

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

**MANUAL TÉCNICO PARA EL LEVANTAMIENTO GEODÉSICO CON GPS DE
UNA FRECUENCIA APLICANDO EL SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN
(GNSS) UTILIZANDO UN MODELO GEOIDAL Y SU ANÁLISIS
COMPARATIVO CON LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN
TOTAL.**

PRESENTADO POR:

GUANDIQUE RIVAS, DIEGO JOSÉ

LÓPEZ VARGAS, RAMÓN ERNESTO

MARTÍNEZ NOLASCO, JOSUÉ SALVADOR

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTES DIRECTOR:

ING. UVÍN EDGARDO ZÚNIGA

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, MARZO 2014

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

RECTOR

MAESTRA ANA MARÍA GLOWER DE ALVARADO

VICE-RECTORA ACADÉMICO

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

SECRETARÍA GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ

VICE-DECANO

LIC. JORGE ORTEZ HERNÁNDEZ

SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

INGA. MILAGRO DE MARÍA ROMERO BARDALES

COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. UVÍN EDGARDO ZÚNIGA

DOCENTE DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN AL GRADO DE:
INGENIERO CIVIL

TITULO:

**MANUAL TÉCNICO PARA EL LEVANTAMIENTO GEODÉSICO CON GPS DE
UNA FRECUENCIA APLICANDO EL SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN
(GNSS) UTILIZANDO UN MODELO GEOIDAL Y SU ANÁLISIS
COMPARATIVO CON LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN
TOTAL.**

PRESENTADO POR:

GUANDIQUE RIVAS, DIEGO JOSÉ

LÓPEZ VARGAS, RAMÓN ERNESTO

MARTÍNEZ NOLASCO, JOSUÉ SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. UVÍN EDGARDO ZÚNIGA

DOCENTE DIRECTOR

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, MARZO DE 2014

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

INGA. MILAGRO DE MARÍA ROMERO BARDALES
COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. UVÍN EDGARDO ZÚNIGA
DOCENTE DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS TODOPODEROSO y LA VIRGEN MARIA SANTISIMA por todas las bendiciones que día con día recibo, por ser mi amparo y darme fortaleza espiritual, moral y física para cumplir mis metas.

A mi madre LORENA CLARIBEL VARGAS DE LOPEZ por todos los esfuerzos que sé que nunca podre retribuir, porque con tu amor todo tiene solución, por ser un ejemplo de valentía, fortaleza y humildad, gracias por tu ejemplo madre.

A mi padre RAMON ARISTIDES LOPEZ RIVERA por ser mi ejemplo personal y profesional, por inculcarme el amor por esta maravillosa profesión, por ser un apoyo fundamental en la carrera, por enseñarme que nunca hay que bajar los brazos para conseguir lo que deseamos, gracias papa.

A mis hermanas CLARIBEL, LIGIA, FATIMA Y ALEJANDRA gracias por todo el apoyo recibido a lo largo de esta carrera, por la comprensión que siempre me dan y porque siempre están ahí para ayudarme, este logro también es de ustedes.

A mis sobrinos VALERIA Y GEOVANY porque con una acción de ustedes basta para alegrar los días difíciles, gracias por tantas alegrías.

A mi novia JOSELYN BEATRIZ GUZMAN y FAMILIA porque eres un apoyo fundamental para mí, porque con tu amor y comprensión minimizaste todos los momentos de difíciles de mi carrera, porque siempre estás ahí para apoyarme, agradezco también a la familia Guzmán Robles por haberme acogido como uno más de ustedes y por todo el cariño recibido durante esta marcha universitaria.

Mis abuelos JOSE LOPEZ, LILIAN RIVERA, ROMEO VARGAS (Q.E.D) Y EULOFIA PINEDA por todo el cariño recibido, por ser un ejemplo de humildad y perseverancia para sus nietos.

A MIS COMPAÑEROS JOSUE MARTINEZ y DIEGO RIVAS por su amistad y por todo el esfuerzo que juntos realizamos hoy tiene su recompensa y podemos decir “misión cumplida”

A RAMON ABEL CRUZ por la invaluable colaboración recibida para la culminación de este trabajo, porque siempre está ahí para apoyarnos en todo sin poner pretextos, gracias hermano.

A la UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR por brindarme toda la formación académica a lo largo de mi carrera universitaria a través de principios, valores y lineamientos esenciales; acogiendo a todas las personas que tienen deseo de triunfar con lo cual me siento comprometido de honrar esta institución en mi vida profesional.

A todos y cada uno de los DOCENTES que colaboraron en mi formación académica y profesional, infinitamente agradecido porque sé que el conocimiento es algo que no tiene precio.

A mis amigos, LAURA, ZAZARY, JORGE, GARAY, NETO, MARCOS, RENE, por brindarme su amistad y apoyo a lo largo de este camino.

A todos y cada uno de los que formaron parte de este camino, GRACIAS.

Ramón Ernesto López Vargas

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS TODOPODEROSO por el don de la vida y estar conmigo en cada paso que doy, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, y me ha permitido llegar hasta este momento que representa el cumplimiento de un objetivo en mi vida, una meta, la cual sin la bendición y gracia de Dios en mi vida no hubiese sido posible alcanzar.

A mis padres, JOSÉ SALVADOR MARTÍNEZ y EMELI NOLASCO DE MARTÍNEZ, por apoyarme en todo momento e iluminarme con sus sabios consejos, por ser los pilares fundamentales de todo lo que soy y con sus esfuerzos, sus consejos, su dedicación y confianza en mi persona han logrado este triunfo conmigo, a quienes espero recompensar por todo lo que me han dado, su amor y apoyo incondicional son admirables, de quienes estoy orgulloso y espero ser su orgullo.

De grata recordación a mi tío CRESCENCIO GÓMEZ y mi abuela MARGARITA PÉREZ porque son los ángeles que me cuidan y acompañan en todo momento y en cada uno de mis objetivos y metas logradas.

A mi hermana GRACIELA VIGIL, quien desde el momento de mi nacimiento ha sido la persona que ha brindado todo su cariño y me ha instruido con toda sabiduría, así mismo, a mis sobrinos EMELI VIGIL y KENETH VIGIL los cuales con su alegría motivan cada uno de mis días.

A mi abuelo materno JULIO CESAR NOLASCO y mi abuela paterna GRACIELA AMPARO MARTÍNEZ, los cuales desde el momento de mi nacimiento me han brindado todo su cariño incondicional y me han guiado con toda su sabiduría.

A mi novia YANETH PINEDA RIVERA, por estar en todo momento a mi lado, brindarme su cariño, su comprensión y apoyo en cada uno de mis proyectos, iluminándome con sus consejos en los momentos que más lo necesito; de la misma manera a sus padres, FERNANDO PINEDA PASTOR y EDITH YANETH RIVERA DE PINEDA quienes también me han brindado sus consejos y palabras de motivación sin dudar de mi capacidad para cumplir con este objetivo de vida.

Al Ingeniero WILFREDO AMAYA ZELAYA, el cual nos brindó todo su apoyo y conocimiento facilitándonos grandemente nuestra investigación ya que sin su ayuda hubiera sido casi imposible la realización de esta investigación.

A RAMÓN CRUZ y RAMOS LÓPEZ y sus familias que han sido un gran apoyo, presentes en todo momento con su ayuda, gracias por estar ahí siempre son los hermanos que Dios me mando.

A mis amigos, LAURA CÓRDOVA, ZASARY DÍAZ, ERNESTO HERRERA, DAVID ESCALANTE, JORGE ESCOBAR, GREGORIO VILLAREAL, ARMANDO FLORES, MARCOS SEGOVIA, RENE GARAY, DIEGO GUANDIQUE entre otros quienes me motivaron con sus palabras de apoyo sin dudar de mi capacidad para cumplir con este objetivo de vida; también a mis compañeros de carrera por todos los momentos.

A todos y cada uno de los mencionados ¡Gracias Totales!

“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas.” (Josué 1:9)

Josué Salvador Martínez Nolasco.

AGRADECIMIENTOS.

Al ingeniero WILFREDO AMAYA por su amistad sincera y por su aportación técnica y científica. Invaluable para la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A ROSANA RIVAS... Porque nada de lo que yo haga será suficiente para corresponder a todo lo que usted hace por mí. LA QUIERO MUCHO.

Diego José Guandique Rivas.

INDICE

INTRODUCCIÓN	x
CAPITULO I: GENERALIDADES Y ANTECEDENTES	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	6
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.5 ALCANCES	8
1.6 LIMITANTES.....	9
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE GEODESIA.....	10
2.1 ORIGEN DE LA GEODESIA.....	11
2.1.1 HISTORIA.....	11
2.2 DEFINICIÓN.....	17
2.2.1 OBJETIVO.....	18
2.2.2 SUBDIVISIONES DE LA GEODESIA.....	18
2.3 EL ELIPSOIDE DE REVOLUCIÓN.....	23
2.4 EL GEOIDE.....	25
2.4.1 ORÍGENES DEL GEOIDE.....	27
2.5 EL GEOIDE Y EL ELIPSOIDE.....	27
2.5.1 DETERMINACIÓN DE ALTURAS.....	30
CAPÍTULO III: SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE GNSS.....	33
3.1 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS.....	34
3.2 CONSTITUCIÓN DEL SISTEMA GPS	36
3.2.1 SEGMENTO ESPACIAL.....	36
3.2.2 EL SEGMENTO DE CONTROL.....	44
3.2.3 EL SEGMENTO DE USUARIO.....	49
3.3 FUENTES DE ERROR EN GPS.....	52
3.3.1 ERRORES DEPENDIENTES DEL SATÉLITE.....	53
3.3.2 ERRORES DEPENDIENTES DE LA PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL.....	56
3.3.3 ERRORES DEPENDIENTES DEL RECEPTOR.....	60
3.4 MÁSCARA.....	62
3.5 VENTANA	64
3.6 DILUCIÓN DE LA PRECISIÓN.....	65
3.7 SISTEMA GLONASS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM).....	67

3.8 SISTEMA GALILEO (SISTEMA EUROPEO DE NAVEGACIÓN).....	69
CAPÍTULO IV: PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS.....	71
4.1 PROPIEDADES DE LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS.....	73
4.2 TIPOS DE PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS.....	74
4.3 PROYECCIONES CÓNICAS.....	75
4.3.1 PROYECCIÓN CÓNICA SECANTE.....	76
4.3.2 PROYECCIONES CILÍNDRICAS.....	76
4.3.3 PROYECCIÓN DE MERCATOR.....	77
4.4 SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM).....	79
4.4.1 HUSOS UTM.....	82
4.4.2 ZONAS UTM.....	82
4.5 LA PROYECCIÓN CÓNICA CONFORMAL DE LAMBERT.....	84
4.6 DATUM GEODÉSICO.....	87
4.6.1 CONSTITUCIÓN DE DATUMS GEODÉSICOS.....	87
4.6.2 DATUM O SISTEMA DE REFERENCIA LOCAL.....	88
4.6.3 DATUM O SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO.....	89
4.6.4 DATUM NORTEAMERICANO 1927 (NAD 27).....	89
4.6.5 DATUM NORTEAMERICANO 1983 (NAD 83).....	92
CAPÍTULO V: REDES GEODÉSICAS, TÉCNICAS DE MEDICIÓN GPS Y MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL.....	95
5.1 REDES GEODÉSICAS.....	96
5.1.1 DEFINICIÓN.....	96
5.2 REDES GEODÉSICAS EN EL SALVADOR.....	97
5.2.1 ANTIGUA RED NACIONAL.....	98
5.2.2 HISTORIA RECIENTE: ELABORACIÓN DE UNA NUEVA RED NACIONAL.....	99
5.2.3 LA NUEVA RED GEODÉSICA DE EL SALVADOR.....	103
5.3 TÉCNICAS DE MEDICIÓN GPS.....	109
5.3.1 MÉTODO ESTÁTICO.....	113
5.3.2 MÉTODO ESTÁTICO RÁPIDO.....	115
5.3.3 MÉTODO CINEMÁTICO.....	116
5.3.4 MÉTODO STOP & GO.....	117
5.3.5 MÉTODO CINEMÁTICO EN TIEMPO REAL (RTK).....	118
5.4 METODO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL.....	120
5.5 TEORÍA DE ERRORES.....	126
5.5.1 TIPOS DE ERRORES.....	128

CAPÍTULO VI: ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE MANUAL TÉCNICO PARA EL LEVANTAMIENTO GEODÉSICO UTILIZANDO LAS TÉCNICAS DE MEDICIÓN ESTÁTICA, ESTÁTICO RÁPIDO Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.	135
6.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL LEVANTAMIENTO DE UNA RED GEODÉSICA.	136
6.1.1 METODOLOGÍA	136
6.1.1.1 PLANIFICACIÓN.....	137
6.1.1.2 RECONOCIMIENTO Y VALIDACIÓN.....	140
6.1.1.2.1 LLENADO DE DIAGRAMA DE OBSTRUCCIÓN.	143
6.1.1.3 MONUMENTACIÓN	147
6.2 LEVANTAMIENTO GEODÉSICO DE LOS VÉRTICES DE REFERENCIA Y DE LA POLIGONAL INTERNA.	155
6.2.1 SISTEMA PROMARK2.....	156
6.2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA PROMARK2.....	157
6.2.3 EQUIPO ADICIONAL UTILIZADO.	160
6.2.4 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.	160
6.2.5 INSTALACIÓN DE LAS BATERÍAS	162
6.2.6 INSTALACIÓN DEL SISTEMA.....	162
6.3 BOTONES DE CONTROL.	168
6.4 CONFIGURACIÓN DEL RECEPTOR.....	169
6.4.1 PARÁMETROS.	169
6.4.2 PASOS PARA CONFIGURAR EL RECEPTO	170
6.4.3 LOS PARÁMETROS A CONFIGURAR:	177
6.4.4 PANTALLA ESTADO MEDICIÓN.....	182
6.4.5 PANTALLA ESTADO SATELITAL	185
6.4.6 PANTALLAS DE ALARMA	186
6.5 TRABAJO DE OFICINA.	190
DESCARGA DE DATOS.	190
6.5.1 DESCARGA DE DATOS DEL GPS	190
6.5.2 PROCEDIMIENTO.....	196
6.6 PROCESAMIENTO DE DATOS CRUDOS.....	199
6.7 MODELO GEOIDAL DE EL SALVADOR Y CONFIGURACIÓN DEL DATUM.	233
6.8 CAMBIO DE SISTEMA.	247
6.9 INFORMES.	250
6.10 LEVANTAMIENTO CON ESTACION TOTAL	252
6.10.1 LEVANTAMIENTO EN CAMPO.....	255
6.10.2 PROCESO DE AJUSTE.....	255

CAPÍTULO VII.....	260
ANÁLISIS COMPARATIVO.....	260
7.1 PRECISIÓN DEL PROCESAMIENTO Y AJUSTE.....	262
7.2 CIERRE DE BUCLE.....	262
7.3 ORDENES CLASES Y PRECISIONES DE REDES GEODÉSICAS.....	263
7.4 PRECISIÓN EN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	267
CAPÍTULO VIII.....	271
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	271
8.1 CONCLUSIONES.....	272
8.2 RECOMENDACIONES.....	275
FUENTES INFORMATIVAS.....	276
ANEXOS.....	277
ANEXO A: INFORME CANTÓN JALACATAL.....	278
ANEXO B: DIAGRAMAS DE OBSTRUCCIÓN.....	279
ANEXO C: PLANO DE DETALLE DEL MOJÓN TIPO III MODIFICADO.....	286
ANEXO D: FORMATO GPS DE CAMPO.....	287
ANEXO E: COORDENADAS DEL VÉRTICE CANTÓN JALACATAL.....	293
ANEXO F: DATOS DE PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA Y DATUM.....	294
ANEXO G: COORDENADAS DE VÉRTICES Y MKZ.....	295
ANEXO H: CIERRE DE BUCLE VÉRTICES Y MKZ.....	298
ANEXO I: VARIACIÓN DE VALORES ESTÁTICO Y ESTÁTICO RÁPIDO.....	304

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 MAPA DEL MUNDO TAL Y COMO LO CONCEBÍAN LOS BABILONIOS (500 A.C.)	11
FIGURA 2.2 LA TIERRA SEGÚN TALES DE MILETO (625-546 A.C.)	12
FIGURA 2.3 LA TIERRA SEGÚN ANAXIMANDRO DE MILETO (610-547 A.C.)	13
FIGURA 2.4 LA TIERRA SEGÚN ANAXÍMENES (570-500 A.C.).....	13
FIGURA 2.5 RAZONAMIENTO PITAGÓRICO (582-500 A. C.).....	14
FIGURA 2.6 MÉTODO DE LOS ARCOS DE ERATÓSTENES DE CYRENE, (284-192 A.C.).....	15
FIGURA 2.7 DIVERSAS CONCEPCIONES SOBRE LA FORMA DE LA TIERRA.....	17
FIGURA 2.8 ESFERA CELESTE.	19
FIGURA 2.9 GEODESIA GEOMÉTRICA.	21
FIGURA 2.10 COORDENADAS ECLÍPTICAS.....	20
FIGURA 2.11 GRAVÍMETRO.....	22
FIGURA 2.12 GEODESIA SATELITAL O ESPACIAL.	22
FIGURA 2.13 ELIPSOIDE DE REVOLUCIÓN.....	24
FIGURA 2.14 SUPERFICIE DE NIVEL O SUPERFICIE EQUIPOTENCIAL DEL CAMPO DE GRAVEDAD	26
FIGURA 2.15 EL GEOIDE	26
FIGURA 2.16 ASIMETRÍA DE LA TIERRA.....	27
FIGURA 2.18 COORDENADAS DEL PUNTO P EN EL ELIPSOIDE.....	29
FIGURA 2.17 A- GEOIDE-ELIPSOIDE WGS-84, B- GEOIDE-ELIPSOIDES.	28
FIGURA 2.19 DESVIACIÓN DE LA VERTICAL.....	30
FIGURA 2.20 DESVIACIÓN DE LA VERTICAL.....	31
FIGURA 2.21 RELACIÓN ENTRE ALTURA GEOIDAL Y ALTURA ELIPSOIDAL.....	32
FIGURA 2.22 REPRESENTACIÓN 3D DEL GEOIDE DE EL SALVADOR.	32
FIGURA 3 1 1 DISTRIBUCIÓN DEL SEGMENTO ESPACIAL.....	37
FIGURA 3 2 ESFERA GENERADA POR LA DISTANCIA R_1	39
FIGURA 3 3 UBICACIÓN DEL RECEPTOR EN LA INTERSECCIÓN DE LAS ESFERAS GENERADAS POR LAS DISTANCIAS R_1 Y R_2	40
FIGURA 3 4 . UBICACIÓN DEL RECEPTOR MEDIANTE LA INTERSECCIÓN DE TRES ESFERAS.	40
FIGURA 3 5 UBICACIÓN TRIDIMENSIONAL DEL RECEPTOR.	41
FIGURA 3 6 ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE DE LA SEÑAL.....	42
FIGURA 3 7 . FRECUENCIA GPS.....	44
FIGURA 3 8 . ESTACIONES DE CONTROL.	45
FIGURA 3 9 RECEPTORES DE NAVEGACIÓN.	50
FIGURA 3 10 RECEPTORES GEODÉSICOS DE UNA FRECUENCIA.....	51
FIGURA 3 11 RECEPTORES GEODÉSICOS DE DOBLE FRECUENCIA.	52
FIGURA 3 12 UTILIZACIÓN DEL SERVICIO PRECISO DE POSICIÓN.....	55
FIGURA 3 13 UTILIZACIÓN DEL SERVICIO ESTÁNDAR DE POSICIÓN.	56
FIGURA 3 14 REFRACCIÓN IONOSFÉRICA.....	57
FIGURA 3 15 REFRACCIÓN TROPOSFÉRICA.....	58
FIGURA 3 16 MULTITRAYECTORIA.....	59
FIGURA 3 17 PÉRDIDA DE CICLO.....	59
FIGURA 3 18 ANTENA GPS.	60
FIGURA 3.19 ESQUEMA DE LA MÁSCARA EN UNA OBSERVACIÓN.....	63
FIGURA 3.20 ESQUEMA DE LA VENTANA EN UNA OBSERVACIÓN.	64
FIGURA 3 21 A-) BUENA GEOMETRÍA SATELITAL, B-) MALA GEOMETRÍA SATELITAL.	65
FIGURA 3.22 COMPONENTES DOP.....	66

FIGURA 3 23 CONSTELACIÓN SATELITAL GLONASS.....	68
FIGURA 3 24 CONSTELACIÓN SATELITAL GALILEO.....	70
FIGURA 4 1 MERIDIANOS Y PARALELOS.....	72
FIGURA 4 2 PROYECCIÓN ACIMUTAL TANGENTE.....	74
FIGURA 4.3 PROYECCIÓN CÓNICA TANGENTE.....	75
FIGURA 4 4 PROYECCIÓN CÓNICA SECANTE.....	76
FIGURA 4.5 PROYECCIÓN CILÍNDRICA.....	76
FIGURA 4.6 PROYECCIÓN CILÍNDRICA TRANSVERSAL.....	77
FIGURA 4 7 PROYECCIÓN DE MERCATOR13.....	78
FIGURA 4.8 SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM).....	80
FIGURA 4.9 CUADRÍCULA UTM.....	81
FIGURA 4.10 HUSOS UTM.....	82
FIGURA 4 11 PROYECCIÓN CÓNICA CONFORMAL DE LAMBERT.....	84
FIGURA 4.12 PROYECCIÓN CÓNICA..... PROYECCIÓN CÓNICA SECANTE.....	85
FIGURA 4.13 VALORES DE LA PROYECCIÓN LAMBERT.....	86
FIGURA 4 14 SISTEMA O DATUM GEODÉSICO.....	88
FIGURA 4 15 SISTEMA DE REFERENCIA LOCAL.....	88
FIGURA 4 16 OBSERVACIONES GEODÉSICAS EN ESTACIÓN TEPEZONTES UTILIZANDO EL GEOCEIVER DE MAGNAVOX.....	93
FIGURA 5.1 ANTIGUA REFIGURA 5 1D NACIONAL.....	99
FIGURA 5.2 VÉRTICES GEODÉSICOS DE LA RED DE REFERENCIA SALVADOREÑA RRS.....	100
FIGURA 5.3 AMARRE DE LOS VÉRTICES DE LA RRS.....	101
FIGURA 5.4 ESTACIONES DE REFERENCIA DE OPERACIÓN CONSTANTE.....	101
FIGURA 5.5 RED BÁSICA SALVADOREÑA RBS.....	102
FIGURA 5.6 ESTACIONES SIRGAS-CON INCLUIDAS EN EL PROCESAMIENTO DE LA RBNB_ES2007.....	104
FIGURA 5 7 VÉRTICES DE LA RED GEODÉSICA BÁSICA NACIONAL RBNB_ES2007.....	105
FIGURA 5.8 ESTACIÓN DE REFERENCIA DE OPERACIÓN CONTINUA SAN SALVADOR ILOPANGO AIRPORT (CORS-SSIA).....	107
FIGURA 5.9 REDES GEODÉSICAS DEPARTAMENTALES.....	108
FIGURA 5.10 GEODÉSICA DE NIVELES.....	109
FIGURA 5.11 METODOLOGÍA PARA REALIZAR OBSERVACIONES POR EL MÉTODO ESTÁTICO.....	113
FIGURA 5 12 ESQUEMA DEL MÉTODO ESTÁTICO RÁPIDO.....	115
FIGURA 5 13 MÉTODO CINEMÁTICO.....	116
FIGURA 5 14 MÉTODO STOP & GO.....	117
FIGURA 5.15 MÉTODO RTK.....	119
FIGURA 5.16 EQUIPO ESTACIÓN TOTAL.....	120
FIGURA 5.17 PRISMA Y PORTA PRISMA CON APOYO.....	121
FIGURA 5.19 POSICIÓN DEL PUNTO P EN COORDENADAS POLARES.....	123
FIGURA 5.20 POSICIÓN DEL PUNTO P EN COORDENADAS CARTESIANAS.....	124
FIGURA 5.21 VERTICALIDAD DEL PRISMA.....	124
FIGURA 5.22 POLIGONAL CERRADA.....	125
FIGURA 5.23 AZIMUT DE REFERENCIA.....	126
FIGURA 6.1 UBICACIÓN DEL VÉRTICE UTILIZADO Y LA DISTANCIA A LA CUAL SE ENCUENTRA DE LA UES-FMO.....	137
FIGURA 6.2 VÉRTICES GEODÉSICOS DE LA RED UES-FMO.....	139
FIGURA 6.3 PROCESO DE LLENADO DE UN DIAGRAMA DE OBSTRUCCION.....	143

FIGURA 6.4 FORMATO DE DIAGRAMA DE OBSTRUCCIÓN.	144
FIGURA 6.5 FORMATO LLENO DE DIAGRAMA DE OBSTRUCCIÓN.	145
FIGURA 6.6 MONUMENTO TRIFINIO EL SALVADOR-GUATEMALA-HONDURAS. CIMA DEL CERRO MONTECRISTO.	148
FIGURA 6.7 MONUMENTOS DE LA RED GEODÉSICA BÁSICA NACIONAL.	148
FIGURA 6.8 MOJÓN GEODÉSICO TIPO III MODIFICADO.	149
FIGURA 6.9 PLACA EMPOTRADA. VÉRTICE THO7.	149
FIGURA 6.10 MOJONES DE VÉRTICE Y MARCA ACIMUTAL (MKZ) YA TERMINADOS.	154
FIGURA 6.11 SISTEMA PROMARK2 DE DOS RECEPTORES	156
FIGURA 6.12 RECEPTOR PROMARK2	158
FIGURA 6.13 ANTENA GPS EXTERNA	158
FIGURA 6.14 ABRAZADERA DE TERRENO PARA EL RECEPTOR.....	159
FIGURA 6.15 CABLE DE ANTENA EXTERNA	159
FIGURA 6.16 ABRAZADERA PARA OFICINA CON CABLE PARA TRANSFERENCIA DE DATOS.	160
FIGURA 6.17 COLOCACIÓN DEL TRÍPODE.....	163
FIGURA 6.18 COLOCACIÓN Y CENTRADO DE LA ANTENA.....	163
FIGURA 6.19 COLOCACIÓN DEL RECEPTOR EN LA ABRAZADERA DE CAMPO	164
FIGURA 6.20 COLOCACIÓN DE LA ABRAZADERA Y RECEPTOR EN EL TRÍPODE	164
FIGURA 6.21 A-CONEXIÓN DEL CABLE A LA ANTENA, B- NIVEL ESFÉRICO DEL BASTÓN Y C- CONEXIÓN AL RECEPTOR.	165
FIGURA 6.22 SISTEMA INSTALADO.	165
FIGURA 6.23 SISTEMA INSTALADO	166
FIGURA 6.24 SISTEMA INSTALADO.	167
FIGURA 6.25 BOTONES DE CONTROL OPERACIONAL PARA LAS FUNCIONES DE MEDICIÓN DEL RECEPTOR DEL SISTEMA PROMARK2.	168
FIGURA 6.26 VENTANA DE INICIO LISTA PARA TRABAJAR.	196
FIGURA 6.27 BARRA DE TÍTULO.....	197
FIGURA 6.28 BARRA DE MENÚ	197
FIGURA 6.29 BARRA DE HERRAMIENTAS	197
FIGURA 6.30 BARRA DE ESTADO	198
FIGURA 6.31 ÁREA DE DIBUJO.....	198
FIGURA 6.32 MENÚ DE PANTALLA.	199
FIGURA 6.33 BARRA DE COMANDOS.	199
FIGURA 6.34 CREACIÓN DE LOS SUBDIRECTORIO PROCESAMIENTO Y AJUSTE.....	201
FIGURA 6.35 VENTANA DEL TRIMBLE TOTAL CONTROL.	202
FIGURA 6.36 BARRA DE MENÚ.	202
FIGURA 6.37 CUADRO DE DIÁLOGO PARA INICIAR EL PROYECTO.....	203
FIGURA 6.38 VENTANA DE SELECCIÓN DE PLANTILLA DE TRABAJO.....	203
FIGURA 6.39 VENTANA DE INICIO LISTA PARA TRABAJAR.	204
FIGURA 6.40 VENTANA INSERTAR ARCHIVOS EN EL PROYECTO	205
FIGURA 6.41 SELECCIÓN DE LA CARPETA DATOS CRUDOS	205
FIGURA 6.42 SELECCIÓN DE LOS DATOS PARA AÑADIR AL PROYECTO.	206
FIGURA 6.43 VENTANA DESCODIFICADOR	206
FIGURA 6.44 VENTANA IMPORTACIÓN DE DATOS DE MEDIDA DEL RECEPTOR.....	207
FIGURA 6.45 CIERRE DEL PROCESO DE IMPORTACIÓN DE DATOS	208
FIGURA 6.46 VENTANA PRINCIPAL CON LOS PUNTOS DEL PROYECTO	208
FIGURA 6.47 OPCIÓN PUNTOS EN LA BARRA DE ESTADO.....	209
FIGURA 6.48 SELECCIÓN DEL ARCHIVO OBS.....	210
FIGURA 6.49 ELIMINACIÓN DE LA TRAYECTORIA	210

FIGURA 6.50 SELECCIÓN DE PUNTOS.....	211
FIGURA 6.51 SUBMENÚ DE PUNTOS	212
FIGURA 6.52 VENTANA PROPIEDAD: PUNTO	212
FIGURA 6.53 ID DE PUNTOS	213
FIGURA 6.54 SUBMENÚ ARCHIVOS OBS.....	213
FIGURA 6.55 CONFIGURACIÓN DEL RECEPTOR	214
FIGURA 6.56 CONFIGURACIÓN DE ANTENA.....	215
FIGURA 6.57 IMAGEN DE ANTENA.....	216
FIGURA 6.58 CONFIGURANDO EL TIPO DE MEDICIÓN.....	216
FIGURA 6.59 FMO1 CONFIGURADO.....	217
FIGURA 6.60 PUNTOS Y LÍNEAS BASE PARA LA RED DE VÉRTICES.....	217
FIGURA 6.61 DESVINCULANDO A FMO1 COMO VÉRTICE DE REFERENCIA	218
FIGURA 6.62 ESTABLECIENDO EL VÉRTICE DE REFERENCIA	219
FIGURA 6.63 ASIGNANDO COORDENADAS A LA ESTACIÓN DE REFERENCIA	220
FIGURA 6.64 LÍNEAS BASE DE LA RED DE VÉRTICES	220
FIGURA 6.65 VENTANA PROCESANDO OPCIONES: PARÁMETRO	222
FIGURA 6.66 VENTANA PROCESANDO OPCIONES: PROCESADOR (MODO DE PROCESAMIENTO)	223
FIGURA 6.67 VENTANA PROCESANDO OPCIONES: TIEMPOS	224
FIGURA 6.68 SELECCIONANDO LÍNEA BASE PARA EL CONTROL DE CALIDAD	225
FIGURA 6.69 VENTANA PARA ANÁLISIS DE SATÉLITES CJAL-FMO5	226
FIGURA 6.70 PROCESANDO LÍNEA BASE CJAL-FMO3	227
FIGURA 6.71 VENTANA ORDEN DE PROCESADO	227
FIGURA 6.72 VECTOR CJAL-FMO1 PROCESADO SATISFACTORIAMENTE.....	228
FIGURA 6.73 PROCESAMIENTO DE LA RED DE VÉRTICES FINALIZADO.	228
FIGURA 6.74 CARPETA DE DESTINO PARA GUARDAR EL ARCHIVO PROCESADO	229
FIGURA 6.75 GUARDANDO EL PROYECTO PROCESADO	230
FIGURA 6.76 HERRAMIENTA AJUSTAR.....	231
FIGURA 6.77 VENTANA 3D AJUSTE: LIBRE	231
FIGURA 6.78 VENTANA 3D AJUSTE: CON TENDENCIA.....	232
FIGURA 6.79 PROYECTO AJUSTADO SATISFACTORIAMENTE	233
FIGURA 6.80 SELECCIÓN DEL ADMINISTRADOR DE SISTEMAS DE COORDENADAS.....	234
FIGURA 6.81 EDICIÓN DEL MODELO GEOIDAL.	235
FIGURA 6.82 VENTANA: PROPIEDADES DEL GEOIDE CONFIGURADA.....	236
FIGURA 6.83 ARCHIVO ESGEOIDE CREADO.	236
FIGURA 6.84 SELECCIÓN DEL MODO DE TRANSFORMACIÓN DEL DATUM.	237
FIGURA 6.85 VENTANA: SELECCIONAR GRUPO DE TRANSFORMACIÓN DE DATUM.	238
FIGURA 6.86 VENTANA: PROPIEDADES DE LA TRANSFORMACIÓN DE DATUM.....	238
FIGURA 6.87 VENTANA: PROPIEDADES DE LA TRANSFORMACIÓN DE DATUM CONFIGURADA.....	239
FIGURA 6.88 GRUPO Y MODO DE TRANSFORMACIÓN DE DATUM.....	240
FIGURA 6.89 CREACIÓN DEL GRUPO DE SISTEMA DE COORDENADAS.	241
FIGURA 6.90 VENTANA: PARÁMETROS DEL GRUPO DEL SISTEMA DE COORDENADAS.	241
FIGURA 6.91 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS.	242
FIGURA 6.92 VENTANA: PARÁMETROS DE LA ZONA CONFIGURADA.....	243
FIGURA 6.93 VENTANA: MODELO GEOIDAL CONFIGURADA.	244
FIGURA 6.94 VENTANA: PROYECCIÓN CONFIGURADA.....	245
FIGURA 6.95 VENTANA: CUADRÍCULA DE DESPLAZAMIENTO.....	245
FIGURA 6.96 SISTEMA DE COORDENADAS Y PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA.....	246

FIGURA 6.97 CAMBIO DE SISTEMA EN EL TRIMBLE TOTAL CONTROL.....	247
FIGURA 6.98 VENTANA: SISTEMA DE COORDENADAS Y ZONA.....	247
FIGURA 6.99 VENTANA: SELECCIONAR ZONA DEL SISTEMA DE COORDENADAS CONFIGURADA.....	248
FIGURA 6.100 VENTANA: CONFIGURAR MODELO GEOIDAL CONFIGURADA.....	248
FIGURA 6.101 CONFIRMACIÓN DEL CAMBIO DE SISTEMA.....	249
FIGURA 6.102 VENTANA PRINCIPAL CON SISTEMA EL SALVADOR-LAMBERT.....	249
FIGURA 6.103 SELECCIÓN DE INFORMES.....	250
FIGURA 6.104 VENTANA: INFORME DE PROYECTO.....	250
FIGURA 6.105 POLÍGONO LEVANTADO CON ESTACIÓN TOTAL.....	252
FIGURA 6.106 DATOS CRUDOS.....	256
FIGURA 6.107 ARCHIVO EXTENSIÓN TXT MUESTRA INFORMACIÓN SOBRE EL AJUSTE.....	258
FIGURA 6.108 ARCHIVO EXTENSIÓN TXT MUESTRA COORDENADAS AJUSTADAS.....	259

INDICE DE TABLAS

TABLA 2 1 ALGUNOS DE LOS ELIPSOIDES MÁS EMPLEADOS.....	24
TABLA 2 2 . PARÁMETROS DE LA TIERRA WGS-84.....	28
TABLA 3 1 DISTRIBUCIÓN DEL SEGMENTO DE CONTROL OPERACIONAL.....	47
TABLA 3 2 PRECISIÓN DE LOS RELOJES.....	48
TABLA 3 3 ANTENA GPS.....	62
TABLA 3 4 PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS GLONASS Y GPS.....	68
TABLA 4.1 PARÁMETROS ADOPTADOS PARA EL DATUM NAD 27.....	90
TABLA 4.2 PARÁMETROS DATUTABLA 4 2M NAD 83.....	94
TABLA 5.1TABLA 5 1 VÉRTICES DEL PAÍS.....	103
TABLA 5.2 ESPACIOS RELLENOS EN VERDE NO POSEEN MKZ.....	107
TABLA 6.1 UBICACIÓN DEL VÉRTICE UTILIZADO Y LA DISTANCIA A LA CUAL SE ENCUENTRA DE LA UES-FMO.....	137
TABLA 6.2 PUNTOS DE LA POLIGONAL.....	139
TABLA 6.3 VÉRTICES GEODÉSICOS DE LA UES-FMO Y LOS PUNTOS DEL PERÍMETRO INTERNO VALIDADOS DE ACUERDO AL DISEÑO PRELIMINAR DE LA RED.....	147
TABLA 6.4 ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA PROMARK2.....	161
TABLA 6.5 UTILIDAD DE BOTONES DE APARATO GPS.....	169
TABLA 6.6 DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS DE LA PANTALLA ESTADO MEDICIÓN.....	184
TABLA 6.7 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA PANTALLA ESTADO SATELITAL.....	186
TABLA 7.1 EQUIPOS Y CONDICIONES DE LEVANTAMIENTO.....	261
TABLA 7.2 RESULTADOS DE LEVANTAMIENTO GEODÉSICO.....	263
TABLA 7.3 TABLA DE PRECISIONES PARA GPS. FUENTE: NACIONAL GEODETIC SURVEY (NGS.).....	264
TABLA 7.4 TABLA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y LAMBERT.....	266
TABLA 7.5 TABLA DE PRECISIONES PARA ESTACIÓN TOTAL.....	268
TABLA 7.6 CUADRO COMPARATIVO DE COORDENADAS.....	269

INTRODUCCIÓN.

El siguiente trabajo consta de ocho capítulos, elaborados con la finalidad de servir como una guía básica que contenga fundamentación teórica, conceptualización, funcionamiento, composición, aplicación y posibilidades de desarrollo del Sistema Global de Navegación, específicamente en el campo de la medición por satélite, donde hoy por hoy, constituye una de las herramientas más utilizadas y con mayores expectativas de futuro, ya que proporciona resultados satisfactorios con grandes niveles de precisión y rapidez.

Dentro de la geodesia satelital, existen diferentes técnicas de medición, cada una con sus propias exigencias, normativas, alcances y limitaciones, entre las cuales se pueden mencionar: Estática, Estática Rápida, Cinemática, Stop & Go y Real Kinematic Time (RTK). La utilización de una o más de estas técnicas dependerá de la naturaleza, características y exigencias de cada proyecto.

Para llevar a cabo la aplicación práctica, se establecieron dentro del campus de la UES-FMO tres vértices geodésicos, cada uno con su respectiva marca azimutal. Las coordenadas de estos vértices y de las marcas azimutales, fueron obtenidas mediante la técnica de medición estática. Posteriormente, uno de estos vértices sirvió como punto de referencia para realizar el levantamiento geodésico, mediante la técnica de medición estática rápida, de un perímetro definido dentro del campus universitario.

A partir de los vértices geodésicos, se realizó el levantamiento topográfico del mismo perímetro utilizando equipo de Estación Total, con la finalidad de realizar un análisis comparativo de las coordenadas y precisiones obtenidas a través de las distintas técnicas de levantamiento.

En el primer capítulo se presentan como preámbulo los objetivos de la investigación, dentro de los cuales el principal consiste en la elaboración de un manual técnico para el levantamiento geodésico con GPS y su análisis comparativo con levantamiento topográfico con estación total, de este se desprenden otros objetivos que van encaminados a exponer las diferentes técnicas de medición satelital y así mismo realizar un análisis comparativo de precisiones y coordenadas obtenidas a través de un Levantamiento Geodésico con GPS y un Levantamiento Topográfico con Estación Total, con sus especificaciones y precisiones.

Posteriormente se presentan los antecedentes donde se da a conocer los orígenes y evolución de la Geodesia, la red con vértices geodésicos existentes en nuestro país y como ha ido avanzando la tecnología en el área de la medición a través del sistema GPS. Luego se presenta la Justificación, en la cual se explica la importancia de investigar la Geodesia y su aplicación a través de la elaboración de un manual, el cual servirá como guía en la realización de futuros levantamientos que involucren el uso de tecnología satelital; se da a conocer el planteamiento del problema a investigar, dentro del cual se explica que el presente proyecto contempla la elaboración de un manual que contendrá normas, especificaciones, metodologías, técnicas de medición y post-procesos del levantamiento geodésico; también se establecen los alcances que tiene la investigación y sus limitaciones, las cuales el equipo investigador tratará de superar y solventar.

En el segundo capítulo, se tratan aspectos generales del origen de la Geodesia y sus divisiones, además de las superficies involucradas en las mediciones geodésicas como lo son el Elipsoide y el Geoide, sus parámetros y aplicación.

En el tercer capítulo, se describirá en forma teórica la tecnología de los GNSS, especialmente el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), historia, la definición de su composición, prestaciones, funcionamiento, equipos, aplicaciones y precisiones alcanzadas.

En el cuarto capítulo contendrá las Proyecciones Cartográficas utilizadas a nivel mundial, analizando la Proyección Cónica Conformal de Lambert para nuestro país, conteniendo los diferentes datum, su elipsoide asociado, parámetros y Marcos de Referencia.

En el quinto capítulo, se desarrollarán los conceptos de redes geodésicas con GPS y tipos de poligonación con Estación Total, así como las diferentes técnicas de medición, sus normas, especificaciones, tolerancias y precisiones alcanzadas utilizando equipos modernos de medición Geodésica y Topográfica.

En el sexto capítulo, se llevará a cabo la elaboración del manual y aplicación del mismo a través de las técnicas de medición Estática y Estática Rápida. Para tal fin se considerarán de manera detallada las normas para el levantamiento, es decir la elección del sitio o reconocimiento, documentación, selección del tipo de receptor, medición y bajado de datos crudos, se procesará y ajustará la poligonal perimetral observada con GPS, obteniendo

coordenadas geográficas en el Sistema WGS-84 y planas bajo la Proyección Conformal de Lambert, además de obtener elevaciones sobre el Nivel Medio del Mar utilizando un Modelo Geoidal local. También se llevará a cabo el levantamiento topográfico con Estación Total y el trabajo de oficina.

En el séptimo capítulo se presenta, los resultados a través de cuadros de coordenadas, precisiones obtenidas y los respectivos análisis de la comparación de resultado de ambos levantamientos y el respectivo análisis.

En el octavo capítulo contiene conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES Y

ANTECEDENTES

1.1 OBJETIVOS

GENERAL:

Elaborar un manual técnico para el levantamiento geodésico con GPS de una frecuencia aplicando el sistema global de navegación por satélite (GNSS) utilizando un modelo Geoidal y realizar un su análisis comparativo con levantamiento topográfico con estación total.

ESPECÍFICOS:

- I. Dar a conocer Teorías y conceptos básicos sobre la tecnología de GPS y Geodesia Satelital.
- II. Mostrar las diferentes técnicas de medición satelital, con sus especificaciones y precisiones, de acuerdo al tipo de Levantamiento Geodésico a desarrollar.
- III. Aplicar la técnica de medición satelital en la modalidad estática, para establecer una red mediante vértices georreferenciados, amarrados a la red nacional y con precisión milimétrica dentro de la UES-FMO.
- IV. Emplear la técnica de medición satelital en la modalidad Estática Rápida para la medición del Perímetro interno en la UES-FMO que será comparado con un levantamiento realizado con estación total.
- V. Obtener coordenadas en el Sistema WGS-84 y planas sobre la Proyección Conformal Cónica de Lambert, bajo el Datum NAD 27, además de elevaciones sobre el Nivel Medio del Mar, utilizando un modelo geoidal en el Levantamiento Geodésico de un perímetro interno en la UES-FMO.
- VI. Realizar un análisis comparativo de precisiones y coordenadas obtenidas a través de un Levantamiento Geodésico con GPS de una frecuencia y un Levantamiento Topográfico con Estación Total.

1.2 ANTECEDENTES

Actualmente Las Redes Geodésicas consisten básicamente en una serie de puntos distribuidos por toda la superficie de un país, un departamento o un municipio, formando una malla de triángulos, en los cuales, tras un proceso de complejos cálculos, se conocen sus vértices, a los que se le denominan vértices geodésicos.

A lo largo de la historia de El Salvador se han llevado a cabo diversos trabajos orientados a la determinación de la forma y dimensiones del territorio nacional.

Los primeros trabajos dieron origen a diferentes redes materializadas como puntos sobre el terreno con mayores o menores densidades de cobertura y de aceptables valores de precisión. Logrando que en la década de los años cincuenta y sesenta, se establecieran las primeras redes geodésicas con un aproximado de 1,600 vértices en todo el país.

Esta primera Red Geodésica Nacional estaba constituida por tres arcos principales de triangulación: Arco Norte, Central y Costero.

Estas redes tenían líneas bases de longitud de 20 a 70 kilómetros, de donde se derivaban cadenas de segundo y tercer orden, establecidas para diferentes proyectos tales como estudios de carreteras, proyectos hidroeléctricos, irrigación y drenaje, puntos de control para fotografías aéreas, etc.

Estas redes geodésicas fueron levantadas en base a observaciones astronómicas, con equipos modernos en su época como lo eran los teodolitos.

En la actualidad con el avance de la tecnología estas redes geodésicas son observadas a través de los Sistemas de Posicionamiento Global, que permiten la determinación de posiciones en cualquier lugar del globo terrestre en un sistema mundial de coordenadas, con precisiones absolutas de decenas de metros hasta precisiones relativas al nivel del centímetro.

En el año 1998 el Instituto Geográfico Nacional (IGN) levanta su primera Red Geodésica Nacional de primer orden con equipo satelital GPS, enmarcándola en el Sistema Geodésico Mundial (WGS-84), densificando posteriormente redes departamentales y municipales.

Posteriormente en el año 2007 se levanta una nueva Red Geodésica, denominada SIRGAS-ES2007, la cual está compuesta por 38 estaciones distribuidas homogéneamente sobre el territorio nacional.

El objetivo principal de esta nueva Red Geodésica es suministrar una plataforma de referencia moderna, precisa y confiable a los productores y usuarios de información georreferenciada en el país, garantizando que estas coordenadas estén definidas sobre el mismo sistema que sirve como base para el cálculo de las orbitas de los satélites GPS, distribuidas por el Servicio Internacional GNSS, de esta manera, los vértices de la Red Geodésica Nacional SIRGAS-ES2007, pueden ser utilizadas como estaciones de referencia y sus coordenadas junto a las efemérides satelitales del IGS, permiten obtener posiciones geodésicas referidas directamente al ITRF vigente.

De igual manera tomando como referencia esta nueva red geodésica, se densificaron nuevamente cada uno de los 14 departamentos y sus respectivos municipios.

El presente trabajo, tomará como Marco de Referencia la Red Geodésica SIRGAS-ES2007, es decir los vértices geodésicos que formarán parte del Levantamiento Geodésico en la Universidad de El Salvador-Facultad Multidisciplinaria Oriental, estarán ligadas a los vértices que conforman la Red SIRGAS-ES2007, logrando con ello que las coordenadas resultantes de todo el procesamiento, sean de alta precisión y estén en el mismo Sistema y época de Referencia.

En cuanto a la topografía esta se define tradicionalmente como la ciencia, el arte y la tecnología de conocer y determinar las posiciones relativas de puntos situados por encima de la tierra, sobre dicha superficie y debajo de ella. Los registros históricos más antiguos sobre la topografía que existen en nuestros días, afirman que esta ciencia se originó en Egipto. Sin embargo, en un sentido más general, la topografía se puede considerar como la disciplina que comprende todos los métodos para medir, procesar y difundir la información acerca de la tierra y nuestro medio ambiente, la topografía ha tenido gran importancia desde el principio de la civilización. Sus primeras aplicaciones fueron las de medir y marcar los límites y los derechos de propiedad. A través de los años su importancia ha ido en aumento al haber una

mayor demanda de diversos mapas y planos, y la necesidad de establecer líneas y niveles más precisos como una guía para las operaciones de construcción.

Existen distintos métodos para realizar un levantamiento topográfico con los cuales se pueden llegar a obtener los datos necesarios para la medición de una superficie. Para la obtención de datos con el fin de realizar el análisis comparativo, se realizará un levantamiento con Estación Total, por ser el aparato con mayor exactitud utilizado en el campo de la ingeniería de nuestro país. Su funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica y consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La tecnología de GPS ha tenido un gran auge en los últimos años, ya que esta presenta en todos sus campos de aplicación resultados rápidos y eficaces. Dichos campos de aplicación son fundamentales para el desarrollo de la humanidad y a la vez tan variables que van, desde la navegación tanto aérea como marítima, desplazamiento de fallas geológicas y monitoreo de la actividad sísmica, hasta las obras más vanguardistas de ingeniería.

En el área de ingeniería, la aplicación donde mayor beneficio representa es en la topografía y replanteo de obras, ya que proporciona un marco de referencia cuyas bases se vinculan a las técnicas más modernas de medición y posicionamiento vigentes en la actualidad. Ya que en nuestro país por considerarse desde el punto de vista académico, como una ciencia nueva, el manejo de información y su aplicación se concentra en su inmensa mayoría en instituciones gubernamentales. Es por ello que se considera importante desarrollar una investigación acerca de esta tecnología y su aplicación práctica en el campo de la topografía, con el objetivo de identificar, analizar y comparar los resultados de su utilización con los obtenidos a través de los métodos tradicionales.

Además, en un futuro, si la Universidad adquiere este tipo de equipo, cuente con un documento que pueda ayudar al manejo y uso adecuado tomando en consideración este tema de la tecnología de GPS como un capítulo a desarrollar en las materia de topografía.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el país muchas empresas privadas o gubernamentales realizan levantamientos topográficos y/o geodésicos sin tomar en cuenta las normas y especificaciones técnicas, realizando sus levantamientos con coordenadas asumidas o en forma errónea, es por ello que la presente investigación contempla la elaboración de un manual que contiene normas, especificaciones, metodologías, técnicas de medición y post-procesos de redes geodésicas y cuyas coordenadas, generadas de las observaciones satelitales, estén enmarcados en el Sistema Geodésico Mundial (WGS-84) y la correspondiente transformación a la Proyección Cónica Conformal de Lambert, bajo el Datum NAD 27. Así mismo se realizó un análisis comparativo de precisiones y coordenadas respecto a los resultados de un levantamiento topográfico realizado con Estación Total.

1.5 ALCANCES

- I. El manual técnico se realizará para la aplicación de las técnicas de medición Estática y Estática Rápida.
- II. Exponer las especificaciones técnicas que norman los métodos a utilizar para el Levantamiento Geodésico de un perímetro interno en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental.
- III. Se utilizará un modelo de geoide del país para la obtención de elevaciones sobre el Nivel Medio del Mar.
- IV. El levantamiento topográfico con Estación Total servirá únicamente como comparativo con el método de levantamiento geodésico, por lo cual no se profundizará en la metodología y utilización del equipo para dicho levantamiento.

