



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
CALIBRACIÓN PARA LOS SISTEMAS DE  
POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) PARA EL CENTRO DE  
METROLOGÍA DE LA FUERZA TERRESTRE”.

CBOP. DE COM. ARIAS GUAICO OSCAR GEOVANNY  
CBOS. DE ELEC. TIPÁN HERRERA LUIS HERNÁN

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del  
grado de:

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

AGOSTO-2013

Latacunga, Agosto del 2013

Arias Guaico Oscar Geovanny

**CBOP. DE COM.**

Tipán Herrera Luis Hernán

**CBOS. DE ELEC.**

Ing. José Bucheli Andrade

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN.**

Dr. Rodrigo Vaca Corrales

**SECRETARIO ACADÉMICO**

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, CBOP. DE COM. ARIAS GUAICO OSCAR GEOVANNY Y  
CBOS. DE ELEC. TIPÁN HERRERA LUIS HERNÁN

#### **DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN PARA LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) PARA EL CENTRO DE METROLOGÍA DE LA FUERZA TERRESTRE**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Agosto del 2013.

Arias Guaico Oscar Geovanny

**CBOP. DE COM.**

Tipán Herrera Luis Hernán

**CBOS. DE ELEC.**

# ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

## CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

### AUTORIZACIÓN

Nosotros, CBOP. DE COM. ARIAS GUAICO OSCAR GEOVANNY Y  
CBOS. DE ELEC. TIPÁN HERRERA LUIS HERNÁN

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN PARA LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) PARA EL CENTRO DE METROLOGÍA DE LA FUERZA TERRESTRE**” cuyo contenido, ideas y criterios son de NUESTRA exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2013

Arias Guaico Oscar Geovanny

**CBOP. DE COM.**

Tipán Herrera Luis Hernán

**CBOS. DE ELEC.**

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

### **CERTIFICADO**

ING. DAVID RIVAS LALAEAO (DIRECTOR)

ING. FABRICIO PÉREZ GUTIÉRREZ (CODIRECTOR)

#### **CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN PARA LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) PARA EL CENTRO DE METROLOGÍA DE LA FUERZA TERRESTRE**” realizado por los señores: **CBOP. DE COM. ARIAS GUAICO OSCAR GEOVANNY Y CBOS. DE ELEC. TIPÁN HERRERA LUIS HERNÁN** ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: **CBOP. DE COM. ARIAS GUAICO OSCAR GEOVANNY Y CBOS. DE ELEC. TIPÁN HERRERA LUIS HERNÁN** que lo entreguen al **ING. JOSÉ BUCHELI ANDRADE**, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Agosto del 2013

ING. DAVID RIVAS LALAEAO  
**DIRECTOR**

ING. FABRICIO PÉREZ GUTIÉRREZ  
**CODIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de tesis está dedicado primeramente a Dios por ser el principal gestor del curso de mi vida ya que su guía ha sido fundamental para culminar con éxito esta gran carrera profesional. A mis padres ya que sus consejos y sus valores han fortalecido mi voluntad y me han servido para hacer de una derrota un aprendizaje. A mi hermano quien con su apoyo me ha ayudado a llegar hasta donde me encuentro. A mi esposa y mi hija ya que constituyen una parte esencial de mi vida y quienes motivan mi superación. A mi compañero de tesis ya que sus conocimientos me han ayudado a culminar con los objetivos del proyecto.

Luis Tipán

Agradezco a Dios por darme la vida y la salud que me han permitido culminar con éxito tan importante proyecto de grado, también agradezco a mis padres por alentarme con buenos consejos y el aliento necesario que me han servido de mucho a lo largo de mi carrera, agradezco a mi esposa e hijos quienes motivan mis pasos y logran que trabaje y dedique toda mi energía para el bienestar de todos.

Arias Oscar

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por haberme dado salud e iluminarme en todo este trayecto. A mis padres quienes con su ejemplo de perseverancia han permitido infundir en mi la confianza y la voluntad la cual me ha permitido culminar con las metas trazadas. A mis profesores quienes incondicionalmente han facilitado la realización del presente proyecto con el aporte de sus valiosos conocimientos.

Luis Tipán

Quiero agradecer de manera especial a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día, también agradezco a mis padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante. Y agradezco a Dios por darme la salud que tengo, por tener una cabeza con la que puedo pensar muy bien y además un cuerpo sano y una mente de bien. Estoy seguro que mis metas planteadas darán fruto en el futuro y por ende me debo esforzar cada día para ser mejor en la vida y en todo lugar sin olvidar el respeto que engrandece a la persona.

Arias Oscar

## RESUMEN

Navegarse y orientarse constituye hoy en día de suma importancia para muchos de los campos en las cuales se emplea el hombre, para esto se requiere de la utilización de un sistema de posicionamiento global (GPS), este sistema trabaja conjuntamente con satélites y equipos receptores de esta señal, equipos los cuales dotan al navegador de datos que constituyen la posición real de un punto sobre la tierra, estos datos obtienen un error considerable debido a diversos factores que podría afectar la orientación de una posición.

El presente trabajo minimiza al máximo el error expresado en coordenadas ya sea geográficas (sexagesimales), o UTM en un equipo receptor portátil GPS en base a investigación, pruebas, sistemas estadísticos, y medidas utilizadas en la calibración de equipos de medición.

En el primer capítulo se desarrollan conceptos básicos y una importante introducción a la calibración, métodos de medición, métodos de calibración utilizados en equipos de medición, comunicación satelital en un sistema GPS, así también la recepción de la señal proveniente de los satélites en un equipo receptor GPS en la tierra. En el segundo capítulo se trata acerca de la adquisición de datos entre el equipo receptor GPS y la Pc para esto se menciona los dispositivos y software que intervienen en la comunicación serial. El tercer capítulo menciona la corrección de errores e incertidumbre en el equipo receptor donde se analiza los factores que afectan a los instrumentos, calculo de errores, corrección de errores, y posteriormente sus respectivas pruebas y análisis. En el cuarto capítulo se enlista distintas conclusiones y recomendaciones propias del proyecto.

## **ABSTRACT**

To be navigated and to be guided constitutes today in day of supreme importance for many of the fields in which the man is used, for this it is required of the use of a system of global positioning (GPS).

this system works jointly with satellites and receiving teams of this sign, teams which endow to the navigator of data that you/they constitute the real position of a point on the earth, these data obtain a considerable error due to diverse factors that it could affect the orientation of a position.

The present work minimizes to the maximum the error either expressed in coordinated geographical (sexagesimal), or UTM in a portable receiving team GPS based on investigation, tests, statistical systems, and measures used in the calibration of mensuration teams.

In the first chapter basic concepts and an important introduction are developed to the calibration, mensuration methods, utilized calibration methods in mensuration teams, communication satelital in a system GPS, likewise the reception of the sign coming from the satellites in a receiving team GPS in the earth.

In the second chapter it is about the data acquisition among the receiving team GPS and the Pc for this it is mentioned the devices and software that intervene in the serial communication.

The third chapter mentions the correction of errors and uncertainty in the receiving team where it is analyzed the factors that affect to the instruments, I calculate of errors, correction of errors, and later on its respective tests and analysis.

In the fourth chapter it is listed different summations and recommendations characteristic of the project.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CARATULA .....	I
FIRMAS .....	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	III
AUTORIZACIÓN .....	IV
CERTIFICADO .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	X
ÍNDICE DE TABLAS. ....	XIV
ÍNDICE DE GRÁFICOS. ....	XV
ÍNDICE DE CUADROS. ....	XVIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XX
CAPÍTULO 1 .....	1
1. GENERALIDADES .....	2
1.1 INTRODUCCIÓN A LA CALIBRACIÓN.....	3
1.2 CONCEPTOS GENERALES.....	4
1.3 MÉTODOS GENERALES. ....	8
1.3.1 MÉTODOS NORMALIZADOS.....	8
1.3.2 MÉTODOS DESARROLLADOS POR LABORATORIO.....	8
1.3.3 MÉTODOS NO-NORMALIZADOS. ....	9
1.4 MÉTODOS DE MEDICIÓN. ....	9
1.4.1 MEDICIÓN DIRECTA.....	9
1.4.2 MEDICIÓN INDIRECTA. ....	9
1.4.3 MEDICIÓN POR SUSTITUCIÓN. ....	10
1.4.4 MEDICIÓN DIFERENCIAL.....	10
1.4.5 MEDICIÓN POR NULO O CERO.....	10
1.5 MÉTODOS DE CALIBRACIÓN.....	10

1.5.1	CALIBRACIÓN POR COMPARACIÓN DIRECTA.....	10
1.5.2	CALIBRACIÓN POR TRANSFERENCIA.....	11
1.5.3	CALIBRACIÓN POR SUSTITUCIÓN.....	11
1.5.4	CALIBRACIÓN POR EQUILIBRIO.....	11
1.5.5	CALIBRACIÓN POR SIMULACION.....	11
1.5.6	CALIBRACIÓN POR REPRODUCCIÓN.....	11
1.5.7	CALIBRACIÓN POR PUNTOS FIJOS.....	11
1.6	COMUNICACIÓN SATELITAL.....	12
1.6.1	SEGMENTO ESPACIAL.....	13
1.6.2	SEGMENTO TERRENO.....	18
1.7	ORBITALES SATELITALES.....	19
1.7.1	ZONA DE COBERTURA.....	20
1.7.2	AREA GEOGRÁFICA.....	21
1.7.3	ENLACE ENTRE SATÉLITE.....	22
1.8	SISTEMAS DE REFERENCIA.....	24
1.8.1	SISTEMA DE REFERENCIA CARTESIANO.....	25
1.8.2	SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICAS.....	26
1.8.3	SISTEMA DE REFERENCIA PLANAS.....	27
1.8.4	WGS-84 (World Geodetic System 1984).....	28
1.8.5	SISTEMA DE COORDENADAS UTM.....	30
1.9	SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS).....	34
1.9.1	REQUISITOS DE DESEMPEÑO DE LOS GPS.....	34
1.9.2	ECUACIÓN BÁSICA PARA ENCONTRAR LA POSICIÓN DEL USUARIO.....	35
1.9.3	POSICIÓN DEL USUARIO EN COORDENADAS ESFÉRICAS.....	36
1.9.4	CONSTELACIÓN DE SATÉLITES.....	37
1.9.5	COMO UBICA EL RECEPTOR GPS LA POSICIÓN.....	38
	CAPÍTULO 2.....	42
	2. DISPOSITIVOS Y SOFTWARE QUE INTERVIENEN EN LA COMUNICACIÓN SERIAL.....	43

2.1 INTRODUCCIÓN. ....	43
2.2 COMUNICACIÓN SERIAL. ....	44
2.2.1 ESTÁNDAR RS-232.....	45
2.2.2 CONVERTOR USB A RS-232.....	46
2.2.3 EL PUERTO SERIE DE WINDOWS. ....	48
2.3 LABVIEW. ....	49
2.3.1 COMUNICACIONES SERIE EN LABVIEW.....	52
2.3.2 VISA CONFIGURE SERIAL PORT. ....	53
2.4 GPS-ORDENADOR. ....	54
2.4.1 GPS-GARMIN 60. ....	54
2.4.2 GPS BABEL. ....	56
2.4.3 LECTURA DE DATOS EN LABVIEW.....	59
CAPÍTULO 3.....	72
3.CORRECCIÓN DE ERRORES E INCERTIDUMBRE .....	73
3.1 FACTORES QUE AFECTAN A LOS INSTRUMENTOS. ....	73
3.1.1 FACTORES HUMANOS.....	73
3.1.2 CONDICIONES AMBIENTALES. ....	73
3.1.3 EQUIPO Y TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN. ....	73
3.1.4 MANEJO DE LOS ELEMENTOS DE CALIBRACIÓN. ....	74
3.2 DESCRIPCION DE LOS PUNTOS. ....	74
3.3 POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL. ....	79
3.3.1 MÉTODOS ESTÁTICOS. ....	82
3.3.2 MÉTODOS CINEMÁTICOS. ....	85
3.4 INCERTIDUMBRE ESTANDAR O TÍPICA. ....	87
3.4.1 INCERTIDUMBRE TIPO A.....	89
3.4.2 INCERTIDUMBRE TIPO B.....	93
3.4.3 INCERTIDUMBRE COMBINADA.....	94
3.4.4 INCERTIDUMBRE EXPANDIDA.....	95
3.5 VALIDACIÓN.....	96
3.6 PROCESO PARA LA CALIBRACIÓN DE DATOS.....	97
3.7 CÁLCULO DE ERRORES.....	110

3.8 CORRECCIÓN DE ERRORES.....	115
3.9 PRUEBAS Y ANÁLISIS. ....	121
3.9.1 PRUEBAS. ....	121
3.9.2 ANÁLISIS. ....	124
CAPÍTULO 4 .....	127
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
4.1 CONCLUSIONES.....	128
4.2 RECOMENDACIONES. ....	130
ANEXOS .....	132
BIBLIOGRAFÍA.....	144

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla No. 1: Radiofrecuencias Utilizadas en Telecomunicaciones.....	17
Tabla No. 2: Características de las Órbitas.....	20
Tabla No. 3: Características de los Satélites GPS.....	38
Tabla No. 4: Operaciones que puede realizar.....	63
Tabla No. 5: Accesos para los archivos.....	63
Tabla No. 6: Tipos de diálogo. ....	69
Tabla No. 7: Diferencias de los Método Estático y Estático Rápido.....	85
Tabla No. 8: Nivel de Confianza. ....	92

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfica No. 1: Modelo del Sistema de Comunicaciones Vía Satélite.....	12
Gráfica No.2: Landsat Satélite de la NASA.....	14
Gráfica No.3: Centro de Control de la NASA.....	16
Gráfica No.4: Estación Terrena.....	18
Gráfica No.5: Huellas Satelitales.....	21
Gráfica No.6: Órbitas que Describen los Satélites.....	23
Gráfica No.7: Interpretación de un Sistema de Referencia.....	24
Gráfica No.8: Sistema Cartesiano.....	26
Gráfica No.9: Sistema Geodésico.....	27
Gráfica No.10: Sistema de Coordenadas Planas.....	28
Gráfica No.11: Zonas del Sistema de Referencia UTM.....	30
Gráfica No.12: Sistema Ortogonal UTM.....	31
Gráfica No.13: Elementos de Posición en el Sistema UTM.....	32
Gráfica No. 14: Proyección UTM.....	33
Gráfica No.15: Uso de Tres Posiciones conocidas para Encontrar una Desconocida.....	36
Gráfica No.16: Localización de un punto sobre la Tierra.....	37
Gráfica No.17: Esfera que genera el Satélite A.....	39
Gráfica No.18: Órbita generada por el satélite B.....	39
Gráfica No. 19: Anillo de Intersección entre las órbitas A y B.....	40
Gráfica No.20: Órbita Generada por el Satélite C.....	40
Gráfica No. 21: Anillo de Intersección C.....	41
Gráfica No. 22: Punto de Ubicación del Receptor GPS.....	41
Gráfica No. 23: Comunicación Serial.....	44
Gráfica No. 24: Comunicación RS-232.....	46
Gráfica No. 25: Cable Comunicación RS-232 a USB.....	47
Gráfica No. 26: Administrador de Dispositivos de Windows.....	48
Gráfica No. 27: Comunicación Serial Asíncrona.....	49
Gráfica No. 28: LabView.....	49

Gráfica No. 29: Panel Frontal con Controles (A), e indicadores (B).....	50
Gráfica No. 30: Diagrama de Bloques con una Función (a), dos terminales (b) y una estructura (c). .....	51
Gráfica No. 31: Panel Frontal y Diagrama de Bloques de Labview. ....	52
Gráfica No. 32: Antiguos VIs para comunicación serie. ....	52
Gráfica No. 33: Menú Serial.....	53
Gráfica No. 34: Configuración del Puerto Serial VISA. ....	54
Gráfica No. 35: Cable USB del GPS GARMIN 60.....	54
Gráfica No. 36: GPS Garmin 60.....	55
Gráfica No. 37: Cable serial GPS Garmin 60.....	56
Gráfica No. 38: Entorno de GPSBABEL. ....	58
Gráfica No. 39 : Menu Functions / File I/O .....	60
Gráfica No. 40: Operaciones de file I/O .....	61
Gráfica No. 41: Open/create/Replace/File .....	62
Gráfica No. 42: Read from text file.....	64
Gráfica No. 43: Close File .....	66
Gráfica No. 44: Get File Size. ....	67
Gráfica No. 45: Simple error handler .vi .....	68
Gráfica No. 46 : Diagrama de Bloques .....	71
Gráfica No. 47 : Panel Frontal.....	71
Gráfica No. 48: Nomenclatura para los Hitos del IGM. ....	75
Gráfica No. 49: Diseño Metálico dela Placa del IGM. ....	75
Gráfica No. 50: Punto IGM 1-A.....	77
Gráfica No. 51: Punto Doppler. ....	77
Gráfica No. 52: Principio de Corrección Diferencial. ....	79
Gráfica No. 53: Vector entre el Punto Fijo y de Referencia. ....	80
Gráfica No. 54: Representación del GDOP.....	81
Gráfica No. 55: Polígono que describe el PDOP. ....	82
Gráfica No. 56: Interpretación del Método Estático.....	83
Gráfica No. 57: Interpretación del Método Estático Rápido. ....	84
Gráfica No. 58: Interpretación del Método Cinemático. ....	86

Gráfica No. 59: Interpretación del Método Stop and Go. ....	87
Gráfica No. 60: Interpretación de los Mínimos Cuadrados.....	89
Gráfica No. 61: Botón Inicio. ....	98
Gráfica No. 62: Pantalla de Estado de los Satélites.....	99
Gráfica No. 63: Botón PAGE.....	99
Gráfica No. 64: Pantalla de Menú Opciones. ....	100
Gráfica No. 65: Opción Configurar. ....	100
Gráfica No. 66: Submenú del Ícono Configurar. ....	101
Gráfica No. 67: Ícono del Menú Unidades. ....	101
Gráfica No. 68: Opción Parrilla UTM Usuario. ....	102
Gráfica No. 69: Origen de Longitud. ....	103
Gráfica No. 70: Opción Escala.....	103
Gráfica No. 71: Opción Este Falso.....	104
Gráfica No. 72: Opción Norte Falso. ....	104
Gráfica No. 73: Ícono para Guardar los Cambios. ....	105
Gráfica No. 74: Opción Datos de Mapa. ....	105
Gráfica No. 75: Opción Distancia/Velocidad. ....	106
Gráfica No. 76: Opción Velocidad Vertical/Altura.....	106
Gráfica No. 77: Opción Profundidad. ....	107
Gráfica No. 78: Opción Temperatura. ....	107
Gráfica No. 79: Resultado Final de la Configuración. ....	108
Gráfica No. 80: Dispositivo en el Punto Doppler. ....	109
Gráfica No. 81: Dispositivo en el Punto IGM 1-A. ....	110
Gráfica No. 82: Interpretación del Trabajo para Procesar los Datos. ....	111
Gráfica No. 83: Puntos en las instalaciones del IGM. ....	112
Gráfica No. 84: Valor de Estimación del GPS-Garmin 60. ....	122
Gráfica No. 85: Circunferencia Descrita por la Estimación del GPS. ....	124
Gráfica No. 86: Circunferencia Descrita por la Estimación del GPS. ....	126
Gráfica No. 87: Radio de Circunferencia por Estimación Corregida. <b>¡Error!</b>	
<b>Marcador no definido.</b>	



## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro No. 1: Coordenadas de los Puntos IGM.....	77
Cuadro No. 2: Coordenadas entregadas por el GPS-1.....	109
Cuadro No. 3: Coordenadas entregadas por el GPS-2.....	110
Cuadro No. 4: Datos muestreados bajo diferentes condiciones. ....	123

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 1: Posición del usuario.....	35
Ec.2: Posición .....	36
Ec.3: Latitud.....	36
Ec.4: Longitud.....	37
Ec. 5: Función modelo .....	87
Ec. 6: Incertidumbre típica .....	88
Ec. 7: Media aritmética.....	90
Ec. 8: Varianza experimental .....	90
Ec. 9: Varianza promedio.....	90
Ec. 10: Desviación estandar promedio .....	91
Ec. 11: Incertidumbre A para $n < 10$ .....	91
Ec. 12: Grados de libertad .....	91
Ec. 13: Datos no correlacionados .....	95
Ec. 14: Datos correlacionados .....	95
Ec. 15: Incertidumbre expandida .....	96
Ec. 16: Variación de Latitud .....	113
Ec. 17: Latitud combinada.....	113
Ec. 18: Relación de Latitudes .....	114
Ec. 19: Variación de Longitud .....	114
Ec. 20: Longitud combinada.....	115
Ec. 21: Relación de Longitudes .....	115
Ec. 22: Incertidumbre de resolución.....	118
Ec. 23: Incertidumbre a largo plazo .....	119
Ec. 24: Incertidumbre a corto plazo. ....	119
Ec. 25: Incertidumbre unidad bajo prueba. ....	120
Ec. 26: Incertidumbre combinada .....	120
Ec. 27: Incertidumbre Expandida .....	120
Ec. 28: Valor corregido de estimación.....	125

## INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos trasladarse de un lugar a otro u orientarse determinando el lugar donde nos encontramos en base a un sistema de geoposicionamiento (GPS) con la mayor exactitud posible constituye una necesidad a gran escala.

Los factores que afectan al GPS en sus valores expresados son diversos los cuales en la mayoría de estos son muy difíciles de corregir, es por esto que el presente proyecto trata de corregir los datos dotados por el equipo GPS para obtener de estos la mayor fiabilidad posible.

Uno de los objetivos del Sistema de posicionamiento Global (GPS) es suministrar a las personas cartografía más completa y precisa

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es manejado por el gobierno de los Estados Unidos, que es el único responsable de su precisión y mantenimiento. El sistema está sujeto a cambios que pueden afectar la precisión y funcionamiento de todos los equipos GPS.

**CAPÍTULO 1**  
**GENERALIDADES**

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **OBJETIVOS.**

#### **Objetivo General.**

Implementar un sistema de calibración para los dispositivos de posicionamiento global GPS, ofertando este servicio en el Centro de Metrología de la Fuerza Terrestre, utilizando un punto de referencia exacto, al igual que la determinación de ciertos parámetros que influyen en la observación de los datos, como normas y estándares de calidad para realizar correcciones y obtener lecturas confiables, a fin de apoyar al desarrollo tecnológico, técnico y económico del país sus instituciones, sean nacionales, extranjera, militares, y que sirvan a su vez como guía para desarrollar sistemas similares.

#### **Objetivos Específicos.**

- Visitar el Instituto Geográfico Militar al igual que el CMFT acantonados en la Provincia de Pichincha/Quito para observar su forma de trabajo y tener una idea del perfil profesional que manejan las mencionados centros y otros datos que nos sirvan de ayuda para la realización del proyecto.
  
- Investigar precios y tipos de equipos a ser utilizados en la realización del sistema de ajuste-calibración.
  
- Investigar el funcionamiento de los Sistemas de Posicionamiento Global, al igual que los factores que influyen en la entrega de sus datos.

- Diseñar la estructura del sistema de calibración a usarse en el proyecto permitiendo el funcionamiento adecuado y deseado del sistema.
- Realizar el montaje y pruebas del sistema a implementar.

## **1.1 INTRODUCCIÓN A LA CALIBRACIÓN.**

El concepto de calibración está ligado en lo referente a las mediciones, es así que estas tienen una importancia fundamental para los gobiernos, para las empresas y para la población en general, demostrando de esta manera que a través de la historia, la metrología ha estado ligada en todas y cada una de las actividades de la humanidad, ya que el progreso de los pueblos siempre estuvo relacionado con su progreso en las mediciones.

Con este preámbulo se incursionará en el mundo de la metrología, en sus normas, procedimientos y leyes que ayuden al desarrollo del presente proyecto. Metrología, de las raíces Metrón = Medida y Logos = Tratado, la metrología es la ciencia de las mediciones, que por medio de diferentes aparatos e instrumentos de medición, realiza pruebas y ensayos que permiten determinar la conformidad con las normas existentes de un producto o servicio; en cierta medida, esto permite asegurar la calidad de los productos y servicios que se ofrecen a los consumidores. De esta manera se dirá que la calibración es determinar, por medición o comparación con un patrón, el valor correcto de cada lectura de la escala de un contador u otro dispositivo.

Estos dos conceptos establecen una serie de procedimientos que son de mucha ayuda en la realización de trabajos, proyectos, etc. puesto que el proyecto se lo desarrollará en base a normas y leyes metrológicas internacionales, que aseguren el correcto funcionamiento de los sistemas

de ejecución, cualesquiera sean estos, realizando una calibración permanente, para que incidan en la calidad de vida de la población, protegiendo al consumidor, ayudando a preservar el medio ambiente y de esta manera contribuir al uso racional los recursos naturales.

## **1.2 CONCEPTOS GENERALES.**

Dentro del desarrollo del presente proyecto los conceptos más importantes son:

**Metrología.-** Ciencia de las mediciones y sus aplicaciones, cualquiera sea su incertidumbre y su campo de aplicación.

**Calibración.-** Operación que bajo condiciones específicas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

**Error de Medida.-** Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

**Error Sistemático.-** Componente del error de medida que, en medidas repetidas, permanece constante o varía de manera predecible.

**Error Aleatorio.-** Componente del error de medida que, en mediciones repetidas, varía de manera impredecible

**Sistema Internacional de Unidades.-** (SI), Las unidades del **SI** constituyen referencia internacional de las indicaciones de los

instrumentos de medición, a las cuales están referidas mediante una concatenación interrumpida de calibraciones o comparaciones.

**Patrón de Medida.-** Referencia utilizada como base de comparación o calibración, con el fin de reproducir una unidad de medida que sirva como referencia.

**Patrón Primario.-** Patrón que es designado o reconocido como poseedor de las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor se acepta sin referirse a otros patrones de la misma magnitud.

**Patrón Nacional.-** Patrón reconocido por la legislación nacional para servir de base, en un país, en la asignación de valores a otros patrones de la magnitud afectada.

**Patrón Internacional.-** Patrón reconocido por un acuerdo internacional para servir de base internacionalmente en la asignación de valores a otros patrones de la magnitud afectada.

**Patrón Secundario.-** Patrón cuyo valor se asigna por la comparación con un patrón primario de la misma magnitud, normalmente los patrones primarios son utilizados para calibrar patrones secundarios.

**Mensurando.-** Magnitud que se desea medir.

**Incertidumbre Instrumental.-** Componente de la incertidumbre de medida que procede del instrumento o sistema de medida utilizado.

**Incertidumbre Absoluta.-** Es el resultado de la diferencia entre el valor real y el valor medio y tiene las mismas unidades que la variable a la que está asociada y no depende de la magnitud de este sino de la resolución del instrumento.

**Incertidumbre Relativa.-** Representa que proporción del valor reportado es dudosa.

**Resolución.-** Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

**Resolución de un Dispositivo Visualizador.-** Mínima diferencia entre indicaciones visualizadas, que pueden percibirse de forma significativa.

**Normalización.-** Actividades que fijan las bases para el presente y el futuro, con el propósito de establecer un orden para el beneficio y el concurso de los interesados.

**Norma.-** Referencia respecto a la cual se juzgará un producto o una función y en esencia es el resultado de una elección colectiva y razonada.

**Especificación.-** Exigencia o requisito que debe cumplir un producto, un proceso o un servicio.

**Sistema.-** Un sistema es un conjunto de partes o elementos, organizadas y relacionadas que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben datos, energía o materia del ambiente y proveen información, energía o materia.

**Exactitud.-** Se refiere a cuán cerca del valor real se encuentra el valor medido

**Precisión.-** Se refiere a la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud.

**Media Aritmética.-** Medida de tendencia central que nos permite identificar un valor representativo del conjunto de valores investigados.

**Varianza.-** Es la media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la medida de una distribución estadística.

**Desviación Estándar.-** En un conjunto de datos es una medida de dispersión, que nos indican cuanto pueden alejarse los valores respecto al promedio.

**Incertidumbre.-** Parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pudieran ser razonablemente atribuidos al mensurado. .

**Incertidumbre de Resolución de la Unidad Bajo Prueba.-** Es igual a una unidad del valor de la mínima división de la escala.

**Incertidumbre de Deriva del Patrón.-** Variación continua o incremental de una indicación a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas del patrón de medida.

**Incertidumbre de Estabilidad.-** Amplitud de un instrumento de medida para conservar constantes sus características metrológicas a lo largo del tiempo.

**Error Humano.-** Provocado por una variedad de condiciones relacionadas

**SIRGAS.-** Sistemas de Referencia Geocéntrico para América del Sur, mismo que es producto de la densificación de una red de estaciones GNSS de alta precisión en el área continental

**GNSS.-** Sistema Global de Navegación por Satélite, constituyéndose en una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre. (PEAT & MENDOZA, 1994) (MARKUS, 2003) (JCGM, 2008).

### **1.3 MÉTODOS GENERALES.**

El método de manera muy general, se refiere a procedimientos para hacer o lograr algo aplicando lógica universalmente a cualquier ciencia, es decir son medios orientados hacia un fin, apoyando su desarrollo y fundamentación, partiendo de observaciones, razonamientos, análisis, síntesis, llegando a comprobaciones que permiten verificar el conocimiento. Por ende se debe utilizar un método general que guíe todo el proceso a realizar, es así que identificamos los métodos en términos de su origen como:

#### **1.3.1 MÉTODOS NORMALIZADOS.**

Donde los métodos de medición, prueba o calibración se encuentran documentados en normas internacionales, regionales o nacionales, organizaciones técnicas al igual que guías y textos científicos.

#### **1.3.2 MÉTODOS DESARROLLADOS POR LABORATORIO.**

Estos son los que desarrolla internamente el laboratorio cuando no se cuenta con métodos normalizados que cubran los servicios de medición.

### **1.3.3 MÉTODOS NO-NORMALIZADOS.**

Desarrollado por un tercer organismo no reconocido internacionalmente o que ha sido adaptado por el laboratorio a partir de un método normalizado. (ROSENBLUETH, 1995).

## **1.4 MÉTODOS DE MEDICIÓN.**

De acuerdo con el vocabulario internacional de metrología (VIM), es la sucesión lógica de las operaciones, descritas de una forma genérica, utilizadas en la ejecución de las mediciones. Y todos estos métodos deben de considerar al menos los siguientes factores: exactitud requerida, costo, tiempo, conveniencia y disponibilidad de equipos. Entre los principales tenemos:

### **1.4.1 MEDICIÓN DIRECTA.**

Obtiene un valor de la medida mediante un instrumento, cadena o sistema de medición, digital o analógico en forma de indicador, registrador, totalizador o integrador, el sensor del instrumento es colocado directamente en contacto con el fenómeno que se mide.

### **1.4.2 MEDICIÓN INDIRECTA.**

Aquí el valor lo obtenemos mediante transformaciones o conversiones de señales o magnitudes de influencia o mediciones de las variables de entrada.

### **1.4.3 MEDICIÓN POR SUSTITUCIÓN.**

Este método utiliza un equipo auxiliar, llamado comparador o de transferencia con el que se mide inicialmente al mensurado y luego un valor de referencia, conocido también como de transferencia.

### **1.4.4 MEDICIÓN DIFERENCIAL.**

La medición es la diferencia entre un valor conocido (referencia) y otro desconocido, este método es más exacto y proporciona mejor resolución que el obtenido en la medición directa.

### **1.4.5 MEDICIÓN POR NULO O CERO.**

Aquí se utiliza un detector de nulos o equilibrio (comparador) para comprobar la igualdad (diferencia cero) entre el valor medido y el de referencia (patrón). (CREUS, 1995).

## **1.5 MÉTODOS DE CALIBRACIÓN.**

La calibración establece la relación entre el equipo sujeto a calibración y el patrón a utilizar, esta relación se obtiene al tomar las indicaciones del equipo y del patrón y relacionarlas como: error, corrección o linealidad con su respectiva incertidumbre, tanto el equipo como el patrón nos dan estas indicaciones mediante las mediciones. Los principales métodos de calibración se listan a continuación.

