



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

**“Uso de GPS en el sistema de detección de fugas por
medio de termometría”**

TRABAJO ESCRITO

PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO EN COMPUTACION

BAJO LA MODALIDAD:

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

P R E S E N T A :

MARCO ANTONIO DELGADO ACOSTA

**DIRECTOR DE TESIS
DR. JUAN MANUEL LOPEZ CARRETO**

**ASESOR EXTERNO
DR. SERGIY SADOVNYCHIY**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, Gema Acosta Pérez, Marco Antonio Delgado Alvarado y a mi hermana, Yadira Harumi Delgado Acosta, quienes han sido para mi un ejemplo de vida, me han apoyado y han seguido paso a paso el desarrollo de mi carrera profesional, brindándome siempre su amor además de alentarme en todo momento a ser una mejor persona.

Gracias por estar incondicionalmente conmigo.

A mis primos y hermana: Cada uno de ellos tienen ideas y vidas distintas, sin embargo, por el amor que les tengo y la confianza que me brindan estoy seguro que este trabajo es solo el primero de muchos. Mi mayor deseo es que en su vida exista espacio en primer lugar para la alegría y después la llenen de sabiduría.

Marco Antonio Delgado Acosta

Agradecimientos

Este trabajo implicó un gran esfuerzo, fueron 6 meses de un constante y paulatino crecimiento, hoy satisfactorio. Agradezco a todas las personas que están conmigo y me apoyan.

Al Dr. Juan Manuel López Carreto el apoyo, el tiempo y el trabajo que dedicó en este proyecto de titulación, quien ha sido mi profesor, asesor y amigo a lo largo de la carrera, en la vida profesional y personal, compartiendo conmigo sus conocimientos y regalándome siempre un consejo que me pone a pensar en nuevas y mejores expectativas.

A Dr. Sergiy Sadovnychiy por confiar en mi e integrarme en su equipo de trabajo, brindándome las facilidades para desarrollar y concluir satisfactoriamente este trabajo.

A la M. en I. Arcelia Bernal Díaz quien dedicó tiempo de su vida en enseñarme no solo cómo emprender buenos proyectos de ingeniería sino también a emprender una vida llena de éxitos.

A mi padre Marco Antonio Delgado Alvarado, el amor, la educación, el apoyo, los consejos y las alegrías que me ha dado. Me regalo muestras de sabiduría, inteligencia, trabajo, responsabilidad y la mejor de ellas es el amor que una padre le debe a sus hijos y esposa.

A mi madre Gema Acosta Pérez, la confianza, el cariño y la educación moral y social que me ha dado toda mi vida. Gracias por enseñarme a descubrir el mundo, ver lo bueno y malo de el, y tomar siempre la mejor decisión.

A mis tíos y abuelos, porque siempre me han querido como si fuera su hijo, me han dado la mano para levantarme de mis errores y fracasos, y siempre han tenido palabras de aliento en mis aciertos.

A mi *alma mater*, la Universidad Nacional Autónoma de México porque aquí conocí amigos y profesores que fueron la base de mis estudios.

Marco Antonio Delgado Acosta

INDICE

RESUMEN	7
<u>1 INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>8</u>
1.1 PROBLEMÁTICA GENERAL.....	8
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
1.3 DERECHO DE VÍA.....	11
1.4 DETECCIÓN TEMPRANA DE POSIBLES TOMAS CLANDESTINAS	13
1.5 DERRAME DE HIDROCARBUROS.....	13
1.6 DATOS SOBRE PÉRDIDAS ECONÓMICAS	16
1.7 CAUSA DE FUGAS	18
1.8 MEDIOS DE DETECCIÓN DE FUGAS	19
1.8.1 DETECCIÓN CON INDICADORES DE GAS COMBUSTIBLE.....	21
1.8.2 DETECCIÓN POR INSPECCIÓN VISUAL DE LA VEGETACIÓN.....	21
1.8.3 DETECCIÓN POR CAÍDA DE PRESIÓN.	22
1.8.4 DETECCIÓN POR BURBUJEO.....	22
1.8.5 DETECCIÓN POR ULTRASONIDO.....	22
1.8.6 DETECCIÓN POR FIBRA ÓPTICA	23
1.8.7 DETECCIÓN POR TERMOGRAFÍA INFRARROJA TERRESTRE O AÉREA.....	23
1.8.8 DETECCIÓN POR MEDIO DE PERROS ADIESTRADOS.....	24
1.8.9 DETECCIÓN POR MEDIO DE PIG O “DIABLOS”	24
1.9 JUSTIFICACIÓN.....	26
<u>CONCLUSIÓN</u>	<u>27</u>
<u>REFERENCIAS</u>	<u>28</u>
<u>2 GPS</u>	<u>29</u>
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	29
2.1.1 SUBSISTEMA SATELITAL	30
2.1.2 SUBSISTEMA DE CONTROL.....	31
2.1.3 SUBSISTEMA DE USUARIO.....	32
2.2 MODO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA GPS	32
2.3 WGS-84	34
2.4 NMEA 0183	38
2.4.1 PROTOCOLO NMEA.....	40
2.4.2 SENTENCIAS NMEA	41
2.5 GPSMAP 76S	46
2.5.1 PÁGINA DE INFORMACIÓN	47
2.5.2 PÁGINA MAPA.....	48
2.5.3 PÁGINA COMPÁS.....	48
2.5.4 PÁGINA CARRETERA.....	49

2.5.5 PÁGINA PLANO	50
2.5.6 PÁGINA DE RUTA ACTIVA/IR A.....	50
<u>CONCLUSIÓN</u>	<u>51</u>
<u>REFERENCIAS.</u>	<u>52</u>
<u>3 IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL SOFTWARE.....</u>	<u>53</u>
3.1 ETAPAS GENERALES DEL PROYECTO.....	54
3.1.1 ETAPA 1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.	54
3.1.2 ETAPA 2. TRAZO DE LA RUTA EN HELICÓPTERO.	54
3.1.3 ETAPA 3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.	55
3.1.4 ETAPA 4. COMPROBACIÓN FÍSICA.	56
3.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	56
3.3 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL TRANSMITIDA POR EL GPS	58
3.4 SISTEMA DE FILTRADO Y GENERACIÓN DE PUNTOS DE RUTA EN LA SEÑAL CAPTURADA POR EL GPS	62
3.4.1 PRIMERA ETAPA. FILTRADO	64
3.4.2 SEGUNDA ETAPA. APROXIMACIONES	68
<u>CONCLUSIÓN</u>	<u>71</u>
<u>REFERENCIAS</u>	<u>72</u>
<u>4 PRUEBAS Y RESULTADOS</u>	<u>73</u>
4.1 PRUEBAS SADGPS	73
4.2 PRUEBAS SISFI.....	79
4.3 RESULTADOS	81
<u>CONCLUSIÓN</u>	<u>85</u>
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>86</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>87</u>
<u>ANEXO A.....</u>	<u>88</u>
<u>ANEXO B.....</u>	<u>90</u>
<u>ANEXO C.....</u>	<u>95</u>

RESUMEN

La creación de nuevas herramientas para el correcto funcionamiento de los sistemas de distribución de hidrocarburos, son un requisito indispensable al momento de tratar el tema de seguridad nacional de cualquier país, población y personal dedicado al manejo de ductos, en el presente trabajo se tratara la creación de un sistema de detección de fugas por medio de termometría utilizando sistemas GPS, desarrollado para el Instituto Mexicano del Petróleo.

La información recopilada en el escrito es una colección de conocimientos teóricos y prácticos generados y obtenidos a consecuencia del desarrollo del sistema de detección de fugas y pretende explicar al lector en forma detallada las causas, el modo de funcionamiento y el uso final del mismo.

Cabe mencionar que el proyecto es ambicioso e involucra el uso de sistemas expertos, por ejemplo el uso del sistema de navegación global satelital GPS, en la actualidad es un sistema ampliamente probado y usado por más de 10 años en millones de aplicaciones, desde el tipo industrial, militar, llegando al ámbito de usuarios aficionados para usos personales, haciéndolo así un sistema confiable, seguro, preciso y accesible.

Con el sistema de detección de fugas se pretende reducir, prevenir y detectar fugas en sistemas de ductos que transporten hidrocarburos, para evitar daños ambientales y económicos a la población, analizando trayectos de tuberías e identificando posibles alteraciones al sistema ya sea por causas naturales o inducidas por el hombre, obteniendo la localización exacta de los cambios en los gradientes de temperatura del ambiente que pueden ser una amenaza de fuga.

1 INTRODUCCIÓN

Este primer capítulo justifica la creación del sistema de detección de fugas, mostrando datos reales recopilados por asociaciones gubernamentales y ambientalistas que llevan una bitácora de los accidentes provocados por derrames de hidrocarburos. Además presenta información real y actual al momento en que se realiza el escrito, del uso de diferentes tipos de sistemas de detección de fugas.

1.1 Problemática General

A lo largo de la historia, los hidrocarburos han tenido una importancia muy significativa para la sociedad, no sólo en México. El derrame o pérdida de hidrocarburos líquidos o gaseosos representa un problema serio, por lo cual se deben de utilizar métodos adecuados para detectar oportunamente las fugas de los energéticos.

Es bien sabido que la pérdida de este tipo de productos durante los procesos de explotación, transporte, distribución y comercialización, son provocados por corrosión exterior, golpes a las tuberías por terceras partes, corrosión interior, o a causa de tomas clandestinas. Los efectos que estos fenómenos pueden provocar son contaminación a mantos acuíferos y alteración en la calidad del aire, además de pérdidas monetarias millonarias.

En México, el Sistema Nacional de Ductos es la columna vertebral del aparato de distribución de PEMEX, en nuestro país hay un poco más de 54 mil kilómetros de ductos para la actividad petrolera instalados en tierra y 2 mil kilómetros más submarinos. Este sistema de ductos transporta petróleo crudo, gas natural, gas amargo, gas dulce, gasolinas, diesel y otros productos refinados.

Una gran desventaja que afecta al Sistema Nacional de Ductos es que se encuentran sometidos a altas temperaturas y presiones, así como a factores climáticos como la lluvia o salinidad en el ambiente, sin mencionar una intensa erosión causada por los propios componentes de los hidrocarburos.

Según estudios realizados el 60% de las fallas presentadas en la columna vertebral de distribución se debe a la corrosión del acero. [1]

Existen grandes ventajas y facilidades si de eficiencia en operación del sistema se habla, contribuye a reducir costos de operación, riesgos ambientales, además garantiza el potencial de desarrollo de una amplia gama de sectores industriales.

Un número mayor a 25 mil kilómetros de ductos de PEMEX están en riesgo pues ya sobrepasaron su vida útil, reconoce el Instituto Mexicano del Petróleo a través del Programa de Investigación y Desarrollo de Ductos. El Programa revela que la mitad de los ductos que tiene PEMEX en todo el país han excedido su periodo de vida útil que se estima de 25 a 30 años, principalmente por los niveles de corrosión que presentan, por lo que el riesgo de una catástrofe ambiental es inminente y amenaza a amplias regiones del país.

Aunque la presente investigación fue realizada con información y problemas en México, se tiene el mismo panorama en el mundo entero, este tipo de amenazas son latentes, muy nocivas y representan un riesgo para las personas, sus bienes y el medio ambiente. [2]

Como consecuencia de lo anteriormente escrito, se debe inspeccionar periódicamente los sistemas de transporte y distribución por medio de ductos de los diferentes tipos de materiales, con el objetivo de detectar fugas, clasificar las anomalías para posteriormente ser reparadas de

acuerdo con el riesgo que representan, así como detectar tomas clandestinas con lo cual se lograría prevenir posibles fugas de los hidrocarburos transportados.

Por la importancia de esta red de distribución, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y Petróleos Mexicanos (PEMEX) pusieron en marcha en el año de 1999 el “Programa de Investigación y Desarrollo de Ductos”, los objetivos de éste, son: coadyuvar en el incremento de la seguridad, en la mejora de la competitividad, en la protección del medio ambiente y en la reducción de costos de operación y mantenimiento de los sistemas de ductos de PEMEX, mediante la aplicación de servicios técnicos con alto contenido tecnológico y proyectos orientados al desarrollo de nuevas tecnologías[3].

El estado de los ductos de PEMEX se revela en los datos de las emergencias ambientales que se presentan en el país. PEMEX es el responsable del 57% de las emergencias ambientales a nivel nacional con sustancias peligrosas (1,470 desastres ambientales de 1997 al 2001), siendo Veracruz el número uno con 502 desastres, Campeche con 419 y Tabasco con 391. En estos tres estados es donde ocurren el 88% de los desastres ambientales a nivel nacional. Dos terceras partes de las emergencias son causadas por ductos y el 57% de este tipo de accidentes provoca derrames. De lo anterior se desprende que en promedio se presentan 3.2 emergencias ambientales en PEMEX cada semana, de las cuales 2.1 ocurren en ductos.¹

1 <http://www.greenpeace.org/mexico/press/releases/documentos-internos-de-pemex-r>

2 Boletín 0502

1.2 Objetivos del proyecto

No es un secreto las condiciones de extremo peligro en que se encuentran los ductos, el objetivo de este proyecto es proporcionar herramientas veraces que permitan la oportuna toma de decisiones que minimicen la problemática hasta aquí descrita; existen tres elementos que resaltan en dicha labor:

1. Detección de fugas por medio de termometría.
2. Detección temprana de posibles tomas clandestinas.
3. Detección de invasión al derecho de vía.

1.3 Derecho de vía

Habíamos tratado puntos de interés que confieren responsabilidad directa con la empresa o personas que instalan y mantienen el Sistema de Ductos, en este caso PEMEX, pero también es parte importante la educación que se debe brindar a la comunidad y la ayuda que debe proporcionar el gobierno para que se respete el derecho de vía del Sistema Nacional de Ductos.

Se entiende por derecho de vía a una parte del suelo, de propiedad privada, que tiene un uso limitado por una reglamentación de carácter local o nacional. Se trata, por lo general, de franjas de terreno por donde pasan infraestructuras de propiedad del estado o de compañías concesionarias. Los usos permitidos para estas áreas dependen del motivo por el cual han sido declaradas de uso limitado.²

Una aportación del gobierno es la expedición de leyes que garantizan este derecho como en la “ley que establece el derecho de vía de una carretera o camino local” en la ciudad de Campeche que en su artículo tercero establece que la franja que determine el Derecho de Vía de un Camino

² http://es.wikipedia.org/wiki/Derecho_de_v%C3%ADa

Local, tendrá una amplitud mínima absoluta de 20 Mts. a cada lado del eje del camino, la cual podrá ampliarse en los lugares en que esto resulte indicado por las necesidades técnicas de los mismos caminos, por la densidad del tránsito ó por otras causas.[4]

La necesidad de respetar esta ley es fundamental, Raúl Muñoz Leos, Director General de Petróleos Mexicanos en 2003, dio a conocer en el Séptimo Congreso y Expo Internacional de Ductos que los organismos subsidiarios de PEMEX tienen el registro de más de 21 mil kilómetros de derechos de vía que enfrentan problemas diversos y que afectan y ponen en riesgo la operación confiable de los ductos [5].

La ciudadanía parece no entender razones y la construcción de viviendas y peor aun el uso de ese suelo como caminos de tránsito, muchas veces caminos rurales por donde transita maquinaria pesada es sólo un ejemplo de las causas que ponen en riesgo a la sociedad, la detección temprana o corregir este tipo de eventos es una necesidad imperiosa que debe ser puesta en operación conjunta al momento de revisar el estado de los ductos para que puedan seguir en operación.

El Estado de México también tiene una ley de “Uso y Aprovechamiento de Derecho de Vía” donde establece claramente que queda prohibido dentro del derecho de vía la construcción de cualquier tipo de obra o edificación distintas a las señaladas en el Artículo 8 de dicha ley; La construcción o instalación de topes que no se ajusten a las especificaciones técnicas determinadas por la junta de caminos, entidad encargada de la regulación de esta ley, la construcción o instalación de cualquier tipo de obra que por su magnitud o importancia altere o impacte la capacidad, operación o nivel de servicio vial, la construcción o instalación de cualquier tipo de obra que atente contra el paisaje de las carreteras, la construcción o instalación de

cualquier tipo de obra que modifique las condiciones de ecología o medio ambiente y la construcción o instalación de comercios fijos, semifijos o ambulantes (ARTÍCULO 9). [6,7]

1.4 Detección temprana de posibles tomas clandestinas

Las tomas clandestinas son una problemática creciente, debido a la variación en las condiciones de transportación de los ductos éstas válvulas podrían no soportar las presiones y comenzar a fugar, lo cual repercute en la pérdida de hidrocarburos, así como en el deterioro del medio ambiente.



Figura 1.1. Fuga vista desde una cámara infrarroja

Por ejemplo en la figura 1.1 se muestra una fuga de gas, observada mediante una cámara infrarroja 20 minutos después de haberse generado.

1.5 Derrame de hidrocarburos

Como ya vimos una fuga puede deberse a varias causas aparentes y pueden ocurrir en un área muy pequeña de la tubería. Dado que los ductos cruzan ambientes cambiantes y están sujetos a diversas condiciones de diseño y operación, es poco probable predecir todas sus posibles fallas.

El derrame de hidrocarburos por fugas representa solo el 13% del derrame total, también pueden ser provocados por buques-tanque, ferrocarriles o transportes por carretera, aunque transportan menores cantidades de hidrocarburos por día.

Como promedio, desde 1970, el 25% en derrames al mar se ha producido por accidentes en buque-tanques, diversas son las causas que lo provocaron como: colisiones, encalladuras, fallas en el casco, incendios, explosiones o simplemente en el proceso de área y descarga del producto. La figura 1.2 es una gráfica que muestra la cantidad de barriles vertida al mar por accidentes en buques-tanque.

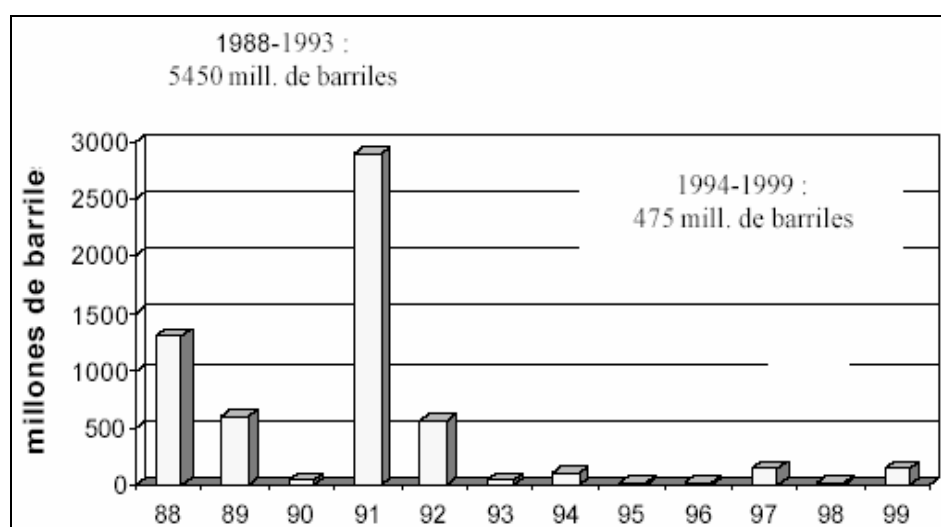


Figura 1.2. Gráfica de barriles derramados en buques-tanque

Por lo anterior podemos concluir que a pesar de que existen muchos riesgos en otros medios de transporte, los ductos son material que debe ser estudiado para una correcta operación en el sistema de transporte de hidrocarburos, como consecuencia se tiene que la importancia en el análisis de riesgos en ductos tiene una creciente en el sector industrial y en compañías operadoras de ductos, con la finalidad de mantener la integridad de la línea y garantizar que el ducto opere a largo plazo en forma segura y

confiable, evitando su mal funcionamiento para resguardar la seguridad de la población y del medio ambiente.

En la Tabla 1.1 podemos ver la cantidad de barriles perdidos por fugas en ductos, el número de muertes registradas, cantidad de heridos y el número de incidentes que provocaron el evento, en los Estados Unidos.

Tabla 1.1. Histórico en pérdida de barriles de 1986 al 2003				
AÑO	No. De Accidentes	Muertes	Heridos	Perdidas (Barriles)
1986	210	4	32	282,791
1987	237	3	20	395,854
1988	193	2	19	198,397
1989	163	3	38	201,758
1990	180	3	7	124,277
1991	216	0	9	200,567
1992	212	5	38	137,065
1993	229	0	10	116,802
1994	245	1	7	164,387
1995	188	3	11	110,237
1996	194	5	13	160,316
1997	171	0	5	195,549
1998	153	2	6	149,297
1999	168	4	20	167,245
2000	147	1	4	108,818
2001	129	0	10	98,178
2002	143	1	0	95,888
2003	72	0	0	48,807
TOTAL	3246	37	249	2,956,231

En la Tabla 1.2 se puede observar la pérdida de hidrocarburos en barriles por producto del año 2002 y el número de incidentes registrados en los Estados Unidos, entre los líquidos peligrosos que mas pedidas presentan están el etileno, el petróleo crudo y el propano.

Tabla 1.2. Análisis de pérdidas del producto, proporcionados por la OPS

Producto	No. De Accidentes	Barriles Perdidos
Desconocido	1	13
Dióxido de Carbono	1	18
Aceite y Gasolina	1	150
Etileno	1	27,660
Turbosina	2	35
Queroseno	2	2,597
Gasavión	3	119
Butano	3	200
Combustoleo	3	799
Petróleo parte refinada	3	440
Gas Natural Líquido	3	5,073
Datos no Especificados	4	314
Amoniaco	5	1,956
L.P.G	6	12,173
Propano	6	18,441
Aceite Pesado	8	3,446
Gasolina	20	6,011
Petróleo Crudo	57	18,733
TOTAL	129	98,178

1.6 Datos sobre pérdidas económicas

En la tabla 1.3 se muestran las pérdidas económicas según su causa en el año 2002 en Estados Unidos debido a las fugas ocurridas en ductos de conducción de líquidos peligrosos.

Tabla 1.3. Pérdidas Económicas ocurridas en ductos de conducción de líquidos peligrosos	
Causa del accidente	Pérdida monetaria
Corrosión externa	\$8,817,754
Corrosión interna	\$1,064,689
Fisuras en soldadura del ducto	\$10,777,345
Accidentes ocasionados por el operador	\$1,770,296
Daños por fuerzas externas	\$2,694,393
Otros	\$2,783,287

En lo que se refiere a ductos de conducción de gas natural, se muestra en la tabla 1.4 un análisis por año de las pérdidas que se tuvieron en ductos de transmisión en el periodo comprendido de 1988 a 2003.

Tabla 1.4. Pérdidas en ductos de transmisión de 1986-2003		
AÑO	No. De Accidentes	Perdidas Económicas
1988	201	\$12,131,436
1989	177	\$8,675,816
1990	109	\$7,594,040
1991	162	\$7,765,748
1992	103	\$6,777,500
1993	121	\$15,346,655
1994	141	\$53,260,166
1995	97	\$10,950,673
1996	110	\$16,252,842
1997	102	\$12,493,163
1998	137	\$19,055,118
1999	118	\$25,913,658
2000	154	\$23,398,834
2001	123	\$14,020,486
2002	102	\$23,607,604
2003	80	\$12,721,642

1.7 Causa de Fugas

El diseño de ductos ha sido considerado como principal factor relacionado con la mayor cantidad de fugas. Fugas por corrosión (interior o exterior), fugas debido a los daños por terceras partes y fugas debido a los errores de operación, son las más comunes. Estas fugas pueden subdividirse aun más dependiendo de la exactitud deseada, ver Tabla 1.5.