1.6 LIMITANTES

- Debido a que el equipo GPS es de alta tecnología y su costo es elevado, son pocas las instituciones que lo poseen, y ninguna universidad cuenta con esta especialización o materias afines dentro de sus planes de estudio, siendo estos algunos factores de la poca información y difusión de esta ciencia; por lo consiguiente existe poco personal capacitado en esta área.
- Pocos trabajos han sido realizados a nivel académico en el país sobre el uso de equipo de GPS.
- La difícil adquisición o préstamo de los determinados equipos que se necesitaran para desarrollar el tema.
- El software utilizado es EL Trimble Total Control versión 2.73, el aparato GPS es el la Estación Total SOKKIA SET 650RX y Colector TDS RECON.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS
TEÓRICOS DE GEODESIA.

2.1 ORIGEN DE LA GEODESIA.

Desde el momento en que el hombre evoluciona a una criatura pensante ha mostrado su interés por la Tierra, ¿Cuál es su forma? ¿Cuáles son sus dimensiones? ¿Causas y consecuencias de los fenómenos naturales que la rodean y condicionan su comportamiento? Estas preguntas dieron origen a la Geodesia.

En una primera época, y ante la necesidad de comprender tales cuestionamientos surgieron las más variadas supersticiones, mitos, ritos y cultos, cuyo legado se refleja actualmente a través de monumentos tales como las pirámides de Egipto y templos y ciudades construidas a lo largo de México, Centro y Sur América.

El estudio y evolución de la Geodesia ha planteado grandes problemas matemáticos en todas las épocas, y en la historia de esta ciencia aparecen los más eminentes científicos de la humanidad, quienes han aportado sus conocimientos y contribuido a su desarrollo. Al mismo tiempo, o quizá por ello, la Geodesia ha sufrido los avatares y controversias del desarrollo cultural de los pueblos y en muchos casos la influencia de ciertas filosofías e incluso de la propia teología.

2.1.1 HISTORIA.

BABILONIA-ASIRIA.

La Tierra era considerada como un disco plano que flota en el océano y en cuyo centro se encuentra Babilonia. A esta concepción corresponde el único mapa del mundo que se conoce de esta época. Fue dibujado por un escriba en la parte inferior de una tablilla de arcilla

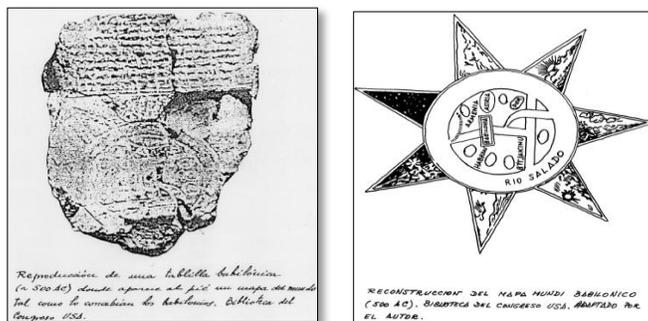


Figura 2.1 Mapa del mundo tal y como lo concebían los babilonios (500 a.C.)

EGIPTO.

Herodoto le atribuye a Egipto la invención de la geometría. Los egipcios poseían sólidos conocimientos en esta área, prueba de ello es que desde las campañas napoleónicas, se conoce la extraordinaria precisión en la orientación de las caras de algunas pirámides respecto a los puntos cardinales.

GRECIA.

Tales de Mileto (625-546 a.C.) decía que la Tierra era un barco redondo flotando en un océano sin límites. El mediterráneo ocupa el centro del disco y se comunica con el océano circundante por el estrecho de Gibraltar.

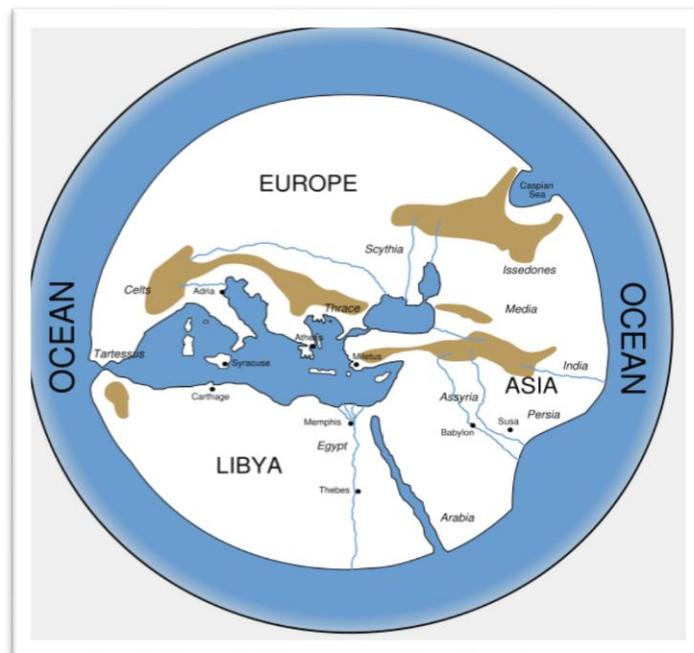


Figura 2.2 La Tierra según Tales de Mileto (625-546 a.C.)

Anaximandro de Mileto (610-547 a.C.), discípulo de Tales, dice que la tierra es un disco cilíndrico cuyo eje está orientado de este a oeste, y que ocupa el centro de todo lo creado. Introdujo la idea de la esfera celeste, que aún continua utilizándose en Astronomía de Posición.

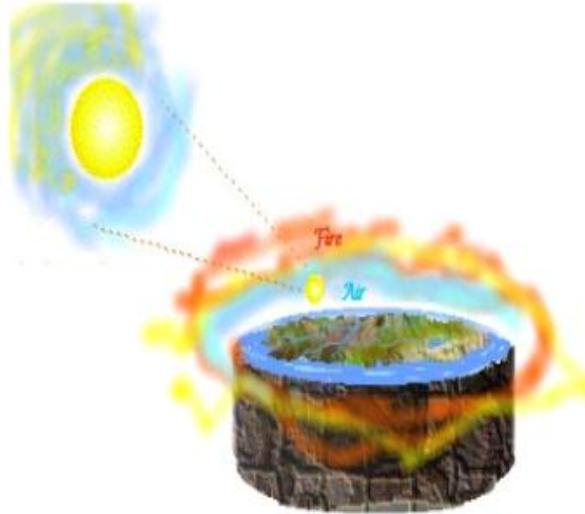


Figura 2.3 La Tierra según Anaximandro de Mileto (610-547 a.C.)

Para Anaxímenes (570-500 a.C.) el Sol es un disco muy delgado y la Tierra es otro disco o trapecio sostenido por una capa de aire comprimido, que no escapa debido a las grandes dimensiones del disco.

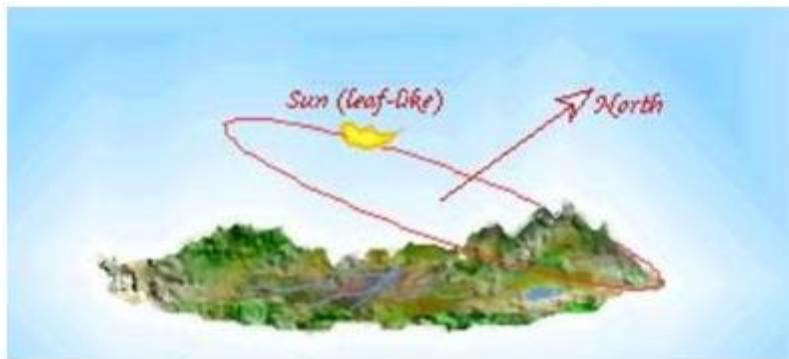


Figura 2.4 La Tierra según Anaxímenes (570-500 a.C.)

Pitágoras de Samos (582-500 a. C.) cuyo razonamiento sostenía que siendo El Sol y La Luna esféricos, la Tierra también lo era. Filolao, discípulo de la escuela pitagórica, fue el primero en afirmar que el universo no era geocéntrico. El Sol y todos los otros cuerpos giran alrededor de un fuego central (Hestia).

Explicó la sucesión de los días y las noches postulando la rotación terrestre.

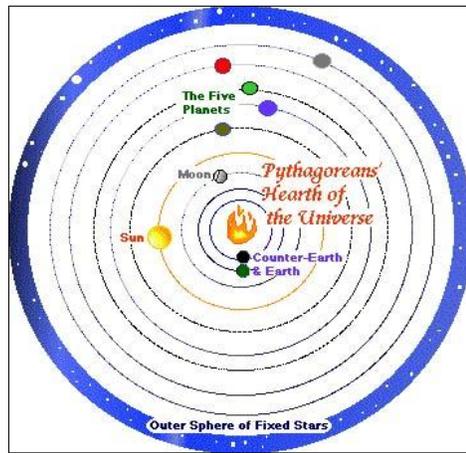


Figura 2.5 Razonamiento pitagórico (582-500 a. C.)

Aristóteles (384-322 a.C.). En su sistema del mundo la Tierra ocupa el centro del Universo y está fija. A su alrededor se suceden las regiones del agua, del aire y del fuego. Afirma la forma esférica de la Tierra por la sombra de la tierra sobre la Luna durante los eclipses, la aparición y desaparición de constelaciones cuando se marcha de norte a sur o viceversa y por la forma en que desaparecen los barcos en el horizonte.

Admitiendo la esfericidad de la Tierra, Eratóstenes de Cyrene, (284-192 a.C.), director de la biblioteca del Museo de Alejandría, es el primero que desarrolla un método científico para calcular el radio terrestre, pudiendo considerarse el fundador de la Geodesia.

El punto de partida lo constituyen las observaciones y datos siguientes: El día del solsticio de verano, al mediodía los rayos solares inciden perpendicularmente en Siena (hoy Asuán a la orilla del Nilo) iluminando el fondo de los pozos. En el mismo día y hora, en Alejandría la sombra de un obelisco permite determinar que los rayos solares forman con la vertical un ángulo de $7^{\circ} 12'$, es decir $1/50$ de circunferencia. Supone que los rayos del Sol forman un haz paralelo.

Considera además: 1- Que el Sol se encuentra exactamente sobre la línea del Trópico de Cáncer al mediodía del solsticio de verano, por lo que llegó a la conclusión que Siena estaba sobre esta línea, 2- Que Alejandría y Siena se encuentran en una dirección norte-sur,

exactamente en el mismo meridiano, 3- Que la distancia lineal entre las dos ciudades es de 5,000.00 estadios.

Concluye que la desviación angular respecto a la vertical en Alejandría es exactamente el ángulo que forman las verticales en el centro de la esfera. Luego el meridiano tiene una longitud de 250,000.00 estadios. Si se usa el estadio de 185 metros, obtuvo un valor de 46,250.00 kilómetros.

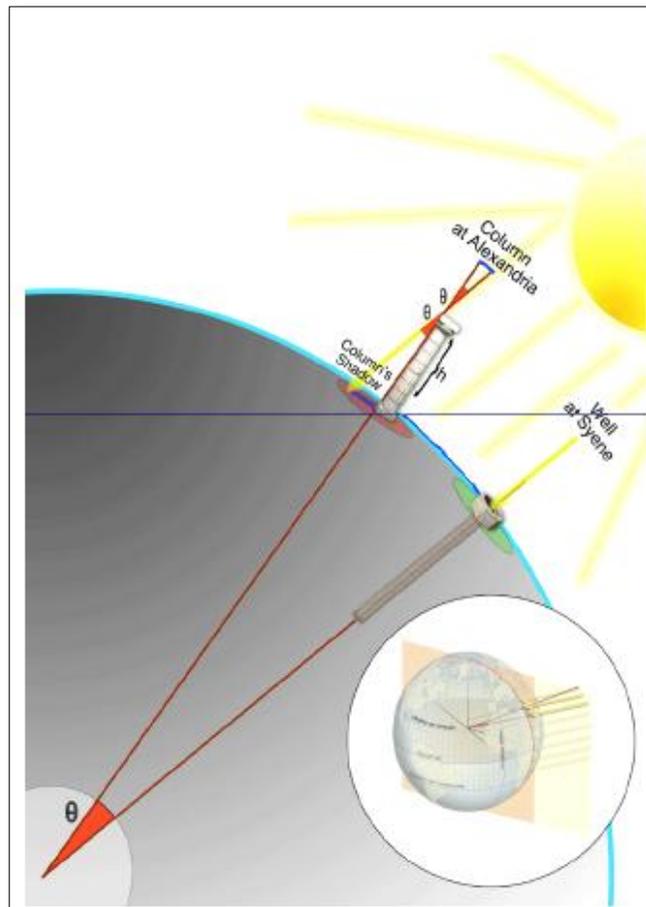


Figura 2.6 Método de los Arcos de Eratóstenes de Cyrene, (284-192 a.C.)

Pese a la notable exactitud, se cree que los resultados obtenidos fueron afortunados, ya que existieron elementos de juicio equivocados en tal determinación como por ejemplo: Aunque es cierto que los rayos solares inciden perpendicularmente al mediodía del solsticio de verano en el Trópico de Cáncer, Asuán no está exactamente en el Trópico, está 37 millas al norte.

Asuán no está en el mismo meridiano que Alejandría, la diferencia de longitud es de $3^{\circ} 30'$ y a diferencia de latitud es de $7^{\circ} 5'$.

Así mismo existen varias hipótesis de como determinó la distancia de 5,000.00 estadios. Unos dicen que basándose en el hecho que una caravana de camellos se desplazaba unos 100 estadios por día, y que se empleaban 50 días para llegar de una ciudad a otra. Otros que empleó un mapa catastral egipcio, de los que disponía en la biblioteca de Alejandría, de la cual era director.

Pese a la equivocación en los elementos que fueron asumidos para llevar a cabo tal experimento, esta medición del tamaño de la Tierra fue un importante progreso para la época.

En el siglo XVII una nueva etapa en el estudio de la forma y dimensiones de la Tierra comenzó después que la ley de gravitación universal fuera enunciada por Newton.

Partiendo de la suposición de que nuestro planeta en otros tiempos estuvo en un estado de líquido incandescente, Newton postuló que la Tierra debería tener una forma de esferoide aplastada en los Polos debido al movimiento de rotación terrestre que genera una fuerza centrífuga normal al eje, que adquiere un valor máximo en el Ecuador hasta anularse en los Polos.

El francés Cassini, a partir de mediciones erróneas anuncia un esferoide alargado en los polos. Se produce entonces una fuerte controversia entre ambos científicos.

Esta teoría se podía comprobar determinando la longitud de arcos de meridianos correspondiente a una variación de latitud de un grado. Si la longitud de un arco de meridiano determinado, resultara mayor que otro más alejado del Ecuador, quedaría demostrado el achatamiento de la Tierra en los polos.

En el siglo XVIII se resuelve la controversia a partir de dos expediciones geodésicas que dispuso realizar la Academia de Ciencias de París: una a Laponia cercana a la latitud 66° y otra al Perú cercana al Ecuador. En dichas expediciones se determinó la longitud de arcos de meridianos correspondiente a una variación de latitud de un grado. Los resultados de estas expediciones confirmaron la concepción de Newton.

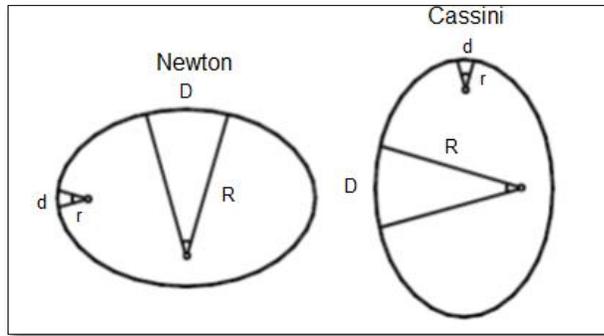


Figura 2.7 Diversas concepciones sobre la forma de la Tierra.

En la primera mitad del siglo XX el método utilizado para los levantamientos geodésicos fue fundamentalmente el de triangulación que consistía en mediciones angulares. En la segunda mitad del siglo XX irrumpieron los electrodistanciómetros, facilitando notablemente la medición de distancias con adecuada precisión, lo cual generó predilección por la trilateración. Pese a los notables avances, este tipo de métodos tradicionales tenían como limitante la visibilidad para las observaciones, los levantamientos exigían ubicar puntos de observación en la cima de las montañas y torres especiales fueron desarrolladas con el objetivo de aumentar el alcance de las observaciones astronómicas.

Sobre fines del siglo XX los geodestas tienen acceso masivo a la tecnología GPS, que permite el posicionamiento preciso de puntos terrestres a partir de señales provenientes de satélites artificiales diseñados para ese fin.

2.2 DEFINICIÓN.

Del griego: geodesia (geo, tierra; daien, dividir) que significa “dividir la tierra”. La Geodesia en el aspecto más general se define como la ciencia que trata de la determinación de las dimensiones exactas y de la forma de la Tierra y de la localización precisa de puntos sobre la superficie terrestre. A consecuencia de su evolución a lo largo de la historia, el concepto de Geodesia ha sido posteriormente extendido y en la actualidad su estudio incluye: la medición de los fondos oceánicos, la determinación del campo gravitatorio terrestre y sus variaciones temporales y la orientación y posición de la tierra en el espacio. También está ligado a la exploración espacial, lo que permite estudiar, en el sentido geodésico, otros cuerpos celestes.

Un apartado especialmente importante de la geodesia, es la determinación de la posición de puntos fijos sobre la superficie terrestre mediante coordenadas que varían con el tiempo (latitud, longitud y altura). La materialización de estos puntos sobre el terreno constituye las redes geodésicas, conformadas por una serie de puntos o vértices geodésicos, con coordenadas que configuran la base de la cartografía de un país.

2.2.1 OBJETIVO.

La Geodesia como una ciencia básica y a partir de sus fundamentos **fisicomatemáticos**, suministra a través de sus teorías, resultados, mediciones y cálculos, la referencia geométrica para las demás geociencias como también para la geomática, los sistemas de información geográfica, cartografía, catastro, topografía, fotogrametría, la planificación, la ingeniería, la construcción, el urbanismo, la navegación aérea, marítima y terrestre, entre otros, e inclusive, para aplicaciones militares y programas espaciales.

2.2.2 SUBDIVISIONES DE LA GEODESIA.

Los objetivos de la Geodesia pueden alcanzarse siguiendo diversos métodos de trabajo a partir de distintos tipos de datos obtenidos directa o indirectamente. Atendiendo a ello se distinguen cuatro grandes grupos o ramas de la Geodesia que son:

1. La Geodesia Astronómica.
2. La Geodesia Geométrica.
3. La Geodesia Física.
4. La Geodesia Satelital.

2.2.2.1 GEODESIA ASTRONÓMICA

Estudia los métodos astronómicos que permiten determinar las coordenadas geográficas sobre la superficie terrestre, de una serie de puntos fundamentales sobre los que se basarán las redes geodésicas.

En Geodesia Astronómica, se trabaja con un tipo de coordenadas denominadas coordenadas celestes o astronómicas –las cuales guardan correlación con las coordenadas terrestres o geográficas–. La base que los sistemas de coordenadas astronómicas utilizan para asignar posiciones a puntos u objetos observados en el cielo, así como a los astros, se denomina

esfera celeste. La esfera celeste, es un globo imaginario, de radio infinito que rodea a la Tierra, en cuya cara interna se consideran ubicados los astros.

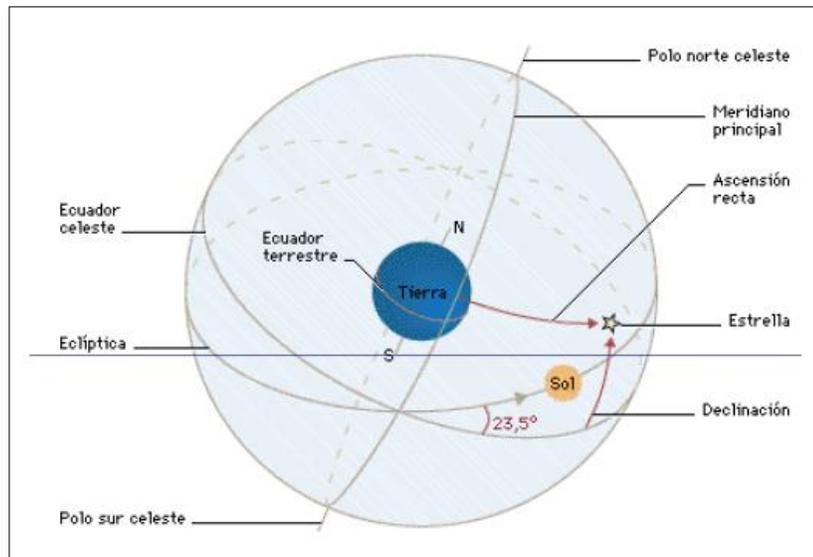


Figura 2.8 Esfera Celeste.

La esfera celeste cuenta con varias particularidades que son:

1. El centro de la esfera celeste es el centro de la Tierra.
2. El radio de la esfera celeste es infinito
3. El Ecuador celeste es la prolongación del Ecuador terrestre
4. La Tierra se considera inmóvil, la esfera celeste gira de este a oeste, respecto a un eje PN-PS.

Así por ejemplo, para la determinación de coordenadas Eclípticas, es necesario saber:

- a) El punto vernal (γ): Es aquel que se origina cuando el sol corta al Ecuador en su recorrido de sur a norte.
- b) El punto de libra (Ω): Es aquel que se origina cuando el Sol corta al Ecuador en su recorrido de norte a sur.

Así podremos determinar:

1. Latitud Astronómica (β_a): Es el ángulo medido en el círculo polar eclíptico. Se mide desde la eclíptica hasta llegar al astro.

$$\beta_a (+) \rightarrow N \quad \text{Donde } 0^\circ \leq \beta_a \leq 90^\circ$$

2. Longitud Astronómica (λ_a): Es el ángulo diedro medido en el círculo de la eclíptica. Parte desde el punto vernal hacia su este hasta llegar al círculo polar eclíptico que contiene al astro. Figura 1.17.

$$\lambda_a (+) \rightarrow E \quad \text{Donde } 0^\circ \leq \lambda_a \leq 360^\circ$$

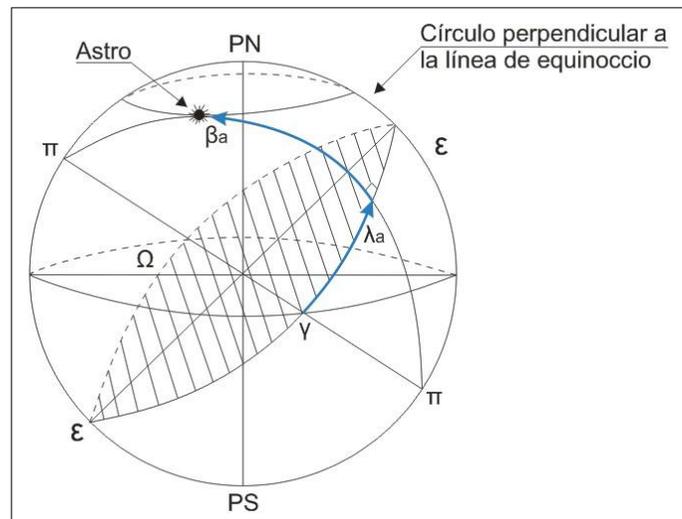


Figura 2.9 Coordenadas Eclípticas.

2.2.2.2 GEODESIA GEOMÉTRICA

Estudia la figura de la tierra desde el punto de vista geométrico para determinar su forma y dimensiones. Para ello se utilizan aproximaciones a la figura de la tierra, es decir: Esfera, Elipsoide, Geoide, etc.

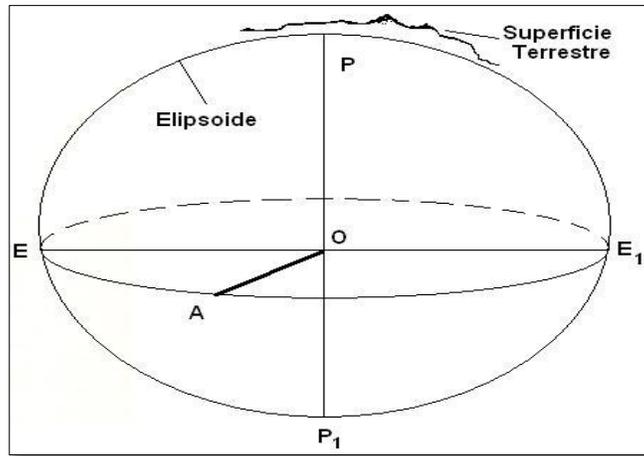


Figura 2.10 Geodesia Geométrica.

2.2.2.3 GEODESIA FÍSICA

Estudia el campo gravitatorio de la tierra, partiendo de mediciones y del modelado del mismo. La determinación de la aceleración de la gravedad sobre la superficie de la Tierra proporciona un método para determinar la forma de ésta. La determinación de la gravedad puede ser absoluta o relativa. Al hacer una determinación absoluta, el valor de la aceleración de la gravedad queda también determinado; en una determinación relativa no, por lo que debe determinarse la diferencia entre la aceleración de la gravedad en una estación pendular base y la de una estación de campo.

La aceleración absoluta de la gravedad es usualmente medida por medio de un aparato pendular. El período de oscilación de un péndulo se mide con toda precisión y con él, se calcula el valor de la gravedad. Las medidas pendulares requieren observaciones repetidas y el período promedio se obtiene partiendo de varios miles de oscilaciones del péndulo. Este tipo de medida requiere varias horas de observación; debido a ello la gravedad absoluta se mide generalmente en un número limitado de estaciones de referencia, llamadas estaciones base de gravedad. Estas estaciones base pueden utilizarse como puntos de referencia para otros tipos de procedimientos de medición.

Los instrumentos utilizados para la medición de la gravedad se llaman gravímetros.

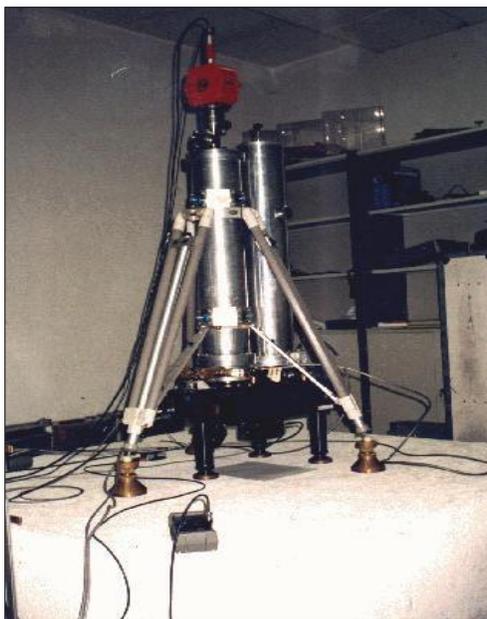


Figura 2.10 Gravímetro.

Estos instrumentos no pueden medir la gravedad absoluta y sus resultados se conocen como medidas gravimétricas relativas. Con un gravímetro se determina la gravedad en distintos lugares y luego estos valores se comparan con el valor de la gravedad de una estación base pendular. En las áreas oceánicas las medidas se llevan a cabo con gravímetros de tipo submarinos.

2.2.2.4 GEODESIA SATELITAL O ESPACIAL

Utiliza las mediciones a cuerpos externos a la tierra para el posicionamiento y las mediciones geodésicas.

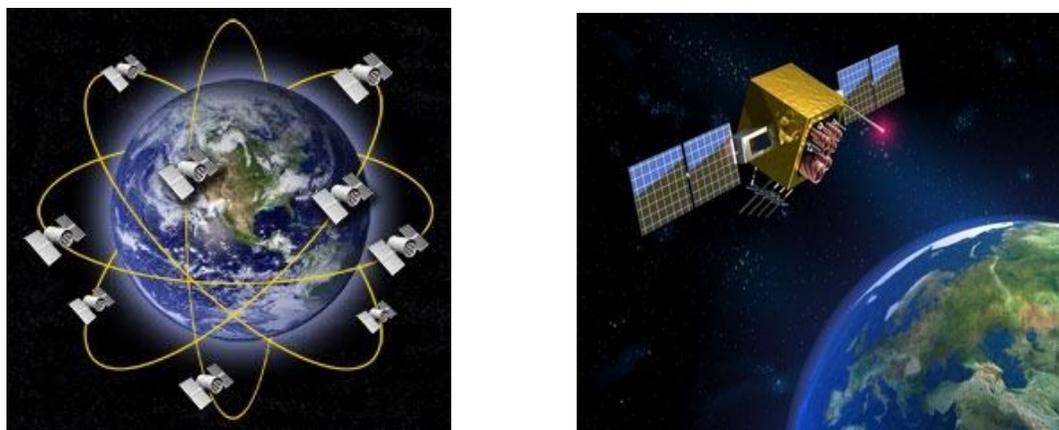


Figura 2.11 Geodesia Satelital o Espacial.

Hoy en día, cualquier trabajo geodésico requiere de la intervención de varias de sus subdivisiones, a fin de alcanzar sus objetivos de forma conjunta en la llamada Geodesia Integrada.

2.3 EL ELIPSOIDE DE REVOLUCIÓN.

La expresión "figura" de la Tierra puede tener varias interpretaciones, de acuerdo con el sentido en que se use y el grado de precisión con que se trate de definirla. La superficie más aparente para nosotros, es la superficie topográfica real de la Tierra, con sus montañas, valles y otras formas terrestres continentales y oceánicas. Esta es la superficie sobre la cual se hacen realmente las mediciones, pero debido a las irregularidades que presenta, su forma no se presta para los cálculos matemáticos. La superficie terrestre es de interés para el topógrafo y el hidrógrafo, así como para el geodesta, en lo que respecta a la influencia que los accidentes del terreno tienen sobre la fuerza de gravedad.

Con el objeto de simplificar el cálculo de las posiciones sobre la superficie de la Tierra, se ha adoptado una superficie matemática simple que se parece mucho a la real de la Tierra. Podríamos escoger una esfera; pero en realidad la esfera es solo una aproximación a la figura real de la Tierra y que sólo es lo suficientemente aproximada para algunas finalidades, como por ejemplo, cálculos astronómicos, navegación etcétera.

La forma de la Tierra, debido a su achatamiento en los polos y a su abultamiento en El Ecuador se representa matemáticamente con más precisión por un elipsoide de revolución, que se genera al hacer girar una elipse alrededor de su eje menor.

El tamaño de un elipsoide se designa generalmente por el radio del ecuador. Este radio se llama semieje mayor y se identifica con la letra a . La forma del elipsoide está dada por el achatamiento f donde $f = 1 - \frac{a}{b}$. Figura 2.13.

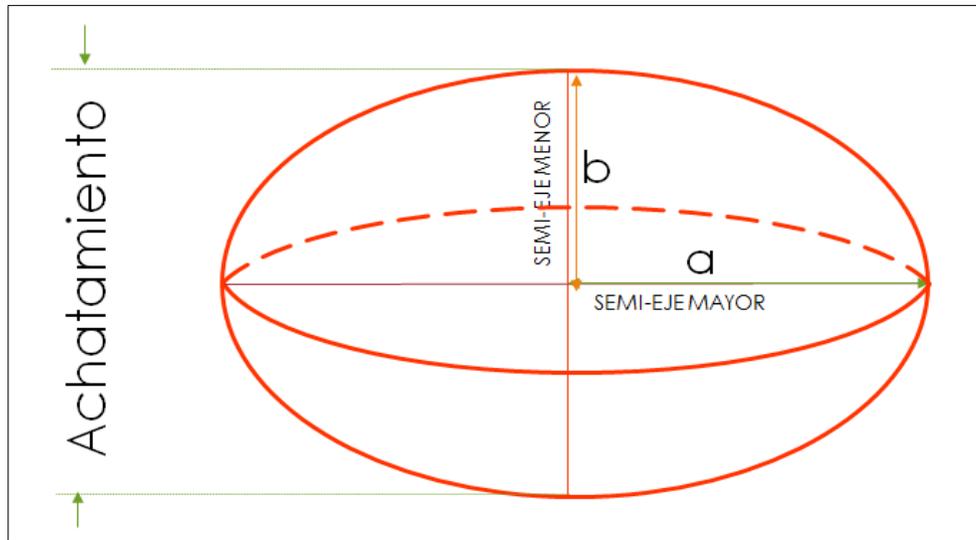


Figura 2.12 Elipsoide de Revolución

El achatamiento indica en qué medida el elipsoide se acerca a la esfera.

En la tabla 2.1 se presentan algunos de los elipsoides más empleados, generalmente conocidos por el nombre de quien los derivó y el año en que fue determinado.

Elipsoide	a	F
Airy 1830	6.377.563,396	299,3249646
Bessel 1841	6.377.397,155	299,1528128
Clarke 1866	6.378.206,4	294,9786982
Clarke 1880	6.378.249,145	293,465
Everest 1830	6.377.276,345	300,8017
Fischer 1960 (Mercury)	6.378.166	298,3
Fischer 1968	6.378.150	298,3
G R S 1967	6.378.160	298,247167427
G R S 1975	6.378.140	298,257
G R S 1980	6.378.137	298,257222101
Hough 1956	6.378.270	297,0
Hayford o Internacional	6.378.388	297,0
Krassovsky 1940	6.378.245	298,3
South American 1969	6.378.160	298,25
WGS 60	6.378.165	298,3
WGS 66	6.378.145	298,25
WGS 72	6.378.135	298,26
WGS 84	6.378.137	298,257223563

Tabla 2.1 Algunos de los elipsoides más empleados.

Dado que la Región Centroamericana está siendo tomada en cuenta dentro de la región norteamericana, el elipsoide utilizado en El Salvador es el Clarke (1866).

Además de elegir las dimensiones para el tamaño y forma del elipsoide, la orientación apropiada del mismo con respecto a la Tierra real introduce algunos requisitos adicionales. Para orientar el elipsoide, su eje de rotación se define siempre como paralelo al eje de rotación de la Tierra; sin embargo, permanece indefinido el centro del elipsoide.

2.4 EL GEOIDE.

Si bien el elipsoide, como superficie geométrica de referencia, permite representar punto a punto por medio de coordenadas la superficie física de la Tierra, las mediciones sobre dicha superficie no se efectúan sobre un elipsoide matemático, sino que están referidas a una superficie llamada geoide.

Es por ello que la utilización del elipsoide no es adecuada cuando lo que deseamos medir son altitudes, ya que existen una gran cantidad de requerimientos prácticos, que imponen la determinación de alturas respecto de una superficie de nivel. De entre estos requerimientos destaca el hecho de que la mayor parte de la Tierra está cubierta por mares y océanos

(70.8 %), entonces la superficie de referencia por excelencia para medir altitudes es el nivel medio del mar.

El geoide es aquella superficie hacia la cual tienden a conformarse las aguas de los océanos ya que tienen la libertad de ajustarse a las fuerzas que actúan sobre ellas. Las fuerzas que actúan sobre los océanos incluirían la atracción real de la masa de la tierra, la fuerza centrífuga debido a la rotación de la misma y otras atracciones debidas a diferencias de densidades en la corteza terrestre. Las características del terreno, tales como montañas, valles e islas oceánicas también ejercen fuerzas de gravedad que a su vez afectan la forma del geoide. En pocas palabras, el geoide es la forma real de una superficie en la que el potencial de la gravedad en cada uno de sus puntos es constante; la superficie es más lisa que la topográfica pero todavía tiene abultamientos y hundimientos.

Técnicamente se define al geoide como aquella superficie horizontal, de nivel o superficie equipotencial del campo de gravedad que en todos sus puntos es normal a la dirección de la

vertical del lugar, la cual coincide con las nociones de dirección de la gravedad en cada punto y es la dirección de la resultante de la fuerza de atracción de la masa terrestre y la fuerza centrífuga producida por la rotación terrestre. Este hecho es importante porque define la dirección de la plomada que usa el topógrafo. Así, toda vez que se utilice un instrumento con nivel de burbuja, este quedará tangente a la superficie Geoidal en el punto donde se halle establecido el instrumento.

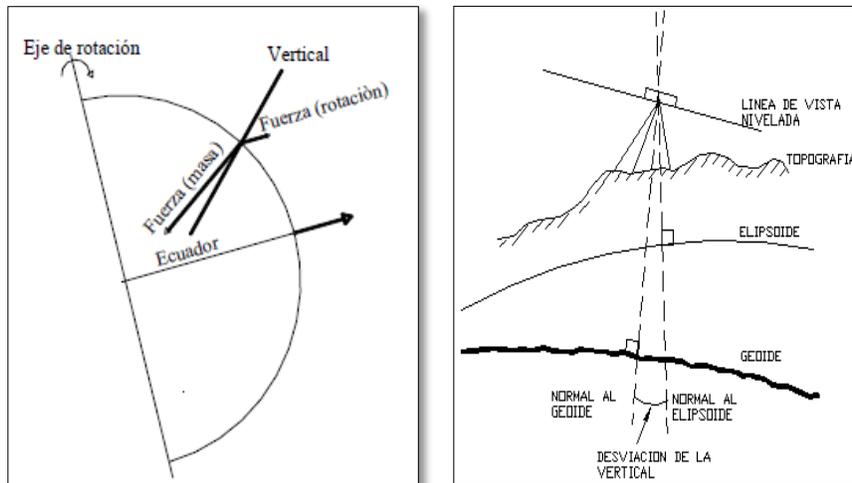


Figura 2.13 Superficie de Nivel o Superficie Equipotencial del Campo de Gravedad

La Tierra aparecerá entonces, laminada por superficies equipotenciales o de nivel de las cuales se destaca una, la que mejor se ajusta al nivel medio del mar, es decir, el geode.

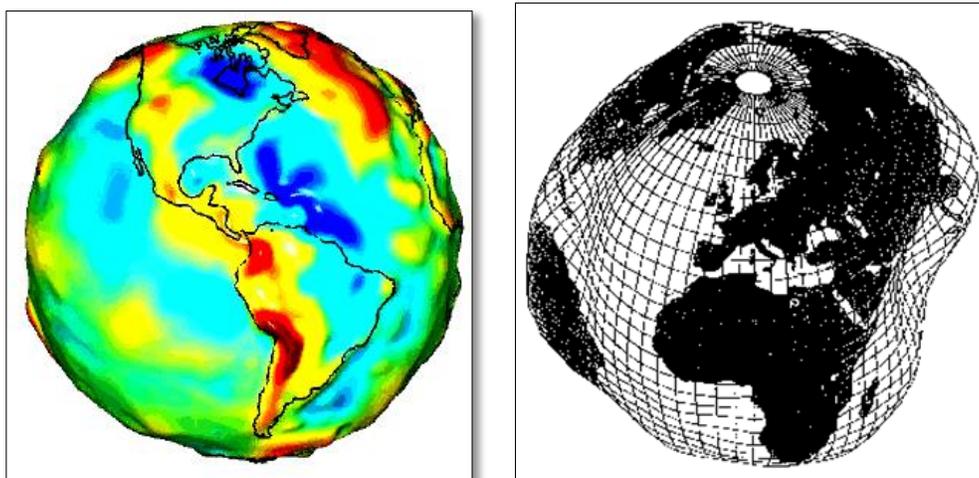


Figura 2.14 El Geode

2.4.1 ORÍGENES DEL GEOIDE.

A principios de la década de los cincuentas, el Servicio Topográfico del Ejército de los Estados Unidos (AMS), añadió una excitante y nueva información del hemisferio Sur. Un equipo de gente en el Sudán completó una información llenando un vacío en la triangulación a lo largo del meridiano 30 que atraviesa el África, y el Servicio Geodésico Interamericano (IAGS) completó un gran arco de triangulación a través de la América Central y del Sur. Estos dos grandes arcos partiendo del Norte y extendiéndose hasta el Sur, fueron analizados por el AMS; y es así como se pudo derivar una nueva figura de la Tierra que resultó ser un poco más pequeña, en relación a la que se había estado utilizando internacionalmente.

En 1958 se añadió otro conjunto de concluyente información por el mismo AMS cuando se lanzó el primer satélite artificial. Se encontró que la Tierra era un poco menos achatada de lo que se había pensado anteriormente.

Cuando se analizaron los datos del satélite en forma más minuciosa, resultó que el punto más cercano en una órbita del satélite, el perigeo, estaba siempre más cerca de la Tierra cuando el satélite estaba sobre el hemisferio norte, que cuando lo estaba en el hemisferio sur, esto indica la asimetría en la forma de la Tierra y además, que es un poco más estrecha en el Norte que en el Sur.

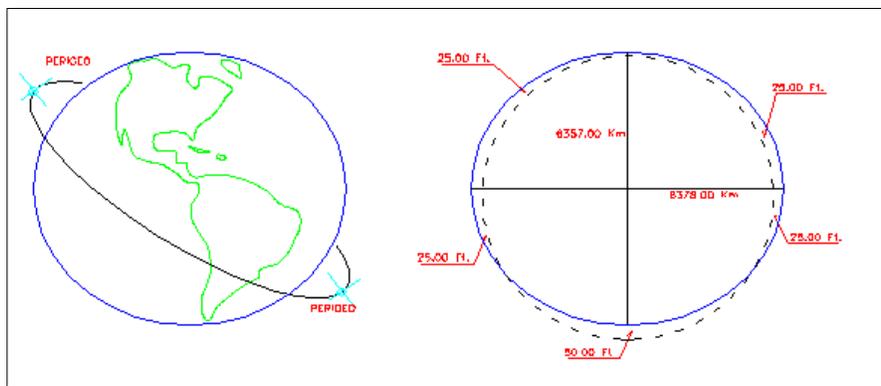


Figura 2.15 Asimetría de la Tierra

2.5 EL GEOIDE Y EL ELIPSOIDE.

Uno de los elipsoides de referencia más utilizados actualmente es el descrito en el sistema denominado World Geodetic System 84 (WGS-84), desarrollado por el Departamento de

Defensa de los EEUU y cuyos parámetros se muestran en la tabla 2.2. Su popularidad se debe a que es el utilizado por el Sistema de Posicionamiento Global por Satélite GPS.

NOMBRE	SÍMBOLO	VALOR
Semieje Mayor	a	6378.137000 km
Semieje Menor	b	6356.752314 km
Factor de Achatamiento	$f = \frac{a - b}{a}$	1/298.257223563
Velocidad Angular de la Tierra	ω_e	$7292115 \times 10^{-11} \text{ rad/s}$

Tabla 2 2 . Parámetros de la Tierra WGS-84. Fuente: IGCN

Este sistema, tal y como su nombre lo indica es un sistema de referencia mundial, ya que tanto su forma y dimensiones dadas por sus características geométricas a, b y f, así como su ubicación y orientación, se obtienen tratando de ajustarlo para describir de la mejor manera posible la forma del geoide.

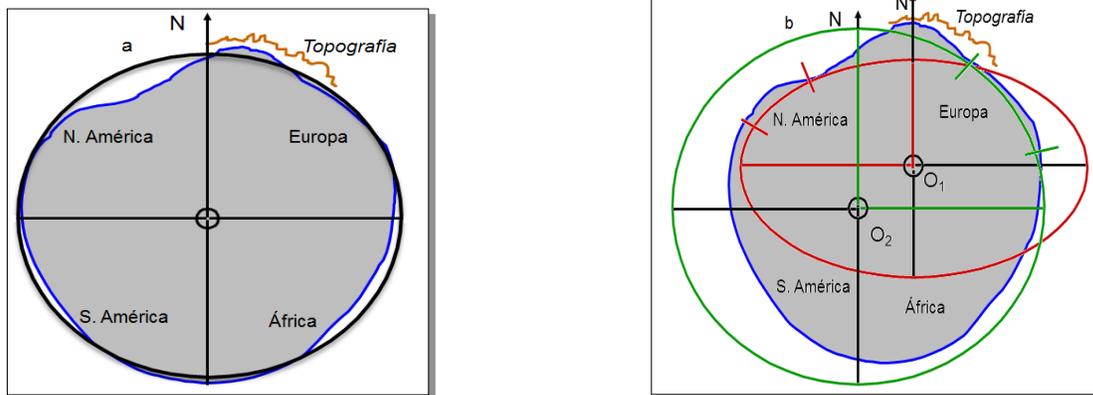


Figura 2.16 a- Geoide-elipsoide WGS-84, b- Geoide-elipsoides.

Es así que el centro del elipsoide coincide con el centro de gravedad de la Tierra, que a su vez sería el origen del sistema cartesiano, el semieje menor apuntando hacia el polo norte convencional (Z), coincidiendo así con el eje de rotación de la Tierra y su eje X pasando por la intersección del plano del Ecuador y el meridiano de Greenwich. En base a dicha orientación, se pueden obtener las coordenadas de un punto tal y como lo ilustra la figura 2.18.

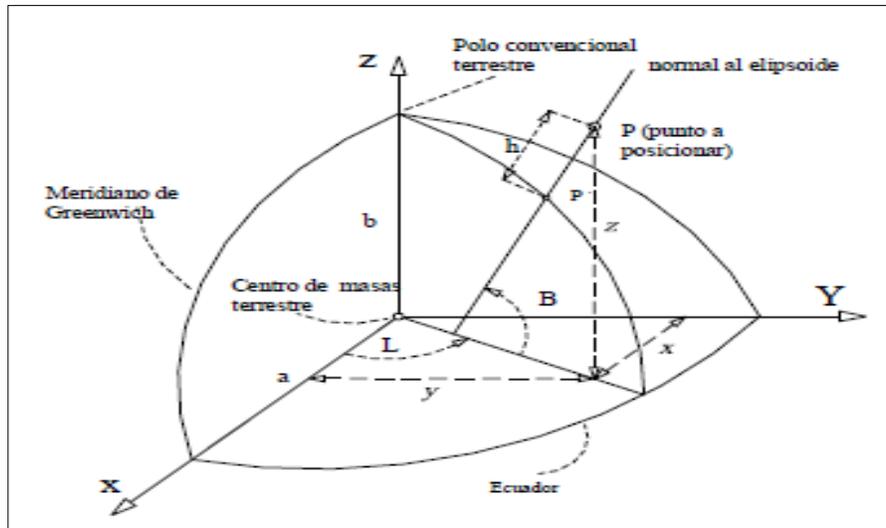


Figura 2.17 Coordenadas del punto P en el elipsoide

Las coordenadas geodésicas del punto P se definen de la siguiente manera:

- ✚ La latitud geodésica B es el ángulo entre el plano del Ecuador y la normal al elipsoide que pasa por el punto P medida en el plano del meridiano del punto. El origen de las latitudes es el Ecuador y varía entre 0° y 90° en el hemisferio norte y entre 0° y -90° en el hemisferio sur.
- ✚ La longitud geodésica L es el ángulo del diedro determinado por el meridiano de Greenwich, es decir el plano (X, Z) y el meridiano que contiene al punto P . La longitud varía entre 0° y 180° medida desde el meridiano de Greenwich hacia el este y 0° y -180° medida desde el meridiano de Greenwich hacia el oeste.
- ✚ La altura geodésica h es la distancia entre el punto y el elipsoide medida a lo largo de la normal al elipsoide. La altura es positiva por encima del elipsoide y negativa por debajo de él.

La utilización de este último tipo de coordenadas permite ubicar al punto en altura por medio de h (respecto del elipsoide) y determinar la posición de su proyección sobre el elipsoide por medio de B y L .

2.5.1 DETERMINACIÓN DE ALTURAS.

Como el elipsoide es una superficie regular y el geoide una superficie irregular, es claro que las dos superficies no coincidirán (figura 2.19). Las superficies pueden intersectarse, en cuyo caso se formará un ángulo, y por consiguiente una separación entre ellas. El ángulo entre las dos superficies es también el ángulo formado entre las perpendiculares al elipsoide y al geoide y se conoce como deflexión o desviación de la vertical. La separación entre las superficies se denomina ondulación geoidal, y representa la distancia entre el elipsoide matemático y el geoide real.

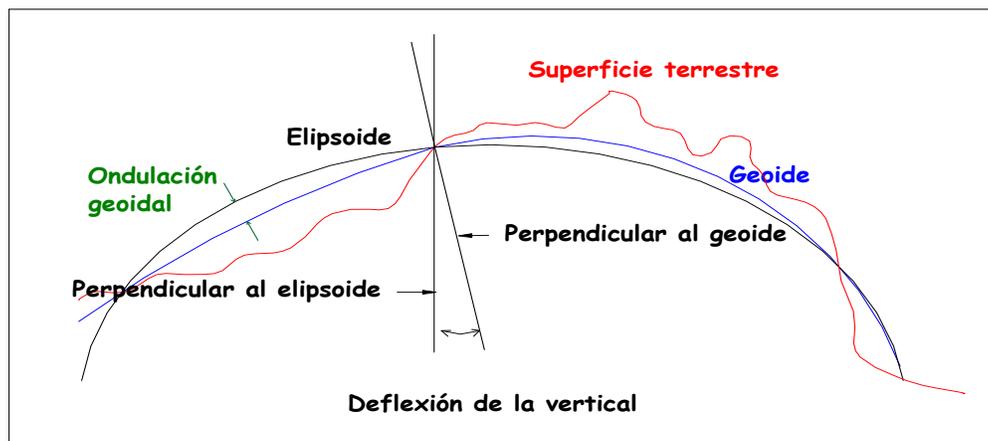


Figura 2.18 Desviación de la vertical.

Tanto la desviación o deflexión de la vertical, así como las ondulaciones del geoide, dependen de las anomalías de masa de la Tierra. La figura 2.20 muestra como el excedente de masa de las montañas y la deficiencia de masa en los océanos, causa las desviaciones de la vertical y las ondulaciones del geoide. En el punto "A" la masa montañosa "atrae" la línea de plomada con respecto a la normal al elipsoide. En forma parecida, la deficiencia de masa del océano "empuja" la línea de plomada. Como el geoide es siempre perpendicular a la línea de plomada, debe elevarse sobre el elipsoide bajo las montañas y quedar abajo en los océanos.

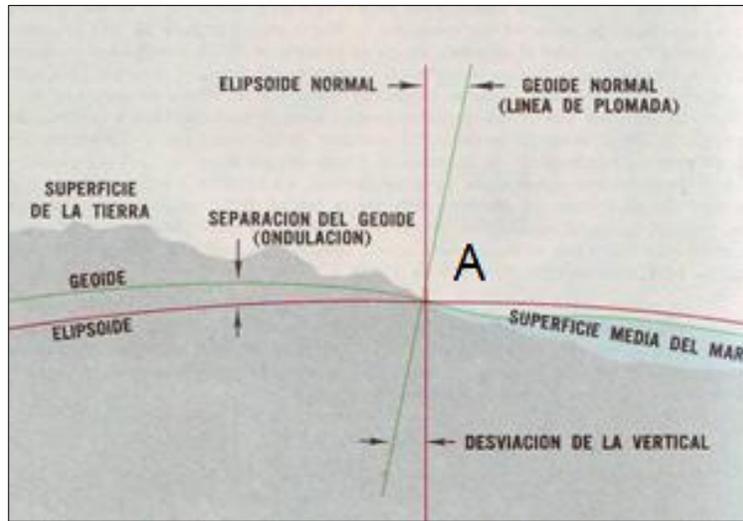


Figura 2.19 Desviación de la vertical.

Con GPS, podemos obtener de manera directa valores de elevación referidos al elipsoide, es decir elevaciones elipsoidales. Como se mencionó con anterioridad, la superficie por excelencia para medir la elevación de un punto es el geoide, que a su vez es la superficie que mejor se adapta al nivel medio del mar, el cual históricamente ha sido usado en la topografía convencional como punto cero o de referencia para la elevación.

