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/
```

```
SET ANSI_NULLS ON
```

GO

```
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
```

GO

```
CREATE TABLE [dbo].[tbl_Access](
    [IdAcc] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [IdUser] [int] NULL,
    [DAcc] [datetime] NULL,
    CONSTRAINT [PK_tbl_Access] PRIMARY KEY CLUSTERED
```



```
(
    [IdAcc] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
GO

/***** Object: View [dbo].[_Vw_Devices] Script Date: 01/07/2016 18:14:29 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE VIEW [dbo].[_Vw_Devices]
AS
SELECT * FROM tbl_Device
GO

/***** Object: StoredProcedure [dbo].[SP_Acceso] Script Date: 01/07/2016 18:14:25 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
--EXECUTE SP_Acceso 'VICA VIC', 'VICA VICS'
CREATE PROCEDURE [dbo].[SP_Acceso]
@User VARCHAR(16),
@Pws VARCHAR(16)
AS
BEGIN TRANSACTION Tran_Acceso
BEGIN
    IF (LEN(@User)=0)
    BEGIN
        SELECT -1 AS St, 'Introduzca el Usuario' AS Msg, NULL as IdUser, NULL AS Usuario
```



**MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**  
**MGFLEET, PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MONITOREO DE**  
**FLOTAS, BASADO EN GPS.**

---

```
ROLLBACK TRAN Tran_Acceso

END

ELSE

    IF (LEN(@Pws)=0)

        BEGIN

            SELECT -2 AS St, 'Introduzca el Password' AS Msg, NULL as IdUser, NULL AS Usuario

            ROLLBACK TRAN Tran_Acceso

        END

    ELSE

        BEGIN

            IF EXISTS (SELECT * FROM tbl_Users WHERE Account=@User AND Password=@Pws)

                BEGIN

                    DECLARE @IdAccNext INT

                    DECLARE @IdUser INT

                    DECLARE @Usuario NVARCHAR(50)

                    SET @IdAccNext=(SELECT ISNULL(MAX (IdAcc),0)+1 FROM tbl_Access)

                    SET @IdUser=(SELECT IdUser FROM tbl_Users WHERE Account=@User

AND Password=@Pws)

                    INSERT INTO tbl_Access(IdUser) VALUES (@IdUser)

                    IF EXISTS (SELECT * FROM tbl_Access WHERE IdUser=@IdUser)

                        BEGIN

                            SET @Usuario = (SELECT Nombre FROM tbl_Users WHERE

IdUser=@IdUser)

                            SELECT 2 AS St, 'Ingresando...' AS Msg, @IdUser as IdUser,

@Usuario AS Usuario

                            COMMIT TRAN Tran_Acceso

                        END

                    ELSE

                        ROLLBACK TRAN Tran_Acceso

                END

            END

        ELSE

            ROLLBACK TRAN Tran_Acceso

        END

    END

ELSE
```



```
BEGIN

                                SELECT -1 AS St, 'Su Cuenta de Acceso NO es valida.' AS Msg, NULL as
IdUser, NULL AS Usuario

                                ROLLBACK TRAN Tran_Acceso

END
```

```
END

GO

/***** Object: Table [dbo].[tbl_RecReal]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/

SET ANSI_NULLS ON

GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON

GO

CREATE TABLE [dbo].[tbl_RecReal](

    [IdRecR] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,

    [IdRou] [int] NULL,

    [IdDev] [int] NULL,

    [IdTra] [int] NULL,

    [INDEX] [int] NULL,

    [RCR] [nvarchar](1) NULL,

    [Date] [datetime] NULL,

    [TIME] [nvarchar](15) NULL,

    [VALID] [nvarchar](3) NULL,

    [RLat] [decimal](18, 4) NULL,

    [NS] [nchar](1) NULL,

    [RLong] [decimal](18, 4) NULL,

    [EW] [nchar](10) NULL,

    [height] [int] NULL,
```



**MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**  
**MGFLEET, PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MONITOREO DE**  
**FLOTAS, BASADO EN GPS.**

---