Tabla 1.5. Subdivisión de causas de fuga	
CAUSA	Factor de riesgo
Corrosión externa	1
Daños causados por terceras partes	2
Misceláneos	3
Rupturas o fugas en juntas	4
Mal funcionamiento Equipo	5
Corrosión interna	6
Fisuras en la soldadura del ducto	7
Operación incorrecta	8
Accidentes causados por el operador	9
Fisuras	10
Desconocidos	11
Componentes	12
Relámpagos	13
Otros	14
Carros, camiones u otros vehículos no relacionados con la excavación	15
Vandalismo	16
Movimiento de la tierra	17
Temperatura	18
Corrosión no especificada	19
Daños por fuerzas externas	20
Fallas en la soldadura	21
Desconocida	22

Un sistema de evaluación al momento del diseño del ducto debe incorporar toda la información conocida y tratar con todo lo desconocido. Dado que se busca un escenario relativo de riesgo, la consistencia en el manejo de las variables de diseño proporciona una base de comparación. Muchos de los factores están sujetos a las condiciones de operación, las cuales deben estar dentro de las consideraciones de diseño para que el funcionamiento del sistema sea óptimo.

1.8 Medios de detección de fugas

Los medios actuales para la detección de fugas en ductos, operan de diferentes formas, por inspección aérea o terrestre, utilizando vehículos o a pie y se puede obtener información en tiempo real o diferido. Existe una variedad de problemas, no solo son las herramientas de inspección y su costo, sino también la habilidad para acceder e inspeccionar los ductos.

Durante la construcción de las redes de ductos se tuvieron grandes problemas y errores pues no se tenía contemplado la inspección de estos ductos, actualmente es una necesidad poder verificar su estado accediendo a ellos de forma inmediata y confiable, el problema es que la mayoría se encuentran enterrados y varios de ellos corren por debajo de las carreteras, ríos y construcciones. Aun aquellos ductos que no son subterráneos cuentan con un revestimiento de concreto a lo largo de su trayecto el cual dificulta su inspección, razón por la cual se han desarrollado diferentes métodos para la inspección de estos.

Todos los métodos de detección de fugas actuales presentan ciertas características, ventajas y desventajas y se considera que son complementarios en vez de excluyentes. El principio de operación y por lo tanto el tiempo de respuesta, así como la sensibilidad para la detección

oportuna de fugas, determinarán su efectividad. Vemos una comparativa sobre métodos utilizados en la actualidad en la tabla 1.6.

Tabla 1.6. Comparación entre métodos de detección.				
MÉTODO DE DETECCIÓN	CAPACIDAD DE DETECCIÓN DE FUGAS	TIEMPO DE RESPUESTA	CAMPO DE APLICACIÓN	ALIMENTACIÓN
Método Acústico (General)	1.3% Del flujo Promedio	Segundos	Refinerías, plantas de almacenamiento	Baterías o VAC
Método Acústico	9 – 15 l/h	Segundos	Refinerías, aeropuertos	VAC
Balance de Masa (General)	2.5% del flujo promedio	30 seg. Fugas grandes 5 min. Fugas pequeñas	Oleoductos	Baja potencia (panel solar o VAC)
Balance de Volumen Modificado	Depende de la corrección aplicada	Tiempo real	Oleoductos	Depende del sistema
Caída de Presión (General)	Fugas grandes sobre la línea, fugas pequeñas en ductos cerrados.	Tiempo Real	Oleoductos	VAC
Caída de Presión (Ductos Cerrados)	Fugas pequeñas	24 Horas	Oleoductos	VAC
PIG Detección de fugas por ultrasonido.	50 l/h	Depende de la frecuencia de PIGGIN	Oleoductos	Desconocido

Los siguientes métodos pueden ser utilizado para la detección oportuna de fugas en instalaciones, de forma individual o bien utilizando una combinación de ellos.

Métodos de detección:

1. Con indicadores de gas combustible
 - a. Sobre la superficie del suelo
 - b. Debajo de la superficie del suelo
2. Inspección visual de la vegetación
3. Caída de presión
4. Burbujeo
5. Ultrasonido
6. Fibra óptica
7. Termografía infrarroja terrestre o aérea
8. Perros adiestrados.

1.8.1 Detección con indicadores de gas combustible

El equipo para realizar esta inspección puede ser portátil o móvil. El indicador debe ser del tipo y sensibilidad adecuados, de acuerdo con las instrucciones del fabricante, para el método de detección de gas natural o de gas LP que se aplique en la instalación inspeccionada

Para instalaciones arriba del nivel del suelo, se debe tomar un muestreo continuo de la atmósfera adyacente a dicha instalación. El muestreo de la atmósfera debajo del piso se debe realizar en aberturas existentes y/o sondeos arriba y/o adyacentes a la tubería.

1.8.2 Detección por inspección visual de la vegetación

Este método tiene por objeto detectar indicaciones anormales o inusuales en la vegetación que puedan haber sido causadas por la migración de gas. Dichas indicaciones de fugas de gas deben confirmarse usando un indicador de gas combustible. Para determinar la velocidad de recorrido se debe considerar el trazo del sistema de transporte o distribución, cantidad y

tipo de vegetación, y condiciones de visibilidad tales como: alumbrado, reflejo de luz, distorsiones u obstrucciones del terreno.

1.8.3 Detección por caída de presión.

Este método se aplica para determinar si una sección aislada de la instalación de gas pierde presión por fugas. La sección seleccionada debe tener solamente una presión de operación y dicha sección debe aislarse antes de efectuar la prueba de caída de presión.

Para determinar los parámetros de la prueba de caída de presión, se deben tomar en cuenta la presión de prueba, el medio de prueba y duración de la prueba esencialmente.

1.8.4 Detección por burbujeo

Este método consiste en cubrir totalmente la tubería con una solución tensoactiva que forme burbujas, entre otras, agua jabonosa para señalar las fugas sobre la superficie expuesta de la instalación. La solución utilizada no debe dañar ni debe dejar residuos que posteriormente puedan producir corrosión en los materiales de la instalación probada.

1.8.5 Detección por ultrasonido

Este método consiste en la instalación de sensores ultrasónicos espaciados a lo largo de la tubería que pueden detectar la ocurrencia de una fuga en tiempo real, por la energía ultrasónica que se genera desde el momento en que ocurre. Las ondas viajan en todas direcciones del sitio de la fuga, lo que permite detectarlas a grandes distancias. Este método se puede acoplar a un sistema de geo-posicionamiento.

Para probar una instalación de gas por ultrasonido se debe tomar en consideración lo siguiente: presión en la tubería, localización de la instalación, cantidad de fugas, tipo de instalación.

1.8.6 Detección por fibra óptica

Este método consiste en la instalación de sensores y cable de fibra óptica en los ductos para monitorear, detectar y diagnosticar el desempeño de dichas instalaciones. Se usa para detectar y monitorear fugas de gas en tiempo real.

1.8.7 Detección por termografía infrarroja terrestre o aérea

Este método se usa en tuberías superficiales y subterráneas se deben diferenciar dos casos principales, cuando el ducto transporta líquido (gasolinas, diesel, etc.) y cuando el ducto transporta gas. El instrumento puede acoplarse a un sistema de geo-posicionamiento para ubicar las fugas.

En el caso que el ducto se encuentre sobre la superficie transportando un líquido y empiece a fugar, el producto se desparrama y es fácilmente localizable con una cámara infrarroja desde una altura de 500m aproximadamente. Si el fluido es gas, entonces la fuga ocasiona una pluma de gas que se puede observar fácilmente.

En este caso utilizamos tres principios básicos; el primero se basa en la teoría del efecto de Joule-Thomson que enuncia básicamente que cuando un gas fluye desde un estado de alta presión a uno de baja presión sin realizar trabajo entonces el gas disminuye su temperatura radicalmente y baja la temperatura de su ambiente local; ocurre un mecanismo similar para el caso de que el fluido sea líquido.

El segundo principio se basa en el hecho de que en el ambiente alrededor de la fuga se forma una pluma de gas natural cuya composición es básicamente 90-95% metano + 2-6% etano; analizando el espectro infrarrojo del metano (componente mayoritario del gas natural) observamos que en las bandas entre 7-10 microns (banda de visión de cámaras infrarrojas) el metano tiene una alta transmitancia, excepto que tiene un pico importante de absorción de energía en la banda de 7.4 microns.

El tercer principio se basa en el fenómeno del contraste térmico producido por las fugas ya sea de gas o de líquidos provenientes del ducto; este contraste térmico o anomalía térmica es notorio alrededor del sitio de fuga, y se transmite desde el sitio de fuga hasta la superficie en el caso de que el ducto se encuentre enterrado.

1.8.8 Detección por medio de perros adiestrados

La raza labrador es la más comúnmente usada ya que puede detectar el odorizante adicionado en la corriente del fluido. El perro localiza y rastrea el olor que sale por la fuga hasta el punto de máxima concentración.

1.8.9 Detección por medio de PIG o “Diablos”

Con este método se puede llevar a cabo la inspección completa del ducto, ya que estos instrumentos se introducen dentro del ducto.

Un PIG puede ser descrito como un pistón de movimiento libre y que es insertado dentro de la tubería, es decir es colocado al principio del ducto o en alguna sección del mismo mediante las llamadas “trampas de envío” y este se desplaza a través del ducto por el mismo fluido que transporta hasta llegar a la “trampa de recibo” en donde es sacado o recuperado. A este procedimiento se le denomina corrida del diablo.

En la actualidad a los diablos se les clasifica en dos tipos:

1.8.9.1 Diablos Mecánicos

Los diablos mecánicos esencialmente realizan limpieza dentro de la tubería para obtener mayor eficiencia hidráulica.

1.8.9.2 Diablos Inteligentes o Herramientas de Inspección en Línea

Para la inspección en línea existen en la actualidad más de treinta herramientas diferentes en uso. Cada diablo de inspección es diseñado exclusivamente para medir un único factor. Los diablos de inspección que existen en la actualidad se clasifican en los siguientes tipos:

- a. Diablos para la detección de Perdidas de Metal
- b. Diablos para la Detección de Fugas
- c. Diablo Fotográfico
- d. Diablos para la eliminación de cera
- e. Diablo para mapeo
- f. Diablo para la Detección de curvas
- g. Diablo para detección de Perfil Topográfico
- h. Diablo para la Detección de Anomalías Geométricas

La utilización de diablos es altamente efectiva, pero tiene una gran desventaja que es un método invasivo, es decir, se tiene que introducir el sistema dentro del ducto, por lo tanto la respuesta a una fuga depende de la frecuencia con que se haga la inspección. [8]

1.9 Justificación

Mi trabajo en el presente proyecto de investigación, tomando en cuenta los objetivos del proyecto y la información recopilada, fue desarrollar software que proporcione información relativa de la ubicación y/o localización de los puntos críticos donde se encuentran las amenazas latentes que deben ser corregidas, ya sea de manera inmediata o dentro de un programa de mantenimiento que se deba aplicar para todo el sistema de distribución de hidrocarburos.

El sistema de detección de fugas por medio de termometría, caso práctico que interesa a esta tesis, involucra varios factores y campos de conocimiento, la aportación que hice, fue el manejo de la información adquirida por medio del sistema GPS, la manipulación de la misma y la generación de nuevos datos que provean mejor información para la localización de las posibles amenazas.

Cualquiera de los sistemas o métodos antes mencionados requieren de un sistema de geo-posicionamiento confiable capaz de precisar la ubicación de las anomalías detectadas; de manera tal que los costos y el tiempo al realizar las medidas correctivas necesarias sean mínimas.

El uso adecuado de sistemas GPS que permitan la ubicación precisa de las anomalías detectadas por cualquiera de los sistemas o métodos antes mencionados es de gran ayuda y de vital importancia.

La integridad de los datos recabados por el GPS debe mantenerse intacta de manera tal que independientemente de cualquier eventualidad estos no puedan ser manipulados por error humano o se pierdan al hacer uso de los sistemas electrónicos que estos requieren así como la manipulación de los mismos.

CONCLUSIÓN

El sistema de detección de fugas por medio de termometría ayuda a reducir las pérdidas humanas y minimizar los problemas generados en el medio ambiente de manera muy significativa. Además de implementarse a un costo reducido, lo ideal es pensar en la facilidad de uso, sus aplicaciones y alcances permitirán una vasta aplicación del sistema. Éste trata la prevención, monitoreo y localización de fugas en tuberías por donde se transportan hidrocarburos, pero el principio de funcionamiento permitiría su aplicación en otras áreas.

REFERENCIAS

- [1] <http://www.greenpeace.org/mexico/news/pemex-una-amenaza-para-la-seg>
- [2] <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CAMPECHE/LEYES/CAMLEY79.pdf>
- [3] <http://www.invdes.com.mx/anteriores/Agosto2001/htm/ductos.html>
- [4] <http://www.greenpeace.org/mexico/press/releases/documentos-internos-de-pemex-r>
- [5] <http://pemex.com/index.cfm?action=content§ionID=8&catID=40&contentID=1376>
- [6] <http://www.edomexico.gob.mx/portalgem/secom/htm/preguntas.htm#L1>
- [7] <http://www.edomexico.gob.mx/portalgem/secom/htm/derechovia.htm>
- [8] Documento interno IMP

2 GPS

2.1 Descripción general del sistema

El GPS, “Global Positioning System” o “Sistema de Posicionamiento Global”, fue creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, diseñado para apoyar los requerimientos de navegación y posicionamientos precisos con fines militares. [1]

El sistema salió a la luz en 1973 con el primer satélite GPS, en el año de 1978 se lanza un modelo de desarrollo llamado Bloque I, de 1978 a 1985 once satélites fueron puestos en órbita para validar el concepto del sistema poniendo en operación la tecnología satelital de la serie NAVSTAR “Navigation Satellite Timing and Ranging”. La constelación actual cuenta con 24 satélites y opera desde 1993, el sistema se declaró completamente en funcionamiento el 17 de julio de 1995. [2]

Actualmente GPS se refiere a un GNSS, “Sistema de Navegación Global Satelital”, que provee autonomía en el posicionamiento GEO-espacial con cobertura global, es decir, permite referenciar la localización única en el mundo del punto en el que se encuentre dicho sistema con la ventaja de ser altamente confiable y preciso.

Es una herramienta importante para aplicaciones de navegación, posicionamientos de puntos en tierra, mar y aire, además que la tecnología es accesible a un gran número de personas por su bajo costo. [1]

El sistema se basa en señales transmitidas por satélites, estas señales son captadas en tierra por pequeños receptores, con el procesamiento de esta información, el sistema es capaz de determinar las coordenadas de un punto sobre la superficie de nuestro planeta, velocidad y tiempo.

El sistema de posicionamiento global, está constituido por tres grandes subsistemas:

1. Subsistema satelital
2. Subsistema de control
3. Subsistema de usuario

2.1.1 Subsistema satelital

Este subsistema, es mejor conocido como Constelación NAVSTAR, compuesto por 24 satélites en total, 21 operativos y 3 de respaldo, distribuidos en 6 planos orbitales, donde cada plano esta compuesto por 4 satélites, con 60° de separación entre satélites del mismo plano, la inclinación de cada plano orbital es de 55° a partir del Ecuador, se encuentran a una altura de 20,200Km y cada satélite tiene un período orbital de 11 horas con 58 minutos. Esta distribución espacial permite al usuario disponer de 5 a 8 satélites visibles en cualquier momento (Ver figura 2.1). Cabe mencionar que cada satélite tiene una vida útil de 75 años y un reloj atómico de Cesio-Rubidio con una precisión de nanosegundos (0.000000001 seg.). [3]

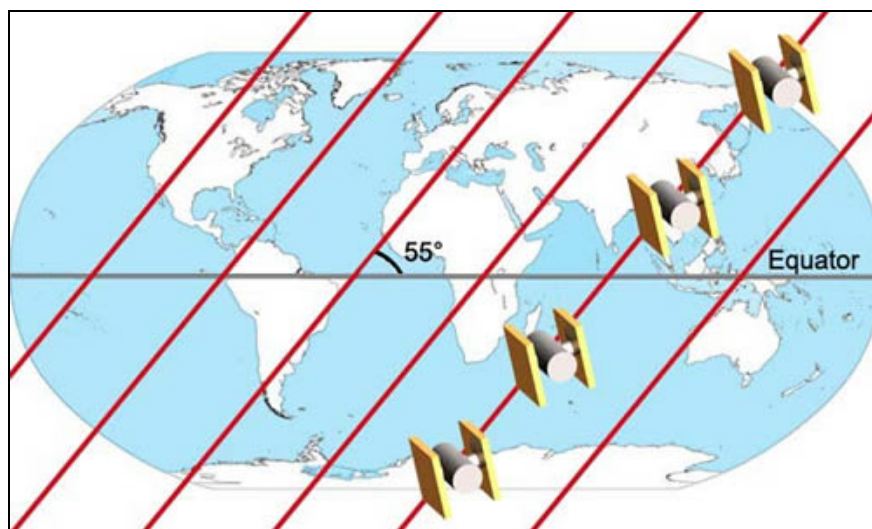


Figura 2.1. Distribución de satélites NAVSTAR

2.1.2 Subsistema de control

Este subsistema está compuesto por cinco estaciones de control y monitoreo (ver figura 2.2) repartidas a lo largo del Ecuador, las cuales son: Hawaii, Ascensión Island, Diego García, Kwajalein y Colorado Springs, siendo este último el centro de control; además existen otras cinco estaciones suplentes de rastreo ubicadas en Australia, Quito, Buenos Aires, Bahrein e Inglaterra.

Las estaciones son únicamente operadas por el Pentágono y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América. Las funciones que realizan son:

- Observar a los satélites constantemente
- Enviar datos al centro de cálculo
- El centro de control determina el tiempo del GPS
- Corrigen las órbitas de los satélites
- Envían mensajes a los satélites

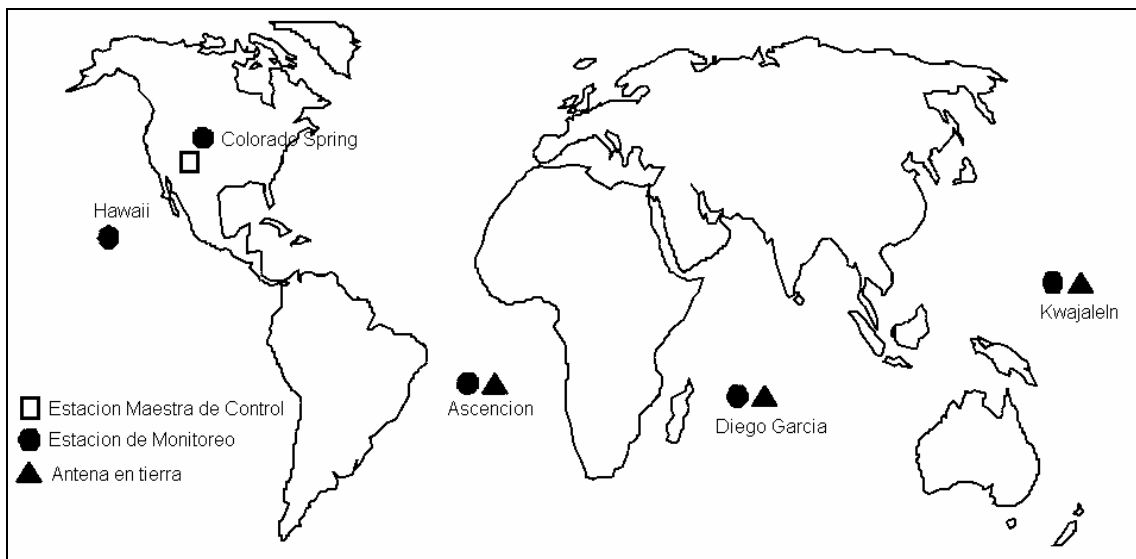


Figura 2.2. Red de estaciones de control y monitoreo.

2.1.3 Subsistema de usuario

El subsistema de usuario esta compuesto por todos los usuarios de sistemas portátiles GPS, los cuales tienen canales de recepción de ondas de radio frecuencia, en cada una de las cuales se recibe una señal única desde un satélite. Los receptores pueden ser de tipo geodésico (de muy alta precisión), cartográficos y de tipo navegadores (de menor precisión).

El receptor GPS capta la señal de los satélites y la utiliza para calcular la ubicación de un punto fijo o un punto móvil.

El subsistema esta constituido por tres módulos, una antena que recibe la señal de los satélites; el receptor, que registra los datos transmitidos y calcula la distancia receptor-satélite y el procesador que convierte los datos en una posición tridimensional y almacena la información obtenida. [3]

2.2 Modo de operación del sistema GPS

Cada satélite transmite una señal sobre dos bandas L, L1 (1574.42MHz) y L2 (1227.6MHz), L1 transporta un código de precisión (P) y un código de adquisición imprecisa (C/A), este código tiene una longitud de onda de 293.1 metros, mientras que L2 sólo lleva código P. El código C/A esta disponible para aplicaciones comerciales y es la base de los servicios de posicionamiento estándar (SPS), pero el código P es altamente restringido y es la base de los servicios de posicionamiento de precisión (PPS), éste código tiene una longitud de onda de 29.31 metros. [2]

Las pseudo-distancias que se obtienen a partir del tiempo de viaje de la señal, medido desde cada satélite al receptor, emplean dos códigos de ruido pseudo aleatorios (PRN), que están modulados (sobrepuestos), sobre las frecuencias L1 y L2.

El receptor GPS convierte la señal en posición, velocidad y tiempo estimados. El sistema produce una réplica de código C/A y/o código P para relacionar con el código del satélite y descomprimir la señal. La técnica básica en uso es medir la velocidad con que fue transmitida la señal desde los satélites que también transmiten su posición exacta donde están ubicados sobre sus órbitas.

Las trayectorias son medidas por cuatro satélites simultáneamente, comparando la señal enviada precisamente por relojes atómicos, los satélites tienen a bordo cuatro normas de tiempo (dos relojes de Rubidio y dos relojes de Cesio), con la réplica generada por el usuario y midiendo el desfase de la señal contra el reloj de cristal del usuario. Cuatro satélites son básicamente necesarios para realizar el cálculo y regresar una posición XYZ y un tiempo. Con un cielo despejado, un mínimo de 6 satélites deberían ser visibles para los usuarios desde cualquier punto.

El sistema computa la información conociendo la distancia exacta desde un satélite en el espacio, sabe que está en algún punto sobre la superficie de una esfera imaginaria con un radio igual a la distancia del radio del satélite. Si conocemos nuestra distancia exacta desde dos satélites, sabemos que estamos ubicados sobre la línea de intersección de las dos esferas, y si tomamos un tercer y un cuarto punto, podemos encontrar nuestra ubicación (figura 2.3). El receptor GPS procesa las mediciones de distancia y tiempo y produce su posición. Ver figura 2.4. [4]

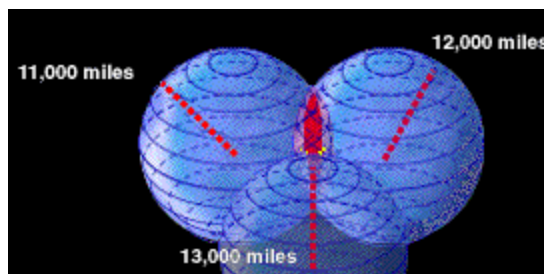


Figura 2.3. Triangulación de los satélites.