El problema fundamental es que estos dos sistemas de alturas o elevaciones, están completamente separados. No podemos medir las alturas directamente en un sistema con las herramientas de otro sistema.

Sin embargo, para armonizar y aprovechar la información proporcionada por ambos sistemas se ha desarrollado la ecuación $H = h \pm N$ donde:

H: Es la elevación ortométrica o elevación sobre el nivel medio del mar.

h: Es la elevación elipsoidal obtenida directamente del receptor GPS.

N: Es la ondulación del geoide, representa la distancia entre el geoide y el elipsoide.

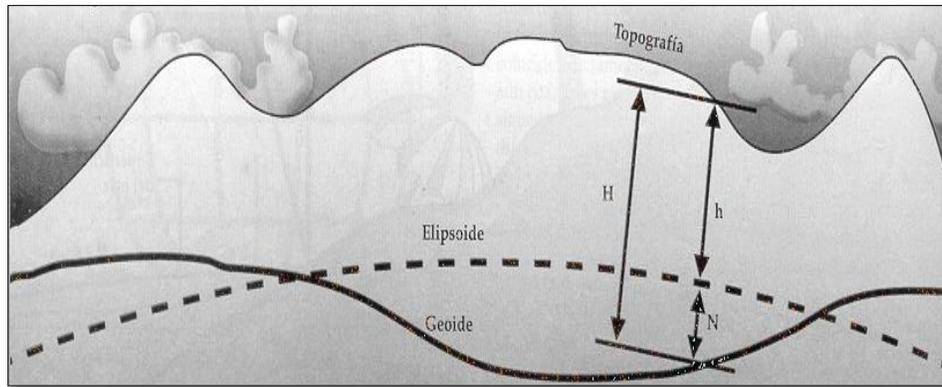


Figura 2.20 Relación entre altura geoidal y altura elipsoidal

Para lograr la aplicabilidad de esta fórmula y lograr obtener valores de elevación ortométrica con precisión centimétrica, el Instituto Geográfico Nacional, ha desarrollado un modelo geoidal del país en Base a la Red Geodésica Básica Nacional SIRGAS_ES2007.8. Establecida dicha red y tomando como referencia la Red Nacional de Niveles, se le dio elevación a todos y cada uno de los vértices geodésicos de la red SIRGAS_ES2007.8.

Posteriormente y mediante la utilización de un modelo escalado del EGM2008 (**Earth Geopotencial Model**), y el método de diferencias finitas para superficies de mínima curvatura, se generó una superficie correctora que sumada a la del geoide base EGM2008 dio origen al modelo de geoide escalado definitivo (figura 2.22).

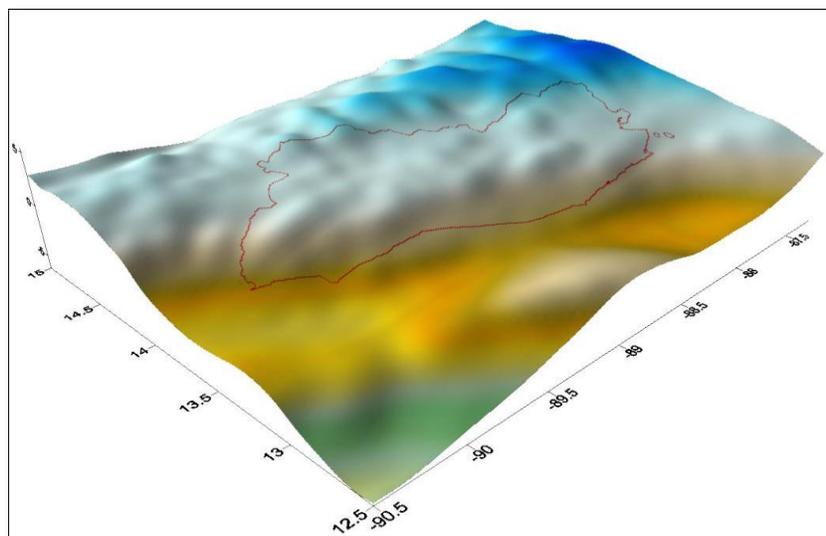


Figura 2.21 Representación 3D del geoide de El Salvador.

CAPÍTULO III

**SISTEMA GLOBAL DE
NAVEGACIÓN POR SATÉLITE
GNSS.**

INTRODUCCIÓN.

GNSS (Global Navigation Satellite System), es el acrónimo que se refiere al conjunto de tecnologías de sistemas de navegación por satélite, como los son el GPS, GLONASS y el reciente GALILEO, quienes proveen de posicionamiento geoespacial con cobertura global de manera autónoma, es decir, que son sistemas capaces de dotar en cualquier punto y momento de posicionamiento espacial y tiempo. Estos sistemas de navegación por satélite constituyen, hoy por hoy, unos de los sistemas más usados y con mayores expectativas de futuro.

3.1 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS.

RESEÑA HISTÓRICA.

La era de la Geodesia Espacial fue motivada por la competencia a nivel de tecnología espacial entre la URSS y USA. Sin embargo fue la URSS quien la dio por iniciada el 04 de octubre de 1957 con el lanzamiento y puesta en órbita del primer satélite artificial de la Tierra, el Sputnik I.

Posteriormente se observó que analizando el desplazamiento Doppler de las señales radiodifundidas por el Sputnik I desde estaciones de posición conocida, era posible establecer la órbita del satélite.

Esto permitió el planteo inverso, es decir, si la órbita era conocida previamente, sería posible obtener la posición de un receptor en una ubicación cualquiera. Para ello habría que analizar las señales recibidas de observaciones realizadas durante diferentes y suficientes pasos del satélite.

Durante la década siguiente las investigaciones se orientaron a desarrollar y perfeccionar los métodos básicos de observaciones satelitales y de cálculo de órbitas, encaminados a implementar sistemas de posicionamiento y de determinación del campo de gravedad terrestre, lo que permitió crear el primer sistema de posicionamiento geodésico.

ANTECEDENTES.

El sistema TRANSIT fue el predecesor inmediato del sistema GPS siendo concebido con fines exclusivamente militares. Era conocido como sistema Doppler porque su funcionamiento se basaba en el llamado efecto Doppler, que es la variación aparente de la frecuencia en función de la velocidad de acercamiento o alejamiento de la fuente emisora.

Entró en operaciones en 1964. Para el año de 1967 se comenzó a utilizar en trabajos de tipo geodésico tales como mediciones de redes geodésicas extensas, determinación de parámetros entre sistemas geodésicos, y otras aplicaciones científicas y tecnológicas.

Estuvo funcionando hasta el año 1996. Su salida de operación se debió fundamentalmente a que un nuevo sistema estaba operando exitosamente, superando importantes deficiencias que caracterizaban a su predecesor.

Las principales deficiencias que presentaba el sistema TRANSIT eran:

- ✚ Dada la escasa altura de las órbitas, estas eran muy afectadas por las variaciones del campo de gravedad.
- ✚ La transmisión de la señal era fuertemente alterada por la refracción atmosférica debido a que la frecuencia de emisión era relativamente baja.
- ✚ Se producían huecos muy grandes en las observaciones, debido a la configuración y al número reducido de satélites de la constelación (entre 5 y 7).

En diciembre de 1973 fue iniciada la implementación del programa NAVSTAR GPS. Se puso en funcionamiento la Fase I de este sistema con el lanzamiento de los primeros prototipos de satélites de esta generación y continuando luego con la Fase II y Fase III. Para diciembre de 1993 se había declarado el sistema en plena capacidad operativa y para marzo de 1994 se da por finalizada su implementación.

La responsabilidad del desarrollo y mantenimiento del sistema recae en el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, División del Sistema Espacial. Esa dependencia se debe a que el sistema fue concebido, igual que TRANSIT, para uso militar.

El uso civil del sistema GPS para cualquier usuario sin costo alguno, sólo fue permitido por el presidente Reagan en 1984 como consecuencia del derribamiento de un avión coreano al ingresar por equivocación al espacio aéreo soviético.

DEFINICIÓN.

El sistema GPS o Sistema de Posicionamiento Global es un sistema compuesto por una red de 24 satélites denominada NAVSTAR (Navigation System Time and Ranging), situados en una órbita a unos 20,200 kilómetros de la Tierra, y unos receptores GPS

Su objetivo fundamental es la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto a un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse bajo cualquier condición meteorológica y en cualquier momento del día. La red de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de América y está gestionado por su Departamento de Defensa.

3.2 CONSTITUCIÓN DEL SISTEMA GPS

El programa NAVSTAR GPS, está compuesto por tres segmentos que son:

-  Segmento Espacial.
-  Segmento de Control.
-  Segmento de Usuario.

3.2.1 SEGMENTO ESPACIAL.

Está constituido por la constelación de satélites NAVSTAR. Dicha constelación se compone de una red de 24 satélites en órbita sobre el globo, a una altura de 20,200 kilómetros y con trayectorias sincronizadas de tal manera, que proporciona cobertura con 4 a 8 satélites por encima de cualquier horizonte, a cualquier hora del día y en cualquier parte del mundo.

Para ello la constelación se reparte en 6 planos orbitales. En cada órbita se sitúan 4 satélites con una separación de 90° entre cada uno de ellos. Las órbitas están orientadas de forma que hay una a nivel del Ecuador, dos órbitas formando 55° con el Ecuador y las 3 restantes son polares y equidistantes entre sí (figura 3.1).

El periodo de revolución es de 12 horas siderales o sea 11 horas 58 minutos. Cada satélite hace dos veces la vuelta de la Tierra en 24 horas siderales, o sea 23 horas 56 minutos en nuestra percepción temporal.

Para poner en órbita los satélites se utilizan cohetes Atlas F y MLV Delta 2.

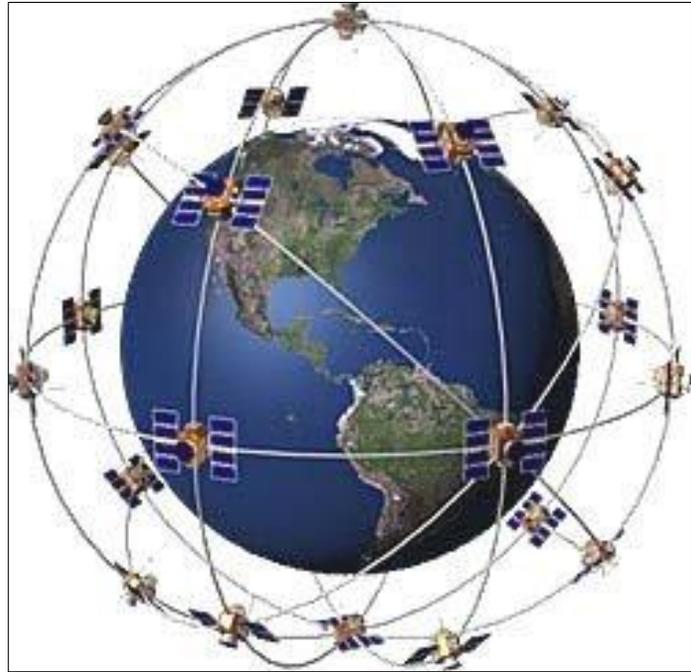


Figura 3.1 Distribución del Segmento Espacial.

IDENTIFICACIÓN DE LOS SATÉLITES.

La identificación de los satélites puede hacerse de varias formas: Por el número NAVSTAR, que es el número de orden de lanzamiento, por el número de órbita y la posición que ocupa en ella, por el número de catálogo NASA, por la identificación internacional constituida por el año de lanzamiento, el número de lanzamiento en el año y una letra según tipo. Pero la forma generalizada de identificarlos es por su PRN o Ruido Pseudo-Aleatorio, que es característico y exclusivo de cada satélite.

Las funciones que tienen que asegurar estos satélites GPS son las siguientes:

- ✚ Mantener una escala de tiempo muy precisa.
- ✚ Emitir dos señales a baja potencia y secuencias de código de Ruido Pseudo-Aleatorio, sobre las dos frecuencias específicas del sistema: $L_1 = 1575.42$ MHz y $L_2 = 1227.60$ MHz.
- ✚ Recibir y almacenar las informaciones que vienen del segmento de Control.
- ✚ Efectuar maniobras orbitales limitadas en función de las órdenes emitidas por el Segmento de Control.
- ✚ Retransmitir informaciones a la Tierra.

La energía eléctrica que requieren para su funcionamiento la adquieren a partir de dos paneles compuestos de celdas solares adosadas a sus costados, con una superficie de 7.25 m^2

Un satélite queda fuera de servicio por avería o envejecimiento de los paneles solares, falta de capacidad de los acumuladores, averías no computables en los sistemas eléctricos o agotamiento del combustible de maniobra y recuperación de órbita.

3.2.1.1 SEÑALES GPS.

El sistema de posicionamiento global por satélite, GPS, se basa en la medición de distancias a partir de señales de radio transmitidas por un grupo de satélites artificiales cuya órbita se conoce con precisión. Dichas señales son captadas y decodificadas por receptores ubicados en los puntos cuya posición se desea determinar.

Si medimos las distancias de al menos tres diferentes satélites a un punto sobre la Tierra, es posible determinar por trilateración la posición horizontal de dicho punto, es decir su latitud y longitud. Cuando lo que se busca es el posicionamiento en tres dimensiones de un punto, se requiere indispensablemente, trabajar con al menos cuatro diferentes satélites.

TRILATERACIÓN SATELITAL.

El hecho de que los satélites de la constelación NAVSTAR, se encuentren girando alrededor de la Tierra a una altura conocida y en órbitas predefinidas, hace posible conocer con

exactitud la ubicación de un satélite en un instante de tiempo dado, lo cual lo convierte en un punto de referencia en el espacio.

Ahora supongamos que un receptor en la Tierra capta la señal de un primer satélite determinando la distancia entre ambos. Esto solamente nos indica que el receptor puede estar ubicado en un punto cualquiera dentro de la superficie de una esfera de radio R_1 (figura 3.2).

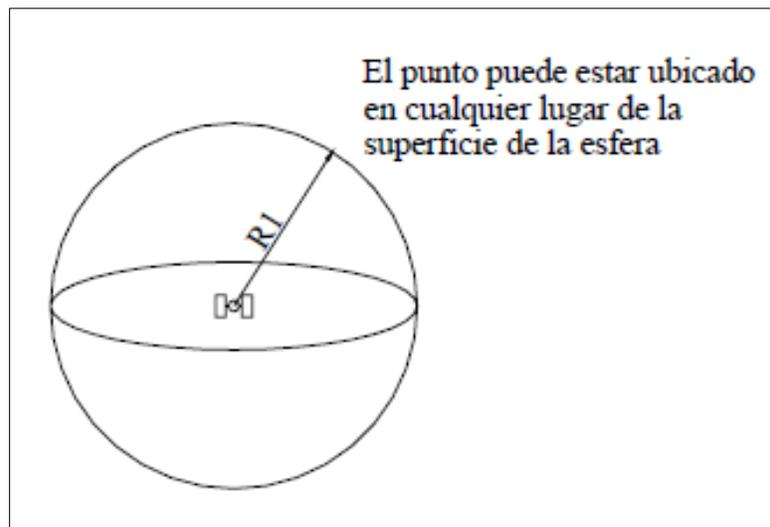


Figura 3.2 Esfera generada por la distancia R_1

Si medimos la distancia de un segundo satélite al mismo receptor, se generará una superficie esférica de radio R_2 , que al intersectarse con la primera esfera se formará un círculo en cuyo perímetro pudiera estar ubicado el punto a medir (figura 3.3).

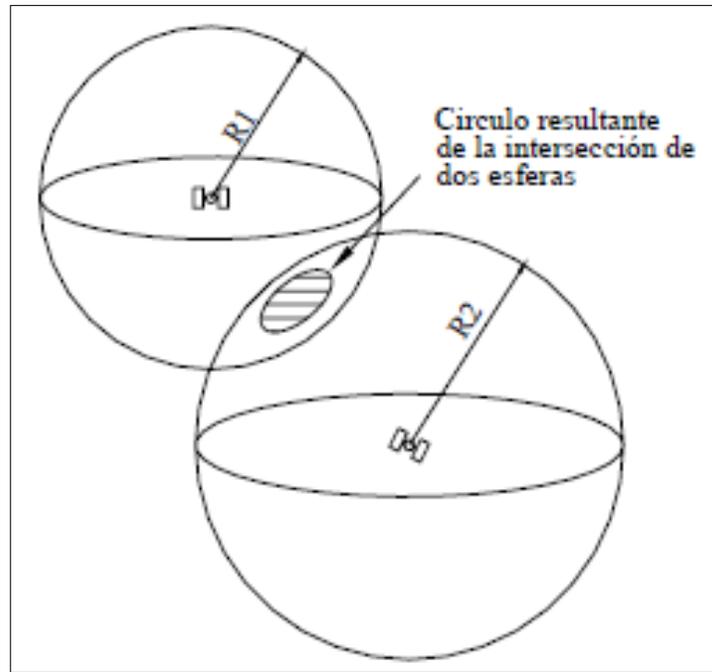


Figura 3.3 Ubicación del receptor en la intersección de las esferas generadas por las distancias R_1 y R_2 .

Si agregamos una tercera medición, la intersección de la nueva esfera con las dos anteriores se reduce a dos puntos sobre el perímetro del círculo descrito. (Figura 3.4).

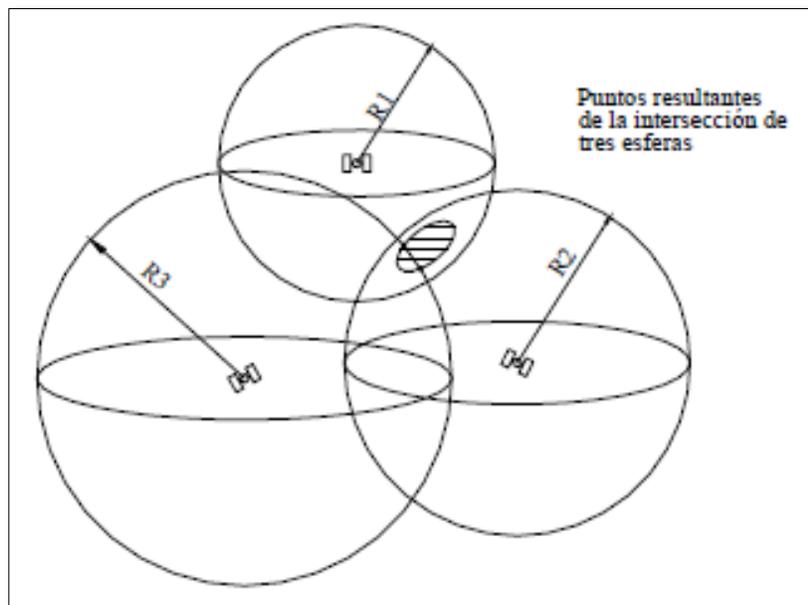


Figura 3.4 Ubicación del receptor mediante la intersección de tres esferas.

Es necesario determinar una cuarta medición a un diferente satélite para lograr el posicionamiento en tres dimensiones (figura 3.5).

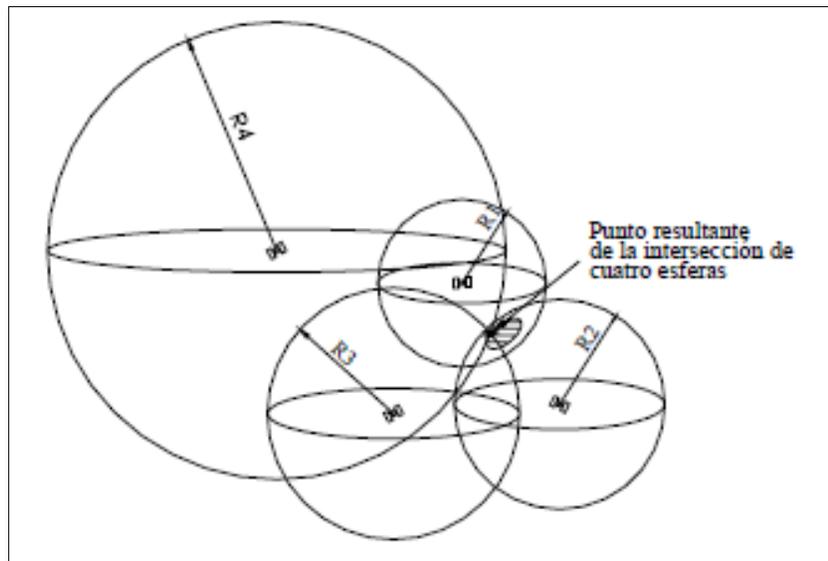


Figura 3.5 Ubicación tridimensional del receptor.

Dado que los receptores, por razones de precio, no pueden tener relojes tan precisos como los que poseen los satélites, resulta prácticamente imposible que exista una sincronización perfecta, por lo tanto cualquier pequeña diferencia da lugar a errores en la localización del receptor, debido a la gran velocidad a la que viaja la señal.

Es por ello que se hace indispensable la medición de una distancia adicional, ya que la trigonometría permite hacer la afirmación de que si tres mediciones perfectas ubican un punto en el espacio cuatro mediciones imperfectas pueden eliminar cualquier desajuste de tiempo, es decir la falta de sincronización entre los relojes de los receptores GPS, y los relojes de los satélites.

3.2.1.2 MEDICIÓN DE LA SEÑAL GPS.

La distancia de un satélite a un receptor se calcula midiendo el tiempo de viaje de la señal de radio desde el satélite al receptor. Conociendo la velocidad de la señal de radio, la distancia se determina por medio de la ecuación de movimiento con velocidad uniforme (Ecuación 3.1).

$$D = v \cdot t \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Siendo:

D = distancia en kilómetros desde el satélite al punto considerado

v = velocidad de la señal de radio, aproximadamente la velocidad de la luz

$v \cong 300,000 \text{ km/s}$

t = tiempo de viaje de la señal en segundos

Para poder medir el tiempo de viaje de la señal, es necesario conocer el instante en que esta parte del satélite. Lo anterior se logra generando códigos pseudo aleatorios tanto en el satélite como en el receptor y sincronizando ambas señales de manera que sean generadas al mismo tiempo, luego, cuando se recibe el código en el receptor se mira retrospectivamente para ver cuánto hace que se generó ahí ese mismo código y así podemos conocer el tiempo transcurrido Δt desde que ese código específico partió del satélite y llegó al receptor. El Δt representa el tiempo de viaje de la señal (figura 3.6).

En este punto aparece nuevamente la sincronización entre los relojes de los satélites y los de los receptores, ya que las distancias con errores debidos al sincronismo se denominan pseudo distancias.

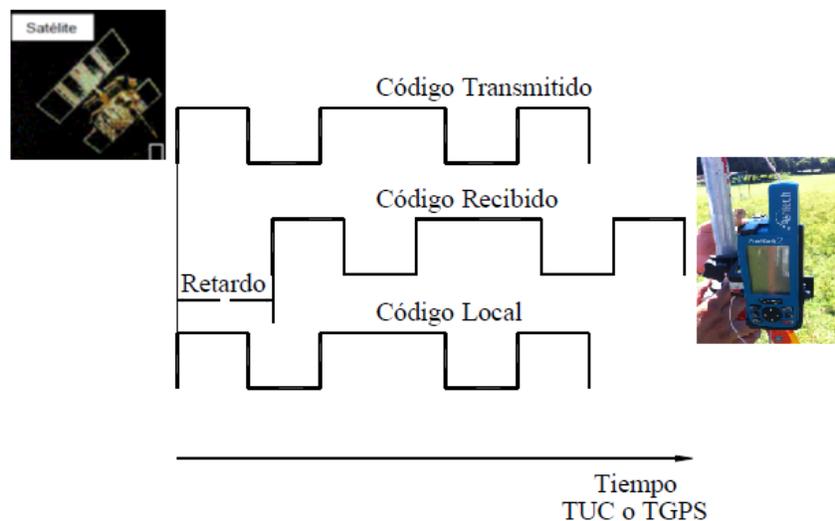


Figura 3.6 Esquema de medición del tiempo de viaje de la señal.

Para obtener el tiempo promedio que una señal tarda en viajar de un satélite a la Tierra se utiliza la ecuación 3.1, en la cual se sustituye el valor de velocidad v por el correspondiente a la velocidad de la luz, y el valor de distancia D por la distancia a la cual se encuentra la constelación NAVSTAR.

$$D = v \cdot t \rightarrow t = \frac{D}{v} \rightarrow t = \frac{20,200 \text{ km}}{300,000 \text{ km/s}} \rightarrow t = 0.067\text{s} \cong 0.07\text{s}$$

3.2.1.3 ESTRUCTURA DE LA SEÑAL GPS.

Los satélites transmiten una señal de radiofrecuencia, (PRN bits) formadas por ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz (300,000 Km/seg) emitidas en las frecuencias (L₁-L₂).

La Portadora L₁: se utiliza para transmitir la información de la posición.

La Portadora L₂: se emplea para medir los retardos de propagación atmosféricos.

Las frecuencias portadoras son un múltiplo de la frecuencia fundamental de 10.23 MHz del oscilador atómico del satélite.

Las señales GPS son de amplio espectro, es decir, el ancho de banda es superior al necesario para transmitir información, con el fin de lograr las altas precisiones en tiempo real que se requieren para la navegación, combatir el amplio número de interferencias que se producen actualmente y asegurar las comunicaciones entre el transmisor (satélite), y el receptor. Obviamente las dos portadoras L₁ y L₂, por si solas no aportan ningún tipo de información al receptor. La técnica que utiliza el sistema GPS, es la modulación sobre estas portadoras de dos códigos y un mensaje codificado que son los que llevan la información (figura 3.7)

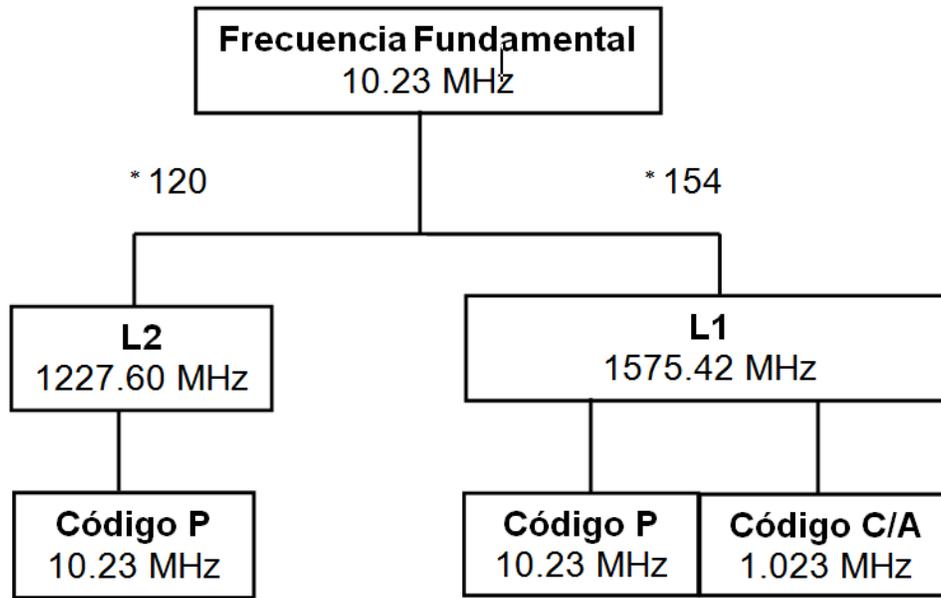


Figura 3.7 . Frecuencia GPS

- ✚ El código C/A (Coarse Acquisition o “aproximativo”), código de adquisición ordinaria para todos los usuarios. Su frecuencia portadora está modulada por una frecuencia de 1.023 MHz. Las frecuencias L₁ y L₂ portan el código C/A. Cada satélite cuenta con un código C/A diferente, lo que genera una modulación específica de la señal, propia y exclusiva de ese satélite de tal modo se obtiene un PRN (Ruido Pseudo Aleatorio) distintivo de ese satélite.
- ✚ El código P con destino militar (posicionamiento preciso). Su frecuencia portadora está modulada por una frecuencia de 10.23 MHz. La frecuencia L₂ porta el código P.

3.2.2 EL SEGMENTO DE CONTROL.

Denominado internacionalmente como OCS por sus siglas en inglés, el Segmento de Control Operacional, es el encargado de realizar las funciones de operación y monitorización del GPS. A través del seguimiento continuo de todos los satélites de la constelación NAVSTAR. El monitoreo constante y riguroso de la constelación, garantiza que las inconsistencias sufridas por las órbitas a causa de fuerzas irregulares como la variación del campo gravitatorio, variaciones en la presión de radiación solar, etcétera, serán corregidas oportunamente.

Este segmento está integrado por una Estación de Control Maestra (MCS), Estaciones Monitoras (MS) y Antenas Terrestres (GA).

Para la constelación NAVSTAR, en un principio había cinco estaciones de seguimiento, distribuidas homogéneamente en longitud por la superficie terrestre. Dichas estaciones eran: Falcon en Colorado Springs, Hawaii, Kwajalein, Diego García e Isla Ascensión. Posteriormente se incluyó la estación de Cabo Cañaveral en la Florida, y en septiembre de 2005 se añadieron seis estaciones más pertenecientes al NIMA (National Imagery and Mapping Agency): Quito, Washington, Buenos Aires, Hermitage, Bahrain y Smithfield (figura 3.8).

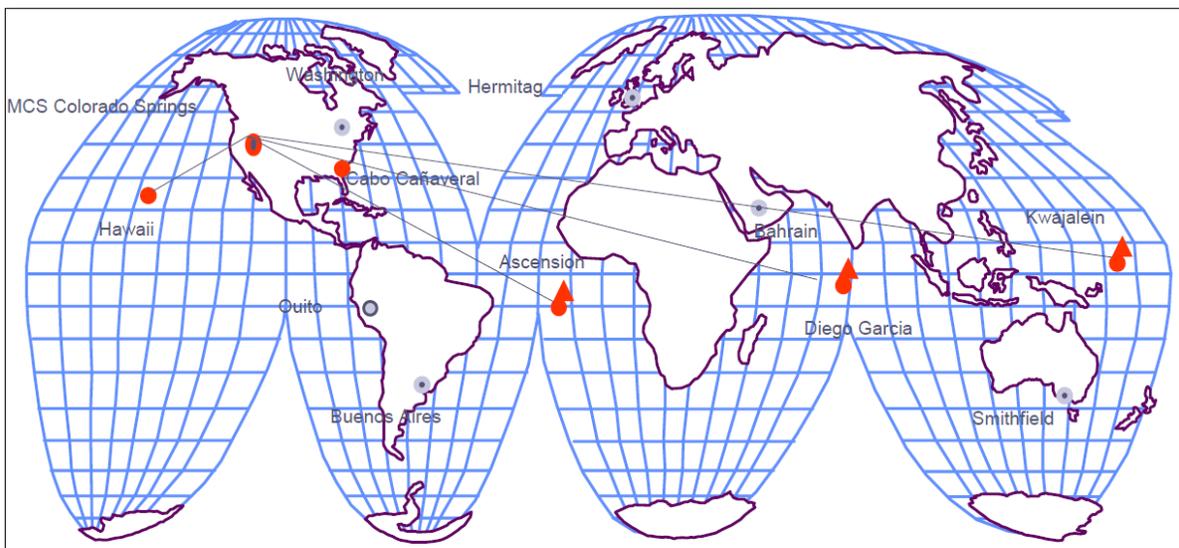


Figura 3.8 . Estaciones de Control.

3.2.2.1 ESTACIÓN MAESTRA DE CONTROL (MCS).

Localizada en la base aérea Falcon en Colorado Springs, se mantiene en operación permanente y es responsable de todos los aspectos de control de la constelación, entre los que incluye:

- ✚ Monitorización y control de todos los satélites.
- ✚ Mantenimiento y solución de problemas en los distintos satélites.
- ✚ Monitorización y control del cumplimiento del estándar de posicionamiento GPS.
- ✚ Actualización de los mensajes de navegación necesarios para mantener los requisitos de precisión en el sistema.

3.2.2.2 ESTACIONES MONITORAS (MS)

Las estaciones de monitoreo tienen coordenadas conocidas con gran precisión y están equipadas con receptores GPS de doble frecuencia con relojes de Cesio. Su función es recibir las señales transmitidas por todos los satélites visibles, y obtener la información necesaria para calcular con gran precisión las órbitas de los mismos. Posteriormente envían esta información a la Estación de Control Maestra junto con los datos meteorológicos de cada estación, lo que permite calcular el retardo troposférico.

Con los datos recibidos de las estaciones monitoras, la Estación Maestra, calcula los parámetros orbitales (con un error menor de 1 metro en sentido radial, 7 metros en el de la trayectoria y 3 metros en la perpendicular a la misma) y los de los relojes. Todo va incluido en el mensaje de navegación que posteriormente es transmitido a las antenas terrestres.

Existen 12 estaciones monitoras, una en cada punto de control.

3.2.2.3 ANTENAS TERRESTRES (GA).

Son instalaciones que funcionan bajo control remoto de la Estación Maestra. Su función es proporcionar la parte terrestre del interfaz de comunicaciones entre el segmento espacial y el segmento de control, y así conectar a la MCS para que mande y controle los satélites. Transmiten sobre una banda S a 1783.74 MHz.

Existen un total de 4 y se ubican en: Kwajalein, Diego García, Isla Ascensión y Cabo Cañaveral. En la tabla 3.1 se presenta un resumen del estado actual del Segmento de Control Operacional.

NOMBRE	MONITORA	MAESTRA	ANTENA TERRESTRE	UBICACIÓN
Colorado Springs	Si	Si	No	USA
Washington	Si	No	No	USA
Hawaii	Si	No	No	Pacífico Oriental
Cabo Cañaveral	Si	No	Si	USA
Quito	Si	No	No	Ecuador
Buenos Aires	Si	No	No	Argentina
Hermitage	Si	No	No	Inglaterra
Isla Ascensión	Si	No	Si	Atlántico Sur
Bahrain	Si	No	No	Golfo Pérsico
Diego García	Si	No	Si	Índico
Smithfield	Si	No	No	Australia
Kwajalein	Si	No	Si	Pacífico Occidental

Tabla 3.1 Distribución del segmento de control operacional.

3.2.2.4 RELOJES DEL SISTEMA.

Los relojes de los satélites, son en realidad osciladores atómicos, los que por su alta frecuencia y la gran estabilidad de la misma, permiten efectuar mediciones de tiempo con elevada precisión. La estabilidad se caracteriza por el valor $(\Delta f/f)$, donde Δf indica la variación de frecuencia posible en un período dado (por ejemplo un día) f indica la frecuencia propia del reloj (Tabla 3.2).

Los relojes pueden ser: Oscilador de cristal de cuarzo, de rubidio o de cesio y más de hidrógeno.

TIPO DE RELOJ	FRECUENCIA DE OSCILACIÓN (GHz)	ESTABILIDAD POR DÍA ($\Delta f/f$)	TIEMPO PARA PERDER UN SEGUNDO (AÑOS)
Oscilador de Cristal de Cuarzo	0.05	10^{-9}	30
Oscilador de Cristal de Rubidio	6834682613	10^{-12}	30,000
Oscilador de Cristal de Cesio	9192631770	10^{-13}	300,000
Máser de Hidrógeno	1420405751	10^{-15}	30,000,000

Tabla 3.2 Precisión de los Relojes.

Las estaciones de control y los satélites poseen cuatro relojes, generalmente dos de Cesio y dos de Rubidio.

3.2.2.5 MENSAJES DE NAVEGACIÓN.

La señal que emite un satélite consiste en dos series de datos llamadas Almanaque y Efemérides. La información del Almanaque incluye la fecha y la hora (obtenida mediante relojes atómicos provistos en los satélites), mientras que las efemérides proporcionan la situación orbital del satélite. De este modo los satélites transmiten su situación orbital y la hora exacta, lo que equivale a decir que nos proporciona su posición con respecto al punto donde nos encontramos.

Almanaque: Consiste en la información de los parámetros de la órbita de los satélites (efemérides).

Definimos como efemérides al conjunto de parámetros que permiten calcular la órbita de cada satélite y su posición dentro de la misma, es decir, sus coordenadas; podemos distinguir entre:

Efemérides transmitidas: El usuario las recibe en el instante de observación, contenidas en la señal del satélite. Consisten en un conjunto de parámetros que permiten extrapolar la

ubicación del satélite durante cuatro horas (2 horas antes y 2 horas después del tiempo de referencia); es decir predicen las órbitas que describen el movimiento de los satélites.

La estación de control maestra las envía al satélite y éste al usuario.

Efemérides precisas: Son calculadas a posteriori. Se calculan a partir de los registros de estaciones GPS permanentes. No están disponibles en tiempo real para los usuarios, por lo que se deben obtener a través de Internet (<http://igsceb.jpl.nasa.gov/products>). Estas efemérides proporcionan coordenadas más precisas que las transmitidas

3.2.3 EL SEGMENTO DE USUARIO.

Está constituido por todos los receptores GPS y sus programas para procesamiento de datos. Debido al continuo desarrollo y evolución que ha experimentado la tecnología GPS, actualmente es posible encontrar en el mercado un número ilimitado de receptores, lo cual dificulta la realización de una descripción general de los mismos, sin embargo todo receptor debe poseer de manera imprescindible los siguientes elementos:

- ✚ Antena: Verdadero "sensor". Tiene como objetivo convertir la radiación electromagnética procedente de los satélites en señal eléctrica y viceversa. La misión de la antena con su preamplificador es convertir la señal electromagnética recibida en una corriente eléctrica y amplificarla para que pueda ser tratada en la etapa de radiofrecuencia.
- ✚ Sección de Radiofrecuencia RF: Comúnmente conocida con el nombre de "canales". Su objetivo es recoger la señal eléctrica de los satélites que llega desde la antena y seguirla en todo momento por uno o varios canales.
- ✚ Microprocesador: Controla la operación del receptor incluyendo adquisición y procesamiento de la señal y decodificación del mensaje de navegación. Otras funciones adicionales son el cálculo de posiciones absolutas, velocidades, rumbos y distancias, conversiones de datums o sistemas de referencias etc.
- ✚ Oscilador: Es el encargado de generar la frecuencia patrón para el control del reloj y réplica de códigos y longitudes de onda GPS.
- ✚ Fuente de alimentación: Elemento encargado de aportar la energía eléctrica para los demás componentes del receptor.

3.2.3.1 TIPOS DE RECEPTORES GPS.

Para realizar una clasificación de los diversos tipos de receptores, se deben tomar en cuenta dos factores sumamente importantes y que están íntimamente relacionados; estos factores son: La finalidad –es decir la naturaleza del trabajo o actividad para la que serán utilizados- y la precisión con que se necesite obtener los resultados.

Atendiendo a estos factores podemos clasificar los receptores en: Navegadores, Geodésicos de una frecuencia y Geodésicos de doble frecuencia.

3.2.3.2 NAVEGADORES.

Son receptores pequeños, portátiles y autónomos que resultan extraordinariamente útiles para cualquier tarea de navegación, orientación, seguimiento de rutas, almacenamiento de puntos para posteriores estudios, etc. (Figura 3.9)

Miden distancias a partir de la medición del tiempo de trayecto de la onda del emisor al receptor, lamentablemente esta medición es poco precisa, a causa de la poca estabilidad de los relojes de los receptores y a las variaciones de la velocidad de propagación de las ondas. Proporcionan en tiempo real la posición del receptor con una precisión de entre 5 y 10 metros. Debe tenerse en cuenta que no son aptos para la aplicación de ninguna técnica de tipo deferencial.



Figura 3.9 Receptores de Navegación.

3.2.3.3 RECEPTORES GEODÉSICOS DE UNA FRECUENCIA.

Este tipo de receptor funciona en modo diferencial, donde son utilizados dos receptores al mismo tiempo. Un receptor es ubicado en un punto con coordenadas conocidas, al cual se le denomina receptor BASE, mientras que el otro receptor se desplaza sobre los puntos que serán medidos, a este se le llama receptor ROVER o MÓVIL.

La característica de mono frecuencia significa que el receptor recibe solamente la onda portadora L_1 . Con receptores de este tipo, se puede llegar a precisiones submétricas en una distancia de 5 a 10 km entre los dos receptores (figura 3.10).



Figura 3.10 Receptores Geodésicos de una frecuencia.

3.2.3.4 RECEPTORES GEODÉSICOS DE DOBLE FRECUENCIA.

Estos receptores funcionan a dos frecuencias (reciben la onda portadora L_1 y L_2), por lo que sus mediciones son de máxima precisión. En este modo, los cálculos de posición están generalmente efectuados después de las mediciones (Post-tratamiento), por la comprobación de las informaciones registradas con cada receptor.

Este tipo de receptor está provisto de una antena con un trípode y un colector separado y enlazado por un cable a la antena (figura 3.11).

Se utilizan para las Densificaciones Geodésicas, Levantamientos de Control, Replanteos, Control de Movimientos Tectónicos, etc. Se puede llegar a obtener precisiones de hasta $\pm 5\text{mm} \pm 1\text{ ppm}$.



Figura 3.11 Receptores Geodésicos de doble frecuencia.

3.3 FUENTES DE ERROR EN GPS.

INTRODUCCIÓN.

En la realización de cualquier tipo de observación en la que se utilice la tecnología GPS, el resultado en cuanto a la precisión y medida de la posición, estará sometido a varias fuentes de error. Lo importante es que para cumplir con las exigencias de calidad inmersas en la naturaleza misma de los trabajos, necesitamos conocer tres factores fundamentales relacionados a dichos errores, tales factores son: Las causas que los generan, la forma de minimizarlos -si no se pueden eliminar completamente- y sus magnitudes. Estos errores pueden clasificarse en tres grupos: Errores dependientes del satélite, errores dependientes de la propagación de la señal y errores dependientes del receptor y se desglosan de la siguiente manera:

Errores Dependientes del Satélite.

- Error en el Reloj de Satélite.
- Error en los Parámetros Orbitales del Satélite.
- Disponibilidad Selectiva (SA)
- Anti-Spoofing

Errores Dependientes de la Propagación de la Señal

- Refracción Ionosférica
- Refracción Troposférica
- Multipath o Multitrayectoria
- Pérdidas de Ciclo

Errores Dependientes del Receptor

- Estado del Reloj del Receptor
- Variación del Centro de Fase de la Antena
- Incertidumbre de las Medidas

3.3.1 ERRORES DEPENDIENTES DEL SATÉLITE.

El Segmento de Control Operacional, como administrador directo de la constelación NAVSTAR, es el encargado del manejo y tratamiento de este tipo de errores.

3.3.1.1 ERROR EN EL RELOJ DEL SATÉLITE.

CAUSA.

Desfase que tiene el reloj del satélite respecto al Tiempo GPS. Los satélites llevan relojes atómicos con osciladores de Cesio, o de Rubidio, sin embargo ningún reloj, incluso el atómico, es perfecto.

CORRECCIÓN.

Los errores con los osciladores de los satélites pueden eliminarse mediante las correcciones enviadas en el mensaje de navegación que recibe cada receptor, las cuales son calculadas, enviadas y actualizadas por las estaciones de seguimiento.

CUANTÍA.

Se puede estimar el error producido por esta fuente en 1 m. Hay que tener en cuenta que un error de un nanosegundo de imprecisión en el reloj del satélite produce 30 centímetros en la pseudo-distancia.

3.3.1.2 ERROR EN LOS PARÁMETROS ORBITALES DEL SATÉLITE.

CAUSA.

En su movimiento orbital los satélites se someten a la acción de diferentes agentes (cambios gravitacionales, efectos magnéticos, viento solar, efectos de la relatividad, etc.) que alteran sus trayectorias. En consecuencia, las efemérides transmitidas tendrán asociado un error, ya que el cambio en la posición esperada del satélite, hace que el mensaje de navegación transmitido conduzca a un cálculo erróneo de la posición del receptor.

CORRECCIÓN.

- ✚ Trabajando con las efemérides precisas, donde aparecen las verdaderas posiciones de los satélites.
- ✚ Cuando trabajamos en modo diferencial.
- ✚ En cualquier caso, en post-proceso, se recomienda utilizar efemérides precisas en líneas base mayor de 10 Km.

3.3.1.3 DISPONIBILIDAD SELECTIVA (S.A.) – ANTES DEL 01/05/2000.

CAUSA.

Consiste en una degradación intencionada de la señal por parte del Departamento de Defensa de los Estados Unidos para el usuario civil. En esta degradación de la señal se actuaba sobre los estados de los relojes (dither), y los parámetros orbitales (epsilon).

CUANTÍA.

Los errores típicos que se introducían eran de ± 35 metros (según algunos autores, 100 metros). El primero de mayo de 2000, el presidente Bill Clinton, anunció el fin de la degradación intencionada de la señal GPS.

3.3.1.4 ANTI – SPOOFING (AS)

CAUSA

Este método de degradación de la señal consiste en encriptar el código “P” mediante el uso del llamado código protegido “Y”, mezclando P + W, de tal forma que solamente usuarios autorizados tienen acceso al código “P”.

CORRECCIÓN.

Técnicas de corrección cruzada

La correlación cruzada se basa en el principio de que el código “Y”, transmitido por un satélite es el mismo en ambas frecuencias. Por lo tanto, correlacionando los dos códigos “Y” en L_1 y L_2 , la diferencia entre los respectivos tiempos de viaje puede ser deducida.

Esta diferencia es igual al tiempo de retardo que la frecuencia sufre cuando pasa por la Ionósfera. Sumando la diferencia de retrasos de tiempo a la medida de código C/A de la L_1 resulta una medida de pseudo-rango conteniendo la misma información que la medida de código P en L_2 .

TIPOS DE SERVICIO:

La finalidad de las degradaciones de Disponibilidad Selectiva (SA) y Anti – Spoofing (AS) es de proponer dos tipos de servicio de localización:

- ✚ El Servicio Preciso de Posición (PPS), servicio de precisión total, accesible únicamente a los usuarios autorizados por el Departamento de Defensa de Estados Unidos (Agencia Oficial de los Estados Unidos, una de sus fuerzas armadas o una Agencia Militar autorizada).

El código P permite el acceso al servicio PPS y da (sin degradación), una precisión entre 15 a 20 m (figura 3.12).

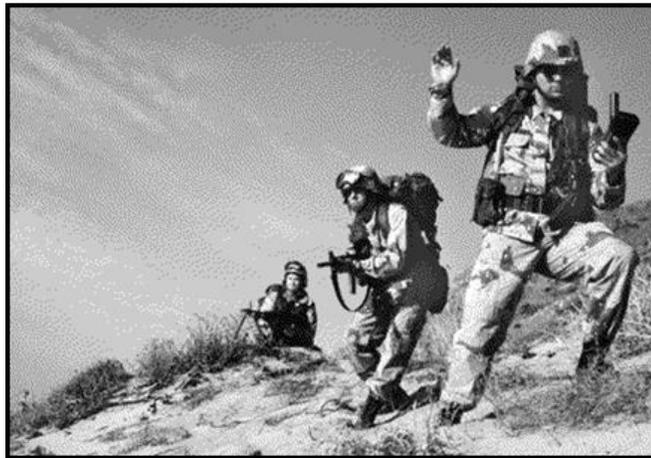


Figura 3.12 Utilización del Servicio Preciso de Posición.

El Servicio Estándar de Posición (SPS), servicio accesible a todos los usuarios.

El código C/A permite el acceso al servicio SPS y da (sin degradación) una precisión entre 20 a 40 m (figura 3.13).



Figura 3.13 Utilización del Servicio Estándar de Posición.

3.3.2 ERRORES DEPENDIENTES DE LA PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL

En el posicionamiento por satélite se asume que la señal viaja a una velocidad constante igual a la de la luz. Sin embargo, la velocidad de la luz se mantiene constante solamente en el vacío. Cuando la señal penetra la atmósfera, específicamente la ionosfera y la troposfera, debido a los cambios en densidades, se producen refracciones que reducen la velocidad de la señal. Así mismo, cualquier otro tipo de obstáculo que altere o perturbe la señal en su trayecto será objeto de una fuente de error.

3.3.2.1 REFRACCIÓN IONOSFÉRICA

CAUSA

La ionósfera es aquella región de la atmósfera comprendida entre 100 y 1000 Km. de altitud, donde las radiaciones solares y otras radiaciones, ionizan una porción de las moléculas gaseosas liberando electrones que interfieren en la propagación de las ondas de radio (figura 3.14).

CORRECCIÓN

Para eliminar el retardo ionosférico se utilizan dos señales de diferentes frecuencias. Esta es una de las razones por la que los receptores de precisión utilizan dos frecuencias (L_1 y L_2).

También es evidente que trabajando en modo diferencial, se recomienda aplicar en líneas base a partir de 10 km.

La observación nocturna minimiza el error, cuando el TEC (Total Electron Content) es menor. También se recomienda incrementar la máscara de observación (15 grados normalmente).

CUANTÍA.

Usualmente 10 m. El retardo ionosférico es menor en el cenit, aumentando cuando disminuye el ángulo de elevación (de ahí la importancia de la máscara de elevación en una observación).

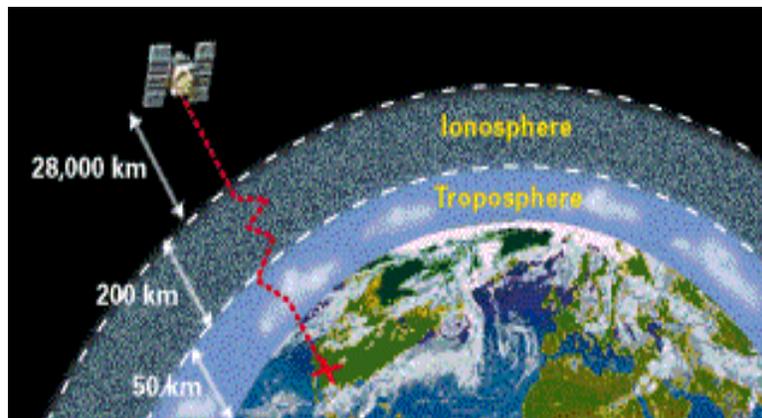


Figura 3.14 Refracción Ionosférica

3.3.2.2 REFRACCIÓN TROPOSFÉRICA

CAUSA

La troposfera es la última capa de la atmósfera compuesta mayormente por aire seco y vapor de agua. Comprende hasta unos 80 km, pero sólo en los últimos cuarenta afecta –retardando la señal GPS- significativamente. Dicho retraso dependerá de condiciones como temperatura, humedad, presión y la altura (figura 3.15).

CORRECCIÓN

Este efecto no se puede eliminar por observación de doble frecuencia. Sin embargo para reducirlo se suelen utilizar modelos de tropósfera. Los modelos que se introducen pueden llegar a corregir el error hasta dejarlo en 1 a 5 cm.

CUANTÍA

El retardo troposférico causa un error de 1.9 a 2.5 m en la dirección cenital y se incrementa cuando decrece el ángulo, llegando a ser de 20 a 28 m.