```
[Speed] [int] NULL,  
[Distance] [decimal](18, 0) NULL,  
[St] [nvarchar](10) NULL,  
[DRec] [datetime] NULL,  
CONSTRAINT [PK_tbI_Records] PRIMARY KEY CLUSTERED  
(  
    [IdRecR] ASC  
) WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,  
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]  
) ON [PRIMARY]  
GO  
/***** Object: View [dbo].[Vw_TravelsVsRoutes]  Script Date: 01/07/2016 18:14:29 *****/  
SET ANSI_NULLS ON  
GO  
SET QUOTED_IDENTIFIER ON  
GO  
CREATE VIEW [dbo].[Vw_TravelsVsRoutes]  
AS  
SELECT  
    R.IdRou,  
    T.IdVeh,  
    DescTra + ' >>>> Inicia ' + RTRIM(CouStart) + ' - ' + RTRIM(RStart) + ' Termina:' + RTRIM(CouEnd)  
+ ' - ' + RTRIM(REnd) AS DescRout  
    FROM dbo.tbI_Travel T INNER JOIN tbI_Routes R      ON T.IdRou=R.IdROU  
GO  
/***** Object: View [dbo].[VW_Travels]  Script Date: 01/07/2016 18:14:29 *****/  
SET ANSI_NULLS ON  
GO  
SET QUOTED_IDENTIFIER ON  
GO
```



**MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**  
**MGFLEET, PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MONITOREO DE**  
**FLOTAS, BASADO EN GPS.**

---

--SELECT \* FROM VW\_Travels

CREATE VIEW [dbo].[VW\_Travels]

AS

/\*28noviembre2013\*/

SELECT

T.IdTra,

RTRIM([' ' + CONVERT(CHAR(10),T.IdTra) + ' ] -- ' + T.DescTra as DescTra,

T.idRou,

V.IdVeh,

V.Placas,

D.IdDev,

RTRIM(D.Model) + RTRIM(D.Mark) + D.Serie + D.Descr as Descr,

RTRIM([' ' + CONVERT(CHAR(10),R.IdRou) + ' ] -- ' + RTRIM(CouStart) + ' ' + RTRIM(RStart)+ ' ' +  
RTRIM(CouEnd)+ ' ' + RTRIM(REnd) + 'Km: ' + RTRIM(CONVERT(CHAR(10),R.Km)) as Ruta

FROM dbo.tbl\_Travel T INNER JOIN tbl\_Vehicles V ON T.IdVeh=V.IdVeh

INNER JOIN tbl\_Device D ON D.IdDev=T.IdDev

INNER JOIN tbl\_Routes R ON R.IdRou=T.IdRou

WHERE T.St='ACT'

AND V.St='ACT'

AND R.St='ACT'

GO

/\*\*\*\*\*\* Object: StoredProcedure [dbo].[VW\_RoutesVehicles] Script Date: 01/07/2016 18:14:25 \*\*\*\*\*/

SET ANSI\_NULLS ON

GO

SET QUOTED\_IDENTIFIER ON

GO

--EXEC VW\_RoutesVehicles 1

CREATE PROCEDURE [dbo].[VW\_RoutesVehicles]



```
@IdRou int

AS

        SELECT V.* FROM dbo.tbl_RouVeh RV INNER JOIN tbl_Vehicles V ON RV.IdVeh=V.IdVeh

        WHERE RV.IdRou =@IdRou

GO

/***** Object: View [dbo].[VW_RecordsReales]  Script Date: 01/07/2016 18:14:29 *****/

SET ANSI_NULLS ON

GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON

GO

CREATE VIEW [dbo].[VW_RecordsReales]

AS

SELECT RO.IdRou, RO.IdRecR, RO.Date, RO.RLat, RO.RLong, RO.EW, RO.Height, RO.Speed, RO.Distance

FROM dbo.tbl_RecReal RO INNER JOIN Vw_TravelsVsRoutes VW_TR ON VW_TR.IdRou=RO.IdRou

GO

/***** Object: View [dbo].[VW_RecordsOptimos]  Script Date: 01/07/2016 18:14:29 *****/

SET ANSI_NULLS ON

GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON

GO

CREATE VIEW [dbo].[VW_RecordsOptimos]

AS

        SELECT RO.IdRou, RO.IdRecO, RO.Date, RO.RLat, RO.RLong, RO.Position, RO.Height, RO.Speed,

        RO.Distance FROM dbo.tbl_RecOpt RO INNER JOIN Vw_TravelsVsRoutes VW_TR ON VW_TR.IdRou=RO.IdRou

GO

/***** Object: Table [dbo].[tbl_PatVsRec]  Script Date: 01/07/2016 18:14:28 *****/