### **1.5.1 CALIBRACIÓN POR COMPARACIÓN DIRECTA.**

Aquí se compara directa e instantáneamente los valores proporcionados por el equipo a calibrar, contra los valores entregados por un patrón.

### **1.5.2 CALIBRACIÓN POR TRANSFERENCIA.**

Este método compara los valores proporcionados por el equipo bajo calibración, contra los valores proporcionados por un patrón, pero a través de un patrón de transferencia, incluso en diferente tiempo y lugar.

### **1.5.3 CALIBRACIÓN POR SUSTITUCIÓN.**

Utiliza un equipo auxiliar o comparador, con el que se mide inicialmente al patrón y luego al equipo a calibrar.

### **1.5.4 CALIBRACIÓN POR EQUILIBRIO.**

Aquí se utiliza un detector de nulos, que permite comprobar la igualdad entre el patrón y el equipo a calibrar.

### **1.5.5 CALIBRACIÓN POR SIMULACION.**

Este método simula la magnitud del instrumento de medición a calibrar en base a modelos de relación de respuesta contra estímulo.

### **1.5.6 CALIBRACIÓN POR REPRODUCCIÓN.**

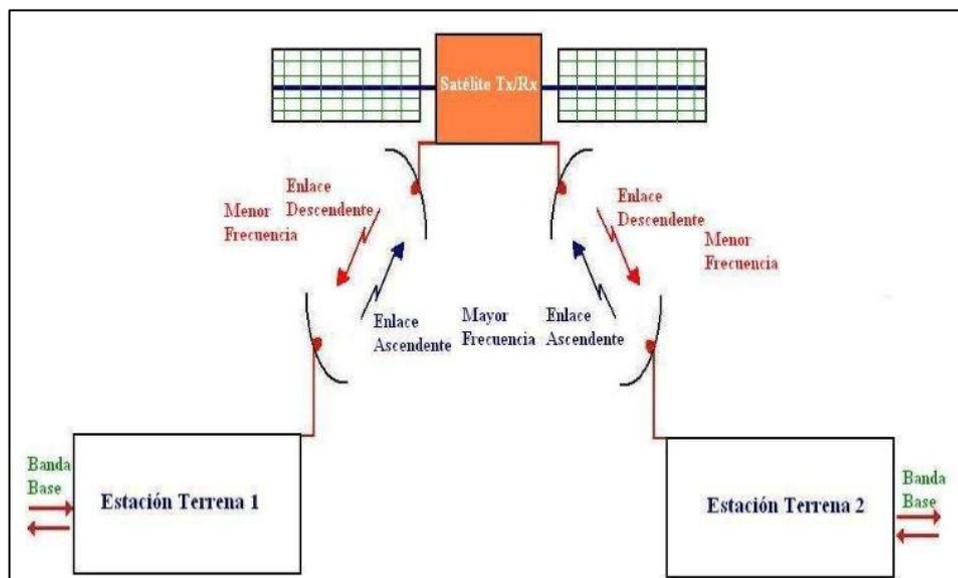
El patrón utilizado en la calibración reproduce a la magnitud.

### **1.5.7 CALIBRACIÓN POR PUNTOS FIJOS.**

En este caso el patrón utilizado en la calibración realiza un constante fundamental o derivada mediante la reproducción de fenómenos físicos o químicos. (CREUS, 1995), (SHABIR, 2003), (METAS, 2005).

## 1.6 COMUNICACIÓN SATELITAL.

En las comunicaciones por satélite, las ondas electromagnéticas se transmiten gracias a la presencia de los satélites artificiales situados en el espacio alrededor de la órbita del planeta, donde estos satélites actúan básicamente como un repetidor en el espacio es decir, recibe las señales enviadas desde la estación terrestre y las envía a otro hacia los receptores terrestres. Un modelo sencillo se muestra en la gráfica No 1.



**Gráfica No. 1: Modelo del Sistema de Comunicaciones Vía Satélite.**

Un sistema de comunicación satelital está conformado por:

- Centros de Control.
- Uno o más satélites.
- Antenas de Rastreo.
- Estaciones terrenas, según los requerimientos.

Es decir que los satélites reciben las señales de las estaciones terrenas, para que un sistema de comunicación satelital posteriormente las

procesen, conviertan y finalmente las transmitan a las zonas de cobertura. Un sistema de comunicación satelital está conformado de dos partes:

- Segmento Espacial.
- Segmento Terreno.

### **1.6.1 SEGMENTO ESPACIAL.**

Es aquel que se encuentra conformado por el satélite y las estaciones de centro de control, este segmento toma en cuenta varios aspectos como:

- Los cambios de órbita.
- El espacio se presenta más crítico que en la tierra.
- Eventual falla de gravedad.
- Fricción atmosférica.
- Radiación solar.
- La vida útil del satélite.
- Objetos sólidos u otros.

#### **a) SATÉLITE.**

Denominado como receptor activo en el espacio, tiene la función de recibir y transmitir las señales que se reciben en la tierra, trabajan con un ancho de banda de 500 [MHz]. Una imagen de mencionado artefacto es como la que se muestra en la gráfica No 2. La vida útil de un satélite depende del combustible almacenado para el control de órbita, de la degradación de las células solares y del grado de redundancia y fiabilidad del módulo de comunicaciones.



**Gráfica No.2: Landsat Satélite de la NASA.**

Los parámetros básicos de los satélites son:

- **Frecuencia.-** Se refiere al valor de sintonización con el satélite, y a su vez maneja dos tipos de frecuencias: Frecuencia Inmediata (IF) y Radiofrecuencia (RF).
  
- **Modulación.-** La modulación transporta una información a través de un canal de comunicación a la mayor distancia y al menor costo. Los satélites emplean algunos tipos de modulación como:
  - BPSK: Bi-Phase Shift Keying. (Modulación por Desplazamiento de Bi- Fase )
  - QPSK: Quadrature Phase Shift Keying. (Modulación por Desplazamiento de Cuadratura en Fase)
  - 8-PSK: Eight Phase Shift Keying. (8- Modulación por Desplazamiento de Fase)
  - 16-QAM: Quadrature Amplitude Modulation. (Modulación por Cuadratura de Amplitud)

- **Corrección de Errores (FEC).**- Técnica que mejora la robustez de la transmisión de datos.
- **Tasa de Símbolos.**- Es la velocidad de transmisión en Bits por segundo. Este valor se utiliza para la configuración de la máscara de potencia espectral a la salida del demodulador.
- **Eb/No.**- Es la relación entre la energía por bit de información transmitida y la densidad de ruido.
- **C/N.**- Es la relación entre la potencia de una señal y la densidad de ruido recibido en el receptor.
- **Potencia.**- El dBm es una unidad de medida utilizada, para expresar la potencia absoluta mediante una relación logarítmica.

Los sistemas satelitales operan en varias bandas de frecuencias cada una de estas dispone de una parte de ella para enlaces ascendentes y otra para enlaces descendentes para evitar interferencia. A su vez este sistema está compuesto por:

- **Carga de Comunicaciones.**- Llamada también carga útil, definida como la electrónica del satélite, conformado por un conjunto de equipos y antenas con el fin de procesar las señales de comunicaciones de los usuarios.
- **Plataforma.**- También llamada Estructura de Soporte, definida como el conjunto de subsistemas a bordo del satélite que soportan el funcionamiento remoto del mismo. La plataforma está constituida por los siguientes subsistemas:

- Estructura.
- Propulsión.
- Control de Orientación.
- Energía.
- Telemetría.
- Telemando.
- Control Térmico.

#### **b) CENTRO DE CONTROL.**

Es el encargado de adecuar el funcionamiento de los satélites, así como a las necesidades de operación, función, control y a los servicios contratados por los usuarios. Un ejemplo claro de cómo está estructurado un centro de control Lyndon B. Johnson al suroriente en Houston-Texas es el mostrado en la gráfica No 3.



**Gráfica No.3: Centro de Control de la NASA.**

Estas adecuaciones de señal se las realiza mediante el uso del espectro de radiofrecuencia.

- **Radiofrecuencia.-** Denominado también espectro de radiofrecuencia RF, aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situado entre unos 3 [GHz]. La banda de frecuencias para satélites están entre las bandas UHF, SHF y EHF. Una ampliación de las bandas del espectro electromagnético es la indicada en la tabla No 1. Es así que la porción del espectro radioeléctrico que utilizarán está determinado por los siguientes puntos:

- Capacidad del sistema.
- Potencia.
- Precio. (ROGER, 2005).

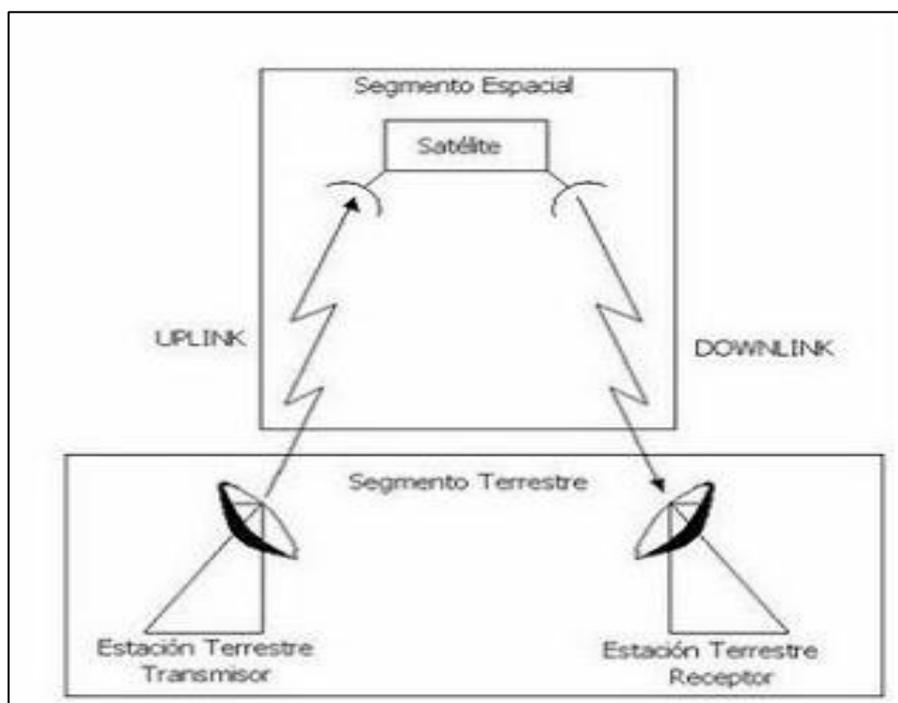
**Tabla No. 1: Radiofrecuencias Utilizadas en Telecomunicaciones.**

<b>Nombre</b>	<b>Abreviatura Inglesa</b>	<b>Frecuencias</b>
Extra baja frecuencia: Extremely low frequency	ELF	3-30 HZ.
Super baja frecuencia: Super low frequency	SLF	30-300 HZ.
Ultra baja frecuencia: Ultra low frequency	ULF	300-3000 HZ.
Muy baja frecuencia: Very low frequency	VLF	3-30 KHz.
Baja frecuencia: Low frequency	LF	30-300 KHz.
Media frecuencia: Medium frequency	MF	300-3000 KHz.
Alta frecuencia: High frequency	HF	3-30 MHz.
Muy alta frecuencia: Very high frequency	VHF	30-300 MHz.
Ultra alta frecuencia: Ultra high frequency	UHF	300-3000 MHz.
Super alta frecuencia: Super high frequency	SHF	3-30 GHz.
Extra alta frecuencia: Extremely high frequency	EHF	30-300 GHz.

## 1.6.2 SEGMENTO TERRENO.

Este segmento está constituido por las estaciones terrenas transitorias o receptoras que cursan el tráfico con los satélites. Una ilustración gráfica de cómo se encuentra conformado el segmento terreno es el indicado en la gráfica No. 4 Las estaciones terrenas en cambio son un equipo de comunicación con un conjunto de antenas que pueden tener un extremo de salida y uno de entrada de señales en base o en frecuencia intermedia, por ello que el ancho de banda satelital se cita como:

- Ancho de Banda Extendido con 900 [MHz], para frecuencia intermedia que va desde los 900 [MHz]-1859 [MHz].
- Ancho de Banda Estándar con 500 [MHz], para frecuencias desde los 950 [MHz]-1450 [MHz], en teoría.



**Gráfica No.4: Estación Terrena.**

Las estaciones terrenas están constituidas por:

- Sistemas de Antenas.
- Reflector.
- Alimentador.
- Transmisores y Receptores. (FLORES, 2006).

### **1.7 ORBITALES SATELITALES.**

Las características del movimiento de un satélite artificial en órbita terrestre están fundamentadas en tres leyes de Kepler sobre el movimiento de los planetas alrededor del sol, que posteriormente tuvieron sustento matemático en la ley de gravitación universal de Newton y su segunda ley de movimiento. Las leyes de Kepler se pueden expresar en siguiente forma:

- a) La órbita de cada planeta describe a elipsoide con el sol en el foco.
- b) La línea que une el planeta con el sol describe áreas iguales en tiempos iguales.
- c) El cuadrado del período de la órbita es proporcional a cubo de la distancia media al foco

Existen algunos tipos de órbitas que son:

- Órbita Geoestacionaria
- Órbita Polar.
- Órbita Elíptica.
- Órbita Baja.

Algunas características adicionales de las órbitas satelitales se presentan en la tabla No.2.

**Tabla No. 2: Características de las Órbitas.**

<b>Tipos de Órbita</b>	<b>Altura sobre el nivel del mar</b>	<b>Velocidad del Satélite</b>	<b>Función del satélite</b>	<b>Ventajas</b>
Órbita baja	250-1500 km.	25000-28000 km/h	Comunicación y observación de la Tierra	Poco retraso en comunicaciones, requiere menos potencia
Órbita polar	500-800 km sobre el eje polar	26600-27300 km/h	Clima, navegación	Perpendiculares a la línea del Ecuador, por lo que observa varias regiones
Órbita geoestacionaria	35786 km. . Sobre el Ecuador	11000 km/h	Comunicaciones, clima, navegación, GPS	da la vuelta a la Tierra a su misma velocidad, observa el mismo territorio
Órbita elíptica	Perigeo (cuando está más cerca de la Tierra)	-34200 km/h -5400 km/h	Comunicaciones	Servicios a grandes Latitudes

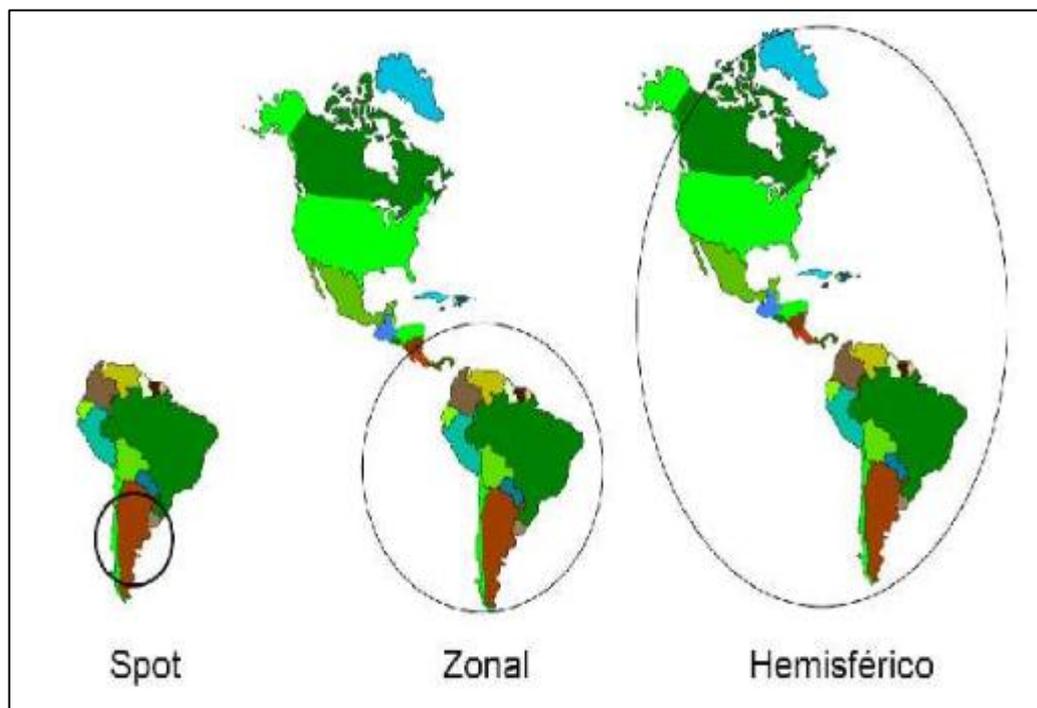
### **1.7.1 ZONA DE COBERTURA.**

Dentro de la cobertura satelital hablamos de lo que es huella o pisada, las zonas de cobertura se dividen en:

- a) **Haz Global.**- Cubre la vista frontal del planeta.
- b) **Haz Hemisférico.**- Cubre la vista de un hemisferio.

- c) **Haz Zonal.**- Cubre una región.
- d) **Haz Puntal o Spot.**- Cubre un país específico.
- e) **Haz Píncel.**- Cubre una zona específica.

Una explicación gráfica de cómo está dividida la zona de cobertura que los satélites abarcan según los literales anteriores es la gráfica No. 5.



**Gráfica No.5: Huellas Satelitales.**

### 1.7.2 AREA GEOGRÁFICA.

El área geográfica satelital está dividida en:

- Internacional.
- Regional.
- Doméstica o Nacional.

### **1.7.3 ENLACE ENTRE SATÉLITE.**

Este enlace aumenta la capacidad del sistema al igual que su cobertura dependiendo de los fines para los cuales han sido puestos en órbita, la gráfica No. 6 muestra la órbita que describen los satélites según la distancia a la que se encuentran.

#### **a) SATÉLITES GEOESTACIONARIOS (GEO).**

Son satélites de órbita terrestre baja, ubicados a 36 km de altura describiendo órbitas circulares sobre la línea ecuatorial, utilizados generalmente para telefonía, internet y GPS.

#### **b) SATÉLITES DE ÓRBITA MEDIA (MEO).**

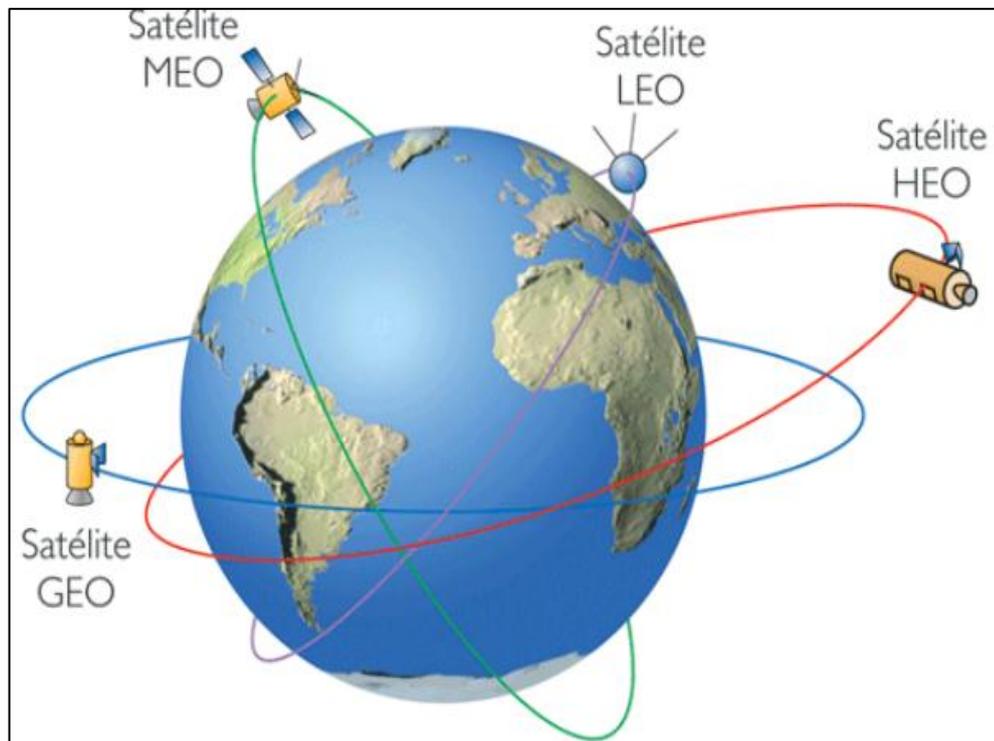
Se encuentran a un altitud de 9000 a 14500 km, se necesitan de 10 a 15 de estos satélites para abarcar toda la Tierra, destinados para comunicaciones de telefonía y televisión al igual que mediciones de experimentos espaciales.

#### **c) SATÉLITES DE ÓRBITA BAJA (LEO).**

Altitud de 725 a 1450 km, a esta altura se necesitan 40 satélites para cubrir la Tierra, estos proporcionan datos geológicos de las placas tectónicas y para la telefonía por satélite.

#### **d) SATÉLITES DE ÓRBITA ALTAMENTE ELÍPTICA (HEO).**

Estos no siguen una órbita circular, sino una elíptica, a menudo utilizados para cartografía.



**Gráfica No.6: Órbitas que Describen los Satélites.**

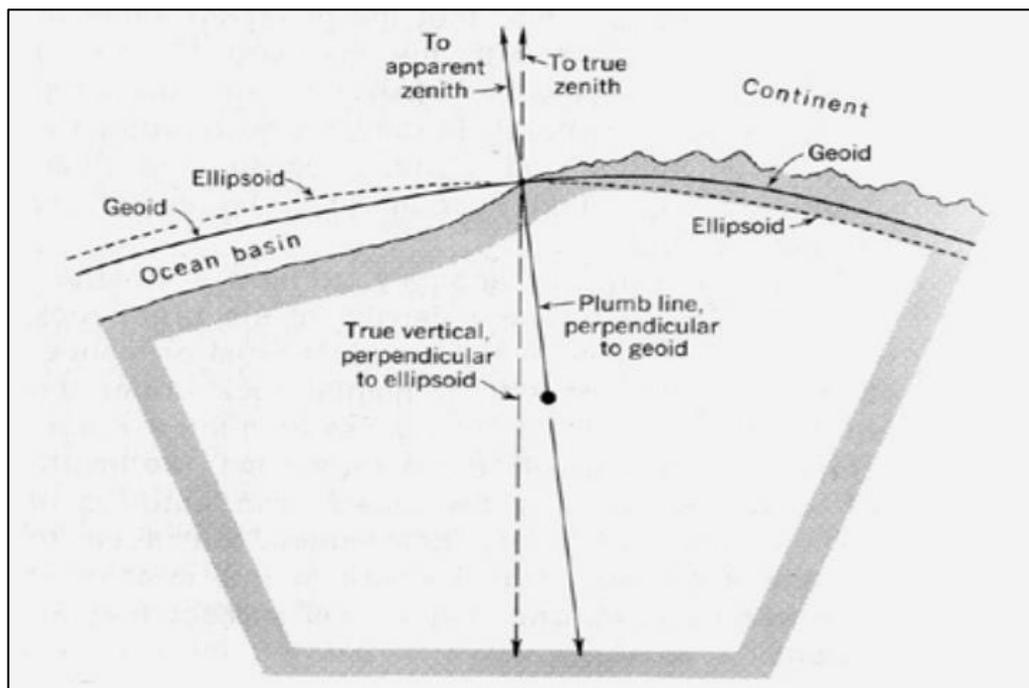
Existen tres clases de enlaces entre satélites:

- Enlace GEO-LEO.- Uno o más satélites geoestacionarios proporcionan la interconexión necesaria entre los satélites de una constelación LEO.
- Enlace GEO-GEO.- Un conjunto de satélites GEO permiten:
  - Incrementar la capacidad el sistema.
  - Extender la zona de cobertura.
  - Mejorar las condiciones de funcionamiento de los sistemas.

- Enlace LEO-LEO.- Una constelación LEO constituye una red de comunicaciones gracias a la interconexión entre satélites. (FLORES, 2006). (HIDALGO, 2006).

## 1.8 SISTEMAS DE REFERENCIA.

Un sistema de referencia geodésico es un recurso matemático que permite asignar coordenadas a puntos que se encuentran sobre la superficie terrestre. La interpretación de como se establece el uso de un sistema de referencia es el que se muestra en la gráfica No. 7. (IRIS, 2008).



**Gráfica No.7: Interpretación de un Sistema de Referencia.**

El sistema de referencia geodésico está compuesto por tres elementos que son:

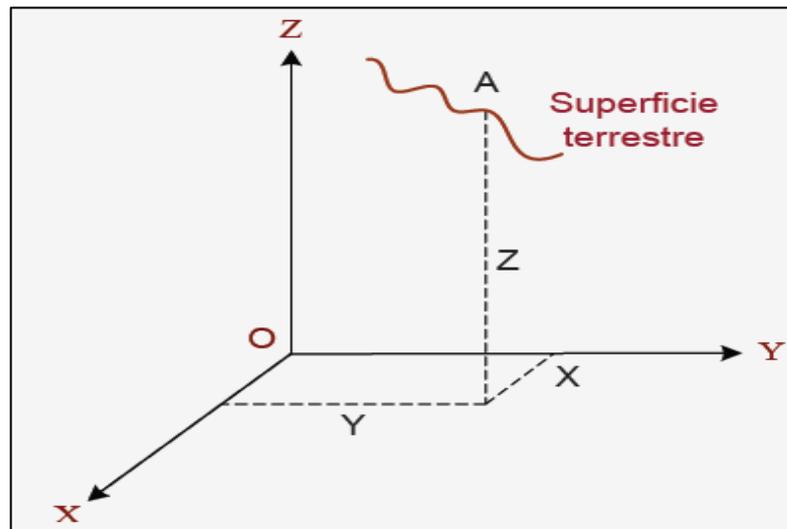
- a) **Elipsoide.-** Es el producto de la rotación (achatamiento de los polos), que difiere ligeramente de la esfera.
- b) **Geoide.-** Es la superficie gravimétrica, que difiere ligeramente del elipsoide (la gravedad varía con el relieve superficial y submarino).
- c) **Datum.-** Define el sistema de referencia que describen el tamaño y la forma de la tierra.

Estos sistemas de referencia pueden ser de dos tipos según sea su extensión, así tenemos:

- a) **Locales.-** Son los que utilizan para su definición un elipsoide determinado y un punto datum. Así por ejemplo el RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo) que son estaciones GPS permanentes o activas.
- b) **Globales.-** Cuyos parámetros están dados por una terna rectangular (X, Y, Z), cuyo origen se encuentra en el geocentro del planeta. Aquí tenemos como ejemplo el sistema de referencia conocido como WGS-84 (World Geocentric System). (IRIS, 2008).

### **1.8.1 SISTEMA DE REFERENCIA CARTESIANO.**

Se define a partir de la distancia a tres ejes ortogonales (es una generalización de la noción geométrica de perpendicularidad) entre sí: (X, Y, Z, formando ángulos de 90° entre sí), como se ilustra a continuación en la gráfica No.8.



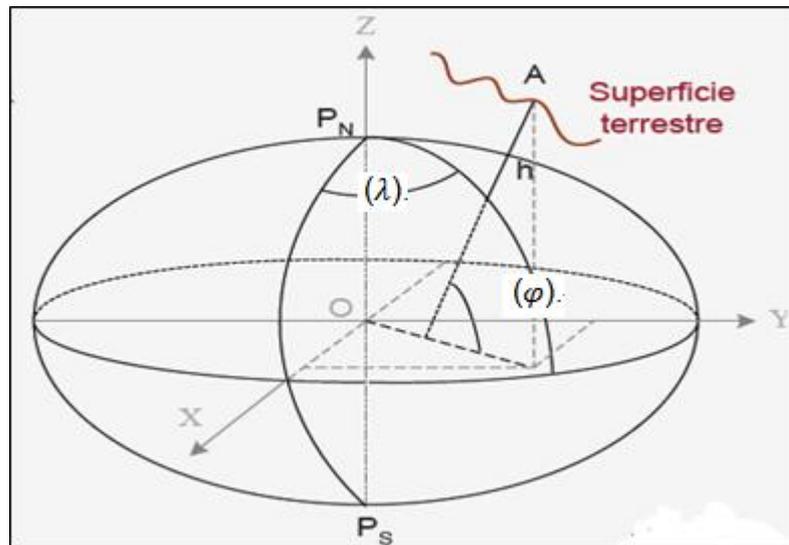
**Gráfica No.8: Sistema Cartesiano.** (IRIS, 2008).

Donde:

- Origen: El centro de masas de la Tierra (Geocentro).
- Eje Z: Eje de rotación terrestre dirigido al polo norte.
- Eje X: Dirección formada por la intersección del Ecuador con el meridiano de Greenwich.
- Eje Y: Ortogonal a los dos anteriores formando un sistema dextrógiro (que gira en el mismo sentido de las agujas del reloj).

### 1.8.2 SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICAS.

Se definen a partir de la distancia angular al Ecuador, a un meridiano origen y a la distancia lineal al elipsoide  $(\varphi, \lambda, h)$ , el sistema geodésico se ilustra en la gráfica No. 9.



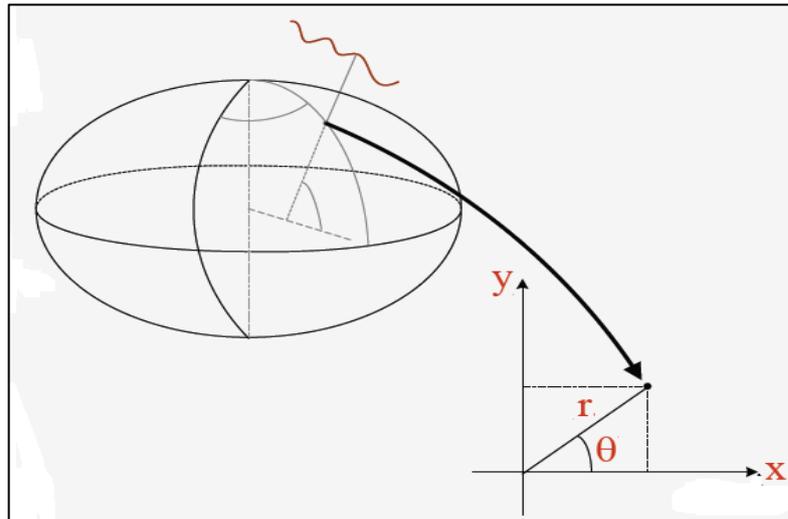
**Gráfica No.9: Sistema Geodésico. (FERNÁNDEZ, 2001).**

Dónde:

- Latitud ( $\varphi$ ).- Ángulo formado por la normal a la superficie de la elipsoide en el punto dado y por el plano ecuatorial. Las latitudes de los puntos situado al norte del ecuador se denominan Latitudes Norte; la de los puntos situados al sur se denominan Latitudes Sur.
- Longitud ( $\lambda$ ).- Ángulo formado por el plano del meridiano del lugar y el meridiano origen (Greenwich). Los puntos situados a occidente poseen Longitud Oeste (W) y los situados a oriente Longitud Este (E).
- Altura ( $h$ ).- El segmento de la normal al elipsoide de referencia que va desde el punto A hasta dicho elipsoide. (IRIS, 2008).

### 1.8.3 SISTEMA DE REFERENCIA PLANAS.

Se define a partir de la transformación del elipsoide en el plano (E, N), como se nota en la gráfica No. 10. Se completa con la distancia al nivel medio del mar (H).