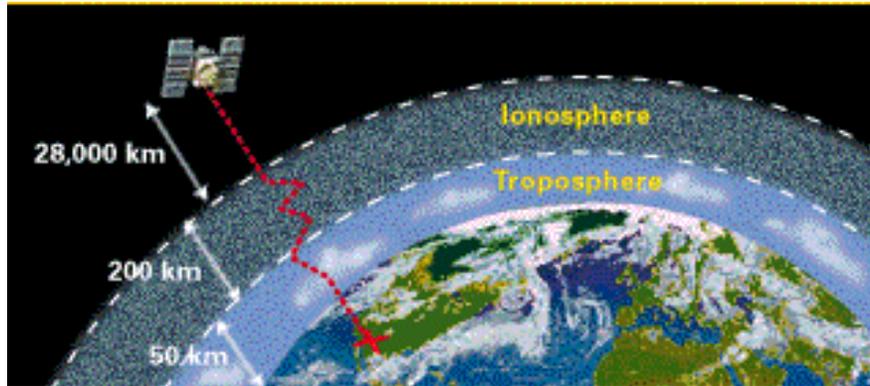


Figura 3.15 Refracción Troposférica.

3.3.2.3 MULTIPATH O MULTITRAYECTORIA

CAUSA

Como otras señales de radio, las señales GPS pueden rebotar sobre ciertos objetos. La señal rebotada tiene un tiempo de propagación más largo, puesto que viaja una distancia mayor hacia la antena del receptor que la que viajaría directamente desde el satélite y puede distorsionar significativamente la amplitud y forma de la onda (figura 3.16).

CORRECCIÓN

- ✚ Elegir puntos protegidos de reflexiones de edificios, vehículos, árboles, plataformas reflectantes metálicas.
- ✚ Imponer la máscara de elevación,
- ✚ Existen en el mercado antenas cuyo diseño reduce considerablemente el efecto, (ChoKe Ring o anillos de choque).

CUANTÍA.

El efecto es de 1 m, sin embargo, casos extremos de Multipath producen pérdidas de ciclo o señal.

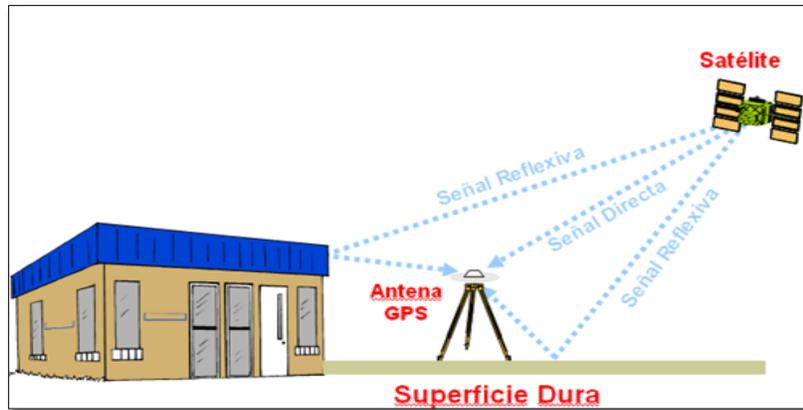


Figura 3.16 Multitrayectoria.

3.3.2.4 PÉRDIDAS DE CICLO

CAUSA.

Las pérdidas de ciclos suponen un salto en el registro de las medidas de fase por:

- ✚ Intercepción o pérdida de la señal enviada por el satélite a causa de árboles, edificios, montañas etc. (figura 3.17).
- ✚ Baja calidad de la señal SNR (calidad señal-ruido), debido a poca elevación del satélite, retardo ionosférico, multipath, etc.
- ✚ Fallo en el software del receptor
- ✚ Mal funcionamiento del oscilador del satélite (poco probable).



Figura 3.17 Pérdida de Ciclo

CORRECCIÓN

- ✚ Por medio de un chequeo se determina el tamaño de la pérdida del ciclo, luego, la reparación se hace corrigiendo a todas las observaciones de fases siguientes para este satélite, según una cantidad fija. El software interno del receptor es capaz de detectar y corregir estas pérdidas.

3.3.3 ERRORES DEPENDIENTES DEL RECEPTOR

Son aquellos provenientes de las condiciones de calidad, estado y uso del aparato receptor.

3.3.3.1 ESTADO DEL RELOJ DEL RECEPTOR

CAUSA

Igual que el error de reloj en el satélite, cuando el receptor recibe una señal, en ese momento su reloj interno tendrá un desfase respecto a la escala de tiempo.

CORRECCIÓN.

- ✚ Se eliminarán trabajando con posicionamiento relativo por medidas de fase.

3.3.3.2 VARIACIÓN DEL CENTRO DE FASE DE LA ANTENA

CAUSA

Este error se debe a la falta de coincidencia entre el centro radioeléctrico o punto al que realmente llega la señal y el centro mecánico o físico, generando un error residual por excentricidad que puede ser de unos milímetros (figura 3.18).



Figura 3.18 Antena GPS.

3.3.3.3 INCERTIDUMBRE DE LAS MEDIDAS

CAUSA

Cualquier medida electrónica está sujeta a un error de medida aleatorio (o ruido). El "ruido" propio de la medición es aquella medida por debajo de la cual el instrumental no puede efectuar determinaciones certeras, es decir, expresa la incertidumbre propia de la medición.

CORRECCIÓN.

Apelar a la sobreabundancia de observaciones y a la búsqueda del "valor más probable", mediante el cálculo llamado de compensaciones o ajustes. La unión de la informática y electrónica facilita efectuar y acumular un gran número de observaciones. He ahí la conveniencia de prolongar la medición por cierto lapso de tiempo a los efectos de mejorar la precisión.

CUANTÍA

Para la mayoría de los receptores de precisión, la incertidumbre en la medida de fase es de unos 2 mm o incluso 1 mm en condiciones ideales (geometría satelital, actividad atmosférica, obstáculos etcétera).

OTROS ERRORES EN LOS EQUIPOS

Otro grupo de errores que se nos pueden presentar pueden ser debidos a:

- ✚ Desconocimiento de las coordenadas correctas de la estación, imprescindibles para la linealización de las relaciones de observación.
- ✚ Error en el estacionamiento de la antena.
- ✚ Error en la medida de la altura de antena.
- ✚ Errores en la manipulación de los equipos. Por ejemplo, comenzar una observación sin que se hayan sincronizado perfectamente los relojes (se introduciría ruido en la observación).

En la tabla 3.3, contiene los errores estándar con receptores GPS y GDPS (diferencial) código C/A.

ERROR	GPS	DGPS
Efemérides	1-2.5	0.0
Reloj Satélite	1-1.5	0.0
Ionosfera	5.0-10.0	0.4
Troposfera	0.5-1	0.2
Multipath	0.6-1	0.6
Ruido Receptor	0.3-1	0.3-1
*S.A.	10.0-30.0	0.0

Tabla 3.3 Antena GPS.

3.4 MÁSCARA

La elevación de la máscara se refiere, a la menor elevación en grados, a la que un receptor puede seguir a un satélite para que no tome información errónea o indirecta; en otras palabras, es el ángulo mínimo al que se programa el receptor, para evitar los efectos de multitrayectoria de la onda, atmosféricos y la interferencia causada por objetos cercanos

Se fija normalmente a 15°. La máscara se puede modificar en el post-proceso tantas veces como sea necesario hasta encontrar los mejores resultados.

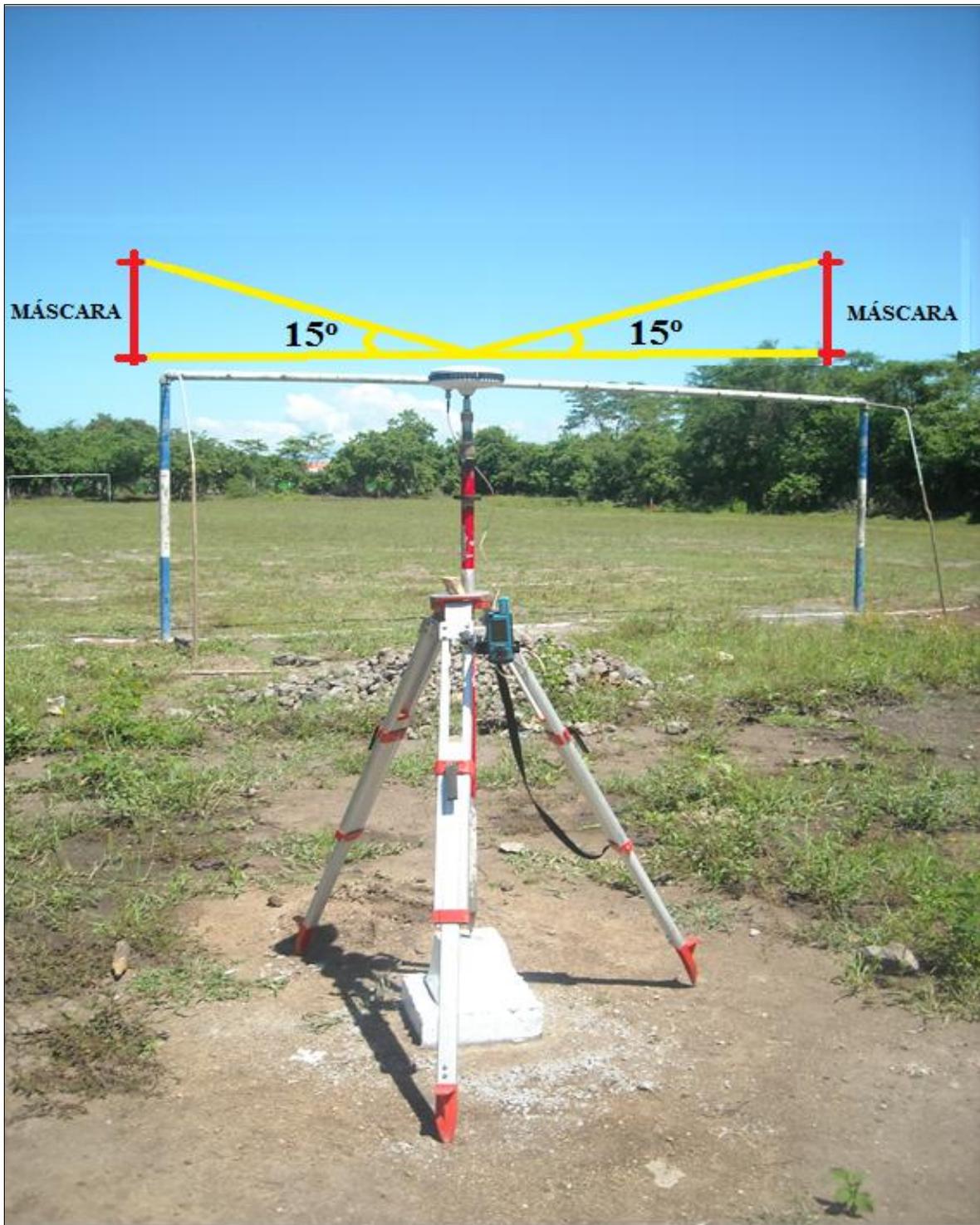


Figura 3.19 Esquema de la Máscara en una Observación.

3.5 VENTANA

Es el tamaño de la abertura del cielo despejado para la recolección de la información. Al igual que la máscara, la ventana se mide en grados y generalmente es de 150° (figura 3.20).

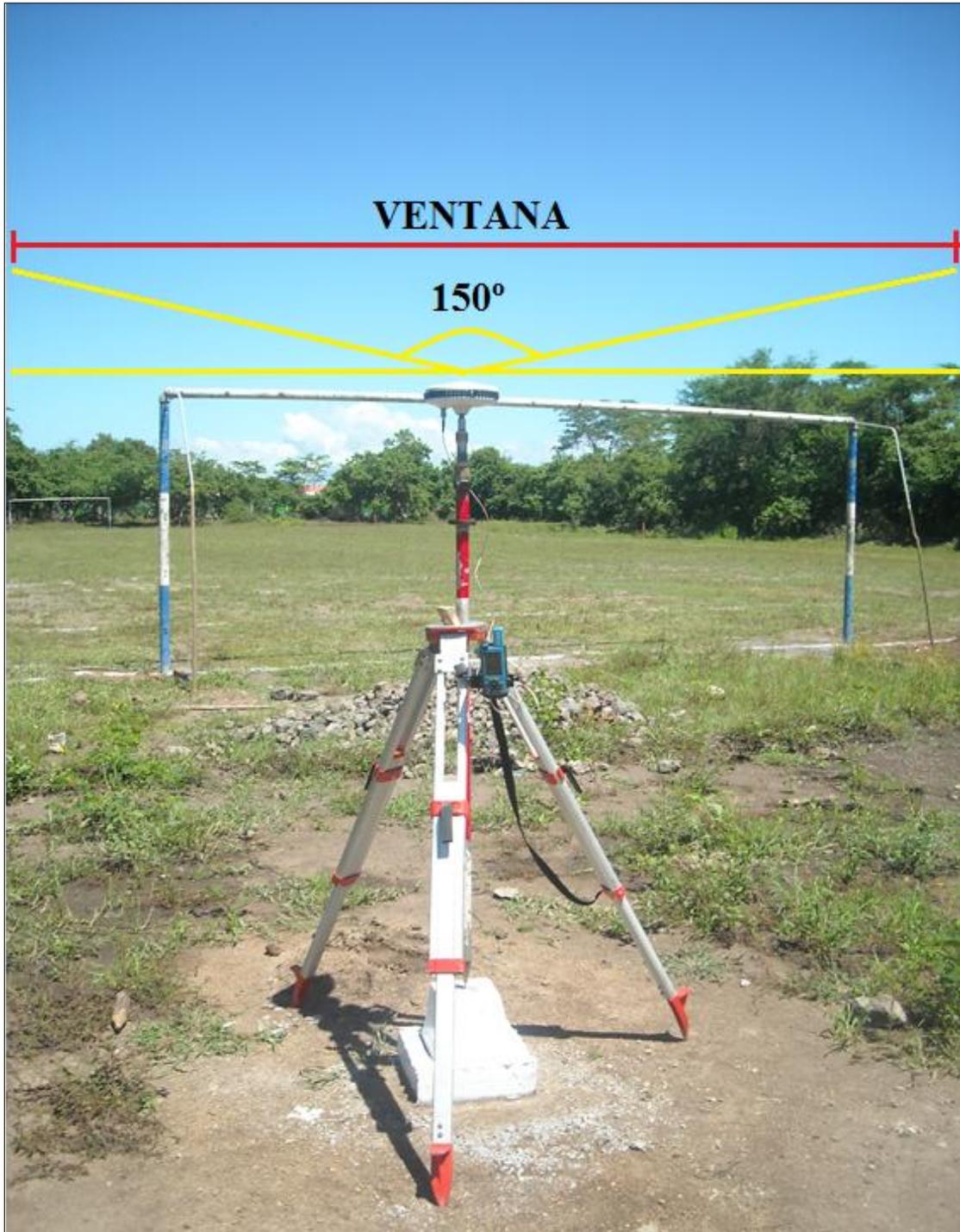


Figura 3.20 Esquema de la Ventana en una Observación.

3.6 DILUCIÓN DE LA PRECISIÓN.

En GPS, para efectuar la intersección espacial que nos brinda las coordenadas de la antena del receptor, nos apoyamos en un grupo de satélites que están distribuidos en el espacio, de una forma determinada, en el momento preciso en que se lleva a cabo la medición. Dicha distribución es lo que llamamos "la configuración" o "geometría de los satélites".

Los niveles de precisión en los resultados obtenidos pueden aumentar o disminuir, dependiendo de los ángulos relativos, la separación o la distribución que exista entre los satélites que se empleen para efectuar la medición de la posición. Es así, que con una mala distribución o geometría satelital, el lugar geométrico de puntos a una determinada distancia del satélite es en realidad una esfera "difusa" (figura 3.21). Como la posición del usuario queda definida por la intersección de dichas esferas ya no será un único punto, sino un cierto volumen.

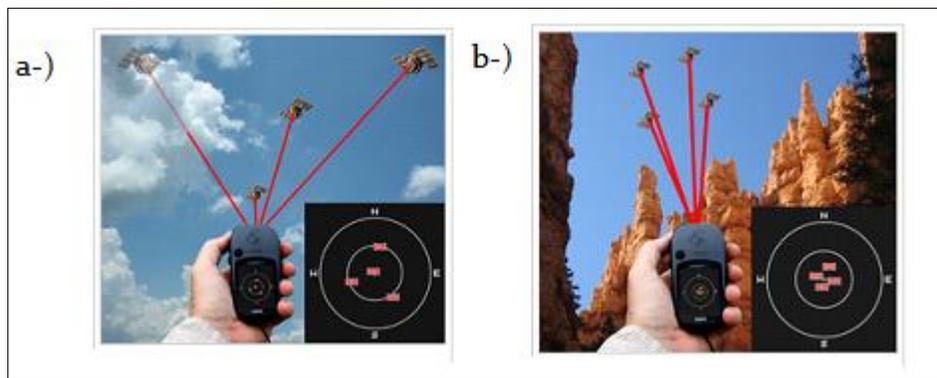


Figura 3.21 a-) Buena geometría satelital, b-) Mala geometría satelital.

Ante tal situación, el indicador de la precisión que normalmente se maneja es el factor de dilución de la precisión (DOP), que es la contribución puramente geométrica a la incertidumbre de un posicionamiento.

En general existe una buena configuración para $DOP < 4$.

El DOP se puede dividir en los siguientes componentes (figura 3.22):

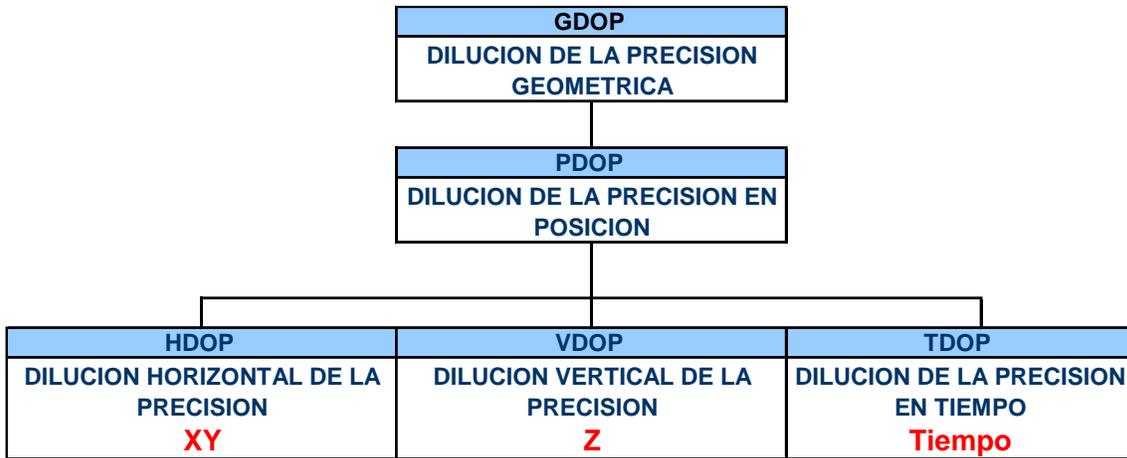


Figura 3.22 Componentes DOP.

GDOP, suministra una incertidumbre como consecuencia de la posición geométrica de los satélites y de la precisión temporal.

- ✚ PDOP, incertidumbre en la posición debida únicamente a la posición geométrica de los satélites.
- ✚ HDOP, suministra información sobre la incertidumbre de la posición horizontal.
- ✚ VDOP, suministra información sobre la incertidumbre en la posición vertical.
- ✚ TDOP, suministra información sobre la incertidumbre en el tiempo.

Algunas consideraciones sobre el DOP:

Se utiliza el PDOP para validar las constelaciones, es decir aceptar o no la medición efectuada o a efectuarse en esas condiciones, para lo cual se establecen máximos admisibles o valores de tolerancia.

Dado que pueden presentarse situaciones, no muy comunes pero posibles, en que la “visibilidad” de satélites sea muy restringida, habrá que cerciorarse que el PDOP sea aceptable. De lo contrario, se deberá elegir un mejor punto para llevar a cabo la observación.

3.7 SISTEMA GLONASS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM).

El sistema ruso GLONASS fue desarrollado desde principios de los años setenta por el entonces Ministerio de Defensa Soviético, y comenzó a operar oficialmente el 24 de septiembre de 1993 por decreto del presidente de la Federación Rusa, Boris Yeltsin. Actualmente la responsabilidad del sistema es de la Federación Rusa.

DESCRIPCIÓN Y CONSTITUCIÓN DE GLONASS.

Sector de control: La central se encuentra en Moscú y tiene una red de estaciones de seguimiento y control ubicadas en todo el territorio ruso. Las mismas, como en GPS, deben seguir y vigilar el estado de los satélites, determinar efemérides y errores de los relojes.

Al igual que en el sistema GPS, existen dos señales de navegación: La señal de navegación de precisión estándar L_1 (SP) y la señal de navegación de alta precisión L_2 (HP). La primera está disponible para todos los usuarios tanto civiles como militares que deseen emplearla en todo el mundo, y permite obtener la posición horizontal con una precisión de entre 57 y 70 metros (99.7% de probabilidad), la posición vertical con una precisión de 70 metros (99.7% de probabilidad), las componentes del vector velocidad con precisión de 15 cm/s (99.7% de probabilidad) y el tiempo con precisión 1 segundo (99.7% de probabilidad). Estas características pueden ser mejoradas empleando sistemas diferenciales similares a los empleados con GPS.

La constelación completa está formada por 21 satélites activos y 3 de reserva situados en tres planos orbitales separados 120° (figura 3.23); esto permite que sobre el 97% de la superficie terrestre se vean al menos 4 satélites de forma continua. Cada plano contendrá 8 satélites, que describen órbitas circulares a 19,100 Km de altura, con una inclinación de 64.8° respecto del Ecuador. El periodo orbital es de 11 horas y 15 minutos.

De los 24 satélites de la constelación GLONASS, periódicamente se seleccionan los 21 que resultan dar la combinación más eficiente y los 3 restantes son dejados en reserva. Se ha planteado la posibilidad de aumentar la constelación a 27 satélites, de los cuales 24 estarían activos.

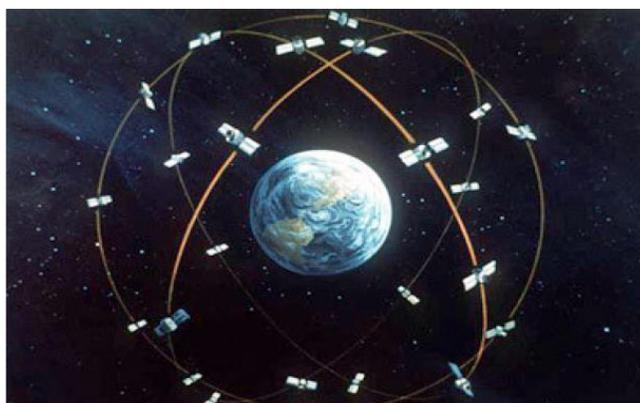


Figura 3.23 Constelación Satelital GLONASS.

Tanto GPS como GLONASS comparten una filosofía básica en el sistema: Medida de las pseudo-distancias y la velocidad radial por lo menos de cuatro satélites, junto con la información recibida a través de un mensaje de navegación o datos para determinar la posición de los satélites, lo cual permite plantear un sistema de ecuaciones, cuya solución proporciona los datos requeridos.

	GPS	GLONASS
Segmento Espacial		
Número de Satélites	24 (4 por plano)	24 (8 por plano)
Planos Orbitales	6	3
Relojes	1.023 y 10.023 MHz	0.511 y 5.11 MHz
Señal Transmitida	Una frecuencia y múltiples códigos	Un código y múltiples frecuencias
Sistemas de Referencia	0.3-1	0.3-1
Escala de Tiempos	UTC (USNO)	UTC (SU)
Sistemas de Coordenadas	WGS-84	PZ-90
Segmento Control		
Estaciones Monitoras	Uniformemente Repartidas	Sobre la Antigua Unión Soviética

Tabla 3.4 principales diferencias entre los sistemas GLONASS y GPS.

3.8 SISTEMA GALILEO (SISTEMA EUROPEO DE NAVEGACIÓN).

La componente principal del sistema es una constelación de satélites con una cobertura global. Dirigido por la Unión Europea, la Agencia Espacial Europea y un grupo de inversionistas privados, la fase de definición del sistema empezó en 1999.

El proyecto Galileo, que garantizará la autonomía europea en materia de posicionamiento satelital, dará a las empresas de la región grandes oportunidades comerciales e incluirá el despliegue de una constelación de 30 satélites de navegación bajo control civil y cobertura mundial.

Líneas principales de desarrollo del programa GALILEO son:

- ✚ Es independiente de los sistemas GPS y GLONASS pero complementario e interoperable.
- ✚ Está abierto a la contribución de capital privado internacional.
- ✚ Explotará las nuevas capacidades en un sistema civil, permitiendo el desarrollo de nuevas aplicaciones, facilitando la robustez de GNSS y poniendo remedio a ciertas deficiencias que existen en la actualidad.
- ✚ Tendrá una cobertura global para proveer un mercado mundial para el sistema y sus aplicaciones. Incluirá un servicio de acceso restringido.
- ✚ El sistema permanecerá bajo el control de autoridades civiles.

LA CONSTELACIÓN GALILEO.

La constelación del sistema Galileo estará formada por 30 satélites (27 en operación y 3 de repuesto), ubicados a 23,600 km de altura sobre la superficie de la Tierra, en 3 planos orbitales, con 56° de inclinación respecto del plano ecuatorial, el tiempo orbital es de 14 horas (figura 3.24).

Técnicamente, GALILEO está diseñado para integrar tanto NAVSTAR y GLONASS, así como para convertirse en una solución completa de operación independiente.

Con la combinación de los tres sistemas, se podrá disponer de un total aproximado de 80 satélites, que potencialmente podrían estar disponibles para un único receptor GNSS, con el

que el usuario podrá calcular su posición utilizando elementos físicos –satélites- y de cálculo de las tres distintas constelaciones.

SERVICIOS DE GALILEO.

Su diseño proporcionará 3 niveles distintos de servicios:

- ✚ Nivel 1: Un sistema de acceso abierto similar a GPS estándar actual, principalmente dedicado al mercado masivo.
- ✚ Nivel 2: Un servicio de acceso restringido dedicado para aplicaciones comerciales y profesionales que requieren un nivel de precisión más elevado.
- ✚ Nivel 3: Un servicio de acceso restringido, con exigencias críticas de seguridad, que no pueden admitir interrupción o perturbación (caso de aviación civil).

GALILEO revolucionará la administración del tráfico aéreo, mejorará la calidad y seguridad de este medio de transporte en regiones del mundo donde los sistemas existentes son inadecuados, incrementará la precisión y control permitiendo la optimización del uso del espacio aéreo. Además, los conductores de camiones y autos podrán evitar congestionamientos de tráfico al reducir sus tiempos de viaje, así como también reducir el consumo de combustible y emisión de contaminantes.

Tras sufrir una serie de reveses técnicos y políticos, el sistema se espera poner en marcha en 2014.

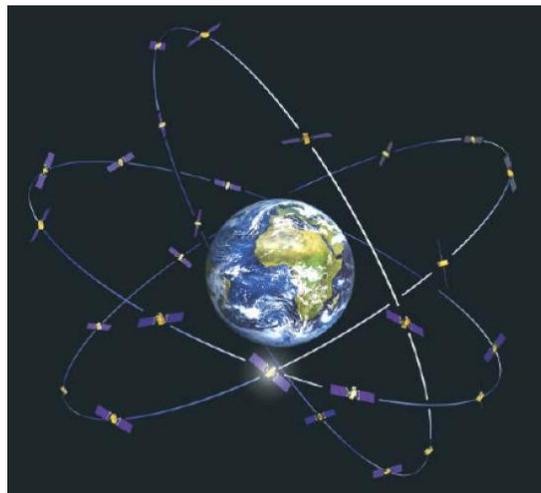


Figura 3.24 Constelación Satelital GALILEO.

CAPÍTULO IV

PROYECCIONES
CARTOGRÁFICAS.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la historia, el hombre ha tenido la necesidad de contar con una representación gráfica del medio ambiente que lo rodea. Para ello se han desarrollado lo que se conoce como proyecciones cartográficas, las cuales tienen como finalidad mostrar de manera fiel la superficie terrestre. Sin embargo, las proyecciones cartográficas tienen limitaciones, en virtud de que se pretende representar una superficie casi esférica sobre un plano, lo cual induce deformaciones inherentes al proceso de proyección.

Elaborar un mapa va más allá que dibujar lo que vemos desde nuestro punto de vista; para lograr una representación del espacio y que esta cumpla su objetivo debe ser trazado auxiliándose en una red de meridianos y paralelos, en forma de malla. Figura 4.1

La Cartografía es la ciencia que estudia el trazo de la representación de la tierra sobre un plano, tanto en forma total como parcial.

Es clara la imposibilidad matemática de tal traslado, sin deformaciones, ni rasgaduras de la superficie del geoide sobre un plano.

En un sistema de coordenadas proyectadas, los puntos se identifican por las coordenadas cartesianas (X, Y) en una malla cuyo origen depende de los casos. Este tipo de coordenadas se obtienen matemáticamente a partir de las coordenadas geográficas (longitud y latitud), que son no proyectadas.

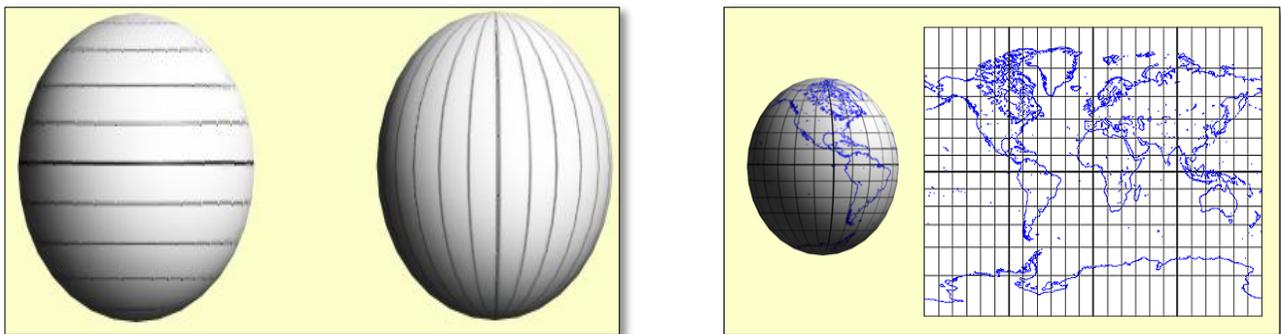


Figura 4.1 Meridianos y Paralelos

4.1 PROPIEDADES DE LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS.

Se suelen establecer clasificaciones de las diferentes proyecciones cartográficas en función de su principal propiedad; el tipo de superficie sobre la que se realiza la proyección: cenital (un plano), cilíndrica (un cilindro) o cónica (un cono); así como la disposición relativa entre la superficie terrestre y la superficie de proyección (plano, cilindro o cono) pudiendo ser tangente, secante u oblicua.

Según la propiedad que posea una proyección puede distinguirse entre:

- Proyecciones conformes.
- Proyecciones equivalentes.
- Proyecciones equidistantes.
- Proyecciones acimutales.

Las **proyecciones conformes** tienen como característica básica conservar la forma del objeto que están representando, y por consiguiente, los ángulos involucrados en la figura. Sin embargo cualquier magnitud que se determine a partir de las coordenadas en estas proyecciones estará afectada por deformaciones propias de la proyección, siendo estas deformaciones función de la posición geográfica del punto de proyección.

Las **proyecciones equivalentes** se aplican básicamente cuando se quiere calcular la magnitud del área del objeto que se está representando. Lograr conservar el valor del área tiene como consecuencia que la forma del objeto se pierda y, con ello, los ángulos y distancias estarán deformados.

Las **proyecciones equidistantes** tienen como objetivo fundamental que las distancias que se determinen a partir de las coordenadas de la proyección sean correctas, con lo que el área, la forma y por lo tanto los ángulos se encuentren distorsionados.

Finalmente las **proyecciones acimutales** tienen como característica el conservar las direcciones con respecto a un punto, sin estar afectadas por la proyección, y al igual que en los casos anteriores los otros factores se verán afectados,

Este tipo de proyecciones se emplean en las cartas de navegación y se requiere de una carta por cada lugar al que se pretende llegar.

Es necesario aclarar que no existe ninguna proyección cartográfica que conserve simultáneamente las cuatro características de forma, área, distancia y dirección, por lo que se debe decidir cuál de ellas se deben de sacrificar a fin de obtener los resultados buscados.

4.2 TIPOS DE PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS.

Dependiendo de cuál sea el punto que se considere como centro del mapa, se distingue entre proyecciones polares, cuyo centro es uno de los polos; ecuatoriales, cuyo centro es la intersección entre la línea del Ecuador y un meridiano; y oblicuas o inclinadas, cuyo centro es cualquier otro punto.

1. Acimutales o Cenitales
2. Cónicas
3. Cilíndricas.

PROYECCIONES ACIMUTALES O CENITALES

Las proyecciones acimutales presentan simetría radial a partir de un punto central, figura 4.2. Algunas proyecciones acimutales pueden ser demostradas de forma experimental, utilizando una réplica de la tierra en alambre, en la que los meridianos y los paralelos estén representados por los diferentes alambres. En el centro del globo se coloca un foco puntual de luz, como una linterna, variando su posición. En una habitación oscura, la sombra del globo se proyecta sobre una pantalla, una pared o el techo. Esta sombra es la imagen de una verdadera proyección geométrica.

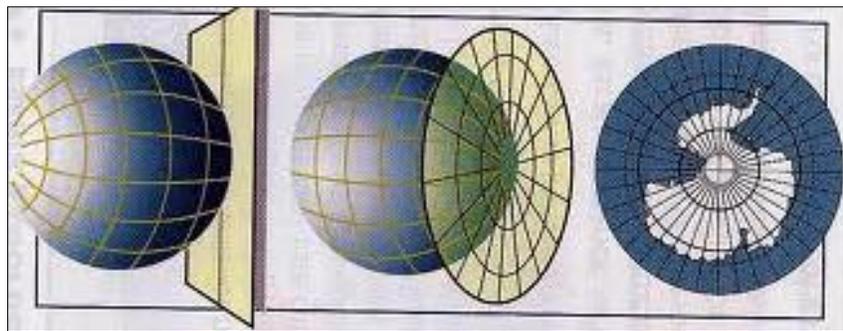


Figura 4.2 Proyección Acimutal tangente

4.3 PROYECCIONES CÓNICAS

Las proyecciones cónicas se basan en el principio de transferir la red geográfica del globo a un cono, que después es desarrollado para formar un mapa plano, figura 4.3.

Este principio también puede ser demostrado con un globo de alambre y una fuente puntual de luz. Sin embargo, en lugar de utilizar una pantalla plana, se coloca un cono de plástico transparente sobre el globo, de manera semejante a como se coloca una pantalla sobre una lámpara. La sombra de los alambres, proyectada sobre el cono, da lugar a una proyección cónica.

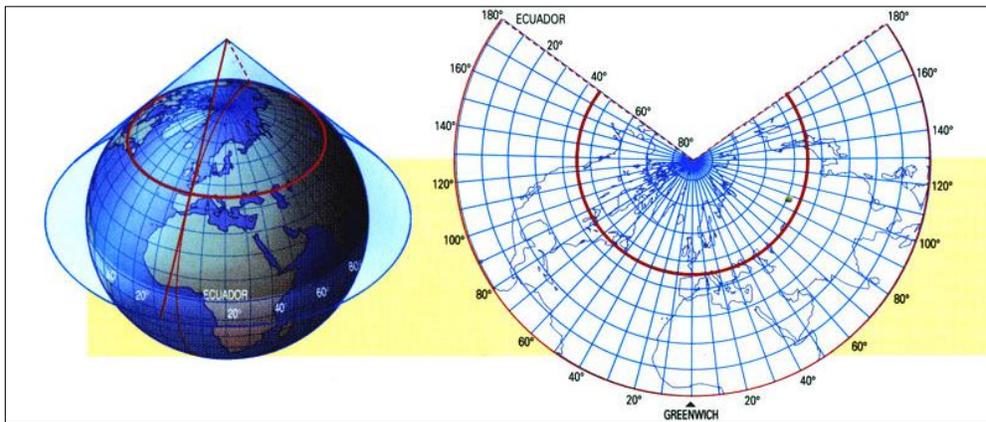


Figura 4.3 Proyección Cónica Tangente

Si esa imagen se dibuja en lápiz y el cono es desenrollado, obtendremos una verdadera proyección cónica.

Las proyecciones cónicas poseen las siguientes características:

- Los meridianos son líneas rectas que convergen en un punto, en los polos norte o sur.
- Los paralelos son arcos de círculos concéntricos, cuyo centro se halla en los polos norte o sur.
- Una proyección cónica completa es un sector circular, nunca un círculo completo.
- Una proyección cónica no puede representar el globo completo, y normalmente no llega a representar ni un hemisferio.

4.3.1 PROYECCIÓN CÓNICA SECANTE

En lugar de utilizar un cono tangente, se selecciona un cono secante que pase a través de la esfera atravesando la superficie esférica por dos paralelos de referencia, figura 4.4. Con este método se consigue un mapa con una distorsión de la escala en las regiones medias mucho menor que cuando se utiliza el cono tangente. El resultado de la proyección cónica consiste en unos meridianos rectos y radiales a partir del Polo, mientras que los paralelos son círculos concéntricos.

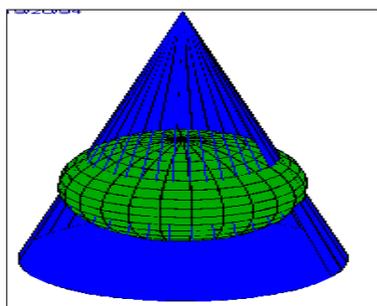


Figura 4.4 Proyección Cónica Secante.

4.3.2 PROYECCIONES CILÍNDRICAS.

Las proyecciones cilíndricas transfieren primero la red geográfica a un cilindro que envuelva la tierra, desenrollando después el cilindro para formar un mapa plano, figura 4.5. Las proyecciones cilíndricas simples son fáciles de realizar, ya que consisten en la intersección de líneas verticales y horizontales. El mapa que resulta de esta proyección es rectangular y puede representar el globo completo. Cuando el cilindro es tangente al Ecuador, los meridianos son líneas verticales equidistantes, y los paralelos tienen una separación variable, dependiendo de la proyección deseada. La siguiente figura corresponde a una proyección cilíndrica secante.

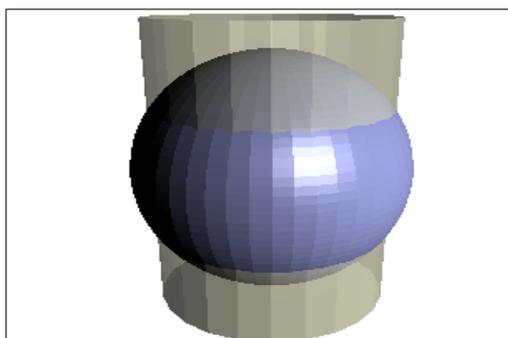


Figura 4.5 Proyección Cilíndrica

Otra forma de representar a la tierra es empleando una proyección cilíndrica transversal, figura 4.6.

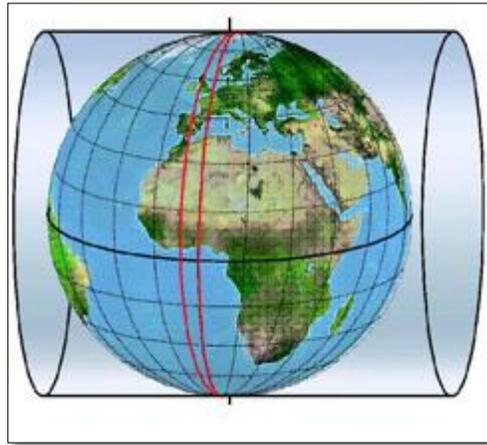


Figura 4.6 Proyección Cilíndrica Transversal

Se han ideado otros muchos tipos de proyecciones, cada una de las cuales está basada en un principio único. Algunas de las proyecciones más importantes para ilustrar los tipos más utilizados, y las propiedades expresadas anteriormente.

4.3.3 PROYECCIÓN DE MERCATOR

Quizá la más conocida de las proyecciones sea la proyección de Mercator, inventada por Gerardus Mercator en 1569. Tomando como base una proyección cilíndrica, en la que los meridianos son líneas rectas verticales y equidistantes, los paralelos deben ser espaciados convenientemente. Tan sólo a lo largo del Ecuador la distancia entre dos meridianos contiguos es la misma que sobre un globo del mismo diámetro ecuatorial. Figura 4.7.

A fin de mantener su paralelismo, los meridianos, que en la realidad convergen, deben separarse progresivamente a medida que nos acercamos a los polos. A 60° la latitud norte y sur, los meridianos están dos veces más separados que en el globo, porque en este lugar un grado de longitud es sólo la mitad de lo que vale en el Ecuador. La separación en los polos es infinitamente grande, debido a que los polos son infinitamente pequeños. Si queremos que el mapa sea realmente conforme, debemos ir separando los paralelos hacia los polos, utilizando la misma relación de separación que resulta de la conversión de los meridianos en líneas rectas.

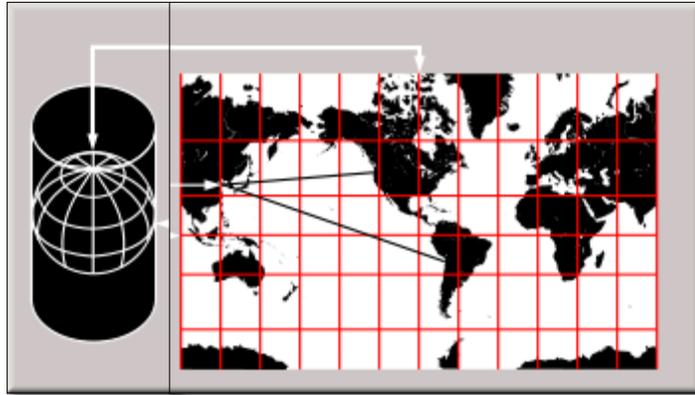


Figura 4.7 Proyección de Mercator¹³

Por ejemplo, alrededor del paralelo 60° , los paralelos deben estar el doble de separados que sobre el globo porque, como ya se ha explicado, la separación de los meridianos también es doble. Por lo tanto, a 60° de latitud N, la escala del mapa es doble que la del Ecuador. En la latitud 80° la escala del mapa ha aumentado por lo menos seis veces. Cerca de los polos la separación de los paralelos ha aumentado enormemente y se acerca al infinito con rapidez. Por esta razón, el mapa de Mercator suele cortarse al llegar a los 80° u 85° de latitud N y S. Los polos nunca pueden representarse.

El mapa de Mercator es verdaderamente conforme. Cualquier pequeña isla o país aparece con su forma real. Sin embargo, la escala del mapa crece enormemente a medida que nos acercamos a los polos.

La importancia de esta proyección radica en que cualquier línea recta trazada sobre el mapa, en cualquier dirección, es una línea de orientación constante. Dicha línea es conocida por los navegantes como línea de rumbo o loxodrómica. Si se sigue dicha línea, la brújula del barco (o del avión) mostrará que la trayectoria forma un ángulo constante con el norte geográfico. Una vez fijada la orientación adecuada, el barco se mantiene en ella durante todo el viaje si se sigue la línea de rumbo. La proyección de Mercator es la única proyección conocida en la que las líneas de rumbo son líneas rectas y viceversa. La orientación de cualquier línea recta puede medirse con el transportador, tomando como referencia cualquier meridiano del mapa. Aunque es indispensable en la navegación, la proyección de Mercator presenta serios inconvenientes para su utilización en mapamundis en los que se quiera expresar información geográfica relacionada con áreas de distribución de fenómenos. Esta red es extraordinaria para las regiones ecuatoriales, pero al alejarnos de éstas, las distorsiones de la escala son muy

acusadas. Debido a la infinita extensión que se produce al acercarse a los polos. Para un observador no experimentado, esto puede producir la falsa sensación de que esas tierras están aisladas.

Por otra parte, ciertos tipos de información geográfica quedan mejor representados sobre la proyección de Mercator. Debido a la precisión con que pueden trazarse las líneas que simbolizan las direcciones de la brújula, esta proyección es adecuada para representar la dirección de las corrientes marinas o de los vientos, la dirección que señala la brújula, o las isobaras e isotermas. Esta proyección se complementa a menudo con dos proyecciones estereográficas, una para cada polo.

4.4 SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM).

Anteriormente al desarrollo del sistema de coordenadas UTM varios países europeos ya experimentaban la utilidad de mapas cuadrículados en proyección, conforme al cartografiar sus territorios en el período de entreguerras. El cálculo de distancias entre dos puntos con esos mapas sobre el terreno se hacía más fácil usando el teorema de Pitágoras, al contrario que con las fórmulas trigonométricas que había que emplear con los mapas referenciados en longitud y latitud. En los años de post-guerra estos conceptos se extendieron al sistema de coordenadas basado en las proyecciones Universal Transversa de Mercator y Estereográfica Polar Universal, que es un sistema cartográfico mundial basado en cuadrícula recta. El sistema de coordenadas UTM fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos y sobre todo, debido a que el Servicio de Defensa de Estados Unidos lo estandariza para su empleo mundial en la década de 1940. El sistema se basó en un modelo elipsoidal de la Tierra. Para esto se usó el elipsoide de Clarke de 1866 para el territorio de los 48 estados contiguos. Para el resto del mundo – incluidos Alaska y Hawái – se usó el Elipsoide Internacional. Actualmente se usa el elipsoide WGS 84 como modelo de base para el sistema de coordenadas UTM. La "proyección transversa de Mercator" es una variante de la "proyección de Mercator" que fue desarrollada por el geógrafo flamenco Gerardus Mercator en 1659.

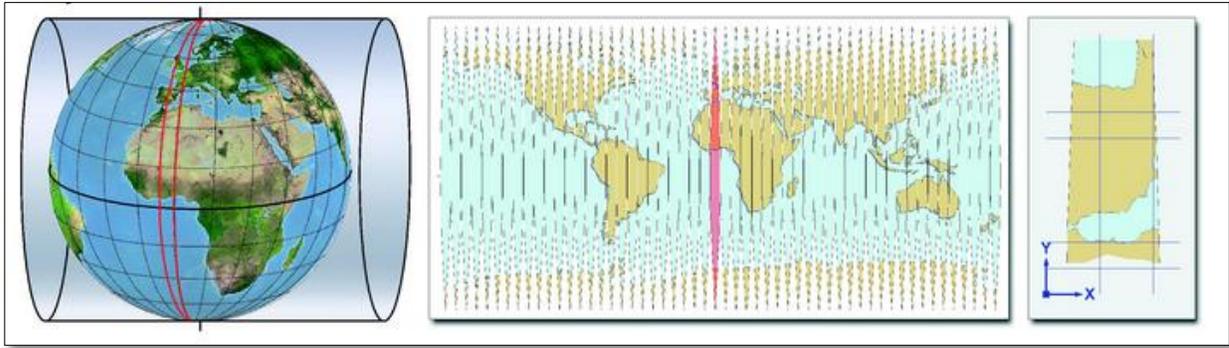


Figura 4.8 Sistema de Coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM)

El Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM) es un sistema que está dentro de las llamadas proyecciones cilíndricas, por emplear un cilindro situado en una determinada posición espacial de coordenadas, está basado también en la proyección geográfica transversa de Mercator, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas tradicional, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar que es la base de la proyección del elipsoide de referencia. Esta proyección es "conforme", es decir, que conserva los ángulos y casi no distorsiona las formas pero inevitablemente sí lo hace con distancias y áreas. El sistema UTM implica el uso de escalas no lineales para las coordenadas X e Y (longitud y latitud cartográficas) para asegurar que el mapa proyectado resulte conforme. El factor de escala en la dirección del paralelo y en la dirección del meridiano son iguales ($h = k$). Las líneas loxodrómicas se representan como líneas rectas sobre el plano.

La proyección UTM tiene la ventaja de que ningún punto está alejado del meridiano central de su zona, por lo que las distorsiones son pequeñas. Pero esto se consigue al coste de la discontinuidad: un punto en el límite de la zona se proyecta en dos puntos distintos, salvo que se encuentre en el ecuador. Una línea que une dos puntos de entre zonas contiguas no es continua salvo que cruce por el ecuador.

Para evitar estas discontinuidades, a veces se extienden las zonas, para que el meridiano tangente sea el mismo. Esto permite mapas continuos casi compatibles con los estándares. Sin embargo, en los límites de esas zonas, las distorsiones son mayores que en las zonas estándar.

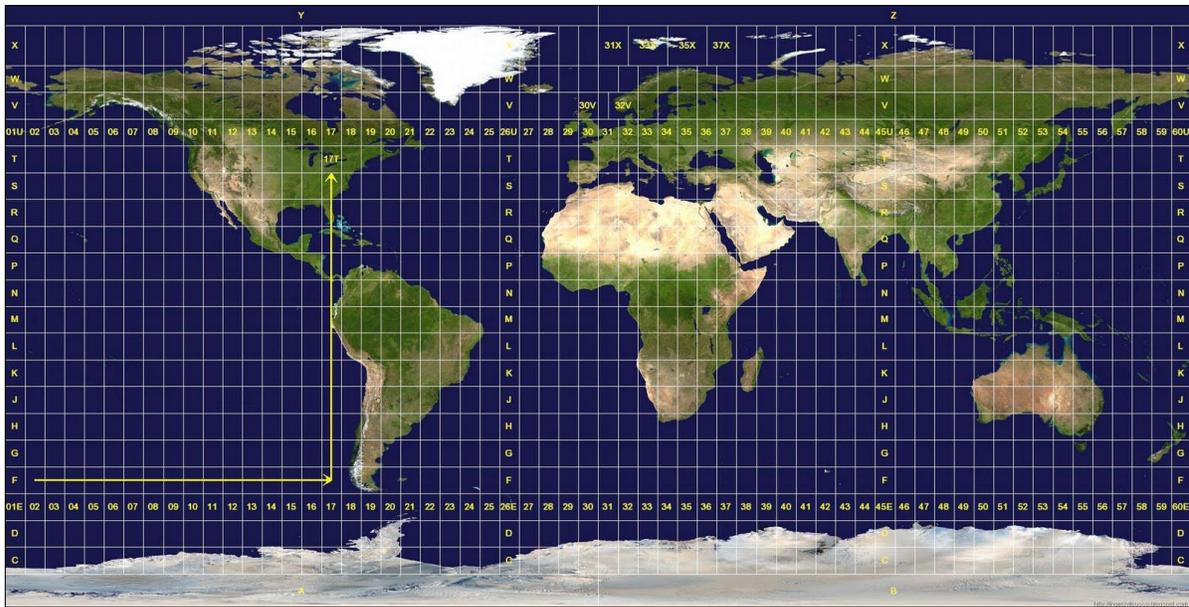


Figura 4.9 Cuadrícula UTM

Este tipo de proyecciones se utilizan para representar partes de la Tierra que no son cercanas al Ecuador.