SET ANSI_NULLS ON

GO

SET QUOTED_IDENTIFIER ON

GO
```



```
CREATE TABLE [dbo].[tbl_PatVsRec](
    [IdRecO] [int] NOT NULL,
    [IdRecR] [int] NOT NULL,
    [St] [nchar](10) NULL,
    [DRec] [datetime] NULL,
CONSTRAINT [PK_tbl_PatVsRec] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [IdRecO] ASC,
    [IdRecR] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
GO

/***** Object: StoredProcedure [dbo].[SP_InsRecReales]  Script Date: 01/07/2016 18:14:25 *****/
SET ANSI_NULLS OFF
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER OFF
GO
--execute [SP_InsRecReales] 1,1000,1,1, '1','2013/10/20','1','1',      2.0,'1',2.1,'1', 2.3,2.3,2.3

CREATE PROCEDURE [dbo].[SP_InsRecReales]
    @IdRou int,
    @IdDev int,
    @idTra Int,
    @INDEX int,

    @RCR Nvarchar(1),
    @DATE Nvarchar(10),
    @TIME Nvarchar(15),
    @VALID Nvarchar(3),
```



# MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

## MGFLEET, PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MONITOREO DE FLOTAS, BASADO EN GPS.

```
@Latitude DECIMAL(18,6),
@NS Nvarchar(1),
@Longitud decimal(18,6),
@EW Nvarchar(1),
@HEIGHT DECIMAL(18,6),
@SPEED DECIMAL(18,2),
@DISTANCE DECIMAL(18,3)
AS
SET DATEFORMAT 'YMD'
-- 21 LIBRES DE 9 -7 SUELDO LIBRE
-- 5554150613
-- smartinez@elektra.com.mx
BEGIN TRANSACTION Tran_InsRecRelales
BEGIN
    DECLARE @IdAccNext INT
    SET @IdAccNext=(SELECT ISNULL(MAX (IdRecR),0)+1 FROM tbl_RecReal)
    IF (LEN(@INDEX)=0 OR LEN(@RCR)=0 OR LEN(@Date)=0 OR LEN(@TIME)=0 OR
    LEN(@VALID)=0 OR LEN(@Latitude)=0 OR LEN(@NS)=0 OR LEN(@Longitud)=0 OR LEN(@EW)=0 OR
    LEN(@height)=0 OR LEN(@Speed)=0 OR LEN(@Distance)=0)
    BEGIN
        SELECT -1 AS St, 'Uno de los Valores esta Vacacion INDEX,RCR,Date,
        TIME,VALID,Rlat,NS,Rlong,EW, height,Speed, Distance' AS Msg, NULL as IdUser, NULL AS Usuario
        ROLLBACK TRAN Tran_InsRecRelales
    END
    ELSE
        BEGIN
            INSERT INTO tbl_RecReal (IdRou, IdDev, IdTra,[INDEX],RCR,Date,
            [TIME],VALID,Rlat,NS,Rlong,EW, height,Speed, Distance)
            VALUES(@IdRou, @IdDev, @IdTra, @INDEX, @RCR, @DATE,
            CONVERT(VARCHAR(10), convert(datetime, @DATE, 102), 103)
            , @VALID, @Latitude, @NS, @Latitude, @EW, @HEIGHT, @SPEED, @DISTANCE)
```



```
IF EXISTS (SELECT * FROM tbl_RecReal WHERE IdRecR=@IdAccNext)
BEGIN

    COMMIT TRAN Tran_InsRecRelales

END

ELSE

BEGIN

SELECT -2 AS St, 'No se inserto el registro' AS Msg, NULL as IdUser, NULL

AS Usuario

    ROLLBACK TRAN Tran_InsRecRelales

END

END

END
```



En esta ventana se muestra el código usado para realizar la conexión con la base de datos

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;

namespace ClassCDatos
{
    /// <summary>
    /// Clase 1. Clase de definicion de Conexiones.
    /// </summary>
    class ClassConnSQL
    {
        static string _conn = "DataBase=RutasGPS;Server=INFRAMUNDO;User Id=sa; password=saas:";
        public static string CadenaConexion
        {
            get{return _conn;}
        }
    }
}
```

Ilustración 41. Código de Conexión a la BD.