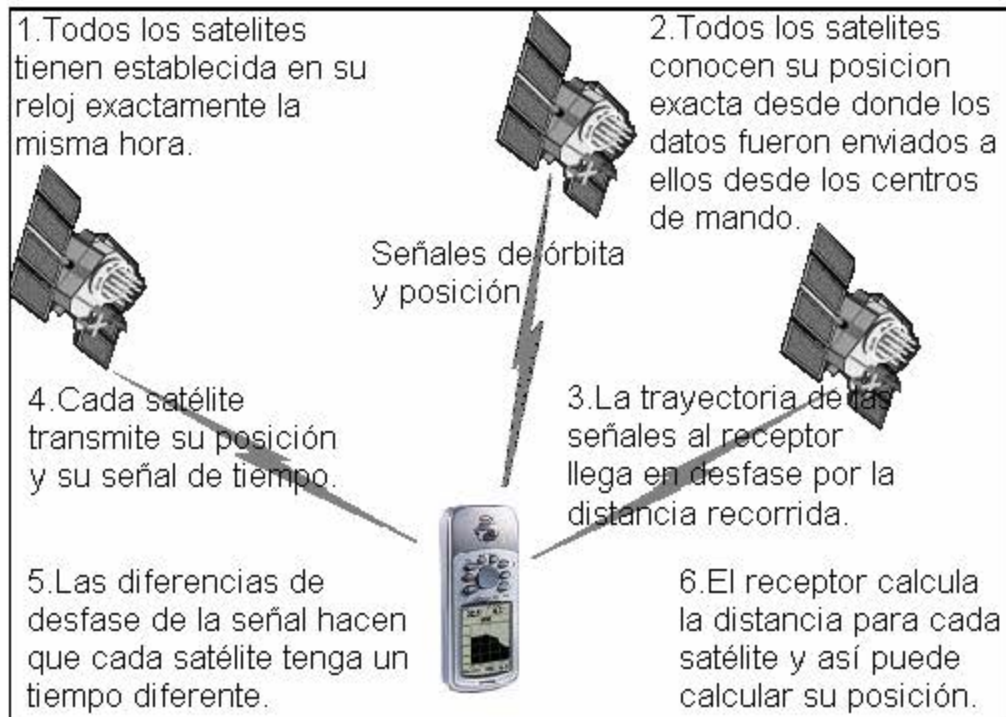


Figura 2.4. Modo de operación del sistema GPS.

Un factor importante al momento de trabajar con GPS es el tiempo, los relojes de los temporizadores están sincronizados con el tiempo coordinado universal, Coordinated Universal Time o UTC, la diferencia reside en que el tiempo del GPS no va coordinado con el movimiento de rotación de la Tierra. Esta implementación fue hecha en el año de 1980, gracias a ello se mantiene la sincronía del sistema.

2.3 WGS-84

GPS usa un sistema de coordenadas llamado WGS 84, World Geodetic System 1984, fue desarrollado por la Agencia de Mapeo de la Defensa de los Estados Unidos (DMA) ahora llamada NIMA, este tipo de datos geodésicos definen el tamaño y forma de la Tierra y el origen y la orientación de los sistemas de coordenadas utilizados para trazar mapas del planeta. Existen cientos de tipos de datos, los datums o tipos de datos en este caso son geodésicos.

El campo de aplicación de datums geodésicos modernos abarca desde los modelos usados para trazo de planos de la Tierra hasta modelos complejos enfocados a aplicaciones internacionales los cuales describen por completo el tamaño, forma, orientación, campo de gravedad y velocidad angular del planeta. La cartografía, planimetría, navegación y astronomía hacen uso de datums geodésicos.

Cuando se hace uso de sistemas GPS se debe conocer el tipo de coordenadas geodésicas, el manejo erróneo del tipo de dato puede provocar errores de posición de cientos de metros. Las naciones utilizan diferentes datums como la base de sus sistemas de coordenadas utilizados para identificar posiciones en sistemas de información geográficos, sistemas precisos de posicionamiento, y sistemas de navegación. La diversidad de datums en uso actualmente y el avance tecnológico que existe, hacen posible tener mediciones muy precisas que requieren cuidado al momento de seleccionarlos y la conversión de coordenadas entre ellos.

Los modelos esféricos de la Tierra representan la forma de la Tierra como una esfera de radio específico y son comúnmente usados para rangos cortos de navegación y para distancias globales de aproximación, pero fallan por el achatamiento de los polos, con una pérdida de aproximadamente veinte kilómetros de diferencia. El modelo elipsoidal de la Tierra es requerido para mediciones precisas sobre grandes distancias. Los receptores GPS usan el modelo elipsoidal para computar la posición y la información de los puntos de ruta (waypoints). Este tipo de modelo define un radio ecuatorial y uno polar y lo mejor de este modelo es que representa la forma de la Tierra más aproximada a su superficie terrestre y el promedio de la superficie del mar con solo una diferencia de cientos de metros. [6]

El modelo elipsoidal de la Tierra maneja dos parámetros. El eje menor de la Tierra es el eje polar, el eje mayor es el eje ecuatorial, el elipsoide queda completamente definido al especificarse las longitudes de ambos ejes, o al especificar la longitud del eje mayor y el achatamiento. Ver figura 2.5.

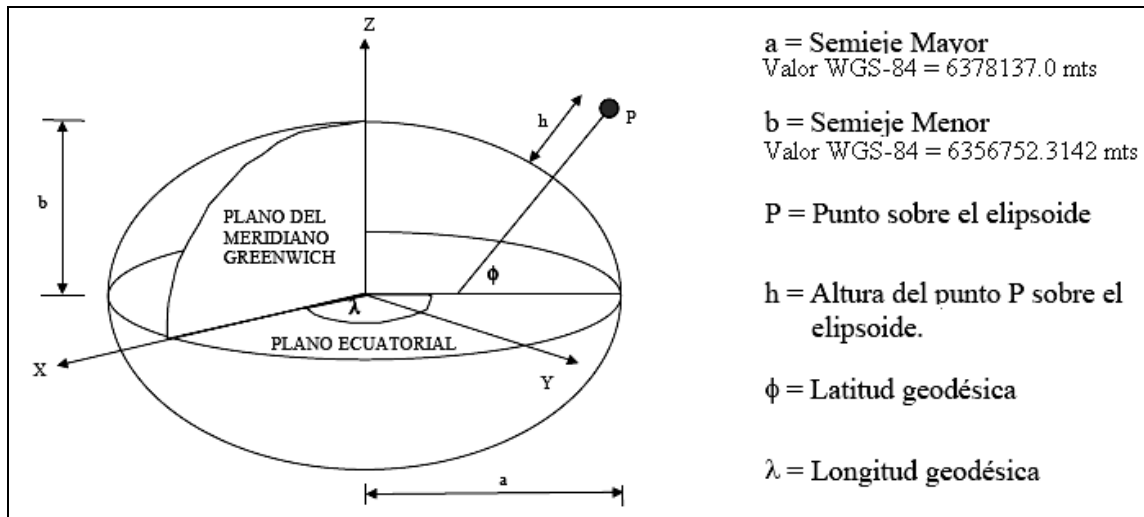


Figura 2.5. Parámetros del modelo elipsoidal terrestre.

El método más antiguo de ubicación de puntos está basado en coordenadas geográficas de latitud y longitud, se compone de un sistema de dos líneas, una que corre de Este a Oeste conocida como Ecuador, siendo equidistante a los polos Norte-Sur; la otra va desde el Polo Norte hasta el Polo Sur, llamado meridiano.

Longitud Geográfica: Se define como el valor angular existente entre el meridiano del lugar y el meridiano origen (Greenwich). El meridiano origen es el que pasa por el observatorio de Greenwich y comúnmente se le designa como meridiano de Greenwich.

A este meridiano le corresponde la longitud 0° (cero grados), la longitud de cualquier punto dado sobre el globo se mide hacia el Este o el Oeste a partir de este meridiano. Por lo tanto la longitud oscila entre 0° y 180° tanto al Este como al Oeste.

Latitud Geográfica: Puede definirse como el valor angular existente entre el lugar considerado y el Ecuador, por lo tanto, la latitud puede oscilar entre 0° en el Ecuador hasta 90° Norte o Sur en los polos. Cuando se conoce la longitud y la latitud de un lugar puede localizarse éste de manera exacta y precisa con respecto a la red geográfica.

Todos los puntos sobre el elipsoide quedan definidos en términos de longitud y latitud y se denominan Latitud y Longitud Geodésicas.

Latitud Geodésica: Ángulo formado por la normal al elipsoide en el punto de observación con el plano del Ecuador elipsoidal. Se mide a partir de este último de 0° a 90° con signo positivo en el Hemisferio Norte y negativo en el Hemisferio Sur.

Longitud Geodésica: Ángulo comprendido entre el plano del meridiano geodésico del lugar y el plano de un meridiano de origen arbitrariamente elegido, de 0° a 180° hacia el Este u Oeste.

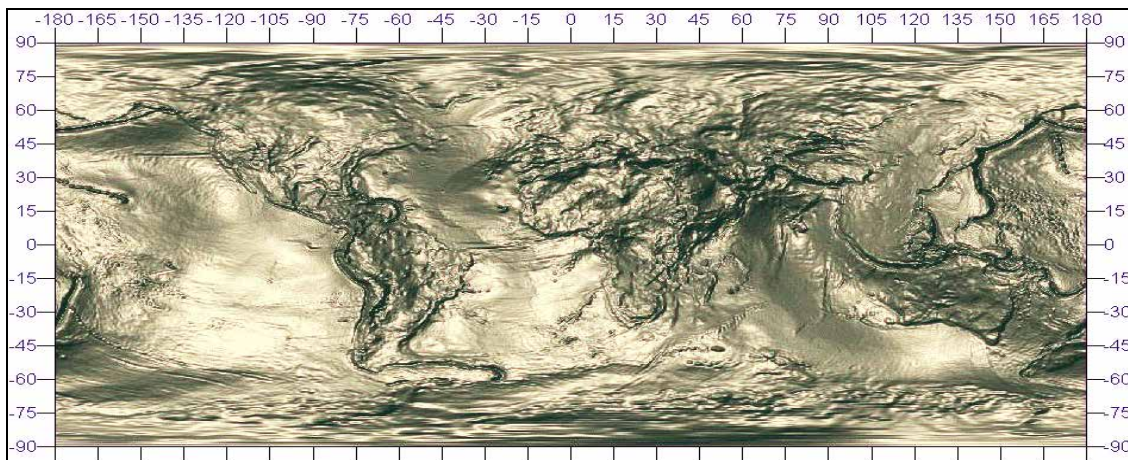


Figura 2.6. Relación latitud-longitud geodésica según WGS-84

Para casi todo tipo de fines prácticos se considera generalmente que la Tierra es una esfera y por lo tanto, los paralelos se consideran exactamente

equidistantes. Según el tipo de datos WGS-84 la relación latitud longitud puede observarse en la figura 2.6. [7]

2.4 NMEA 0183

WGS-84 es incorporado a los sistemas GPS por medio del protocolo NMEA, "National Marine Electronics Association". Esta organización es como tal una Asociación sin fines de lucro de fabricantes, distribuidores, instituciones educacionales y otros interesados en diseñar normas de comunicación entre aparatos electrónicos en aplicaciones marítimas que son útiles para la navegación.

La definición estándar de un NMEA 0183 es una interfase eléctrica y un protocolo de datos para la comunicación entre instrumentos marinos. Este protocolo se lanza por primera vez en marzo de 1983, y su última versión fue publicada en el 2001. En las sentencias NMEA se indica la fecha, hora, rumbo, velocidad, posición actual, "waypoint" de destino, altura, etc. mismas que pueden ser adquiridas en tiempo real (utilizando el tiempo UTC) si el dispositivo se conecta a un ordenador o algún otro dispositivo de almacenamiento.

NMEA 0183 define los estándares para el formato y las definiciones de los datos, la configuración de parámetros de conexión, prácticamente se resume en el estándar de una comunicación asíncrona del tipo que se encuentra en el puerto serial de un PC, a un baudaje de 4800 bits/seg. 8 bits de datos, sin paridad y 1 o más bits de parada. Estas características hacen que el protocolo pueda ser utilizado para comunicarse con miles de dispositivos.

La velocidad de transferencia es una limitación, a 4800b/s sólo se pueden enviar 480 caracteres en un segundo, por eso muchos fabricantes de GPS

únicamente envían actualizaciones cada dos segundos o a veces envían información cada segundo mientras almacenan suficiente información para volver a transmitir. Suponiendo que la longitud máxima de una sentencia son 82 caracteres podrían enviarse 6 sentencias diferentes.

NMEA fue diseñado para correr como un proceso en segundo plano, enviando las sentencias que han sido capturadas según las necesite el programa, algunos programas no pueden hacer esto y reciben la señal, la despliegan y vuelven a escuchar al dispositivo para adquirir la información.

La diferencia entre el protocolo NMEA 0183 y el 2000 aparte de la velocidad de operación, es que NMEA 0183 es una interfase y NMEA 2000 es una red. El protocolo NMEA 0183 es utilizado actualmente en cientos de dispositivos GPS para adquirir la información de la señal recibida.

Los dispositivos que generalmente utilizan señales con un protocolo NMEA son:

- GPS.
- Compás magnético.
- Radar o radar ARPA.
- Ecosonda.
- Sensores de velocidad, magnéticos, Doppler o mecánicos.
- Instrumentos meteorológicos.
- Transductores.
- Cronómetro.
- Sistemas de navegación integrados, etc.

2.4.1 Protocolo NMEA

El protocolo NMEA es usado para la comunicación entre dispositivos de uso marino para transmitir datos. La salida NMEA es EIA-422A, pero para la mayoría de los propósitos puede considerarse RS-232 compatible, los datos son transmitidos a través de sentencias con caracteres ASCII, cada sentencia comienza con “\$”, no puede tener una longitud mayor a 80 caracteres visibles y termina con <CR><LF> (CR: “Carriage Return”, LF: “Line Feed”).

La idea de NMEA es mandar una línea de datos llamada sentencia que contiene información única y totalmente independiente de otras sentencias. Existen sentencias estándar para cada categoría de dispositivo y también existe la opción de definir sentencias individuales según el propietario o fabricante de nuestro dispositivo. Después del signo \$, todas las sentencias estándar tienen 2 letras como prefijos que definen el dispositivo que utiliza el tipo de sentencia, llamado id.

Por ejemplo “GP” que se usa para identificar los datos GPS. La transmisión del dispositivo ID por lo general es opcional. En seguida del ID vienen tres letras más que definen el contenido de la sentencia, también conocido con el nombre de la sentencia.

Los tres tipos de sentencias NMEA que existen son los de envío “**Talker Sentences**”, Origen del equipo “**Proprietary Sentences**” y consulta “**Query Sentences**”. Los datos están delimitados por coma, deben incluirse todas las comas, ya que actúan como marcas. Una suma de verificación adicional es agregada opcionalmente (aunque para algunos tipos de instrumento es obligatoria). [8]

El protocolo NMEA permite a los fabricantes del hardware definir sus propias sentencias para cualquier propósito que ellos crean necesario. Todas las sentencias propietarias empiezan con la letra P y son seguidas con 3 letras que identifican al fabricante. Por ejemplo, una sentencia del fabricante GARMIN debería empezar con PGRM y una del fabricante Maguellan comenzaría PMGN

2.4.2 Sentencias NMEA

Cada tipo de dato debe tener su propia interpretación y es definido en el estándar NMEA. Las sentencias pueden repetir campos de información pero deben proveer nuevos datos, cualquier dispositivo o programa que lee los datos puede filtrar el protocolo y analizar los campos de su interés e ignorar los demás. El inconveniente con el NMEA 0183 es que no existen sentencias que indiquen al GPS que información mandar y cual no, siempre manda el lote completo de información y no hay forma de indicarle que repita la información que se perdió o que no se pudo almacenar.

Existen una amplia gama de sentencias para todos los tipos de dispositivos usados en navegación, por mencionar algunas tienen una aplicación relacionada al sistema GPS y que son ampliamente utilizadas en receptores:

- BOD - Bearing Origin to Destination
- BWC - Bearing using Great Circle Route
- GGA - Fix Information
- GLL - Lat/Lon Data
- GSA - Overall Satellite Data
- GSV - Detailed Satellite Data
- RMB - Recommended Navigation Data for GPS

- RMC - Recommended Minimum Data for GPS
- RTE - Route Message
- VTG - Vector Track an Speed over the Ground
- XTE - Measured Cross Track Error

Algunos receptores GPS con capacidades especiales pueden emitir mensajes especiales como:

- HCHDG “Compass Output”
- PSLIB “Remote Control for a DGPS Receiver”

El protocolo produce sentencias en texto plano, podemos ver un ejemplo real en la figura 2.7:

```

$GPRTE,1,1,C,*37
$GPRMC,024652,A,1919.8102,N,09902.8962,W,0.0,169.0,070507,6.2,E,D*08
$GPRMB,A,,,,,,,,,,,,,A,D*0E
$GPGGA,024652,1919.8102,N,09902.8962,W,2,08,1.4,2257.8,M,-9.1,M,,*7A
$GPGSA,A,3,,03,,,,,19,20,23,25,27,28,51,2.4,1.4,2.0*37
$GPGSV,3,1,12,01,12,135,00,03,48,076,36,11,08,175,00,13,53,337,00*7E
$GPGSV,3,2,12,16,11,039,00,19,49,123,44,20,26,195,34,23,82,046,41*73
$GPGSV,3,3,12,25,46,004,34,27,22,311,31,28,09,234,41,51,65,204,43*7D
$GPGLL,1919.8102,N,09902.8962,W,024652,A,D*5B
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPBWC,024652,,,,,T,,M,,N,,D*79
$GPVTG,169.0,T,162.8,M,0.0,N,0.0,K*4D
$GPXTE,A,A,,N,D*54
$PGRME,3.4,M,5.2,M,6.2,M*2A
$PGRMZ,7392,f*3B
$PGRMM,WGS 84*06
$HCHDG,100.2,,,6.2,E*2E
$GPRTE,1,1,C,*37
$GPRMC,024654,A,1919.8102,N,09902.8962,W,0.0,169.0,070507,6.2,E,D*0E
$GPRMB,A,,,,,,,,,,,,,A,D*0E

```

Figura 2.7. Fragmento real de datos obtenidos desde un GPSMAP 76S.

Los receptores GPS Garmin transmiten sentencias propietarias tales como:

- PGRME (estimación de error)
- PGRMM (datum)
- PGRMZ (altitud)

Los receptores Garmin convierten coordenadas de latitud y longitud al tipo de dato escogido por el usuario cuando se envía la señal, esto es indicado en la sentencia PGRMM propietaria del fabricante y ayuda a programas de mapeo o que tienen fines de navegación a definir el tipo de datos del protocolo, pero debemos asegurar el WGS-84 al momento de configurar la señal del GPS.

El datum WGS-84 puede verse reflejado en la sentencia \$PGRMM como se observa en la figura 2.7, con la sentencia:

\$PGRMM, WGS 84*06

Tabla 2.1 Campos de datos de la sentencia \$GPGGA

Campo	Descripción
GPGGA	Información Actual del Sistema de Posicionamiento Global
024653	Información tomada a las 02:46:53 UTC
1919.8102,N	Latitud 19 grados 19.8102' N
09902.8962,W	Longitud 99 grados 2.8962' W
2	Calidad de la información: 0 = inválido, 1 = GPS (SPS) 2 = DGPS 3 = PPS 4 = Tiempo Real 5 = Flotante RTK, 6 = Estimado, 7 = Modo de entrada manual, 8 = Modo simulación.
08	Número de satélites adquiridos
1.4	Atenuación de posición horizontal
2257.7,M	Altitud, Metros sobre el nivel del mar
-9.1,M	Altura del geoide, (nivel mar) según elipsoide WGS-84
Campo vacío	Tiempo desde la última actualización DGPS (segundos).
Campo vacío	DGPS Número de estación ID
*7A	Campo de verificación, siempre comienza con un *

Así mismo las coordenadas, latitud y longitud son adquiridas con seguridad estableciendo el formato del protocolo WGS-84 obtenido en las demás sentencias NMEA que brinden la información, la sentencia GPGGA mostrada en la figura 2.7 es un ejemplo definido con la información convertida a este protocolo.

Las sentencias más importantes dentro del protocolo NMEA son: GPGGA la cual provee los datos actuales, la GPRMC que provee la mínima información requerida y la GPGSA que provee los datos de estado del satélite.

GPGGA – establece los datos esenciales y provee mediciones y localización en 3D, esta es la única sentencia que reporta altitud. Utilicemos como ejemplo la figura 2.7 para analizar en la tabla 2.1 esta sentencia.

Ejemplo de una sentencia real:

\$GPGGA, 024652, 1919.8102, N, 09902.8962, W, 2, 08, 1.4, 2257.7, M, -9.1, M, , *7^a

GPGSA - Satélites activos y GPS-DOP. Esta sentencia provee información detallada de la naturaleza de los datos, incluye el número de los satélites que están siendo usados en la adquisición y el DOP (Atenuación de la precisión) que es una indicación del efecto de la geometría de los satélites sobre la información adquirida. Mientras más chico sea este número mejor. Para datos 3D usando 4 satélites una lectura de 1.0 es considerada como perfecta. La explicación de los campos con información real tomada de la figura 2.7, se muestra a continuación:

\$GPGSA, A, 3, , 03, , , , 19, 20, 23, 25, 27, 28, 51, 2.4, 1.4, 2.0*37

Donde:

Tabla 2.2 Campos de datos de la sentencia \$GPGSA

Campo	Descripción
GPGSA	Estado de Satélite (Satellite Status)
A	Auto, selección de 2D o 3D (M>manual)
3	información 3D: 1 = sin información 2 = información en 2D 3 = información en 3D
,,03,, , , , 19,20...	PRN de los satélites en uso (existen 12 campos para este uso)
2.4	PDOP Atenuación de precisión
1.4	Atenuación de precisión horizontal (HDOP)
2.0	Atenuación de precisión vertical (VDOP)
*37	Campo de verificación, siempre comienza con un *

GPRMC – NMEA tiene su propia versión de la información esencial del GPS PVT (posición, velocidad, tiempo), esta es llamada RMC. La información mínima requerida luce como se muestra en la figura 2.7 en la sentencia:

\$GPRMC, 024652, A, 1919.8102, N, 09902.8962, W, 0.0, 169.0, 070507, 6.2, E, D*08

Donde [9]:

Tabla 2.3 Campos de datos de la sentencia \$GPRMC

Campo	Descripción
GPRMC	Sentencia De la información mínima requerida
024652	Información tomada a las 02:46:53 UTC
A	Estado A = activo o V = inactivo
1919.8102, N	Latitud 19 grados 19.8102' N
09902.8962, W	Longitud 99 grados 2.8962' W
0.0	Velocidad sobre la tierra en nudos
169.0	Ángulo de ruta en grados reales
070507	Fecha 7 de mayo del 2007
6.2, E, D	Variación magnética
*08	Campo de verificación, siempre comienza con un *

2.5 GPSMAP 76S

El equipo receptor GPSMAP 76S de Garmin, ver figura 2.8, es un receptor GPS que utiliza la información como el datum WGS-84 y el protocolo NMEA para desplegar la información adquirida, además de tener prestaciones especiales como barómetro y compás electrónicos. Tiene una pantalla de 4.1 x 5.6cm de alto contraste con una resolución de 180 x 240 píxeles y luz de fondo para mostrar la información en tiempo real, pesa alrededor de 228g muy ligero para su tamaño y tiene la capacidad de ser sumergible en el agua.