- Proyección cilíndrica transversal → el cilindro transversal es tangente a un meridiano central de la superficie de referencia (esfera o elipsoide)
- Es una proyección conforme, conserva ángulos y formas
- Se usa más generalmente para una banda estrecha de aproximadamente 3 grados sexagesimales a cada lado del meridiano central.
- Se utiliza de forma extendida en mapas de escalas 1/25.000 y 1/250.000
- Ampliamente utilizada y apropiada para regiones con una gran extensión norte-sur pero poca extensión este-oeste.
- Utilizada por muchos países como sistema de representación nacional
- Presentada por Lambert en 1772
- La Tierra (superficie de referencia) entre las latitudes 84°N y 80°S está dividida en 60 husos.

4.4.1 Husos UTM

La Tierra se divide en 60 husos de 6° de longitud, la zona de proyección de la UTM se define entre los paralelos 80° S y 84° N, ya que los paralelos se van separando a medida que nos alejamos del Ecuador, por lo que al llegar al polo las deformaciones serán infinitas. Cada huso se numera con un número entre el 1 y el 60, estando el primer huso limitado entre las longitudes 180° y 174° W y centrado en el meridiano 177° W. Cada huso tiene asignado un meridiano central, que es donde se sitúa el origen de coordenadas, junto con el ecuador. Los husos se numeran en orden ascendente hacia el este. En el sistema de coordenadas geográfico las longitudes se representan tradicionalmente con valores que van desde los -180° hasta casi 180° (intervalo -180° → 0° → 180°); el valor de longitud 180° se corresponde con el valor -180°, pues ambos son el mismo antimeridiano de Greenwich y en él se produce la conexión de los husos UTM 1 y UTM 60.

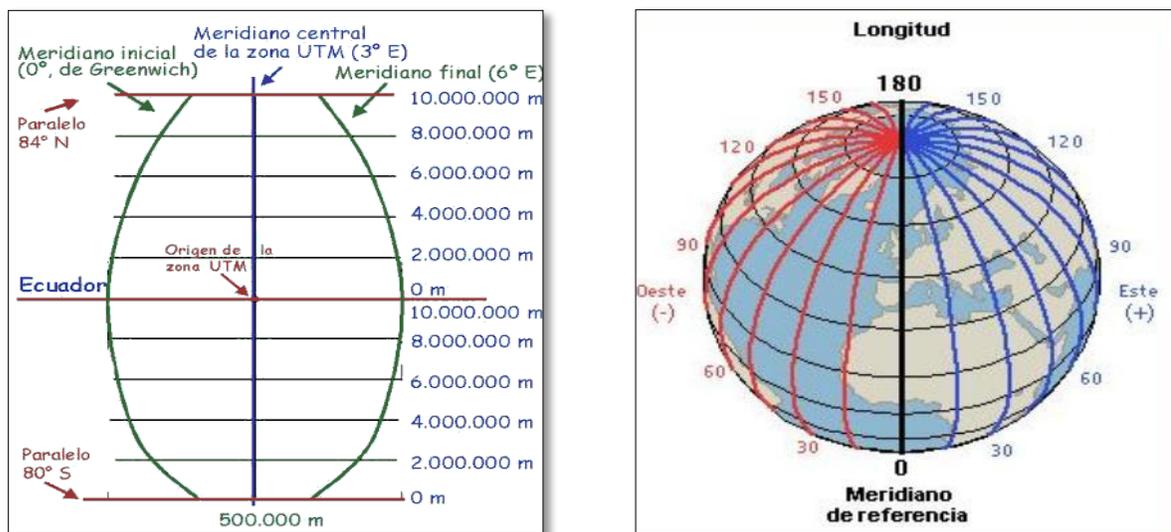


Figura 4.10 Husos UTM

4.4.2 Zonas UTM

La Tierra se divide en 20 zonas de 8° Grados de Latitud, que se denominan con letras desde la C hasta la X excluyendo las letras "I" y "O", por su parecido con los números uno (1) y cero (0), respectivamente. Puesto que es un sistema norteamericano (estadounidense), tampoco se utiliza la letra "Ñ". La zona C coincide con el intervalo de latitudes que va desde 80° S (o -80° latitud) hasta 72° S (o -72° latitud). Las zonas polares no están consideradas en este sistema de referencia. Para definir un punto en cualquiera de los polos, se usa el sistema de coordenadas UPS.

Si una zona tiene una letra igual o mayor que la N, la zona está en el hemisferio norte, mientras que está en el sur si su letra es menor que la "N".

El sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) es un sistema de proyección cartográfico basado en cuadrículas con el cual se pueden referenciar puntos sobre la superficie terrestre. Fue creado por el ejército de los Estados Unidos y está basado en un modelo elipsoidal de la Tierra (el elipsoide Internacional de referencia de Hayford); usado normalmente desde su aparición, no obstante hoy día está siendo sustituido por el Elipsoide WGS 84 para hacer este sistema compatible con el Sistema de Posicionamiento Global GPS. Su unidad de medida básica es el metro. Se basa pues en una proyección de dicho elipsoide, siendo la proyección UTM un sistema cilíndrico que es tangente al elipsoide en un meridiano origen: los puntos del elipsoide se proyectan sobre un cilindro tangente a un meridiano establecido (que llamaremos meridiano central), de forma que al desarrollar el cilindro, el Ecuador se transforma en una recta que se toma como eje de las "X", y el meridiano central se transforma en otra recta perpendicular a la anterior que será el eje de las "Y" Para evitar que las deformaciones producidas en la proyección sean demasiado grandes se divide el elipsoide terrestre en 60 husos de 6° de amplitud, utilizando cada uno su meridiano central y el Ecuador como ejes de referencia.

NOTACIÓN

Cada cuadrícula UTM se define mediante el número del Huso y la letra de la Zona, por ejemplo El Salvador está en la cuadrícula 16P.

EXCEPCIONES

La rejilla es regular salvo en 2 zonas, ambas en el hemisferio norte; la primera es la zona 32V, que contiene el suroeste de Noruega; esta zona fue extendida para que abarcara también la costa occidental de este país, a costa de la zona 31V, que fue acortada. La segunda excepción se encuentra aún más al norte, en la zona que se conoce como Svalbard.

4.5 LA PROYECCIÓN CÓNICA CONFORMAL DE LAMBERT

La proyección cónica de Lambert es de una de las proyecciones cónicas más empleadas. Fue presentada en 1772 por Lambert bajo su nombre, con una aplicación principal para regiones de pequeña extensión.

Su construcción comienza por la representación de la esfera sobre una superficie auxiliar, que se trata de un cono circunscrito a lo largo de un paralelo. Posteriormente este paralelo se desarrolla sobre un plano. No se trata de una proyección geométrica, debido a que la separación entre los paralelos se calcula analíticamente de forma que, se obtiene una representación conforme, tal y como ocurre en la proyección de Mercator.

Los meridianos aparecen como rectas concurrentes (en el punto que corresponde al vértice del cono en el desarrollo) y forman ángulos iguales entre sí los que tienen la misma diferencia de longitud.

Los paralelos por su parte, se representan mediante circunferencias concéntricas (respecto al punto anteriormente mencionado).

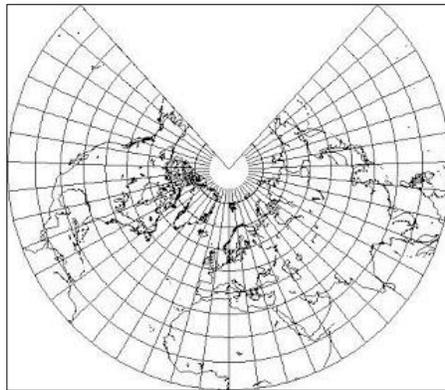


Figura 4.11 Proyección cónica conformal de lambert

Se trata de una proyección que fue reglamentaria en todos los mapas militares a gran escala, eligiéndose el cono tangente a lo largo del paralelo de 40° .

Para el cálculo definitivo, se decidió que dicho cono secante a dos paralelos situados, aproximadamente, a $2^{\circ} 50'$ al Norte y al Sur del paralelo 40° .

Las características más importantes de esta proyección son las siguientes:

- El factor de escala es constante en los paralelos base, decreciendo en el área que está comprendida entre estos y aumentando al alejarse de ellos.
- Los paralelos son círculos concéntricos, espaciados de manera tal que la distancia entre estos es menor al centro del mapa.
- Los meridianos son radios de los círculos anteriores, y cortan a los paralelos en Angulo recto.
- Es una proyección cónica secante normal.
- Por sus características, su uso es adecuado para la representación de áreas que se extienden de Este a Oeste con poca variación en latitud.

4.5.1 PROYECCION LAMBERT EN EL SALVADOR

Toda proyección cartográfica es utilizada según la forma geográfica que queremos proyectar y nuestro país no es la excepción, pero es necesario modificar algunos valores para evitar coordenadas de cuadrícula negativas en cualquier punto para lo cual se asignan coordenadas arbitrarias al origen.

El concepto básico de la Proyección Cónica Conforme Lambert consta de un cono tangente al esferoide a lo largo del paralelo de latitud escogido para el origen. Para mejorar las características de escala en la cuadrícula es ventajoso reducir el cono tangente a un cono secante que corta el esferoide en dos paralelos de latitud, los que se llaman paralelos normales.

Estos se escogen para equilibrar aproximadamente el error de escala en latitud de origen con respecto al error de escala en las latitudes de los límites del norte y del sur de la zona

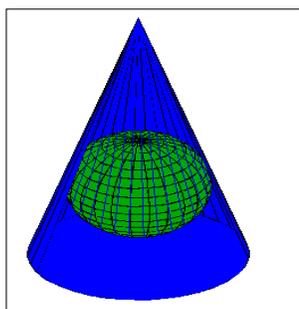
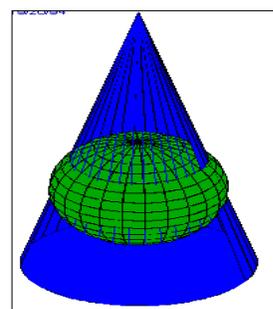


Figura 4.12 Proyección Cónica.



Proyección Cónica Secante.

La escala en una proyección Lambert varía de Norte a Sur, pero no de Este a Oeste. El sistema es ideal para representar regiones que abarcan grandes distancias en la dirección Este-Oeste. La elección de estos se determina de forma que se equilibre el error en escala en el origen con respecto a los paralelos de latitudes extremas.

Para conseguir esto, se multiplica los radios de todos los paralelos desarrollados por un factor constante de reducción que se llama generalmente el factor de escala en el origen. El error de escala llega a ser cero en los paralelos normales.

VALORES DE LA PROYECCION LAMBERT EN EL SALVADOR

Zona geográfica:

300 km (Este-Oeste)

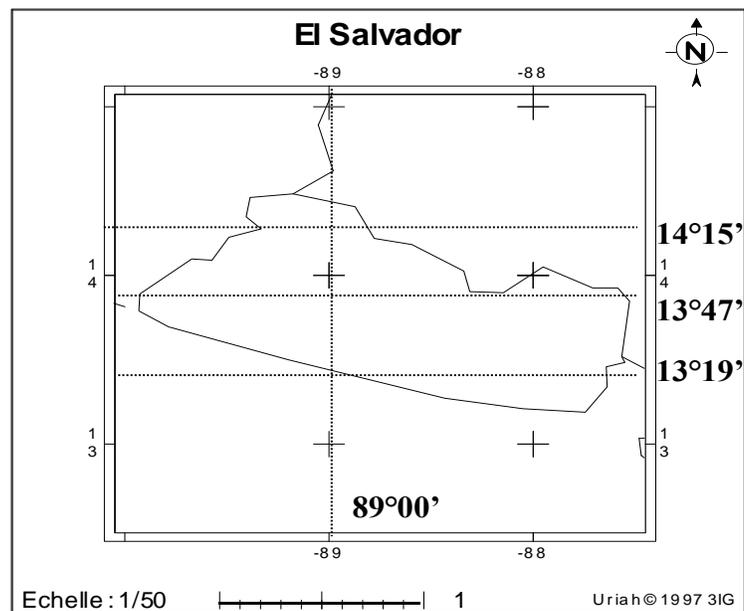
100 km (Norte-Sur)

Coordenadas del origen de la proyección:

Coordenadas geográficas:

$\lambda_0 = 89^{\circ}00' W$ (meridiano de origen)

$\phi_0 = 13^{\circ}47' N$ (latitud de origen)



**Figura 4.13 Valores de La Proyección Lambert
En El Salvador**

Factor de escala: $k_0 = 0.99996704$

Paralelos estándar ó normales

$13^{\circ}19' N - 14^{\circ}15' N$

Coordenadas rectangulares:

$X_0 = 500\ 000.000$ m (falso Este)

$Y_0 = 295\ 809.184$ m (falso Norte)

4.6 DATUM GEODÉSICO.

La posición geodésica de varios puntos situados sobre la superficie de la Tierra se determina con relación a un grupo de cantidades iniciales específicas que forman un datum geodésico. La relación entre las posiciones geodésicas permanece cierta mientras estas se calculen partiendo de las mismas cantidades iniciales, esto es, en tanto que se apoyen en el mismo datum geodésico. Consecuentemente, las posiciones geodésicas deducidas de datums diferentes no son directamente comparables en los cálculos y los datos deseables, tales como distancias y azimuts serán diferentes. El monto de las discrepancias dependerá de los errores en las magnitudes iniciales de los datums.

DEFINICIÓN.

Un datum se define como cualquier cantidad numérica o geométrica o como un grupo de esas cantidades que sirven como referencia o base para otras cantidades. En otras palabras, un datum es un punto de partida.

4.6.1 CONSTITUCIÓN DE DATUMS GEODÉSICOS.

Un datum geodésico está constituido por:

- a) Una superficie de referencia con definición geométrica exacta, es decir un elipsoide de revolución.
- b) Un punto “fundamental” en el que coinciden las verticales al geoide y al elipsoide.

En geodesia se consideran dos tipos de datums: Un datum horizontal y un datum vertical.

- 1) Un datum horizontal: Forma la base de los cálculos para el control horizontal de los levantamientos. Consta de cinco elementos o condiciones de partida; estos son: La latitud y la longitud de un punto inicial u origen, el azimut de una línea –que nos da la dirección con la cual se realiza el cálculo– más el radio ecuatorial y el achatamiento necesarios para definir el elipsoide de referencia. Se elige un punto en el que las superficies del elipsoide de referencia y del geoide sean tangentes. De esta forma, ambas verticales (geodésica y astronómica respectivamente) coincidirán, así como las coordenadas geodésicas y astronómicas en dicho punto. Figura 4.11

- 2) Un datum vertical: Es la superficie de referencia que permite el cálculo de alturas. Lo más usual es que esta superficie sea el geoide.

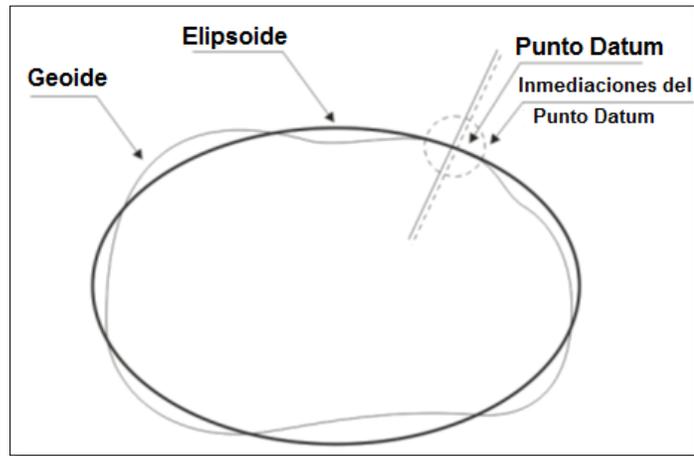


Figura 4.14 Sistema o Datum Geodésico.

4.6.2 DATUM O SISTEMA DE REFERENCIA LOCAL

Se denomina así debido a que su radio o campo de aplicación es reducido a un determinado país o a una región. Por lo general en este tipo de sistemas, el elipsoide casi nunca se encuentra centrado y su eje no es coincidente con el eje de la Tierra. Figura 4.15.

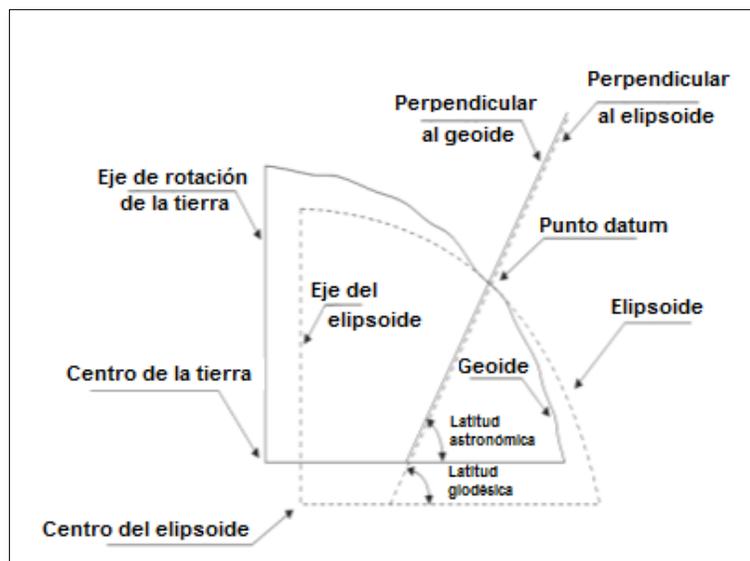


Figura 4.15 Sistema de referencia local.

Entre las desventajas que presentan los sistemas de referencia locales tenemos:

- 1) Estos sistemas son enteramente planimétricos, no tridimensionales. Las cotas altimétricas se desarrollan a partir de otros caminos.
- 2) Las zonas limítrofes sufren confusiones en las redes geodésicas, dado que comúnmente se presentan diferencias inaceptables.
- 3) Los elementos de los diversos datums no guardan relación.

Entre algunos de los sistemas locales más utilizados tenemos: El Datum Norteamericano NAD 27, el Datum Europeo ED 70, El Datum de Tokio etc.

4.6.3 DATUM O SISTEMA DE REFERENCIA GEOCÉNTRICO

Está constituido por un sistema cartesiano tridimensional, cuyo origen es el centro de masa de la totalidad de la Tierra, incluyendo los océanos y la atmósfera. El desarrollo del sistema geocéntrico, ha permitido cualificar la definición de los elipsoides y ha complementado sus características geométricas con atributos físicos que los acercan más al comportamiento terrestre, de este modo, se han convertido en datum globales o sistemas internacionales de referencia, cuyas principales características son:

- 1) La masa elipsoidal es equivalente a la masa terrestre.
- 2) La velocidad angular de rotación del elipsoide es igual a la terrestre.
- 3) El origen del sistema cartesiano elipsoidal corresponde con el centro de masa terrestre.
- 4) El eje Z del sistema cartesiano elipsoidal coincide con el eje de rotación terrestre.

Como se mencionó en el capítulo II el sistema geocéntrico más utilizado en la actualidad es el WGS 84, cuya popularidad se debe a su relación con el Sistema de Posicionamiento Global por Satélite GPS.

4.6.4 Datum Norteamericano 1927 (NAD 27)

Durante los trabajos de delimitación de la frontera entre Guatemala y El Salvador llevados a cabo entre los años de 1936 a 1940 la “Comisión Mixta de Límites” integrada para efectuar las labores geodésicas y cartográficas de dichos proyectos adoptó el Datum

Geodésico de Ocoytepeque para el ajuste de la Triangulación, enlazando ésta con el arco de Triangulación de la zona fronteriza Guatemala-Honduras, para lo cual fue establecido dicho datum, en vista de no existir en ese tiempo un enlace con el Datum Norteamericano. Posteriormente, al iniciarse las labores de mapeo básico nuestro país continuó utilizando el Datum Ocoytepeque al igual que todos los países del área centroamericana y no fue sino hasta en 1962 en que de acuerdo a las resoluciones de la Cuarta Semana Cartográfica Centroamericana, nuestro país adoptó definitivamente el Datum Norteamericano de 1927 que ofrecía mejor precisión y ventajas; siendo su elipsoide asociado el de Clarke 1866.

El Datum norteamericano fue designado como base para las redes de Triangulación de Estados Unidos, México y Canadá desde 1913, teniéndose como origen la estación Meades Ranch en Kansas. Toda la red de primer orden de los Estados Unidos fue ajustada durante los años 1927 a 1932 en un sistema que actualmente es conocido como Datum Norteamericano de 1927.

Los parámetros que definen el NAD 27 (Tabla 4.1), son de carácter puramente geométricos, el datum es solamente bidimensional al no incluir la coordenada de altura y pese a su pretensión de alcance continental, es por su propia naturaleza un datum local definido sobre la superficie del elipsoide de referencia. Además de que la altura geoidal se definió arbitrariamente haciendo coincidir dicha superficie con el geoide en el punto datum.

Semieje mayor del Elipsoide	6,378.206.4 m
Semieje menor del Elipsoide	6,356,583.8 m
Latitud del origen	39° 13'26.686"
Longitud del Origen	98°32'30.506"
Desviación de La Vertical:	
En el Meridiano	-1.02"
En el Primer Vertical	-1.79"
Altura Geoidal en el origen	0.00
Acimut del origen a la estación	
Waldo, medido desde el Sur.	75°28'09.64"

Tabla 4.1 Parámetros adoptados para el datum NAD 27.

Existen parámetros de transformación para el área de Centroamérica llamado Norteamérica Datum 1927 (NAD 27), estos fueron calculados con observaciones Doppler, obteniendo los siguientes parámetros:

- $T_x = 0$
- $T_y = 125$
- $T_z = 194$

Estos parámetros de transformación vienen incorporados en todos los programas de transformación de coordenadas. Sin embargo, para efectos de precisiones el IGCN calculó sus propios parámetros apoyados en la red geodésica básica llamándose estos:

3 Parámetros El Salvador Lambert.(Ver Anexo F):

- $T_x = 0.00$
- $T_y = 105.5$
- $T_z = 197.2$

Así también, se toman los siguientes sistemas de referencia cartográficos:

- Proyección Lambert Secante.
- Elipsoide de Clarke 1866
- $a = 6378206.4$ metros
- $b = 6356583.8$ metros
- $1/f = 1:294.97869821390$

4.6.5 Datum Norteamericano 1983 (NAD 83)

Con el objeto de efectuar un nuevo ajuste al NAD 27 y establecer un punto geodésico geocéntrico en la República de El Salvador, dentro del proyecto de establecer un Datum Geocéntrico Internacional, se efectuaron en nuestro país en 1977, observaciones por medio de satélites geodésicos desde la estación de Triangulación Tepezontes, la cual forma parte de la Red de Triangulación de Primer orden del Arco Costero y se encuentra situada unos 4 kilómetros al poniente de San Miguel Tepezontes.

Las observaciones estuvieron a cargo de personal técnico del Instituto Geográfico Nacional “Ing. Pablo Arnoldo Guzmán”, y del IAGS.

Los satélites geodésicos para observaciones con sistemas Doppler fueron originalmente diseñados y mantenidos con fines puramente de navegación siendo por este motivo conocidos como “NAVY NAVIGATIONAL SATELLITE SYSTEMS” (NNSS).

En los años 70 había seis satélites de navegación que podían ser observados, cada uno de los cuales se movían en su órbita determinada transmitiendo en las frecuencias de 400 MHz y 150 MHz. La estación terrestre del equipo se denominaba “Georeceptor o Geoceiver”.

Se producían comercialmente diferentes sistemas para posicionamiento Doppler, los cuales diferían en precio según el fabricante. El Equipo utilizado en El Salvador fue fabricado por Magnavox de los Estados Unidos y tenía un costo de aproximadamente US \$ 120,000.00 (Figura 4.16).

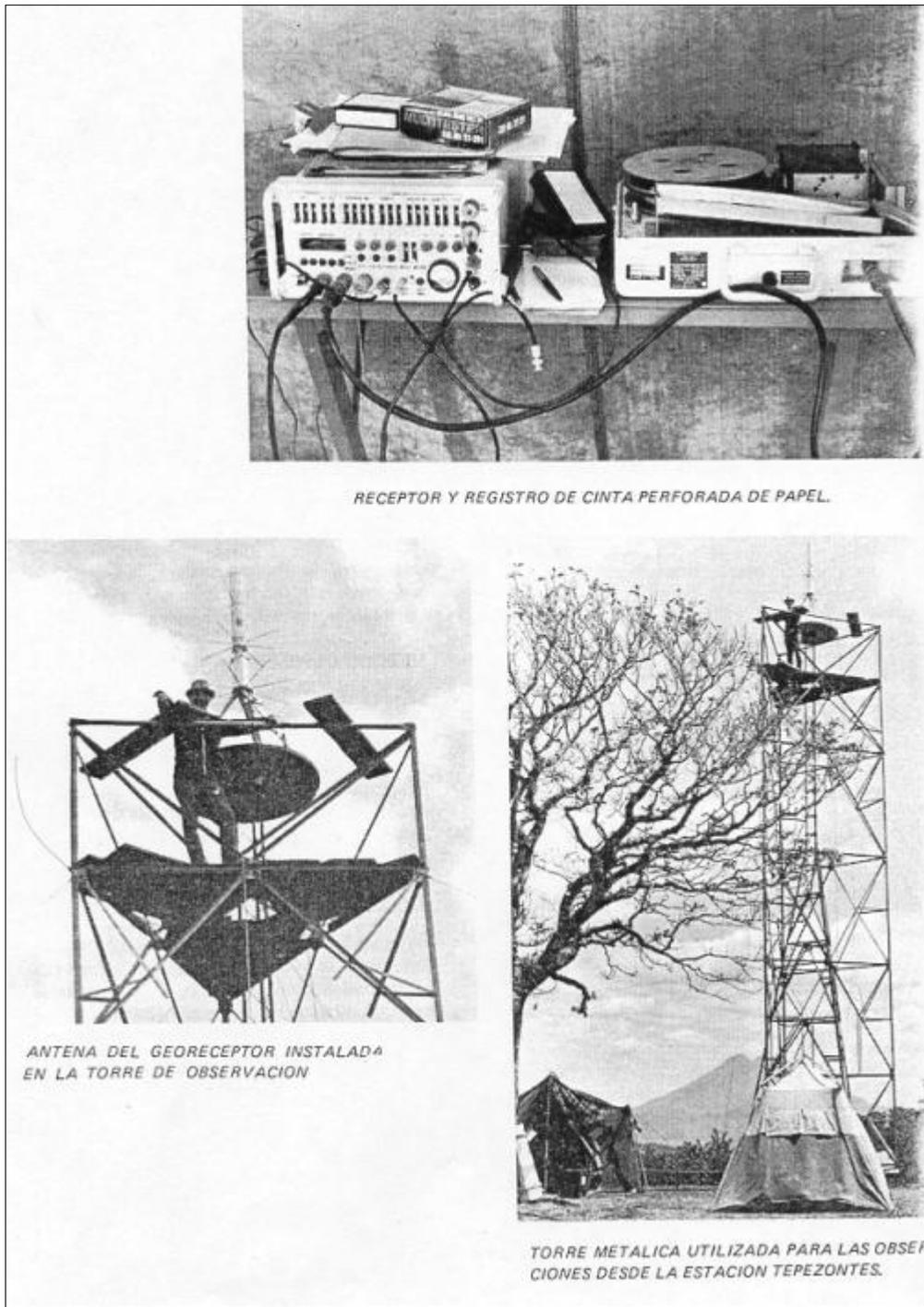


Figura 4.16 Observaciones Geodésicas en Estación Tepezontes utilizando el Geociver de Magnavox

Formalmente, el NAD 83 es la redefinición del NAD 27, pero como éste, continúa siendo un datum horizontal, ya que en el proceso de reajuste no se consideraron como incógnitas las

coordenadas de altura de los puntos. La idea en este sentido es de contar con un sistema tridimensional.

El NAD 83 se encuentra definido en el llamado GRS 80 (Sistema Geodésico de Referencia de 1980) adoptado y recomendado por la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, el cual se define en forma dinámica, haciendo coincidir el centro geométrico del elipsoide con el centro de masa de la Tierra con el agregado de 4 parámetros básicos. (Tabla 4.2).

a) Semieje mayor del elipsoide (6378,137 m)

b) Velocidad angular terrestre (7292,115x10⁻¹¹ rad/seg)

c) Constante gravitacional newtoniana

(3986005 x 10⁸ m³ / seg²)

d) Factor dinámico en su forma no normalizada J2'

**que representa el achatamiento terrestre sobre el
campo gravitacional (108263x 10⁻⁸)**

Mediante el empleo de estos parámetros es posible derivar todas las constantes físicas y geométricas que intervienen en los correspondientes cálculos geodésicos.

Tabla 4.2 Parámetros DATUM NAD 83.

CAPÍTULO V

REDES GEODÉSICAS, TÉCNICAS DE MEDICIÓN GPS Y MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL.

5.1 REDES GEODÉSICAS

INTRODUCCIÓN.

Una Red Geodésica constituye uno de los cimientos más importantes sobre los que se apoya toda una serie de disciplinas tanto científicas como técnicas, cuyo objetivo común es impulsar proyectos de desarrollo de un país, entre los que destacan:

1. Actualización de la cartografía local y nacional.
2. Catastro.
3. Ordenamiento territorial.
4. Gestión de riesgos.

1. Actualización de la cartografía local y nacional: Permite lograr una cartografía de alto valor y precisión y sirve de apoyo en proyectos de levantamientos fotogramétricos y georreferenciación de imágenes de satélite.

2. Catastro: La ubicación geoespacial de los predios permite la depuración de los registros catastrales salvaguardando la seguridad jurídica de la propiedad.

3. Ordenamiento territorial: Permite definir los límites territoriales sean estos de carácter nacional o internacional, determinar pagos de impuestos, integración y delimitación de áreas protegidas, generación de planes de desarrollo urbano y rural dentro de los municipios etc.

4. Gestión de riesgos. Permite obtener la ubicación exacta de las zonas de alto riesgo, además facilita el seguimiento y monitoreo constante de fenómenos naturales, proporcionando información relevante que permite establecer las medidas de prevención y respuesta, e incluso, la toma de decisiones en cuanto a la evacuación del factor humano.

5.1.1 DEFINICIÓN

Básicamente las redes geodésicas consisten en una serie de puntos debidamente identificados, monumentados y distribuidos por toda la superficie de un país o de una región. Dichos puntos forman entre sí una red de triángulos, en los cuales tras un complejo proceso de cálculos, se conocen los lados de los triángulos, así como también sus ángulos internos, incluyendo las coordenadas de todos sus vértices.

Los valores de los ángulos de cada triángulo que conforma la red, así como el de la línea base –línea determinada por dos vértices, que representa la posición de un punto respecto a otro punto y que como su nombre lo indica, es la base de toda la red geodésica- deben ser calculados con la máxima precisión; muy por encima de la que estamos acostumbrados a obtener con los métodos topográficos convencionales.

A partir de la línea base, que constituye uno de los triángulos, y de la medición de los ángulos, se van determinando el resto de coordenadas, y sus lados serán líneas base, apoyándose unos triángulos con otros.

Con el objetivo de reducir, la lógica acumulación de errores que supone el cálculo de unos triángulos apoyados en los anteriores, se establecen redes geodésicas de distinta precisión u orden. Generalmente se disponen redes de primero, segundo y tercer orden, con precisiones progresivamente decrecientes.

- Red geodésica de primer orden: Está formada por triángulos con lados cuya longitud varía entre los 20 a 30 Kilómetros.
- Red geodésica de segundo orden: Se basa en la anterior y tiene triángulos con lados cuya longitud varía entre los 10 a 20 Kilómetros.
- Red de tercer orden: Se apoya en la de segundo orden y tiene triángulos con lados de 5 a 10 Kilómetros.

Los triángulos de primer y segundo orden son elipsoídicos, es decir, se calculan sobre el elipsoide, pues con estas dimensiones no puede prescindirse de la esfericidad terrestre ni de otros elementos como la presión atmosférica, temperatura, etc. Los triángulos de tercer orden se calculan como planos.

El objetivo final de la Red Geodésica es el cálculo de las coordenadas geográficas de cada uno de los vértices que la conforman.

5.2 REDES GEODÉSICAS EN EL SALVADOR.

Reseña Histórica.

Los orígenes de las redes geodésicas en nuestro país se remontan a la utilización del Datum Ocotepeque 1935, conocido como el datum horizontal original de El Salvador, y establecido por el USCGS mediante observaciones astronómicas, con punto fundamental en Base Norte (Honduras) de latitud $14^{\circ} 26' 20.168''\text{N}$ y longitud $89^{\circ} 11' 33.964''\text{W}$ con una altura de 806.99 m sobre el nivel del mar. Es en base a este datum, que el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en un inicio desarrolla su información geodésica.

En 1946 se funda la Dirección General de la Cartografía quien continúa con la observación de la red geodésica y es a finales de 1947, cuando el US Army Map Service a través de la InterAmerican Geodetic Survey, firma un acuerdo con el Gobierno de El Salvador para completar toda la triangulación clásica del país adoptando como definitivo el Datum Norteamericano de 1927 (NAD 27), asociado al elipsoide de Clarke de 1866 con propósitos mayoritariamente cartográficos.

5.2.1 Antigua Red Nacional.

Se basó en la construcción de cadenas geodésicas materializadas como puntos sobre el terreno, con mayores o menores densidades de cobertura y de aceptables valores de precisión, conformando con ello la Red Geodésica Nacional. Para estos trabajos se utilizaron procedimientos aplicables en su momento, como: Métodos de triangulación geodésica, sistemas de poligonación geodésica, trilateración y métodos de posicionamiento Doppler entre otros.

Esta primera red geodésica nacional estaba constituida por tres arcos principales de triangulación (arco norte, central y costero) con lados de 20 a 70 kilómetros, de donde se derivaron cadenas de segundo y tercer orden establecidas para proyectos específicos (como estudios de carreteras, desarrollo hidroeléctrico, aeropuertos, irrigación y drenaje, estudios portuarios y para el catastro nacional), con una densidad de una estación cada tres y medio kilómetros cuadrados. Figura 5.1.

Estos vértices fueron observados y monumentados en los años cincuenta y sesenta, logrando establecer un aproximado de 1,600 puntos o vértices en todo el país. Sin embargo debido a la guerra civil que sufrió El Salvador y a diversos fenómenos naturales muchos de estos monumentos fueron destruidos.

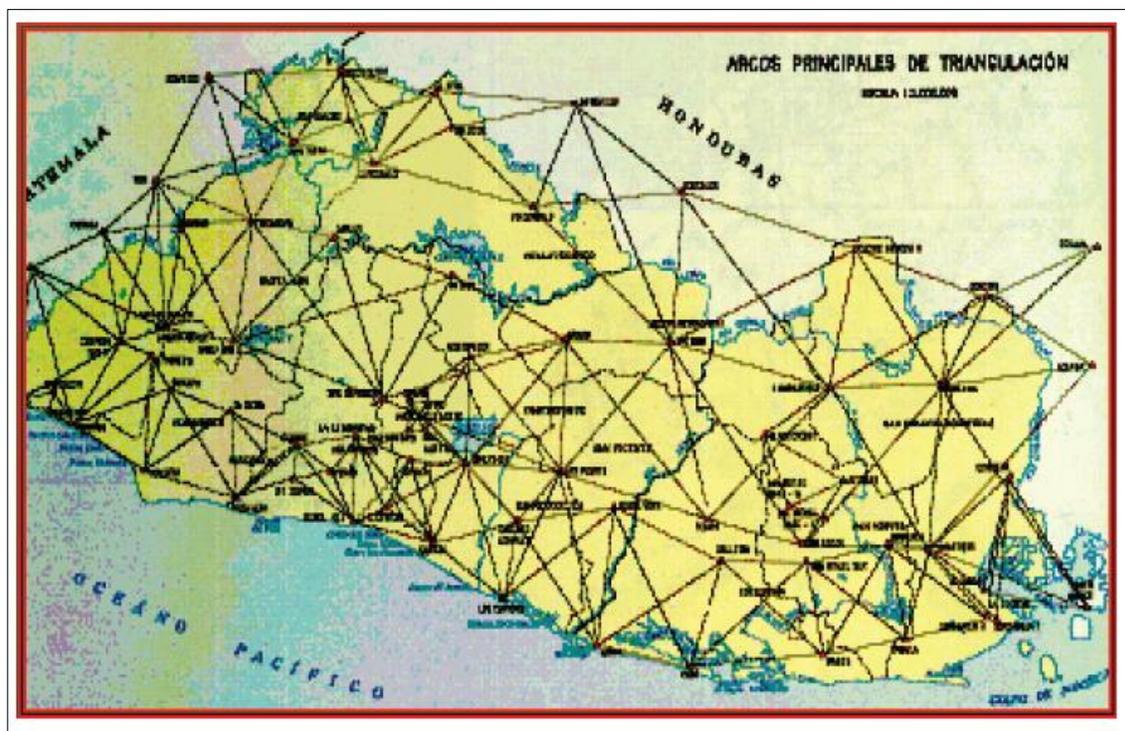


Figura 5.1 Antigua Red Nacional.

5.2.2 HISTORIA RECIENTE: ELABORACIÓN DE UNA NUEVA RED NACIONAL.

Con el impulso de la tecnología satelital y los grandes avances alcanzados por países industrializados en dicha área, el Centro Nacional de Registros-Instituto Geográfico Nacional, en su proceso de modernización, actualización y mejoramiento inicia a mediados de la década de los noventas un proyecto muy ambicioso, el cual consistió en establecer su primera Red Geodésica de Primer Orden con equipo satelital GPS, enmarcándolo en el Sistema Geodésico Mundial (WGS-84). Esta nueva red fue conformada por:

- a) La Red de Referencia Salvadoreña (RRS)
- b) La Red Básica Salvadoreña (RBS)

5.2.2.1 RED DE REFERENCIA SALVADOREÑA (RRS).

La Red de Referencia Salvadoreña, estuvo conformada por tres vértices:

1. SOLEDAD: Que se ubicó en la Colonia La Cima, San Salvador
2. ESCORPIÓN: Cuya ubicación era en el Municipio de Corinto, Morazán

3. SAN DIEGO NORTE: Que se ubicó en el Municipio de Metapán, Santa Ana. Figura 5.2.

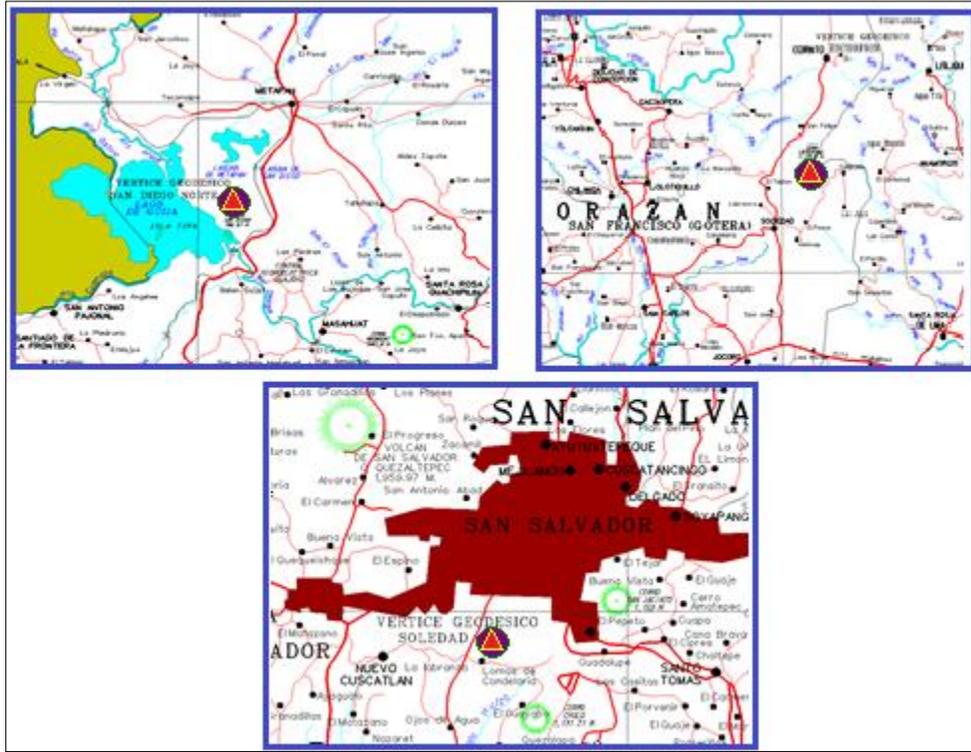


Figura 5.2 Vértices Geodésicos de la Red de Referencia Salvadoreña RRS.

Estos tres vértices fueron observados durante 72 horas no continuas durante 9 días (8 horas/día), para obtener Posiciones Absolutas. El amarre de estos vértices, también denominado “Gran Triángulo” se realizó a Estaciones de Referencia de Operación Constante (CORS), tales como: Gala (Isla Galápagos), Bogt (Bogotá, Colombia), MDO1 (McDonalds1, USA). Figura 5.3.



Figura 5.3 Amarre de los vértices de la RRS

Las Estaciones CORS, son estaciones GPS, las cuales están rastreando información satelital 24 horas continuas durante todo el año y se encuentran en zonas estratégicas en todo el mundo, con esta información calculan la velocidad de la Corteza Terrestre y a su vez los desplazamientos de la placa tectónica, actualizando de esta manera las coordenadas en el Sistema WGS-84. Figura 5.4.



Figura 5.4 Estaciones de Referencia de Operación Constante.

5.2.2.2 RED BÁSICA SALVADOREÑA (RBS).

Contó con 16 vértices (tabla 5.1), que cubrían la totalidad del país, cada uno observado durante 8 horas con equipo GPS de doble frecuencia y amarrados a la Red de Referencia Salvadoreña. Fig 5.5

Las coordenadas de esta nueva Red Geodésica fueron enmarcadas el Sistema Geodésico Mundial (WGS-84), es decir, fueron coordenadas geográficas (latitud, longitud y elevación elipsoidal); además de haber transformado estas a planas (X, Y) bajo la proyección Conformal de Lambert.

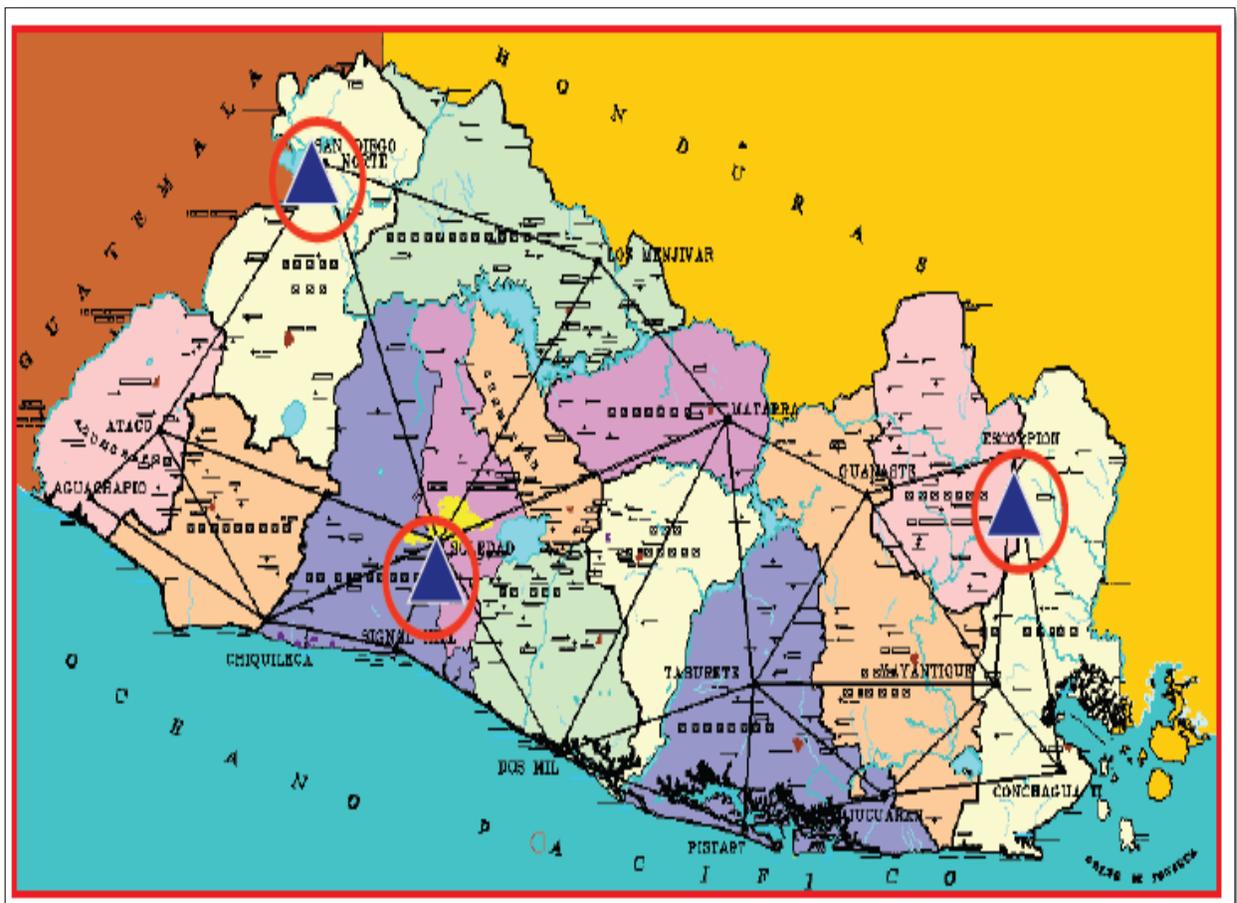


Figura 5.5 Red Básica Salvadoreña RBS.

Nº	NOMBRE	UBICACIÓN	RBS	RRS
1	San Diego Norte	Santa Ana	Si	Si
2	Ataco	Ahuachapán	Si	No
3	Aguachapío	Ahuachapán	Si	No
4	Chiquileca	La Libertad	Si	No
5	Signal Hill	La Libertad	Si	No
6	Soledad	San Salvador	Si	Si
7	Los Menjívar	Chalatenango	Si	No
8	Dos Mil	La Paz	Si	No
9	Matarra	Cabañas	Si	No
10	Pista 97	Usulután	Si	No
11	Taburete	Usulután	Si	No
12	Jucuarán	Usulután	Si	No
13	Guanaste	San Miguel	Si	No
14	Yayantique	La Unión	Si	No
15	Conchagua	La Unión	Si	No
16	Escorpión	Morazán	Si	Si

Tabla 5.1 Vértices del país. Fuente: IGCN

5.2.3 LA NUEVA RED GEODÉSICA DE EL SALVADOR

En el afán de mantener la información geodésica nacional actualizada y acorde a los últimos avances en cuanto a georreferenciación satelital en el continente americano, el Centro Nacional de Registros, a través de la Gerencia de Geodesia del Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (IGCN), desarrolló un nuevo marco de referencia geodésico denominado Red Geodésica Básica Nacional de El Salvador RGBN_ES2007, cuyo objetivo principal es

suministrar una plataforma de referencia moderna, precisa y confiable a los productores y usuarios de información georreferenciada en el país.

La Unidad de Levantamiento de Control Geodésico de la Gerencia de Geodesia del IGCN, realizó el posicionamiento de los vértices utilizando receptores de doble frecuencia. Para tal efecto se desarrollaron 36 sesiones diarias de ocho horas cada una, las cuales se distribuyeron entre los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2007.

Con el fin de integrar la nueva red en el marco continental de referencia SIRGAS/ITRF, 25 estaciones SIRGAS-CON fueron calculadas y procesadas simultáneamente con los vértices de la RGBN_ES2007, las cuales a su vez, sirvieron como estaciones de referencia para el ajuste final de la red, figura 5.6

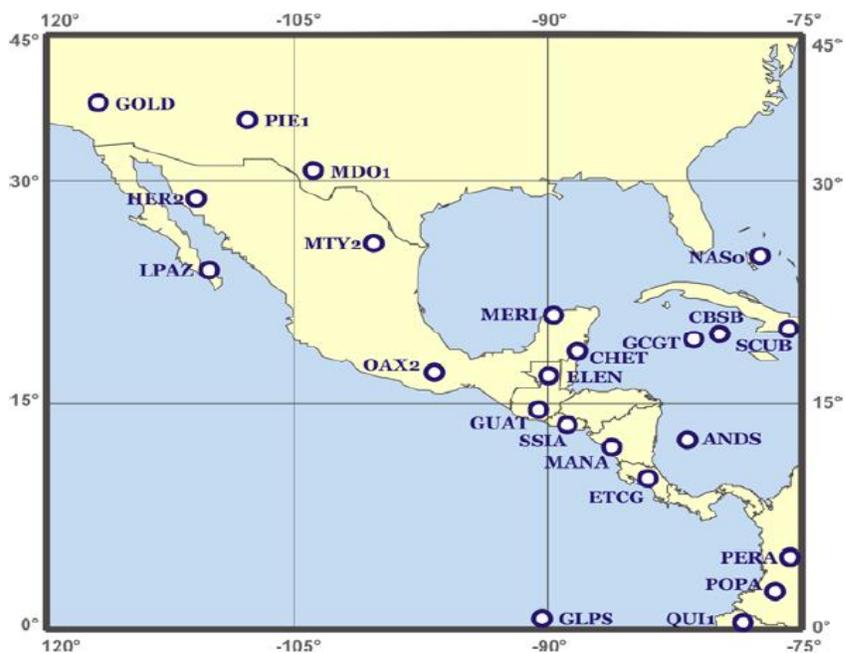


Figura 5.6 Estaciones SIRGAS-CON incluidas en el procesamiento de la RGBN_ES2007

Esta integración garantiza que las coordenadas de la RGBN_ES2007 estén definidas sobre el mismo sistema que sirve como base para el cálculo de las órbitas de los satélites GPS distribuidas por el IGS (Servicio Internacional del Sistema Global de Navegación por Satélite). De esta manera, los vértices de la red pueden ser utilizados como estaciones de referencia y sus coordenadas, junto con las efemérides satelitales del IGS, permiten obtener

posiciones geodésicas referidas directamente al ITRF vigente (en la actualidad, el ITRF2005).

Vale la pena mencionar que desde enero de 2002 (semana GPS 1150) el sistema de referencia World Geodetic System (WGS 84) adoptó como realización al ITRF; es decir, desde esa fecha, estos son idénticos.

De esta manera, así como SIRGAS constituye la densificación continental del marco de referencia global ITRF, la RGNB_ES2007 constituye densificación nacional de SIRGAS.