**Gráfica No.10: Sistema de Coordenadas Planas.** (FERNÁNDEZ, 2001).

Es así que:

- Coordenadas Cartesianas  $(x,y)$ .- Distancia a las transformadas del meridiano central de la proyección y del ecuador respectivamente.
- Coordenadas Polares  $(r, \theta)$ .- Distancia al punto central de la proyección y ángulo con el meridiano central de la proyección.
- Altura Ortométrica  $(H)$ .- Distancia del punto A, a una superficie arbitraria elegida como referencia. Habitualmente el nivel medio del mar. (IRIS, 2008).

#### **1.8.4 WGS-84 (World Geodetic System 1984).**

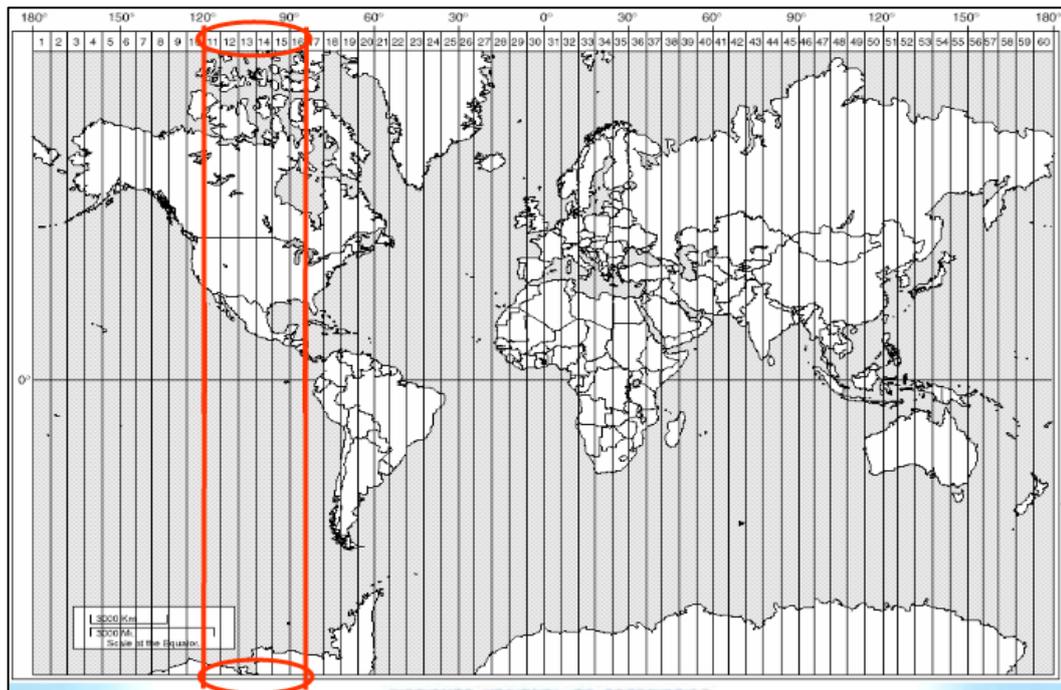
Sistema Geodésico Mundial, es un sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la tierra por medio de tres unidades dadas. En sí es un estándar para su uso en la cartografía, geodesia y navegación, contando con un estándar de coordenadas de la Tierra, un estándar de referencia de la superficie esférica para los datos

de altitud primas, y una superficie equipotencial gravitacional que define el nivel del mar nominal. El origen de coordenadas de WGS-84 está destinado a ser ubicado en el centro de la masa de la Tierra. Y está definida por los siguientes parámetros:

- Origen: Centro de Masa de la Tierra.
  
- Sistemas de Ejes Coordinados:
  - Eje Z: Dirección del Polo de Referencia del IERS (International Earth Rotation Service).
  - Eje X: Intersección del meridiano origen definido en 1984 por el BIH y el plano Ecuador.
  - Eje Y: Eje perpendicular a los dos anteriores y coincidentes en el origen.
  
- Elipsoide WGS-84: Elipsoide de revolución definido por los parámetros:
  - Semieje Mayor (a)= 6378137m.
  - Semieje Menor (b)= 6356752.42m.
  - Achatamiento f: 1/298257223563.
  
- Constante de Gravitación Terrestre  $GM= 3986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$
  
- Velocidad Angular:  $\omega = 7292115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$
  
- Coeficiente de forma dinámica:  $J_2 = -48416685 \times 10^{-6}$ . (POLIDURA, 2000).

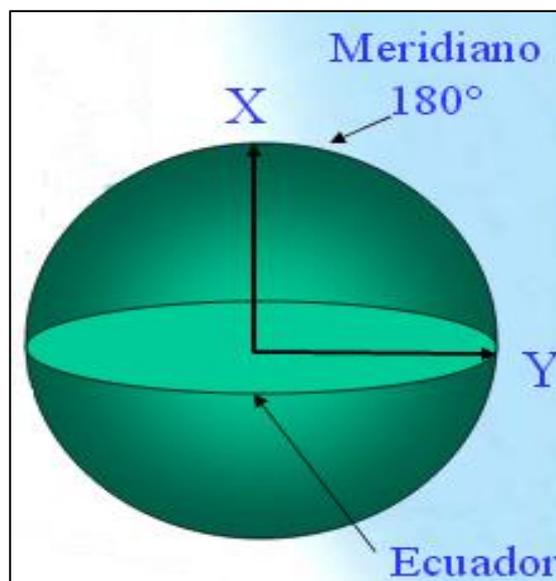
### 1.8.5 SISTEMA DE COORDENADAS UTM.

UTM es otro sistema de coordenadas muy comúnmente usado, el cuál es aplicado generalmente en Cartografía Temática de Investigación, Gubernamental y de manera particular. Este tipo de coordenadas son mucho más fáciles de usar puesto que sus unidades están dadas en metros, a diferencia de las geográficas que vienen dadas en Latitud y Longitud en grados. Las coordenadas UTM seccionan el globo en pequeñas divisiones, estas secciones son llamadas zonas, existen 60 de estas que cubren la tierra y van de los 84° Norte y los 80° Sur y parten del meridiano 180° en dirección Este-Oeste, es por esto que no toma en cuenta los polos, como se puede apreciar en la gráfica No. 11. Cada zona mide 6° de ancho y es proyectada desde el centro de la tierra.



**Gráfica No.11: Zonas del Sistema de Referencia UTM.**  
(FERNÁNDEZ, 2001).

Las coordenadas UTM, además de tener como origen global al Meridiano 180° en sentido Este-Oeste, tienen al plano del Ecuador en sentido Norte-Sur. Las coordenadas UTM son: X, Y similar a un sistema cartesiano común, por lo que son ortogonales como se nota en la gráfica No. 12. Las distancias en cualquier dirección se miden en metros.

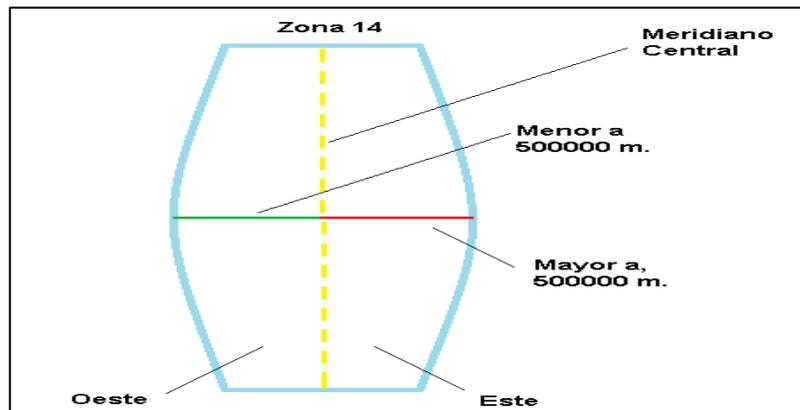


**Gráfica No.12: Sistema Ortogonal UTM.** (FERNÁNDEZ, 2001).

En el sistema que se describió anteriormente, una posición esta descrita por tres elementos:

- La Zona a la que pertenece.
- Las coordenadas en el eje de las X's
- Y las coordenadas en el eje de las Y's.

Estos tres elementos que describen una posición en el sistema de referencia UTM se pueden apreciar en la gráfica No. 13.



**Gráfica No.13: Elementos de Posición en el Sistema UTM.**

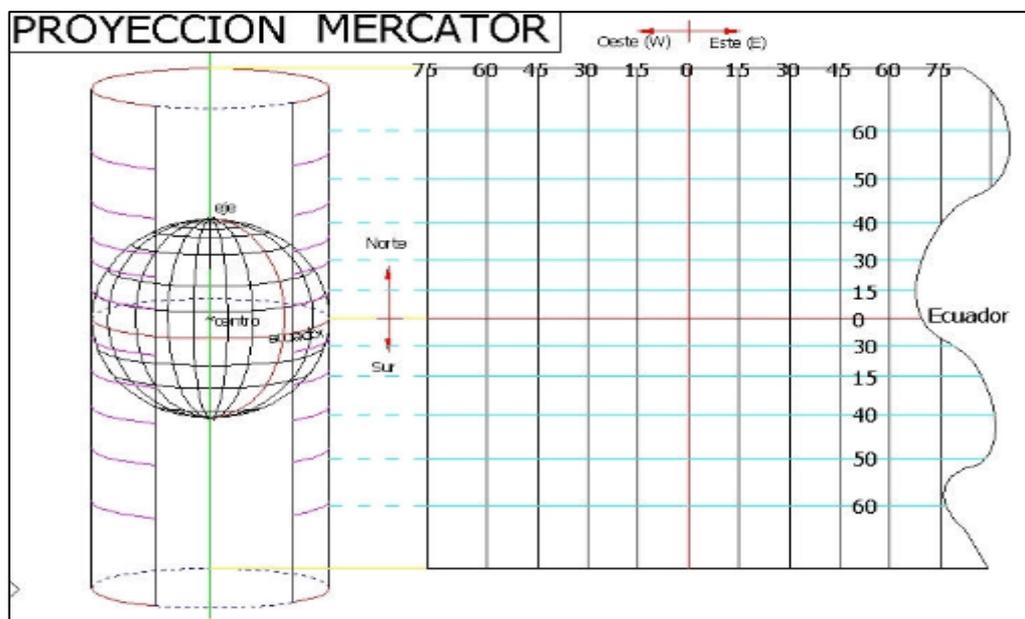
Ahora se debe tener claro, como se interpretan las lecturas en este sistema de referencia, y para ello se detalla lo que sucede en cada eje de la siguiente manera:

a) **La Coordenada X.-** Se mide a partir de Meridiano Central (M.C.) de cada zona UTM, al cual se le asigna el valor de 500000. Hacia el Este del M.C., a la distancia medida a partir de dicho meridiano, se le suman 500000, y hacia el Oeste, a la distancia medida a partir de dicho meridiano, se le resta el valor 500000. Así que hacia el Este del M.C., los valores de X son mayores a 500000, y hacia el Oeste del M.C., los valores son menores del valor citado. Esto quiere decir que hay 60 sitios en la Tierra, que tienen coordenadas X UTM similares, uno por cada zona.

b) **La Coordenada Y.-** Se mide en metros a partir del Ecuador, Hacia el Norte, se mide de forma directa a partir de 0. Hacia el Sur, el valor origen en el Ecuador es 10000000 y se le va restando.

c) **La Zona.-** Se la usa para diferenciar a que sitio de esos 60 se está refiriendo, es imprescindible indicar a que zona UTM pertenece el punto a ubicar, ya que hay 60 sitios en la Tierra, que tiene coordenadas X y Y UTM similares, un por cada zona.

La representación cartográfica del globo terrestre, ya sea considerado este como una esfera o una elipsoide, supone un problema, ya que no existe manera alguna de representar toda la superficie desarrollada sin deformarla e incluso de llegar a representarla fielmente. La proyección UTM conserva los ángulos pero distorsiona todas las superficies sobre los objetos originales así como las distancias existentes, dicha proyección se emplea dada la gran importancia militar, y sobre todo, debido a que el Departamento de Defensa de los Estados Unidos lo estandarizó para el empleo mundial en la década de los 40. Otra de las formas de clasificar las proyecciones UTM está dentro de las llamadas proyecciones cilíndricas, por emplear un cilindro situado en una determinada posición espacial para proyectar las situaciones geográficas. Este sistema emplea la proyección MERCATOR, mostrado en la gráfica No. 14, que emplea un cilindro situado de forma tangente al elipsoide en el Ecuador para realizar la interpretación cartográfica o ubicación según las necesidades de los que se basen en este sistema para realizar sus actividades.



**Gráfica No. 14: Proyección UTM.**

## **1.9 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS).**

En este capítulo dará un explicación general de como un receptor GPS determina cierta posición. Con el fin de comprender el concepto, primero discutiremos los requerimientos de los GPS, estos determinan la disposición de la constelación satelital, y es en esta donde se determina la posición del usuario. Las ecuaciones requeridas para determinar la posición del usuario son el resultado de ecuaciones simultáneas no lineales. La solución es un sistema de coordenadas cartesianas y su resultado será transformado a un sistema de coordenadas esféricas. Pero se debe considerar que la tierra no es completamente esférica es así que después de estas hay que trasladarlas a un sistema de coordenadas basadas en la tierra.

### **1.9.1 REQUISITOS DE DESEMPEÑO DE LOS GPS. (BAO, 2005).**

Algunos de los requerimientos a considerar para garantizar un desempeño adecuado de los Sistemas de Posicionamiento Global:

- La raíz de la posición del usuario del error cuadrático medio debe ser 10-30 [m].
- Debe tener una cobertura global y con este fin los satélites deben estar incluidos en órbitas.
- La señal transmitida debe tolerar hasta cierto punto la interferencia intencional o no intencional.
- No todo receptor GPS debe utilizar un reloj de alta precisión, como los basados en estándares atómicos.

- Cuando los receptores son encendidos por primera vez debe tardar unos minutos en lugar de horas para localizar la posición del usuario.
- El tamaño de las antenas receptoras deben ser grandes. La atenuación de la señal a través del espacio debe mantenerse razonablemente pequeño.

### 1.9.2 ECUACIÓN BÁSICA PARA ENCONTRAR LA POSICIÓN DEL USUARIO.

Asumiendo que la distancia medida es exacta, y que la condición de tres satélites es suficiente, tendremos tres puntos conocidos y su localización  $r_1 = (x_1, y_1, z_1)$ ,  $r_2 = (x_2, y_2, z_2)$  y  $r_3 = (x_3, y_3, z_3)$ , al igual que un punto desconocido  $r_u = (x_u, y_u, z_u)$ , y que las distancias entre los puntos mencionados pueden ser medidos como  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$ , estas se escriben como en la Ecuación 1.

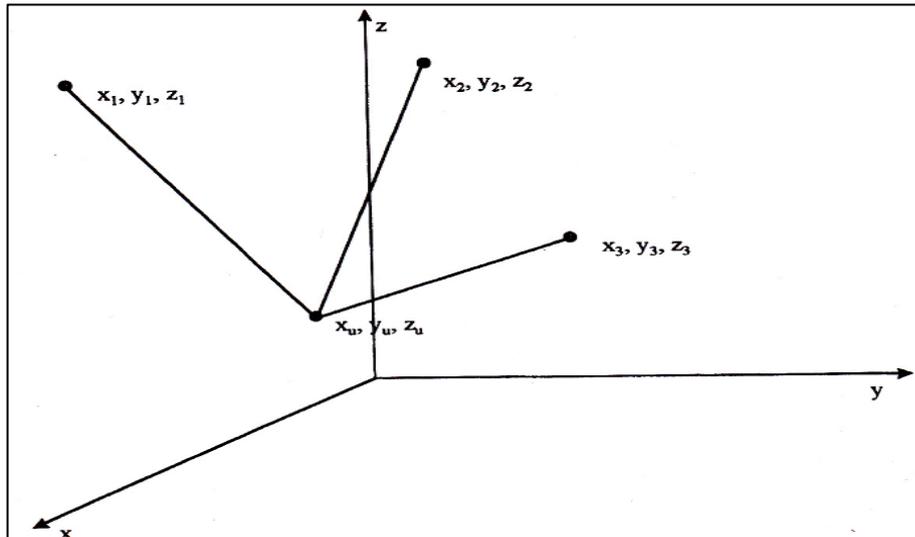
$$\rho_1 = \sqrt{(x_1 - x_u)^2 + (y_1 - y_u)^2 + (z_1 - z_u)^2}$$

$$\rho_2 = \sqrt{(x_2 - x_u)^2 + (y_2 - y_u)^2 + (z_2 - z_u)^2}$$

$$\rho_3 = \sqrt{(x_3 - x_u)^2 + (y_3 - y_u)^2 + (z_3 - z_u)^2}$$

#### Ec. 1: Posición del usuario

Estas distancias entre los puntos  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  y sus coordenadas se pueden apreciar de mejor manera en la gráfica No. 15.



**Gráfica No.15: Uso de Tres Posiciones conocidas para Encontrar una Desconocida. (BAO, 2005).**

### 1.9.3 POSICIÓN DEL USUARIO EN COORDENADAS ESFÉRICAS.

La posición del usuario puede ser calculado desde el punto de vista de un sistema de coordenadas cartesianas,. Tomando en cuenta que la latitud de la tierra va de  $-90^\circ$  a  $90^\circ$  y la longitud esta desde  $-180^\circ$  a  $180^\circ$ . Si la tierra fuera perfectamente esférica la posición del usuario podría ser encontrada fácilmente como se indica en la ecuación 2, así:

$$r = \sqrt{x_u^2 + y_u^2 + z_u^2}$$

**Ec.2: Posición**

La latitud  $L_c$  se encuentra con la ecuación 3:

$$L_c = \tan^{-1} \left( \frac{z_u}{\sqrt{x_u^2 + y_u^2}} \right)$$

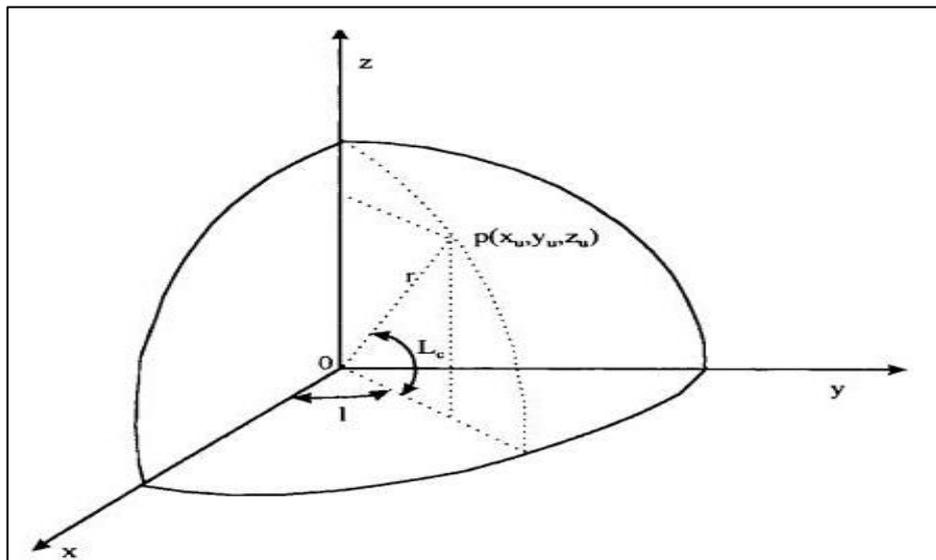
**Ec.3: Latitud.**

La longitud  $l$  se calcula con la ecuación 4:

$$l = \tan^{-1} \left( \frac{y_u}{x_u} \right)$$

#### Ec.4: Longitud.

En la gráfica No.16, se puede apreciar cómo se localizaría la posición del usuario, tomando en consideración que la Tierra fuera una esfera ideal, es decir que no se toma en cuenta la superficie que describe la misma



Gráfica No.16: Localización de un punto sobre la Tierra. (BAO, 2005).

#### 1.9.4 CONSTELACIÓN DE SATÉLITES. (IEEE, 2003).

Hay un total de 24 satélites GPS divididos dentro de seis órbitas y cada órbita tiene cuatro satélites, cada órbita hace un ángulo de  $55^\circ$  con la línea ecuatorial y estas se separan  $60^\circ$  para cubrir los  $360^\circ$ . A continuación se presenta en la tabla No.3, ciertas características de los satélites que están destinados a la señal GPS.

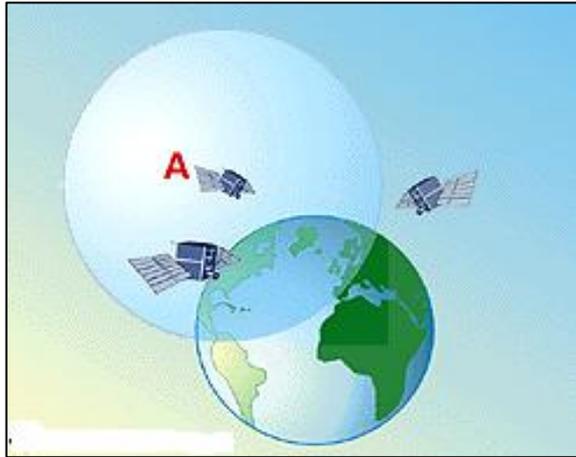
**Tabla No. 3: Características de los Satélites GPS. (BAO, 2005)**

<b>CONSTELACIÓN</b>	
Número de satélites	24
Número de planos de órbita	6
Número de satélites por órbita	4
Inclinación orbital	55°
Radio orbital	26560 km
Periodo	11 hrs 57 min 57,26 sec
Repetición de la pista terrestre	El día sideral

### **1.9.5 COMO UBICA EL RECEPTOR GPS LA POSICIÓN.**

En esta sección se dará una explicación bastante comprensible acerca de todo el proceso que los sistemas de posicionamiento global realizan para dar a conocer la posición en la que se encuentra un objeto, y para ello como parte inicial, el dispositivo receptor GPS debe de enganchar por lo menos a 3 satélites que se encuentren cercanos a la órbita que describen los mismos, su principio de funcionamiento se dará a conocer con la siguiente explicación:

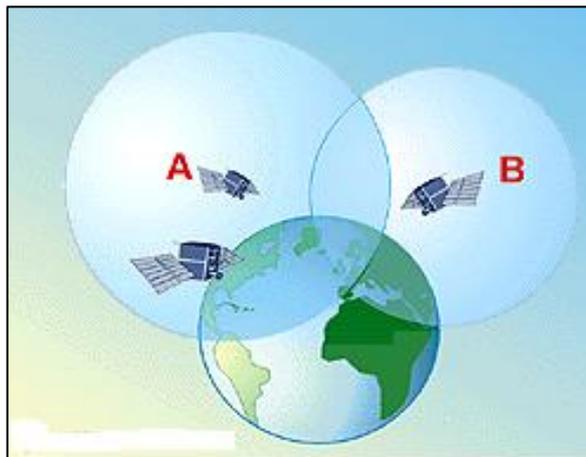
a) Al detectar el receptor el primer satélite, genera una esfera virtual A, cuyo centro es el propio satélite que detectó el receptor, siendo el radio de la esfera la distancia desde su centro a la superficie, entonces el receptor asume que se encuentra en cualquier punto de la esfera que no puede precisar. Como se puede observar en la gráfica No 17.



**Gráfica No.17: Esfera que genera el Satélite A.**

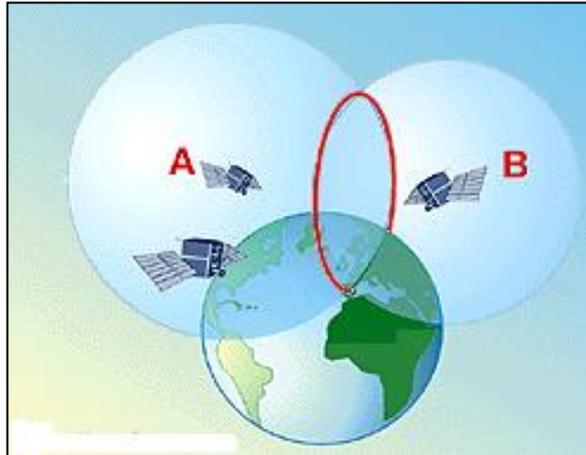
(ÁLVAREZ, 2008).

b) Al calcular la distancia hasta el segundo satélite, se genera una nueva esfera virtual B que se observa en la gráfica No. 18, donde la esfera anterior se superpone a esta otra, creándose así un anillo que pasa por los dos puntos donde se interceptan ambas esferas, apreciado en la gráfica No. 19, es aquí, donde el receptor reconoce que solo se puede encontrar sobre el anillo de intersección.



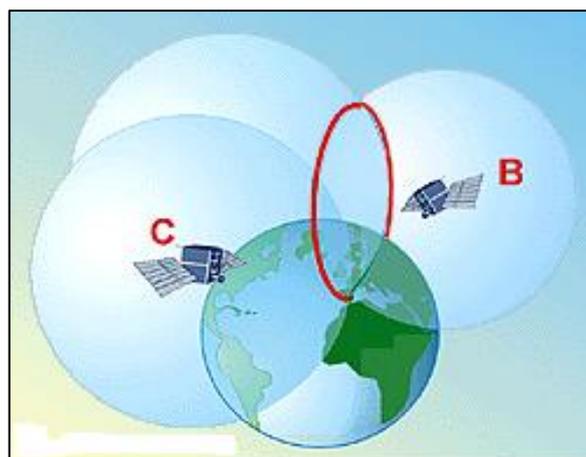
**Gráfica No.18: Órbita generada por el satélite B.**

(ÁLVAREZ, 2008)

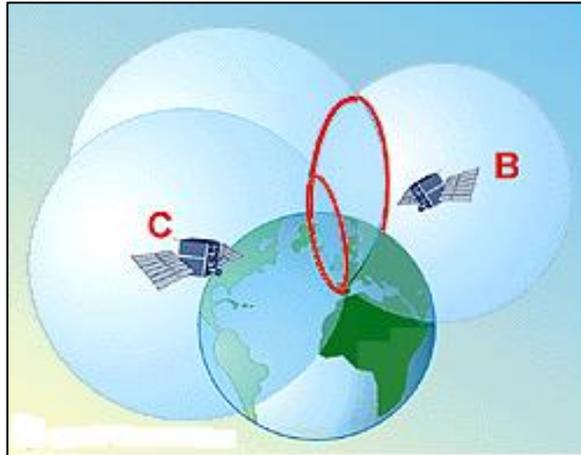


**Gráfica No. 19: Anillo de Intersección entre las órbitas A y B (ÁLVAREZ, 2008).**

c) El receptor calcula la distancia a un tercer satélite y se vuelve a generar una tercera esfera virtual C, como se muestra a continuación en la gráfica No. 20, esta esfera se corta con un extremo del anillo anterior en algún punto en el espacio y otro en la superficie de la tierra, indicado en la gráfica No. 21.

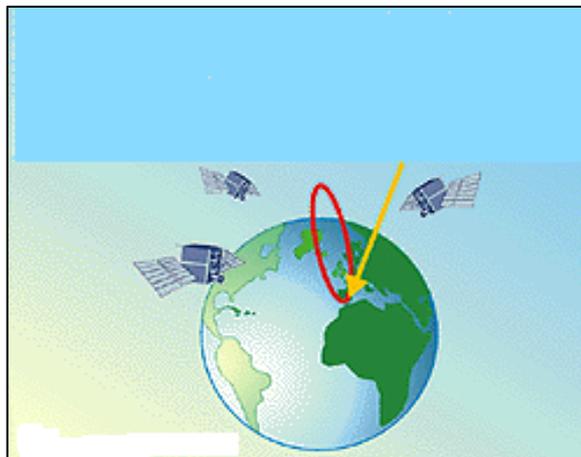


**Gráfica No.20: Órbita Generada por el Satélite C. (ÁLVAREZ, 2008).**



**Gráfica No. 21: Anillo de Intersección C.**  
(ÁLVAREZ, 2008).

d) Una vez que el receptor ha ejecutado los tres pasos anteriores, y ha seleccionado el punto que se encuentra sobre la superficie de la tierra, ya está en la capacidad de mostrar los valores correspondientes a su posición, la latitud y la longitud, mostrado en la gráfica No. 22.



**Gráfica No. 22: Punto de Ubicación del Receptor GPS.**  
(ÁLVAREZ, 2008).

e) Finalmente para ubicar la altura a la que se encuentra el receptor GPS sobre el nivel del mar, mide nuevamente la distancia hacia un cuarto satélite y generar otra esfera para determinar esa medición.

**CAPÍTULO 2**  
**DISPOSITIVOS Y SOFTWARE QUE INTERVIENEN EN LA**  
**COMUNICACIÓN SERIAL.**

## **CAPÍTULO 2**

### **DISPOSITIVOS Y SOFTWARE QUE INTERVIENEN EN LA COMUNICACIÓN SERIAL.**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

Las comunicaciones que se pueden establecer entre varios dispositivos se pueden clasificar de acuerdo a muchos parámetros, desde el punto de vista de los datos que se pueden transmitir simultáneamente, se tiene la comunicación serie como RS-232, USB o firewire y comunicación en paralelo, como GPIB, VXI, o PXI. La cual se encuentra casi perdida en las computadoras de hoy. Los sistemas serie en comparación con los paralelos, tienen las siguientes características: transmisión a mayor distancia, menor coste y más sencillos en cuanto al hardware necesario. Suelen ser comunicaciones punto a punto.

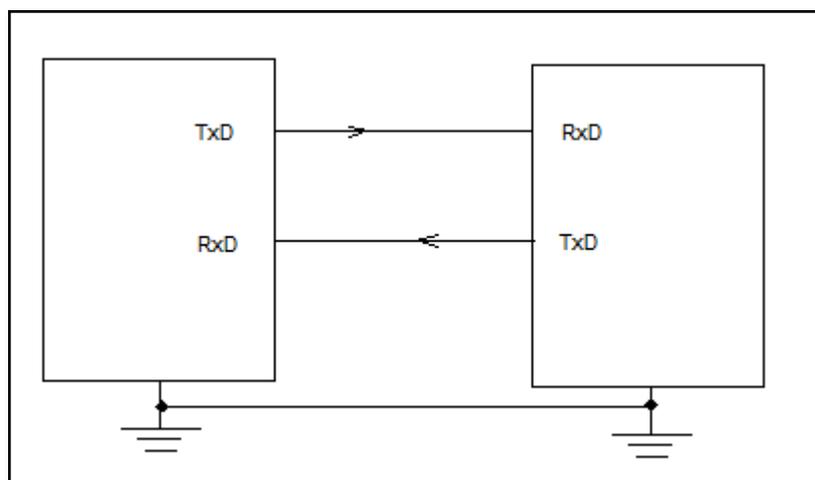
Generalmente son transmisiones asincrónicas y en ráfagas, por lo que suelen delimitar los datos, para esto pueden indicar el principio con un bit de start y el final con un bit de stop; además también pueden incluir bits de comprobación de errores. La forma de comprobar errores más sencilla es añadir un bit de paridad, esta paridad puede ser par o impar, por ejemplo, si el dato es 0100111 y se trabaja con paridad impar, el bit de paridad valdrá 1 (para tener un número de bits impar en la transmisión), así el dato transmitido será 01001111, donde el último bit es el de paridad. Una trama son todos los bits transmitidos, desde el de start al de stop. Las características principales de una trama son:

- La velocidad, medida en baudios.
- El número de bits de datos.
- El tipo de paridad.

## 2.2 COMUNICACIÓN SERIAL.

La comunicación serial consiste en el envío de un bit de información de manera secuencial, esto es, un bit a la vez y a un ritmo acordado entre el emisor y el receptor. La comunicación serial en computadores ha seguido los estándares definidos por el RS-232 (Recommended Standard 232) que establece niveles de voltaje, velocidad de transmisión de los datos, etc. Por ejemplo, este protocolo establece un nivel de -12v como un uno lógico y un nivel de voltaje de +12v como un cero lógico (por su parte, los microcontroladores emplean por lo general 5v como un uno lógico y 0v como un cero lógico).