Aquí se aprecia un segmento del código que realiza la conexión de tipo serial con el hardware a partir de un puerto COM.

```
namespace WinSysTrack_GPS
{
    public partial class FrmDeviceGPS : Form
    {
        DataTable _dtTravels=new DataTable();
        ClassALogica _classALogica;
        public FrmDeviceGPS()
        {
            _classALogica = new ClassCHegocio.ClassALogica();
            InitializeComponent();
            SearchConn();
        }
        private void SearchConn ()
        {
            try
            {
                serialPort1.Open();
                txtConnect.AppendText(DateTime.Now.ToShortTimeString() + " Conexion Exitosa (GPS)" + Environment.NewLine );
                txtConnect.ForeColor = Color.Green;
                this.btnConnect.Enabled = false;
            }
            catch (Exception _ex)
            {
                SearchNotConn(_ex.Message);
            }
        }
    }
}
```

Ilustración 42. . Conexión con el dispositivo GPS en puerto COM.



En esta pantalla se visualiza parte del código de la configuración inicial de los parámetros hacia la base de datos.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace WinSysTrack_GPS
{
    public partial class FrmTracking : Form
    {
        ClassCNegocio.ClassALogica _classALogica = null;
        double _porcTolerancia = 0;
        public FrmTracking()
        {
            InitializeComponent();
            _classALogica = new ClassCNegocio.ClassALogica();
        }

        private void FrmTracking_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            this.cmbRecorrido.Text = "Seleccione una Ruta...!";
            this.cmbRecorrido.DataSource = _classALogica.ObtenerRutas();
            this.cmbRecorrido.ValueMember = "IdRou";
            this.cmbRecorrido.DisplayMember = "DescRou";
            this.TxtResumenOpt.Text = "1";
            this.cmbRecorrido.Text = "Seleccione un Elemento...!";
        }

        private void cmbRecorrido_SelectionChangeCommitted(object sender, EventArgs e)
        {
            ...
        }
    }
}
```

Ilustración 43. Configuración de parámetros.

Ahora se muestra el código para la realización de los cálculos de las distancias entre los puntos de la ruta ideal y los puntos de la ruta real, empleando el método de Vincenty por ofrecer resultados más precisos.

```
return ClassDatos.ClassAccDatos.ObtenerRegistrosRealesRuta (idRou);
}
public double Distancia(double LatOpt, double LonOpt, double LatReal, double LonReal, char unit)
{
    double deg2radMultiplier = Math.PI / 180;
    LatOpt = LatOpt * deg2radMultiplier;
    LonOpt = LonOpt * deg2radMultiplier;
    LatReal = LatReal * deg2radMultiplier;
    LonReal = LonReal * deg2radMultiplier;

    double radius = 6378.137; // earth mean radius defined by WGS84
    double dlon = LonReal - LonOpt;
    double distance = Math.Acos(Math.Sin(LatOpt) * Math.Sin(LatReal) + Math.Cos(LatOpt) * Math.Cos(LatReal) * Math.Cos(dlon)) * radius;

    if (unit == 'K')
    {
        return (distance);
    }
    else if (unit == 'M')
    {
        return (distance * 0.621371192);
    }
    else if (unit == 'N')
    {
        return (distance * 0.539956803);
    }
    else
    {
        return 0;
    }
}
```

Ilustración 44. Cálculo de distancias por método de Vincenty.



Ahora se tiene el código que extrae los datos almacenados en la memoria SD del sistema, para posteriormente almacenarlos en la base de datos.

```
for (int i = 0; i < strArr.Length; i++)
{
    string strTemp = strArr[i];
    string[] lineArr = strTemp.Split(',');
    if (lineArr[0] == "GPSGA")
        //if (lineArr[0] == "GPRSV")
        {
            try
            {
                //Latitude
                Double dLat = Convert.ToDouble(lineArr[2]);
                dLat = dLat / 100;
                string[] lat = dLat.ToString().Split('.');
                Latitude = lineArr[3].ToString() + lat[0].ToString() + "." + ((Convert.ToDouble(lat[1]) / 60)).ToString("#####");

                //Longitude
                Double dLon = Convert.ToDouble(lineArr[4]);
                dLon = dLon / 100;
                string[] lon = dLon.ToString().Split('.');
                Longitude = lineArr[5].ToString() + lon[0].ToString() + "." + ((Convert.ToDouble(lon[1]) / 60)).ToString("#####");