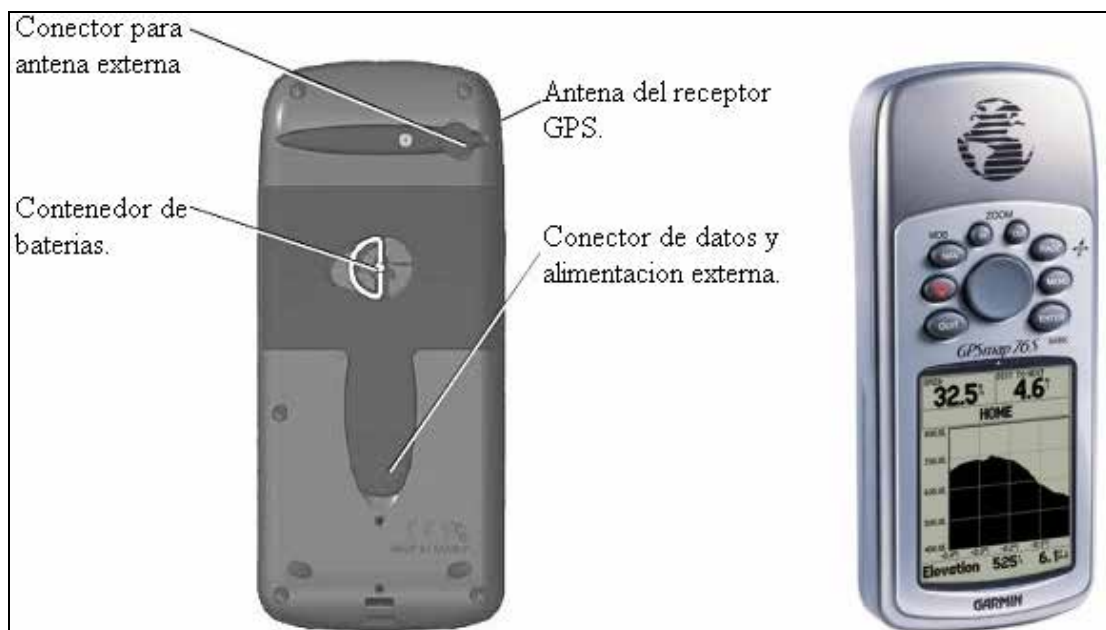


Figura 2.8. Receptor GPSMAP 76S del fabricante de equipos de navegación Garmin.

El 76S cuenta con una memoria interna no volátil de 24 MB, útil para almacenar información como rutas, tiene capacidad para 50 rutas reversibles con hasta 125 puntos cada una de ellas, además de los modos MOB y track back; puede almacenar hasta 10,000 waypoints, cuenta con 1000 iconos con nombre y símbolo gráfico; trazo de trases automáticos que permiten trazar el camino en ambas direcciones además de almacenar

mapas y puntos de interés, acepta hasta 24 megas de mapas detallados transferidos procedentes de una variedad de discos MapSource opcionales. La unidad soporta todos los tipos de mapas de Garmin.

2.5.1 Página de información

Esta es la primera pantalla que se ve después de la pantalla de bienvenida, ver figura 2.9a, contiene todos los datos más usuales, La “D” en una barra de señal indica que el satélite provee correcciones DGPS o WAAS. Esta página cuenta con tres campos de datos, adquisición 3D, debajo se puede observar la vista de los satélites y la potencia de la señal, la siguiente sección muestra fecha y hora y finalmente en la parte baja de la pantalla permite ver la ubicación en tiempo real en el formato que hayamos configurado.

Justo en esta pantalla podemos definir que el GPSMAP 76S trabaje en modo simulación, que trace ruta hacia el norte, definir una nueva ubicación y/o un nueva elevación.

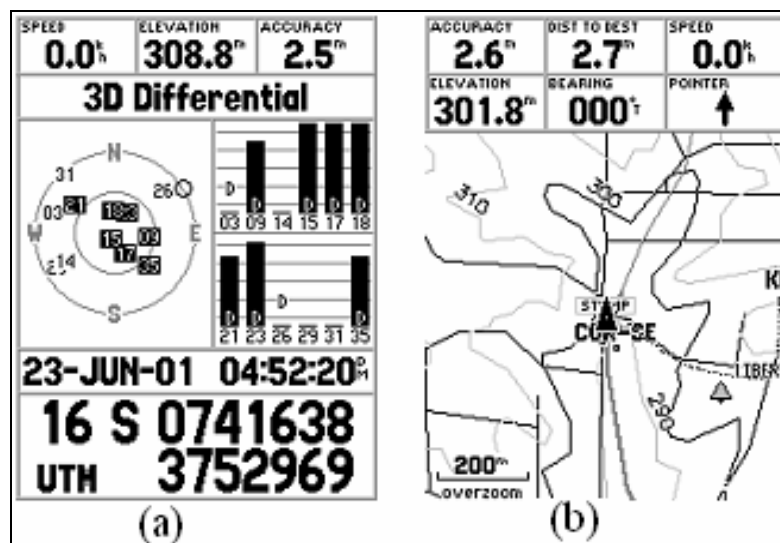


Figura 2.9. Pantalla GPSMAP 76S página de información (a) y página de mapa (b).

2.5.2 Página mapa

Como se muestra en la figura 2.9b, muestra el mapa local, previamente cargado por donde se ha navegado y los campos de datos como velocidad, elevación, etc. El menú de la página mapa es configurable, puede mostrar el mapa en pantalla completa, se puede medir distancias entre puntos, coordenadas del cursor y hacia donde apunta este, además seleccionar que campos de datos deben ser mostrados en pantalla y si se desea desplegar o no la orientación y el curso que se lleva.

2.5.3 Página Compás

De fácil manejo, despliega los datos que se desean observar, ver figura 2.10a, como velocidad, distancia por recorrer hasta el siguiente punto de navegación y la brújula, muestra también el tipo de navegación 2D, 3D o diferencial, los campos mostrados se configuran desde el menú de la página. Esta página es la mejor para se usada en navegación cuando un curso no puede ser seguido con el mapa, puede usar el compás electrónico o el receptor GPS.

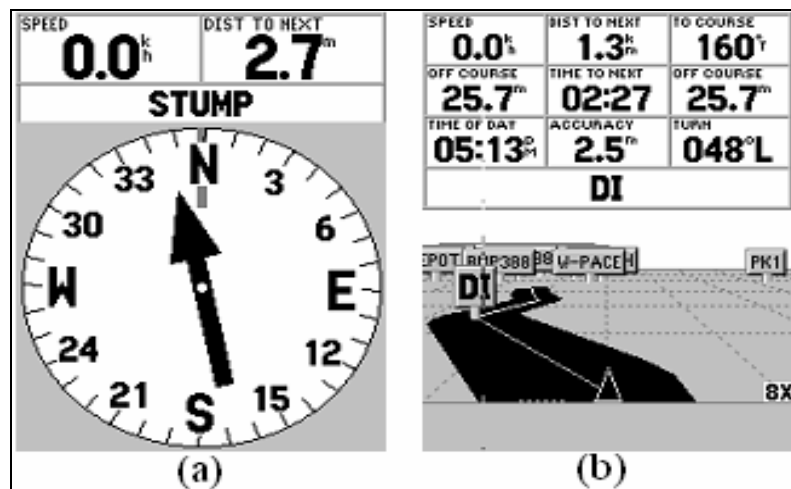


Figura 2.10. Pantalla GPSMAP 76S página de compás (a) y página de carretera (b).

2.5.4 Página Carretera

Con información similar a la pantalla del compás, ver figura 2.10b, con la diferencia que en la parte baja muestra la vista de la carretera de la ruta activa, el mapa no se despliega en esta pantalla, se muestra la dirección de la ruta y los puntos de navegación por los que se pasa y el punto definido como destino.

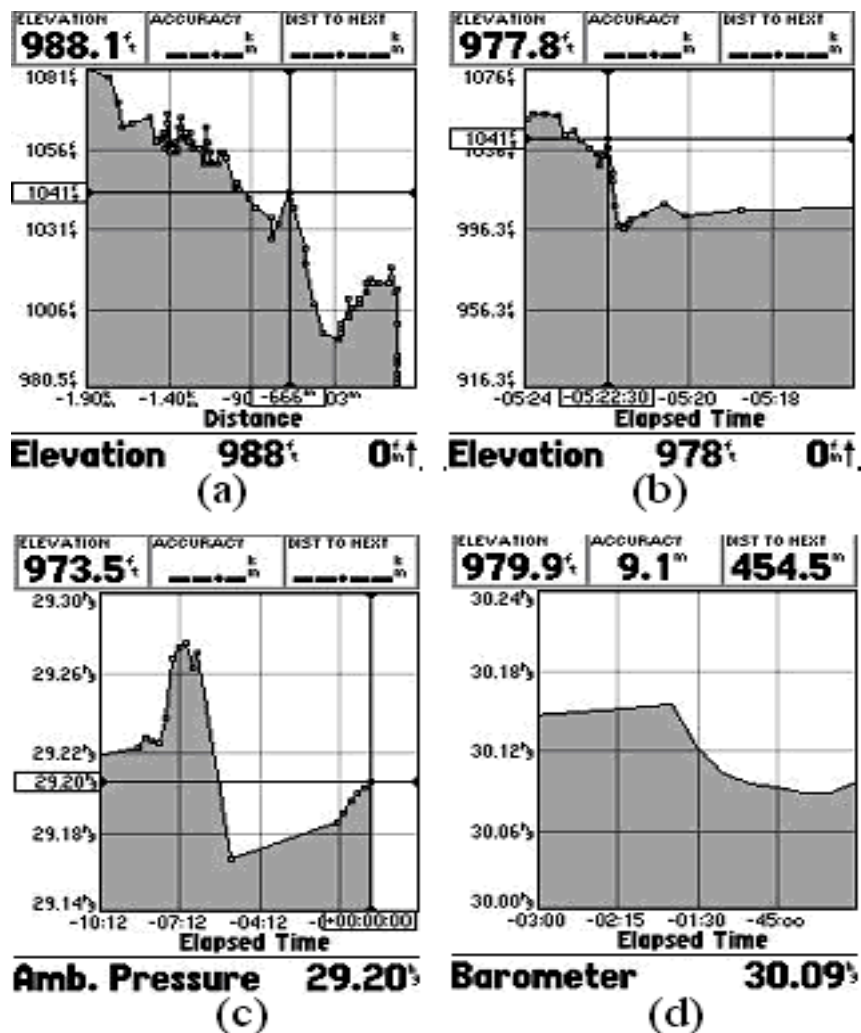


Figura 2.11. Pantalla GPSMAP 76S página plano, (a) Elevación vs. Distancia, (b) Elevación vs. Tiempo, (c) Barómetro vs. Tiempo, (d) Presión Ambiental vs. Tiempo

2.5.5 Página Plano

Esta página es usada para proveer datos del altímetro, ver figura 2.11, la unidad puede ser configurada para hacer un plano de cambios de presión o de elevación, ambas opciones grafican por tiempo, los cambios de presión también pueden ser graficados por distancia.

El equipo GPSMAP con el barómetro electrónico puede computar la presión correcta siempre y cuando se cambie de altitud, esta opción debe ser calibrada, la altitud barométrica se muestra en todas las pantallas del receptor excepto en la página de satélites donde sólo la altitud GPS es mostrada. El sistema es capaz de diferenciar cambios pequeños de alrededor de 5 pies. El 76S tiene dos modos para ser calibrado, de forma manual o automática. La siguiente figura muestra la página del GPSMAP que despliega la información, ésta puede mostrar hasta 4 diferentes pantallas, elevación, barómetro y presión ambiental.

2.5.6 Página de ruta activa/ Ir a

La última pantalla, ver figura 12, es una lista de puntos de navegación sobre la ruta, esta permite usar el mapa, insertar o quitar puntos de navegación, configurar la ruta en sentido inverso, planear o borrar una ruta. [10]

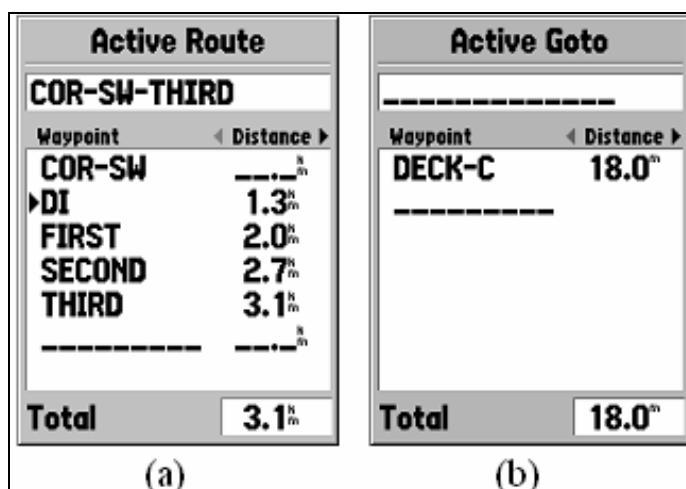


Figura 2.12. Pantalla GPSMAP 76S Página de Ruta Activa e Ir a

CONCLUSIÓN

El GPS, “Sistema de Posicionamiento Global”, ha sido probado y utilizado durante un periodo de tiempo muy largo, la confiabilidad que tiene actualmente es inigualable, el costo de los receptores es reducido y puede ser implementado en miles de aplicaciones, y por lo mismo usado por miles de personas y compañías a nivel mundial, por lo que fue utilizado para ubicar o localizar tanto las rutas como las anomalías que puedan ser detectadas en los oleoductos inspeccionados mediante el uso del sistema de inspección de fugas por medio de termometría.

REFERENCIAS.

- [1] http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global
- [2] http://netlab18.cis.nctu.edu.tw/html/paper/2001_11_06/Challenges%20in%20bringing%20GPS%20to%20Mainstream%20Consumers.pdf
- [3] GPS NAVSTAR, Global Positioning System, Standard Positioning Service Signal Specification, Segunda Ed., 2 de Junio de 1995
- [4] <http://www.aero.org/education/primers/gps/howgpsworks.html>
- [5] <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/censal/normcens.pdf?c=335>
- [6] http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html
- [7] INEGI, Manual de Normas para la Actualización de la Cartografía Censal, Vía Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- [8] http://www.marimsys.com/paginas/nmea_codigo.htm
- [9] Documento interno IMP
- [10] Manual de usuario del GPSMAP 76S

3 IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL SOFTWARE

La información expuesta en este capítulo explica el funcionamiento del sistema de detección de fugas de manera general y en forma destacada, breve y funcional el modo de operación de las 2 aplicaciones que desarrollé para el proyecto, la adquisición de la información enviada en tiempo real por el sistema GPS y el filtrado y generación de nuevos puntos ruta.

El proyecto se realizó dentro del Instituto Mexicano del Petróleo, institución creada el 23 de agosto de 1965, es el centro de investigación de México dedicado al área petrolera, cuyos objetivos principales son realizar investigación y desarrollo tecnológico, así como servicios especializados orientados a las necesidades estratégicas y operativas de Petróleos Mexicanos (PEMEX); el IMP entrega soluciones integrales innovadoras y desarrolla recursos humanos especializados con un enfoque de calidad, oportunidad y precios competitivos.¹

El sistema desarrollado se enfoca básicamente en la detección de fugas existentes en ductos que transportan hidrocarburos, pero abarca muchísimo más, el objetivo primordial es la prevención de fugas, tema con un alto grado de contenido en materia de seguridad, ya que es primordial detectar una posible fuga antes que ésta se materialice como tal, para evitar daños de cualquier tipo, tanto ambientales como económicos sin dejar de mencionar las vidas humanas.

Otro objetivo clave del proyecto y que ayuda en forma directa a la prevención y detección de fugas es encontrar tomas clandestinas y valorar si se respeta el derecho de vía de las instalaciones para evitar daños físicos en las tuberías.

¹ <http://www.imp.mx/acerca/>

3.1 Etapas generales del proyecto

El proceso que debe seguir el proyecto en general podemos subdividirlo en 4 etapas:

3.1.1 Etapa 1. Recopilación de información.

En esta etapa se debe coleccionar diferentes tipos de mapas, mapas geográficos actuales de la región para determinar posición, tener una idea de la forma del terreno y mapas con información a cerca de cómo están distribuidos los ductos en la porción de terreno por donde navegará la aeronave. Además de configurar y calibrar el equipo para que funcione de manera ordenada en la zona.

3.1.2 Etapa 2. Trazo de la ruta en helicóptero.

Con la información recabada en la etapa anterior, el trayecto se realiza en helicóptero con una ruta trazada según la disposición física del ducto. Un arnés con dos videocámaras se fija adaptándose al tipo o modelo de helicóptero en que se realice el viaje, la imagen es desplegada en pantallas dentro del habitáculo y una computadora de campo adquiere y despliega en pantalla en tiempo real la señal recibida por el receptor GPS.

La señal de cada videocámara se captura durante todo el recorrido, una de ellas es del tipo infrarroja, sensible a los cambios de temperatura y una más que capta la imagen en su forma real, las dos cámaras comienzan a adquirir información al mismo tiempo de tal forma que posteriormente se puedan comparar las señales (ver figura 3.1).

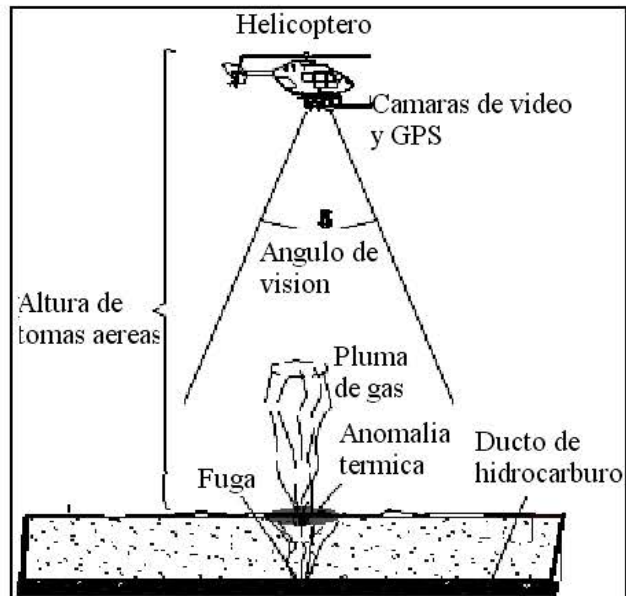


Figura 3.1. La imagen muestra una simulación para obtener la imagen.

Videocámaras y receptor GPS hacen su labor en el aire, la sincronía es un factor muy importante para el proceso, ya que se debe conocer la posición exacta de la aeronave mientras navega por una ruta por dos razones, la primera es seguir el trayecto por donde está instalado el ducto y la segunda razón es para identificar posteriormente el punto exacto donde se encuentre la anomalía o fuga.

3.1.3 Etapa 3. Análisis de la información.

Después de obtener la información requerida para su análisis, (posición y estado de la trayectoria del ducto), en tierra y con software dedicado se realiza el estudio del ducto y del terreno que lo rodea. Un cambio de temperatura mostrado en la imagen de la cámara infrarroja podría indicar una fuga, la cual puede ser corroborada con la imagen de la cámara de video de alta resolución, puesto que con esta se observa la vegetación aledaña así como las condiciones físicas del terreno examinado. Lo cual permite estimar lo observado por la cámara infrarroja, además una población vista en la imagen del terreno sobre la trayectoria del ducto mostraría la violación del derecho de vía.

3.1.4 Etapa 4. Comprobación física.

Como etapa final la comprobación del ducto en las partes que arrojó el análisis con alguna anomalía deben ser inspeccionadas para comprobar el estado real y solucionar el problema, en caso de ser una toma clandestina, removerla, en caso de fuga, repararla y en caso de invasión al derecho de vía, despejar el área.

3.2 Descripción del equipo

El equipo con que se cuenta es: un helicóptero, el modelo varia según el tipo de vehículo que se utilice según la zona donde se realice el recorrido y la dependencia que lo facilite, una cámara modelo PalmIR 250 manufacturada por Raytheon, una cámara de video Sony DRC-TRV120, una computadora de campo Panasonic especial para uso rudo, pantallas Sony para el despliegue en tiempo real durante el trayecto, un giróscopo que proporciona estabilidad en el manejo de las tomas de las cámaras y un receptor GPSMAP 76S del fabricante Garmin. Ver figura 3.2.

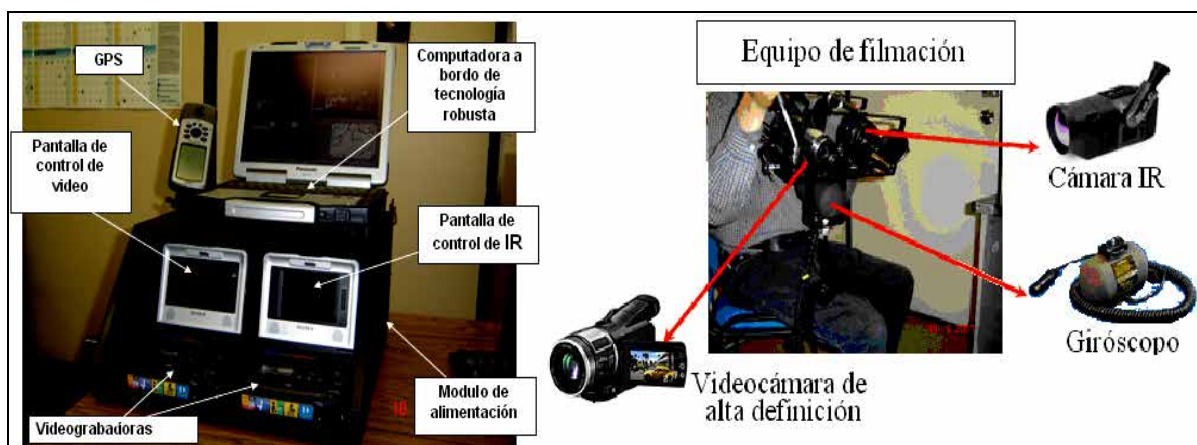


Figura 3.2. Montaje del equipo en pruebas de laboratorio.

El proyecto involucra el diseño de software, aplicaciones dedicadas y expertas. Así se adquirió un programa de adquisición digital de video, ya que las videograbadoras adquiridas retienen la información en cintas y se

desarrolló software propietario, un programa que muestra la señal sincronizada de ambas cámaras y que además procesa la señal recibida desde el sistema GPS para visualizar un mapa que representa la ubicación del punto e información como altitud, longitud, latitud, tiempo, fecha según la secuencia de imágenes que proyecte el programa. Ver figura3.3.