Existen en la actualidad diferentes ejemplos de puertos que comunican información de manera serial (un bit a la vez). El conocido como “puerto serial” ha sido gradualmente reemplazado por el puerto USB (Universal Serial Bus) que permite mayor versatilidad en la conexión de múltiples dispositivos. Aunque en naturaleza serial, no suele referenciarse de esta manera ya que sigue sus propios estándares y no los establecidos por el RS-232. A continuación se muestra un diagrama de comunicación serial expresado en el grafico No. 23. (Chavez, 2011).



**Gráfica No. 23: Comunicación Serial.**

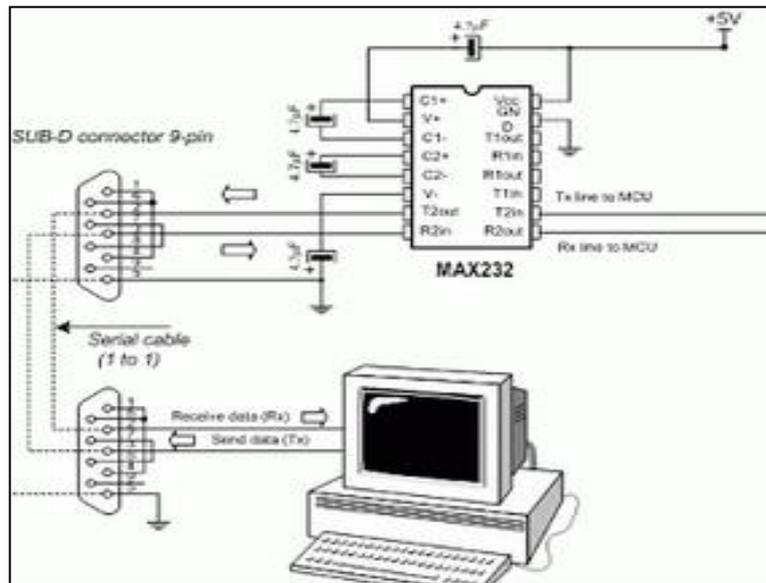
### 2.2.1 ESTÁNDAR RS-232.

El protocolo RS-232 es una norma o estándar mundial que rige los parámetros de uno de los modos de comunicación serial. Por medio de este protocolo se estandarizan las velocidades de transferencia de datos, la forma de control que utiliza dicha transferencia, los niveles de voltajes utilizados, el tipo de cable permitido, las distancias entre equipos, los conectores, etc. Además de las líneas de transmisión (Tx) y recepción (Rx), las comunicaciones seriales poseen otras líneas de control de flujo (Hands-hake), donde su uso es opcional dependiendo del dispositivo a conectar.

El RS-232 se diseñó en 1962 y desde entonces ha tenido varias revisiones, la última fue en 1997. Comenzó a ser usado por la comunicación entre un modem y una impresora de teletipo. La Electronic Industries Association (EIA) hizo una importante revisión del estándar en 1969 y creó el RS-232-C. RS-232 significa Recommend Standard 232, está definido por el ANSI (American National Standard Institution) como la interface entre un equipo terminal de datos y un equipo de comunicación de datos utilizando un intercambio binario en modo serie. A continuación se describe las características más importantes del estándar, además en el gráfico No.24 se muestra el empleo del estándar RS-232 (REYES, 2008). Las características más importantes del estándar son:

- Velocidad máxima original era 20 kbps, hay aplicaciones que llegan a 116 kbps.
- Longitud máxima del cable de 15 m.
- Tensión en modo común máxima de  $\pm 25V$ .
- Impedancias de 3 a 7 k
- Modo de operación Simple
- Un emisor y un receptor.

- Transmisión asincrónica o sincrónica (usando líneas extra para el reloj).



**Gráfica No. 24: Comunicación RS-232.**

### 2.2.2 CONVERTOR USB A RS-232.

En la actualidad existen situaciones donde es necesario convertir, o bien, emular un puerto serie RS232 a partir de un puerto USB. Esto se debe a que muchas de las computadoras modernas no incluyen el puerto serie, ya que para aplicaciones informáticas se considera obsoleto. Sin embargo existen muchas aplicaciones en electrónica donde resulta muy conveniente usar el protocolo RS232 para el intercambio de información y la PC resulta la interface más conveniente.

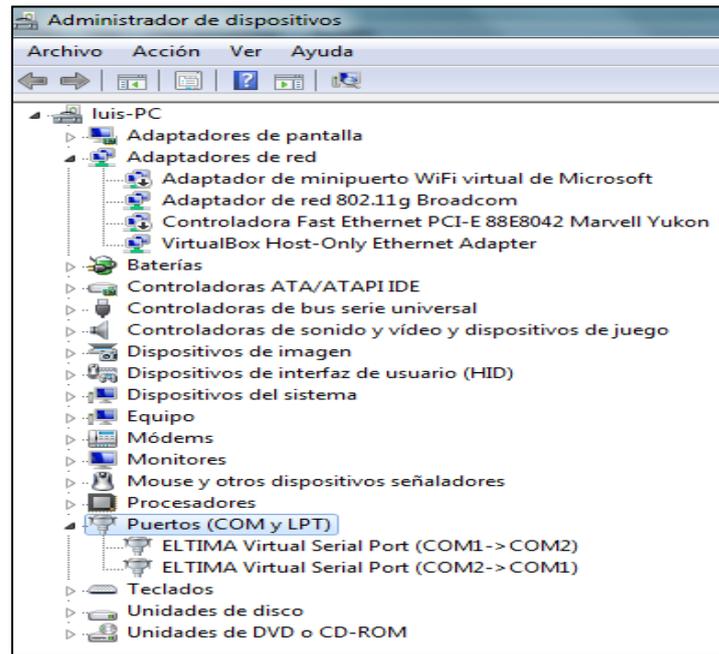
Afortunadamente hay en el mercado una variedad de convertidores de USB a RS232 integrados en un cable o bien como adaptador. En el grafico No. 25, se muestra el cable y su respectivo CD que servirá para convertir un puerto USB a RS-232.



**Gráfica No. 25: Cable Comunicación RS-232 a USB.**

Lo que hacen estos adaptadores es emular un puerto serie mediante el puerto USB. Estos adaptadores vienen con un software que una vez instalado crea un puerto serie virtual a través del puerto USB. En la ventana de administrador de dispositivos de Windows, accesible desde el panel de control/Sistema se muestran los puertos COM y, previa instalación del controlador, se observa el puerto Prolific USB-to Serial Comm Port. El número de COM que se le asigna a este puerto se configura automáticamente en la instalación pero se puede cambiar a cualquier otro que esté disponible hasta 256, basta con ver las propiedades de ese puerto dando doble clic sobre el COM y posteriormente modificar el número. No puede haber dos puertos con el mismo número.

De esta manera se puede intercambiar información entre una PC y un dispositivo externo que utilice la norma RS232 mediante el puerto USB. En el gráfico No.26 se muestra la ventana del administrador de dispositivos de Windows. **(PASCUA, 1998).**



**Gráfica No. 26: Administrador de Dispositivos de Windows.**

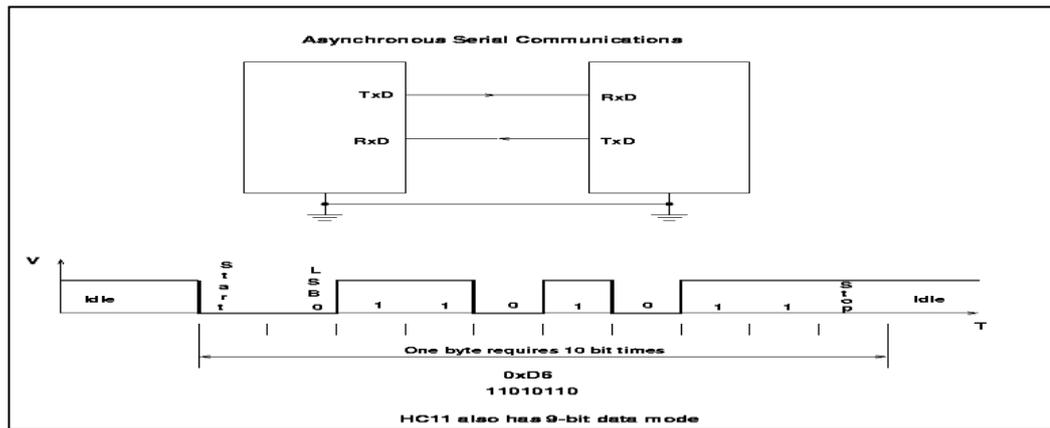
### **2.2.3 EL PUERTO SERIE DE WINDOWS.**

En las comunicaciones seriales usando la norma RS232 se debe tomar en cuenta de que la recepción de un dato ocurre de manera asíncrona, es decir, puede ocurrir en cualquier momento. El hardware de la computadora se encarga de interrumpir cualquier proceso que esté en ejecución cuando un nuevo dato llega al puerto. Es posible que el sistema operativo no pueda atender al nuevo dato de entrada, por lo que lo almacena en un buffer que contiene la secuencia de datos que van llegando.

Windows se encarga de la gestión de los puertos, entonces se puede acceder a ellos de dos formas: Mediante las funciones de la API de Windows o bien usando el control de comunicaciones de LABVIEW.

LABVIEW permite manipular las comunicaciones seriales por medio de un control llamado VISA Configure Serial Port. Mediante este control se

gestionan las comunicaciones de manera simple y por medio de propiedades y métodos típicos de LABVIEW. En el grafico No. 27 se visualiza una comunicación serial asincrónica. (Gomez, Cañizares, 2000).



**Gráfica No. 27: Comunicación Serial Asincrónica.**

### 2.3 LABVIEW.

LabView es el acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench. Es un lenguaje y a la vez un entorno de programación gráfica en el que se pueden crear aplicaciones de una forma rápida y sencilla. National Instrument es la empresa desarrolladora y propietaria de LabVIEW. En el grafico No.28 se muestra el símbolo principal de Labview.

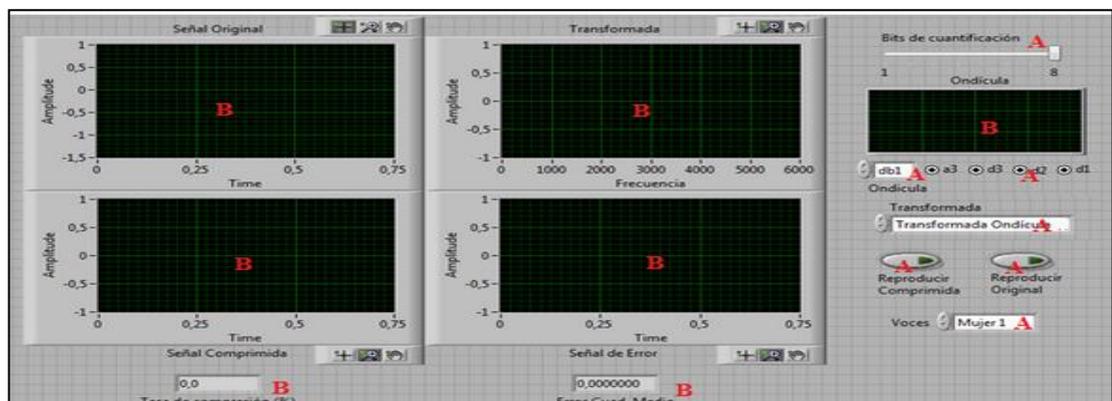


**Gráfica No. 28: LabView.**

LabView es una herramienta de programación gráfica. Originalmente este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usadas en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. Por este motivo los programas creados en LabVIEW se guardarán en ficheros llamados VI y con la misma extensión, que significa instrumento virtual (Virtual Instruments). También relacionado con este concepto se da nombre a sus dos ventanas principales: un instrumento real tendrá un Panel Frontal donde estarán sus botones, pantallas, etc. Y una circuitería interna. En LabVIEW estas partes reciben el nombre de Panel Frontal y Diagrama de Bloques respectivamente.

- **Panel Frontal**

Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Cada uno de ellos puede estar definido como un control (a) o un indicador (b). Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación. En el grafico No.29, se muestra la ventana del panel frontal de Lavbiew

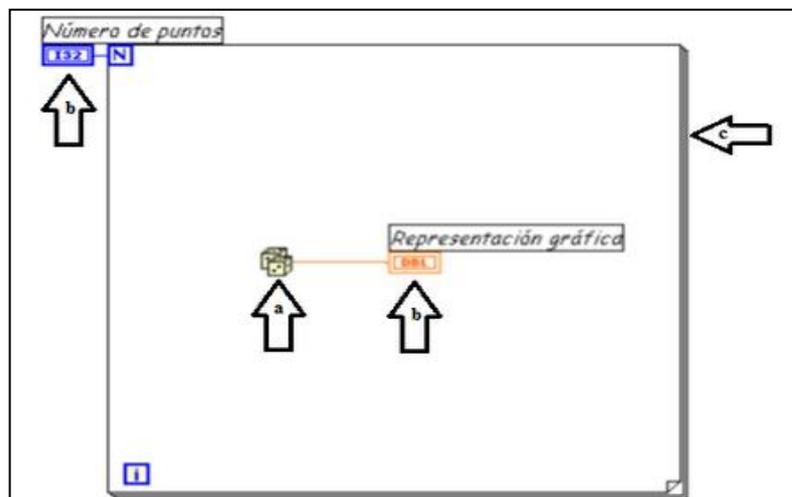


**Gráfica No. 29: Panel Frontal con Controles (A), e indicadores (B).**

- **Diagrama de bloques**

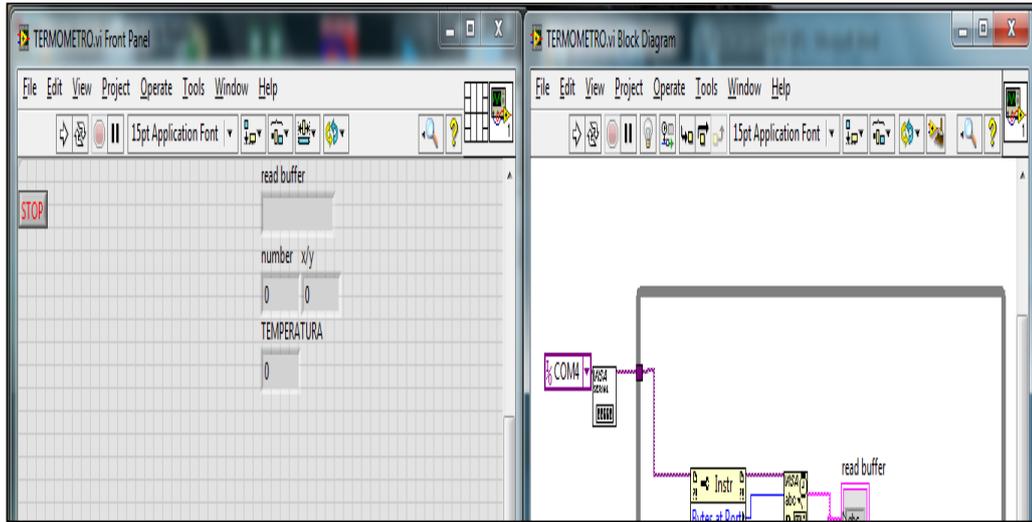
El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal. El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales. En el gráfico No. 30 se muestra la ventana del diagrama de bloques de Labview.



**Gráfica No. 30: Diagrama de Bloques con una Función (a), dos terminales (b) y una estructura (c).**

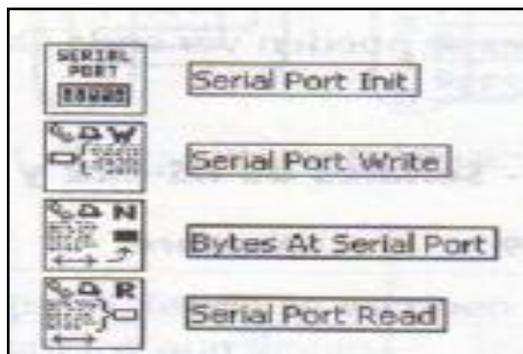
El gráfico No.31 muestra las dos ventanas principales de Labview.



**Gráfica No. 31: Panel Frontal y Diagrama de Bloques de Labview.**

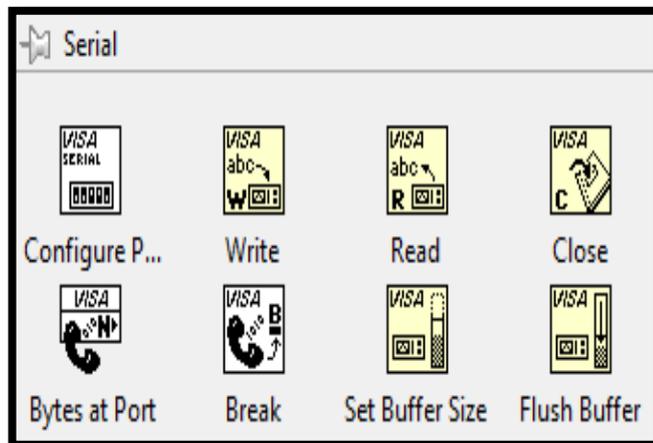
### 2.3.1 COMUNICACIONES SERIE EN LABVIEW.

Las versiones antiguas de LabView incluían unos VIs específicos para manejar el puerto serie, pero en las nuevas versiones se han integrado con el resto de VIs de la librería VISA. Los antiguos VIs todavía se conservan por razones de compatibilidad, aunque ofrecen menos posibilidades que los nuevos y su uso está desaconsejado. En la figura 32 y 33 se muestra opciones de comunicación serial para versiones antiguas y actuales de Labview.



**Gráfica No. 32: Antiguos VIs para comunicación serie.**

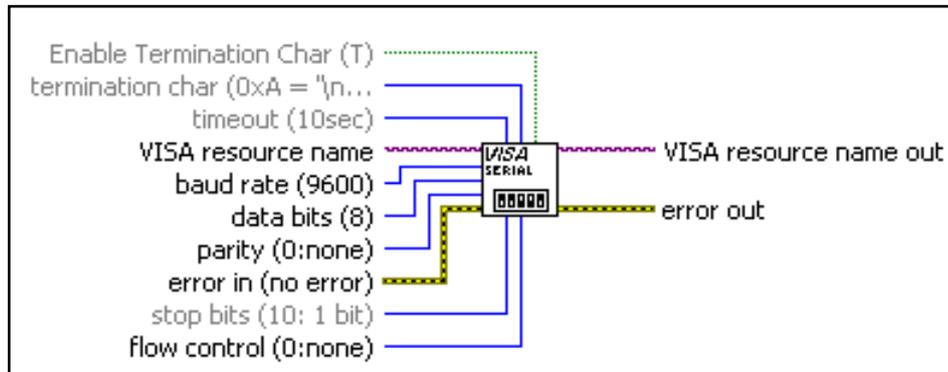
La nueva paleta para el puerto serie está en Instrument I/O > Serial.



**Gráfica No. 33: Menú Serial.**

### **2.3.2 VISA CONFIGURE SERIAL PORT.**

Configura el puerto serie con velocidad, protocolo, paridad, etc. El puerto se selecciona con “VISA resource name”, al crear un control o una constante en el Diagrama de Bloques o en el Panel Frontal se escanean los puertos disponibles en el ordenador y se muestran en una lista. “VISA resource name” es un identificador lógico único que sirve para comunicarse con un recurso manteniendo una sesión en la que se pueden realizar varias operaciones. Los nombres de los recursos, habitualmente, siguen el formato Interface Type (board index) Address INSTR (para comunicación serie asincrónica Interface vale ASRL y no se usa Address), aunque se puede usar un alias. Para crear alias se puede usar el programa MAX. Sería un equivalente a un refnum de los VIs que trabaja con ficheros. En el grafico No. 34 se muestra todas las opciones para configuración que posee VISA. (Lajara & Pelegri, 2007)



**Gráfica No. 34: Configuración del Puerto Serial VISA.**

## 2.4 GPS-ORDENADOR.

El GPS se conecta a un ordenador personal mediante un cable con conector USB o puerto serie. Deberá conectarse a un ordenador para descargar datos. En el grafico No.35 se muestra el cable USB de datos del equipo portátil receptor GPS.



**Gráfica No. 35: Cable USB del GPS GARMIN 60.**

### 2.4.1 GPS-GARMIN 60.

GPS es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia

mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día. Para la obtención de coordenadas el sistema se basa en la determinación simultánea de las distancias a cuatro satélites (como mínimo) de coordenadas conocidas. Estas distancias se obtienen a partir de las señales emitidas por los satélites, las que son recibidas por receptores especialmente diseñados. Las coordenadas de los satélites son provistas al receptor por el sistema. En el grafico No.36 y 37 se muestra un equipo receptor portátil GPS así como su cable serial de datos. (Huerta, Mangiaterra, & Gustavo, 2005).



**Gráfica No. 36: GPS Garmin 60.**



**Gráfica No. 37: Cable serial GPS Garmin 60.**

Uno de los objetivos de Garmin es suministrar a sus clientes la cartografía más completa y precisa de la que se pueda disponer. Prácticamente, todas las fuentes de información contienen, hasta cierto punto, datos imprecisos o incompletos. Esto es especialmente cierto fuera de los Estados Unidos, donde conseguir datos digitales precisos y completos no es posible o son excesivamente caros.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es manejado por el gobierno de los Estados Unidos, que es el único responsable de su precisión y mantenimiento. El sistema está sujeto a cambios que pueden afectar la precisión y funcionamiento de todos los equipos GPS. Aunque el GPS 60 Garmin es una ayuda a la navegación electrónica NAVigation AID (NAVAID), cualquier NAVIAID se puede usar mal o ser malinterpretada y, por tanto, resultar peligrosa. (GARMIN IBERIA S.A.).

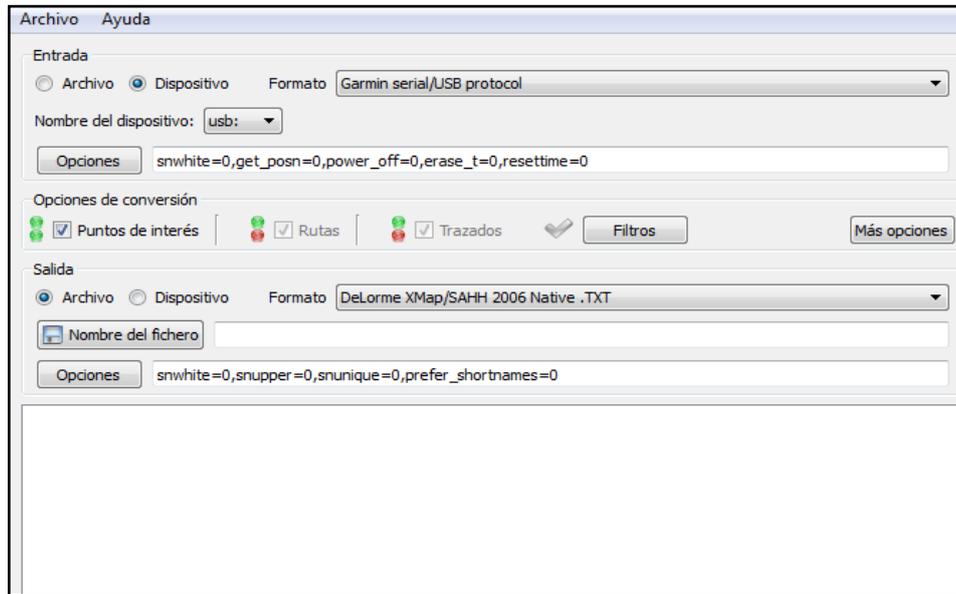
#### **2.4.2 GPS BABEL.**

Todos aquellos que están acostumbrados a investigar dentro del universo GPS, a veces se topan con la dificultad de interactuar entre los

distintos formatos de datos y los programas que sirven para trabajar con ellos. A su vez, debido a la diversidad de marcas y modelos de receptores, donde cada fabricante utiliza su propio formato de archivo, esto contribuye a confundir aún más las cosas. Por ejemplo, si dos usuarios quisieran intercambiar datos de sus receptores entre sí, pero uno de ellos tiene un Garmin y el otro un Lorange, entonces no podrían hacerlo pues cada fabrica maneja su propio formato de archivo y desde ya que estos son incompatibles.

GPSBABEL cuya función principal es la conversión entre más de 140 formatos de archivos incluidos los txt para poder trabajar con ellos en los diversos programas de edición y tratamiento de datos geográficos inmerso entre estos LABVIEW. GPSBabel convierte waypoints, tracks y rutas de un formato a otro, normalmente expresados en formatos comunes de mapas como los de los dispositivos Delorme, Streets y Trips, o incluso cargarlos y descargarlos por el puerto serie a navegadores GPS como los de Garmin y Magellan. También permite usar diversos formatos de datos y es útil para tareas como geoguardado (guardado de ubicaciones), mapeado y conversiones entre diferentes unidades de GPS. Entre los formatos más interesantes están los de varios dispositivos GPS a los que se puede acceder por puerto serie, programas de mapas de PDA y formatos de datos de geoguardado. También incluye la opción de trabajar con el formato kmz de Google por lo que fácilmente se puede transformar los datos extraídos del popular software en línea Google Earth, en archivos compatibles con los programas de edición como el MapSource o el Ozi Explorer. En el grafico No.38 se muestra la interfaz que tiene GPSBabel.

- **Funcionamiento.**



**Gráfica No. 38: Entorno de GPSBABEL.**

Se puede buscar un archivo en la computadora y también configurando el cuadro que dice dispositivo para bajar directamente los datos del GPS, buscando los mismos en la memoria del receptor. Para esto se debe tener los drivers del equipo receptor GPS cargados en la PC. Para su funcionamiento primero se debe seleccionar en el primer cuadro de selección, que tipo de archivo se va a obtener entre los 150 tipos de archivo con que se puede trabajar con el GPSBabel.

Luego se debe definir en qué formato de archivo se quiere transformar los datos obtenidos y para eso se debe buscar el apropiado en el cuadro de búsqueda correspondiente.

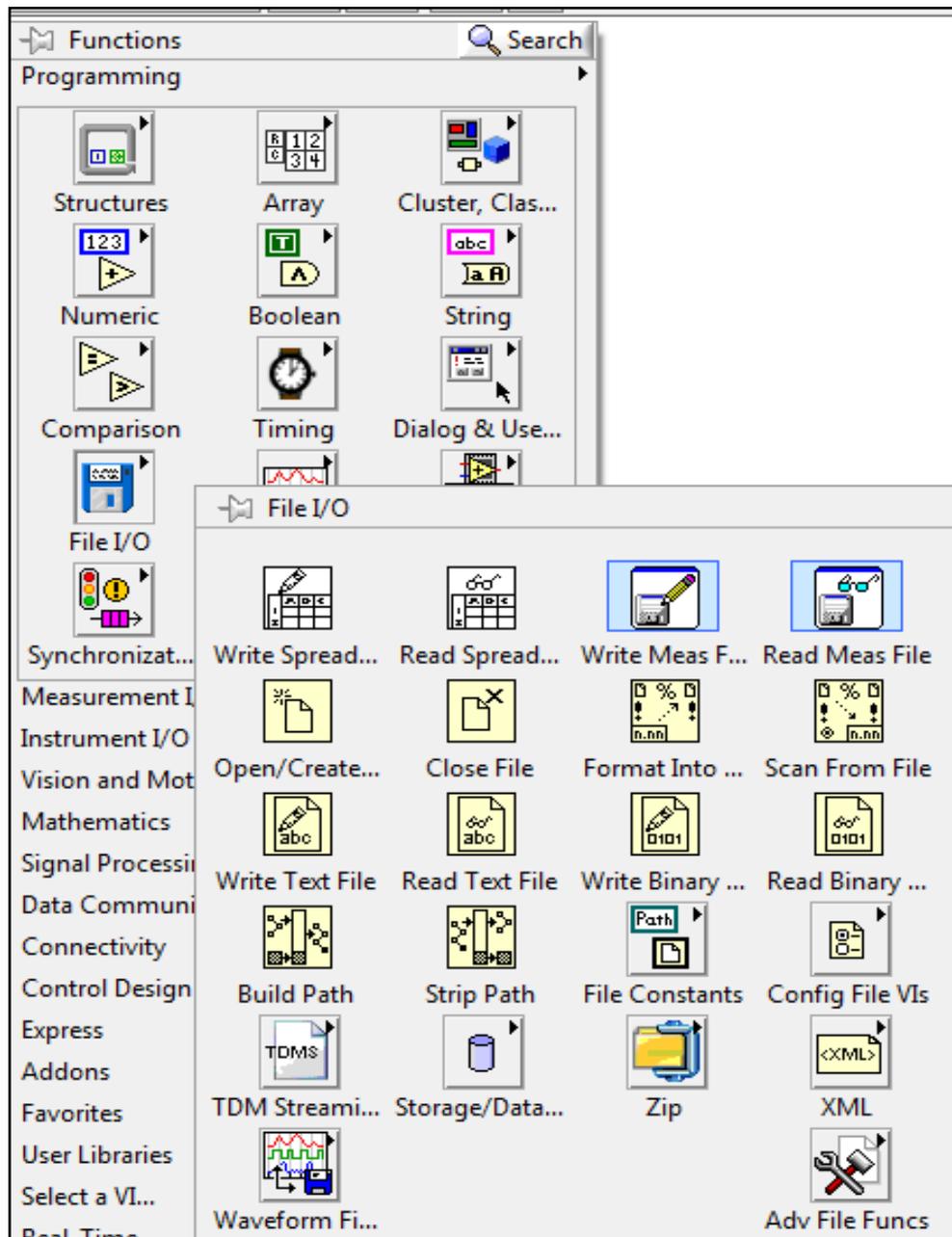
Después se puede optar por guardar el dato transformado dentro del receptor, pero teniendo en cuenta cuales son los archivos que puede leer el mismo. Para el caso que se desee guardar el archivo en la computadora, hay que buscar la carpeta donde se va a guardar el archivo transformado al que además debemos darle un nombre. (AMBROSIO, 2012).

### **2.4.3 LECTURA DE DATOS EN LABVIEW.**

Para obtener los datos del GPS en un ordenador se utilizó un puente entre estos, conjuntamente con el programa explicado anteriormente que convierte las coordenadas del equipo de posicionamiento móvil a diferentes formatos de origen plano es decir formatos como txt. Este formato es descargado en el ordenador para luego ser visualizado en LABVIEW el mismo se lo añade con la ayuda de las operaciones de entrada y salida con ficheros.

- **Operaciones de entrada y salida con ficheros.**

Las operaciones de entrada / salida con ficheros permiten almacenar y recuperar información a y desde un disco. LabVIEW presenta una gran variedad de funciones para tratar diferentes tipos de operaciones con ficheros. Estas funciones se encuentran en planeta File I/O (entrada salida de ficheros) del menú Functions. En el grafico No.39 se muestra el menú de Operaciones de Entrada y Salida con Ficheros en Labview.



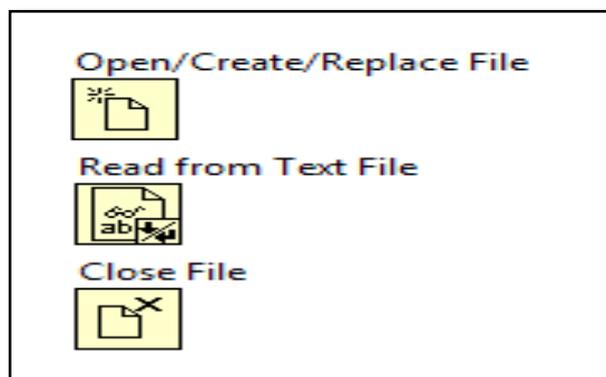
**Gráfica No. 39 : Menu Functions / File I/O**

- **Recuperación de datos desde un Archivo.**

Con LabVIEW se puede escribir cualquier tipo de datos en el archivo que se ha abierto. Si otros usuarios o aplicaciones necesitan acceder a él, se deben escribir strings de datos, lo cual crea un fichero ASCII. Si la

prioridad está en la rapidez de acceso y en lo compacto, se debe escribir la información con formato binario. Se crea un archivo con formato binario cuando se escriben datos no-string (como un array de enteros) al archivo.