5.2.3.1 RED SIRGAS_ES2007

La Red Geodésica Básica Nacional de El Salvador RGNB_ES2007 también conocida como red SIRGAS_ES2007.8, está compuesta por 38 estaciones distribuidas homogéneamente sobre el territorio nacional y cuya longitud de líneas base varía entre 20 a 30 kilómetros figura 5.7

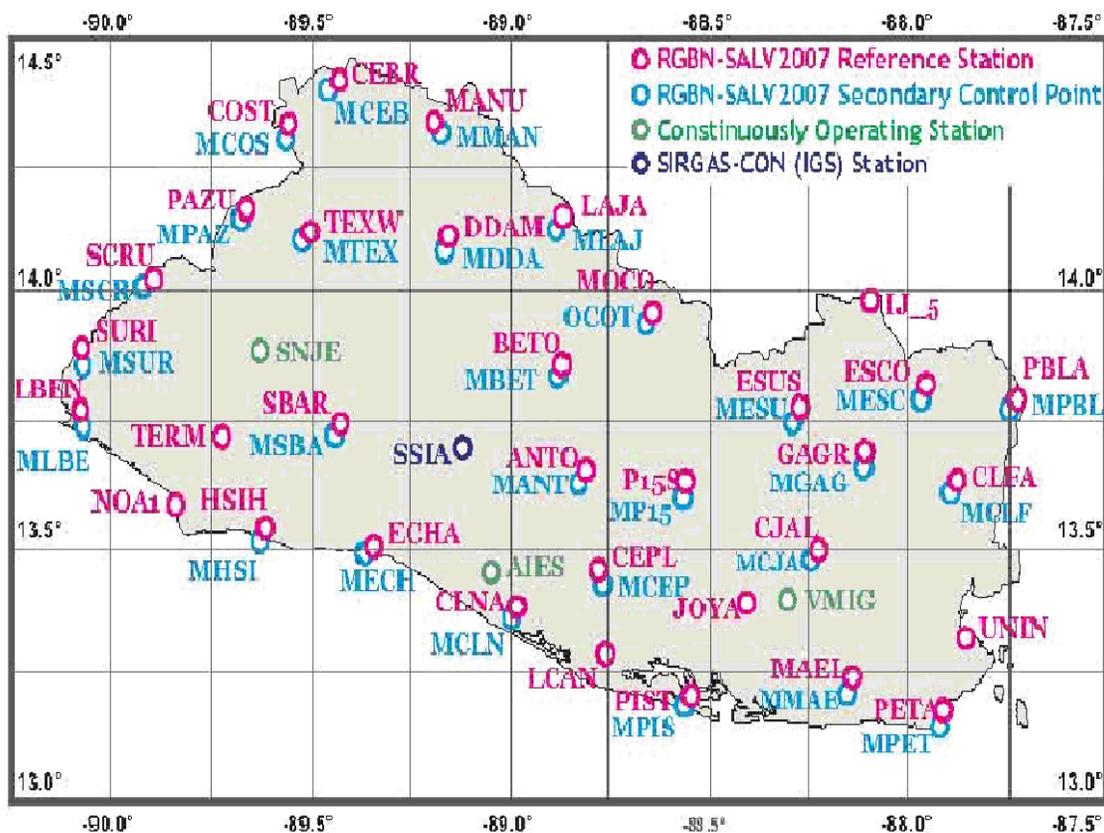


Figura 5.7 Vértices de la Red Geodésica Básica Nacional RGNB_ES2007

Con el fin de garantizar la perdurabilidad del punto de referencia en el evento de que el monumento principal sea alterado o desaparezca 28 de las 38 estaciones pasivas cuentan con una estación excéntrica tabla 5.2.

Nº	NOMBRE	ID	MARCA AZIMUTAL	ID AZIMUTAL
1	ANTON	ANTO	MKZ ANTON	MANT
2	BETO	BETO	MKZ BETO	MBET
3	CANTÓN EL BRUJO	CEBR	MKZ CANTÓN EL BRUJO	MCEB
4	CANTÓN EL JALACATAL	CJAL	MKZ CANTÓN EL JALACATAL	MCJA
5	CASERÍO LA FABULOSA	CLFA	MKZ CASERÍO LA FABULOSA	MCLF
6	COOPERATIVA LOS NARANJOS	CLNA	MKZ COOPERATIVA LOS NARANJOS	MCLN
7	CANTÓN OSTUA	COST	MKZ CANTÓN OSTUA	MCOS
8	DESVÍO DE AMAYO	DDAM	MKZ DESVÍO DE AMAYO	MDDA
9	EL CHARCÓN	ECHA	MKZ EL CHARCÓN	MECH
10	CANTÓN EL PLAYÓN	CEPL	MKZ CANTÓN EL PLAYÓN	MCEP
11	ESCORPIÓN	ESCO	MKZ ESCORPIÓN	MESC
12	EL SUSPIRO	ESUS	MKZ EL SUSPIRO	MESU
13	GRANJA AGRÍCOLA	GAGR	MKZ GRANJA AGRÍCOLA	MGAG
14	HACIENDA SIHUAPILAPA	HSIH	MKZ HACIENDA SIHUAPILAPA	MHSI
15	IJ-5	IJ5		
16	JOYA	JOYA		
17	LAJAS	LAJA	MKZ LAJAS	MLAJ
18	LA BENDICIÓN	LBEN	MKZ LA BENDICIÓN	MLBE
19	LA CANOA	LCAN		
20	MANUEL	MANU	MKZ MANUEL	MMAN
21	MARÍA ELENA	MAEL	MKZ MARÍA ELENA	MMAE
22	NOA-1	NOA1		
23	OCOTILLO II	OCOT	MKZ OCOTILLO II	MOCO

24	PRESA 15 DE SEPTIEMBRE	P15S	MKZ PRESA 15 DE SEPTIEMBRE	MP15
25	PIEDRAS AZULES	PAZU	MKZ PIEDRAS AZULES	MPAZ
26	PEÑAS BLANCAS	PBLA	MKZ PEÑAS BLANCAS	MPBL
27	PISTA EL TAMARINDO	PETA	MKZ PISTA EL TAMARINDO	MPET
28	PISTA 97	PIST	MKZ PISTA 97	MPIS
29	SAN BARTOLO II	SBAR	MKZ SAN BARTOLO II	MSBA
30	SANTA CRUZ	SCRU	MKZ SANTA CRUZ	MSCR
31	SSIA	SSIA		
32	SURIANO II	SURI	MKZ SURIANO II	MSUR
33	TERMINAL	TERM		
34	TEXIS WEST II	TEXW	MKZ TEXIS WEST II	MTEX
35	LA UNIÓN	UNIN		

Tabla 5.2 Espacios rellenos en verde no poseen MKZ Fuente: IGCN

De las 38 estaciones, 34 están materializadas por pilares (estaciones pasivas) y las 4 restantes (AIES, SNJE, SSIA, VMIG) son de operación continua figura 5.8.



Figura 5.8 Estación de Referencia de Operación Continua San Salvador Ilopango Airport (CORS-SSIA)

5.2.3.2 DENSIFICACIONES DEPARTAMENTALES

Referenciada a la Red SIRGAS_ES2007.8 sirve como apoyo para la densificación de los departamentos del país, con líneas base de 10 a 20 kilómetros, siendo su información la base geodésica para el Proyecto de Modernización del Catastro Nacional.

Actualmente el Instituto Geográfico del Catastro Nacional (IGCN), tienen densificadas las Redes de los 14 departamentos del país.

Sin embargo ligadas a SIRGAS ES2007.8 se tiene los Departamentos de La Unión, San Miguel, Morazán, Usulután y San Vicente figura 5.9



Figura 5.9 Redes Geodésicas Departamentales.

5.2.3.3 DENSIFICACIONES URBANAS

Referenciadas a la Red Geodésica Departamental, las Redes Geodésicas Urbanas, son pares de puntos geodésicos con distancias que varían entre los 5 a 10 kilómetros y que se establecen dentro del radio urbano de cada municipio. Este tipo de mojones son de gran importancia particularmente para los levantamientos geodésicos o topográficos que realizan instituciones privadas o gubernamentales.

Se tienen densificados por el Instituto Geográfico del Catastro Nacional (IGCN) todos los municipios del Departamento de San Salvador, La Paz, San Vicente, Usulután, La Unión, Cuscatlán, San Miguel.

5.2.3.4 RED GEODÉSICA DE NIVELES RGN.

Su objetivo fundamental es asignar cota a los vértices geodésicos, y consiste en líneas de nivelación de primero, segundo y tercer orden, a lo largo de las principales carreteras del país. Su datum de referencia es el mareógrafo del Puerto Cutuco en el departamento de La Unión. Figura 5.10.



Figura 5.10 Geodésica de Niveles.

5.3 TÉCNICAS DE MEDICIÓN GPS.

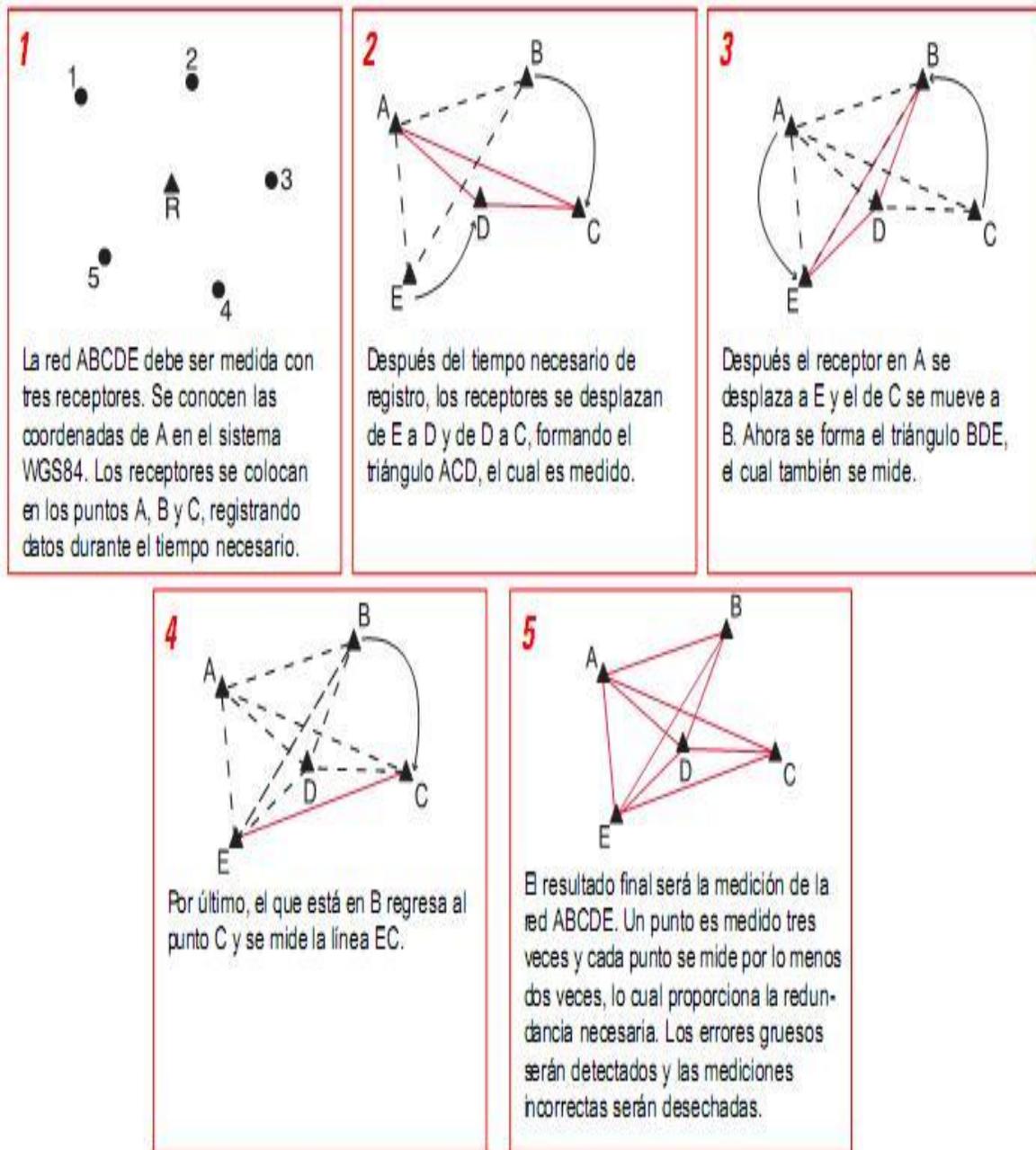
Selección de la Técnica de Observación.

Por lo general, son muchos los elementos que influyen en la elección de la técnica de observación con que se ha de llevar a cabo un trabajo geodésico o topográfico, sin embargo, entre los factores que normalmente influyen están los requerimientos de precisión, la distancia entre puntos, los costos y la clase de equipos disponible etc.

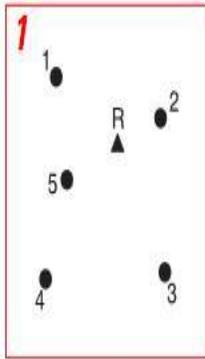
Entre las técnicas o métodos más utilizadas tenemos:

- Método Estático
- Estático Rápido
- Método Cinemático
- Stop & Go
- Cinemático en Tiempo Real RTK

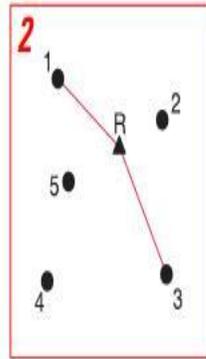
Técnicas de medición GPS en topografía:



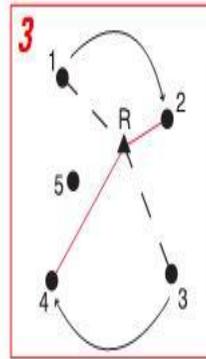
Método Estático



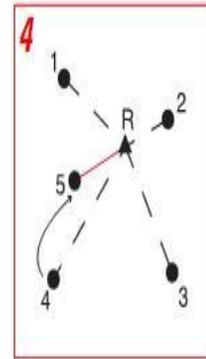
1
La red de puntos 1,2,3,4,5 debe ser medida desde la estación de Referencia R con tres receptores GPS.



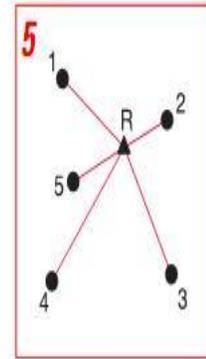
2
La estación de referencia es iniciada. Se coloca un Móvil en el punto 1 y el otro en el punto 3.



3
Transcurrido el tiempo de registro necesario, un móvil se desplaza al punto 2 y el otro al punto 4.

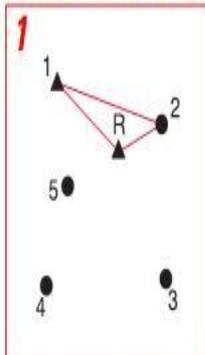


4
Un móvil mide el punto 5 y el otro móvil deja de ser necesario.

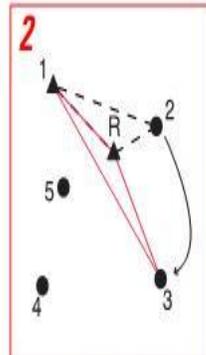


5
El resultado final será la radiación aquí mostrada. Al día siguiente puede repetirse la medición para descartar errores gruesos.

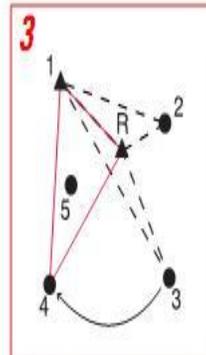
En forma alternativa...



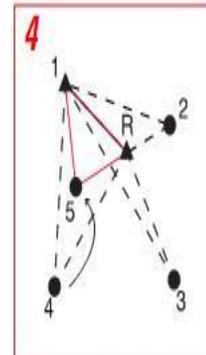
1
Las estaciones de Referencia se colocan en los puntos R y 1. El Móvil ocupa el punto 2.



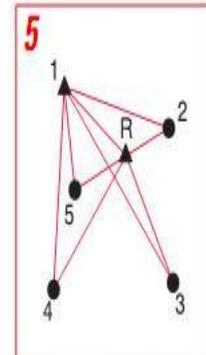
2
Transcurrido el tiempo necesario de registro, el Móvil se desplaza al punto 3.



3
En forma similar, el Móvil pasa al punto 4...

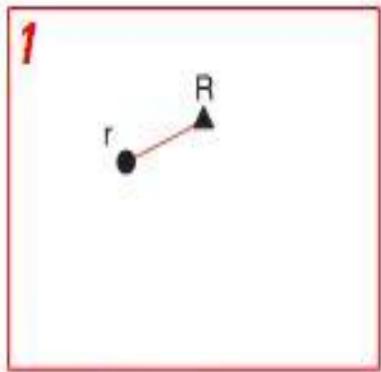


4
...y luego al punto 5.

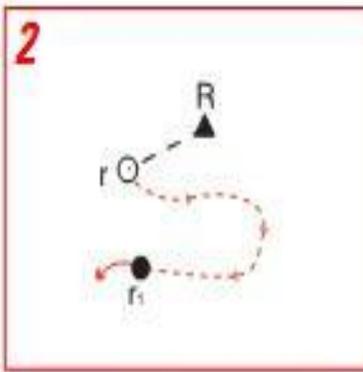


5
El res. final será una red como la que se muestra, con un diseño redundante para darle mayor solidez.

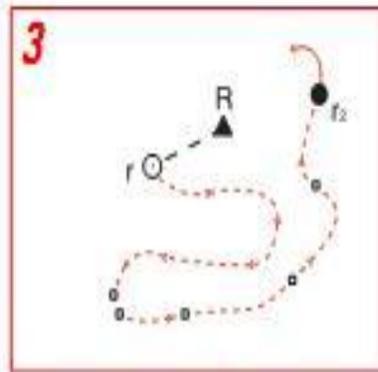
Método Estático Rápido



El móvil se inicia desde la referencia.

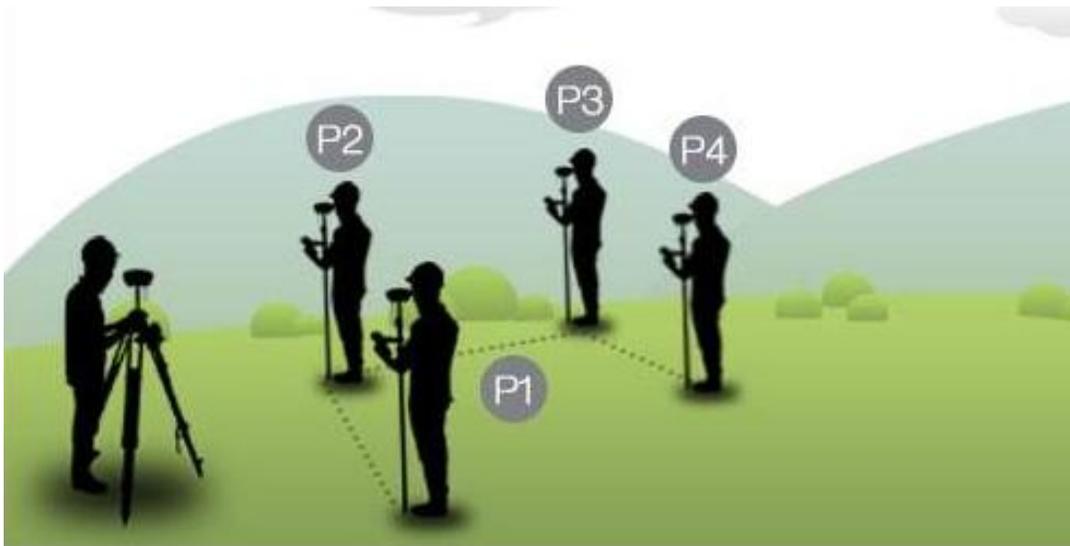


El móvil entonces se puede desplazar. Las posiciones pueden ser registradas en intervalos predefinidos...



...y también en los puntos donde el operador lo desee.

Método Cinemático



Método RTK el cual no necesita post-proceso.

A continuación se presentan los detalles de cada uno de los métodos de medición con GPS y sus especificaciones:

5.3.1 MÉTODO ESTÁTICO.

La medición estática ha sido durante años el soporte principal de las observaciones con GPS, siendo considerado como el método de posicionamiento clásico por excelencia y cuyos resultados se caracterizan por ofrecer el máximo nivel de precisión. Esta técnica de posicionamiento es la más sencilla de ejecutar, pero a la vez la más lenta. Se coloca un receptor en un punto cuyas coordenadas son conocidas con precisión en el sistema de coordenadas WGS 84 (este es conocido como el Receptor de Referencia). El otro receptor es colocado en el otro extremo de la línea base y es conocido como el Receptor Móvil. Los receptores se quedan fijos sobre las respectivas estaciones durante todo el tiempo de observación, registrando los datos en forma simultánea, con la misma frecuencia y sin cortes o interrupciones en cuanto a la recepción de las señales de los satélites.

Los receptores deben registrar datos durante un cierto periodo de tiempo. El tiempo de observación dependerá de la longitud de la línea, el número de satélites observados, la geometría (Dilución de la Precisión o DOP), y la precisión del equipo utilizado. Como regla general, el tiempo de observación deberá ser por lo menos dos horas para una línea de 20 kilómetros, con un mínimo de 4 satélites y un DOP prevaeciente de menor que 6; líneas más largas requieren tiempos de observación más largos, ya que a mayor distancia entre las estaciones corresponde más tiempo de observación, siendo la relación directamente proporcional.

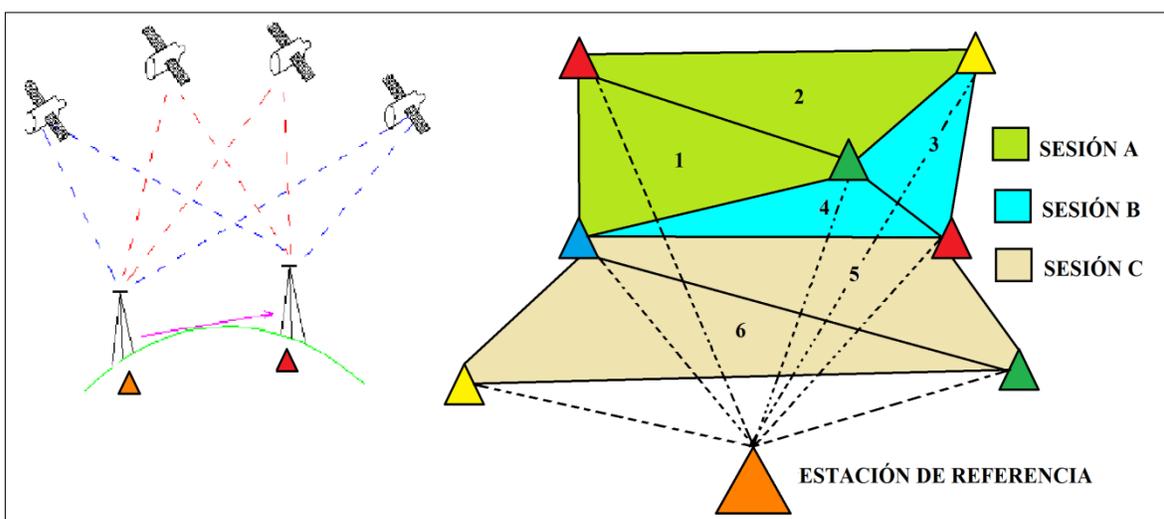


Figura 5.11 Metodología para realizar observaciones por el método estático

Existen las siguientes diferencias:

GPS Monofrecuencia:

- Mediciones de fases sobre L1
- Tiempo de observación: 2 horas
- Distancias hasta 20 km en zona templada, 10 km en zona ecuatorial
- Precisión: +/- 5 mm + 2 ppm

GPS Bifrecuencia:

- Mediciones de fases sobre L1 y L2
- Tiempo de observación: 2 a 4 horas
- Distancias hasta 300 km
- Precisión: +/- 5 mm + 1 ppm

El uso de esta técnica es casi exclusivo para trabajos de geodesia pura, principalmente por el tiempo de observación requerido para cada punto, el instrumental utilizado, los niveles de precisión obtenidos y los costos, siendo por ello poco viable su utilización para levantamientos topográficos. Entre las principales aplicaciones tenemos:

1. Determinación de redes geodésicas de alta precisión milimétrica.
2. Establecimientos de puntos de control geodésicos.
3. Control de movimientos tectónicos y deformación de volcanes.
4. Control de deformaciones en diques y otras estructuras.

Especificaciones para medición con GPS. Método Estático.

- Tiempo de Observación: De 2 horas o más
- Intervalo de grabación: 15 o 30 segundos
- Máscara de Elevación: 10 - 15 grados
- Mínimo de satélites: 4 satélites.

5.3.2 MÉTODO ESTÁTICO RÁPIDO.

La técnica en el campo es similar a la medición estática, exceptuando por los tiempos de ocupación que son más cortos. Típicamente una medición estática de 1 o más horas de duración, puede ser realizada en 5 a 20 minutos, dependiendo de la cantidad de satélites disponibles, la configuración y longitud de la línea base a medir.

Cuando se inicia el trabajo donde no se ha llevado a cabo ningún levantamiento con GPS, la primer tarea es la de observar un cierto número de puntos cuyas coordenadas sean conocidas con precisión en el sistema de coordenadas locales. En esta técnica, se sitúa un receptor (llamado BASE) sobre un punto de referencia conocido A, mientras el otro punto B (llamado ROVER), se desplaza por la zona del proyecto. Se combinan dado que entre ellos forman un vector, y al procesar este vector desde la estación de referencia se obtiene la coordenada del punto. Figura 5.12.

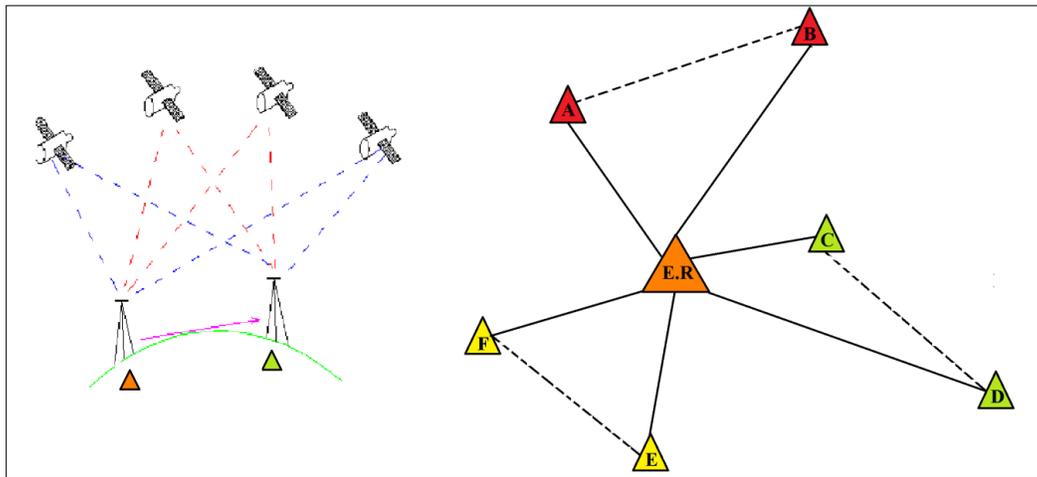


Figura 5 12 Esquema del Método Estático Rápido

La gran importancia de este método es la capacidad de poder medir líneas bases en tiempos más cortos que el estático tradicional, pudiendo visitar varios sitios sin necesidad de tener que mantener todo el tiempo atrapada la señal de los satélites. Con este método se puede apagar el receptor móvil mientras se traslada de un sitio a otro (La estación base debe permanecer recibiendo la información todo el tiempo, para que el receptor móvil tenga tiempo de información común en algún periodo con la base).

Los datos son registrados y luego son procesados en la oficina. La precisión máxima es de: $\pm (5 \text{ a } 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$.

Esta técnica de medición es recomendable para:

1. Densificación de redes
2. Levantamientos de control
3. Sustituye a la poligonación
4. Levantamiento de detalles
5. Cualquier trabajo que requiera la determinación rápida de un elevado número de puntos.

Especificaciones para la medición con GPS. Método Estático Rápido.

- Tiempo de Observación: De 5 a 20 minutos
- Intervalo de grabación: 10 segundos
- Máscara de Elevación: 10 – 15 grados
- Mínimo de satélites: 4 satélites
- Distancia máxima entre la BASE y el ROVER 20 Km.

5.3.3 MÉTODO CINEMÁTICO.

Es el método menos preciso pero el más rápido para levantar muchos puntos. En esta técnica, se sitúa un receptor (llamado BASE) sobre un punto de referencia conocido A, mientras el otro punto B (llamado ROVER), se desplaza por la zona del proyecto, ya que en este tipo de técnica, toda la trayectoria es de interés. Figura 5.13.

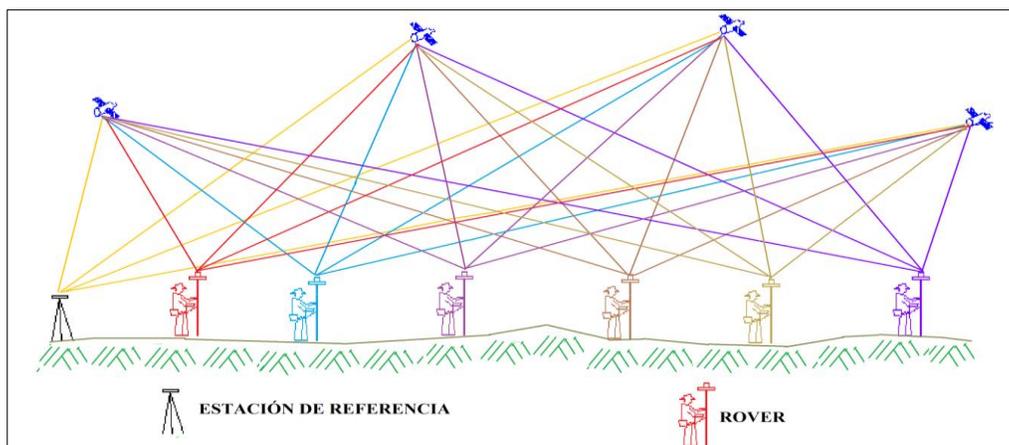


Figura 5.13 Método Cinemático

Después de una primera etapa de inicialización estática, el receptor móvil posee suficientes datos para resolver las ambigüedades y entonces calcular su posición en relativo en referencia al receptor fijo.

La precisión máxima es de: +/- (1 cm + 2 ppm).

Esta técnica de medición es recomendable para:

- Levantamiento de detalles en zona despejada
- Levantamientos de ejes de carreteras
- Medición de perfiles transversales
- Navegación

Especificaciones para la medición con GPS. Método Cinemático

- Intervalo de grabación: 1-5 segundos
- Máscara de Elevación: 10 – 15 grados
- Mínimo de satélites: 4 satélites
- Distancia máxima recomendada entre la BASE y el ROVER 5 a 10 Km.

5.3.4 MÉTODO STOP & GO.

Al igual que en el método cinemático, en esta técnica se utiliza un receptor BASE ubicado en un punto de referencia conocido, mientras que el ROVER, se desplaza por la zona del proyecto, observando únicamente algunos puntos de interés durante un tiempo de 1 a 5 minutos figura 5.14.

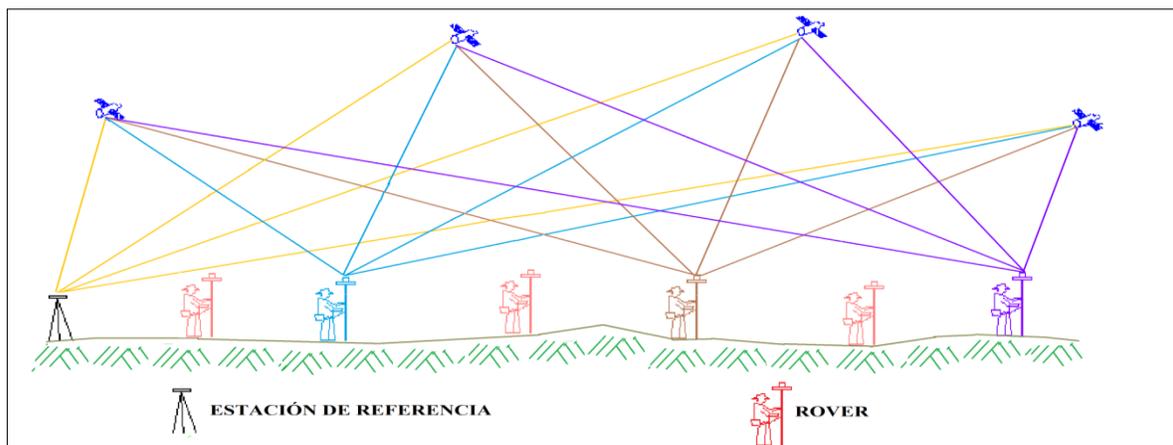


Figura 5.14 Método Stop & GO

Al igual que en el método cinemático, se necesita una inicialización estática del ROVER para que este cuente con suficientes datos para resolver las ambigüedades y así calcular su posición relativa respecto al receptor BASE.

La precisión máxima es de: +/- (1 cm + 2 ppm).

Esta técnica de medición es recomendable:

- Para el levantamiento de varios puntos específicos.
- En levantamientos topográficos en zonas despejadas

Especificaciones para la medición con GPS. Método Stop and Go

- Intervalo de grabación: 1 - 5 minutos
- Máscara de Elevación: 10 – 15 grados
- Mínimo de satélites: 4 satélites
- Distancia máxima recomendada entre la BASE y el ROVER 10 Km.

5.3.5 MÉTODO CINEMÁTICO EN TIEMPO REAL (RTK)

El principal inconveniente con los métodos precedentes es su imposibilidad de brindar información directamente en el campo, es decir, su información es accesible hasta en la etapa del post-tratamiento.

Todas las técnicas de medición descritas anteriormente, se realizan con una descarga o transferencia de datos crudos a la computadora, bajo un software determinado para su procesamiento y posterior ajuste.

El usuario se da cuenta a posteriori de la calidad de las mediciones; eso puede provocar malas sorpresas y obligar a hacer otra vez el mismo trabajo.

El método cinemático en tiempo real permite conocer inmediatamente las coordenadas del receptor móvil; eso permite hacer implantación con GPS, comprobar a cualquier momento la calidad de las mediciones efectuadas y ver los cortes de señal.

Un receptor (BASE) se ubica en una estación de referencia conocida y uno o más receptores llamados (ROVER) se desplazan de un punto a otro. El receptor de la estación base está

transmitiendo observaciones corregidas de GPS. El receptor móvil rastrea señales de los satélites y del receptor de la estación BASE.

Esta técnica se apoya en un enlace de radio MODEM que transmite los datos GPS del receptor BASE a los ROVER. Luego el ROVER procesa los datos conforme se colectan figura 5.15.

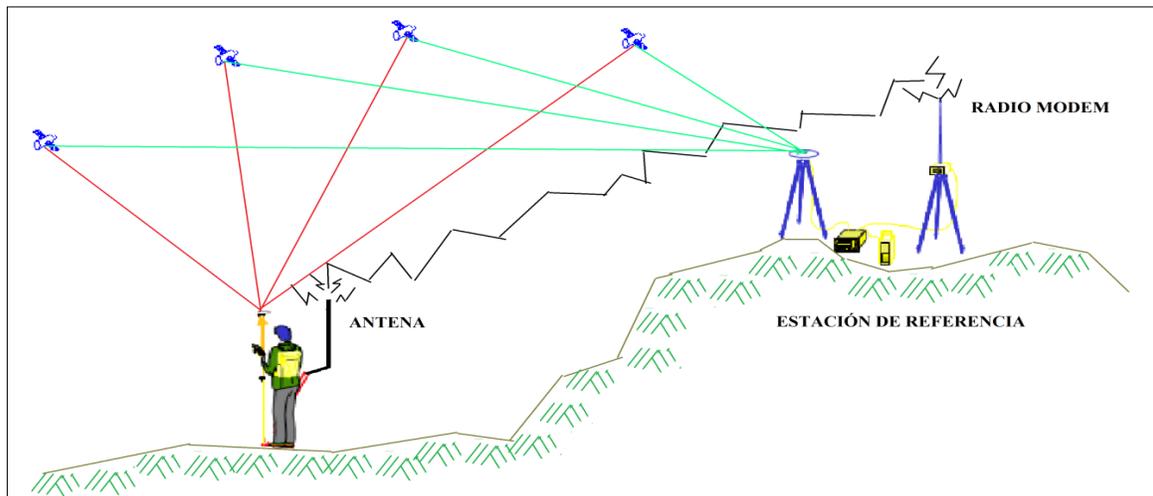


Figura 5.15 Método RTK

La precisión máxima es de: +/- (1 a 2 cm + 2 ppm).

Esta técnica de medición es recomendable para:

- Levantamiento de control
- Levantamientos y localización de detalles
- Medición de perfiles, volúmenes
- Replanteo

Especificaciones para medición con GPS. (Método cinemático en tiempo real)

- Tiempo de Observación: De segundos a minutos
- Intervalo de grabación: 1 segundos
- Mascara de Elevación: 10 -15 grados
- Mínimo de satélites: 4 satélites
- La base tiene que estar en un lugar estratégico (zona elevada), y a una distancia máxima de 10 Km. por el alcance del radio MODEM.

5.4 METODO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL

5.4.1 COCEPTOS BASICOS SOBRE ESTACION TOTAL.

Se denomina estación total a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.



Figura 5.16 Equipo Estación Total

Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectorias) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimutes y distancias

Vista como un teodolito, una estación total se compone de las mismas partes y funciones. El estacionamiento y verticalización son idénticos, aunque para la estación total se cuenta con niveles electrónicos que facilitan la tarea. Los tres ejes y sus errores asociados también están presentes: el de verticalidad, que con la doble compensación ve reducida su influencia sobre las lecturas horizontales, y los de colimación e inclinación del eje secundario, con el mismo

comportamiento que en un teodolito clásico, salvo que el primero puede ser corregido por software, mientras que en el segundo la corrección debe realizarse por métodos mecánicos.

El instrumento realiza la medición de ángulos a partir de marcas realizadas en discos transparentes. Las lecturas de distancia se realizan mediante una onda electromagnética portadora con distintas frecuencias que rebota en un prisma ubicado en el punto a medir y regresa, tomando el instrumento el desfase entre las ondas. Algunas estaciones totales presentan la capacidad de medir "a sólido", lo que significa que no es necesario un prisma reflectante.

Los prismas son circulares, de cristal óptico de alta calidad, fabricados observando estrictas tolerancias y vienen acompañados de un conjunto de accesorios: porta prismas, soportes de prismas, bases nivelantes, trípodes, balizas o bastones para prismas, trípodes para soporte de balizas o bastones.



Figura 5.17 Prisma



5.18 Porta Prisma con Apoyo

Este instrumento permite la obtención de coordenadas de puntos respecto a un sistema local o arbitrario, como también a sistemas definidos y materializados. Para la obtención de estas coordenadas el instrumento realiza una serie de lecturas y cálculos sobre ellas y demás datos suministrados por el operador.

Las lecturas que se obtienen con este instrumento son las de ángulos verticales, horizontales y distancias. Otra particularidad de este instrumento es la posibilidad de incorporarle datos como coordenadas de puntos, códigos, correcciones de presión y temperatura, etc. La precisión de las medidas es del orden de la diezmilésima de gonio en ángulos y de milímetros

en distancias, pudiendo realizar medidas en puntos situados entre 2 y 5 kilómetros según el aparato y la cantidad de prismas usada.

5.4.2 SISTEMAS TOPOGRÁFICOS

La determinación de la forma real de un objeto no es labor sencilla, y máxime cuando el objeto presenta dificultades intrínsecas como puede ser su tamaño o su propia forma. En general la adecuada definición de sus formas nos obliga a considerarlo como objeto tridimensional y a realizar su medición mediante sistemas que nos proporcionen la ubicación en el espacio de sus distintos elementos, es decir, que nos permita conocer las tres coordenadas cartesianas de los distintos puntos que definen su forma.

La medición y levantamiento planimétrico de edificios y construcciones ya existentes plantea generalmente dificultades debido a la inaccesibilidad de muchas partes. En los edificios históricos, esta inaccesibilidad suele ser especialmente acusada por el gran tamaño de los espacios y estructuras, siendo muy elevada su altura. Las técnicas habituales de medición, basadas en el empleo de simples dispositivos de medición lineal (cintas métricas), combinadas con dispositivos para el control de la verticalidad (plomadas y niveles de albañil y agua), además de no darnos información tridimensional clara de los elementos medidos, exigen poder acceder a los puntos extremos entre los que se realiza la medición. Por ello, en trabajos complejos y en los casos en que no es posible este acceso, se hace preciso acudir a técnicas instrumentales que mediante el concurso de aparatos o equipos más o menos sofisticados, nos permitan la medición a distancia sin tener necesidad de acceder físicamente a los puntos de estudio. Gracias a estos métodos se trabaja en coordenadas espaciales con lo que se tiene siempre a mano datos del volumen y espacio en lugar de datos puramente planos. También si vamos a realizar trabajos fotogramétricos, generalmente, es necesario la obtención de las coordenadas de algunos puntos de control, para su utilización en el proceso denominado orientación. Para la obtención de estos datos en la mayoría de los casos se recurre a técnicas de medición a distancia.

Estas técnicas instrumentales de medición se basan fundamentalmente en la determinación de la dirección y la distancia a la que se encuentran los puntos del objeto con respecto aquellos desde los que se realizan las mediciones.

5.4.3 MÉTODOS DE MEDICION TOPOGRÁFICOS

Existen distintos métodos topográficos para la realización de un levantamiento. El primero y más simple es el de radiación.

5.4.3.1 RADIACIÓN.

Este método consiste en la determinación de la posición en el espacio gracias al conocimiento de la dirección y la distancia a la que se encuentra con respecto al punto desde donde realizamos la medición. Con estos datos obtenemos las coordenadas polares de los diferentes puntos, fácilmente transformables a coordenadas cartesianas.

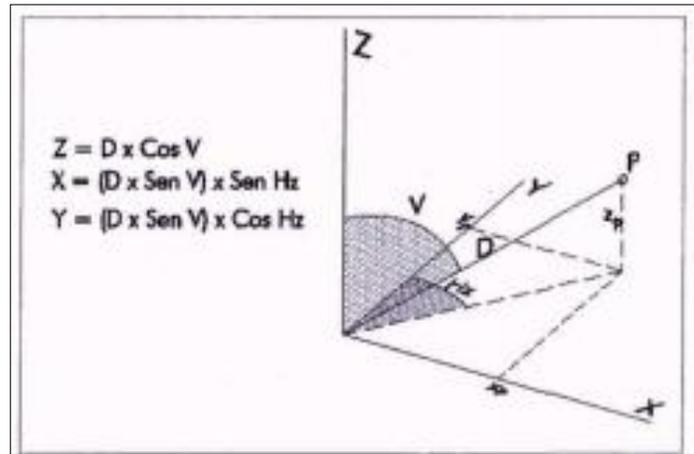


Figura 5.19 Posición del Punto P en Coordenadas Polares

Como hemos mencionado con este método necesitamos conocer la distancia a la que se encuentran los puntos de la estación. Si el punto es accesible esto no reviste problema; un operador se colocará en el punto deseado con un prisma reflectante y realizamos la medición sobre éste. La estación total calculará la distancia geométrica (menor distancia que separa dos puntos) y conociendo la altura del aparato (ALT.A) y del prisma (ALT.P), datos que debemos indicarle, obtendrá la proyección de esta distancia en el plano horizontal, también llamada distancia reducida (DH_z) y en el vertical, conocida como desnivel (DH_v).

Con estos datos y los ángulos obtenemos las coordenadas de los puntos.

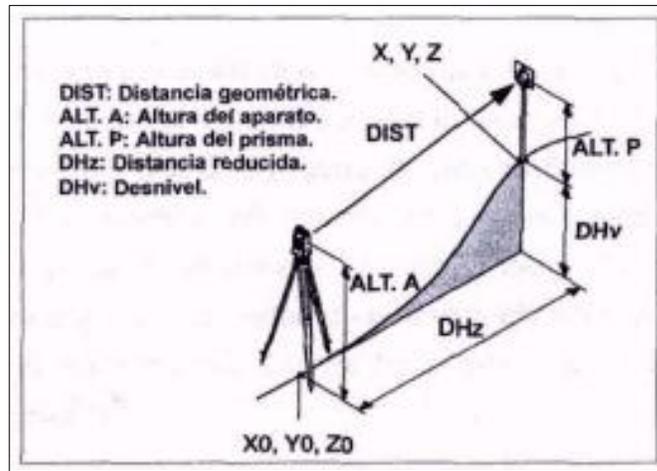


Figura 5.20 Posición del Punto P en Coordenadas Cartesianas

Si el prisma va colocado sobre un jalón debemos tener la precaución de situarlo en el vertical del punto. De no ser así, no conseguiríamos el resultado deseado. Para conseguir esto los jalones van provistos de un nivel esférico que debemos calar para asegurar su verticalidad.



Figura 5.21 Verticalidad del Prisma

Si el punto no es accesible no podrá colocarse ningún elemento en éste para realizar la medición de distancia. En estos casos podremos recurrir a la medición con láser, si el aparato nos lo permite, con lo cual solucionamos el problema. Si no contamos con un instrumento que permita realizar de esta forma la medición deberemos recurrir a otro procedimiento topográfico.

5.4.3.2 MÉTODO DE POLIGONALES

Es un método planimétrico empleado para la obtención de ciertos puntos (estaciones) que sirven de base para el levantamiento de los puntos deseados mediante radiación o intersección directa. Este método surge por la imposibilidad de levantar todos los puntos deseados desde tan sólo una estación. Gracias a él obtenemos las coordenadas de los puntos de estación con respecto a un sistema de referencia elegido, pudiendo a continuación relacionar entre sí todos los puntos conseguidos desde las diferentes estaciones.

El método de poligonales consiste en definir una serie de puntos de estación dispuestas en recorrido, de tal manera, que desde cada una de ellas podamos ver la estación anterior y posterior. A este conjunto de estaciones se le denomina poligonal. Mediremos desde cada estación las direcciones y distancias con las adyacentes. Este recorrido deberá arrancar y terminar en la misma estación (poligonal cerrada) o en dos estaciones con coordenadas conocidas (poligonal encuadrada). Partiendo desde la primera estación se calcula la posición de la siguiente por simple paso de coordenadas polares y cartesianas y giro y traslación del sistema de coordenadas local de cada estación unificándolo con el general. Conocidas las coordenadas de la estación segunda se opera de forma sucesiva en cada una de las siguientes hasta llegar a la estación final. Las coordenadas obtenidas para ésta diferirán normalmente de las previamente conocidas dándonos una idea del error cometido en la medición. Si el error resulta tolerable según unos criterios preestablecidos, se compensa distribuyéndolo entre todas las estaciones.

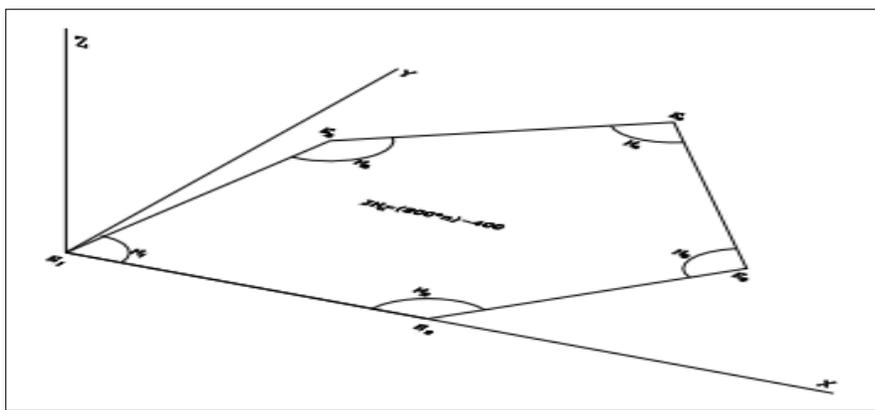


Figura 5.22 Poligonal Cerrada.

Para poder unificar los sistemas relativos de cada estación debemos realizar la medición de lo que se denomina lecturas de referencias (HL): ángulo horizontal entre una estación y un

punto de coordenadas conocidas, normalmente otra estación de la poligonal. Esto nos permitirá conocer el giro necesario que debemos aplicar al sistema de coordenadas de esa estación para que coincida con el sistema de coordenadas absoluto o general. Este giro se define como azimut de referencia (HZ).

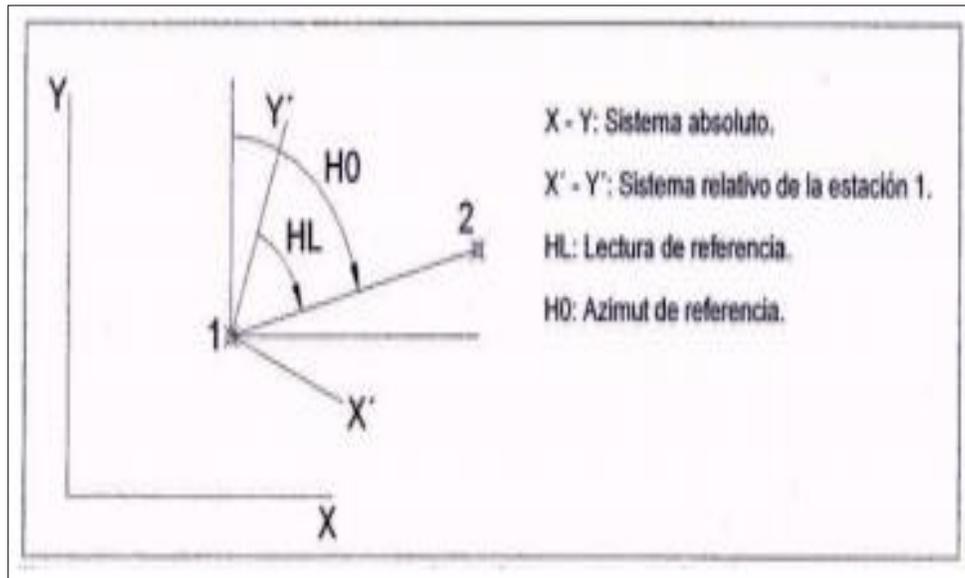


Figura 5.23 Azimut de Referencia

5.5 TEORÍA DE ERRORES

El objetivo de esta temática es analizar los posibles errores que se pueden cometer al realizar las mediciones, sus orígenes, características, magnitudes, cómo se determinan, clasifican y propagan. Con ello podremos calificar las medidas topográficas y definir si son útiles conforme los objetivos y las exigencias que se pretenda.

En los levamientos topográficos se determinan medidas lineales y angulares que resultan de una medición directa con instrumentos y en un gran número se obtienen de una determinación indirecta.