                //Display
                this.txtLatReal.Text = Latitude;
                this.txtLonReal.Text = Longitude;
            }
            catch (Exception _ex)
            {
                this.txtLatReal.Text = "GPS Unavailable";
                this.txtLonReal.Text = "GPS Unavailable";
            }
        }
}
```

Ilustración 45. Extracción de Datos.

Se presentan dos pantallas con segmento del código que permite realizar la ubicación de los puntos obtenidos, en un mapa de la api de Google, como ya se mencionó con anterioridad, se utilizó la librería “GMap”, propietaria de la suite de Visual.Net, para facilitar esta tarea.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

using GMap.NET;
using GMap.NET.MapProviders;
using GMap.NET.WindowsForms;
using GMap.NET.WindowsForms.Markers;

namespace WinSysTrack_GPS
{
    public partial class FrmMapas : Form
    {
        DataGridView_dataGridView;
        public FrmMapas(DataGridView_dataGridView0)
        {
            InitializeComponent();
            _dataGridView = _dataGridView0;
        }

        private void FrmMapas_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            try
            {
                PointLatLng start;
                PointLatLng end;
            }
        }
    }
}
```

Ilustración 46. Generación de Mapas.



# MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES MGFLEET, PROPUESTA DE APLICACIÓN PARA EL MONITOREO DE FLOTAS, BASADO EN GPS.

```
//-----  
z = new GMapRoute(route.Points, "My route");  
//-----  
routesOverlay = new GMapOverlay("routes");  
routesOverlay.Routes.Add(r);  
gMapControl1.Overlays.Add(routesOverlay);  
gMapControl1.UpdateRouteLocalPosition(r);  
  
GraficaMapa();  
System.Net.IPHostEntry e1 = System.Net.Dns.GetHostEntry("8.8.8.8");  
  
gMapControl1.MapProvider = GMap.NET.MapProviders.GoogleMapProvider.Instance;  
  
// mapcontrol.SetCurrentPositionByKeywords("");  
gMapControl1.MinZoom = 3;  
gMapControl1.MaxZoom = 19;  
gMapControl1.Zoom = 11;  
gMapControl1.Manager.Mode = AccessMode.ServerAndCache;  
  
int _noFilas = _dataGridView.Rows.Count - 1;  
double _latOptIni = 0;  
double _lonOptIni = 0;  
double _latOptFin = 0;  
double _lonOptFin = 0;  
PointLatLng start;  
PointLatLng end;  
  
double _latMarcoOptIni = double.Parse(_dataGridView.Rows[0].Cells[3].Value.ToString());
```

Ilustración 47. Generación de Mapas.

Ahora se muestra parte del código que genera las “marcas” en el mapa geo referenciado, estas marcas están asociadas con las coordenadas en “rojo”, las cuales presentan alguna desviación mayor a la especificada.

```
double _lonMarcoOptFin = double.Parse(_dataGridView.Rows[_noFilas].Cells[4].Value.ToString());  
  
/*COLOCA MARCAS EN EL MAPA*/  
GMapOverlay markerOverlays = new GMapOverlay(gMapControl1, "overlay");  
markerOverlays.Markers.Add(new GMap.NET.WindowsForms.Markers.GMapMarkerGoogleGreen(new PointLatLng(_latMarcoOptIni,  
gMapControl1.Overlays.Add(markerOverlays);  
markerOverlays.Markers.Add(new GMap.NET.WindowsForms.Markers.GMapMarkerGoogleGreen(new PointLatLng(_latMarcoOptFin,  
gMapControl1.Overlays.Add(markerOverlays);  
  
int _item = 1;  
foreach (DataGridViewRow _row in _dataGridView.Rows)  
{  
  
    _latOptIni = double.Parse(_row.Cells[3].Value.ToString());  
    _lonOptIni = double.Parse(_row.Cells[4].Value.ToString());  
    start = new PointLatLng(_latOptIni, _lonOptIni);  
  
    if (_item < _dataGridView.Rows.Count)  
    {  
        _latOptFin = double.Parse(_dataGridView.Rows[_item].Cells[3].Value.ToString());  
        _lonOptFin = double.Parse(_dataGridView.Rows[_item].Cells[4].Value.ToString());  
    }  
    else  
    {  
        _latOptFin = _latOptIni;  
        _lonOptFin = _lonOptIni;  
    }  
    end = new PointLatLng(_latOptFin, _lonOptFin);
```

Ilustración 48. Creación de Marcas en el Mapa.