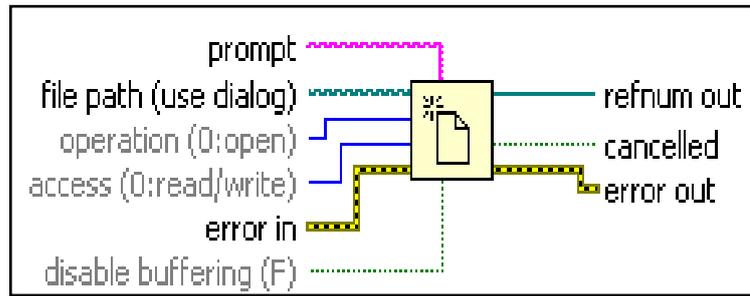
Cuando se lee desde un fichero, normalmente se abre un fichero ya existente, se lee el contenido en forma de strings o cualquier otro tipo de datos, y se cierra el fichero. Los datos se deben leer con el mismo formato con el que se almacenaron. Es decir, si originalmente se guardaron en formato ASCII usando tipos de datos de strings, se debe leer como datos de string. La función Open File abre el fichero txt. también devuelve el número refnum (número de referencia). La función Read File (leer fichero) devuelve todo el archivo. La función Close File cierra el fichero. En el grafico No.40 se indica las opciones principales para abrir un archivo.



**Gráfica No. 40: Operaciones de file I/O**

- **OPEN / CREATE / REPLACE / FILE.**

Abre un archivo existente, crea un nuevo archivo, o reemplaza un archivo existente, mediante programación o de forma interactiva utilizando el cuadro de diálogo de archivo. En el grafico No.41 se muestran las opciones de configuración de Open File



**Gráfica No. 41: Open/create/Replace/File**

**PROMPT:** es el mensaje que aparece encima de la lista de archivos y directorios o carpetas en el cuadro de diálogo de archivo. 

**RUTA DEL ARCHIVO (DIÁLOGO USO):** es la ruta absoluta al archivo. Si no lo hace la ruta del archivo de conexión (diálogo de uso), la función muestra un cuadro de diálogo en el que puede seleccionar un archivo. Si especifica una ruta vacía o familiar, esta función devuelve un error. 

**LA OPERACIÓN:** es la operación a realizar. Error 43 se produce si se cancela el cuadro de diálogo.  A continuación la tabla 4 indica las operaciones que puede realizar Open Create File.

**Tabla No. 4: Operaciones que puede realizar**

0	<b>Abierto:</b> (predeterminado): Abre un archivo existente. Error 7 se produce si el archivo no se puede encontrar
1	<b>Sustitución:</b> Sustituye un archivo existente, abre el archivo y el establecimiento final de su archivo a 0.
2	<b>Crear:</b> crea un nuevo archivo. Error 10 se produce si el archivo ya existe.
3	<b>Abrir o crear-Abre</b> un archivo existente o crea un nuevo archivo si no existe uno.
4	<b>Reemplazar o crear:</b> crea un nuevo archivo o reemplaza un archivo si no existe. Este VI reemplaza un archivo, abra el archivo y el establecimiento final de su archivo a 0.
5	<b>Reemplazar o crear con la confirmación:</b> crea un nuevo archivo o reemplaza un archivo si existe y le da permiso. Este VI reemplaza un archivo, abra el archivo y el establecimiento final de su archivo a 0.

**ACCESO:** Especifica cómo va a tener acceso al archivo, y se puede apreciar en la tabla No. 5. El valor predeterminado es de lectura / escritura. 

**Tabla No. 5: Accesos para los archivos.**

0	Lectura/escritura
1	De solo lectura
2	Solo escritura

**ERROR:** describe las condiciones de error que se producen antes de ejecutar este nodo. Esta entrada proporciona un error estándar de funcionalidad. 

**DESACTIVAR EL ALMACENAMIENTO EN BÚFER:** Especifica si el archivo se abre sin buffering. El valor predeterminado es FALSE. Si se desea leer o escribir un archivo de datos a una matriz redundante de discos independientes (RAID), considérese abrir el archivo sin buffer para acelerar la transferencia de datos. Para desactivar el almacenamiento en búfer, se debe conectar un valor TRUE para deshabilitar la entrada de amortiguación. 

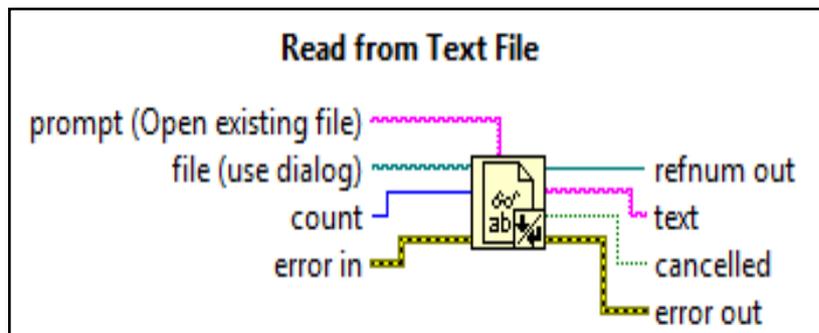
**REFNUM DE SALIDA:** es el número de referencia del expediente abierto. El valor no es un refnum si el archivo no se puede abrir. 

**CANCELADO:** es TRUE si cancela el cuadro de diálogo de archivo o si no selecciona la sustitución en un cuadro de diálogo de asesoramiento. 

**ERROR DE SALIDA:** contiene información de error. Esta salida provee error estándar a la funcionalidad. 

- **READ FROM TEXT FILE**

Lee un número específico de caracteres o líneas de un archivo continuo, está representado en la gráfica No. 42.



**Gráfica No. 42: Read from text file.**

**ARCHIVO EXISTENTE ABIERTO:** Es el mensaje que aparece encima de la lista de archivos y directorios, o una carpeta, en el cuadro de diálogo de archivo. 

**ARCHIVO (DIÁLOGO DE USO):** puede ser un refnum o ruta de archivo absoluta. Si se trata de un camino, esta función se abre al archivo especificado por la ruta. Por defecto, se mostrará un cuadro de diálogo de archivo y le pedirá que seleccione un archivo. 

**COUNT:** Es el número máximo de caracteres o líneas de la función que lee. La función lee menos caracteres o líneas si se llega al final del archivo primero. Si el recuento es  $<0$ , la función lee el archivo completo. El valor predeterminado es leer una sola línea si se coloca una marca junto a las líneas del elemento del menú contextual leer y lee todo el archivo si ha quitado la marca de verificación junto al elemento. 

**ERROR:** describe las condiciones de error que se producen antes de ejecutar este nodo. Esta entrada proporciona un error estándar de funcionalidad. 

**REFNUM DE SALIDA:** es la refnum del expediente que la función lee. Puede conectar esta salida a otra función de archivo, dependiendo de lo que desea hacer con el archivo. El valor predeterminado es cerrar el archivo si hace referencia a una ruta de archivo o directamente en el cuadro de diálogo de archivo. Si el archivo es un refnum o si el refnum se une a otra función, LabVIEW supone que el archivo está en uso hasta que lo cierre.

**TEXTO:** Es el texto leído desde el archivo, de forma predeterminada, este parámetro es una cadena que contiene los caracteres leídos desde la primera línea del archivo, este parámetro es una matriz de cadenas que contiene las líneas leídas desde el archivo. 

**CANCELADO:** es TRUE si cancela el cuadro de diálogo de archivo. De lo contrario, cancelado es FALSO, incluso si esta función devuelve un error.



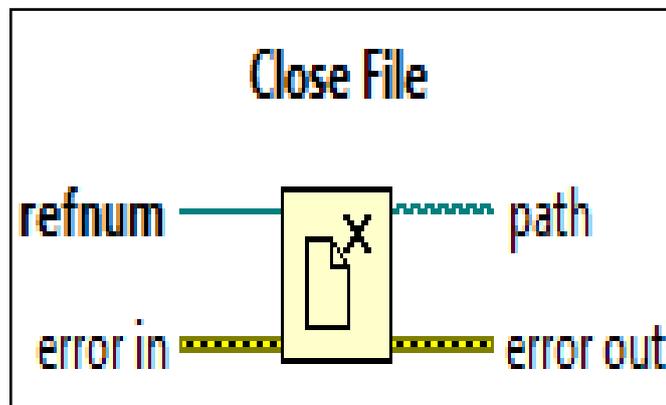
**ERROR DE SALIDA:** contiene información de error. Esta salida provee un error estándar a la funcionalidad.



- **CLOSE FILE**

Cierra un archivo específico abierto especificado por refnum y retorna la ruta de acceso del archivo asociado con el refnum.

Error de E / S opera únicamente en esta función, la cual se cierra el archivo sin importar si se produce un error en una operación anterior. Esto garantiza que los archivos se cierran correctamente. En la gráfica No.43 se muestra el Close File.



**Gráfica No. 43: Close File**

**REFNUM:** Es la refnum archivo asociado con el archivo que desea cerrar.



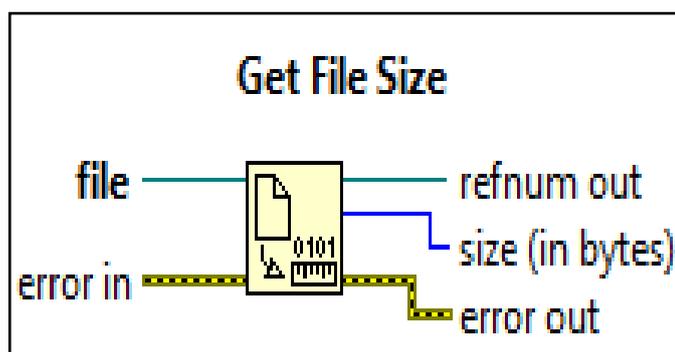
**ERROR:** Describe las condiciones de error que se producen antes de ejecutar este nodo. Con la siguiente excepción, esta entrada proporciona error estándar de funcionalidad. 

**RUTA:** Es la ruta correspondiente a refnum. 

**ERROR DE SALIDA:** contiene información de error. Esta salida provee error estándar a la funcionalidad. 

- **GET FILE SIZE**

La siguiente opción obtiene del archivo el tamaño del mismo. El gráfico No.44 muestra el archivo con sus diferentes opciones de configuración.



**Gráfica No. 44: Get File Size.**

**ARCHIVO:** Puede ser un refnum o ruta de archivo. Si se trata de una ruta de archivo, este nodo se abre al archivo especificado por la ruta del archivo. 

**ERROR:** Describe las condiciones de error que se producen antes de ejecutar este nodo. Esta entrada proporciona un error estándar de funcionalidad. 

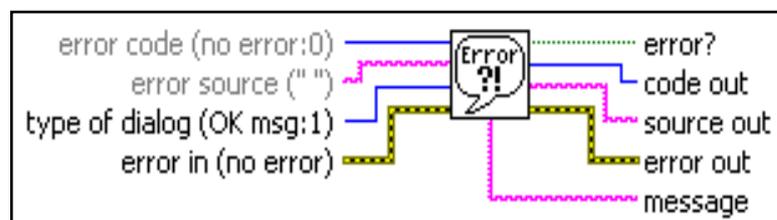
**REFNUM DE SALIDA:** es la refnum del expediente que la función lee. Puede conectar esta salida a otra función del archivo, dependiendo de lo que se desea hacer con el archivo. El valor predeterminado es cerrar el archivo si hace referencia a una ruta de archivo. Si el archivo es un refnum o si este se une a otra función, En LabVIEW se supone que el archivo está en uso hasta que lo cierre. 

**TAMAÑO EN BYTES:** Es el tamaño del archivo en bytes. 

**ERROR DE SALIDA:** contiene información de error. Esta salida provee error estándar a la funcionalidad. 

- **SIMPLE ERROR HANDLER.VI**

Indica si se ha producido un error. Si se produce un error, el VI devuelve una descripción del error y muestra opcionalmente una caja de diálogo. Este VI llama al manejador de error general VI y tiene la misma funcionalidad básica que el Manejador de errores generales, pero con menos opciones. El grafico No.45 muestra el Error Handler con sus diferentes opciones de configuración.



**Gráfica No. 45: Simple error handler .vi**

**CÓDIGO DE ERROR:** Es un valor numérico (código de error). Si el código es igual a 0, el VI ignora el código de error. Si no, el VI se pone a prueba. Un valor distinto de cero significa un error. 

**FUENTE DE ERROR:** Es una cadena opcional que se puede utilizar para describir la fuente de código de error. 

**TIPO DE DIÁLOGO:** Determina el tipo de cuadro de diálogo que aparece, en su caso. Independientemente de su valor, el VI emite la información de error y el mensaje que describe el error. . En la tabla No.6 se muestran todos los tipos de dialogo que puede tener Error Handler.

**Tabla No. 6: Tipos de diálogo.**

0	<b>Ningún cuadro de diálogo:</b> Muestra ningún cuadro de diálogo. Esto es útil si se quiere tener el control de programación sobre el manejo de errores.
1	<b>Mensaje OK (predeterminado):</b> Muestra un cuadro de diálogo con un solo botón Aceptar. Después de que el usuario reconoce el cuadro de diálogo, el VI devuelve el control al VI principal.
2	<b>Continuar o detener mensaje:</b> muestra un cuadro de diálogo con los botones que el usuario puede usar para continuar o parar. Si el usuario selecciona Parar, el VI llama a la parada de función para detener la ejecución.
3	<b>Mensaje OK + advertencias:</b> Muestra un cuadro de diálogo con todas las advertencias y un solo botón Aceptar. Después de que el usuario reconoce el cuadro de diálogo, el VI devuelve el control al VI principal.
4	<b>Continuar / parar + advertencias:</b> Muestra un cuadro de diálogo con todas las advertencias y los botones, que el usuario puede usar para continuar o parar. Si el usuario selecciona Parar, el VI llama a la parada de función para detener la ejecución.

**ERROR:** Describe las condiciones de error que se producen antes de ejecutar este nodo. 

Esta entrada contiene el estado, código, y la fuente, que proporcionan el error estándar en la funcionalidad del elemento del clúster.

**ERROR?:** indica si se ha producido un error. Si el VI encuentra un error, establece los parámetros en el cuadro de error. 

**CÓDIGO DE SALIDA:** En el código de salida indica un error o un código de error. 

**FUENTE DE SALIDA:** Indica el origen del error. La fuente de salida es una cadena más descriptiva que la propia cadena de origen en el error de entrada. 

**ERROR DE SALIDA:** Contiene información de error. Esta salida provee un error estándar a la funcionalidad. 

**MENSAJE:** Describe el código de error que se ha producido, el origen del error y una descripción del error. Si el VI no devuelve una descripción del error, Se puede tomar varias medidas para encontrar la descripción del código de error. 

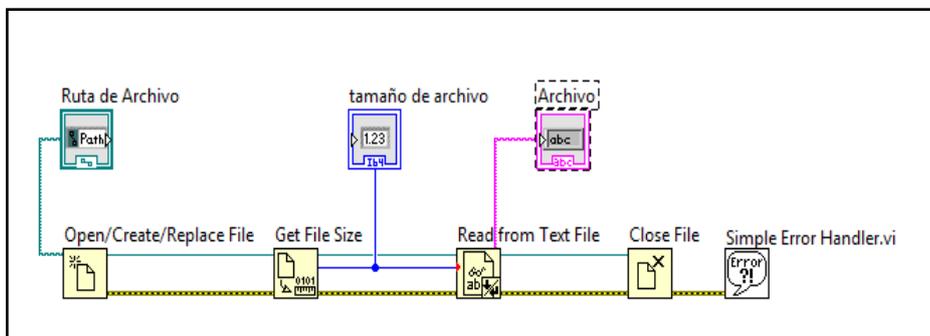
- **FUNCIONAMIENTO.**

A continuación se procede a describir paso a paso la realización del programa puente en Labview, el cual permitirá visualizar en el ordenador las coordenadas calculadas por el receptor portátil GPS.

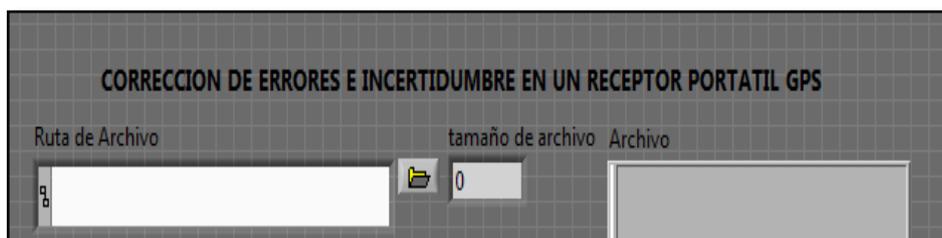
- 1) En el bloque de diagramas de LABVIEW se elige un “Open create replace file” y un “close file” los mismos que darán la entrada y salida al programa, estos se ubicarán al principio y al final del programa

respectivamente. Al inicio del programa debe adjuntarse un " path" el mismo servirá para direccionar la ruta del archivo a abrirse.

- 2) A continuación se adiciona un "get file size" del cual es posible obtener el tamaño del archivo a ejecutarse mediante un icono de elementos enteros el cual se adjunta al mismo.
- 3) Se elige el icono "read from text file" a continuación del "get file size" el cual leerá el archivo a abrirse mediante una cadena de caracteres que debe adjuntarse al mismo (string).
- 4) Un Simple error handler .vi se escoje con la finalidad de proporcionar un error si se ejecuta el programa y no se ha seleccionado un archivo en la entrada,. En el grafico No.46 se observa el diagrama de bloques y en la gráfica No. 47 el panel frontal que muestran el programa realizado en Labview, el cual servirá para unir la información del GPS con el ordenador.



**Gráfica No. 46 : Diagrama de Bloques**



**Gráfica No. 47 : Panel Frontal.**

**CAPÍTULO 3**  
**CORRECCIÓN DE ERRORES E INCERTIDUMBRE.**

## **CAPÍTULO 3**

### **CORRECCIÓN DE ERRORES E INCERTIDUMBRE.**

#### **3.1 FACTORES QUE AFECTAN A LOS INSTRUMENTOS.**

La efectividad de las calibraciones en la industria depende del uso de procedimientos de calibración apropiados que tengan en cuenta todos los factores de influencia en el resultado de medición, así como de su correcta aplicación. Los factores que se deben considerar para compensar el error en los instrumentos son:

##### **3.1.1 FACTORES HUMANOS.**

Se refiere al hecho de que las calibraciones debe ser conducido por personal calificado, ya que debe manejar patrones y equipos, conocer sus especificaciones e interpretar los resultados que se obtienen para evaluarlos de manera minuciosa.

##### **3.1.2 CONDICIONES AMBIENTALES.**

Obedece a la satisfacción del requisito de la norma 17025, donde se asegura que las condiciones ambientales no invaliden los resultados, misma se encuentra descrita en el Anexo A Norma ISO 17025.

##### **3.1.3 EQUIPO Y TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN.**

Nos indica que los equipos y patrones utilizados deben ser calibrados antes y después de cualquier práctica, siendo la trazabilidad la propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, tal que esta pueda ser relacionada a referencias determinadas, generalmente patrones

nacionales o internacionales por medio de una cadena in-interrumpida de comparaciones.

### **3.1.4 MANEJO DE LOS ELEMENTOS DE CALIBRACIÓN.**

Esta parte se refiere solamente a dos consideraciones:

- Ajuste previo de la escala y,
- Criterios para la estabilidad de la indicación.

### **3.2 DESCRIPCION DE LOS PUNTOS.**

Para continuar con el procedimiento de calibración del equipo descrito anteriormente, se tomará como puntos referenciales más sobresalientes, los puntos geodésicos cuyas coordenadas coinciden con la ubicación del Instituto Geográfico Militar (I.G.M), y para esto se hace necesario que se conozca cómo identificar mencionadas marcas, es así que el I.G.M ha desarrollado cierta nomenclatura muy explícita en la que se dan a conocer datos que facilitarán su localización y cuidado, es de esta manera que el diseño mostrado a continuación en la gráfica No. 48 rige para todos los hitos o mojones distribuidos a lo largo del país. Los vértices se señalarán en el lugar y forma que garanticen su permanencia, usando mojones tipo IGM-A o B, de acuerdo a las necesidades del usuario.

#### **IGM-A**

Base superior: 0,40 X 0,40 m.

Base inferior: 0,60 X 0,60 m.

Altura: 1,10 m.

Profundidad: 1,0 m.

#### **IGM-B**

Base superior: 0,25 X 0,25 m

Base inferior: 0,30 X 0,30 m

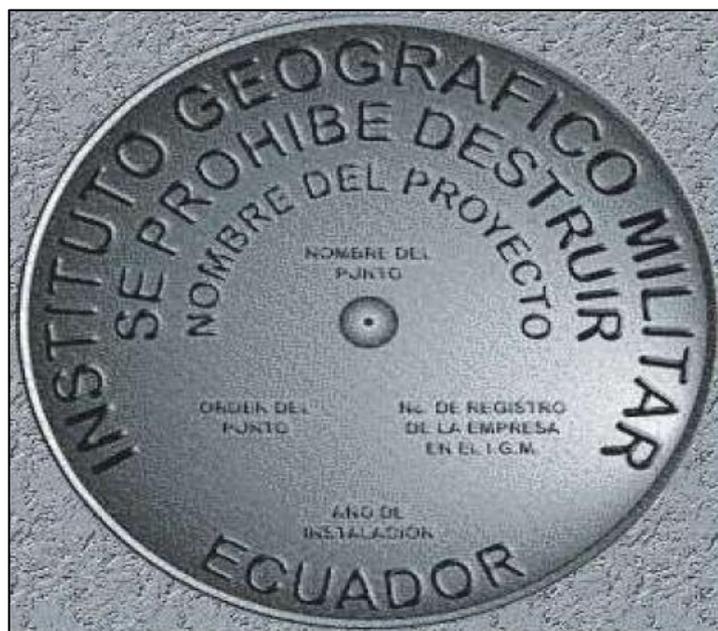
Altura: 0,20 m

Profundidad: 0,60 m.



**Gráfica No. 48: Nomenclatura para los Hitos del IGM.**

Para que finalmente el diseño metálico que se coloca sobre las bases de piedra, tengan el siguiente terminado, mostrado en la gráfica No. 49, con el fin de mantenerlos en buen estado, que sean fáciles de localizar y no sean manipulados o retirados de su lugar de asentamiento geográfico.



**Gráfica No. 49: Diseño Metálico de la Placa del IGM.**

Claro está que mencionados puntos serán considerados como patrón de referencia nacional, certificados por mencionado organismo, mismo que es autorizado por el Estado Ecuatoriano para generar y regular la información y bases de datos Cartográficos y Geográficos del país, proveer soluciones gráficas y de seguridad documentaria; extensión cultural en el campo científico de la astronomía y ciencias afines. De esta manera las coordenadas provistas por el IGM se presentan a continuación en diferentes sistemas de referencia cuadro No. 1. Y en las gráficas No. 50 y gráfica No.51, se muestran los puntos que el IGM ubica a lo largo de todo el territorio nacional.

**Cuadro No. 1: Coordenadas de los Puntos IGM.**

PUNTO	UBICACION	PARRILLA USUARIO		GEOGRÁFICAS		UTM	
				LATITUD	LONGITUD	17M	UTM
IGM 1-A	Calle Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño	0500747	0976232	S 00° 12' 53.5"	W 78°29'35.9"	0779021	9976229
				DOPPLER	Calle Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño	0500723	0976177



**Gráfica No. 50: Punto IGM 1-A.**



**Gráfica No. 51: Punto Doppler.**

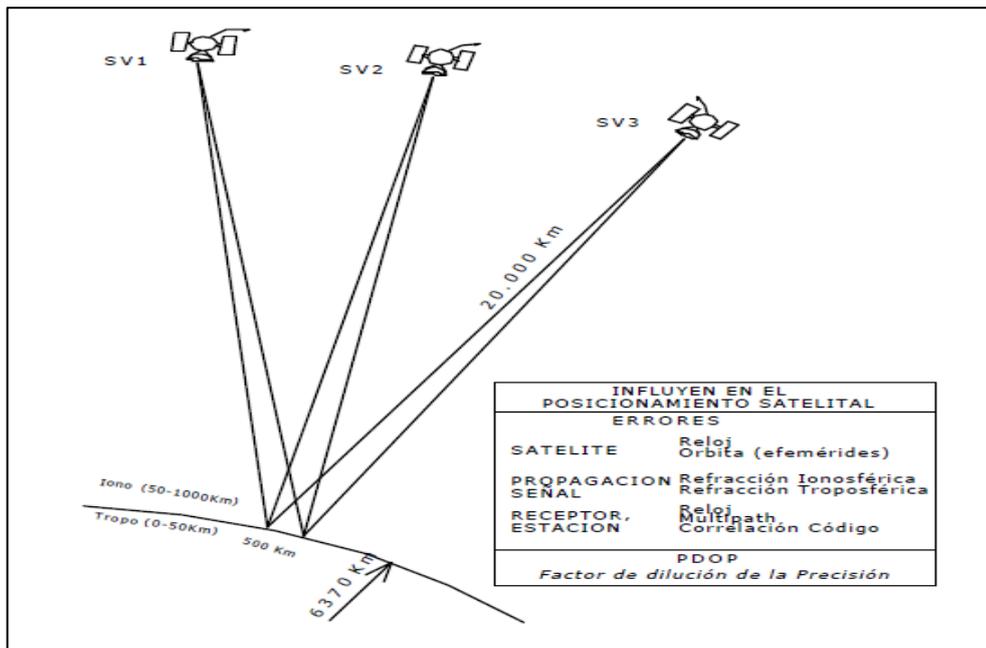
Pero para que estas marcas sean consideradas bajo los términos de patrón, deben haber seguido algún proceso reconocido tanto nacional como internacionalmente que abalicen su emplazamiento, registro, etc. Algunos de estos parámetros son:

- El método que se utiliza para ubicación de los puntos geodésicos, es el método estático.
- La fecha de ubicación de los puntos es 1995.4
- La duración de los datos muestreados fue de 1 día.
- Se definió la precisión con que se ubicaron los puntos en  $\pm 0.015 \text{ mm}$ .
- Es un punto geo-referenciado con dato del IGM.
- Utiliza el sistema WGS-84.
- Reconocido por el SIRGAS 96 / 95.4.
- Su infraestructura espacial es amplia y denominada REGME (Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador).
- Esta enlazada a la Red Nacional GPS del Ecuador (RENAGE).
- Captan datos GNSS (GPS+GLONASS). Las 24 horas del día, los 7 días de la semana, y los 365 días del año.

### 3.3 POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL.

Realizado cuando las precisiones requeridas son mayores, su eficiencia dependerá esencialmente del instrumental utilizado y de la técnica de posicionamiento diferencial a la cual se recurra, una interpretación de cómo es el posicionamiento diferencial, está indicado en la gráfica No. 52. Esta técnica puede aplicarse de varias formas entre las cuales tenemos:

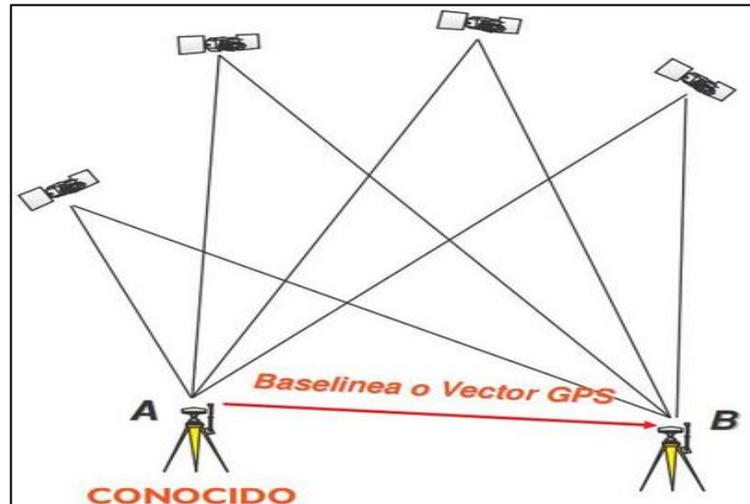
- Corrección de Posición.
- Corrección de Distancias.



**Gráfica No. 52: Principio de Corrección Diferencial.**

El posicionamiento diferencial consiste en hallar la posición absoluta de un punto conocido como base, mediante las observaciones realizadas desde ese punto a unos determinados satélites, sumadas a las realizadas en ese mismo instante desde otro punto considerado como remoto a esos mismos satélites, y estos mencionados puntos no deben estar separados por una distancia mayor a 15 km, y esta distancia que separa un punto del

otro necesita ser denominada o conocida con cierto nombre específico, aquí es donde aparece el concepto de “línea base”, que es la línea recta que une el punto de referencia y el punto objetivo o base. Este nuevo concepto se lo puede apreciar de mejor manera en la gráfica No. 53.

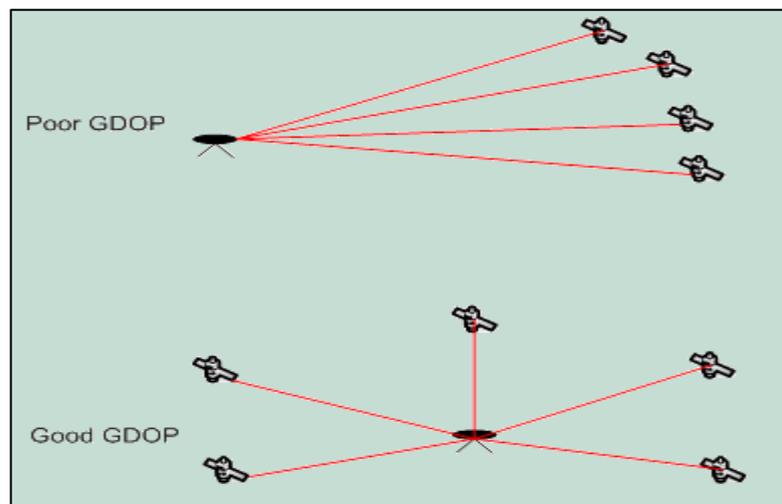


**Gráfica No. 53: Vector entre el Punto Fijo y de Referencia.**

Se puede notar que los errores en la propagación de la señal en la ionósfera y la tropósfera afectan de manera similar a las dos estaciones terrenas, no muy alejadas entre sí, que utilizan los mismos satélites como ya se mencionó. Y esto es debido a que la distancia entre los dos receptores resulta muy pequeña en comparación a la que se encuentran los satélites, incluso si se encontrasen a mayor distancia la porción de atmósfera que atraviesan las señales del mismo satélite es prácticamente la misma (500 km), incluso los errores en el satélite como el reloj y la órbita son comunes para ambas estaciones. La técnica de corrección diferencial hace uso de estas características para eliminar las influencias de estos errores en el cálculo de las posiciones de la segunda estación remota a partir de conocerlos en una estación base. Vale mencionar que esta técnica no elimina todos los errores que influyen en el posicionamiento satelital, quedando los errores propios de cada estación.