Los errores propios de la medición provienen:

- a) Del instrumental y accesorios usados en la medición: ya que éstos pueden tener imperfecciones en sus partes, en el ensamble de éstas. Asimismo las imperfecciones pueden ser de fabricación o debido a su uso. Estos errores tienen la ventaja de poder corregirse o bien compensarse mediante métodos de medición o sino calcular su influencia para corregir las lecturas afectadas. Además todas las escalas de medición lineal y angular tienen limitaciones que impone su menor división.
- b) Del personal que la realiza: El operador al medir depende de sus sentidos. La agudeza de la vista o sensibilidad del tacto son los que intervienen con más frecuencia. Por su importancia y frecuencia se cita: el centrado y calaje (al ubicar deficientemente el instrumento o sus accesorios), la visación (por falta de una exacta coincidencia dentro del campo del anteojo), la coincidencia de trazos, imágenes, bordes, etc., la apreciación (al estimar fracciones, interpretarlas, interpolar), el redondeo (al suprimir medidas por exceder las exigencias propias de la tarea. Cabe señalar que la actuación personal se extiende a la elección de los procedimientos y métodos, las tareas de cálculo y descripción final motivo del trabajo.
- c) De las condiciones en que se realiza: Se destacan las atmosféricas y del lugar. La atmósfera, el viento el sol, la temperatura la humedad y presión son de suma importancia pues llegan a impedir las tareas. Los parámetros de precisión, asimismo, se establecen para condiciones favorables o desfavorables. Respecto del lugar en términos generales, operar con comodidad y seguridad mejora los resultados. La inestabilidad, la vegetación, cursos de agua, fango, relieve escarpado, etc. dificultan las operaciones, particularmente los movimientos y la visibilidad.

La teoría de errores estudia las medidas de una magnitud cuando estas forman parte de una serie de observaciones homogéneas, no cabe el análisis de una medida aislada. En topografía se utilizan medidas resultantes de una serie de observaciones.

Es natural que al repetir una medida se obtengan valores distintos, aún cuando los factores sean similares y se debe considerar como el camino normal para acercarnos al valor verdadero. La serie de observaciones debe estar compuesta solo con medidas útiles, teniendo presente que el motivo para prescindir de una medida debe ser advertido al momento de realizarla por observar él o los problemas que motivan su anormalidad.

5.5.1 TIPOS DE ERRORES

La clasificación fundamental de los errores se realiza de acuerdo a la manera en que estos se presentan o influyen.

Previo a ello cabe aclarar que en muchos casos se cometen equivocaciones que las diferenciamos de los errores, en tanto y en cuanto las equivocaciones son “errores groseros” que tienden a ser relativamente grandes y fundamentalmente evitables; normalmente son yerros del operador/es provenientes de distracciones, descuidos, imprevisiones, principios erróneos, a veces causados por negligencia, cansancio o hasta inadvertidamente usar datos o referencias equivocadas (Ejem. visar un punto equivocado, confundir el origen y por lo tanto el sentido de la graduación, lectura incorrecta, anotación incorrecta, etc.). Obviamente las equivocaciones no son ni pueden ser motivo de análisis en la Teoría de Errores. Es necesario acentuar las previsiones para evitarlas. Su detección debe ser una preocupación permanente y es aconsejable siempre contar con procedimientos de control, con revisiones sistemáticas que posibiliten su detección, ya que el ser humano es falible y entonces deberán realizarse los esfuerzos y emplear una metodología que permita minimizar su presencia. Es asimismo más fácil de detectar aquellas equivocaciones de gran magnitud acarreado más problemas las más pequeñas por ser más difícil su detección.

A modo de ejemplo en las siguientes series:

$X_1 = 179,46 \text{ m}$	$269^\circ 40' 06''$
$X_2 = 179,66 \text{ m}$	$269^\circ 40' 48''$
$X_3 = 129,45 \text{ m}$	$269^\circ 40' 36''$
$X_4 = 179,50 \text{ m}$	$269^\circ 40' 45''$
$X_5 = 179,42 \text{ m}$	$296^\circ 40' 40''$

En la primera serie se deduce que la tercer medida 129,45 está afectada por un error grosero, atribuible en el caso y según su magnitud aproximada: 50m al conteo defectuoso de cintadas. En la segunda la última medición angular está afectada por un error grosero ocurrido al tomar la lectura o al registrarla manualmente transponiendo los términos.

Errores Sistemáticos

Básicamente son errores controlables que afectan las observaciones con una influencia constante o que responde a una ley determinada, por ello pueden ser identificados y controlados.

Los constantes en general provienen de defectos instrumentales y causan errores hasta tanto no se los corrija mediante un ajuste mecánico, ej. Una cinta cuya longitud no es correcta: si en vez de 50 m tiene 50.005 m (puede ser originado en su fabricación y/o uso).

Los variables generados normalmente por diferentes condiciones operativas (temperatura, presión, humedad, etc.).

Las causas más comunes de estos errores son: defectos instrumentales, diferentes condiciones operativas, características propias de los sentidos del operador, discrepancias provenientes de los métodos de medición y cálculo.

Conocido el origen o su efecto se puede corregir la deficiencia que lo provoca o compensar su influencia.

Errores accidentales

Son aquellos originados por causas fuera de control del operador y pueden provenir de tres factores: instrumental, personal y condiciones. Su manifestación es imprevisible, constituyendo un hecho azaroso, acotado por formas de prevención dispuestas por el operador al elegir instrumental, métodos, condiciones y un medio de estricto control del proceso de medición (de acuerdo a la precisión exigida). Estos errores imprevisibles, encasillados en lo eventual y fortuito constituyen hechos aleatorios y su magnitud y frecuencia se estudia a través de la Teoría de las probabilidades.

Su magnitud es tal que cuando más pequeños son, mayor es la probabilidad de cometerlos. Puede decirse que los errores pequeños son más frecuentes que los grandes.

La probabilidad de cometer errores positivos y negativos es la misma, por ello los errores accidentales tienden a compensarse, lo que se acentúa en la medida que la serie tenga más observaciones.

Las tareas topográficas tienen impuestas tolerancias que son el límite del error a cometer o los máximos errores aceptables en mediciones y determinaciones. Se trata regularmente de un valor numérico resultante de expresiones o fórmulas empíricas establecidas por organismos de control, estatales o privados que tienen en cuenta distintas circunstancias que rodean la medición considerada.

Así la clasificación entre errores sistemáticos y accidentales es una división en función del grado de control.

Valor más probable

La teoría de errores, es una metodología que trata de llegar a disponer de un valor que represente “correctamente” esa medida, en base a una serie de observaciones (exentas de equivocaciones). Con medidas afectadas por errores accidentales se está en condiciones de buscar un “valor representativo” que además se utilizará como modelo para la comparación. Esta metodología es la aplicada habitualmente por el ser humano cuando define si “algo es lindo o feo”, “si está bien o mal”, lo hace en base a un modelo de referencia.

En nuestro caso la comparación se hace matemáticamente. Teniendo presente que el “valor exacto” de una magnitud es desconocido se utiliza la media aritmética de las medidas que integran la serie como el valor más probable, ya que por conceptos basados en principios estadísticos resulta el valor más representativo.

Así dada la serie compuesta por las observaciones: X_1, X_2, \dots, X_n entonces el Valor más Probable (M) será:

$$M = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Error Aparente y Error Verdadero

Determinar el error es comparar la “medida” con otro valor que sirve de modelo (Error= medida – valor modelo).

Si ese valor modelo es el valor más probable (a falta de un valor verdadero), entonces podemos determinar el Error Aparente (V).

$$V = X_i - M$$

Vale tener presente que: la media aritmética hace nula la sumatoria de los errores aparentes.

A diferencia del error aparente, si la comparación se realiza con el “valor verdadero” (X), entonces estamos obteniendo el Error Verdadero (e).

$$e = X_i - X$$

Error Relativo (V_r)

A menudo en la práctica topográfica se compara el valor absoluto del error aparente con la media aritmética, de este cociente se puede observar la bondad técnica de un valor.

$$V_r = \frac{|V|}{M}$$

Ej.: Si al medir 300 m se tiene un error aparente de 6 cm, entonces:

$$V_r = 6/30000 = 1/5000$$

Si al medir 300 m se tiene un error aparente de 20 cm, entonces:

$$V_r = 20/30000 = 1/1500$$

Es habitual también expresar el error relativo en forma porcentual.

Precisión

Con éste término expresamos el grado de refinamiento o perfección aplicada a una medición, asociado a la calidad de su ejecución.

Las mediciones de una serie con gran homogeneidad (poca dispersión) implican una precisión alta. Esto no es sinónimo de exactitud, ya que por ejemplo ante un error sistemático podemos estar en presencia de precisión y no exactitud.

Así podemos hablar de la magnitud de los errores, que nos van a expresar el entorno o límites. Es así habitual expresar los valores numéricos asociados a este límite a modo de expresar una medida en forma técnicamente correcta y completa.

Ej. “186.51m ± 0.03m”

Esta última cifra “0,03”, constituye la medida de la precisión, la medida del error que puede afectar a la dimensión de 186.51; dicho de otra manera está acotando el error que puede tener la misma.

Las medidas de precisión se utilizan también para exigir una determinada precisión en una medida topográfica, de manera que el profesional tendrá que elegir instrumento, métodos y condiciones necesarias para cumplir con ese requisito.

Existen distintas maneras de expresar las medidas de precisión. Las más utilizadas en topografía son:

1. Error promedio (μ)
2. Error probable (p)
3. Error Medio cuadrático (m)

1. El **Error Promedio** es la media aritmética de los valores absolutos de los errores aparentes:

$$\mu = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{n} = \frac{\sum V_i}{n}$$

2. El **error probable** se lo define como el valor ubicado en el medio del conjunto de los valores absolutos de los errores aparentes.

Ej. Dados los errores aparentes:

0.03 0.17 **0.22** 0.26 0.28

El error probable es 0.22

3. Al **Error Medio Cuadrático** se lo identifica también como la desviación estándar muestral y se puede expresar en función de los errores verdaderos o de los errores aparentes

a) En función de los errores verdaderos es el promedio del cuadrado de los errores verdaderos.

Así:

$$m^2 = \frac{e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2}{n} = \frac{\sum e^2}{n}$$

b) Para llegar a la relación del error medio cuadrático con los errores aparentes consideremos a la diferencia entre la media aritmética y el valor verdadero, a lo que llamamos "A" (A=M-X)

Al realizar: $e_i = x_i - X$

$$v_i = x_i - M \quad \text{entonces } x_i = v_i + M$$

Reemplazando:

$$e_i = v_i + M - X \quad \text{entonces } e_i = v_i + A$$

Al elevar los errores verdaderos al cuadrado tendríamos:

$$e_1^2 = v_1^2 + 2 v_1 A + A^2$$

$$e_2^2 = v_2^2 + 2 v_2 A + A^2$$

$$e_n^2 = v_n^2 + 2 v_n A + A^2$$

La suma $\sum e^2 = \sum v^2 + 2 A \sum v + n A^2$

Como $\sum v = 0$ entonces

$$\sum e^2 = \sum v^2 + n A^2 \quad \text{entonces } \sum v^2 = \sum e^2 - n A^2 \quad (*)$$

Al ser " $e_i = v_i + A$ " $\sum e = \sum v + nA$ entonces $\sum e = nA$ y $\sum e^2 = n^2 A^2$ así:

$$A^2 = \frac{\sum e^2}{n^2}$$

Reemplazando em (*)

$$\sum v^2 = \sum e^2 - n \frac{\sum e^2}{n^2}$$

$$\Sigma v^2 = \Sigma e^2 - \frac{\Sigma e^2}{n}$$

$$\Sigma v^2 = \frac{\Sigma e^2}{N} (n - 1) = m^2 (n-1)$$

Despejando tenemos el error medio cuadrático de la medición aislada en función de los errores aparentes:

$$m^2 = \frac{\Sigma v^2}{(n-1)}$$

A partir de ello se puede calcular el error medio cuadrático del valor más probable (M):

$$M = \frac{m}{e n}$$

CAPÍTULO VI

ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE
MANUAL TÉCNICO PARA EL
LEVANTAMIENTO GEODÉSICO
UTILIZANDO LAS TÉCNICAS DE
MEDICIÓN ESTÁTICA, ESTÁTICO
RÁPIDO Y LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO.

6.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL LEVANTAMIENTO DE UNA RED GEODÉSICA.

Introducción.

En los capítulos anteriores hemos dado a conocer conceptos básicos de la geodesia y sus diferentes métodos de medición. A continuación se presentan los procedimientos necesarios para cada una de las etapas de un levantamiento geodésico y se ejemplifican de manera práctica a través de la realización de un polígono trazado en la UES-FMO.

La metodología que utilizaremos se basa en las especificaciones técnicas del IGN, con lo que se garantiza el cumplimiento de los requerimientos mínimos exigidos para un levantamiento geodésico.

6.1.1 METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos en este manual, se procederá según la metodología siguiente:

- A) Planificación.
- B) Reconocimiento o Identificación de Campo.
- C) Monumentación de vértices de referencia y los vértices que conformaran la poligonal perimetral.
- D) Levantamiento Geodésico de los vértices de referencia y de la poligonal interna.
- E) Descarga de Datos.
- F) Post – Proceso
- G) Documento Final

6.1.1.1 Planificación

La primera acción que se debe llevar a cabo previo a la realización de cualquier levantamiento geodésico, es la identificación y recopilación de toda la información relativa de los posibles vértices a utilizar como referencia. Dichos vértices geodésicos deberán ser parte de la Red Geodésica SIRGAS_ES2007 o de sus densificaciones. Generalmente, los vértices a utilizar como referencia, serán los que por su nivel de precisión, accesibilidad y ubicación respecto al lugar donde se realizará el levantamiento resulten más favorables.

Aplicación:

Para poder establecer el vértice a utilizar como referencia y a partir de la ubicación geográfica del campus de la UES-FMO, se realizó un análisis de la red SIRGAS_ES2007 y sus densificaciones. Para la selección de este vértice se tomaron en cuenta varios aspectos, dentro de los cuales destacan el nivel de precisión que proporcione el vértice, la accesibilidad, distancia entre el vértice y el campus universitario. Tras la realización de este análisis, se concluyó que el punto seleccionado para utilizar como vértice de referencia es el vértice geodésico del cantón Jalacatal, el cual pertenece a la Red Geodésica Básica Nacional de El Salvador (Ver Anexo A)

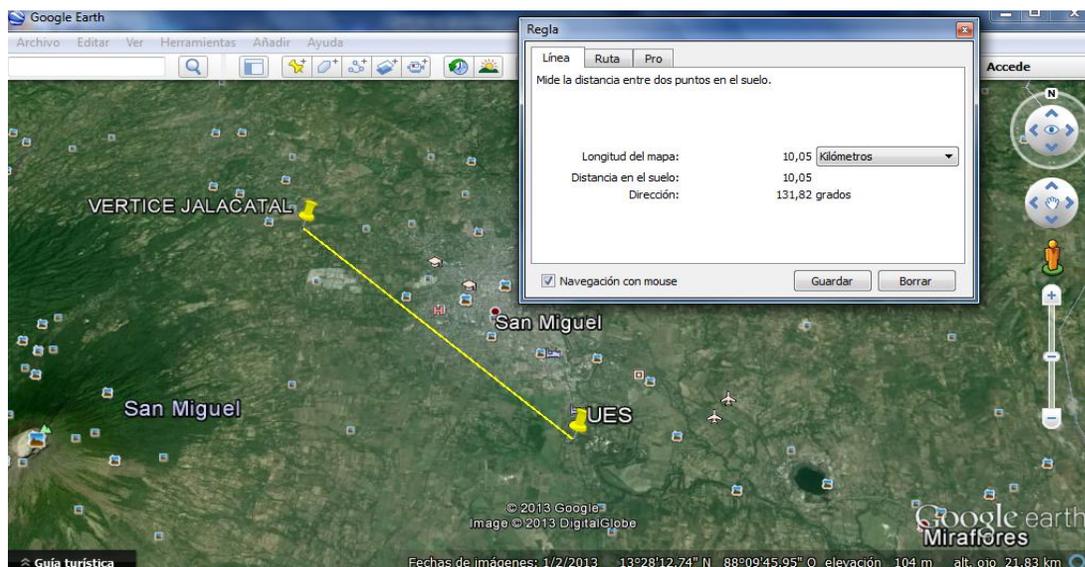


Figura 6.1 Ubicación del vértice utilizado y la distancia a la cual se encuentra de la UES-FMO.

En la planificación también se determinó, que con la finalidad de beneficiar a la UES-FMO, se crearía una red geodésica interna, que podrá servir como base para los levantamientos topográficos que se realicen, ya sea con fines académicos, de desarrollo, mejora, y/o mantenimiento de la infraestructura universitaria. Se planeó una distribución que facilite, optimice e incluso funcione como un sistema de control de calidad a la hora de realizar dichos levantamientos. Dicha red se establecerá con la técnica de medición Estática, ya que es la que proporciona mayor precisión.

Teniendo en cuenta que la forma del campus se distribuye de una manera mayormente alargada en el sentido de norte a sur, y con la ayuda del plano topográfico de la UES-FMO, y de imágenes satelitales del Google Earth se eligieron tres sitios para el posible establecimiento de los vértices geodésicos, los cuales quedarían distribuidos de la siguiente manera:

- 1) El primer par se ubicaría al costado norte del campus, cerca de la cancha de fútbol ubicada atrás del edificio de la biblioteca.
- 2) El segundo par se ubicaría al costado sur del campus, en las cercanías de la cancha de fútbol de agronomía.
- 3) El tercer par se ubicaría entre los primeros dos, y al costado poniente del edificio número dos de medicina y de las aulas de profesorados.

Cada par está constituido por el vértice y por su respectiva Marca de Azimut o vértice de vista atrás (MKZ), con la finalidad de garantizar la estabilidad y perdurabilidad de la red a largo plazo, y de servir como puntos de partida en la realización de levantamientos topográficos.

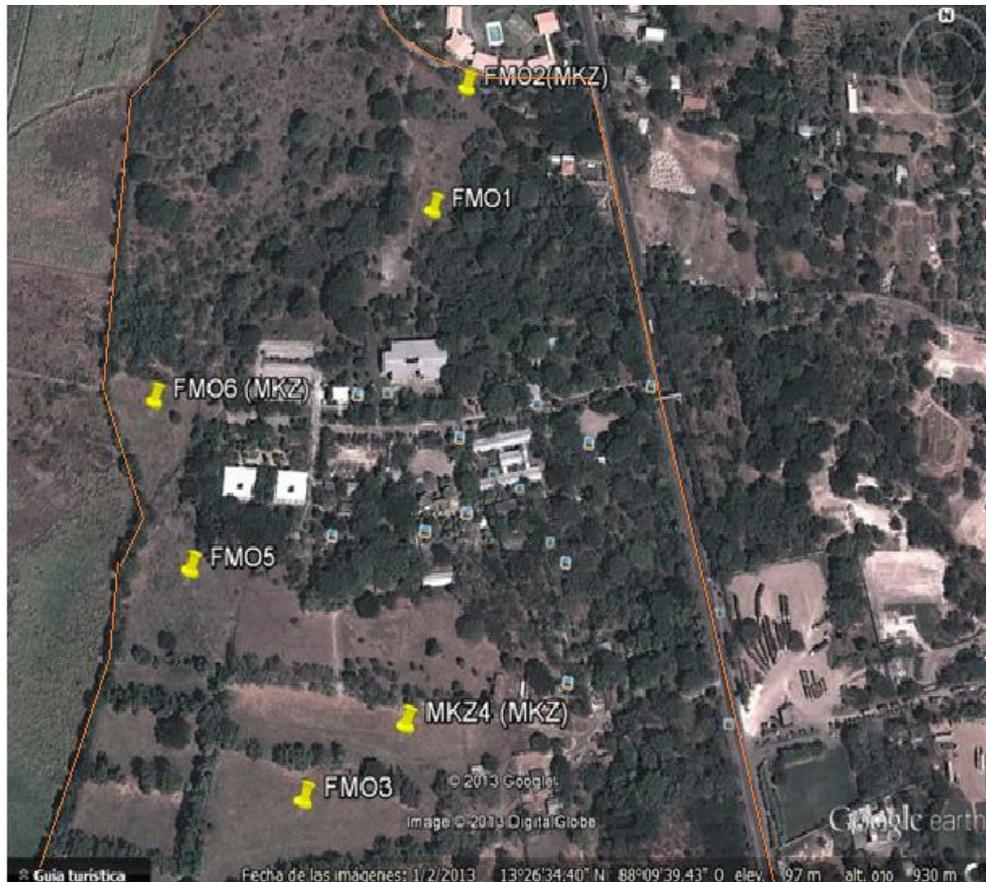


Figura 6.2 Vértices Geodésicos de la red UES-FMO

El perímetro interno que se levantó mediante la técnica de medición Estático Rápido y que posteriormente se comparó con el levantamiento realizado con Estación Total, está conformado por seis puntos, tres de los cuales pertenecen a los vértices primeramente establecidos (incluyendo el punto a ser utilizado como referencia o base), y tres adicionales. La posible ubicación de dichos puntos se muestra en la tabla 6.1

PUNTO	FUNCIÓN	VÉRTICE	UBICACIÓN
1	BASE	FMO 3	Atrás de la portería poniente del campo de fútbol de agronomía
2	ROVER	FMO 6	Al costado poniente del edificio número 2 de medicina y al sur de la caseta de electricidad.
3	ROVER	FMO 2	Al costado norte del campo de fútbol, atrás de la biblioteca
4	ROVER	VIVERO	Al sur del vivero de agronomía
5	ROVER	FÁBRICA	Al poniente de la fábrica de tubos de concreto
6	ROVER	PARQUEO ESTUDIANTES	En el centro del parqueo de estudiantes

Tabla 6.1 Puntos de la Poligonal

6.1.1.2 Reconocimiento y Validación.

Una vez seleccionado él o los vértices a utilizar como referencia para la realización de un levantamiento geodésico, se debe proceder a su respectivo reconocimiento mediante visitas de campo. El propósito fundamental de dichas visitas es conocer e identificar con certeza las condiciones físicas en que se encuentran dichos vértices.

También en esta etapa se define si los puntos previamente elegidos del área objeto de estudio cumplen con las condiciones mínimas para la medición con GPS. Entre las características que el sitio debe poseer tenemos:

- a) Amplitud de campo para el rastreo satelital.**
- b) Ubicación estratégica.**
- c) Accesibilidad.**

a) Amplitud de campo para el rastreo satelital: El punto a validar debe estar lo más despejado posible, libre de cualquier tipo de obstrucción ya sean árboles, edificios, torres telefónicas, cables de alta tensión, superficies reflectantes, etcétera. El tener un horizonte despejado garantiza un amplio campo para el rastreo satelital o “ventana”. Los diagramas de obstrucción permiten establecer la calidad de un sitio en cuanto a los obstáculos que pueden interferir en las observaciones GPS.

El llenado de un diagrama de obstrucción se utiliza para validar el punto de análisis y consiste en la identificación de posibles obstrucciones para saber si el lugar donde se realiza la medición cumple con las condiciones para la ubicación de un vértice geodésico. Mediante el análisis de los diagramas de obstrucción, podremos formar criterios en cuanto a la calidad esperada de los de datos y a posibles modificaciones de la máscara en el procesamiento y ajuste.

Para el llenado de los formatos se necesitan los siguientes instrumentos:

- Brújula: Se utilizó para la medición de los ángulos horizontales de las posibles obstrucciones del punto a validar.



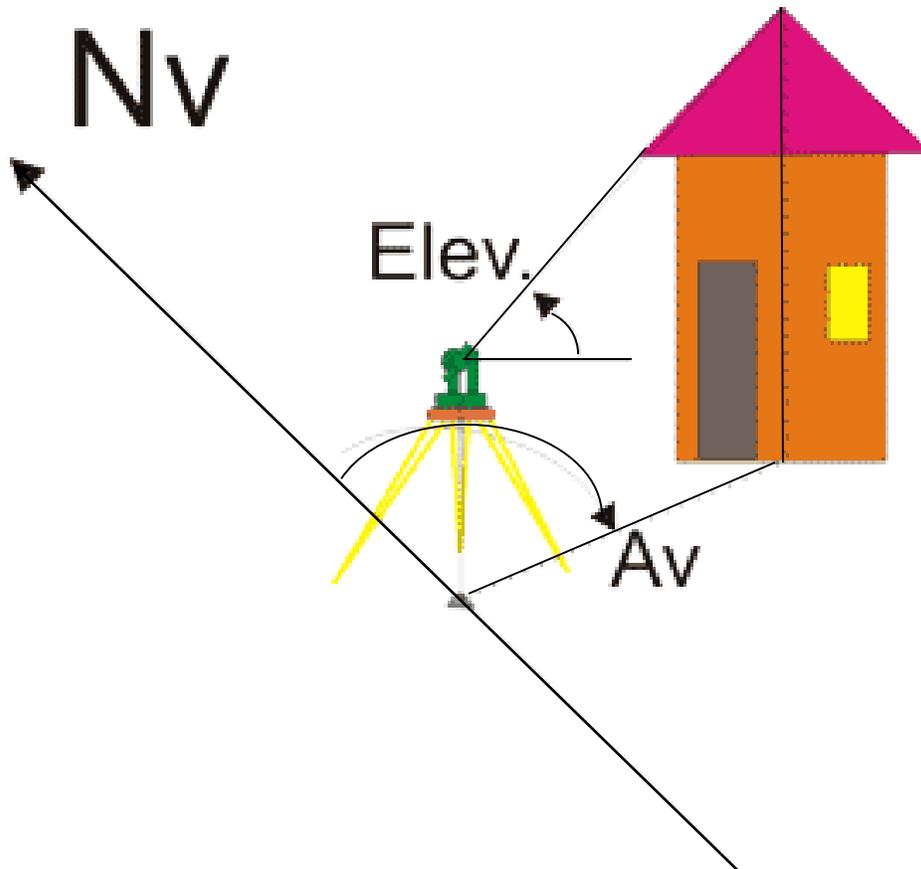
- Inclinómetro: Se utilizó para la medición de los ángulos verticales de las posibles obstrucciones del punto a validar.



- Cinta Métrica.



La elección de los lugares más adecuados para la recepción influencia no sólo la precisión de los resultados, sino también la eficiencia de los trabajos de campo. Los puntos con mayor restricción requieren mayor tiempo de observación, limitan el posicionamiento en términos de método y requieren mayor tiempo de planeación de las misiones y procesamiento de datos.



En la imagen se observan los datos necesarios para el llenado del diagrama de Obstrucción donde:

Nv: Es el norte magnético que sirve como punto de partida para los ángulos horizontales.

Elev: Es el ángulo resultante que se mide desde la altura del aparato hasta la altura máxima de la obstrucción, lo cual se hace mediante el inclinómetro.

Av: Es el ángulo acimut el cual es obtenido con una brújula a partir del Norte magnético hasta el centro de la obstrucción.

6.1.1.2.1 Llenado de Diagrama de Obstrucción.

Para el llenado de los formatos nos ubicamos en el vértice, con la brújula en cero empezamos a girar en el mismo punto en el sentido de las agujas del reloj, hasta llegar a una posible obstrucción y se toma la lectura desde el ángulo horizontal inicial hasta donde termina dicha obstrucción, luego se procede a la utilización del inclinómetro para obtener los ángulos verticales de las obstrucciones y por último, se procede con la cinta métrica a tomar la distancia para tener una ubicación aproximada respecto al vértice. El formato se llena en los ángulos horizontales de izquierda a derecha cada diez grados de 0° hasta 360° y en el ángulo vertical se llena desde el círculo exterior aumentando cada 10° por cada círculo interno.

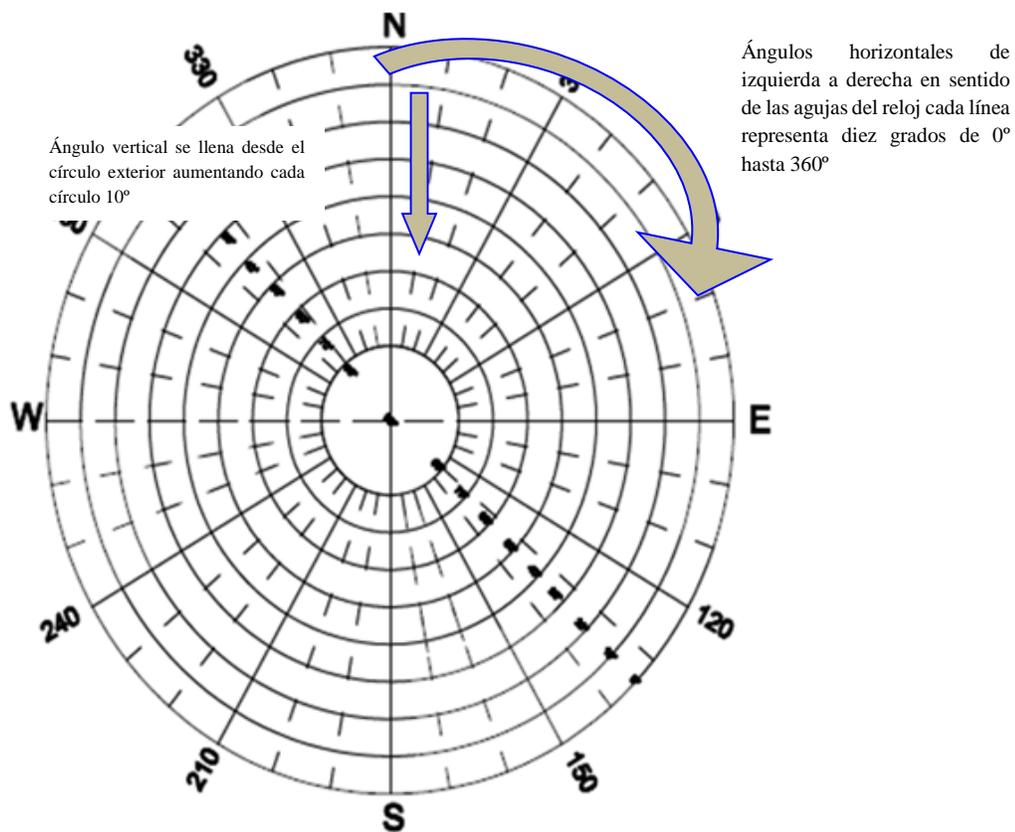
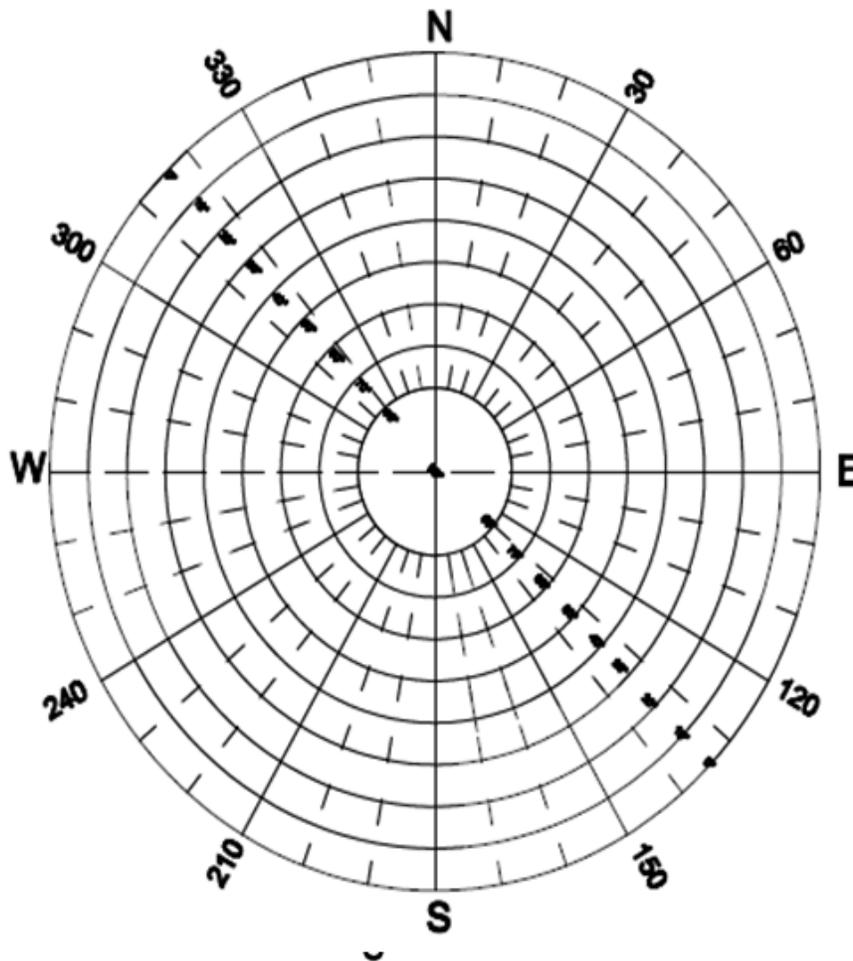


Figura 6.3 Proceso de Llenado de un Diagrama de Obstrucción

DIAGRAMA DE OBSTRUCCION

PROYECTO: _____
 NOMBRE DE LA ESTACION: _____
 D GPS DE LA ESTACION: _____
 FECHA/DIA JULIANO: _____

ESTACION ESTABLECIDA POR: _____
 UBICACION DE LA ESTACION: _____



INDICAR LOS LIMITES HORIZONTALES Y VERTICALES DE
 TODOS LOS OBJETOS OBSTRUYENDO LA VISTA DE LOS
 CIELOS DESDE UNA ELEVACION DE 1º POR ENCIMA DEL HORIZONTE.

No.	RANGO DE AZIMUT	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESCRIPCION

OBSERVACIONES:

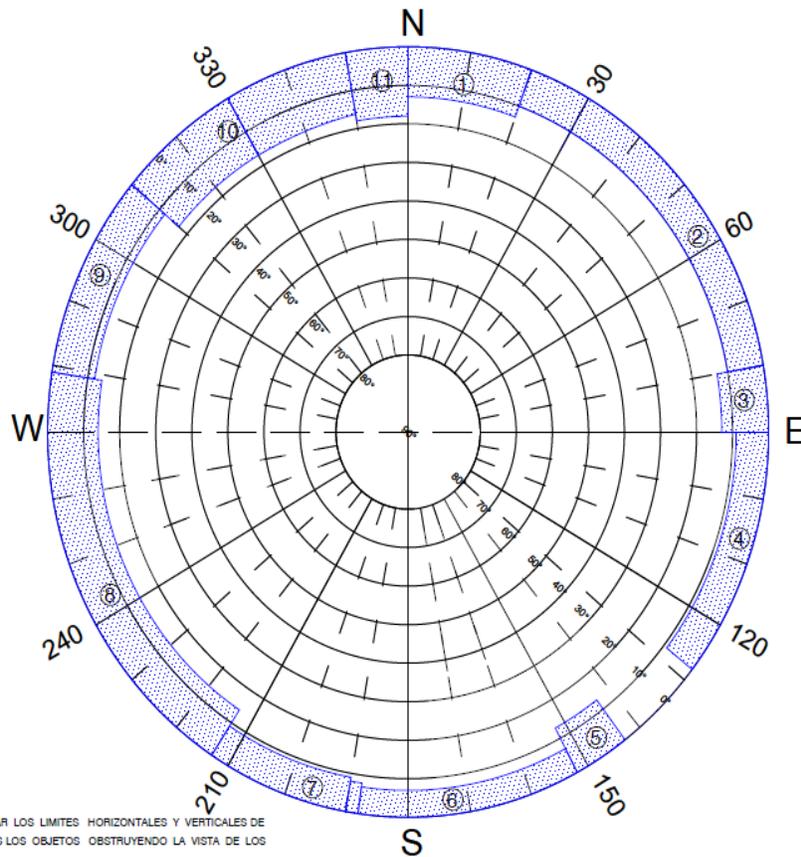
Figura 6.4 Formato de Diagrama de Obstrucción.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DIAGRAMA DE OBSTRUCCION

PROYECTO: TESIS UES 2013
 NOMBRE DE LA ESTACION: MOJON MILPA
 ID GPS DE LA ESTACION: MILPA
 FECHA/DIA JULIANO: MARTES 26 DE NOVIEMBRE DE 2013/330

ESTACION ESTABLECIDA POR: GRUPO TESIS
 UBICACION DE LA ESTACION: DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA FMO



INDICAR LOS LIMITES HORIZONTALES Y VERTICALES DE TODOS LOS OBJETOS OBSTRUYENDO LA VISTA DE LOS CIELOS DESDE UNA ELEVACION DE 15° ENCIMA DEL HORIZONTE.

No	RANGO DE AZIMUT	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESCRIPCION
1	0° - 20°	11° - 13°	47.40	ARBOLES
2	20° - 80°	10° - 10°	80.10	ARBOLES
3	80° - 90°	10° - 13°	54.08	ARBOLES
4	90° - 130°	13° - 9°	54.57	ARBOLES
5	130° - 150°	10° - 15°	52.61	ARBOLES
6	150° - 180°	8° - 7°	46.64	ARBOLES
7	180° - 190°	7° - 8°	42.19	ARBOLES
8	190° - 210°	8° - 9°	53.33	ARBOLES
9	210° - 270°	13 - 14°	64.25	ARBOLES
10	270° - 310°	11° - 12°	61.37	ARBOLES
11	310° - 350°	14° - 17°	54.16	ARBOLES
12	350° - 360°	16° - 18°	48.17	ARBOLES

OBSERVACIONES:

Figura 6.5 Formato lleno de Diagrama de Obstrucción.

b) Ubicación estratégica: El punto o sitio a validar debe contar con una topografía que facilite el uso y manipulación del equipo GPS, y que garantice la durabilidad del monumento a construir.

c) Accesibilidad: El punto o sitio a validar debe ser de fácil acceso, preferentemente en vehículo.

Aplicación:

Se realizó el reconocimiento del vértice geodésico del cantón Jalacatal, encontrando que este concuerda físicamente con la descripción proporcionada por el Instituto Geográfico y del Catastro Nacional. En base a la visita realizada se validó el vértice CJAL como punto de referencia, ya que se constató que este cumple con los requisitos necesarios para para realizar observaciones satelitales.



Así mismo y en base a la información recolectada en la etapa de planificación, se procedió al reconocimiento de las áreas donde se pretende establecer los puntos específicos que formarán parte de la red geodésica UES-FMO y del perímetro que será medido mediante la

técnica Estático Rápido, y posteriormente analizado y comparado con el levantamiento con estación total.

Tras el análisis de los diagramas de obstrucción (Ver Anexo B) fueron validados los siguientes puntos.

NOMBRE DEL VÉRTICE GEODÉSICO	ID GPS
UES-FMO 1	FMO1
UES-FMO 2	FMO2
UES-FMO 3	FMO3
UES-FMO 4	FMO4
UES-FMO 5	FMO5
UES-FMO 6	FMO6
MOJÓN VIVERO	MOJV
MOJÓN FABRICA	MOFC
PARQUEO ESTUDIANTES	PAQE
CANTÓN JALACATAL	CJAL

Tabla 6.2 Vértices geodésicos de la UES-FMO y los puntos del perímetro interno validados de acuerdo al diseño preliminar de la red.

6.1.1.3 Monumentación

En nuestro país, la monumentación de vértices geodésicos se rige comúnmente por las especificaciones de las autoridades del Geográfico y del Catastro Nacional (IGCN), el tipo de monumentos a construir depende fundamentalmente de la naturaleza, magnitud, relevancia y finalidad de la red de la cual formarán parte.

Para levantamientos geodésicos de primer orden y de gran relevancia, como por ejemplo delimitación de fronteras internacionales, se suelen utilizar monumentos de concreto armado in situ de gran volumen, con el objetivo de garantizar la perdurabilidad del vértice.



Figura 6.6 Monumento Trifinio El Salvador-Guatemala-Honduras. Cima del cerro Montecristo.

Para el establecimiento de redes de primer orden, como por ejemplo, la Red Geodésica Básica Nacional, se suelen utilizar monumentos del tipo III.

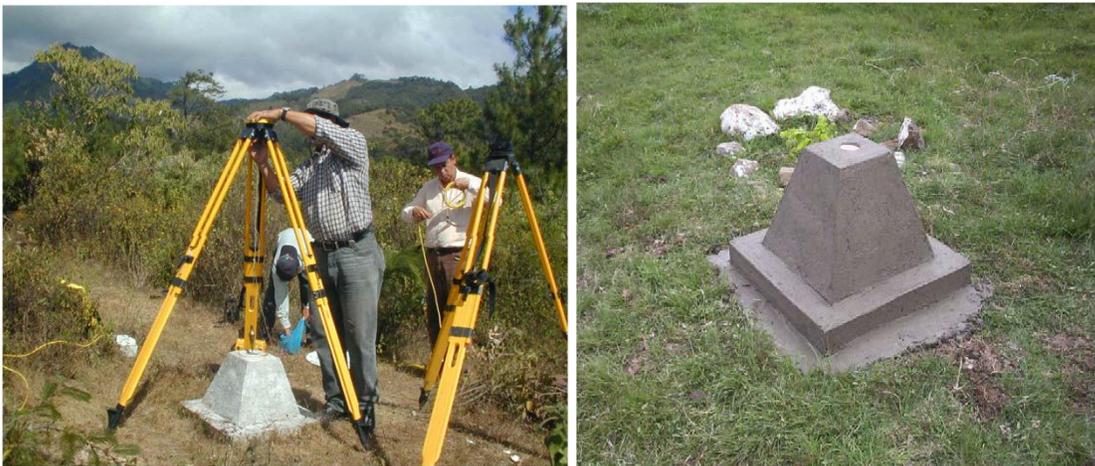


Figura 6.7 Monumentos de la Red Geodésica Básica Nacional.

Para levantamientos geodésicos de segundo o tercer orden, como por ejemplo densificaciones de redes, se suelen utilizar monumentos de concreto armado in situ de tipo III modificado, o placas empotradas en estructuras existentes.



Figura 6.8 Mojón Geodésico tipo III modificado.


INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
DEPARTAMENTO DE GEODESIA


PROYECTO: LEVANTAMIENTO DE COORDENADAS WGS84 AEROPUERTO INTERNACIONAL EL SALVADOR							
NOMBRE DE LA ESTACION.		UMBRAL DE PISTA 07		ID A BREVIADA CNR/IGN	TH07	EMPLAZADA POR.	CNR/IGN
ABREVIADA AEROPUERTO:	THR 07	CÓDIGO DEL AEROPUERTO:	MSLP/SAL	DESCRITA POR.	RICARDO SANCHEZ	FECHA.	NOV/2001
UBICACION. LA ESTACION UMBRAL DE PISTA 07 SE ENCUENTRA UBICADA EN EL UMBRAL DE LA CABECERA 07							




Figura 6.9 Placa empotrada. Vértice TH07.

Aplicación:

Posterior a la validación de los puntos que formarán parte de la red UES-FMO y del perímetro a medir, se procedió a su respectiva monumentación. Para la red geodésica se utilizó el monumento tipo III modificado de forma piramidal truncada con placa de aluminio incrustada en la parte superior y refuerzo vertical de cuatro varilla de 3/8" y estribos No. 2 a cada 15 cm (Ver Anexo C).

Materiales a utilizar para Monumento tipo 3 Modificado:

- Placa de aluminio que contiene:
 - » Marca al centro que define el punto donde se realiza la observación
 - » La Identificación del vértice
 - » Institución responsable
 - » Año de fundición.
- Moldes con la forma de mojón geodésico.
- Detalles con dimensiones del mojón.
- Armadura.
- Cemento Portland.
- Grava
- Arena.
- Agua.
- Pala Dúplex.
- Aceite quemado para moldes.
- Pintura de Aceite Blanca.





En la Etapa de monumentación en la UES-FMO se determinaron tres pares de mojones los cuales fueron detallados anteriormente, a continuación se presenta el proceso de construcción:

Se realizó perforaciones con una profundidad de 90 cms.



Después de realizar la excavación, se procedió a colocar la armadura y moldes con aceite quemado para evitar su adherencia con el concreto.



Luego se realizó la mezcla de concreto proporción 1:2:2 con cemento Portland para luego ser vertida dentro los moldes.



Con el concreto fresco se procedió a la colocación de las placas marcadas para cada uno de los mojonos.



Terminada la colocación se la placa se procede al acabado del concreto.



Pasando un periodo de 24 horas se procedió al desencofrado de cada mojón.



Como último paso se procedió a pintar cada mojón con pintura blanca de aceite.





Figura 6.10 Mojones de Vértice FMO5 y Marca Acimutal (MKZ) FMO6 ya terminados.

6.2 Levantamiento Geodésico de los Vértices de Referencia y de la Poligonal Interna.

Para garantizar que los resultados obtenidos sean satisfactorios, y evitar sorpresas desagradables a la hora de procesar los datos crudos, es indispensable que el personal que estará a cargo de la manipulación de los equipos, tenga conocimientos acerca de la correcta utilización de los aparatos y de las técnicas a utilizar para la toma de datos.

Como en cualquier otro tipo de levantamiento, la calidad de los resultados, y en general, la calidad de todo el proyecto, dependerá del nivel de organización y logística alcanzado antes, durante y después de la medición. En el caso particular de levantamientos geodésicos, es de vital importancia que previo a la fecha en la que se tiene planificado llevar a cabo las observaciones, se realice una revisión minuciosa del estado y funcionamiento de todos los instrumentos que se utilizarán, teniendo en cuenta que, mientras con mayor anticipación se realice este paso, mayor margen de tiempo se tendrá para ajustar, reparar o reemplazar, cualquier instrumento que no cumpla con los requerimientos de calidad y funcionamiento necesarios para la toma de datos.

La cantidad y distribución del personal involucrado en la medición, dependerá fundamentalmente del número de equipos disponibles y de la cantidad de puntos que conformarán el proyecto.

Aplicación:

Para lograr la medición del polígono de la UES-FMO fue necesaria la creación de una red interna, la cual consta de tres vértices y sus respectivas marcas acimutales. El punto de referencia para establecimiento de dicha red fue el vértice geodésico ubicado en el Cantón Jalacatal.

Para lograr el establecimiento de esta red se utilizaron un total de cuatro equipos por lo que el personal disponible se dividió en dos grupos de trabajo, uno ubicado en el vértice de referencia y el otro grupo en la UES-FMO. El grupo ubicado en el campus estaba compuesto por tres cuadrillas.

Una vez distribuido el personal que integraría cada cuadrilla, se procedió a movilizar los equipos a los puntos de medición. El equipo ubicado en el vértice de referencia, fue el

primero en instalarse dándole así una inicialización previa, para garantizar la calidad de la toma de datos al iniciar la medición.

El equipo utilizado para el establecimiento de los vértices geodésicos y posteriormente el levantamiento de la poligonal interna en la UES-FMO fue el receptor ProMark2 de una frecuencia marca Ashtech.

6.2.1 SISTEMA PROMARK2.

Es un sistema de GPS completo que permite la navegación y la medición de precisión.



Figura 6.11 Sistema ProMark2 de dos receptores

Para instalar los componentes del sistema sobre el punto de medición, se pueden utilizar trípodes estándares, o trípodes para GPS de altura fija. El receptor ProMark2 colecta la transmisión de señales de los satélites GPS y almacena esta información en su memoria interna. Los datos almacenados se extraen del receptor ProMark2 por medio de un cable (Ver figura 6.16) para realizar el post-proceso de los datos crudos. El software utilizado para la descarga de datos fue el Ashtech Solutions.

6.2.2 COMPONENTES DEL SISTEMA PROMARK2.

Los componentes del sistema ProMark2 que se utilizaron para las mediciones en la UES-FMO son:

- 1) Bolso de terreno.
- 2) Receptor GPS ProMark2.
- 3) Antena GPS externa.
- 4) Abrazadera de terreno (Bracket)
- 5) Cable de antena externa.
- 6) Abrazadera para oficina con cable para transferencia de datos.

6.2.2.1 Bolso de terreno.

El bolso de terreno se utiliza para transportar los componentes del sistema entre la oficina y el terreno.



6.2.2.2 Receptor GPS.

El receptor GPS ProMark2, adquiere y almacena los datos "crudos" de satélites GPS, en cada punto de medición. Los datos de cada receptor son post-procesados para determinar la posición relativa de los puntos medidos.



Figura 6.12 Receptor ProMark2

6.2.2.3 Antena GPS externa.

La antena GPS externa es el punto físico de toma de datos "crudos" del satélite GPS. Por esta razón, debe ser ubicada en forma precisa sobre el punto a medir, utilizando un trípode estándar, o un trípode para GPS de altura fija.



Figura 6.13 Antena GPS externa

6.2.2.4 Abrazadera de terreno (Bracket).

La abrazadera de terreno para el receptor, proporciona diferentes funciones: Primero, proporciona los medios para montar el receptor GPS ProMark2 en el trípode. Segundo, brinda soporte para la conexión del cable de la antena GPS en la parte trasera del receptor ProMark2.



Figura 6.14 Abrazadera de terreno para el receptor

6.2.2.5 Cable de antena externa.

El cable de la antena externa, conecta el receptor ProMark2 a la antena externa. El extremo pequeño del cable se conecta al ProMark2 en la parte posterior de la abrazadera de terreno del receptor. El extremo grande del cable se atornilla a la antena externa.



Figura 6.15 Cable de antena externa

6.2.2.6 Abrazadera para oficina con cable para transferencia de datos.

La abrazadera del receptor para oficina, con el cable de transferencia de datos incorporado, es un dispositivo de interfaz que conecta el receptor ProMark2 a la computadora de oficina, para transferir los datos del satélite GPS almacenados. Cuando el receptor ProMark2 se pone en la abrazadera PC, el cable de transferencia de datos se conecta automáticamente al receptor por medio de los contactos localizados en la parte posterior del receptor.



Figura 6.16 Abrazadera para oficina con cable para transferencia de datos.

6.2.3 Equipo adicional utilizado.

Para lograr instalar los componentes del sistema ProMark2 sobre el punto de medición, se utilizaron:

- 1) Trípodes estándares de topografía
- 2) Bastones

6.2.3.1 Trípodes

Los trípodes son utilizados para centrar y sujetar fijamente el bastón sobre el punto a medir. Estos deben estar en óptimas condiciones para garantizar la estabilidad del bastón durante la toma de datos.

6.2.2.2 Bastones

La antena externa del sistema ProMark2, posee en la parte inferior un sistema de enroscamiento estándar, lo que hace posible que la antena se pueda montar en cualquier bastón topográfico. Es indispensable que el bastón a utilizar tenga en buen estado el nivel esférico, para garantizar la verticalidad del bastón y por consiguiente de la antena respecto al punto a medir.

6.2.4 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

El receptor ProMark2, se puede utilizar con cualquier tipo de pila con factor de forma AA, incluidas las pilas desechables (alcalinas o de litio), y las recargables Rayovac® IC3. En

este tipo de receptor se recomienda no utilizar otras pilas recargables, ya que pueden no tener la potencia suficiente para alimentar la antena, y pueden provocar pérdidas de ciclo en los datos tomados. Las pilas de litio son las que tienen una duración mayor en el ProMark2, seguidas de las Rayovac® IC3 y de las alcalinas.