Aquí se muestra el código que define la trayectoria sobre el mapa y la dibuja para su visualización directa.

```
end = new PointLatLng(_latOptFin, _lonOptFin);

/*DEFINE LA TRAYECTORIA DE UNA RUTA*/
qMapControl.Position = new PointLatLng(_latOptIni, _lonOptIni);
MapRoute route = GMap.NET.MapProviders.GoogleMapProvider.Instance.GetRouteBetweenPoints(start, end, true, false);
GMapRoute r = new GMapRoute(route.Points, "r");
GMapOverlay routeOverlay = new GMapOverlay(qMapControl, "routeOverlay1");
routeOverlay.Routes.Add(r);
qMapControl.Overlays.Add(routeOverlay);
_item++;
}
}
catch (Exception _ex)
{
    qMapControl.Manager.Mode = AccessMode.CacheOnly;
    MessageBox.Show(_ex.Message, "System Smart Tracking GPS", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
}

private void GraficaMapa()
{
    double _latOptIni = 0;
    double _lonOptIni = 0;
    double _latOptFin = 0;
    double _lonOptFin = 0;
}
```

Ilustración 49. Definición de trayectoria de ruta.

Finalmente, se exponen dos ejemplos de prueba de mapas resultantes en dos rutas definidas, la trayectoria se ha pintado en color negro para una mejor visualización.

IdRou	IdReo	Date	RLat	RLong	Position	Height	Speed	Distance
1	4	18/10/2019	19.4974	-99.2246	W	2263	1	13
1	5	18/10/2019	19.4507	-99.2245	W	2265	0	14
1	6	18/10/2019	19.5174	-99.2246	W	2277	0	15
1	7	18/10/2019	19.5274	-99.2245	W	2279	0	12
1	8	18/10/2019	19.5373	-99.2244	W	2279	0	11
1	9	18/10/2019	19.5474	-99.2245	W	2279	0	11
1	10	18/10/2019	19.5574	-99.2246	W	2279	0	11

IdRou	IdReo	Date	RLat	RLong	EW	Height	Distance
1	5	18/10/2019	19.4674	-99.2245	W	2279	12
1	6	18/10/2019	19.4673	-99.2244	W	2279	11
1	7	18/10/2019	19.4674	-99.2245	W	2279	11
1	8	18/10/2019	19.4674	-99.2245	W	2282	4
1	9	18/10/2019	19.4673	-99.2246	W	2283	18
1	10	18/10/2019	19.4674	-99.2245	W	2283	15

LatOptima	LongOptima	LatReal	LongReal	DevMetros
19.4675	-99.0000	19.4075	-99.2247	15.2330727399...
19.4775	-99.0000	19.4075	-99.2247	15.4354536270...
19.4875	-99.2247	19.4075	-99.2247	5.53365797486...
19.4974	-99.2246	19.4075	-99.2247	6.218951169554...
19.4507	-99.2245	19.4075	-99.2247	2.98820378650...
19.5174	-99.2246	19.4075	-99.2247	7.60186544043...
19.5274	-99.2245	19.4075	-99.2247	8.20358014657...
19.5373	-99.2244	19.4075	-99.2247	8.57838137981...
19.5474	-99.2245	19.4075	-99.2247	8.42860313791...

Ilustración 50. Mapa resultante.



Si se requiere hacer un zoom de acercamiento, se puede utilizar el control que está incorporado en el mapa, tal y como se usa en un mapa convencional de Google.

Trayectoria Optima: 10 Filas: 10 Filas: 10 Filas

IdRou	IdRecO	Date	RLat	RLong	Post
2	11	10/01/2013	19.4675	-99.0000	W
2	12	01/01/2013	19.4775	-99.0000	W
2	13	18/10/2013 10:...	19.4875	-99.2247	W
2	14	18/10/2013 10:...	19.4974	-99.2246	W
2	15	18/10/2013 10:...	19.4507	-99.2245	W
2	16	18/10/2013 10:...	19.5174	-99.2246	W

Trayectoria Real: 28 Filas: 14 Filas: 28 Filas

IdRou	IdRecR	Date	RLat	RLong	EW
2	15	18/10/2013	19.4675	-99.2247	W
2	16	18/10/2013	19.4674	-99.2246	W
2	17	18/10/2013	19.4673	-99.2245	W
2	18	18/10/2013	19.4674	-99.2246	W
2	19	18/10/2013	19.4674	-99.2245	W
2	20	18/10/2013	19.4673	-99.2244	W

Desviacion de Trayectoria: 10 Filas: 10 Filas: 10 Filas

LatOptima	LongOptima	LatReal	LongReal	DesvMetros
19.4675	-99.0000	19.4675	-99.2247	14.854077469372...
19.4775	-99.0000	19.4675	-99.2247	14.6699618622...
19.4875	-99.2247	19.4675	-99.2247	1.38341449408...
19.4974	-99.2246	19.4675	-99.2247	2.0682149487356...
19.4507	-99.2245	19.4675	-99.2247	1.16214138055...
19.5174	-99.2246	19.4675	-99.2247	3.45162532074...
19.5274	-99.2245	19.4675	-99.2247	4.14334693160...
19.5373	-99.2244	19.4675	-99.2247	4.82815620700...
19.6434	-99.2316	19.4675	-99.2313	6.876386386413...