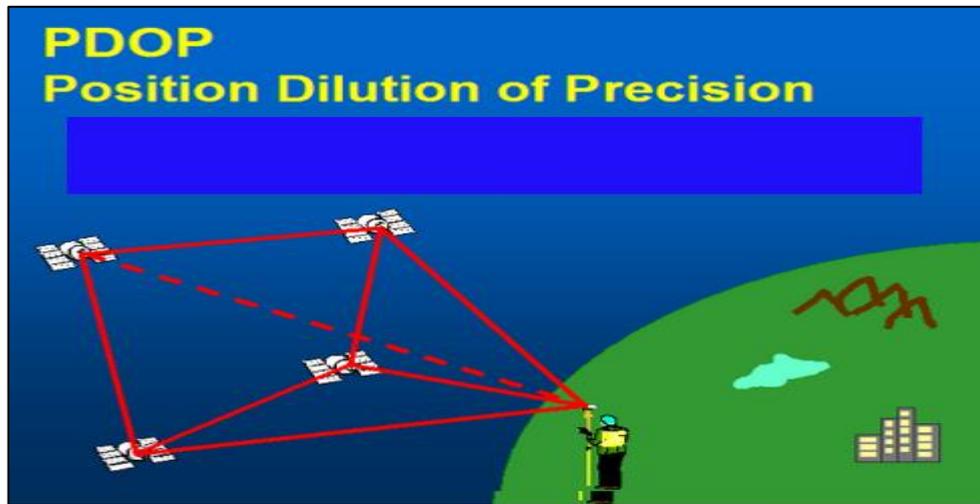
Se debe tener en cuenta que para mejorar la señal del GPS, se debe considerar la geometría en la que se ubican los satélites, dicha geometría cambia con el tiempo como consecuencia del movimiento orbital de los mismos. El factor que mide la bondad de esta geometría es el denominado factor de Dilución de la Precisión o DOP, que para evitar la obstrucción de las señales, la DOP se calcula utilizando los satélites que son visibles, es así que a partir de este se derivan los siguientes conceptos:

- GDOP (Dilución Geométrica de la Precisión).- constituida por cuatro componentes: tiempo, posición horizontal, posición vertical y posición tridimensional, una representación gráfica de un aceptable y una mala GDOP es la que se muestra en la gráfica No. 54.



**Gráfica No. 54: Representación del GDOP.**

- PDOP (Dilución de Precisión de Posición).- Se trata de la imprecisión tridimensional, es inversamente proporcional al área del polígono delimitado por las intersecciones de las líneas de visión a los satélites con una esfera centrada en el observador, mencionado polígono se lo puede observar en la gráfica No. 55.



**Gráfica No. 55: Polígono que describe el PDOP.**

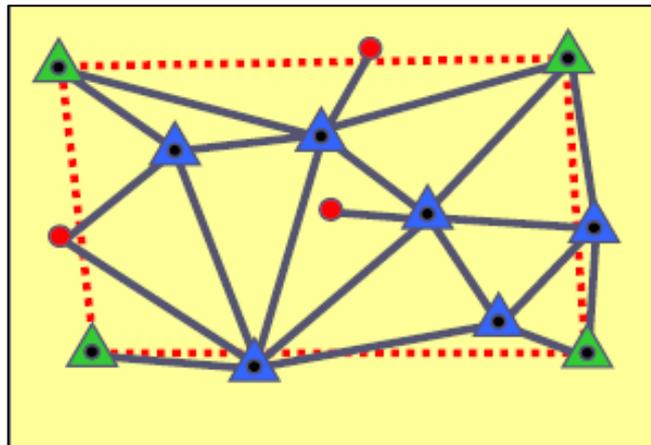
- HDOP (Dilución de la Precisión Horizontal).- Es la imprecisión en el plano de la superficie.
- VDOP (Dilución de la Precisión Vertical).- Es la imprecisión en el posición vertical.
- TDOP (Dilución de Precisión de Tiempo).- Imprecisión en el tiempo.

### **3.3.1 MÉTODOS ESTÁTICOS.**

A continuación se dará a conocer dos métodos estáticos que se deben tener en cuenta según los requerimientos y correcciones que se deseen realizar. Estos métodos son, el método Estático propiamente dicho y el método Estático Rápido.

### a) MÉTODO ESTÁTICO.

Método clásico para grandes distancia y el que ofrece mayor precisión en la longitud de la base línea o vector GPS, una interpretación gráfica de éste se lo presenta a continuación en la gráfica No. 56. Con vectores de posición en diferentes puntos.



**Gráfica No. 56: Interpretación del Método Estático.**

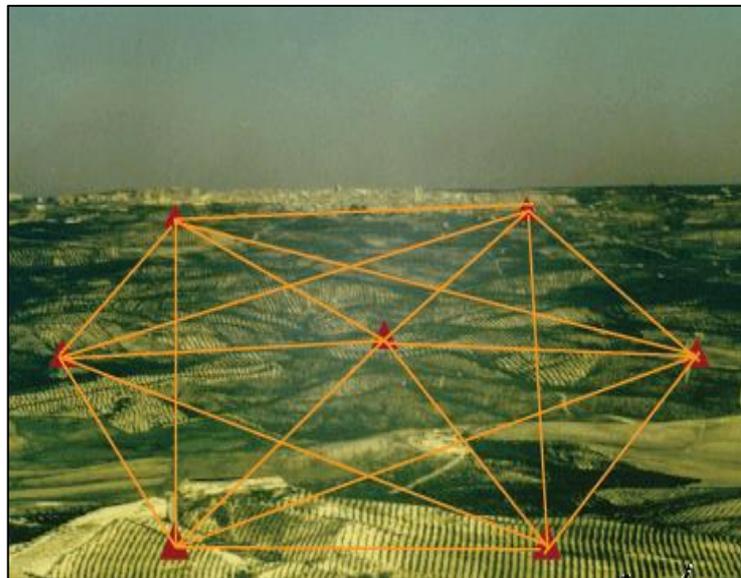
Se lo realiza midiendo base línea a base línea con observaciones de una o más horas, cerrando figuras geométricas, y posterior ajuste MMCC que son los mínimos cuadrados, la cual es una técnica de análisis numérico enmarcado dentro de la optimización matemática en la cual, dados un conjunto de pares ordenados: variable independiente, variable dependiente, y una familia de funciones, se intenta encontrar la función continua, dentro de dicha familia. Además el tiempo de observación es proporcional a la longitud de la línea. Se aplica en:

- Controles Geodésicos en Zonas Amplias.
- Redes Nacionales o Continentales.
- Movimientos Tectónicos-Geodinámica.
- Ajuste de redes de la máxima precisión.

- Redes topográficas.
- Bases de replanteo para obras civiles.

### b) MÉTODO ESTÁTICO RÁPIDO.

A diferencia del anterior las observaciones se las realiza en períodos cortos de tiempo (minutos), la longitud máxima de base línea es de hasta 15 km, como lo indica la gráfica No. 57.



**Gráfica No. 57: Interpretación del Método Estático Rápido.**

Se aplica en:

- Levantamiento de control, inventarios, GIS (sistema de información geográfica), levantamientos de detalle.
- Reemplaza a las poligonales y las pequeñas triangulaciones locales.
- Ventajas: Rapidez, facilidad, eficiencia
- Ideal para pequeñas distancias.

A continuación se muestra en la tabla No.7 una comparación entre los métodos descritos anteriormente, ambos guardan cierta relación pero las

diferencias son marcadas con respecto a la distancia a la cual se realizan las mediciones en los trabajos, una parte muy importante que es GDOP descrito por los satélites en ese momentos de enviar los datos.

**Tabla No. 7: Diferencias de los Método Estático y Estático Rápido.**

Número de satélites (GDP<8)	Longitud Línea Base	Tiempos de observación	
		Día	Noche
<b>ESTÁTICO RÁPIDO</b>			
4 ó 5	Hasta 5 km.	5 - 10 min.	5 min.
4 ó 5	5 - 10 km	10 - 20	5 - 10 min.
4 ó 5	10 - 15 km	Más de 20 min.	5 - 20 min.
<b>ESTÁTICO</b>			
4 ó 5	10 - 30 km.	1 - 2 horas.	1 hora.
4 ó 5	Más de 30 km.	2 - 3 horas.	2 horas.

### 3.3.2 MÉTODOS CINEMÁTICOS.

Este método a diferencia de los anteriores se los realiza cuando los receptores (GPS) se encuentran en movimiento, los más conocidos son el método Cinemático y el método Stop and Go.

#### a) MÉTODO CINEMÁTICO.

Aquí una estación de referencia fija es la que rastrea de modo continuo los datos entregados por el GPS, el otro receptor se ubica en una plataforma móvil y las mediciones se las realiza en intervalos preseleccionados de 1, 2, 3 segundos. Debiendo mantenerse el contacto con 4 satélites, vale mencionar que para que un instrumento GPS entregue datos de posición, estos deben de ser instrumentos de gran

sensibilidad, una muestra de cómo se realiza este método se lo presenta en la gráfica No. 58.



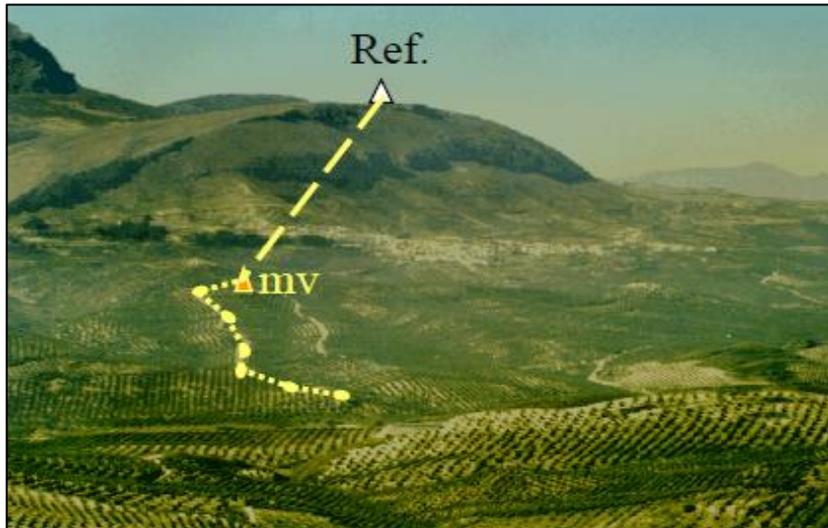
**Gráfica No. 58: Interpretación del Método Cinemático.**

Aplicado para:

- Determinación de la trayectoria de objetos en movimiento.
- Levantamientos de ejes de carreteras.
- Batimetría (medición de profundidad).

#### **b) MÉTODO STOP AND GO.**

Es en el cual se utiliza una estación de referencia fija que rastrea de modo continuo las señales de los GPS y los datos que proporcionan, se inicializa primero con un estático rápido, siendo uno de los métodos más rápidos para levantamientos topográficos, debiendo mantenerse el contacto entre los satélites durante el cambio de punto. Tal como se puede observar en la gráfica No. 59.



**Gráfica No. 59: Interpretación del Método Stop and Go.**

Se aplican en:

- La ingeniería civil
- Levantamiento de detalles.
- Levantamiento de carreteras, conductos y fronteras
- Modelos digitales del terreno.
- Levantamiento de perfiles.

### **3.4 INSERTIDUMBRE ESTANDAR O TÍPICA.**

Para la mayor parte de los casos, el mensurado  $Y$  no se mide directamente, sino que se determina a partir de otras  $N$  magnitudes  $X_1, X_2, \dots, X_N$ , mediante una relación funcional  $f$ : indicada en la ecuación 5

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N).$$

**Ec. 5: Función modelo**

$Y$  = Magnitud de salida del mensurado a determinar.

$X_1, X_2, \dots, X_N$  = Magnitudes de entrada.

$f$  = Función modelo.

Como los valores  $(X_1, X_2, \dots, X_N)$  no pueden determinarse exactamente, el valor resultante de la medida  $Y$ , tampoco es exacto y entran en juego las incertidumbres. Las incertidumbre de las variables de entrada  $(X_1, X_2, \dots, X_N)$  y la función modelo permiten determinar la incertidumbre del valor resultante.

Es así que la Incertidumbre Típica es el resultado de una medición, expresada en forma de desviación típica, misma que está asociada a resultado de medida  $Y$ , denominada incertidumbre típica combinada y representada por  $u_c(y)$ , se determina a partir de la desviación típica asociada a cada estimación de entrada  $x_i$ , denominada incertidumbre típica y representada por  $u(x_i)$ , en la ecuación 6.

$$\mathbf{u}(y) = \mathbf{f}[\mathbf{u}(x_1), \mathbf{u}(x_2), \dots, \mathbf{u}(x_n)]$$

### **Ec. 6: Incertidumbre típica**

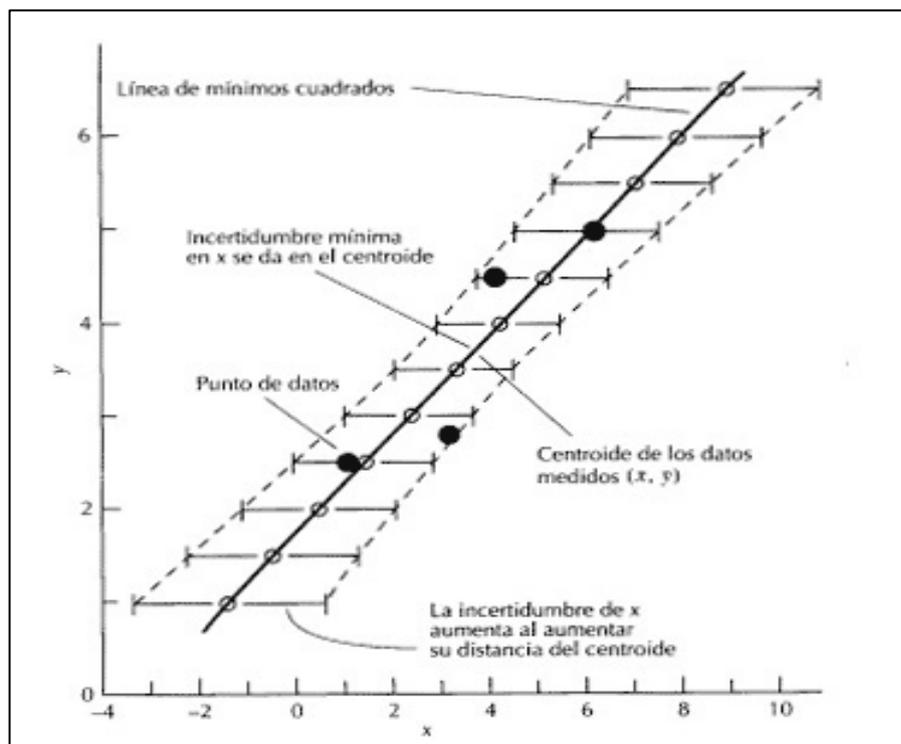
Cada estimación de entrada  $x_i$ , así como su incertidumbre asociada  $u(x_i)$ , se obtiene a partir de una distribución de valores posibles de la magnitud de entrada  $x_i$ . Esta distribución de probabilidad puede basarse en una distribución de frecuencias, es decir una serie de observaciones  $x_{i,k}$  de las  $X$ .

### 3.4.1 INCERTIDUMBRE TIPO A.

Se la utiliza cuando se han realizado N observaciones independientes de una de las magnitudes de entrada, bajo las mismas condiciones de medida. Se la puede obtener de tres modos:

a) **ANOVA.-** El análisis de varianza se puede definir como un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos para el análisis de respuestas cuantitativa.

b) **Mínimos Cuadrados.-** Consiste en el ajuste de una curva a partir de saltos experimentales por método de los MMCC (observados en la gráfica No. 60), donde la varianza y la incertidumbre estándar de los parámetros caracterizan la curva y cualquier punto predicho.



Gráfica No. 60: Interpretación de los Mínimos Cuadrados.

**c) Método General.-** Para una serie de medidas efectuadas en condiciones de repetitividad, compuesta de  $n$  medidas ( $n > 1$ ) independientes, el valor estimado del valor verdadero de una magnitud, viene dado por la media aritmética de los valores individuales medidos  $x_i = (i = 1; 2; \dots n)$ : visto en ecuación 7.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

**Ec. 7: Media aritmética**

La varianza experimental de las observaciones la cual se define como la dispersión de los resultados de la medición para la magnitud de entrada. Y se determina según la ecuación 8:

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}$$

**Ec. 8: Varianza experimental**

La varianza del promedio es un estimador sesgado, esto quiere decir que es un valor alrededor del cual es probable que se encuentre el valor del estimador, de la medida de las muestras, y se determina con la ecuación 9:

$$s^2(\bar{x}) = \frac{s^2}{n}$$

**Ec. 9: Varianza promedio**

La desviación estándar del promedio, es la raíz cuadrada positiva de la varianza del promedio se calcula con la ecuación 10.

$$s(\bar{x}) = + \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$$

#### **Ec. 10: Desviación estándar promedio**

La desviación estándar experimental del promedio es la estadística utilizada para la cuantificación de la incertidumbre estándar de la medición

$$u(X) = s(\bar{x})$$

$u(X)$  : es la llamada incertidumbre estándar “verdadera” o teórica de tipo A. En el caso de que tengamos un número muy pequeño ( $n \leq 10$ ) de mediciones, algo bastante común en mediciones industriales, se debe considerar este efecto en la siguiente forma con la ecuación 11:

$$u_A = t_p(v) \cdot u(X)$$

#### **Ec. 11: Incertidumbre A para $n < 10$**

$t_p$  se obtiene a partir de la distribución t-student (es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la medida de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño) que en el caso de pocas mediciones difiere notablemente de una distribución normal.

Los grados de libertad  $v$ , de la variable aleatoria continua, en el caso de la incertidumbre por repetitividad, se determinan al partir de  $n$  observaciones independientes según la ecuación 12:

$$v = n - 1$$

#### **Ec. 12: Grados de libertad**

Es importante que los grados de libertad siempre estén disponibles cuando se documentan las evaluaciones de los componentes de incertidumbre de tipo A.

Es algo negativo encontrarnos en este tipo de situación, puesto que la incertidumbre hace referencia a la ausencia de información. A medida que se incrementa la información, la incertidumbre se reduce que es lo que a nosotros nos interesa para tener una medida más precisa, en la tabla No. 8 se puede apreciar los grados de libertad según las mediciones realizadas.

**Tabla No. 8: Nivel de Confianza.**

Numero de observaciones (n)	Grados de Libertad (n-1)	NIVEL DE CONFIANZA					
		99%	98%	95.45 %	0.90	0.80	68.00
2	1	63,66	31,82	13,97	6,31	3,08	1,82
3	2	9,92	6,96	4,53	2,92	1,89	1,31
4	3	5,84	4,54	3,31	2,35	1,64	1,19
5	4	4,60	3,75	2,87	2,13	1,53	1,13
6	5	4,03	3,36	2,65	2,02	1,48	1,10
7	6	3,71	3,14	2,52	1,94	1,44	1,08
8	7	3,50	3,00	2,43	1,89	1,41	1,07
9	8	3,36	2,90	2,37	1,86	1,40	1,06
10	9	3,25	2,82	2,32	1,83	1,38	1,05
11	10	3,17	2,76	2,28	1,81	1,37	1,05
12	11	3,11	2,72	2,25	1,80	1,36	1,04
13	12	3,05	2,68	2,23	1,78	1,36	1,04
14	13	3,01	2,65	2,21	1,77	1,35	1,03
15	14	2,98	2,62	2,20	1,76	1,35	1,03
16	15	2,95	2,60	2,18	1,75	1,34	1,03
17	16	2,92	2,58	2,17	1,75	1,34	1,03
18	17	2,90	2,57	2,16	1,74	1,33	1,02
19	18	2,88	2,55	2,15	1,73	1,33	1,02
20	19	2,86	2,54	2,14	1,73	1,33	1,02
Infinito	Infinito	2,58	2,33	2,00	1,64	1,28	1,00

Si las variaciones aleatorias en las observaciones de una magnitud de entrada están correlacionadas, por ejemplo, con el tiempo, entonces el promedio y la desviación estándar experimental del promedio pueden ser estimadores inapropiados de los estadísticos deseados.

En estos casos, las observaciones no se distribuyen según la distribución normal y deben analizarse mediante métodos estadísticos, especialmente diseñados para el tratamiento de series de mediciones correlacionadas que varían aleatoriamente.

### **3.4.2 INCERTIDUMBRE TIPO B.**

Esta incertidumbre se la utiliza cuando no se tienen observaciones repetidas, y cuando su valor se establece o se calcula en base a toda la información disponible. Esto es, cuando se tienen una estimación  $x_i$  de una cantidad  $X_i$  que no se ha obtenido de observaciones repetidas, la varianza estimada  $u^2(x_i)$  o la incertidumbre estándar  $u(x_i)$  se evalúan por un método científico basado en toda la información disponible acerca la variabilidad de  $X_i$ . La información de  $X_i$  puede ser la siguiente:

- Resultado de mediciones anteriores.
- Experiencia o conocimiento general acerca del comportamiento y propiedades de los materiales e instrumentos utilizados.
- Especificaciones del fabricante.
- Datos suministrados por certificados de calibración u otros certificados.

- Incertidumbres asociadas a datos de referencia tomados de manuales.

La incertidumbre tipo B se puede evaluar de diferentes casos:

- Si la estimación  $X_i$  se obtiene a partir de una especificación del fabricante, de un certificado de calibración, de una publicación o de otra fuente, y su incertidumbre viene dada como un múltiplo específico de una desviación típica.
- Determinación tipo B cuando se conoce un único valor de la variable de entrada.
- Determinación de tipo B cuando se supone una distribución de probabilidad para la variable de entrada, se determina así:
  - Normal.
  - Rectangular (uniforme).
  - Triangular.
  - Tipo U.

### 3.4.3 INCERTIDUMBRE COMBINADA.

Para este tipo de incertidumbre se debe tener en cuenta dos tipos de datos, para tratar de manera adecuada a la incertidumbre mencionada, por ende se tiene que:

- a) Datos no Correlacionados.-** La incertidumbre del caso a estudiar se puede expresar como una combinación de las incertidumbres individuales de cada variable. Una suma de la incertidumbre individual multiplicada por un coeficiente de sensibilidad “C”, según la ecuación 13.

$$u_c(y) = \sum_{i=1}^n [c_i u(x_i)]^2 = \sum_{i=1}^n u_i(y)$$

### Ec. 13: Datos no correlacionados

El método más extendido para el cálculo de la incertidumbre es el conocido por “propagación de errores”.

También se puede usar el método empírico para el valor de C. Consiste en fijar las variables menos una y calcular de esta forma cada  $c_i$ .

**b) Datos Correlacionados.-** Cuando los valores de medida guardan relación entre ellos el cálculo se hace más complicado de acuerdo a la ecuación 14.

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u^2(x_i) u^2(x_j) \cdot r(x_i x_j)}$$

### Ec. 14: Datos correlacionados

Donde:

$r(x_i x_j)$  Es la relación entre ambos valores.

#### 3.4.4 INCERTIDUMBRE EXPANDIDA.

Para los casos en el que necesitamos un nivel de confianza mayor que nos da la incertidumbre combinada, usaremos la incertidumbre expandida. Para ello aplicamos un coeficiente de función del nivel de confianza que deseemos obtener y del origen de los datos según la ecuación 15.

$$\mu_e = k u_c(y)$$

### **Ec. 15: Incertidumbre expandida**

Los casos más habituales son para una distribución normal de datos 95%  $k = 2$  y para el 99%  $k = 3,68$  para  $k = 1$ . Para una distribución cuadrada  $k = 1$ , corresponde al 57,7%.

### **3.5 VALIDACIÓN.**

Para que el registro de la documentación del trabajo expuesto tenga sustento lógico y científico, se debe tener en cuenta lo estudiado en los capítulos anteriores, con el fin de desarrollar un documento que pueda ser considerado válido para los fines que se persiguen, es por esto que se detalla a continuación varios aspectos para cumplir con lo expuesto anteriormente.

- El método que abarca el presente estudio será el Método Normalizado ya que por definición todos los métodos que se utilizarán, están documentados bajo normas internacionales.
- Con respecto al método de medición, se ha seleccionado al método de Medición Directa ya que obtendremos los datos directamente de un instrumento digital (GPS).
- El método de calibración que se utilizará será el Método de Calibración por Comparación Directa puesto que los datos registrados se compararán con los que entrega el patrón.

Adicional a lo anterior se utilizará una herramienta que permita tratar las lecturas del GPS de manera adecuada, esto es el uso de:

- Posicionamiento relativo o diferencial que se lo utiliza cuando las precisiones requeridas son mayores, su eficiencia dependerá esencialmente del instrumental usado y de la técnica de posicionamiento diferencial a la que se recurra.
- Dentro de este se utilizará el Método Estático Rápido que no es más que una aplicación del diferencial explicado anteriormente, utilizado para levantamientos de control, levantamientos de detalle e inventarios, reemplazando así a las poligonales y a las triangulaciones locales. En el que dos o más receptores se estacionan y observan durante períodos cortos de tiempo según la redundancia y precisión necesarias, y en función de la configuración de la constelación local y distancia a observar, alcanzando de esta manera precisiones muy altas y necesarias.

### **3.6 PROCESO PARA LA CALIBRACIÓN DE DATOS.**

En esta sección se realizará y explicará de manera detallada el procedimiento a seguir para la calibración de los dispositivos GPS. Algunos pasos previos antes de iniciar con todo el proceso de calibración, son aquellos que permitan establecer compatibilidad con los puntos seleccionados como patrón, es decir:

- Las coordenadas, tanto de los satélites como de los usuarios que se posicionan con el sistema GPS, están referidas al sistema de referencia WGS-84 (World Geodetic System 1984 o Sistema Geodésico Mundial de 1984). Estas coordenadas pueden ser cartesianas en el espacio respecto al centro de masas de la Tierra (X, Y, Z).
- Las mediciones o datos muestreados no se deberán realizar entre 12pm-14pm. Ya que es el intervalo de tiempo donde existe mayor influencia de interferencia de la ionosfera.

- Los datos mencionados anteriormente deben ser muestreados en el lapso de 1-5 minutos, para conseguir una estabilidad en las lecturas del instrumento.

Para dar inicio con el proceso de calibración, se debe establecer una concordancia entre las unidades receptoras (GPS), y para esto hay que realizar una serie de configuraciones internas de los dispositivos para que guarden una relación entre sí. Los pasos a seguir para lograr lo descrito anteriormente, son los siguientes:

- a) Encendemos el dispositivo con el botón mostrado la gráfica No. 61, ubicado en la parte superior del dispositivo, manteniéndolo presionado unos pocos instantes, misma acción mostrará una pantalla de bienvenida y luego de esta aparecerá la pantalla de búsqueda y estado de los satélites, como se observa en la gráfica No. 62. Hay que mencionar que para la siguiente configuración no necesitamos que el receptor reciba la señal de los satélites, ya que todavía no se realizará ninguna adquisición de datos.



**Gráfica No. 61: Botón Inicio.**

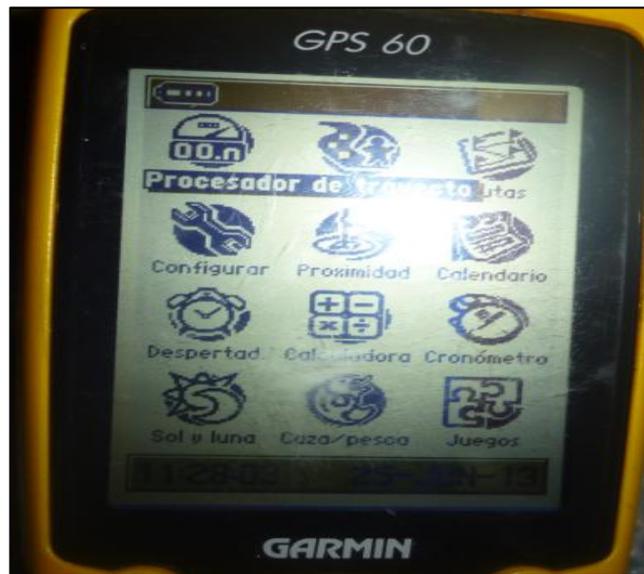


**Gráfica No. 62: Pantalla de Estado de los Satélites.**

b) Se presiona el botón PAGE del dispositivo, indicado en la gráfica No. 63, hasta llegar a observar la pantalla que se muestra en la gráfica 64, como se puede notar, esta tiene una serie de íconos de los cuales se explicarán los necesarios para realizar la presente configuración, esta pantalla es prácticamente un menú de opciones.

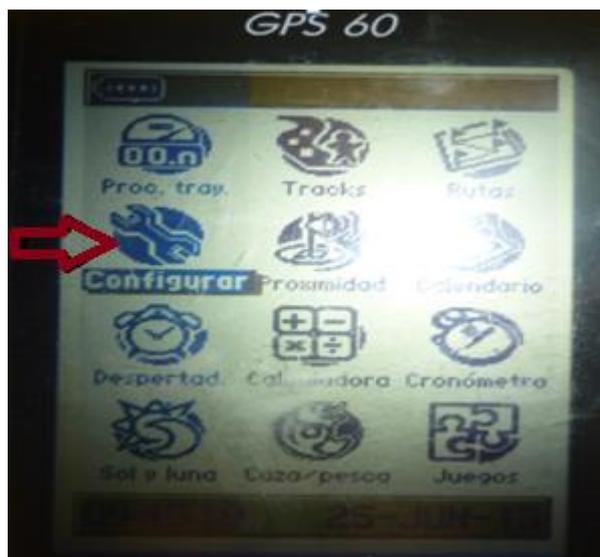


**Gráfica No. 63: Botón PAGE.**

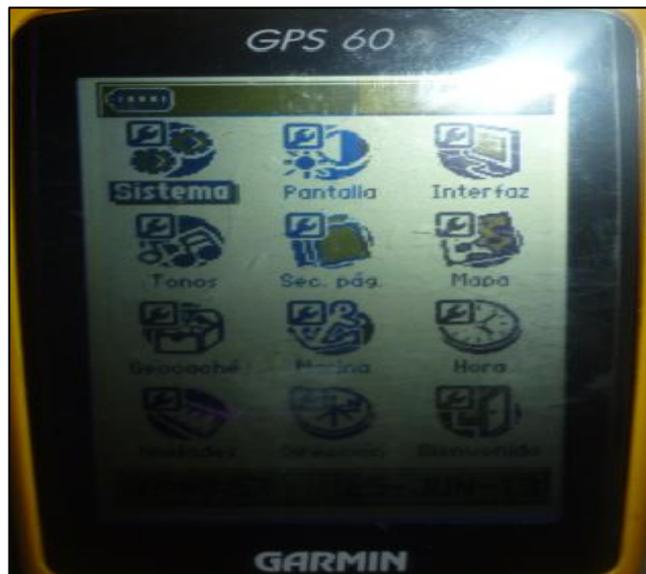


**Gráfica No. 64: Pantalla de Menú Opciones.**

c) Con el cursor del dispositivo se debe seleccionar la opción CONFIGURAR, que se observa en la gráfica No. 65, y presionar el botón ENTR, mostrando en pantalla el menú que está disponible dentro de la opción citada anteriormente visto en la gráfica 66.



**Gráfica No. 65: Opción Configurar.**



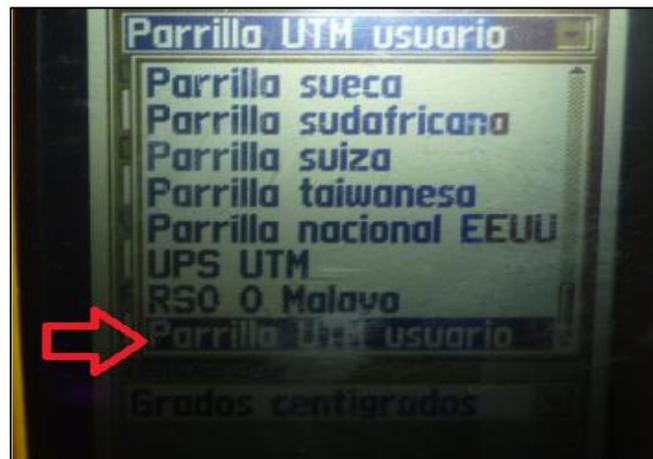
**Gráfica No. 66: Submenú del Ícono Configurar.**

d) A continuación en el ícono Unidades, indicado en la gráfica No. 67, se oprime ENTR, permitiendo observar un menú donde se establecen los datos de configuración que se detallarán a continuación.