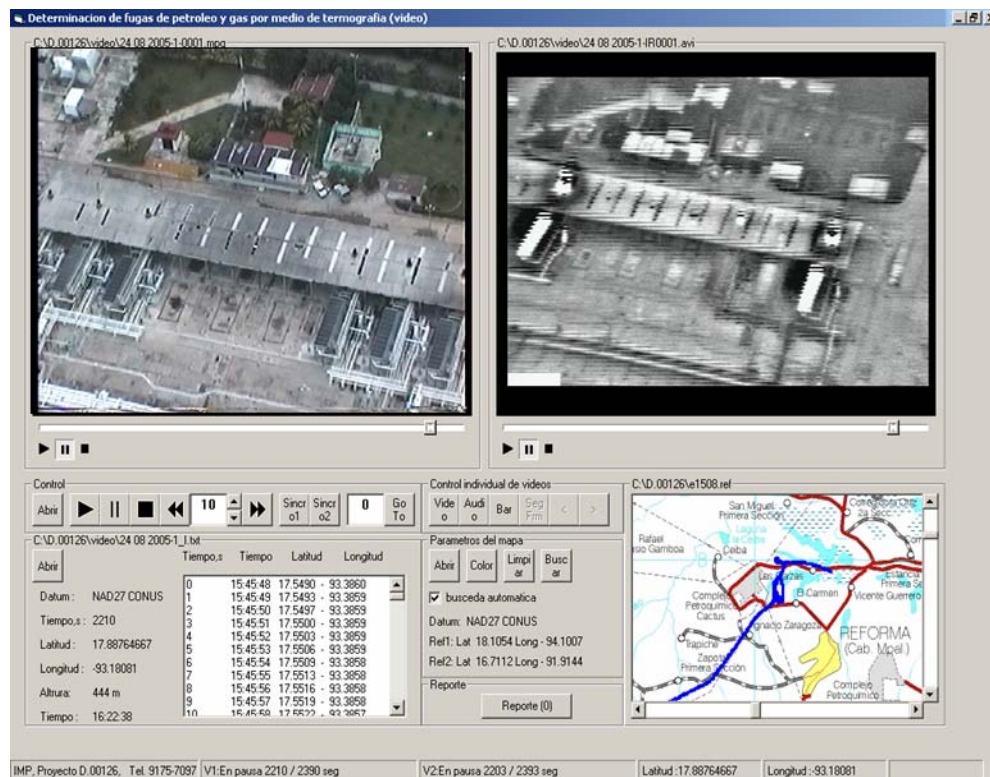


Figura 3.3. Pantalla del software de análisis desarrollado por el IMP.

De todo el sistema que he descrito, desarrollé el software dedicado a almacenar la información adquirida por el GPS durante el transcurso del viaje y una aplicación más que filtra la información recibida por el receptor GPS para obtener sólo datos específicos y generar registros por intervalos de tiempo más cortos, ya que el protocolo NMEA 0183 únicamente permite la adquisición de información cada 2 segundos.

La parte del proyecto que será explicada detalladamente en este trabajo de investigación es la realización del software de adquisición de la señal, y del

programa encargado de filtrar y regenerar la señal recibida por el sistema GPS.

La gran demanda de sistemas operativos confiables tienen la desventaja de ser algo complejos y poco comunes para usuarios finales, como es el caso de sistemas Linux que involucran el uso de consolas de comandos, el proyecto exige versatilidad y facilidad de uso, además de un entorno gráfico, fue así que todos los sistemas hechos se desarrollaron para ejecutarse bajo el sistema operativo Windows XP, cumpliendo las exigencias necesarias propias de la aplicación.

Al inicio del proyecto se pensó en el compilador que debía ser elegido para la creación de los sistemas, algunos que fueron contemplados para el desarrollo fueron Delphi, Microsoft C++, java, Microsoft Visual Basic, en sus diferentes versiones, fue así como se eligió trabajar con un compilador Microsoft Visual Basic 6 por la facilidad que otorga al momento de usar controles ActiveX, la sencillez de su sintaxis y la normatividad interna por parte del instituto en cuanto a licenciamiento se refiere.

Una razón más decisiva para trabajar con Visual Basic fue que el proyecto involucró a personal con conocimientos en diferentes áreas de aplicación, y debía ser fácilmente entendido para ser inspeccionado y corregido según las necesidades del mismo.

3.3 Sistema de adquisición de la señal transmitida por el GPS

El proyecto demanda la captura de datos en tiempo real sin tolerancia a fallos, los errores en la adquisición podrían ser causa de anomalías al momento del análisis, los errores más graves que se presentaron durante pruebas de laboratorio fueron la interrupción de la transferencia entre el PC y el GPS, pérdida de satélites, fraccionamiento del protocolo NMEA en la

recepción, estos errores deben ser descartados del programa final para contar con integridad en la información.

El sistema que adquiere la señal será tratado en este trabajo con las siglas SADGPS o sistema de adquisición desde GPS. El SADGPS fue configurado para que el receptor satelital entregara la señal en crudo del protocolo NMEA 0183, según se vio en el capítulo 2 los protocolos utilizados por un GPS pueden ser varios, se escogió el NMEA debido a la precisión y contenido de los datos, lo que interesa al proyecto es el datum, el WGS 84 que se presentó de igual forma en el capítulo anterior, latitud, longitud, elevación, tiempo UTC, y la fecha por citar los campos mas importantes.

En función a lo expuesto en el párrafo anterior se tiene que: la transferencia de datos del GPS con el protocolo NMEA se realiza por medio del puerto serie al ordenador a una velocidad de 4800bps, 8 bits de datos, sin paridad y 1 o más bits de parada. El trabajo principal del programa es adquirir la señal transmitida desde el GPS, aunque también y gracias a errores detectados durante la fase de prueba, la revisión de estos se tuvo que realizar al momento de almacenar la información, como problema principal verificar que las sentencias NMEA se almacenaran íntegramente sin saltos de línea o que no contuvieran caracteres inválidos, un inconveniente es que si existe pérdida de información, el protocolo no permite retransmisión.

El modo de operación de este primer programa es a base de ficheros y por medio de interrupciones, a grosso modo se utiliza un buffer de lectura que almacena los datos transmitidos desde el puerto serie, mismo que puede ser seleccionado por el usuario desde la interfaz del programa por si el ordenador contara con más de uno, ya que varios dispositivos como el uso de PDA's u ordenadores personales suelen utilizar este mismo puerto para sincronizarse, el software es capaz de detectar puertos en uso o no

disponibles, una alternativa a esta problemática es avisar al usuario de dicho error y permitir seleccionar uno diferente.

El SADGPS trabaja de cierta forma con interrupciones, al momento de trabajar con ellas se pretende asegurar la confiabilidad del programa, ya que no puede existir pausas o pérdida de la transmisión entre GPS y PC, así funciona aún cuando el equipo se bloquee por inactividad o inicie alguna aplicación diferente, la característica del mecanismo de interrupciones al sistema permite que no deje de capturar la información.

El mecanismo se encapsula en un ciclo, el programa escucha el puerto y transmite hasta que se llena el buffer, cuando existe un desbordamiento de esta, la información adquirida es almacenada en el fichero, mientras vuelve a escuchar información y se vuelve a generar el overflow.

Al no tener un mecanismo de comunicación con el GPS, el buffer es de gran ayuda pues no tenemos una sentencia de control que indique cuando iniciar o detener la transmisión, así no importa cuando se transmita o en que intervalos pues recordemos que el protocolo NMEA 0183 replica cada 2 segundos un lote completo de información, sin conocer de forma precisa la longitud de ese bloque, con el buffer resolvemos el problema en forma eficaz.

La parte de la comunicación serial fue hecha con un control ActiveX, el MSCOMM, se usa en su forma simple, usamos el modo texto (no binario), se manejan los eventos de recepción. La propiedad InputLen permite leer tantos caracteres como se requiera, se puede limitar desde un carácter o hacer que se lea toda la secuencia y finalmente se almacene en un buffer, para generar la interrupción se utiliza la propiedad RThreshold, misma que debe indicar el número de caracteres para que se genere el evento.

Al recibir los caracteres se ejecutará el código previsto para el evento OnComm, este puede ser activado por varias razones, entonces lo que hacemos es leer el valor almacenado en la propiedad CommEvent que contendrá un número de código comEvReceive, así sabemos que la interrupción se genera por el desbordamiento del buffer. Ver figura 3.4

```
Private Sub MSComm1_OnComm()  
Dim envio As Boolean  
Dim Val As String  
  
    'Aqui se interceptan los eventos que se producen  
    'durante la comunicación  
    'Cada vez que pasa algo relativo al puerto COM  
    'en uso, cambia el valor de la propiedad CommEvent  
    'tambien es aqui donde se guarda la informacion adquirida  
    envio = False  
  
    If MSComm1.CommEvent = comEvReceive Then  
        Val = MSComm1.Input  
        Show_Datos.Text = Val 'Show_Datos.Text + MSComm1.Input  
        Print #Fichero, Val  
    End If  
  
End Sub
```

Figura 3.4. Implementación del evento OnComm

La pantalla principal del SADGPS se muestra en la figura 3.5a, un área de visualización despliega la información en tiempo real adquirida desde el satélite, la zona de estado del puerto brinda información concerniente y permite elegir uno disponible. La sección de información ayuda al usuario en la operación del programa notificando cual es el siguiente paso a seguir o avisa de algún error, esto fue necesario por el movimiento de la aeronave y el poco espacio que existe dentro de ella, la operación es secuencial, habilita los botones solo si la operación es permitida, cualquier movimiento en falso podría hacer que se presione un botón cancelando o cortando el archivo en un punto crítico, por tales motivos un uso secuencial y restringido incrementa la confiabilidad.

Ya que los archivos contienen una gran cantidad de datos, tuvimos que medir el avance del proceso al momento de cerrar y verificar el archivo, la extensión que adquiere el archivo es “archivo.log”, esta forma de etiquetar el archivo es relevante pues indica que es el primero de 3 archivos finales en todo el proceso y que es del tipo NMEA. Generar documentación sobre el funcionamiento de la aplicación fue un punto a favor, puesto que es de fácil manejo y no necesita de un instructor, se generó ayuda, cuenta con un módulo “help”, ver figura 3.5b, que presenta información más detallada del programa. Para ver el manual completo del SADGPS consultar el anexo B.

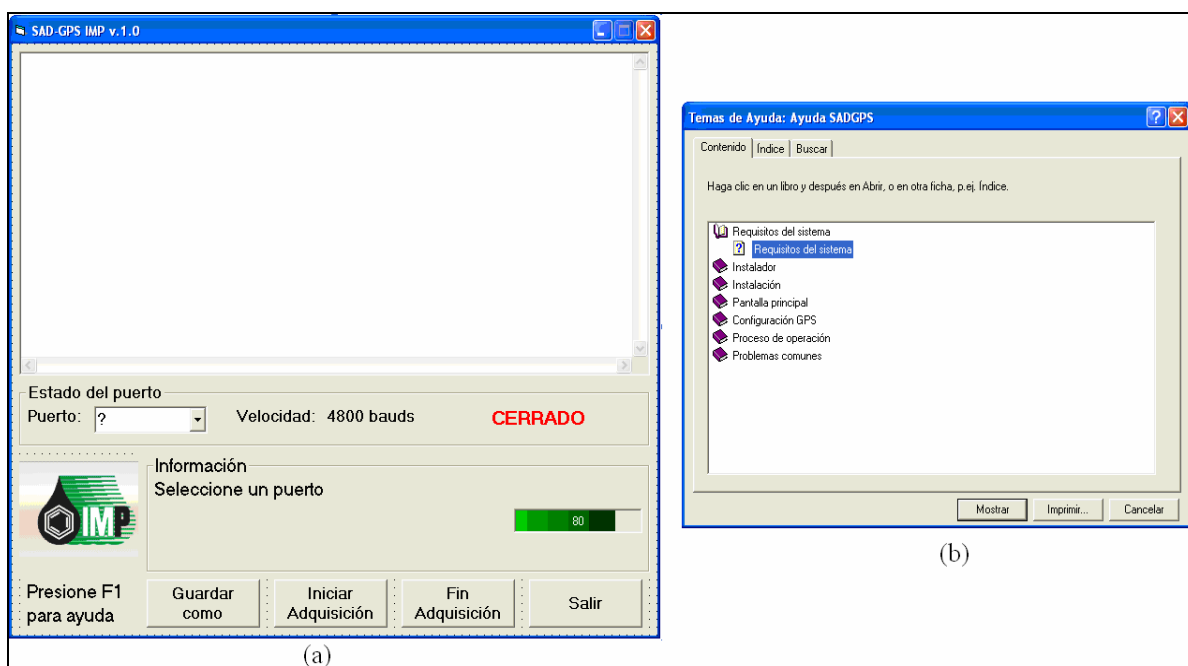


Figura 3.5. SADGPS-IMP v.1.0, (a) Pantalla principal del programa de adquisición, (b) Ventana de ayuda

3.4 Sistema de filtrado y generación de puntos de ruta en la señal capturada por el GPS

Para que en la fase del análisis sea posible visualizar las rutas en los mapas geográficos, tanto en el programa de análisis del celaje aéreo desarrollado en el IMP como en programas de navegación como lo son OZI-Explorer y MAPSource, sólo son necesarios campos de información como el tipo de datos, latitud, longitud, altitud, tiempo y fecha.

Para los fines que a la presente investigación conciernen se considera una reducción o acercamiento de los registros captados por el GPS pues gracias a la distancia del recorrido y las altas velocidades que alcanza el helicóptero, suponiendo que viaja constantemente a una velocidad de 100Km/hr durante un trayecto de 100km y que el protocolo NMEA 0183 transmite cada 2 segundos, la adquisición real de la señal se haría cada 55.55m y se tendrían sólo 1800 puntos de referencia, en cambio si se hace una interpolación de la señal o una aproximación podemos regenerar puntos cada segundo y el trayecto aportaría información para simplificar la labor de inspección y reparación en caso de ser necesario.

Hablaremos ahora un poco del sistema de filtrado y generación de registros, SISFI serán las siglas con que haremos referencia a dicho sistema. SISFI desarrolla ambas labores, en una primera etapa realiza el filtrado del protocolo NMEA utilizando archivos generados por la aplicación SADGPS, en una segunda etapa genera nuevos puntos de ruta a partir de la información filtrada obtenida en la etapa anterior.



Figura 3.6 SISFI-IMP v.1.0. Pantalla principal

La figura 3.6 muestra la pantalla principal de SISFI en ambas etapas, solo que en cada una de ellas muestra información adicional en la sección destinada para ese uso y el avance porcentual de procesamiento del archivo.

3.4.1 Primera etapa. Filtrado

El GPSMAP 76S transmite en tiempo real y en formato NMEA 0183 alrededor de 14 sentencias cada 2 segundos, la colección de ellas son: \$GPGLL, \$GPBOD, \$GPBWC, \$GPVTG, \$GPXTE, \$PGRME, \$PGRMZ, \$PGRMM, \$GPRTE, \$GPRMB, \$GPGGA, \$GPGSA y \$GPGSV. El segmento transmitido contiene información muy valiosa para la localización de puntos además de tener diversos campos como la distribución de los satélites, el número de satélites y su ID que transmitieron en el intervalo de tiempo que se envió el lote de datos, porcentajes de error, etc.

La información que debe ser sustraída del lote es latitud, longitud y tiempo principalmente pues esos datos son suficientes para trazar de nuevo la trayectoria que siguió el helicóptero, y en caso de utilizar sistemas de planimetría o navegación como en el caso de OziExplorer o MapSource, podemos tener una mejor Visio de la trayectoria con altitud y fecha, respetando el datum, ya que como se explicó en el capítulo 2, el uso de un tipo de datos de manera errónea podría arrojar inexactitud al momento de regenerar el trayecto. Tres sentencias NMEA nos brindan los campos necesarios para dicha labor, \$GPGGA, \$GPGSA y \$PGRMM, los primeros dos nos brindan la información concerniente a la ubicación y tiempo y el tercero provee la información del tipo de datum.

Con esta información como referencia y sabiendo que el protocolo no permite filtrar dicha información en tiempo real fue necesario crear una aplicación que nos filtre el “archivo.log” adquirido durante el trayecto en helicóptero, sabemos que el archivo tiene una sintaxis como en la figura 3.7, todas las instrucciones comienzan con un signo de “\$”y termina con un “*” seguido de dos caracteres más, cada sentencia se divide por comas y su primer campo es el nombre de la sentencia, cada una cuenta con un

número finito de campos, por ejemplo la sentencia \$GPGGA tiene 14, la descripción de ellos se hizo en el capítulo 2.

```

$GPGLL,1919.8035,N,09902.8561,W,124818,V,S*50
$GPBOD,,T,M,,*47
$GPBWC,124818,,,,,T,M,N,,S*6F
$GPVTG,0.0,T,353.8,M,0.0,N,0.0,K*43
$GPXTE,V,V,,N,S*43
$PGRME,15.0,M,22.5,M,27.0,M*1A
$PGRMZ,7077,f*33
$PGRMM,WGS 84*06
$GPRTE,1,1,c,*37
$GPRMC,124820,V,1919.8035,N,09902.8561,W,0.0,0.0,020607,6.2,E,S*00
$GPRMB,V,,,,,,,,,A,S*0E
$GPGGA,124820,1919.8035,N,09902.8561,W,8,12,2.0,2256.4,M,-9.1,M,,*71
$GPGSA,A,3,02,05,06,07,10,12,18,21,24,26,29,30,3.6,2.0,3.0*32
$GPGSV,3,1,12,02,16,072,40,05,31,210,44,06,55,329,48,07,42,325,46*7D
$GPGSV,3,2,12,10,29,032,43,12,28,195,43,18,27,237,43,21,22,302,41*7E
$GPGSV,3,3,12,24,42,342,46,26,48,120,47,29,48,095,47,30,37,231,46*78
$GPGLL,1919.8035,N,09902.8561,W,124820,V,S*5B

```

Figura 3.7 Lote de información adquirido por el SADGPS

La figura 3.8 muestra el código implementado para tal efecto, el uso de archivos nuevamente es vital, usamos dos ficheros uno que es la fuente de los datos y contiene todas las sentencias NMEA y el segundo guardará la información con formato filtrada, el modos operando del fragmento de código lee línea a línea todo el archivo fuente, verifica que contenga una de las dos sentencias que revelan la localización para poder procesarla, en caso de encontrarla, utiliza una función para seccionarla en campos y extrae solo los necesarios.

Al final del procedimiento los datos son aproximados y formateados de forma tal que la información quede almacenada en un archivo de texto plano con los campos latitud, longitud, fecha, hora, altitud y campos que serán utilizados en la segunda etapa del SISFI.

```

----- Filtrado protocolo NMEA-----
nfuente = FreeFile
Open CommonDialog1.FileName For Input As nfuente
ndestino = FreeFile
Open archivosal For Append As ndestino

Do Until EOF(nfuente)
NumFaltantes = 0
Line Input #nfuente, VarLineaAdq
If VarLineaAdq <> "" Then
  ArrTexto() = Split(VarLineaAdq, ",")
  VarTamArr = FTamArr(VarLineaAdq)
  If InStrB(ArrTexto(0), "$GPRMC") <> 0 And VarTamArr = 13 Then
    VarFecha = Mid(ArrTexto(9), 3, 2) + "/" + Left(ArrTexto(9), 2) + "/" + Right(ArrTexto(9), 2)
  End If
  If InStrB(ArrTexto(0), "$GPGGGA") <> 0 And VarTamArr = 15 Then
    'si existe hora trabaja sino salta
    If ArrTexto(1) <> "" Then
      VarHora = Left(ArrTexto(1), 2) + ":" + Mid(ArrTexto(1), 3, 2) + ":" + Right(ArrTexto(1), 2) + ".000"
      MsgBox ("fin hora existe")
    Else
      NumFaltantes = NumFaltantes + 1
      VarHora = "00:00:00"
    End If
    'si existe latitud trabaja sino salta
    If ArrTexto(2) <> "" Then
      VarLatitud = FProcLatLon(ArrTexto(2), ArrTexto(3), 0)
    Else
      NumFaltantes = NumFaltantes + 1
      VarLatitud = "00.00"
    End If
    'si existe longitud trabaja sino salta
    If ArrTexto(4) <> "" Then
      VarLongitud = FProcLatLon(ArrTexto(4), ArrTexto(5), 1)
    Else
      NumFaltantes = NumFaltantes + 1
      VarLongitud = "00.00"
      MsgBox ("longitud no existe")
    End If

    '----- Determina y redondea altitud-----
    If ArrTexto(9) <> "" Then
      variaux = CInt(Val(ArrTexto(9)))
      ArrTexto(9) = Str(variaux)
    Else
      NumFaltantes = NumFaltantes + 1
      ArrTexto(9) = "0000"
    End If
    '-----Fin Determina y redondea altitud-----

    If NumFaltantes < 2 Then
      Print #ndestino, "TP,D," + VarLatitud + "," + VarLongitud + "," + VarFecha + "," + VarHora + ","
        + "," + VarHora + "," + "0" + "," + Trim(ArrTexto(9)) + ",1," + "0.0,0.0,0.0,0.0"
    End If
  End If
End If
contador = contador + 1
progreso = contador * 100
GGProgressBar1.Value = progreso / VarNoLineas
Loop
Close nfuente
Close ndestino

----- Fin Filtrado protocolo $GPGGGA-----

```

Figura 3.8. Fragmento de código que realiza el filtrado y las modificaciones en campos de información.

Las modificaciones al formato por citar algunas son: la fecha, es la modificación mas visible ya que en el formato NMEA la representación de la fecha es por ejemplo 020607 y se convierte a la forma 06/02/07, lo mismo

ocurre con la fecha, el formato en NMEA es similar al de la fecha, por ejemplo 124857 que se convierte a 12:48:57.000, la altitud y longitud dejan los grados separados por un punto de los minutos y segundos de la coordenada, por ejemplo, en el protocolo NMEA una longitud de 09902.8561,W indica 99° 2.8561', después de la modificación entrega un -99.04760166, truncando en 8 dígitos el resultado de la división, el signo negativo según el protocolo WGS84 indica longitud oeste.

En la figura 3.8 se alcanzan a leer condicionales, en comentario dice “si existe longitud trabaja sino salta” esto se generó a partir de la idea que pudieran perderse los datos si es que no existían satélites visibles, entonces la sentencia NMEA deja vacíos esos campos, un ejemplo de una sentencia sin recepción de satélites se puede observar en la figura 3.9.

```
$PGRME,,M,,M,,M*00
$PGRMZ,7137,f*36
$PGRMM,WGS 84*06
$HCHDG,107.8,,6.2,E*23
$GPRTE,1,1,c,*37
$GPRMC,
,V,,,,,240207,6.2,E,N*3F
$GPRMB,V,,,,,,,,,A,N*13
$GPGGA,,,,,0,00,,M,,M,,*66
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,3,1,12,02,33,035,00,05,55,244,00,06,24,324,00,07,14,319,00*77
$GPGSV,3,2,12,10,69,036,00,12,59,232,00,21,08,269,00,24,39,304,00*71
$GPGSV,3,3,12,26
,21,157,00,29,28,142,00,30,45,288,00,51,65,204,00*79
$GPGLL,,,,,V,N*64
```

Figura 3.9. Fragmento real de código NMEA con insuficiencia de satélites.