Ocurrió una desviacion

Ilustración 51. Mapa Resultante.

Como se ha podido apreciar, el desarrollo de MGFLEET se encuentra basado en un modelo de creación de software en conjunto con el dispositivo receptor de GPS y las implicaciones electrónicas que esto implica, lo que hace de este proyecto una síntesis de varias disciplinas tal como el enfoque multidisciplinario en distintas áreas de estudio lo demanda en la actualidad.



## CONCLUSIONES

Una vez alcanzados los objetivos del presente trabajo, tras la fundamentación teórica y metodológica; y después de haber realizado las pruebas pertinentes con el hardware y el software, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- El uso de la tecnología GPS, se mantiene vigente y es confiable para fines de localización y monitoreo de vehículos.
- Con ayuda de dispositivos electrónicos embebidos, se pueden potenciar las bondades de los receptores de señal GPS, que día a día tienden a menor escala y los vemos integrados en dispositivos más pequeños que consumen un mínimo de voltaje.
- Actualmente el uso de dispositivos GPS en línea es mucho más económico que en sus inicios, por lo que las grandes y medianas empresas e industrias, suelen no tener inconvenientes por invertir en un sistema que es ampliamente rentable; sin embargo el esquema fuera de línea puede ser aún atractivo para pequeñas empresas que no contemplan gastos por este concepto.
- Muchos de los lenguajes de programación actuales incorporan en sus librerías, el soporte para trabajo con dispositivos receptores de señal GPS, por lo que hoy en día es mucho más accesible el desarrollo de aplicaciones de calidad con una excelente relación costo beneficio para los desarrolladores e integradores de proyectos.



- Como era lógico en un proyecto con aplicación en mapas geo referenciados, no se podía dejar de lado el análisis matemático ya que los cálculos realizados fueron indispensables para finalizar este proyecto de investigación.
- Finalmente se concluye mencionando la satisfacción personal de haber aportado una solución tecnológica, que resuelve una problemática real a nivel empresarial, aplicando tecnología reciente e integrando diversas áreas de la ingeniería para llegar a la solución deseada.



## **Bibliografía**

- Antichán, M. M. (2009). Posicionamiento global aplicado al tráfico inteligente para organismos de emergencia. *Télématique*, 56 - 69.
- Arnalich, S., & Urruela, J. (2012). *GPS, Google Earth y Cooperación. Cómo crear, compartir y colaborar con mapas en la red*. s/l: Arnalich: Water and Habitat.
- De la Cuadra, S. e. (2013). *Sistema de Gestión de flota a través de GPS*. Santiago de Chile: Universidad UCINF. Facultad de Ingeniería.
- Eckkrammer, E. (2009). *La comparación en los lenguajes de especialidad*. Alemania: Frank and Timme.
- González, F. (25 de 11 de 2014). *Slideshare*. Obtenido de Proyecto de Título Sistema de Gestión de Flota a Través de GPS:  
<http://es.slideshare.net/franciscogonzalezmillan1/presentacin-proyecto-de-titulo-sistema-de-gestion-de-flota-a-traves-de-gps>
- Gordo, C. (2014). *Sistema de Planos acotados y sus aplicaciones*. España: Cultiva Libros.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2011). *Micro, pequeña y mediana empresa. Estratificación de los establecimientos*. México, D.F.: INEGI.
- Jensel, G. (. (2015). *Information fusion and geographic information system (IFGYS'2015)*. Rusia, San Petesburgo: Springer.
- Letham, L. (2001). *Uso del Sistema de Posicionamiento Global*. Barcelona: Paidotribo.
- McGuiggan, P. (2004). *GPR in practice a companion to in the specifications*. USA: Wiley.
- Moncada, C. B. (2005). Modelo de estructura empresarial para el transporte público colectivo. *Universitas Psychological*, 325 - 337.
- Montoya, J. (2003). Planeación del transporte y enrutamiento de vehículos en sistemas de producción. Panorama actual de trabajos y algunas proposiciones. *Ingeniería y desarrollo*, Barranquilla, Colombia.
- Mozos, J. M. (2007). Optimización de flotas de vehículos, una herramienta para incrementar la eficiencia. *Universia Business Review [on line]*, 16.