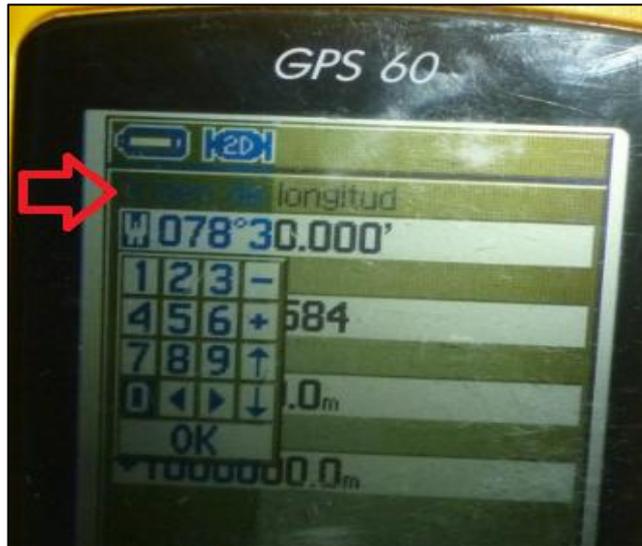
**Gráfica No. 67: Ícono del Menú Unidades.**

e) Realizado el paso anterior, se ingresa a la opción Formato de Posición y se busca la alternativa Parrilla UTM Usuario, señalada en la gráfica No. 68.



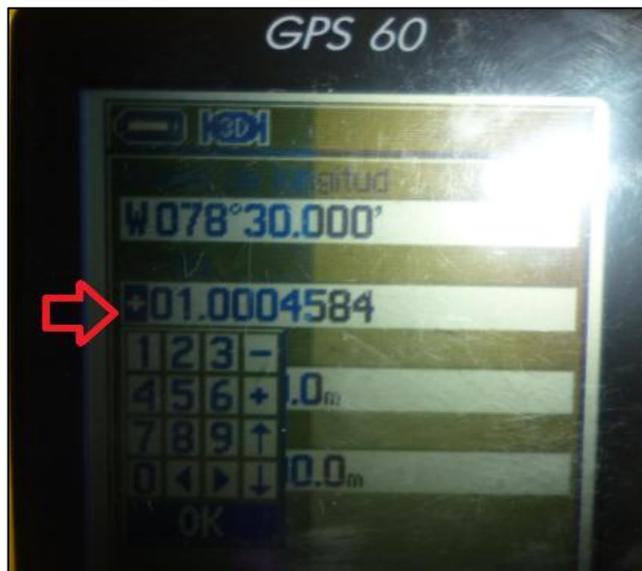
**Gráfica No. 68: Opción Parrilla UTM Usuario.**

e.1) Una vez seleccionado el formato de posición dando clic en el botón ENTR, el sistema da apertura hacia otra lista de parámetros, el cual inicia en la opción Origen de la Longitud, indicada en la gráfica No. 69, aquí se coloca el valor de: W 078° 30.000', dando ENTR en la casilla respectiva del teclado desplegable, y una vez insertado el valor indicado se finaliza seleccionando la tecla OK para guardar la configuración anterior y este valor sea un limitante de la recepción en la señal de la posición.



**Gráfica No. 69: Origen de Longitud.**

e.2) La siguiente opción a configurar es el valor de la Escala donde se coloca + 1.0004584, como se nota en la gráfica No. 70, con el cursor se selecciona el valor indicado y OK para finalizar.



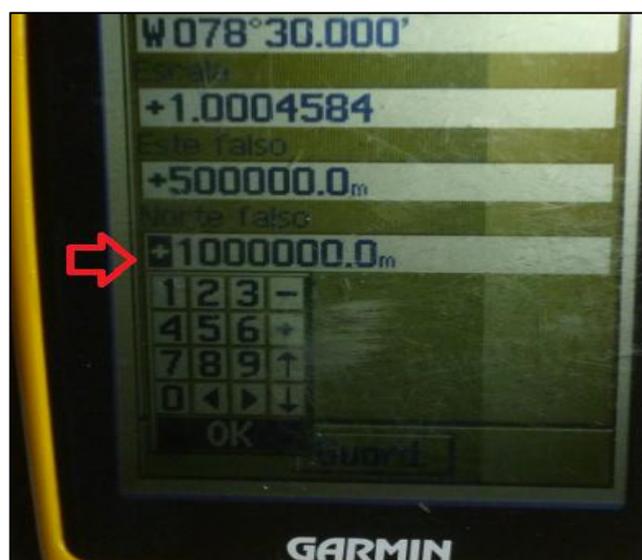
**Gráfica No. 70: Opción Escala.**

e.3) Para la opción de configuración con el nombre de Este Falso, se debe colocar el valor de + 500000.0m., y OK para guardar, del modo indicado en la gráfica No. 71.



**Gráfica No. 71: Opción Este Falso.**

e.4) En la opción con el nombre de Norte Falso, indicado en la gráfica No. 72, se coloca el valor de: + 1000000.0m, y una vez finalizada la selección, OK.



**Gráfica No. 72: Opción Norte Falso.**

e.5) Una vez finalizada la configuración anterior y para guardar los valores indicados anteriormente, se debe ubicar el cursor en la ficha guardar, como se nota en la gráfica No. 73, y se presiona ENTR.



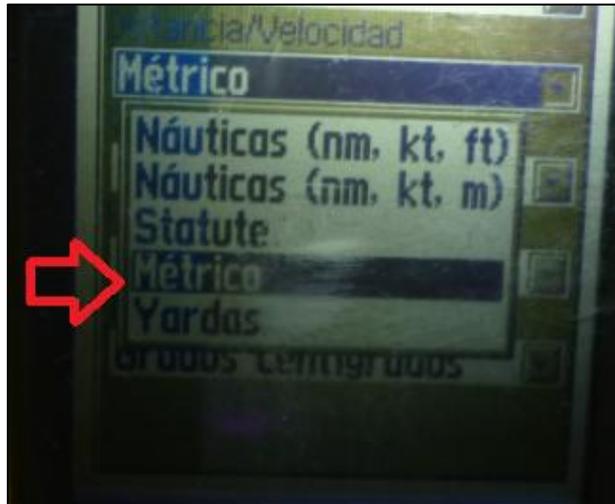
**Gráfica No. 73: Ícono para Guardar los Cambios.**

f) Continuando con la configuración interior del menú Unidades, en la opción Datos de Mapa, se busca de entre todas la opciones desplegadas la alternativa WGS-84, indicada en la gráfica No. 74, y se la selecciona con la tecla ENTR del dispositivo, para que permanezca inalterable a menos que se necesite.



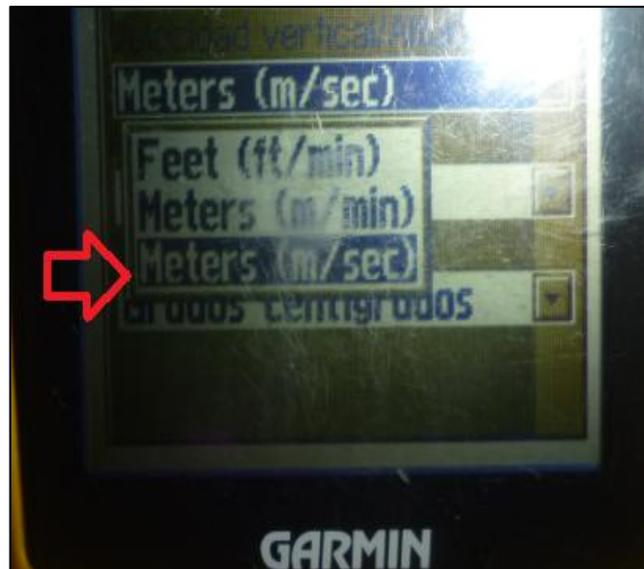
**Gráfica No. 74: Opción Datos de Mapa.**

g) Para la opción Distancia/Velocidad, debe estar como preferencia en Métrico, visto en la gráfica No. 75.



**Gráfica No. 75: Opción Distancia/Velocidad.**

h) En la opción Velocidad Vertical/Altura, debe ser configurado con Meters (m/sec), observado en la gráfica No. 76.



**Gráfica No. 76: Opción Velocidad Vertical/Altura.**

- i) Para la opción Profundidad se debe ubicar en la medida de Metros, observado en la gráfica No. 77.



**Gráfica No. 77: Opción Profundidad.**

- j) Y finalmente para la alternativa Temperatura debe estar seleccionada la opción Grados Centígrados, como se nota en la gráfica No. 78.



**Gráfica No. 78: Opción Temperatura.**

k) Quedando el menú Unidades configurado de la manera que muestra la gráfica No. 79.



**Gráfica No. 79: Resultado Final de la Configuración.**

Este proceso se lo debe realizar con los dispositivos que se vayan a emplear dentro del proceso de calibración, y como se notará más adelante mientras más unidades existan será mejor el trabajo que se realice, es así que mientras los 2 dispositivos que intervienen en el presente estudio guarden la relación correspondiente, no habrá riesgo de encontrarse con datos que no tengan la compatibilidad requerida, de esta manera se logra tratar la información del siguiente modo, basándose, claro en lo explicado en capítulos anteriores y procediendo de la siguiente manera:

**a)** Colocamos el receptor en la estación BASE-DOPPLER de coordenadas conocidas, como se muestra en la gráfica No. 80, y registramos los datos mostrados por el GPS-1, como se indica en el cuadro No. 2



**Gráfica No. 80: Dispositivo en el Punto Doppler.**

PUNTO	PARRILLA USUARIO	
		USR
DOPPLER	0500725	0976178

**Cuadro No. 2: Coordenadas entregadas por el GPS-1.**

b) Recopilamos los datos en el otro punto de referencia, con el GPS-2, como se observa en la gráfica No. 81, de la misma manera que el anterior y las coordenadas entregadas e registran el cuadro No. 3.



**Gráfica No. 81: Dispositivo en el Punto IGM 1-A.**

PUNTO	PARRILLA USUARIO	
		USR
IGM 1-A	0500748	0976234

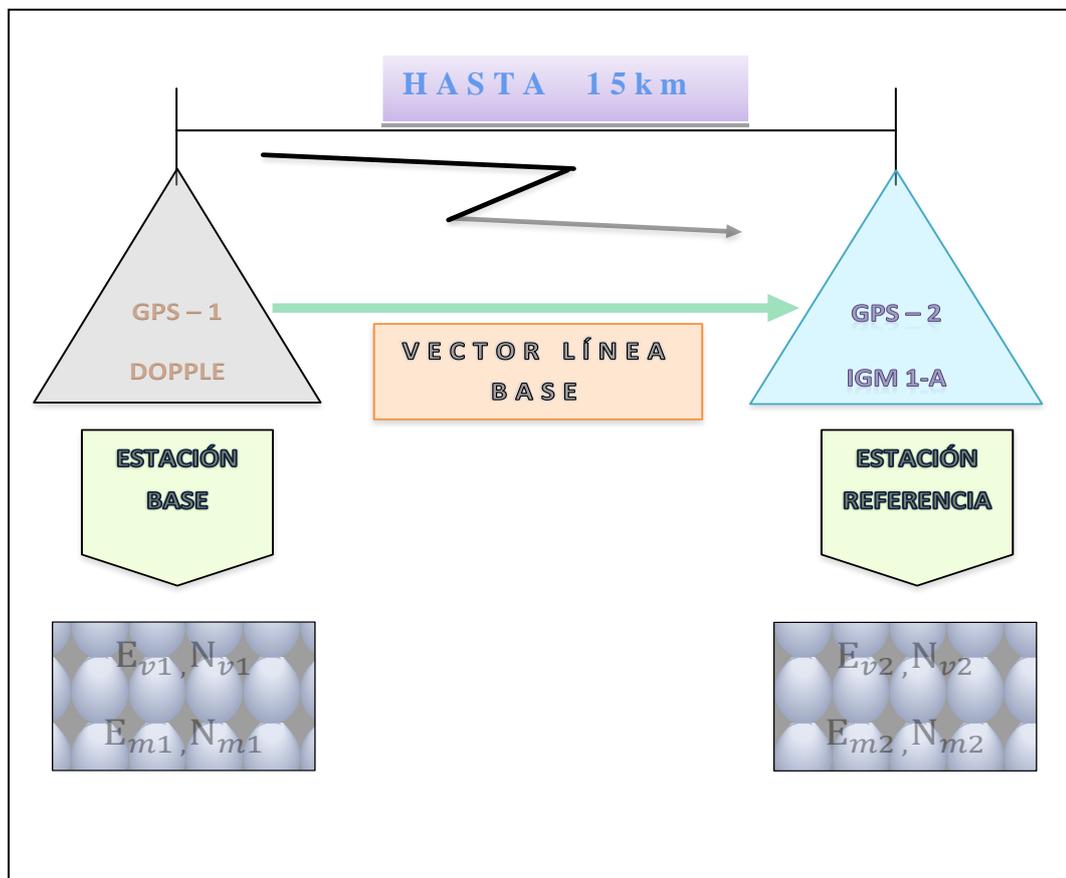
**Cuadro No. 3: Coordenadas entregadas por el GPS-2.**

Es así, que toda la información recopilada por los dispositivos GPS se encuentra lista para ser procesada de manera adecuada según las relaciones de correspondencia y parámetros que detallarán en la siguiente sección.

### **3.7 CÁLCULO DE ERRORES.**

Una manera gráfica de observar y explicar la relación que guardan entre sí estos puntos, de acuerdo con el método estático rápido, y que ayudará

a comprender el proceso que se deberá seguir, es la que se muestra a continuación en la gráfica No. 82, también se puede notar la ubicación de los punto dentro de las instalaciones del IGM en la gráfica. 83



**Gráfica No. 82: Interpretación del Trabajo para Procesar los Datos.**

De este modo las abreviaturas mostradas en la figura anterior tienen el siguiente significado:

$E_{v1}$  = Valor geo-referenciado de Latitud del punto Doppler.

$N_{v1}$  = Valor geo-referenciado de Longitud del punto Doppler

$E_{m1}$  = Valor registrado de Latitud del punto Doppler.

$N_{m1}$  = Valor registrado de Longitud del punto Doppler.

$E_{v2}$  = Valor geo-referenciado de Latitud del punto IGM 1-A.

$N_{v2}$  = Valor geo-referenciado de Longitud del punto IGM 1-A.

$E_{m2}$  = Valor registrado de Latitud del punto IGM 1-A.

$N_{m2}$  = Valor registrado de Longitud del punto IGM 1-A.

$E_c$  = Valor combinado de Latitud.

$N_c$  = Valor combinado de Longitud

$\mathcal{G}_E$  = Relación de Latitudes.

$\mathcal{G}_N$  = Relación de Longitudes.



**Gráfica No. 83: Puntos en las instalaciones del IGM.**

Estos datos serán tratados de manera que guarden una relación de correspondencia para finalmente aplicar la parte estadística y de corrección.

a) Calculamos la variación de la Latitud ( $\Delta E$ ) como muestra la ecuación 16 entre el valor considerado fijo y el dato muestreado por el dispositivo en el punto de referencia, con el fin de establecer una diferencia entre estos valores.

$$E_{v1} = 0500723 ; E_{m1} = 0500725 ; E_{v2} = 0500747 ; E_{m2} = 0500748$$

$$\Delta E = E_{m1} - E_{v1}$$

#### **Ec. 16: Variación de Latitud**

$$\Delta E = 0500725 - 0500723$$

$$\Delta E = 2$$

b) En este paso se denota la relación que guarda el punto fijo o base, con el de referencia, encontrando el valor de la Latitud combinada ( $E_c$ ), como indica la ecuación 17, al utilizar el método de posicionamiento diferencial mencionado anteriormente, sumando los valores de la Latitud medida por el GPS 2 y la variación de Latitud del punto base.

$$E_c = E_{m2} + \Delta E$$

#### **Ec. 17: Latitud combinada**

$$E_c = 0500748 + 2$$

$$E_c = 0500750$$

c) Finalmente se calcula la Relación de Latitudes ( $g_E$ ) mediante la diferencia entre el valor de la Latitud combinada ( $E_c$ ) y el dato georeferenciado del punto de referencia, con la ecuación 18.

$$g_E = E_c - E_{v2}$$

#### **Ec. 18: Relación de Latitudes**

$$g_E = 0500750 - 0500747$$

$$g_E = 3$$

d) Repetimos los procedimientos anteriores pero ahora para la Longitud. De igual manera calculamos el valor de la variación para los valores de Longitud del punto Doppler, mediante la ecuación 19.

$$N_{v1} = 0976178; N_{m1} = 0976175; N_{v2} = 0976232; N_{m2} = 0976234$$

$$\Delta N = N_{m1} - N_{v1}$$

#### **Ec. 19: Variación de Longitud**

$$\Delta N = 0976175 - 0976178$$

$$\Delta N = -3$$

e) Se calcula el valor de la Longitud combinada ( $N_c$ ) con la diferencia entre el valor de la Longitud medida ( $N_{m2}$ ) en el punto de referencia y la variación de Longitud hallada anteriormente, con la ecuación 20.

$$N_c = N_{m2} + \Delta N$$

**Ec. 20: Longitud combinada**

$$N_c = 0976234 + (-3)$$

$$N_c = 0976231$$

f) Se calcula la Relación de longitudes ( $g_N$ ) con la diferencia entre el valor de la Longitud combinada ( $N_c$ ) y el dato geo-referenciado del punto referencia ( $N_{v2}$ ), por medio de la ecuación 21.

$$g_N = N_c - N_{v2}$$

**Ec. 21: Relación de Longitudes**

$$g_N = 0976231 - 0976232$$

$$g_N = -1$$

### **3.8 CORRECCIÓN DE ERRORES.**

Una vez procesados los datos y sus resultados como se indicó en la sección anterior, se aplicará a los mismos un estadístico para de esta manera lograr una corrección en las lecturas de los instrumentos y entregar el respectivo reporte de calibración. Y para esto aplicaremos las

expresiones matemáticas citadas en secciones anteriores (incertidumbre), y que se detallarán paso a paso de la siguiente manera:

a) Se calculará la media aritmética de los datos anteriores, por qué se toman los valores de las diferencias tanto de la Latitud y Longitud para este paso, se lo explicará con detalle en la sección siguiente.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\varphi_E + \varphi_N)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n (3 + (-1))$$

$$\bar{x} = \frac{1}{2} \cdot 2$$

$$\bar{x} = 1$$

b) Seguidamente se calcula la desviación estándar.

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}$$

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{2-1} \cdot \sum_{i=1}^n [(1-3)^2 + (1-(-1))^2]}$$

$$s(x) = \sqrt{1 \cdot \sum_{i=1}^n [(-2)^2 + (2)^2]}$$

$$s(x) = \sqrt{1 \cdot \sum_{i=1}^n [4 + 4]}$$

$$s(x) = \sqrt{1 \cdot 8}$$

$$s(x) = \pm 2,828$$

c) A continuación se encuentra la desviación estándar de la medida.

$$s(\bar{x}) = + \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$$

$$s(\bar{x}) = + \frac{2,828}{\sqrt{2}}$$

$$s(\bar{x}) = 1,999$$

d) Con el valor anterior se calcula la Incertidumbre Tipo A.

$$\mu_A = s(\bar{x}) \cdot (t_{n-; 95,45\%})$$

$$\mu_A = 1,999(t_{n-; 95,45\%})$$

$$\mu_A = 1,999$$

e) Ahora se calcula la Incertidumbre Tipo B, que son las incertidumbres que se pueden obtener según el trabajo y el tipo de instrumento que se utiliza, es decir es el conjunto de todas las incertidumbres que se encontrarán a continuación.

$$\mu_B = \left\{ \begin{array}{l} - \mu_{res} = (\text{incertidumbre de resolución de la unidad bajo prueba}) \\ - \mu_{Lar.P} = (\text{incertidumbre a largo plazo del patrón}) \\ - \mu_{Cor.P} = (\text{incertidumbre a corto plazo del patrón}) \\ - \mu_{Cor.UBP} = (\text{incertidumbre a corto plazo de la } \dots \dots \dots \end{array} \right.$$

f) Se calcula la Incertidumbre de Resolución de la Unidad Bajo Prueba con la ecuación 22.

$$\mu_{res} = \frac{res}{\sqrt{3}}$$

**Ec. 22: Incertidumbre de resolución**

$$\mu_{res} = \frac{0,1}{\sqrt{3}}$$

$$\mu_{res} = 0.058$$

g) Ahora se busca el valor de la Incertidumbre a Largo Plazo del Patrón indicada en la ecuación 23.

$$\mu_{Lar.P} = \frac{Estab Lar. P \times años}{\sqrt{3}}$$

**Ec. 23: Incertidumbre a largo plazo**

$$\mu_{Lar.P} = \frac{0.01mm \times 5 años}{\sqrt{3}}$$

$$\mu_{Lar.P} = 28.868 \times 10^{-6}$$

h) Seguidamente se encuentra el valor de la Incertidumbre a Corto Plazo con ayuda de la ecuación 24.

$$\mu_{Cor.P} = \frac{Estab. Cor. P}{\sqrt{3}}$$

**Ec. 24: Incertidumbre a corto plazo.**

$$\mu_{Cor.P} = \frac{0,01}{\sqrt{3}}$$

$$\mu_{Cor.P} = 0,0058$$

Se halla el valor de la Incertidumbre de la Unidad Bajo Prueba como lo indica la ecuación No. 25. Este dato fue tomado del Anexo B: Características del GPS 60 GARMIN

$$\mu_{Cor.UBP} = \frac{Estab. Cor. UBP}{\sqrt{3}}$$

**Ec. 25: Incertidumbre unidad bajo prueba.**

$$\mu_{Cor.UBP} = \frac{15}{\sqrt{3}}$$

$$\mu_{Cor.UBP} = 8,660$$

i) Con los valores de incertidumbre encontrados anteriormente, se calcula ahora el valor de la Incertidumbre Combinada, con la siguiente ecuación:

$$\mu_c = \sqrt{(\mu_A)^2 + (\mu_{res})^2 + (\mu_{Lar.P})^2 + (\mu_{Cor.P})^2 + (\mu_{Cor.UBP})^2}$$

**Ec. 26: Incertidumbre combinada**

$$\mu_c = \sqrt{(1,999)^2 + (0,058)^2 + (28,868 \times 10^{-6})^2 + (0,0058)^2 + (8,660)^2}$$

$$\mu_c = \sqrt{78,998}$$

$$\mu_c = 8,888$$

j) Finalmente se calcula la Incertidumbre Expandida ( $\mu_e$ ) para un factor de confiabilidad de 95,45%. Así se lo visualiza en la ecuación No. 27

$$\mu_e = \mu_c \times k$$

**Ec. 27: Incertidumbre Expandida**

$$\mu_e = 8,888 \times 2$$

$$\mu_e = 17.777$$

Se genera el reporte de calibración con todos los nombres y datos necesarios en el documento, indicado en el Anexo C: Reporte de calibración.

### **3.9 PRUEBAS Y ANÁLISIS.**

#### **3.9.1 PRUEBAS.**

En las pruebas realizadas, existieron varios factores a los cuales fueron sometidos los equipos GPS, como por ejemplo:

- Se realizó la adquisición de datos entre los horarios de 12:00 pm a 14:00
- Se realizaron pruebas bajo temperaturas de 10°-15°.
- Del mismo modo se tomaron lecturas bajo diferentes condiciones ambientales, desfavorables por su puesto.
- Se trató de adquirir los datos manteniendo en movimiento constante a los dispositivos.
- Se tomaron lecturas con diferentes tipos de coordenadas (geográficas, UTM).
- Se realizaron lecturas sin considerar los valores de configuración para la ciudad de Quito, explicados en la sección 3.6 literal e.

- Se trató de utilizar otro punto de referencia como lo es el punto de coordenadas con Latitud  $00^{\circ}00'00''$  que corresponde a la Mitad del Mundo (Quito-Ecuador).
- Un registro de algunos datos obtenidos bajo diferentes condiciones se muestra en el cuadro No. 4.
- El valor de estimación que presenta el GPS se lo puede apreciar en la gráfica No. 84



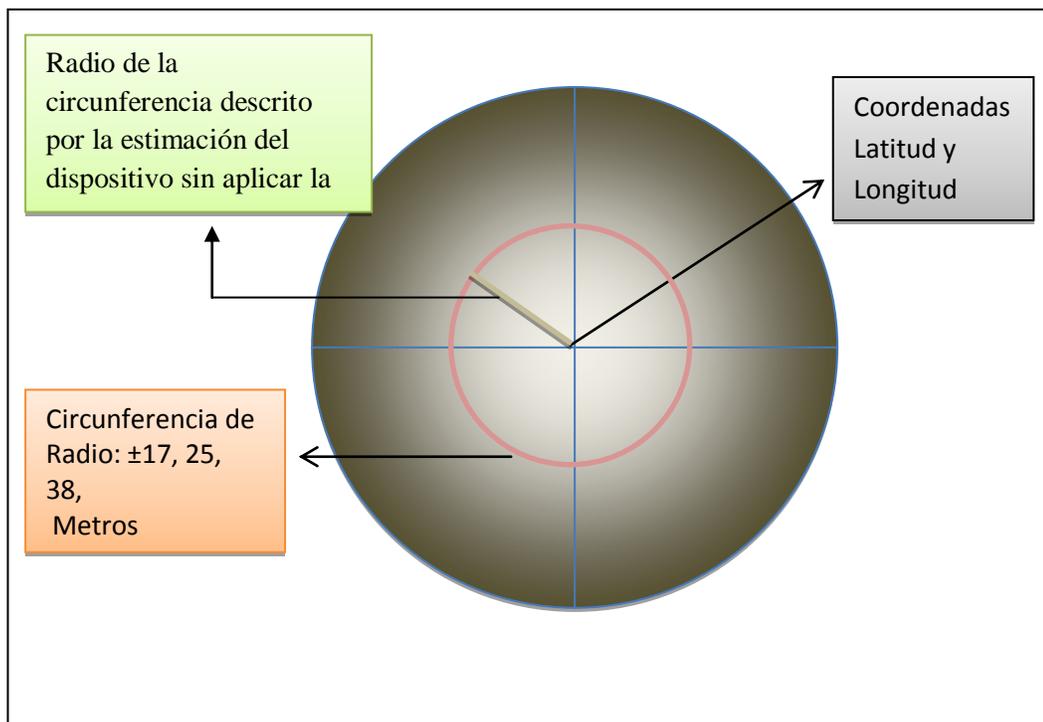
**Gráfica No. 84: Valor de Estimación del GPS-Garmin 60.**

Día	Hora	T°	Clima	Punto	Coordenadas						Marg. Err.
					Geográficas		UTM		Parrilla		
11-06-2013	07-10	10	Nublado	IGM 1-A	00°12'54.1"	78°29'34.8"	0779019	9976225	0500744	0976236	± 28
				DOPPLER	00°12'55.4"	78°29'35.7"	0778999	9976172	0500726	0976179	
12-06-2013	12-15	24	Templado	IGM 1-A	00°12'53.00'	78°29'36.1"	0779022	9976231	0500745	0976234	± 23
				DOPPLER	00°12'55.9"	78°29'35.7"	0778995	9976169	0500723	0976176	
15-06-2013	16-18	12	Nublado	IGM 1-A	00°12'55.3"	78°29'34.3"	0779011	9976227	0500748	0976233	± 25
				DOPPLER	00°12'55.0"	78°29'34.2"	0778989	9976171	0500723	0976179	
16-06-2013	10-14	20	Templado	IGM 1-A	00°12'53.3"	78°29'35.4"	0779021	9976218	0500731	0976234	± 22
				DOPPLER	00°12'54.3"	78°29'36.4"	0778994	9976179	0500725	0976176	
25-06-2013	10-12	23	Templado	Mitad del Mundo	SUR 00°00'00.1"	OESTE 78°27'14.6"	0783393	9999998	0505117	0999998	± 27
26-06-2013	09-11	18	Frío	Mitad del Mundo	SUR 00°00'01.1"	OESTE 78°27'13.5"	0783391	9999996	0500115	0999989	± 35
29-06-2013	09-11	20	Cálido	IGM 1-A	00°12'53.5"	78°29'35.9"	0779021	9976228	0500748	0976234	± 17
				DOPPLER	00°12'55.3"	78°29'36.7"	0778997	9976174	0500725	0976178	
30-06-2013	13-15	17	Templado	IGM 1-A	00°12'54.1"	78°29'35.8"	0779020	9976226	0500745	0976233	± 16
				DOPPLER	00°12'55.2"	78°29'36.5"	0778998	9976171	0500726	0976179	

**Cuadro No. 4: Datos muestreados bajo diferentes condiciones.**

### 3.9.2 ANÁLISIS.

El GPS entrega el valor de la posición en la cual se encuentra una persona u objeto, pero mencionado valor no es tan exacto, ya que existe un cierto valor de estimación que como se observó en las pruebas puede variar de acuerdo a las condiciones favorables o desfavorables a las cuales fuese sometido el instrumento, estos valores, según las consideraciones anteriores, están entre  $\pm 17, 25, 38$ , metros, y estos, a su vez, indican que la verdadera localización o punto a buscar, está dentro de la zona de la circunferencia descrita por el radio de los valores citados anteriormente, como se puede observar en la gráfica No. 85.



**Gráfica No. 85: Circunferencia Descrita por la Estimación del GPS.**

Es así que una vez tratados los datos como se indicó en la sección 3.8, este proceso ha permitido reducir considerablemente el radio de la circunferencia de estimación, calculada con la ecuación 28.

$$v_c = |v_e - \mu_e|$$

#### **Ec. 28: Valor corregido de estimación**

Donde:

$v_c$  = Valor corregido de estimación.

$v_e$  = Valor de estimación del Instrumento GPS.

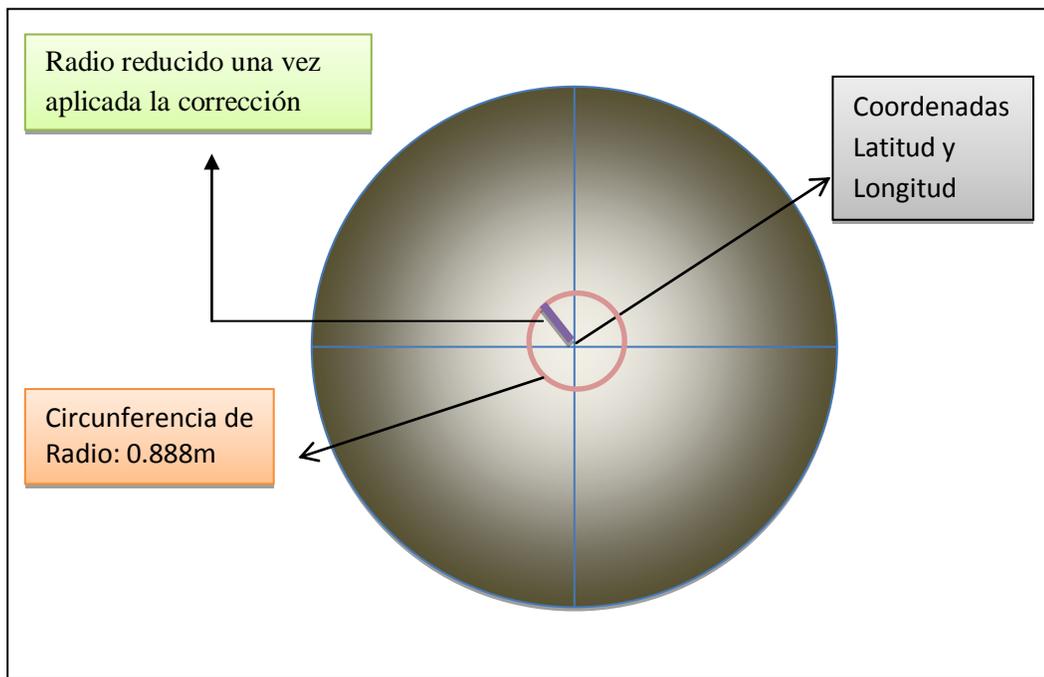
$\mu_e$  = Valor de Incertidumbre Expandida.

$$v_c = |17 - 17,777|$$

$$v_c = |-0,777|$$

$$v_c = 0.777 \text{ m}$$

Esto indica que ahora el radio que va a describir la circunferencia debido a la estimación, es de tan solo 0,888 m. reduciendo así de manera considerable el margen de error en la localización de un punto sobre la Superficie de la Tierra, esta reducción de radio de la circunferencia se lo puede apreciar en la gráfica No. 86.