Tomando en cuenta que el GPS puede adquirir datos en 2D y 3D, algunos campos pueden existir y algunos no, en caso de no existir dichos valores la información no nos sirve y no es almacenada en el nuevo archivo etiquetado como “archivo_D.txt”. La nueva etiqueta “_D.txt” nos indica que es un archivo generado a partir de uno “.log”.

La apariencia de un “archivo_D.txt” se muestra en la figura 3.10, se puede observar en el tiempo de cada registro una secuencia de 2 segundos de diferencia pero se pierde dicha secuencia primero en 17:53:02 y vuelve a adquirir hasta 17:53:08 seis segundos después, sucede lo mismo en el registro con tiempo 17:53:26 solo que la pérdida de señal en este caso es de más de 2 minutos, alrededor de 60 muestras. En la segunda etapa del SISFI se trata este punto con una posible solución.

```
TP,D,19.31220667,-99.08146667,05/05/07,17:53:02.000,0,2255,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31180000,-99.08179333,05/05/07,17:53:08.000,0,2255,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31166500,-99.08189833,05/05/07,17:53:10.000,0,2254,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31156000,-99.08198500,05/05/07,17:53:12.000,0,2254,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31150167,-99.08203833,05/05/07,17:53:14.000,0,2253,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31145333,-99.08207667,05/05/07,17:53:16.000,0,2254,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31133167,-99.08217167,05/05/07,17:53:20.000,0,2254,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31126167,-99.08222667,05/05/07,17:53:22.000,0,2255,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31118167,-99.08229000,05/05/07,17:53:24.000,0,2255,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31109833,-99.08235333,05/05/07,17:53:26.000,0,2255,1,0.0,0.0,0.0,0.0
TP,D,19.31101667,-99.08241167,05/05/07,17:55:28.000,0,2255,1,0.0,0.0,0.0,0.0
```

Figura 3.10. Fragmento real de un fichero de prueba “archivo_D.txt”

3.4.2 Segunda etapa. Aproximaciones

En una segunda etapa, SISFI debía de generar nuevos puntos aproximados a la trayectoria para aportar información más precisa al momento de realizar un recorrido de inspección o simplemente visualizar con mayor exactitud sobre mapas la ubicación del punto de navegación mas cercano, ya hablamos de este problema al inicio del capítulo.

El algoritmo que se utilizó para cubrir este objetivo fue el método polinomial de aproximaciones de primer grado, dejando a un lado una posible interpolación de la señal, es un método ampliamente usado en el campo de la ingeniería, ya que al consultar fuentes de información presentadas en forma tabular, es frecuente no encontrar el valor usado.

Recuérdese que la fórmula general de un polinomio de ***n-ésimo*** orden es:

$$f(X) = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_nX^n$$

Para ***n + 1*** puntos, existe uno y sólo un polinomio de ***n-ésimo*** orden o menor que pasa a través de todos los puntos. Por ejemplo, hay sólo una línea recta (es decir un polinomio de primer orden) que conecta dos puntos. El polinomio de interpolación consiste en determinar el único polinomio de ***n-ésimo*** orden que se ajusta a los ***n + 1*** puntos dados. Este polinomio proporciona una fórmula para calcular los valores intermedios.

3.4.2.1 Descripción del algoritmo polinomial de aproximaciones simples

Para obtener los $(n + 1)$ coeficientes del polinomio de grado n ($n > 0$) que pasa por $(n + 1)$ puntos, debemos proporcionar:

- Datos: El grado del polinomio N y las $N + 1$ parejas de valores $(X(I), FX(I), I = 0, 1, \dots, N)$.
- Resultados: Los coeficientes $A(0), A(1), \dots, A(N)$ del polinomio de aproximación.

PASO 1: Hacer $I = 0$.

PASO 2: Mientras $I \leq N$, repetir los pasos 3 a 9.

PASO 3: Hacer $B(I, 0) = 1$.

PASO 4: Hacer $J = 1$.

PASO 5: Mientras $J \leq N$, repetir los pasos 6 y 7.

PASO 6: Hacer $B(I, J) = B(I, J-1) * X(I)$.

PASO 7: Hacer $J = J + 1$.

PASO 8: Hacer $B(I, N+1) = FX(I)$.

PASO 9: Hacer $I = I + 1$.

PASO 10: Resolver el sistema de ecuaciones lineales $B a = f x$ de orden $N + 1$ con alguno de los algoritmos de sistemas de ecuaciones.

PASO 11: Imprimir $A(0)$, $A(1)$, ..., $A(N)$ y terminar. [1]

De esta forma podemos en este caso tabular tiempo contra latitud y tiempo contra longitud y generar nuestras aproximaciones. La figura 3.11 muestra el código empleado en la función de aproximaciones utilizado para la segunda etapa de SISFI.

En esta segunda etapa se generan dos archivos finales, uno similar al “archivo_D.txt” pero renombrado como “archivo_I.txt” y un “archivo_B.txt”, que se genera automáticamente y es una bitácora cuando encuentra faltantes de información, ya sea por pérdida de satélites o pérdida de datos en mas de 10 segundos, este archivo indica el punto de ruta inicial donde se dejo de adquirir y el siguiente punto donde se adquirió de manera normal, además del número de muestras que se generaron. En la figura 3.12 se puede observar un ejemplo de un archivo_B.txt.

```

Private Function FAproxSimple(T1 As Long, T2 As Long, L1 As Double, L2 As Double,
                             pdex As Long, TamanoFinal As Integer) As String
'El algoritmo de aproximaciones es aproximacion polinomial simple
'se realiza con latitud y tiempo y longitud y tiempo
'sistema de ecuaciones p(x)=a0+Va1
'
'           p(x')=a0'+Va1'
' solucion del sistema P(x)=a0 +a1(x)
'donde V es la variable latitud o longitud
Dim a0 As Double
Dim a1 As Double
Dim Tamano As Integer
a1 = (L2 - L1) / (T2 - T1)
a0 = L1 - (T1 * a1)
FAproxSimple = Str(a0 + (a1 * pdex))
FAproxSimple = Trim(FAproxSimple)
Tamano = Len(FAproxSimple)
If TamanoFinal = 1 Then
TamanoFinal = Tamano
End If
If Tamano < TamanoFinal Then
Do Until Tamano = TamanoFinal
FAproxSimple = FAproxSimple + "0"
FAproxSimple = Trim(FAproxSimple)
Tamano = Len(FAproxSimple)
Loop
End If
If Tamano > TamanoFinal Then
FAproxSimple = Left(FAproxSimple, TamanoFinal)
End If
End Function

```

Figura 3.11. Implementación del algoritmo polinomial de aproximaciones simples

Revisar puntos

Perdida de 14 segundos entre:

TP,D,19.46238667,-99.02204333,.7/68/,17:32:48.000,0,2188,1,0.0,0.0,0.0,0.0

TP,D,19.46336000,-99.01938833,.7/68/,17:33:02.000,0,2195,1,0.0,0.0,0.0,0.0

Figura 3.12. Contenido real de un archivo_B.txt

CONCLUSIÓN

De acuerdo con la información obtenida en los capítulos I y II de esta investigación, las aplicaciones desarrolladas en este capítulo funcionan de manera paralela a la parte teórica, aunque las aplicaciones que desarrollé tuvieron problemas de lenguaje también surgieron problemas relacionados al uso de la información, mismos que se solventaron con la aplicación adecuada de los conocimientos investigados.

REFERENCIAS

- [1] Nieves ANTONIO y Domínguez FEDERICO, Métodos numéricos aplicados a la ingeniería, ED. CECSA, 2ª reimpresión, México DF 1997

4 PRUEBAS Y RESULTADOS

Se explica lo sucedido durante el periodo de pruebas y la forma en que se solucionaron los problemas generados a partir de esta etapa, finalmente se mostraran los resultados de una práctica real.

4.1 Pruebas SADGPS

Durante el desarrollo del sistema de detección de fugas por medio de termometría utilizando sistemas GPS, podemos diferenciar entre dos grandes periodos de prueba para el caso del sistema de adquisición desde GPS, SADGPS, pruebas en oficina y pruebas en campo.

4.1.1.1 Pruebas en oficina

En un principio la adquisición de la señal se hizo en oficina, conectando el sistema GPS al ordenador y capturando la información que transmitía mediante el programa Hyper Terminal de Windows, el receptor GPS se mantuvo estático y se hicieron adquisiciones reales y simuladas, el GPS tiene la opción de trabajar con un simulador interno que genera datos arbitrarios muy parecidos a los reales.

Durante esa etapa se pudo analizar el aspecto y forma de la información, los problemas relacionados con la perdida de satélites ya que si el sistema se encuentra en cuartos cerrados se reduce la probabilidad de transferencia de información desde ellos.

La siguiente etapa fue hacer recorridos a pie y almacenar los trayectos en la memoria interna del GPS, los datos obtenidos difieren por la capacidad de almacenamiento que tiene el receptor, y el periodo que comprende desde una adquisición y otra ya que sólo guarda waypoints, estas pruebas fueron

de gran importancia para conocer el comportamiento del receptor y la señal generada.

El sistema SADGPS se desarrolló en primer instancia, ver figura 4.1, en una máquina de escritorio, perdiendo así el factor movimiento que requería la aplicación pero arrojó datos importantes, uno de ellos fue determinar la duración de funcionamiento de la aplicación, ya que se hacía la adquisición por medio de textbox en vez de utilizar variables y almacenar posteriormente el contenido en el archivo, el uso de textbox limitaba la cantidad de información y el tiempo de uso del programa, ya que cuando el textbox llegaba a su límite dejaba de adquirir. Funcionaba bien pero sólo unos cuantos minutos, alrededor de 20, la información llegaba al archivo tal cual salía del receptor.



Figura 4.1 Primer etapa en el desarrollo del SADGPS

Cuando se tuvo que alargar la duración del tiempo de adquisición, pues el trayecto en helicóptero como mínimo debía tener una duración de una hora, se comenzó a trabajar con el evento OnComm del MSCOMM pero se encontró una nueva limitante, la información debido a que la longitud de las cadenas o lotes de datos variaba, no se podía determinar un número finito de caracteres para que fueran grabados en el "archivo.log", entonces la información se truncaba, insertaba un salto de línea y continuaba con la sentencia.

El problema fue resuelto preguntando por la secuencia de caracteres iniciales, el "\$" seguido del nombre de la sentencia y los finales, un "*" seguido por dos caracteres. Un ejemplo de cómo hacia la adquisición antes de la corrección se puede ver en la figura 4.2.

La información no se perdía, pero por el tipo de sentencias y su sintaxis era necesario recomponer la señal, antes de ser grabada debía ser corregida, un nuevo problema surgió entonces, sólo se contaban con 2 segundos para realizar la corrección, línea por línea, verificar la integridad, almacenar y nuevamente volver a adquirir, la decisión final fue dejar que la aplicación almacenara todos los datos para que no existiera problema con el contenido y al final del trayecto recomponer el archivo para eliminar saltos de línea y caracteres inválidos que se pudieron generar al momento de la escritura en el archivo.

La duración máxima de prueba fue de cuatro horas antes que se terminara la batería del GPS, en promedio el uso del sistema debe comprender entre 1 y 3 horas.

Cuando se trato de instalar el SADGPS en una computadora diferente se encontró un nuevo problema, la relación entre dependencias de los

controles ActiveX no dejaba que la aplicación se ejecutara en otro ordenador que no fuese el que contenía el compilador de Microsoft Visual Basic.

```

A,A,2,02,,,,,10,,,,,30,,2.4,2.2,1.0*34
$GPGSV,3,1,12,02,42,018,50,04,11,051,37,05,57,277,00,06,12,315,00*73
$GPGSV,3,2,12,10,80,115,42,12,65,274,00,17,09,110,00,24,35,282,00*77
$GPGSV,3,3,12,26,10,169,00,29,16,157,00,30,36,308,41,51,65,204,36*72
$GPGLL,1927.5437,N,099
01.8337,W,173204,A,A*50
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPBWC,173204,,,,,T,,M,,N,,A*78
$GPVTG,68.5,T,62.3,M,33.7,N,62.4,K*45
$GPXTE,A,A,,N,A*51
$PGRME,10.7,M,14.9,M,18.4,M*19
$PGRMZ,7042,f*35
$PGRMM,WGS 84*06
$HCHDG,62.3,,,6.2,E*1A
$GPRTE,1,1,C,*37
$GPRMC,173206,A,1927.5508,N,0
9901.8146,W,34.9,68.7,240207,6.2,E,A*07
$GPRMB,A,,,,,,A,A*0B
$GPGGA,173206,1927.5508,N,09901.8146,W,1,03,2.2,2139.3,M,-9.1,M,,*72
$GPGSA,A,2,02,,,,,10,,,,,30,,2.4,2.2,1.0*34
$GPGSV,3,1,12,02,42,018,50,04,11,051,36,05,57,277,00,06,12,315,00*72
$GPGSV,3,2,12,10,80,115,42,12,65,274,00,17,08,111,00,24,35,282,00*77
$GPGSV,3,3,12,26,10,169,00,29,16,157,00,30,36,308,41,51,65,204,35*71
$GPGLL,1927.5508,N,09901.8146,W,173206,A,A*5B
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPBWC,173206,,,,,T,,M,,N,,A*7A
$GPVTG,68.7,T,62.5,M,34.9,N,64.7,K*4D
$GPXTE,A,A,,N,A*51
, ,N,A*51
(a)
$GPGSV,3,1,12,02,42,018,50,04,11,051,37,05,57,277,00,06,12,315,00*73
$GPGSV,3,2,12,10,80,115,42,12,65,274,00,17,09,110,00,24,35,282,00*77
$GPGSV,3,3,12,26,10,169,00,29,16,157,00,30,36,308,41,51,65,204,36*72
$GPGLL,1927.5437,N,09901.8337,W,173204,A,A*50
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPBWC,173204,,,,,T,,M,,N,,A*78
$GPVTG,68.5,T,62.3,M,33.7,N,62.4,K*45
$GPXTE,A,A,,N,A*51
$PGRME,10.7,M,14.9,M,18.4,M*19
$PGRMZ,7042,f*35
$PGRMM,WGS 84*06
$HCHDG,62.3,,,6.2,E*1A
$GPRTE,1,1,C,*37
$GPRMC,173206,A,1927.5508,N,09901.8146,W,34.9,68.7,240207,6.2,E,A*07
$GPRMB,A,,,,,,A,A*0B
$GPGGA,173206,1927.5508,N,09901.8146,W,1,03,2.2,2139.3,M,-9.1,M,,*72
$GPGSA,A,2,02,,,,,10,,,,,30,,2.4,2.2,1.0*34
$GPGSV,3,1,12,02,42,018,50,04,11,051,36,05,57,277,00,06,12,315,00*72
$GPGSV,3,2,12,10,80,115,42,12,65,274,00,17,08,111,00,24,35,282,00*77
$GPGSV,3,3,12,26,10,169,00,29,16,157,00,30,36,308,41,51,65,204,35*71
$GPGLL,1927.5508,N,09901.8146,W,173206,A,A*5B
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPBWC,173206,,,,,T,,M,,N,,A*7A
$GPVTG,68.7,T,62.5,M,34.9,N,64.7,K*4D
$GPXTE,A,A,,N,A*51
$PGRME,10.7,M,14.9,M,18.4,M*19
$PGRMZ,7045,f*32
$PGRMM,WGS 84*06
$HCHDG,62.5,,,6.2,E*1C
$GPRTE,1,1,C,*37
(b)

```

Figura 4.2. Comparación de la señal, (a) sin corregir, (b) corregida.

Un instalador resuelve el problema de dependencias del programa ya que es necesario contar con algunos archivos en el sistema para que los controles ActiveX funcionen adecuadamente, la figura 4.3 muestra la pantalla inicial del proceso de instalación, mismo que copia todos los archivos necesarios para ejecutarse en otro ordenador, crea accesos directos en el escritorio y una carpeta con todos los componentes del sistema. Se incluyó en esta versión la documentación, librerías, ejecutables y un desinstalador dentro del paquete de instalación.

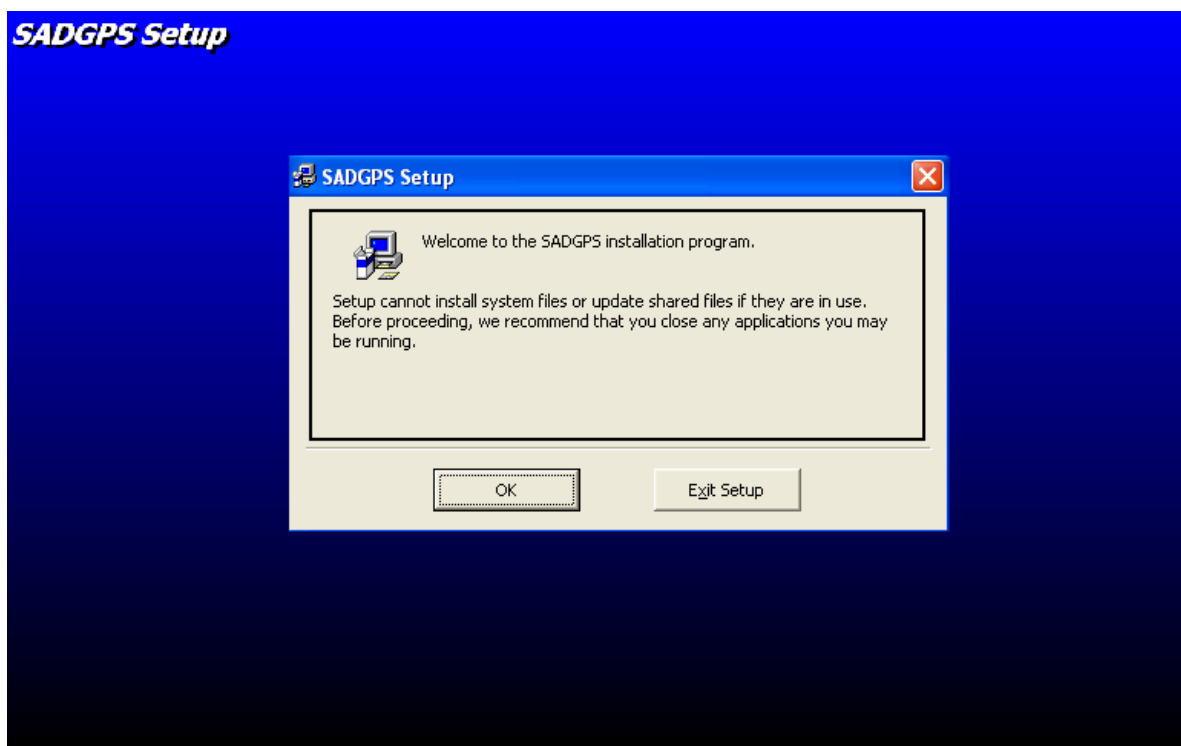


Figura 4.3. Pantalla de instalación del SADGPS

4.1.1.2 Pruebas de campo

En general todos los problemas fueron solucionados durante las pruebas en escritorio pero los recorridos a bordo del automóvil y más aun del helicóptero arrojaron información de la presentación y modo de funcionamiento, las primeras versiones involucraban etiquetas en color negro y la letra desplegada en la pantalla era del tamaño de una fuente arial

12, cuando se presento la oportunidad de probar el sistema en vivo, el reflejo de la luz impedía la visualización de la información y no se sabia si adquiriría o no.

El diseño amplio de la pantalla y el tamaño del área visual incrementaron su volumen y las etiquetas tomaron colores de acuerdo a su estado, cuando el puerto se encuentra operando y abierto los colores en las etiquetas son verdes y en la pantalla los datos adquiridos se refrescan cada 2 segundos, al momento de terminar la adquisición cambia el color a rojo en las etiquetas y los datos se congelan.

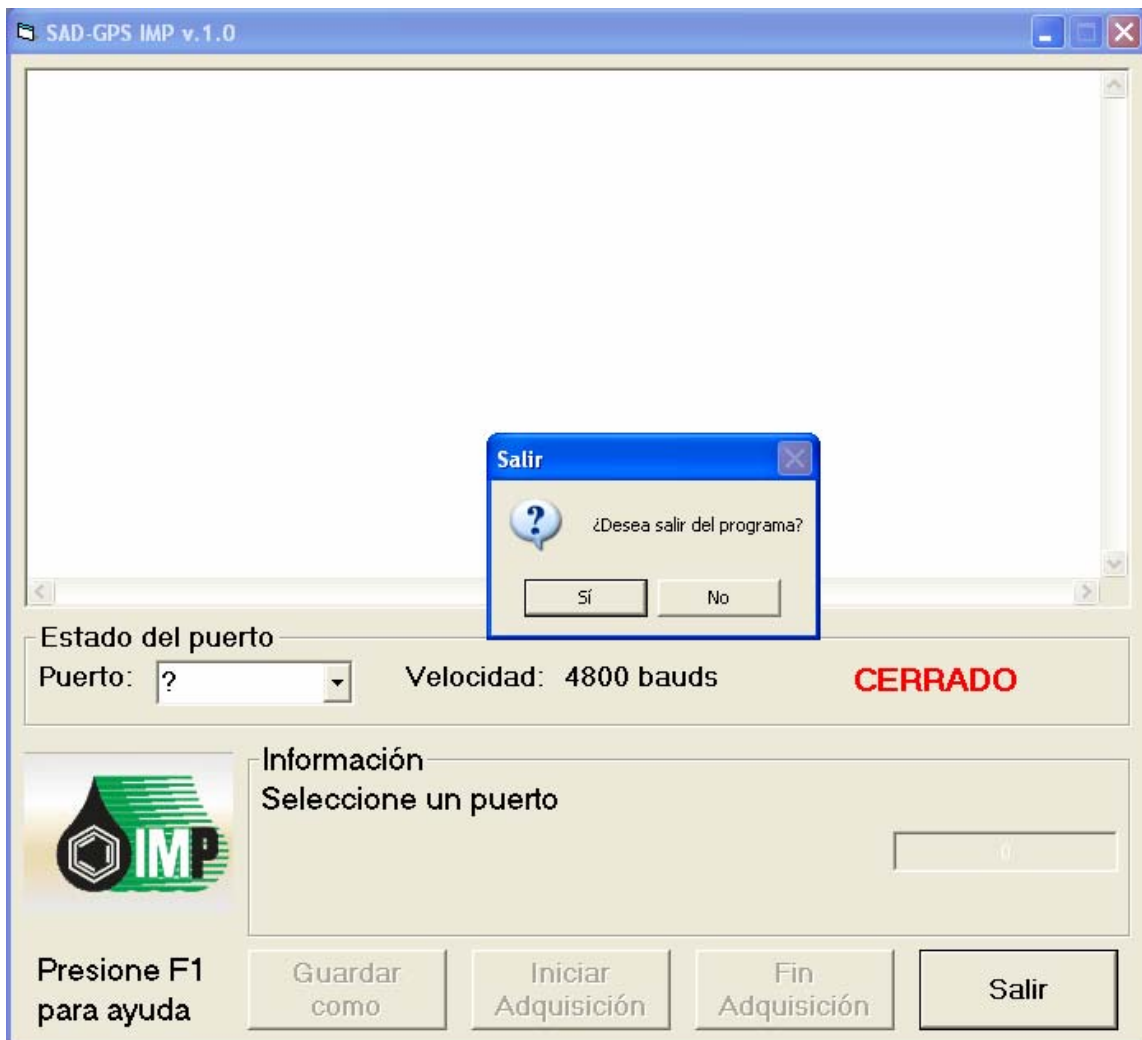


Figura 4.4. Versión final del SADGPS y ventana emergente de cierre.