- Organización Panamericana de la Salud. (2001). *Logística y gestión de servicios humanitarios en el sector salud*. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud/OMS.
- Pardue, J. (2005). *C Programming for Microcontrollers: Featuring ATMEL's AVR Butterfly and the Free WinAVR Compiler*. USA: Smiley Micros.
- Posada, J. y. (2012). Búsqueda tabú para el ruteo de vehículos. *Ingeniería Industrial*, 29 - 43.
- Ramos, A. (2011). *Aplicaciones Web*. España: Sistemas Microinformáticos y Redes.
- REDUSERS.com. (s/a). Capítulo 3. Conectividad no inalámbrica. *USERS*.
- Serna, E. (2010). Métodos formales en ingeniería de software. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 1 - 26.
- Valdés, P. F., & Pallás, A. R. (2007). *Microcontroladores: Fundamentos y aplicaciones con PIC*. España: Marcombo.



## Anexos

### ANEXO 1

#### Hoja de especificaciones del receptor GPS U-blox Neo-6M

## NEO-6

### u-blox 6 GPS Modules

#### Data Sheet

#### Abstract

Technical data sheet describing the cost effective, high-performance u-blox 6 based NEO-6 series of GPS modules, that brings the high performance of the u-blox 6 positioning engine to the miniature NEO form factor.

These receivers combine a high level of integration capability with flexible connectivity options in a small package. This makes them perfectly suited for mass-market end products with strict size and cost requirements.



16.0 x 12.2 x 2.4 mm



GPS

locate, communicate, accelerate

[www.u-blox.com](http://www.u-blox.com)





## ANEXO 2

### Hoja de especificaciones de microcontrolador ATmega 328u de ATMEL



ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

#### ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH

##### Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller Family
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
  - 256/512/512/1KBytes EEPROM
  - 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® library support
  - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
  - QTouch and QMatrix® acquisition
  - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
    - Temperature Measurement
  - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
    - Temperature Measurement
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I<sup>2</sup>C compatible)
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change



Atmel-527125-AVR- ATmega-Datasheet\_1102015



## ANEXO 3

### Hoja de especificaciones del módulo lector de memorias SD

#### WTV020-SD MODULE

WTV020-SD-20S and WTV020-SD-16P

1.PRODUCT FEATURES .....	2
3.APPLICATION DIAGRAM.....	3
4.APPLICATIONS .....	3
5.PINS .....	4
5.1.WTV020-SD-20S .....	4
5.2.WTV020-SD-16P .....	5
6.MODULE SELECTION.....	5
7.CONTROL MODES .....	6
7.1.MP3 MODE .....	6
7.1.1. ON/OFF(PALY/STOP) .....	6
7.1.2.NEXT .....	6
7.1.3.PREVIOUS .....	7
7.2. KEY ( 3 group of voice ) .....	7
7.2.1. EDGE RETRIGGER .....	7
7.3.KEY(5 group of voice).....	8
7.3.1. ALL KEYS ARE EDGE RETRIGGER .....	8
7.3.2.EDGE RETRIGGER TIMING WAVEFORM .....	8
7.3.3.ALL KEYS ARE ON/OFF(unloop) .....	9
7.3.4. ALL KEYS ARE ON/OFF(unloop) TIMING WAVEFORM .....	9
7.3.5. ALL EKYS ARE ON/OFF (loop) .....	9
7.3.6. ON/OFF(loop) TIMING WAVEFORM .....	9
7.4.LOOP PLAY AFTER POWER ON .....	10
7.4.1.EDGE TRIGGER TO PAUSE/PLAY .....	10
7.4.2. EDGE TIRGGER TO PAUSE/PLAY TIMING WAVEFORM .....	10
7.4.3.LEVEL TRIGGER TO PAUSE/PLAY .....	11
7.4.4.LEVEL TRIGGER TO PAUSE/PLAY TIMING WAVEFORM .....	11
7.5.TWO LINE SERIAL MODE .....	11
7.5.1. FUNCTION IN TWO LINE SERIAL MODE .....	11





## ANEXO 4

Contenido de la librería Tiny GPS





## ANEXO 5

Información de la librería GMap.NET del IDE de programación Visual .NET