**Gráfica No. 86: Radio de Circunferencia por Estimación Corregida.**

**CAPÍTULO 4**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## **CAPÍTULO 4**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Una vez expuestas tanto las pruebas realizadas como los resultados obtenidos, estos nos llevan a una serie de deducciones que son fruto del análisis, observaciones y experiencias que han de ser expuestas de la siguiente manera:

#### **4.1 CONCLUSIONES.**

- La calibración de los instrumentos, por medio de mediciones o comparaciones con un patrón, permite determinar el valor correcto en la lectura de datos de los instrumentos sujetos a calibración, desarrollando proyectos de acuerdo a ciertas normas metrológica internacionales, que contribuyen al uso racional de los recursos naturales incidiendo en la calidad de vida de la población, protegiendo al consumidor y ayudando a preservar el medio ambiente. Pero este proceso requiere de la selección de métodos generales que guíen el proceso y desarrollo, para que tengan sustento científico válido en base a normas y procedimientos propios del método y que vayan de acorde con el trabajo a realizar.
- Se ha conseguido desarrollar un sistema de calibración para los GPS-60 garmín, mismo servirá de guía para implementar sistemas similares, al trabajar con otro tipo de instrumentos, este trabajo reposará en el centro de metrología del ejército ecuatoriano

- La visita tanto al IGM como al CCMMEE permitió asimilar la forma de trabajo al igual que obtener varios datos que ayudaron a desarrollar de manera correcta el presente trabajo.
- Se optimizó el recurso económico del CCMMEE, puesto que existen equipos que calibran estos instrumentos, pero al ser demasiado costosos influyen en la economía de la fuerza, esto permitió la búsqueda y el uso de los propios recursos con los que cuenta el país y mencionada institución, los cuales han sido favorables.

Se elaboró un sistema de calibración que permite reducir de manera muy considerable el margen de estimación que presentan los GPS al momento de entregar los datos de posición o ubicación, por tal motivo la aplicación del sistema de calibración permite localizar de manera más exacta el lugar en el que encuentra persona, equipo, etc.

- Al aplicar el sistema de calibración a los datos entregados por el GPS se ha conseguido reducir la estimación hasta el valor de 70cm. De esta manera se establecen varios rangos de aceptabilidad según los requerimientos que demandan ciertas instituciones, puesto que según el presente estudio el rango aceptable para el personal civil es de hasta 10m, en tanto que para el personal militar el valor aceptable es de 5m, pero mediante el estudio realizado, se ha adoptado el valor de hasta 3m como aceptable y recomendable en la localización de puntos.
- Al realizar las pruebas finales se puede concluir que existe gran influencia del estado meteorológico, tanto en la entrega de coordenadas como del margen de estimación entregado por los dispositivos GPS, por

ende el presente trabajo muestra, bajo qué condiciones es favorable realizar la calibración de mencionados instrumentos.

- La Tierra se mueve alrededor de 5mm por año, y con la consideración que los puntos fueron ubicados en el año de 1994, el presente estudio tendrá una vigencia de 10 años a partir de la fecha en que se realizó el estudio, el no realizar una nueva actualización de ubicación de los hitos al igual que una calibración de los GPS, influirá de manera directa en las coordenadas ya que no coincidirán con los hitos que proporciona el IGM, para lo cual se debe observar el Anexo D: Catequilla.

#### **4.2 RECOMENDACIONES.**

- Se facilite la información de los equipos principales con los que se han calibrando los mismos.
- Se revisen las actualizaciones que el IGM publica periódicamente, al menos con respecto al trabajo expuesto.
- Se debe actualizar el trabajo expuesto según la vigencia y precisión que se desee tener en la estimación del instrumento.
- Hay que tener en cuenta las condiciones meteorológicas en las que se desarrolla el trabajo para alcanzar datos lo más cercanos al patrón, y lograr reducir el margen de error, puesto que la variación meteorológica en el sitio en que se realizó el estudio varía constantemente.

- Se recomienda revisar el documento que contiene datos registrados para confirmar la aplicación del sistema descrito según fechas y diferentes condiciones ambientales, registradas en el Anexo E: Condiciones de prueba.
- Se debe recomendar al IGM que revise de manera periódica de los hitos de marcación de los puntos, puesto que algunas bases y sus placas han sido removidas de su sitio, tal es el caso del punto conocido como “cero” en la Mitad del Mundo.
- Se recomienda el uso y aplicación del sistema expuesto a las instituciones, departamentos y personas que requieran realizar trabajos con un mínimo de margen de error y así evitar problemas dentro del desarrollo del trabajo que se esté realizando.

## **ANEXOS**

**ISO**

**ISO 17025:2005 Requisitos generales  
para la competencia de los  
laboratorios de ensayo.**

La Norma UNE- EN- ISO/ESC 17025 contiene los requisitos que tienen que cumplir los laboratorios de ensayo y de calibración se desean demostrar que:

- Poseen un sistema de gestión.
- Son técnicamente competentes.
- Son capaces de generar documentos competentes.

La Norma ISO 17025 es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones. La Norma ISO 17025 es aplicable a todos los laboratorios, independientemente del número de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración. Cuando un laboratorio no realiza alguna de las actividades contempladas en la norma ISO 17025, como por ejemplo el muestreo o el diseño y desarrollo de nuevos métodos, los requisitos de los apartados correspondientes no se aplican.

**Índice de la Norma ISO 17025.**

1. Objetivo y campo de aplicación.
2. Referencias normativas.
3. Términos y definiciones.
4. Requisitos relativos a la gestión.
  - 4.1 Organización
  - 4.2 Sistemas de gestión.
  - 4.3 Control de los documentos.
  - 4.4 Revisión de los pedidos, ofertas y control.
  - 4.5 Subcontratación de ensayo y calibración.
  - 4.6 Compras de suministros y servicios.
  - 4.7 Servicio al cliente

**4.8** Quejas

**4.9** Control de trabajos de ensayo y/o calibración no conformes.

**4.10** Acciones correctivas.

**4.11** Acciones preventivas.

**4.12** Control de los Registros.

**4.13** Auditorías internas.

**4.14** Revisiones por la dirección.

**5. Requisitos técnicos:** La toma de muestra, la validación de métodos, la verificación de la trazabilidad y el cálculo de la incertidumbre de la medida en el caso de los laboratorios de ensayo, el contemplar la posibilidad de incluir interpretaciones y opiniones en los informes de ensayo.

**5.1** Generalidades.

**5.2** Personal.

**5.3** Instalaciones y condiciones ambientales.

**5.4** Métodos de ensayo y calibración y validación de métodos.

**5.5** Equipos.

**5.6** Trazabilidad de las medidas.

**5.7** Muestreo.

**5.8** Manipulación de objetos de ensayo y calibración.

**5.9** Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayos y calibraciones.

**5.10** Informe de los resultados.

**ESPE-L 2013**

## Anexo B

### GPS

#### ESPECIFICACIONES GPS GARMIN

##### Físicas

Carcasa: Resistente y reforzada, resistente al agua, IEC-60529 IPX7 (Sumergible a 1 metro durante 30 minutos)

Tamaño: 15 ,5cm alto x 6cm largo x 3,3cm ancho

Peso: 147 g sin las pilas instaladas

198 g con las pilas

Pantalla: 3,5cm ancho x 5,3cm alto, LCD de alto contraste con 4 niveles de gris con retro iluminación (160 x 240 pixels)

Antena: Incorporada, con función de antena externa

Teclado: Nueve teclas multifunción retro iluminadas

Escala de funcionamiento: -15 to 70oC1

##### Funcionamiento

Receptor: capacidad WAAS, 12 canales paralelos

Tiempo de adquisición:

En caliente: Aproximadamente 15 segundos

En frío: Aproximadamente 45 segundos

AutoLocate™: Aproximadamente 2 minutos

Ritmo de actualización: Una vez por segundo, continuo

Precisión del GPS

Posición: < 15 metros (49 feet), 95% típico

Velocidad: 0,05 metros/seg estado estable

Precisión DGPS

Posición: 3-5 metros (10-16 feet), 95% típico

Velocidad: 0,05 metros/seg estado estable

Dinámica: Funciona según especificaciones a 6 g's

Interfaces: NMEA 0183 versión 3.01, RTCM SC-104 (para correcciones de DGPS) and RS-232 y USB para interfaz de PC

Duración del almacenamiento de datos:

Indefinido: no es necesaria batería para memoria

Almacenamiento de PDI:

Interno; aproximadamente 1 MB

### Alimentación

Fuente: Dos pilas de 1,5 voltios o un adaptador de corriente de 12V o hasta 36 VDC de alimentación externa

Duración de las pilas:

Hasta 28 horas

### **Especificaciones**

Especificaciones sujetas a cambios sin aviso previo.

1. La escala de temperatura del GPS 60 puede sobrepasar la escala de uso de algunas pilas. Algunas pilas pueden romperse a temperaturas altas.
2. Sujeto a degradación de la precisión a 100m 2DRMS bajo el Programa de Disponibilidad Selectiva (Selective Availability Program) impuesto por el Ministerio de Defensa de los EE.UU.
3. Con entrada opcional para receptor de baliza GBR 21 Garmin.
4. Las pilas alcalinas pierden su capacidad de manera significativa a medida que desciende la temperatura. Use pilas de litio cuando vaya a usar el GPS 60 a temperaturas bajo cero. El uso continuado de la retro iluminación de la pantalla reduce considerablemente la duración de las pilas.

### **Opciones de campos de datos**

El listado siguiente ofrece una breve descripción de cada opción de campo de datos. Algunas de estas opciones sólo las soportan los dispositivos interconectados con su GPS 60.

Precisión del GPS—La precisión actual de la localización determinada por el GPS.

Rumbo al waypoint—La dirección dada por el compás desde su posición presente a su punto de destino.

Curso deseado al destino—El recorrido deseado del trayecto desde el punto inicial al punto de destino.

Profundidad—La profundidad del agua desde una sonda con entrada NMEA.

Distancia hasta el destino—La distancia total, desde el comienzo al final, de una ruta.

Distancia hasta siguiente—La distancia hasta el siguiente punto de una ruta.

ETA en destino—La hora estimada a la que llegará a su destino, si se mantienen el curso y velocidad actuales.

ETA en siguientes—La hora estimada a la que llegará al siguiente punto de la ruta, si se mantienen el curso y velocidad actuales.

Altura—La distancia por encima o por debajo del nivel del mar.

Factor de planeo—La relación de la distancia horizontal recorrida con respecto a la distancia vertical.

Factor de planeo a destino—El factor de planeo que se necesita para descender desde su posición y altura presentes hasta la altura a la que se encuentra su destino.

Rumbo—La dirección del movimiento como lo indica un compás, en grados o puntos cardinales (N, S, E, O).

Cuentakilómetros—La distancia total recorrida en la suma de todos los trayectos realizados.

Desvío de curso—La distancia que se ha desviado de la línea recta de su curso, hacia derecha o izquierda.

Puntero—La flecha que indica la dirección a seguir para llegar al siguiente punto de una ruta.

Velocidad—La velocidad actual del vehículo que se puede medir en millas por hora, kilómetros por hora o nudos.

Velocidad—Máxima—La velocidad máxima alcanzada desde que se reinició el Procesador de Trayecto.

Velocidad—Media en movimiento.—La velocidad media mientras se estuvo moviendo. (Continúa en la página siguiente).

### **Opciones de campos de datos**

Velocidad—Media total—La velocidad media determinada por la velocidad y el tiempo en movimiento y detenido.

Salida del sol—La hora de la salida del sol para la fecha y localización actuales.

Puesta del sol—La hora de la puesta del sol para la fecha y localización actuales.

Tiempo hasta destino—El tiempo estimado en ruta hacia su destino final, si se mantienen el curso y velocidad actuales.

Tiempo hasta siguiente—El tiempo estimado en ruta hasta el siguiente punto de una ruta, si se mantienen el curso y la velocidad actuales.

Hora del día—La fecha y hora actuales. Se puede mostrar en formato horario de 12 o 24 horas en horario local o universal (UTC).

Hacia curso—La dirección del trayecto para volver al curso deseado.

Cuentakilómetros de trayecto—El total contabilizado de la distancia recorrida desde que se reinició el Procesador de Trayecto.

Tiempo del trayecto—En movimiento—El periodo de tiempo que el vehículo ha estado en movimiento, desde que se reinició el Procesador de Trayecto.

Tiempo del trayecto—Detenido—El periodo de tiempo que el vehículo ha estado parado mientras el equipo estaba encendido y rastreando su localización (desde que se reinició el Procesador de Trayecto).

Tiempo del trayecto—Total—El tiempo total que el equipo ha estado rastreando desde que se reinició el Procesador de Trayecto.

Giro—La dirección de, y la distancia hasta, el siguiente giro de una ruta activa.

Velocidad corregida—basado en el curso de trayecto y la velocidad actualesThe rate of closure on a destination based upon your current speed and course of travel.

Velocidad vertical—El ritmo de ganancia/perdida de altura a lo largo del tiempo.

Velocidad vertical a destino—La medición del ritmo de ascenso a una altura predeterminada.

**ESPE-L 2013**

## ANEXO C

C.C.

### **CERTIFICADO DE CALIBRACION**

Certificate of Calibration.

#### **Número**

Number.

#### **Páginas:**

Pages.

### **CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO ECUATORIANO.**

Av. Los Pinos y Manuel Cabeza de  
Vaca Campamento Militar  
Rumiñahui.  
(02)22414432-(02)3285202  
Quito -Ecuador.



#### **INSTRUMENTO:**

Instrument.

#### **MARCA:**

Trademark.

#### **MODELO:**

Model.

#### **NÚMERO DE SERIE:**

Serial Number.

#### **PETICIONARIO:**

Customer.

#### **FECHA DE CALIBRACIÓN:**

Date of calibration.

**FECHA DE RECEPCIÓN:**

Date of reception.

**Signatario/s autorizado/s**

Authotized signatory/ies

**Fecha de emisión**

Date of issue

**1. IDENTIFICACIÓN COMPLETA DEL INSTRUMENTO.**

**Instrumento:**

**Tipo:**

**Modelo:**

**Marca:**

**No. De serie:**

**Rango de dilución:**

**2. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN.**

**3. PATRONES UTILIZADOS.**

**Equipo.**

- **Marca:**
- **Modelo:**
- **No. De serie:**

**Última calibración**

- **Fecha:**
- **Certificado:**
- **Incertidumbre:**

**ESPE-L 2013**

**ANEXO D**

C.P.F.

COORDENADAS GEOCENTRICAS CARTESIANAS MARCO DE REFERENCIA: IGS08

STATION	X (m)	Y (m)	Z (m)	v(X)m/a	v(Y)m/a	v(Z)m/a	EPOCA	σ X(m)	σ Y(m)	σ Z(m)	σ vX(m)	σ vY(m)	σ vZ(m)
3009_GPS	1148305.68848	-6272976.99401	109354.15582	0.01422	0.00357	0.01532	2011.000	0.0028	0.0098	0.0019	0.00040	0.00130	0.00030
AHUA_GPS	1374894.77437	-6227472.31738	-117323.96212	0.00160	-0.01085	0.00865	2011.000	0.0045	0.0144	0.0025	0.00080	0.00220	0.00040
ALAM_GPS	1102306.51980	-6267609.67614	-444220.21367	-0.00523	0.03076	0.00672	2011.000	0.0092	0.0274	0.0054	0.00410	0.01290	0.00220
ALTA_GPS	1315523.73481	-6240479.34440	137882.85691	-0.00014	0.01079	0.01516	2011.000	0.0067	0.0206	0.0044	0.00510	0.01780	0.00280
AMAL_GPS	1166953.22320	-6251630.86286	-506170.92317	0.00109	-0.00547	0.00666	2011.000	0.0036	0.0132	0.0024	0.00070	0.00220	0.00040
ANCO_GPS	1008515.36710	-6292663.11243	-257526.19138	0.00472	-0.00013	0.01302	2011.000	0.0055	0.0179	0.0032	0.00090	0.00250	0.00050
ANJC_GPS	1608539.66765	-4816369.72981	-3847798.48403	0.01612	-0.00254	0.00846	2011.000	0.0014	0.0027	0.0022	0.00070	0.00140	0.00120
AQUJ_GPS	1869308.81749	-6070206.60186	612519.07644	-0.01564	0.03512	0.00817	2011.000	0.0197	0.0443	0.0099	0.02220	0.04270	0.00970
AREN_GPS	1097953.00868	-6270610.95095	-393307.66244	0.00033	0.00686	0.00810	2011.000	0.0066	0.0225	0.0045	0.00130	0.00480	0.00080
AREQ_GPS	1942826.21771	-5804070.33881	-1796894.21566	0.00424	-0.00386	0.00791	2011.000	0.0006	0.0015	0.0005	0.00040	0.00080	0.00040
ASCL_GPS	6118526.04443	-1572344.76741	-876451.00709	-0.00105	-0.00585	0.01027	2011.000	0.0069	0.0038	0.0033	0.00120	0.00060	0.00050
AUI4_GPS	1447002.37877	-6211591.09647	-80727.71368	-0.00092	-0.00642	0.00896	2011.000	0.0045	0.0133	0.0029	0.00100	0.00330	0.00060
AUCA_GPS	1447466.34797	-6211636.02603	-70859.99406	-0.00373	0.00084	0.00754	2011.000	0.0005	0.0019	0.0004	0.00090	0.00350	0.00090
AYAN_GPS	1023876.14831	-6291584.87770	-219837.69060	0.00908	-0.00222	0.01225	2011.000	0.0039	0.0152	0.0025	0.00150	0.00590	0.00090
BAIS_GPS	1637343.93359	-6146451.37265	478511.44873	-0.00969	-0.00022	0.01489	2011.000	0.0118	0.0303	0.0061	0.02850	0.03530	0.00790
BALT_GPS	-28821.65146	-6377927.43402	-50938.79444	0.05021	0.00438	0.01171	2011.000	0.0037	0.0121	0.0032	0.00050	0.00240	0.00050
BALZ_GPS	1117263.50665	-6277741.99810	-151195.54585	-0.00414	0.05764	0.01089	2011.000	0.0106	0.0361	0.0064	0.00300	0.01110	0.00180
BAYO_GPS	985510.51198	-6268895.12681	-640158.25923	-0.00260	-0.00082	0.00591	2011.000	0.0027	0.0042	0.0018	0.00160	0.00410	0.00110
BDOS_GPS	3143382.25605	-5359714.74434	1434875.86971	0.00800	0.01338	0.01339	2011.000	0.0065	0.0092	0.0032	0.00100	0.00140	0.00050
BHSL_GPS	1383807.63398	-6188246.72063	684577.20588	0.00615	-0.00309	0.01693	2011.000	0.0060	0.0163	0.0044	0.00370	0.01230	0.00240
BILB_GPS	1271497.26340	-6250483.17318	-160004.22121	-0.00363	-0.00445	0.00686	2011.000	0.0006	0.0023	0.0003	0.00090	0.00300	0.00070
BOGT_GPS	1744398.94906	-6116037.22979	512731.82114	-0.01116	0.04078	0.01282	2011.000	0.0062	0.0110	0.0070	0.00060	0.00140	0.00060
BRAZ_GPS	4115014.06832	-4550641.58454	-1741443.88112	-0.00106	-0.00452	0.01218	2011.000	0.0037	0.0041	0.0019	0.00060	0.00060	0.00030
BRFT_GPS	4985393.51411	-3954993.43743	-428426.63232	-0.00282	-0.00385	0.01243	2011.000	0.0084	0.0069	0.0045	0.00080	0.00060	0.00030
BRMU_GPS	2304703.39699	-4874817.16391	3395186.99368	-0.01294	0.00040	0.00690	2011.000	0.0047	0.0076	0.0059	0.00050	0.00080	0.00060
BUCC_GPS	1831641.14257	-6059722.49712	785111.63898	0.00229	0.00438	0.01559	2011.000	0.0060	0.0137	0.0042	0.00330	0.00940	0.00200
BUEL_GPS	2745499.07775	-4483636.59050	-3599054.43689	0.00302	-0.00471	0.00974	2011.000	0.0018	0.0025	0.0023	0.00050	0.00070	0.00060
BUFR_GPS	1163484.49478	-6270490.50081	-96980.39237	-0.00031	0.01406	0.01182	2011.000	0.0097	0.0270	0.0052	0.00360	0.01090	0.00180
BVEN_GPS	1432332.87750	-6200814.30967	422085.46097	0.00115	-0.00148	0.01782	2011.000	0.0061	0.0164	0.0042	0.00380	0.01240	0.00220
CABP_GPS	1060520.48041	-6289331.36789	-42733.72130	0.01274	0.00194	0.01232	2011.000	0.0005	0.0015	0.0006	0.00080	0.00210	0.00100
CAJA_GPS	1190521.27717	-6262902.58043	-304509.41125	-0.00040	0.00479	0.00799	2011.000	0.0047	0.0169	0.0029	0.00080	0.00270	0.00050
CAJM_GPS	1599636.56417	-6156649.48570	490357.40877	0.00181	0.00020	0.01718	2011.000	0.0094	0.0258	0.0058	0.00820	0.02430	0.00460
CALO_GPS	1501897.53031	-6187614.88772	387329.03100	-0.00687	0.01697	0.02109	2011.000	0.0054	0.0136	0.0039	0.00260	0.00870	0.00150
CAME_GPS	1271548.71483	-6253386.55167	-75202.67084	0.00451	0.00337	0.01068	2011.000	0.0006	0.0020	0.0003	0.00090	0.00220	0.00040
CAPA_GPS	1055618.39939	-6290067.69744	-40786.08823	0.01999	0.00682	0.01297	2011.000	0.0014	0.0050	0.0004	0.00120	0.00490	0.00040
CAQU_GPS	1758163.04834	-6113711.96912	486465.60590	-0.00078	0.00120	0.00870	2011.000	0.0086	0.0224	0.0051	0.00700	0.01990	0.00350
CART_GPS	1567348.66613	-6075293.55237	1142850.90752	0.01079	0.00092	0.01349	2011.000	0.0041	0.0097	0.0033	0.00290	0.00940	0.00220
CASI_GPS	1274466.93465	-6253122.06003	-4045.83645	0.00504	0.00998	0.01144	2011.000	0.0061	0.0192	0.0041	0.00170	0.00590	0.00100
CATE_GPS	1279936.92288	-6251109.87472	22.93703	0.00813	-0.01111	0.00929	2011.000	0.0057	0.0180	0.0035	0.00130	0.00480	0.00070
CFAG_GPS	2016584.92310	-5050165.65439	-3323308.69613	0.00836	-0.00312	0.01010	2011.000	0.0011	0.0025	0.0017	0.00030	0.00060	0.00040

**ESPE-L 2013**

**ANEXO E**

**D.L.L.**

**DATOS DE LATITUD Y LONGITUD**

DIA	TEMPERATUR	DATOS DE LATITUD							DATOS DE LONGITUD						
		ev1=500723	em1=500725	ev2=500747	em2=500748										
		Vm DOPPLER L	Vv doppler Lat	Variacion de La	Vm IGM1-A Lat	Lati combinada	Vv IGM1-A Lat 2	Relacion de lati							
29/06/2013	20	500725	500723	2	500748	500750	500747	3	976175	976178	-3	976234	976231	976232	-1
11/06/2013	10	500726	500723	3	500744	500747	500747	0	976179	976178	1	976236	976237	976232	5
12/06/2013	24	500723	500723	0	500745	500745	500747	-2	976176	976178	-2	976234	976232	976232	0
15/06/2013	12	500723	500723	0	500748	500748	500747	1	976176	976178	-2	976233	976231	976232	-1
16/06/2013	20	500727	500723	4	500731	500735	500747	-12	976175	976178	-3	976234	976231	976232	-1
17/06/2013	23	500726	500723	3	500745	500748	500747	1	976179	976178	1	976233	976234	976232	2
18/06/2013	18	500724	500723	1	500746	500747	500747	0	976175	976177	-2	976237	976235	976232	3
20/06/2013	20	500725	500723	2	500746	500748	500747	1	976179	976178	1	976235	976236	976232	4
21/06/2013	17	500722	500723	-1	500745	500744	500747	-3	976176	976175	1	976235	976236	976232	4
23/06/2013	12	500728	500723	5	500747	500752	500747	5	976176	976176	0	976233	976233	976232	1
24/06/2013	10	500726	500723	3	500734	500737	500747	-10	976176	976177	-1	976235	976234	976232	2
25/06/2013	22	500724	500723	1	500746	500747	500747	0	976179	976179	0	976236	976236	976232	4
27/06/2013	24	500725	500723	2	500734	500736	500747	-11	976179	976176	3	976236	976239	976232	7
28/06/2013	15	500728	500723	5	500746	500751	500747	4	976179	976178	1	976235	976236	976232	4
30/07/2013	16	500725	500723	2	500749	500751	500747	4	976175	976178	-3	976234	976231	976232	-1

**ESPE-L 2013**

E.E.

**CORRECCIÓN DE ERRORES**

num med	1/n	ge+gn	ESTADISTICO						Desv. Estan	Desv Est. M	INCERTIDUMBRE	INCERTIDUMBRE TIPO B				Incert. Combinada	Incert. Expandida	Estimacion GPS	valor corregido estimacion
			media	1/n-1								resolucion	Plazo del patron	Incert. Largo	Incert. Corto				
2	0,5	2	1	1	4	4	8	2,828	2,000	2,000	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	8,888	17,777	17	0,777	
2	0,5	5	2,5	1	6,25	6	12,5	3,536	2,500	2,500	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	9,014	18,028	28	9,972	
2	0,5	-2	-1	1	1	1	2	1,414	1,000	1,000	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	8,718	17,436	23	5,564	
2	0,5	0	0	1	1	1	2	1,414	1,000	1,000	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	8,718	17,436	25	7,564	
2	0,5	-13	-6,5	1	30,25	30	60,5	7,778	5,500	5,500	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	10,259	20,519	22	1,481	
2	0,5	3	1,5	1	0,25	0	0,5	0,707	0,500	0,500	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	8,675	17,350	16	1,350	
2	0,5	3	1,5	1	2,25	2	4,5	2,121	1,500	1,500	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	8,789	17,579	34	16,421	
2	0,5	5	2,5	1	2,25	2	4,5	2,121	1,500	1,500	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	8,789	17,579	21	3,421	
2	0,5	1	0,5	1	12,25	12	24,5	4,950	3,500	3,500	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	9,341	18,682	26	7,318	
2	0,5	6	3	1	4	4	8	2,828	2,000	2,000	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	8,888	17,777	19	1,223	
2	0,5	-8	-4	1	36	36	72	8,485	6,000	6,000	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	10,536	21,072	25	3,928	
2	0,5	4	2	1	4	4	8	2,828	2,000	2,000	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	8,888	17,777	35	17,223	
2	0,5	-4	-2	1	81	81	162	12,728	9,000	9,000	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	12,490	24,980	21	3,980	
2	0,5	8	4	1	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	8,660	17,321	24	6,679	
2	0,5	3	1,5	1	6,25	6	12,5	3,536	2,500	2,500	0,058	2,887E-05	0,006	8,660	9,014	18,028	21	2,972	

**ESPE-L 2013**

## BIBLIOGRAFÍA

- BAO, J. (2005). *Fundamentals of Global Positioning System Receivers*. New Jersey: WILEY-INTERSCIENCE.
- CREUS, A. (1995). *Instrumentos Industriales. Su Ajuste y Calibración*. Marcombo: Alfaomega.
- FERNÁNDEZ, A. (2001). LOCALIZACIONES GEOGRÁFICAS. *Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal*, 5-44.
- FLORES, F. (2006). *Comunicaciones Satelitales*. Quito: EPN.
- HIDALGO, P. (2006). *COMUNICACIÓN DIGITAL*. Quito: Dombosco.
- HUERTA, E., Mangiaterra, A., & Gustavo, N. (2005). *GPS Posicionamiento Global*. Rosario: UNR.
- LAJARA, J., & Pelegri, J. (2007). *Labview, Entorno Gráfico de Programación*. Barcelona: Alfaomega.
- LAJARA, PELEGRI. (2011). *LABVIEW, ENTORNO GRÁFICO DE PROGRAMACIÓN*. BARCELONA: MARCOMBO.
- MARKUS, J. (2003). *Diccionario de Electrónica y Técnica Nuclear*. Barcelona: AMERICAN DOCUMENTATION INSTITUTE.
- PEAT, F., & MENDOZA, J. (1994). *Vocabulario Internacional de Términos fundamentales y Generales de Metrología*. México: CENAM.
- POLIDURA, F. (2000). *TOPOGRAFÍA, GEODÉSIA Y CARTOGRAFÍA*. España: Mundi-Prensa S.A.
- REYES, C. (2008). *MICROCONTROLADORES, PIC PROGRAMACIÓN EN BASIC*. QUITO: RISPERGRAF.
- ROGER, F. (2005). *Telecommunication System Engineering*.

ROSENBLUETH, A. (1995). *EL MÉTODO CIENTÍFICO*. México: La Prensa Mexicana.

## REVISTAS

GARMIN IBERIA S.A. (s.f.). Sistema de Navegacion Portatil GPS (Manual). Barcelona, Badalona, España.

IEEE. (2003). *Communications MAgazine*.

JCGM, C. C. (2008). Conceptos Fundamentales y generales y términos asociados. *VOCABULARIO INTERNACIONAL DE METROLOGÍA*, 13-20; 25-42.

## DOCUMENTOS DE SITIOS WEB

ÁLVAREZ, G. (12 de mayo de 2008). *Así Funciona*. Obtenido de [http://www.asifunciona.com/electronica/af\\_gps/af\\_gps\\_11.htm](http://www.asifunciona.com/electronica/af_gps/af_gps_11.htm)

AMBROSIO, C. (22 de Febrero de 2012). *Nautica y GPS*. Recuperado el 01 de Junio de 2013, de NGPS: <http://www.nauticaygps.com.ar/GPS/gpsbabel/gpsbabel.php>

CHAVEZ, R. (Mayo de 2011). *Biblioteca Virtual de la EPN*. Recuperado el Agosto de 2013, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3903/1/CD-3625.pdf>

GOMEZ, Cañizares. (2000). *ICID*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de <http://www.bvs.sld.cu/revistas/bfm2/Volumenes%20anteriores.pdf/Vol2/no2/icidad05201.pdf>

IRIS. (28 de enero de 2008). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/default.aspx>

METAS. (07 de 07 de 2005). *METAS, METROLOGÍA Y ASOCIADOS*. Obtenido de <http://www.metas.com.mx/guiametas.html>

NASA, T. (17 de marzo de 1990). *NASA*. Obtenido de <http://builds.worldwind.arc.nasa.gov/worldwind->

releases/daily/docs/api/gov/nasa/worldwind/geom/coords/UTMCoord.html

ORTIZ, G. (20 de Diciembre de 2004). *Informacion Geografica*. Recuperado el 12 de Junio de 2013, de <http://www.gabrielortiz.com/index.asp?Info=058a>

PASCUA, P. (Marzo de 1998). *Estudio Electronica*. Recuperado el 26 de Marzo de 2013, de [http://www.electronicaestudio.com/usb\\_rs232.htm](http://www.electronicaestudio.com/usb_rs232.htm)

SHABIR, G. (14 de Febrero de 2003). *SciVerse*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967302015364>