Otro factor importante fue el movimiento dentro del vehículo, todos los botones estaban habilitados y cualquiera podía ser presionado en cualquier momento, guardar un nuevo archivo, iniciar adquisición, seleccionar puerto, o salir del programa. El hacer el sistema ordenado y secuencial evito problemas de este tipo además de en caso de presionar algún botón habilitado que pueda provocar la interrupción de la señal cuenta con ventanas emergentes que aseguran que la operación seleccionada sea deseada.

La presentación de la versión final puede apreciarse en la figura 4.4 con una ventana emergente de cierre inesperado de la aplicación.

4.2 Pruebas SISFI

A comparación del SADGPS este sistema lo desarrollé para condiciones de oficina aunque también puede ser usado durante un trayecto en aeronave, cuenta con las mismas características de presentación que el SADGPS, botones grandes, información de ayuda y letra visible en condiciones extremas de luminosidad.

Los problemas generados en su etapa de desarrollo y pruebas aunque menores que el SADGPS, involucraban más el tipo que el procedimiento, puesto que este programa maneja la información para su despliegue gráfico, debía cumplir con los formatos y las condiciones requeridas por los demás programas, tanto para el programa de celaje aéreo desarrollado por el IMP como para sistemas de mapeo como el OziExplorer y el MapSource.

La modificación de datos y el tipo de formato final fueron estudiados teóricamente para aplicar algoritmos de conversión, era necesario conocer el tipo de datos, el tipo de modificación y el formato en que debían ser presentados. La parte de filtrar la información no presentó mayor problema

que la sintaxis del lenguaje, cuando se hizo la corrección de los datos del “archivo.log”, se facilitó el manejo en el SISFI.

Se analizó la forma de generar nuevos puntos de ruta, el algoritmo polinomial de aproximación simple fue escogido en vez de un algoritmo de interpolación porque en carretera es frecuente que la vegetación o las construcciones interfieran con la señal adquirida por el GPS pero en la aeronave es posible ver de entre 4 y 6 satélites simultáneamente, si mencionamos que además va conectada una antena externa al GPS es casi imposible perder la señal, sólo serían necesarios para una mayor precisión.

Un punto que tuvo relevancia fue la implementación de la bitácora y las banderas en los archivos, era necesario saber si se había perdido la señal del GPS y es difícil analizar un archivo de forma manual con 1800 puntos de ruta, los archivos bitácora brindaron información acerca de estas anomalías, además de generarse solo en caso de existir tal error y dentro de ellos la información es precisa permitiendo así la inspección manual pero tratando directamente los puntos clave.

La presentación final del SISFI se puede ver en la figura 4.5, la aplicación cuenta de manera similar al SADGPS con un paquete instalador que genera todas las dependencias del programa con el sistema operativo para su correcto funcionamiento, ya que también se involucro el uso de controles ActiveX en este caso la barra de estado para desplegar el avance porcentual del computo de nuestros ficheros. Se incluyó en esta versión la documentación, librerías, ejecutables y un desinstalador dentro del paquete de instalación. La ayuda de SISFI puede verse en el anexo C de este documento.



Figura 4.5. Versión final del SISFI-IMP v1.0

4.3 Resultados

Después del periodo de pruebas, de todos los sistemas, tanto el SADGPS y el SISFI como el programa de celaje aéreo propiedad del IMP, se realizó una prueba de campo en la ruta ATATSA-CD. PEMEX, el trayecto de navegación que se produjo durante el recorrido se puede ver en la figura 4.6 y tuvo una duración de 100 KM.

Los sistemas trabajaron a la perfección, el sistema de adquisición hizo su labor sin interrupciones y almaceno toda la información durante el tiempo total del recorrido, al momento de filtrar la señal y generar nuevos puntos de ruta, la señal cumplió seguir la ruta del recorrido, es decir no hubo puntos fuera de ruta o con localización en otra parte del mapa.

Finalmente la visualización de las señales sincronizadas reveló cruce de tuberías externas al ducto analizado, invasión al derecho de vía por poblaciones, carreteras y pequeñas casas y por el infrarrojo como primer análisis, los gradientes de temperatura diferencian las condiciones del terreno y las del ambiente que permitió observar tuberías descubiertas que transportan hidrocarburos.

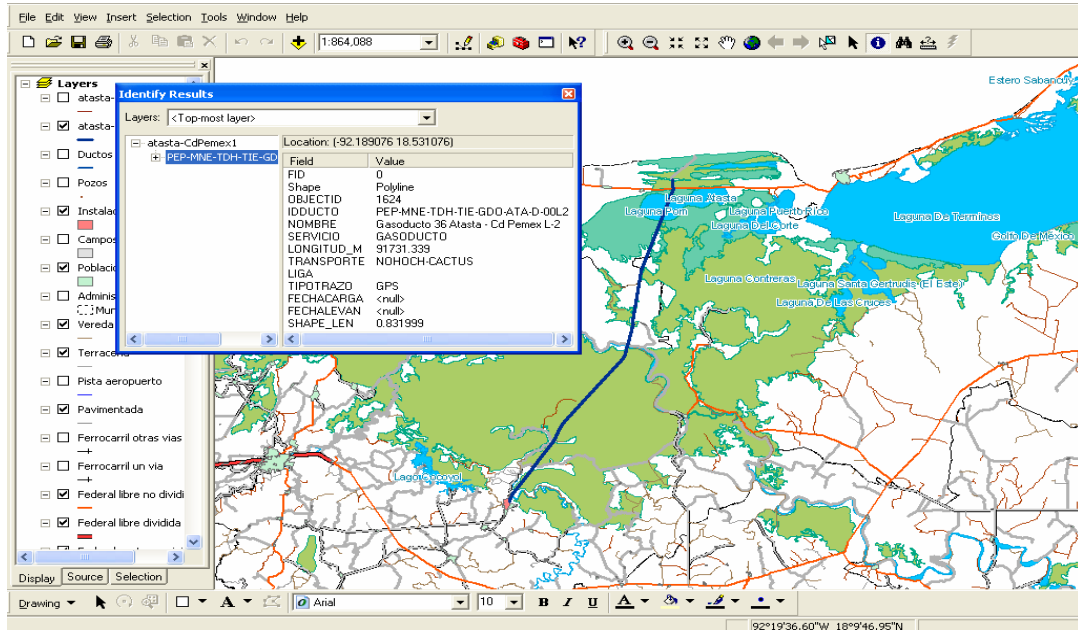


Figura 4.6. Mapa de la trayectoria ATATSA-CD PEMEX

La figura 4.7 muestra una parte del recorrido, se alcanza a ver las instalaciones en alta resolución del lado izquierdo y la toma infrarroja al lado derecho, en la parte baja se observa la localización del punto de navegación y en la misma zona del lado derecho el mapa generado a partir de la señal transmitida por el GPS.



Figura 4.7. Determinación de fugas por medio del análisis de las instalaciones.

Las imágenes del trayecto se pueden observar en las figuras 4.8, 4.9 y 4.10 que presentan la preparación del equipo, las condiciones de trabajo sobre el helicóptero y una más tomada desde el helicóptero durante el periodo de vuelo.



Figura 4.8 Preparación del equipo para ajustarlo a la aeronave.



Figura 4.9. Instalación del equipo en el habitáculo del helicóptero. SADGPS se ve en operación en la pantalla de la computadora.



Figura 4.10 Toma aérea del ducto que se recorrido.

El análisis de la señal presento información descrita en esta investigación de manera precisa. Una muestra del informe final de la operación que reporta una anomalía térmica, el día 6 de julio del 2007 a las 16:22:18 tiempo UTC, en las coordenadas 17.975692 /-92.435563 a una altura de 260m. Ver figura 4.11.

REPORTE DE CELAJE AEREO No DDV-023 - Windows Internet Explorer

D:\Sadovnychi\2 Right of way\Pruebas\Cd de Carmen 07 06 07\Celaje aereo Cd. PEMEX-ATASTA\Reporte final\ddv-023.htm

pc en line

raera.RU - Evis-ec Translation softwa... REPORTE DE CE...

PEMEX EXPLORACION Y PRODUCCION

REPORTE DE CELAJE AEREO No DDV -023

DATOS DEL DDV	DATOS DE LA INDICACION	DATOS DEL VUELO
Clave SAP del DDV: PEP-MNE-XXX-XXX-XXX	Tipo de indicacion : Anomalia termica	Fecha : 06/07/07
Descripcion del DDV DDV Atasta - CdPemex	Descripcion :	Hora UTC : 16:22:18
Subsidiaria : PEP	Coordenadas : 17.975692 / -92.435563	Coordenadas : 17.975692 / -92.435563
Gerencia/Activo : XXXX	Kilometraje :	Altura : 260 m
Sector : XXXX	Estado de indicacion : En programa	Tiempo de grabacion, seg : 364 (10896, 10903)

FOTOS DE LA INDICACION

file:///D:/Sadovnychi/2%20Right%20of%20way/Pruebas/Cd%20de%20Carmen%2007%2006%2007/Celaje%20aereo%20Cd.%20PEMEX-ATASTA/Reporte final/... imputer 100%

Figura 4.11. Reporte final de actividades

Al momento de terminar este escrito el sistema de Detección de fugas por medio de termometría esta listo para ser puesto en operación y se tiene el registro de los derechos de autor.

CONCLUSIÓN

Todas las pruebas realizadas arrojaron información valiosa para la investigación y para la realización de las aplicaciones generadas SADGPS y SISFI, teniendo así errores que corregir en tierra para que al momento de la navegación aérea la tolerancia de error fuera cercana a cero. Además se pudo probar el sistema y corroborar que era fiable el funcionamiento en su totalidad y su implementación y uso en el sistema de detección de fugas por medio de termometría.

CONCLUSIONES

La recopilación de información fue la primer parte del proyecto, una etapa esencial y muy importante para que el funcionamiento y la entrega de los datos fuesen lo más reales y precisos posibles.

Una segunda parte, la etapa de pruebas, desato dudas y fricciones para coincidir elementos teóricos con reales, manejo de información por ejemplo, despliegue grafico, uso del GPS, y manejo del lenguaje, son sólo algunos puntos que tuvieron conflicto al momento de ser utilizados.

La fase final es la implementación del sistema de inspección de fugas por medio de termometría, quedando para este fin al momento de realizar la última prueba, ATATSA-CD PEMEX fue la trayectoria elegida para tal fin, se encontraron varios puntos clave que debían ser inspeccionados, durante el recorrido el sistema SADGPS funcionó como se esperaba, la duración del trayecto fue de una hora, en un tramo que comprende alrededor de 100 kilómetros, las señales fueron almacenadas sin problema alguno.

En la etapa de post-procesamiento, la aplicación SISFI llego a satisfacer con el filtraje y la aproximación de puntos de navegación, reflejándose en el programa de celaje aéreo desarrollado en otra parte del proyecto “Sistema de detección de fugas por medio de termometría utilizando GPS”.

El software generado SADGPS y SISFI, actualmente se encuentran en trámites para obtener los derechos de autor correspondientes, en el anexo A se muestra la hoja de dicha inscripción al registro de lo propiedad intelectual.

ANEXOS

ANEXO A



CERTIFICADO

Registro Público del Derecho de Autor
Instituto Nacional del Derecho de Autor



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169, 209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la OBRA cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

AÚTORES: DELGADO ACOSTA MARCO ANTONIO
LOPEZ CARRETO JUAN MANUEL
SADOVNYCHIY SERGIY

TITULO: INSPECCION DE DUCTOS, REGISTRO DE COORDENADAS DE
GPS "VERSION 1.0"


RAMA: PROGRAMAS DE COMPUTACION

TITULAR: INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO (CON FUNDAMENTO EN
EL ARTICULO 83 DE LA L.F.D.A.)

L.F.D.A.- Artículo 168.- Las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

Número de Registro: 03-2007-091813152800-01

México D.F., a 26 de septiembre de 2007
Sufragio Efectivo. No Reelección
EL DIRECTOR DEL REGISTRO PUBLICO DEL DERECHO DE AUTOR


IGNACIO QTERO MUÑOZ



CERTIFICADO

Registro Público del Derecho de Autor
Instituto Nacional del Derecho de Autor



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Para los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169, 209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal del Derecho de Autor, se hace constar que la OBRA cuyas especificaciones aparecen a continuación, ha quedado inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, con los siguientes datos:

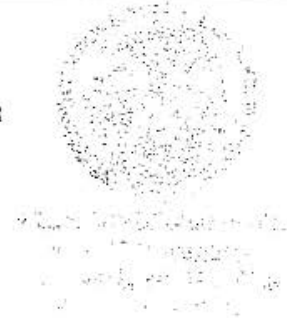
AUTORES:	DELGADO ACOSTA MARCO ANTONIO LOPEZ CARRETO JUAN MANUEL SADOVNYCHIY SERGIY
TITULO:	INSPECCION DE DUCTOS, INTERPOLACION DE DATOS DE GPS. "VERSION 1.0"
RAMA:	PROGRAMAS DE COMPUTACION
TITULAR:	INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO (CON FUNDAMENTO EN EL ARTICULO 83 DE LA L.F.D.A.)

L.F.D.A.- Artículo 168.- Las inscripciones en el registro establecen la presunción de ser ciertos los hechos y actos que en ellas consten, salvo prueba en contrario. Toda inscripción deja a salvo los derechos de terceros. Si surge controversia, los efectos de la inscripción quedarán suspendidos en tanto se pronuncie resolución firme por autoridad competente.

Número de Registro: 03-2007-091813165700-01

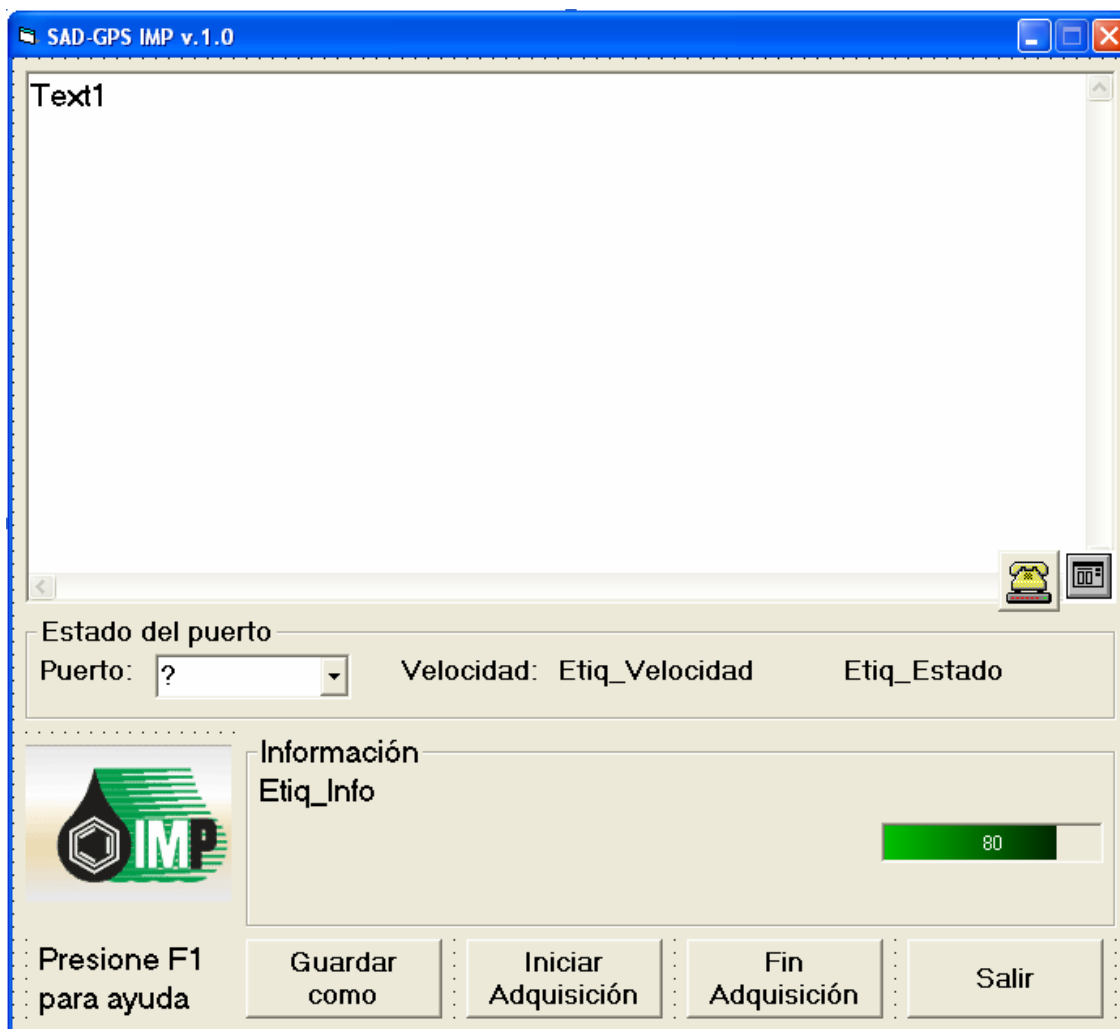
México D.F., a 26 de septiembre de 2007
Sufragio Efectivo. No Reelección
EL DIRECTOR DEL REGISTRO PUBLICO DEL DERECHO DE AUTOR


IGNACIO OTERO MUÑOZ



ANEXO B

SADGPS



Requisitos del sistema

- Procesador a 800MHZ o superior
- Windows XP (Recomendado SP2)
- 256 MB de RAM (Recomendado 512 MB)
- 512 MB libres de espacio en disco duro (Recomendado 1GB)
- Puerto serial

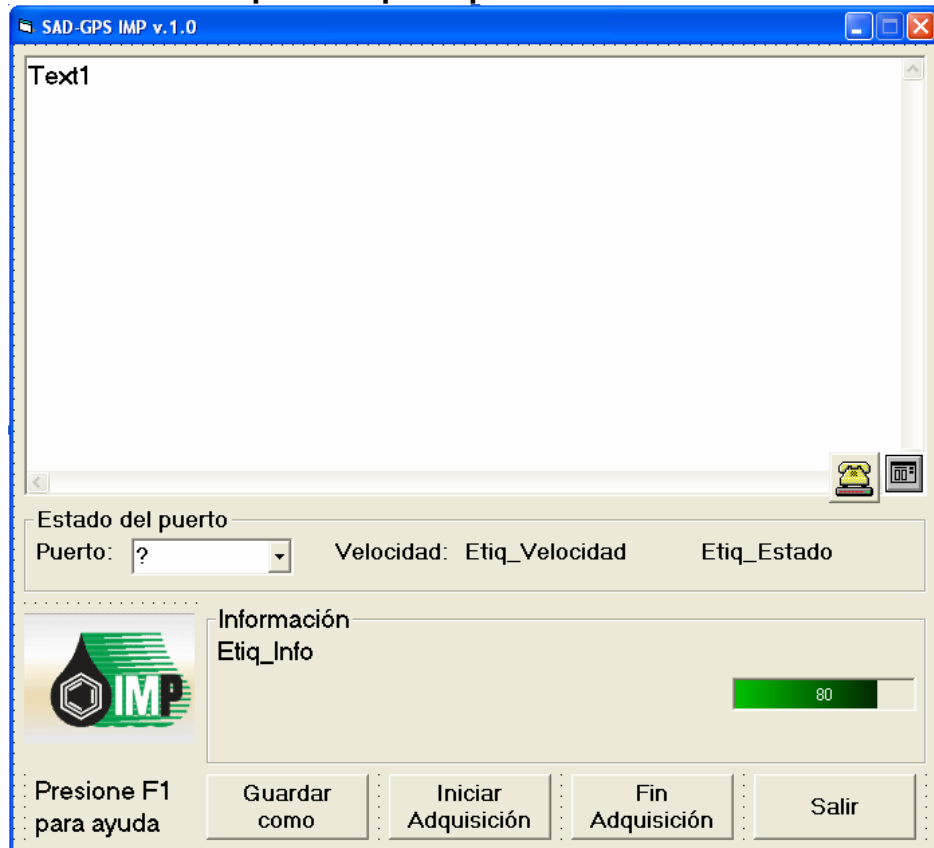
Instalador

En la carpeta principal existe un archivo llamado SETUP.EXE, este archivo instala el sistema en su disco duro, copiando al sistema todos los archivos necesarios para el correcto funcionamiento del SADGPS, puede elegir la ruta establecida inicialmente para su instalación o cambiar este parámetro para elegir uno diferente.

Podrá ejecutar el programa desde el ejecutable creado en el directorio de instalación o ejecutarlo desde el menú Inicio – SADGPS – SADGPS.

Puede desinstalar el programa directamente desde el Panel de Control de Windows en Agregar o quitar programas, el nombre que identifica el programa es SADGPS.

Elementos contenidos en la pantalla principal

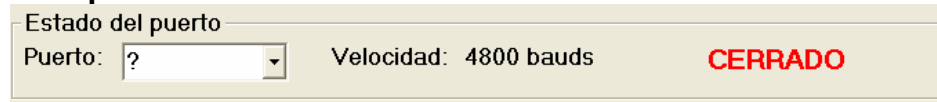


Área de Visualización



Muestra los datos adquiridos desde el GPS en tiempo real. El programa está configurado de tal forma que cada 768 caracteres adquiridos por el GPS se refresca la pantalla con la nueva información.

Estado del puerto

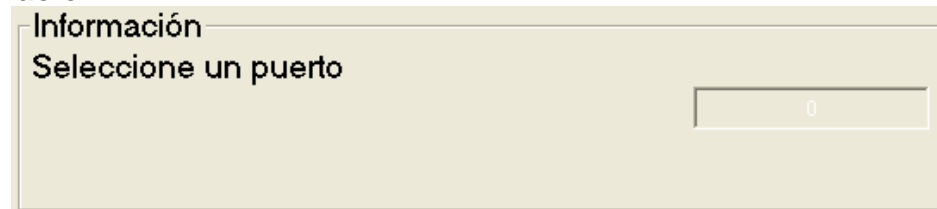


Estado del puerto
Puerto: ? Velocidad: 4800 bauds **CERRADO**

En la parte dónde se puede seleccionar el puerto puede elegir de entre 4, por lo regular las máquinas nuevas no tienen más de 3.

Permite seleccionar el puerto por el que se hará la conexión del GPS y adquirir la información. Muestra la velocidad a la que debe estar configurado el GPS para establecer comunicación y la etiqueta en la extrema derecha avisa al operador si el estado del puerto es abierto (captura información) o cerrado (incapaz de adquirir información).

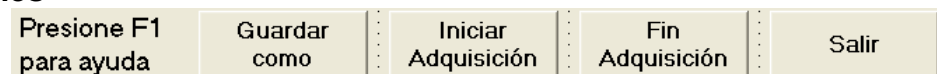
Información



Información
Seleccione un puerto

Esta sección ayudará al usuario para saber que puede hacer dentro del sistema, además cuenta con una barra de estado que proporciona información del estado de grabado y corrección de errores en el protocolo NMEA al momento de finalizar la adquisición de los datos desde el GPS.

Botones



Presione F1 para ayuda Guardar como Iniciar Adquisición Fin Adquisición Salir

F1 AYUDA Muestra esta ayuda.

INICIAR ADQUISICIÓN El sistema está listo para adquirir datos, al momento de presionar este botón se inicia la conexión, se abre el puerto, la información se almacena en un buffer hasta que pulsa fin adquisición y se procesa el archivo.

FIN ADQUISICIÓN El sistema detiene la adquisición de datos desde el GPS y comienza el procesamiento de corrección de errores y grabado de la información.

GUARDAR COMO Permite seleccionar el nombre final con el que será guardado el archivo con información del protocolo NMEA.

SALIR Sale del programa, este botón será deshabilitado al momento de adquirir información para proteger la integridad de la información.

Configuración GPS

BAUDAJE / VELOCIDAD.

La velocidad de transferencia establecida para el SADGPS no puede variar, el GPS debe estar configurado con una tasa de transferencia a 4800bps, en caso de poder elegir más opciones de configuración, deben ser sin bit de paridad, 8 bits de datos y 1 bit de parada.

PROTOCOLO NMEA.

El protocolo de salida del GPS debe ser NMEA con 4 bits de precisión en la salida.

PUERTO SERIAL.

La conexión se establece por medio del puerto serie, puede utilizar un adaptador USB-SERIAL para hacer un acople en caso de que el ordenador no tenga un puerto serie.

PROBLEMAS COMUNES

1.- El sistema no presenta información cuando presiono el botón iniciar adquisición.

R. Verifique la conexión física con el ordenador

R. Cambie el Puerto en la etiqueta Estado del Puerto

R. Verifique el protocolo que envía el GPS al ordenador.

2.- ¿Como configuro el protocolo NMEA como salida de mi GPS?

R. Refierase al manual del fabricante de su GPS para saber como configurar esta opción

PROCESO DE OPERACIÓN

El sistema esta diseñado para que la operación del sistema sea de forma secuencial, al momento de ejecutar el sistema, en la pantalla principal se habilitaran los botones que pueden ser presionados, ningún botón será habilitado a menos que se pueda realizar alguna operación permitida según el estado en que se encuentre el sistema. El área INFORMACION mostrara la siguiente instrucción a realizar.

Paso 1. Elección del puerto serie.

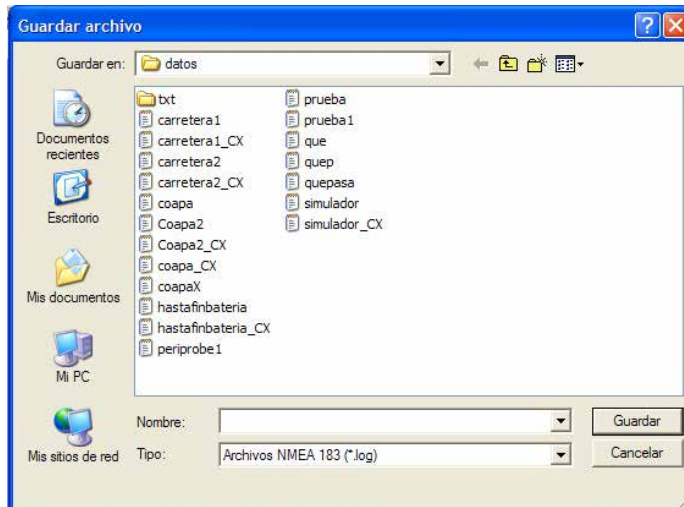
Puerto:

Debemos seleccionar un puerto disponible, algunos PC's cuentan con mas de 1 puerto serie, como primer opcion seleccionar el puerto COM1 e incrementar en caso de no adquirir señal.

Paso 2. Elección del nombre de archivo contenedor.

Guardar como

Presione el botón "Guardar como" para determinar el nombre del archivo contenedor de los datos adquiridos, aparecerá la ventana "Guardar archivo".



En este punto puede especificar un nombre para el archivo, si elige un archivo existente, el contenido del archivo será sobrescrito, el programa mostrará un mensaje avisando esta acción.

Paso 3. Comenzar la adquisición de la información desde GPS.

**Iniciar
Adquisición**

Presione el botón “Iniciar adquisición” para comenzar la transferencia de la información desde el GPS al archivo seleccionado. En el área de visualización deberían mostrarse los datos recibidos desde el sistema GPS.

Paso 4. Finalizar adquisición desde GPS

**Fin
Adquisición**

Presione el botón “Fin adquisición” para detener la transferencia de la información desde el GPS. En este punto ocurren dos eventos, guarda el archivo con la información adquirida y verifica la integridad de la información, revisa que los datos obtenidos cumplan con lo establecido en el protocolo NMEA en caso de haber ocurrido algún error durante el proceso de adquisición. La barra de estado mostrara el avance en esta tarea.

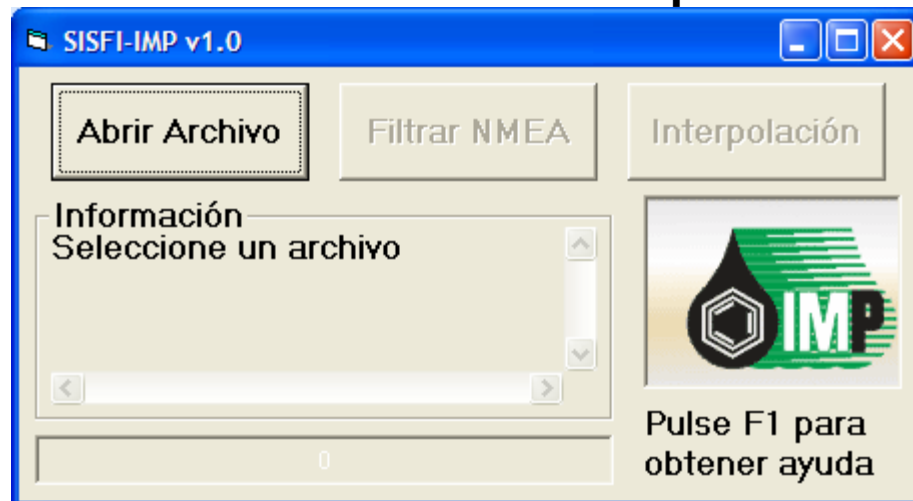


Paso 5. Comenzar de nuevo o salir

El sistema esta listo para volver a adquirir, se puede seleccionar de nuevo el puerto o simplemente asignar un nombre nuevo al archivo contenedor para comenzar de nuevo el proceso. También puede elegir salir del programa.

ANEXO C

SISFI Sistema de Filtrado e Interpolación



Requisitos del sistema

- Procesador a 800MHZ o superior
- Windows XP (Recomendado SP2)
- 256 MB de RAM (Recomendado 512 MB)
- 512 MB libres de espacio en disco duro (Recomendado 1GB)

Instalador

En la carpeta principal existe un archivo llamado SETUP.EXE, este archivo instala el sistema en su disco duro, copiando al sistema todos los archivos necesarios para el correcto funcionamiento del SISFI, puede elegir la ruta establecida inicialmente para su instalación o cambiar este parámetro para elegir uno diferente.

Podrá ejecutar el programa desde el ejecutable creado en el directorio de instalación o ejecutarlo desde el menú Inicio – IMPGPS – SISFI.

Puede desinstalar el programa directamente desde el Panel de Control de Windows en Agregar o quitar programas, el nombre que identifica el programa es SISFI.

Instalación

La carpeta que contiene todos los archivos de instalación “SISFI” contiene una carpeta llamada support, un archivo SISFI.cab, uno llamado setup.lst y uno más “setup.exe”, todos estos archivos son necesarios para la correcta instalación y funcionamiento del programa SISFI.

La instalación comienza cuando hacemos clic sobre setup.exe, nos mostrará una ventana de bienvenida (Figura 1) advirtiéndonos que el programa de instalación

no podrá actualizar o instalar archivos de sistema si se encuentran en uso, cierre todas las ventanas abiertas para continuar con la aplicación, si pulsa en OK el instalador comenzará la instalación, si elige “Exit setup”, abortará el proceso y deshará los cambios efectuados en su sistema operativo.

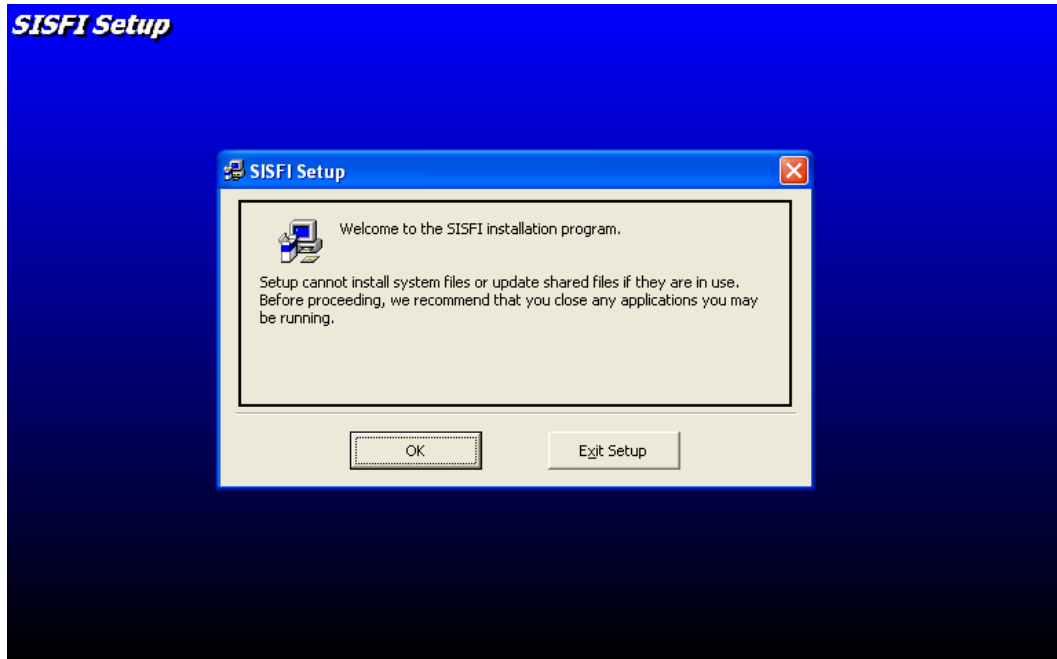


Figura.1

Al momento de hacer clic en OK el programa nos preguntará la ruta donde deseamos instalar el programa (Figura 2), el instalador tiene una ruta establecida en C:\Archivos de programa\SISFI, aquí serán copiados todos los archivos necesarios para el funcionamiento de nuestra aplicación.

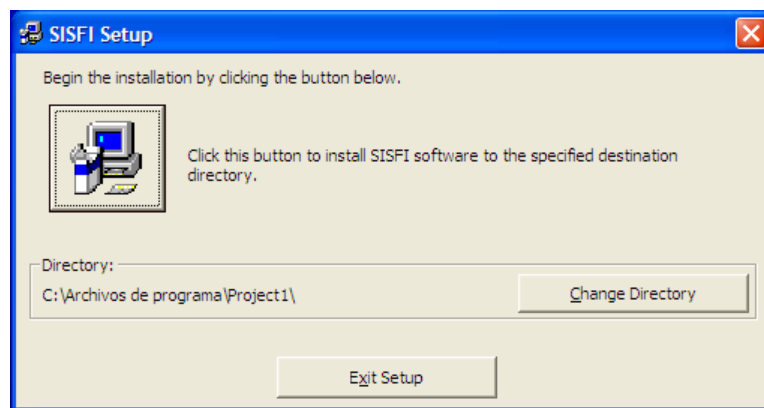


Figura 2

Si se pulsa sobre el botón “Change Directory”, aparecerá una nueva ventana (Figura 3) donde podremos especificar una nueva ruta en caso de ser necesario. Mostrará de nuevo la ventana de inicio de instalación (Figura 2) y podremos hacer

clic sobre el botón de instalación para comenzar la carga del programa en la ruta seleccionada.

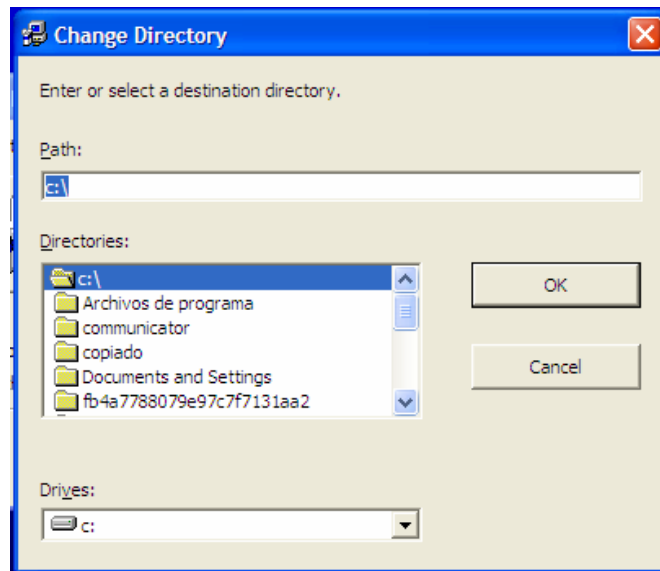


Figura 3

Aparecerá entonces una nueva ventana (Figura 4) en este paso, podemos indicar el nombre del grupo que se creara en el menú inicio donde podremos encontrar el programa al término de la instalación.

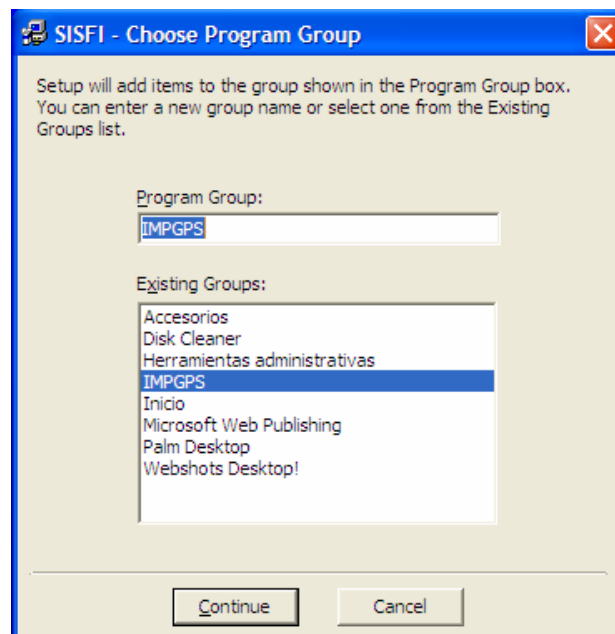


Figura 4

Al hacer clic sobre el botón "Continue" iniciara la copia de archivos, veremos una barra de progreso y el sistema quedara instalado en nuestro PC, el instalador deberá mostrar una ventana advirtiendo este hecho (Figura 5).

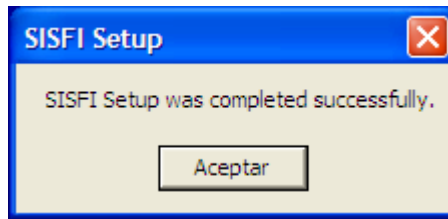
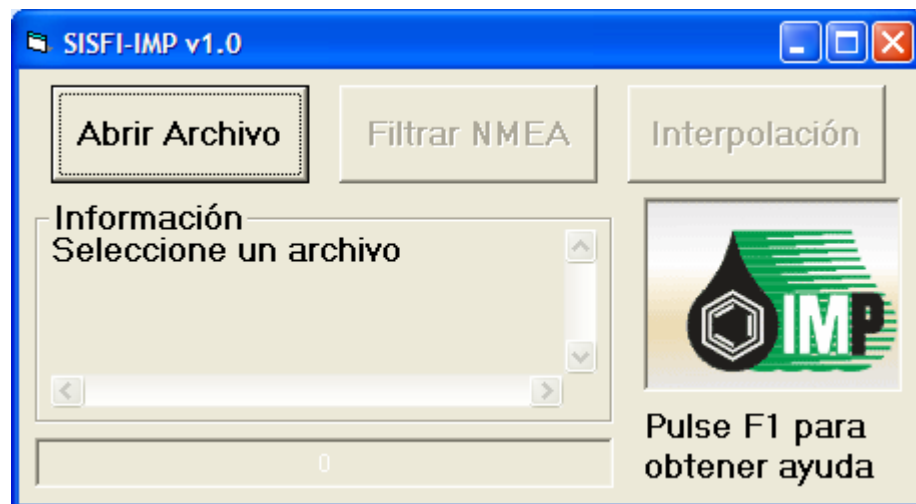


Figura 5

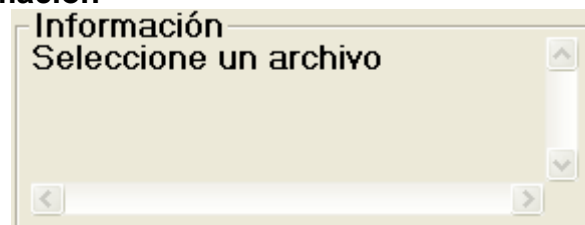
Cuando demos clic en “Aceptar” podremos ejecutar el programa desde el menú “Inicio”, luego dando clic en “Todos los programas”, debemos buscar el grupo IMPGPS si no se cambio el grupo y seguido dar clic sobre SISFI, o bien desde el ejecutable que se creó en la ruta destino de la instalación, si no se cambió la ruta, el ejecutable debe estar en C:\Archivos de programa\SISFI.

Elementos contenidos en la pantalla principal

Esta es la apariencia principal de nuestra aplicación.

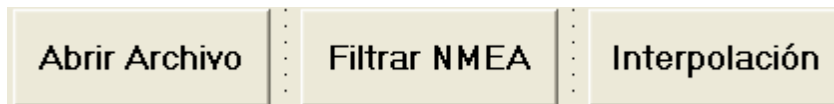


Información



Esta sección ayudará al usuario para saber que puede hacer dentro del sistema, además cuenta con una barra de estado que proporciona información del estado de grabado y corrección de errores en el protocolo NMEA al momento de finalizar la adquisición de los datos desde el GPS.

Botones



ABRIR ARCHIVO Nos permite seleccionar un archivo para su procesamiento, debemos elegir archivos con información válida para esta aplicación. Dependiendo del tipo de archivo, el programa avisa y habilita el botón que permite procesar la información. Un archivo con extensión .log podrá ser posteriormente filtrado y un archivo con extensión _D.txt interpolara su contenido.

FILTRAR NMEA El sistema filtrará la información del archivo con información concerniente al protocolo NMEA, generar un nuevo archivo en el mismo directorio donde se encuentra el archivo fuente con extensión _D.txt al término.

INTERPOLACION El sistema interpola datos, crea muestras regeneradas a partir de la información original con lapsos de tiempo de 1 segundo, en caso de pérdida de satélites regenera registros aproximados.

Barra de estado



Permite conocer el estado de avance en el procesamiento de la información, este tiempo varía según el tamaño del archivo original.

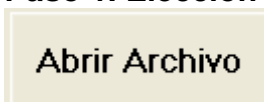
PROBLEMAS COMUNES

1. El programa muestra un mensaje de archivo vacío
R. Verifique que su archivo que desea procesar tenga información.
2. El programa muestra un mensaje de datos insuficientes para procesar información.
R. Verifique que su archivo cuenta con más de un registro adquirido por el GPS.

PROCESO DE OPERACIÓN



El sistema está diseñado para que la operación del sistema sea de forma secuencial, al momento de ejecutar el sistema, en la pantalla principal se habilitarán los botones que pueden ser presionados, ningún botón será habilitado a menos que se pueda realizar alguna operación permitida según el estado en que se encuentre el sistema. El área INFORMACION mostrará la siguiente instrucción a realizar y detalles del proceso.

Paso 1. Elección del nombre de archivo fuente.



Presione el botón "Abrir Archivo" para seleccionar un archivo con información de protocolo NMEA (*.log) o un archivo procesado con extensión *_D.txt.

Paso 2. Procesamiento de archivo fuente.


Filtrar NMEAInterpolación

El sistema es capaz de decidir que operación se realizará a continuación, si eligió un archivo *.log el botón “Filtrar NMEA” se habilitara y podrá hacer clic sobre el para realizar el filtrado del protocolo y convertir los datos a modo texto. **Saltar al paso 3.**

En caso de haber seleccionado en el Paso 1 un archivo “*_D.txt”, le indicará al sistema que el archivo esta listo para generar muestras aproximadas cada segundo. Si nuestra aplicación detecta perdida de muestras cada 2 segundos regenerara las muestras necesarias para que cada segundo se genere un registro nuevo aproximado. En caso de detectar un perdida de mas de 5 segundos, se generara un nuevo archivo *_B.txt que es una bitácora contenedora de los puntos de inicio y termino en los que se detecto perdida de información así como el número de muestras regeneradas. **Saltar al paso 4**

La barra de estado brindara información concerniente al avance del procesamiento de nuestro archivo

Paso 3. Seguimiento del procesamiento de los datos.

Interpolación

Si se encuentra en este punto es porque en el Paso 2 escogió un archivo con extensión *.log, el sistema le permite abrir un nuevo archivo o continuar con el procesamiento del archivo inicialmente seleccionado. Si nuestra aplicación detecta muestras cada 2 segundos regenerara las muestras necesarias para que cada segundo se genere un registro nuevo aproximado. En caso de detectar un perdida de mas de 5 segundos, se generara un nuevo archivo *_B.txt que es una bitácora contenedora de los puntos de inicio y termino en los que se detecto perdida de información así como el número de muestras regeneradas cada segundo.

La barra de estado brindara información concerniente al avance del procesamiento de nuestro archivo

Paso 4. Elegir un nuevo archivo o salir

Puede elegir un archivo diferente para procesar, comenzando desde el **Paso 1** o salir del programa, pulsando en el icono con la cruz en la parte superior derecha de la ventana.

REFERENCIAS

Capítulo 1

- [1] <http://www.greenpeace.org/mexico/news/pemex-una-amenaza-para-la-seg>
- [2] <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CAMPECHE/LEYES/CAMLEY79.pdf>
- [3] <http://www.invdes.com.mx/anteriores/Agosto2001/htm/ductos.html>
- [4] <http://www.greenpeace.org/mexico/press/releases/documentos-internos-de-pemex-r>
- [5] <http://pemex.com/index.cfm?action=content§ionID=8&catID=40&contentID=1376>
- [6] <http://www.edomexico.gob.mx/portalgem/secom/htm/preguntas.htm#L1>
- [7] <http://www.edomexico.gob.mx/portalgem/secom/htm/derechovia.htm>
- [8] Documento interno IMP

Capítulo 2

- [1] http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global
- [2] http://netlab18.cis.nctu.edu.tw/html/paper/2001_11_06/Challenges%20in%20bringing%20GPS%20to%20Mainstream%20Consumers.pdf
- [3] GPS NAVSTAR, Global Positioning System, Standard Positioning Service Signal Specification, Segunda Ed., 2 de Junio de 1995
- [4] <http://www.aero.org/education/primers/gps/howgpsworks.html>
- [5] <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/censal/normcens.pdf?c=335>
- [6] http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html
- [7] INEGI, Manual de Normas para la Actualización de la Cartografía Censal, Vía Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
- [8] http://www.marimsys.com/paginas/nmea_codigo.htm
- [9] Documento interno IMP
- [10] Manual de usuario del GPSMAP 76S

Capítulo 3

- [1] Nieves ANTONIO y Domínguez FEDERICO, Métodos numéricos aplicados a la ingeniería, ED. CECOSA, 2ª reimpresión, México DF 1997