ESPECIFICACIONES

PARÁMETROS	ESPECIFICACIÓN
Modalidad de medición GPS aceptada	Estática
Precisión de la Medición (RMS)	Horizontal: 0.005 m + 1 ppm Vertical: 0.010 m + 2 ppm
Precisión de Navegación (RMS)	<3 m con antena externa (con WAAS) 5 m con antena interna (con WAAS)
Distancia a medir (longitud del vector)	Hasta 20 kilómetros. Sobre 20 kilómetros, posiblemente durante períodos de baja actividad Ionosférica
Tiempo de observación	20 a 60 minutos normalmente, dependiendo de la longitud del vector
Canales de satélites GPS	10
Canales de satélites WAAS/ EGNOS	2 (1 WAAS / 1 EGNOS)
Angulo de corte de satélites GPS	10 grados
Intervalo de grabación	10 segundos
Rango de temperatura de Operación	-10°C a + 60 °C
Tipo de Batería	2 pilas AA de 1.5 VCC alcalinas o de litio, o recargables Rayovac(r) IC3. Se recomienda no utilizar otras pilas recargables.
Duración de la Batería	Interna (2 AA): Hasta 8 horas con alcalinas @ 20°C Hasta 13 horas con litio @20°C Externa + interna (8 AA): Hasta 32 horas con alcalinas @20°C Hasta 52 horas con litio @20°C
Capacidad de almacenamiento de datos en la memoria	8 MB 72 horas de datos de medición 100 archivos de datos

Tabla 6.3 Especificaciones físicas y de funcionamiento del sistema ProMark2.

6.2.5 INSTALACIÓN DE LAS BATERÍAS

Para instalar las baterías en el receptor ProMark2, quite la tapa que se encuentra en la parte posterior del receptor, si tiene baterías antiguas, quítelas e instale las nuevas, teniendo especial cuidado en colocar la polaridad de forma correcta. Ponga nuevamente la tapa y gire el tornillo de sujeción.



6.2.6 INSTALACIÓN DEL SISTEMA.

A continuación se presentan los pasos que se siguieron para la instalación del equipo en los vértices de la UES-FMO y el vértice geodésico del cantón Jalacatal:

- 1) Instalación del trípode
- 2) Colocación de la antena
- 3) Colocación del receptor en la abrazadera de campo
- 4) Colocación de la abrazadera en el trípode
- 5) Conexión del cable a la antena externa y al receptor. Nivelación

6.2.6.1 Instalación del trípode.

Se coloca el trípode sobre el monumento construido, procurando que el centro de la placa del mojón, quede en la vertical del respecto al centro del trípode. Se aflojan los tornillos de mariposa y se despliega la base manteniéndola lo más horizontal posible y a una altura que facilite el posterior centrado del bastón. Posteriormente, se aprietan los tornillos, se verifica

la verticalidad del trípode respecto al centro del mojón y se incrustan las puntas de las patas firmemente sobre el terreno.



Figura 6.17 Colocación del Trípode

6.2.6.2 Colocación de la antena.

Una vez colocado el trípode, se procede colocar el bastón justo en el centro de la placa del monumento, posteriormente se enrosca la antena en el bastón, girándola en el sentido de las agujas del reloj hasta que esta se encuentre completamente fija en el bastón. Es en este punto donde se fija la altura de antena con la que se llevará a cabo la toma de datos.



Figura 6.18 Colocación y centrado de la antena.

6.2.6.3 Colocación del receptor en la abrazadera de campo.

Se instala el receptor en la abrazadera de terreno, para ello se presiona hacia abajo la pestaña ubicada en la parte superior de la abrazadera, cuando la pestaña se levanta, se coloca el receptor.



Figura 6 19 Colocación del receptor en la abrazadera de campo

6.2.6.4 Colocación de la abrazadera en el trípode.

Posteriormente se coloca la abrazadera en una de las patas del trípode, debe tenerse en cuenta que como aún no se ha llevado a cabo la nivelación, se deberá colocar la abrazadera a una altura tal, que no obstaculice el movimiento de las patas del trípode al momento de la nivelación. Así mismo hay que asegurarse que los tornillos de sujeción de la abrazadera queden completamente fijos, para evitar que se caiga y se causen daños en el receptor.



Figura 6 20 Colocación de la abrazadera y receptor en el trípode

6.2.6.5 Conexión del cable a la antena externa y al receptor. Nivelación.

Con el receptor en posición, se procede a conectar el cable en la antena externa, el extremo grueso del cable se conecta a la antena y el extremo delgado en la parte posterior del receptor.

Como último paso se centra el bastón utilizando el nivel esférico. Para ello se utilizan las patas del trípode teniendo en cuenta que, si la burbuja se encuentra en la dirección contraria a una de las patas, se afloja el tornillo de mariposa de esa pata y se mueve, hasta hacer que la burbuja se mueva al lado contrario de otra de las patas. Se sigue esta mecánica hasta lograr que la burbuja se encuentre concéntrica en la marca del nivel.



Figura 6.21 a-Conexión del cable a la antena, b- Nivel esférico del bastón y c- Conexión al receptor.

Ahora ya tenemos instalado el sistema en el punto para la toma de datos.



Figura 6.22 Sistema instalado.



Figura 6.23 Sistema instalado



Figura 6.24 Sistema instalado.

6.3 BOTONES DE CONTROL.



Figura 6.25 Botones de control operacional para las funciones de medición del receptor del sistema Promark2.

BOTÓN	DESCRIPCIÓN
ENTER	Se utiliza para ejecutar la función destacada, editar el parámetro destacado o ingresar el valor destacado.
MENÚ	Tiene la función de acceder a la pantalla Menú Medir en cualquier momento durante la toma de datos de la medición.
Botón rojo de encendido	Tiene dos funciones: Al presionarlo y soltarlo rápidamente, enciende o apaga el receptor. Cuando se mantiene presionado por dos segundos mientras el receptor está encendido, enciende la luz de la pantalla en la configuración más baja. Si se mantiene presionado nuevamente por dos segundos, se enciende la luz alta. Finalmente, presione y mantenga el botón presionado por dos segundos más para apagar la luz de la pantalla.

MARK/GOTO	Tiene la función de acceder a la pantalla Atributo Punto en cualquier momento durante la toma de datos de la medición.
NAV/SURV	Tiene la función de cambiar entre las pantallas Estado Satelital y la pantalla Estado Medición en cualquier momento durante la toma de datos.
ESC	Se utiliza para cerrar la pantalla volviendo a la pantalla anterior.
Botón ovalado con cuatro flechas	Destaca la función que desea ejecutar o el valor que desea ingresar

Tabla 6.4 Utilidad de Botones de Aparato GPS

6.4 CONFIGURACIÓN DEL RECEPTOR.

Con el sistema instalado en el punto a medir, estamos listos para comenzar la toma de datos. A continuación se proporciona el proceso paso a paso para configurar el receptor del sistema ProMark2 para la toma de datos GPS en la modalidad de medición estática.

6.4.1 PARÁMETROS.

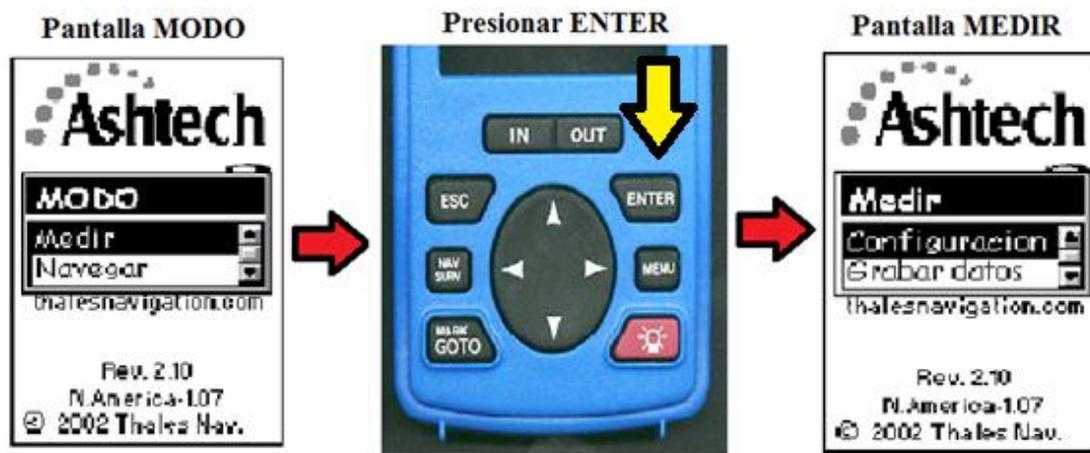
- a) Modo de Medición: Estática
- b) Atributos del Punto: ID del Sitio: CJAL; Descripción del Sitio: Estación de Referencia
- c) Intervalo de Grabación: 15 segundos
- d) Unidades: Metros
- e) Antena: Tipo de Altura: Vertical; Altura de Antena: 1.41 metros
- f) ID del Receptor: EQ1

6.4.2 Pasos para configurar el receptor

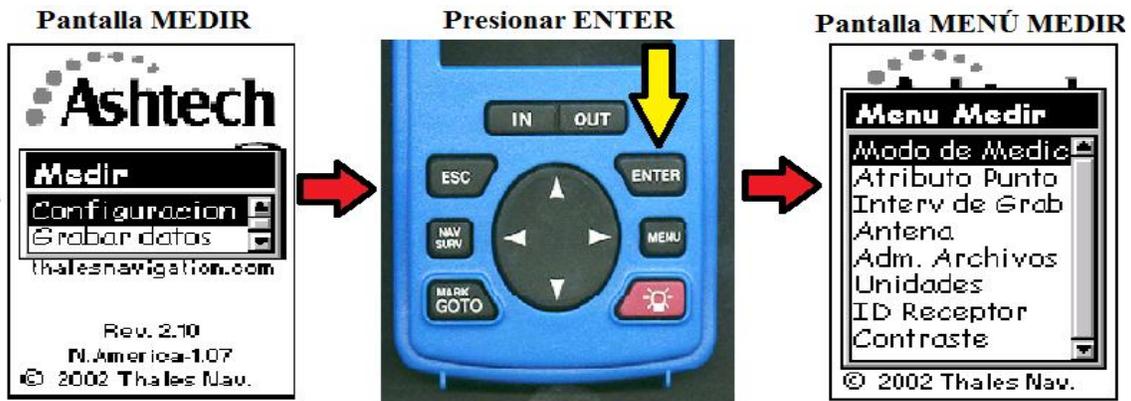
1) Encendemos el receptor presionando el botón rojo de encendido/apagado, entonces aparece la pantalla de inicio, seguida por la pantalla MODO.



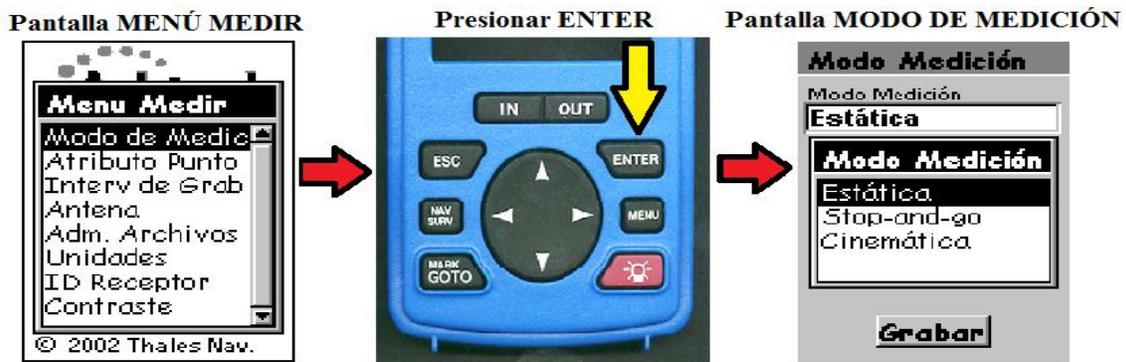
Automáticamente aparecerá destacada en la pantalla MODO, la opción MEDIR, la cual se seleccionará presionando el botón ENTER, entonces aparecerá la pantalla MEDIR.



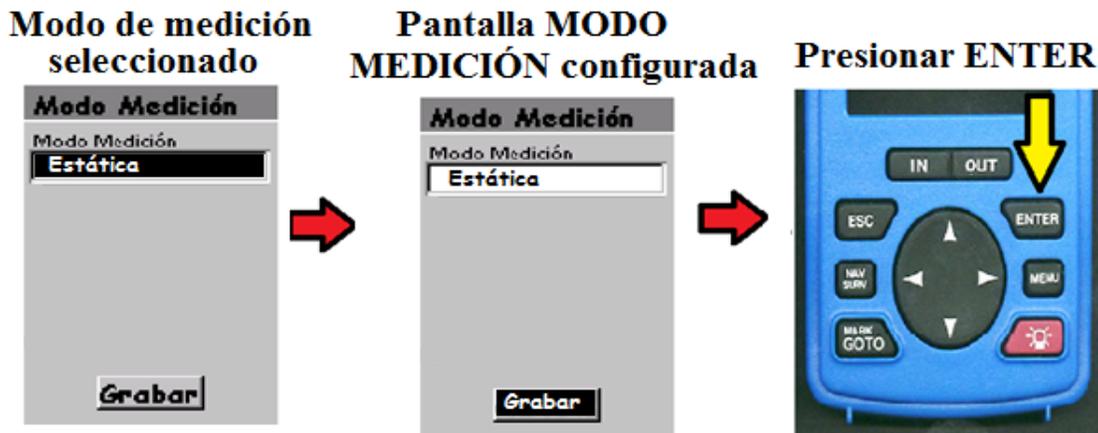
2) En la pantalla MEDIR, automáticamente aparece destacada la opción CONFIGURACIÓN. Al presionar el botón ENTER en la opción CONFIGURACIÓN de la pantalla MEDIR, tendremos acceso a la pantalla MENÚ MEDIR, la cual nos da acceso a las opciones de configuración de los parámetros del receptor y de la medición.



3) En la pantalla MENÚ MEDIR la primera opción que aparece destacada es MODO DE MEDICIÓN, entonces presionamos ENTER para acceder a la pantalla MODO DE MEDICIÓN. Ahora podremos seleccionar el tipo de medición a realizar, en nuestro caso se seleccionará la opción estática.



Una vez destacado el tipo de medición a realizar, se presiona ENTER, y utilizando el botón ovalado nos desplazamos a la opción GRABAR y presionamos ENTER.



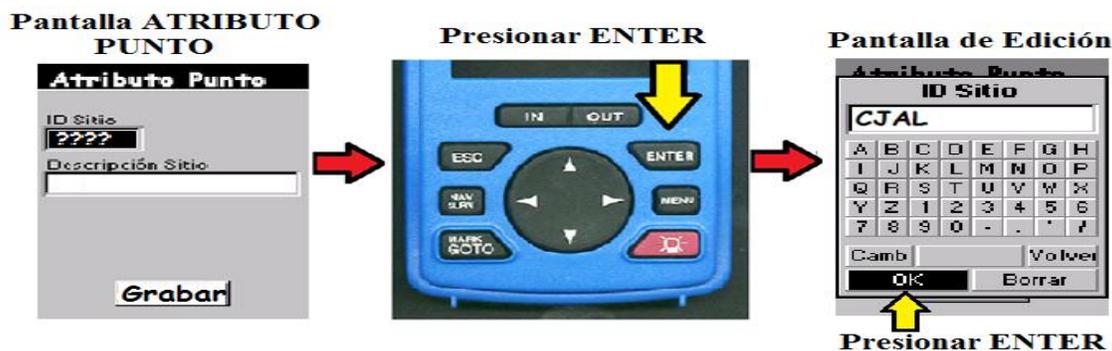
Hay que tener en cuenta que una vez guardado el modo de medición, no se puede cambiar. El receptor realizará solo el modo de medición configurado. El receptor debe ser apagado y encendido nuevamente para cambiar el modo de medición.

4) Automáticamente aparecerá la pantalla MENÚ MEDIR con la opción MODO DE MEDICIÓN destacada, sin embargo con la ayuda del botón ovalado nos desplazamos hacia abajo, al siguiente parámetro a configurar que es ATRIBUTO PUNTO. Con la opción ATRIBUTO PUNTO destacada presionamos ENTER, para tener acceso a la pantalla ATRIBUTO PUNTO.

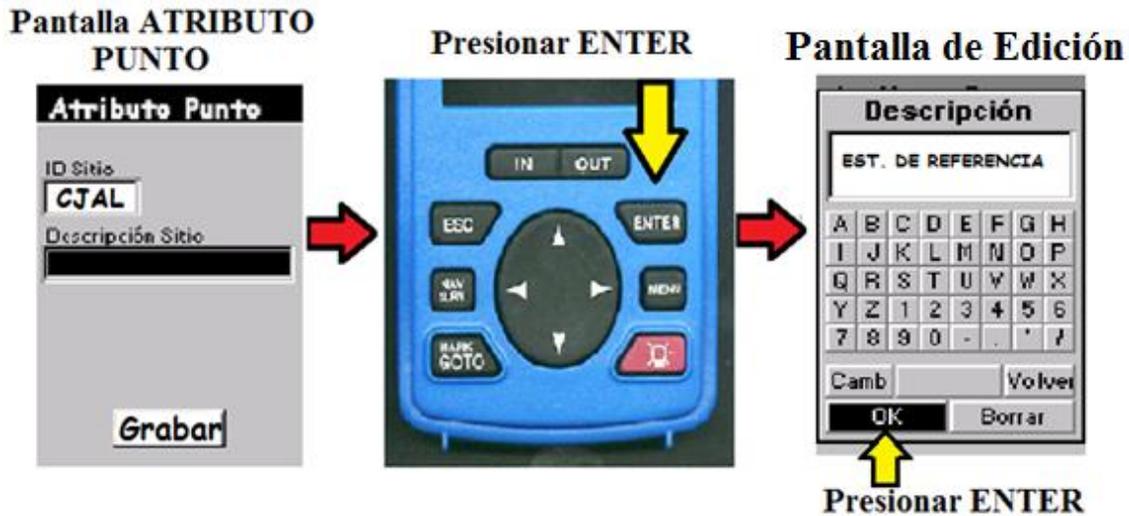


En la pantalla ATRIBUTO PUNTO utilizaremos las flechas de desplazamiento del botón ovalado y el botón ENTER para realizar las configuraciones. Los parámetros a configurar son:

a) ID SITIO: Permite ingresar una identificación de 4 caracteres alfanuméricos. Si se ingresan menos de 4 caracteres, los campos vacíos automáticamente se completarán con guiones. Todos los caracteres son válidos, excepto: ? espacio < > : \ Si se ingresa un caracter no permitido, automáticamente será reemplazado por guión. El valor por defecto es ????



b) DESCRIPCIÓN SITIO: Permite seleccionar un descriptor desde la lista de descriptores, ingresar un nuevo descriptor de hasta 20 caracteres, editar un descriptor, y borrar un descriptor. El valor por defecto está en blanco.

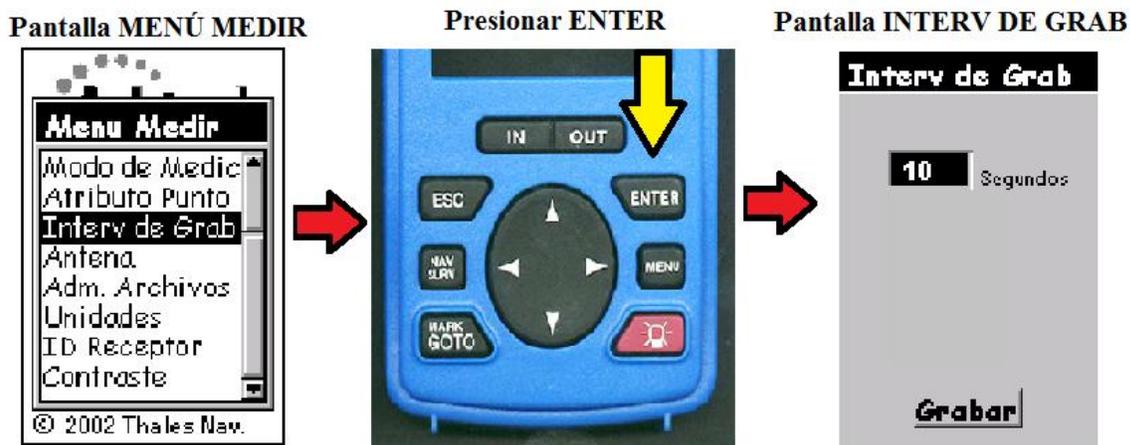


Una vez configuradas las opciones en la pantalla ATRIBUTO PUNTO, nos desplazamos hasta la opción GRABAR, y cuando se encuentre destacada, presionamos ENTER para guardar.

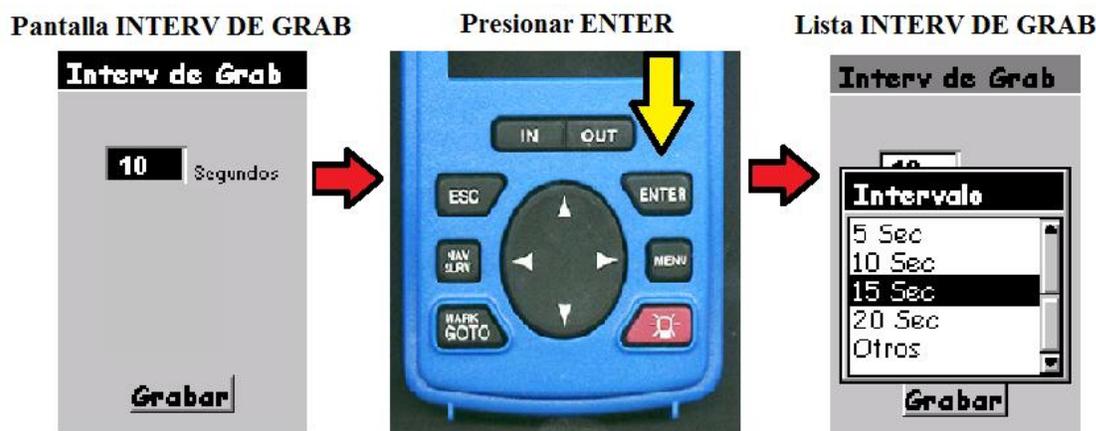


5) Nuevamente aparecerá la pantalla MENÚ MEDIR con la opción ATRIBUTO PUNTO destacada. Con las flechas de desplazamiento, nos movemos hacia abajo, al nuevo

parámetro a configurar el cual es INTERV DE GRAB (INTERVALO DE GRABACIÓN). Con la opción INTERV DE GRAB destacada presionamos ENTER, y así tenemos acceso a la pantalla INTERV DE GRAB.



En esta pantalla se configura el intervalo de grabación del receptor en segundos, esto es, cada cuanto tiempo estará guardando el receptor datos de posición durante la medición. Al destacar la opción SEGUNDOS, se presiona ENTER, entonces se despliega una lista de intervalos de grabación.



En el caso de que la lista no contenga el intervalo que se necesite, la opción OTROS, nos permite ingresar a la lista un valor entre 1 y 120 segundos.

Seleccionado el intervalo de grabación, nos desplazamos a la opción GRABAR y presionamos ENTER.

Pantalla INTERV DE GRAB configurada



Presionar ENTER



6) El siguiente parámetro a configurar en la pantalla MENÚ MEDIR es la opción UNIDADES. En la pantalla MENÚ MEDIR, destacamos UNIDADES y presionamos ENTER.

Pantalla MENÚ MEDIR



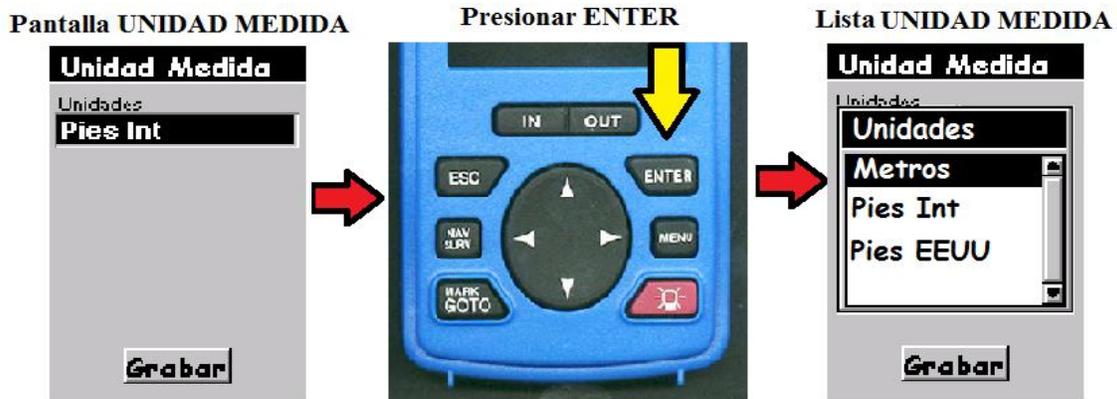
Presionar ENTER



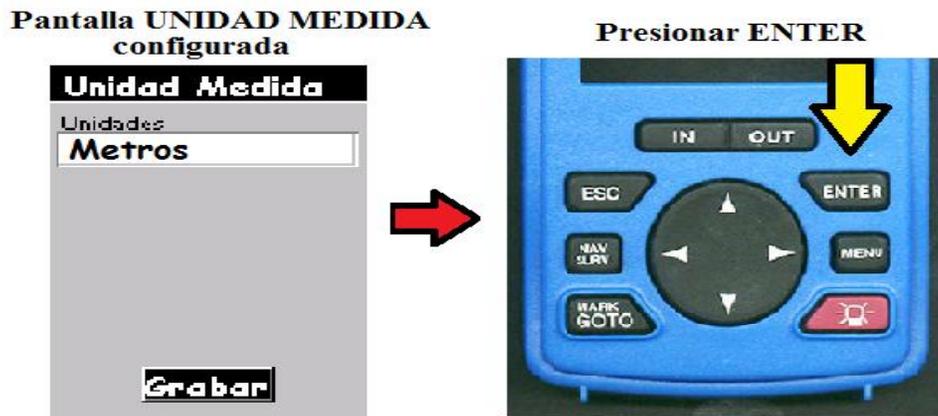
Pantalla UNIDAD MEDIDA



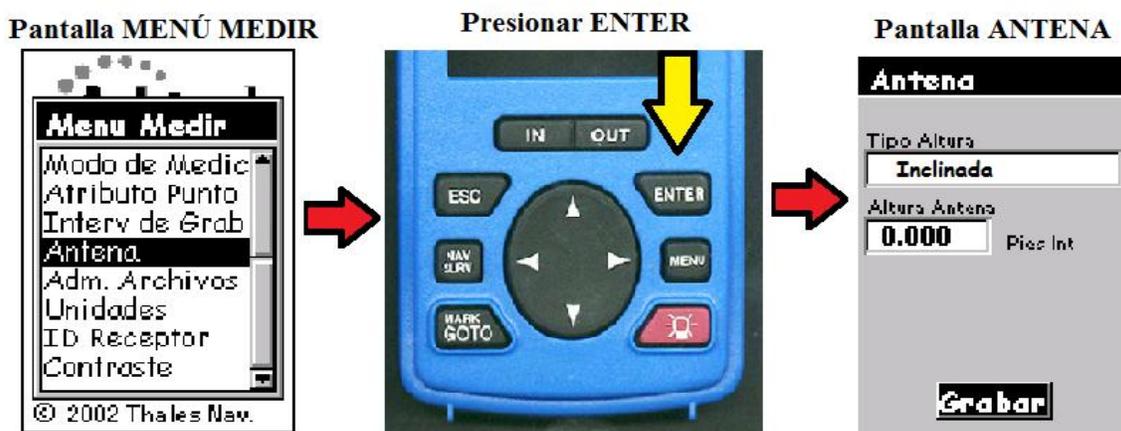
La pantalla UNIDAD MEDIDA nos permite seleccionar la unidad de medición con la cual los valores de altura de antena serán ingresados. Para ello, nos desplazamos a la opción UNIDADES, y presionamos ENTER, entonces aparecerá una lista de selección con las unidades disponibles.



Con la unidad de medida seleccionada, nos desplazamos a GRABAR y presionamos ENTER.



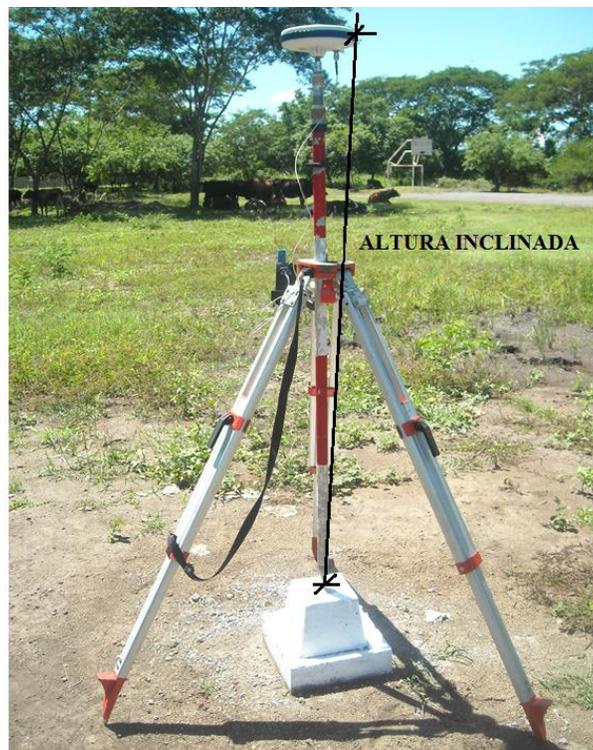
7) Configuradas las unidades de trabajo, procedemos a establecer los valores de altura de antena, para ello partimos de la pantalla MENÚ MEDIR, ahí destacamos y seleccionamos la opción ANTENA.



En esta pantalla configuramos los parámetros de antena GPS del punto en el cual se grabaran los datos. La antena GPS es el punto de toma de datos para las observaciones, esto significa que la posición calculada para el punto, horizontal y verticalmente, será la ubicación de la antena GPS. Es por esta razón que, la antena está precisamente ubicada sobre el punto a medir. Incluso la ubicación para el punto a medir no está al centro de la antena, sino debajo de ella, en el suelo.

6.4.3 Los parámetros a configurar:

a) TIPO ALTURA: Permite seleccionar el tipo de altura de antena, pudiendo ser altura inclinada o altura vertical. La altura inclinada es la que se toma desde el borde de la antena, partir del eje simétrico, hasta el punto a medir, es decir hasta la punta del bastón. Esta distancia corresponde a una hipotenusa.



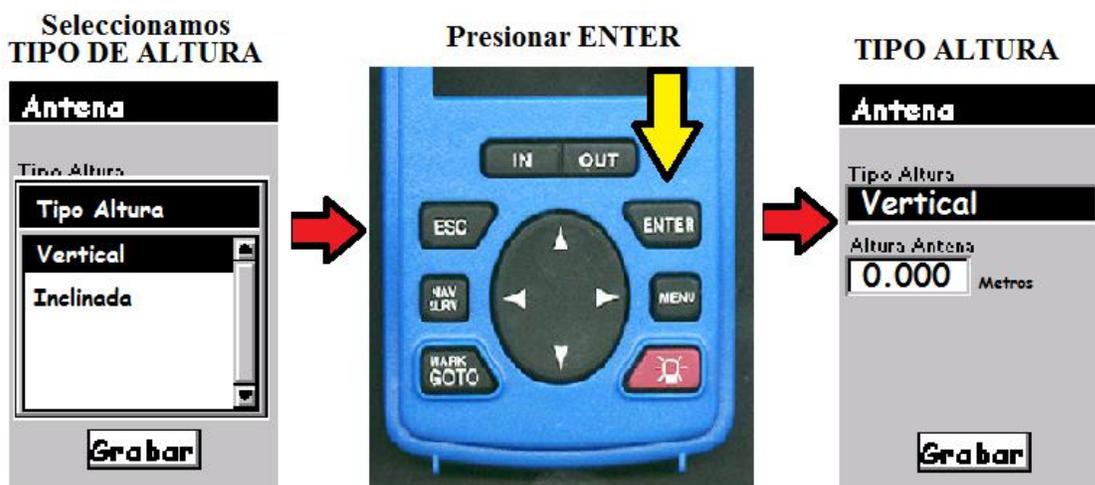
La altura vertical, es la que se toma a partir de la base del soporte de la antena, hasta el punto a medir, es decir hasta la punta del bastón. Tanto en la estación de referencia CJAL, como dentro del campus de la UES-FMO, se trabajó con altura de antena vertical. Se

recomienda medir la altura de antena vertical, antes de instalarla en el trípode, de esta manera se reduce el error de apreciación en la lectura.



b) ALTURA ANTENA: Permite ingresar la altura de antena. El valor que aparece por defecto es 0.000.

Para configurar el tipo de altura, destacamos la opción TIPO ALTURA con el botón ovalado y presionamos ENTER, seleccionamos el tipo de altura y volvemos a presionar ENTER.

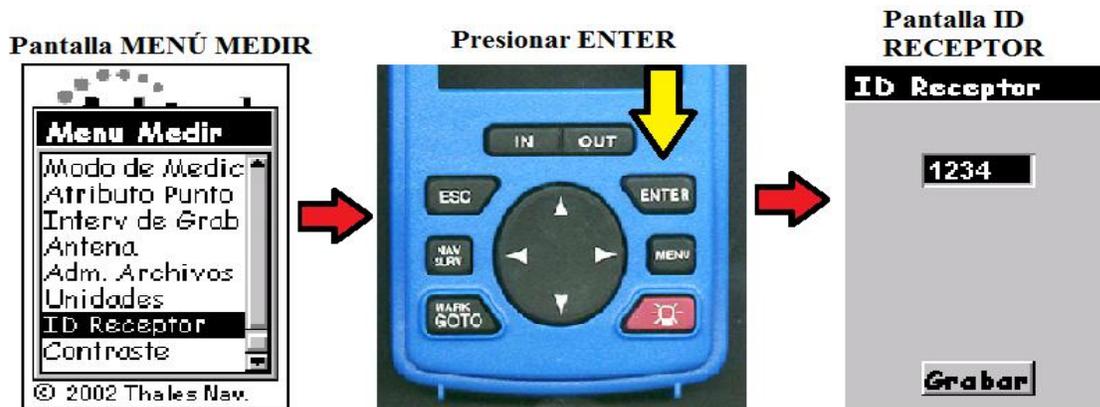


Para cambiar la altura de antena, la secuencia de botones es la siguiente: Primero, se utiliza el botón ovalado, con las flechas de desplazamiento para destacar la opción ALTURA ANTENA. Luego se presiona ENTER para editar. Ahora, se utiliza nuevamente el botón ovalado y con las flechas arriba/abajo se modifican los dígitos hasta obtener el valor deseado. Después de configurar todos los dígitos, presionamos ENTER, utilizamos la flecha abajo para destacar GRABAR, y presionamos ENTER para guardar.



8) La opción ID RECEPTOR, permite configurar el identificador del receptor que se va a utilizar en el nombre del archivo de datos crudos de la medición. Cada archivo de datos crudos descargado desde este receptor, incluirá este identificador en el nombre. Asegúrese de utilizar un único identificador para cada receptor utilizado en una medición, esto es, un identificador diferente para cada receptor.

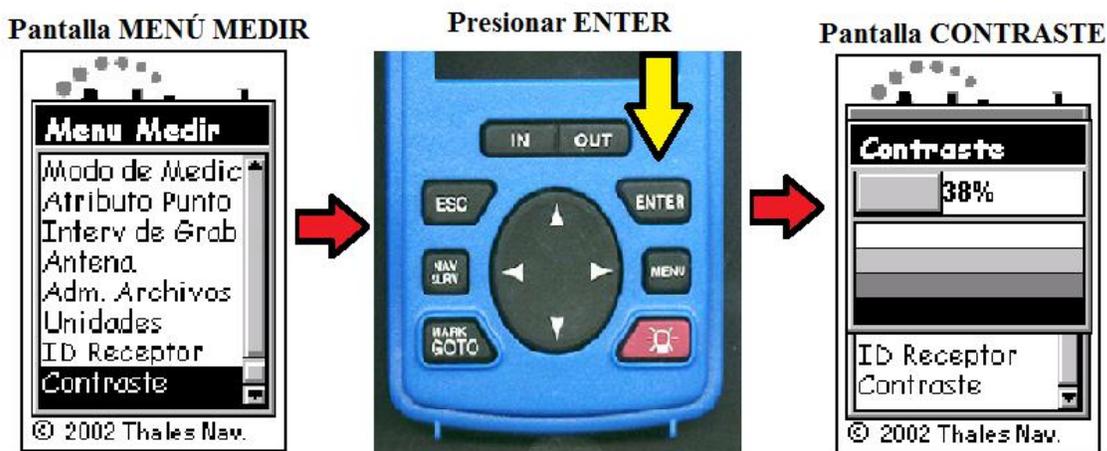
Para acceder a la pantalla ID RECEPTOR, la destacamos en MENÚ MEDIR y presionamos ENTER. Destacada la opción para configurar el ID del receptor, presionamos ENTER.



En el campo de ingreso de datos los únicos caracteres válidos son de 0-9 y de A-Z. Si se ingresa un caracter diferente será reemplazado por 0. Creado el ID del receptor, nos desplazamos a GRABAR y presionamos ENTER.



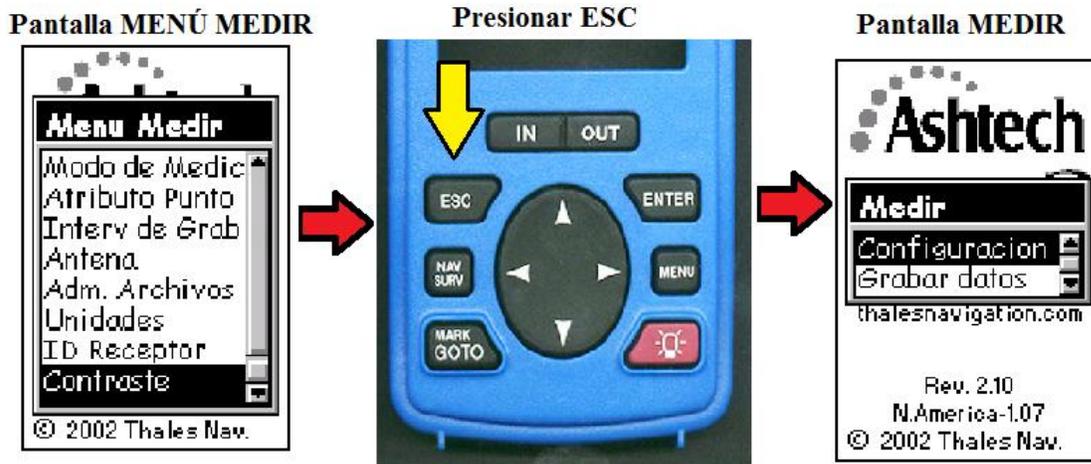
9) La opción CONTRASTE, permite ajustar el contraste de la pantalla, utilizando las flechas izquierda/derecha, del botón ovalado. Destacamos CONTRASTE en la pantalla MENÚ MEDIR y presionamos ENTER. El contraste se regula con las flechas izquierda/derecha. Para salir de la pantalla CONTRASTE se presiona ENTER.



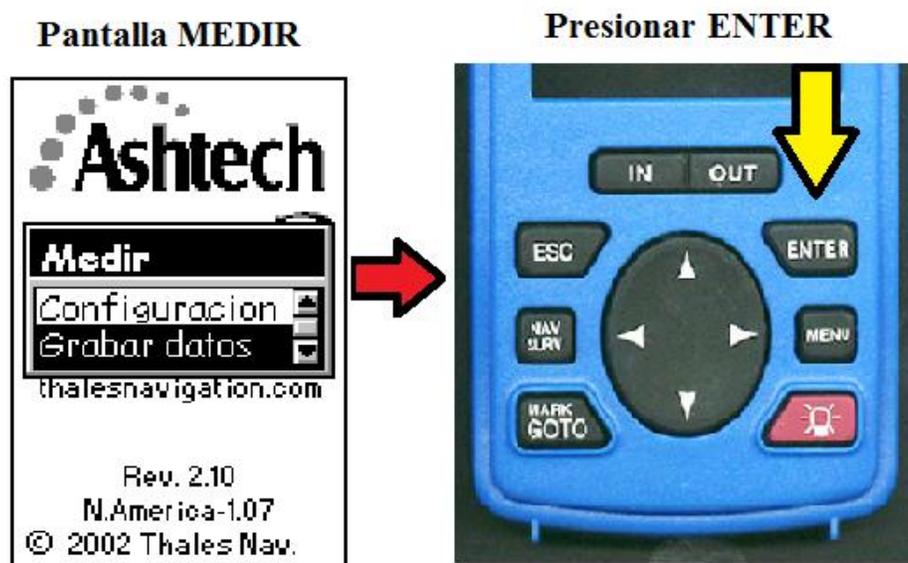
La opción ADMINISTRADOR DE ARCHIVOS (ADM. ARCHIVOS), permite examinar detalles de cada archivo de datos guardado en el receptor y borrar archivos de datos que ya no son necesarios. En nuestro caso no se utilizó, ya que la memoria de los receptores no tenía datos guardados al momento de realizar nuestras mediciones.

Ahora que hemos configurado todos los parámetros necesarios, el sistema ProMark2 está listo para iniciar la toma de datos.

Ubicados en la pantalla MENÚ MEDIR, y con la opción CONTRASTE destacada (última opción que se configuró), presionamos el botón ESCAPE para ubicarnos en la pantalla MEDIR.



En la pantalla MEDIR, nos desplazamos a la opción GRABAR DATOS y presionamos ENTER. Es a partir de este momento que el sistema Promark2 da inicio con la toma de datos.



6.4.4 PANTALLA ESTADO MEDICIÓN

Iniciada la toma de datos, el receptor nos presenta la pantalla ESTADO MEDICIÓN, la cual nos proporciona información del estado de medición del receptor y la sesión de toma de datos actual. Toda la información importante acerca de la medición se puede visualizar desde esta pantalla. De esta pantalla depende el determinar cuándo se han reunido datos suficientes para finalizar la medición, indicar la calidad de los datos reunidos, y proporcionar la información de estado operacional del receptor, tal como la duración de la batería y la memoria restante.

Pantalla ESTADO MEDICIÓN

The screenshot shows a screen titled 'Estado Medicion Estática'. It displays the following information:

- ID Sitio: CJAL
- Tiempo Obs. Transcur.: 15 KM and 01:30:25
- # Sats: 8
- PDOP: 2.1
- Battery level: 99%

SELECCIÓN	DESCRIPCIÓN
ID SITIO	Muestra la Identificación de Estación actual, asignada para esta sesión de datos. Este campo es de sólo lectura, no se puede editar.
TIEMPO OBS.	Muestra el estado actual del temporizador de observación. Los posibles valores son: 0 KM: Muestra cuando no hay datos suficientes para procesar precisamente un vector entre este receptor y otros receptores que están reuniendo datos

	<p>simultáneamente.</p> <p>5 KM: Muestra cuando hay datos suficientes reunidos para procesar precisamente un vector entre este receptor y otros receptores que están reuniendo datos simultáneamente dentro de 5 KM de este receptor.</p> <p>10 KM: Muestra cuando hay datos suficientes reunidos para procesar precisamente un vector entre este receptor y otros receptores que están reuniendo datos simultáneamente dentro de 10 KM de este receptor.</p> <p>15 KM: Muestra cuando hay datos suficientes reunidos para procesar precisamente un vector entre este receptor y otros receptores que están reuniendo datos simultáneamente dentro de 15 KM de este receptor.</p> <p>20 KM: Muestra cuando hay datos suficientes reunidos para procesar precisamente un vector entre este receptor y otros receptores que están reuniendo datos simultáneamente dentro de 5 KM de este receptor.</p>
<p>TRANSCUR.</p>	<p>Muestra la cantidad de tiempo desde que comenzó la toma de datos para la sesión actual de observación.</p>

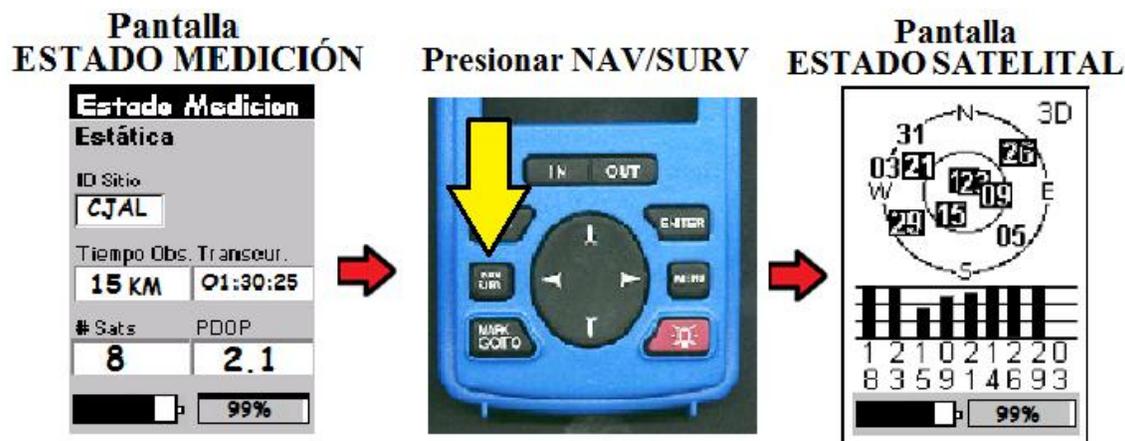
# SATS	Muestra el número actual de satélites con buena señal, sobre 10° de elevación, que se están registrando en la memoria.
PDOP	Muestra el valor PDOP en cualquier momento, calculado desde todos los satélites registrados con buena señal, sobre 10° de elevación.
Indicador de Estado de la Alimentación	El indicador de estado de la alimentación (icono de batería en el extremo inferior izquierdo de la pantalla) entrega una representación gráfica de la batería restante. Si se utiliza una fuente de alimentación externa, el indicador de estado muestra un icono similar a un cable de extensión eléctrica.
Indicador de Estado de Memoria	El indicador de estado de memoria (cuadro con signo de porcentaje en el extremo inferior derecho de la pantalla) entrega un indicador gráfico y de porcentaje de la memoria disponible para almacenar datos. El valor numérico parpadea para indicar que se están almacenando los datos en la memoria. Este parpadeo se da una vez cada intervalo de grabación.

Tabla 6.1 Descripción de los campos de la pantalla ESTADO MEDICIÓN.

Otra pantalla a la cual tenemos acceso una vez iniciada la toma de datos es la de ESTADO SATELITAL. Ella nos proporciona una muestra visual de los satélites GPS actualmente disponibles (sobre el horizonte), los satélites que están siendo enlazados por el receptor y la fuerza de la señal de los satélites enlazados. Al igual que en la pantalla ESTADO MEDICIÓN, la pantalla ESTADO SATELITAL, nos muestra información sobre las condiciones actuales de energía y memoria del receptor.

6.4.5 PANTALLA ESTADO SATELITAL

Estando en la pantalla ESTADO MEDICIÓN, presionamos el botón NAV/SURV. Iniciada la toma de datos, el botón NAV/SURV nos permite cambiar entre las pantallas ESTADO SATELITAL y la pantalla ESTADO MEDICIÓN en cualquier momento.



PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Plano del Cielo	Muestra la posición de los satélites disponibles para su enlace. El anillo externo representa el horizonte. El anillo central representa 60 grados de elevación. El centro del plano está directamente sobre el receptor. Cuando se enlaza un satélite, su número cambia de un cuadro blanco a cuadro negro.

Gráfico de Fuerza de la Señal	Muestra la fuerza relativa de los satélites que se está rastreando.
Indicador de Estado de Energía	El indicador de estado de energía (ícono de batería en el extremo izquierdo de la pantalla) proporciona una representación gráfica de la batería restante. Si se utiliza una fuente de alimentación externa, el indicador de estado muestra un ícono semejante a un enchufe de extensión eléctrica.
Indicador de Estado de Memoria	El indicador de estado de memoria (cuadro con un signo de porcentaje, en el extremo inferior derecho de la pantalla) proporciona un indicador gráfico y numérico del porcentaje de memoria disponible para almacenar datos. El valor numérico parpadea una vez cada 10 segundos cuando los datos se están almacenando en la memoria.

Tabla 6.2 Descripción de los parámetros de la pantalla ESTADO SATELITAL.

6.4.6 PANTALLAS DE ALARMA

Las pantallas de alarma aparecen cuando existen condiciones que pueden afectar la continuidad de las observaciones, disminuir la eficiencia del sistema e incluso paralizar totalmente la medición.

Las pantallas de alarma aparecerán cuando se presente cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) Sin antena externa.
- b) Batería sin carga.
- c) Poder muy bajo.
- d) Poca memoria datos.

6.4.6.1 SIN ANTENA EXTERNA.

El receptor ProMark2 no permite tomar datos sin la antena externa. La alarma de ausencia de antena externa aparece si una de estas dos condiciones ocurre:

1. Se intenta comenzar a tomar datos para la medición (seleccionando GRABAR DATOS desde la pantalla MEDIR) sin haber conectado el cable entre el receptor y la antena externa. Para rectificar, se debe presionar ENTER para quitar la alarma y conectar la antena externa.
2. Si durante la toma de datos de la medición se desconecta la antena externa. El almacenamiento de datos se detiene cuando se desconecta la antena externa. Para rectificar, se debe reconectar la antena externa y presionar ENTER.

Pantalla de alarma SIN ANTENA EXTERNA



6.4.6.2 BATERÍA SIN CARGA.

Aparece cuando la batería restante es baja. La duración de la batería, depende de factores como el tipo de batería utilizada (alcalina o de litio) y de la temperatura en la cual se está operando el equipo. Se cierra la pantalla de alarma BATERÍA SIN CARGA presionando

ENTER; al hacerlo la alarma no aparecerá otra vez, a menos que se apague y encienda nuevamente el receptor.

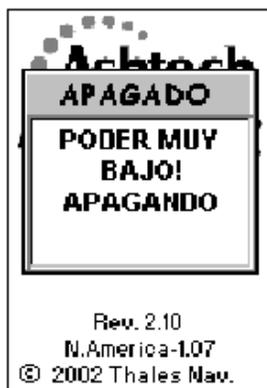
Pantalla de alarma BATERÍA SIN CARGA



6.4.6.4 PODER MUY BAJO

Aparece cuando el receptor ya no puede garantizar una operación continua e ininterrumpida. Cuando aparece esta alarma, el receptor cerrará el archivo de datos activos de la medición y se apagará después de 10 segundos.

Pantalla de alarma PODER MUY BAJO



6.4.6.5 POCA MEMORIA DATOS

Aparece cuando la memoria restante para almacenar los datos de la medición, es del 5% o superior. Se cierra la pantalla de alarma POCA MEMORIA DATOS presionando ENTER;

al hacerlo la alarma no aparecerá otra vez, a menos que se apague y encienda nuevamente el receptor.

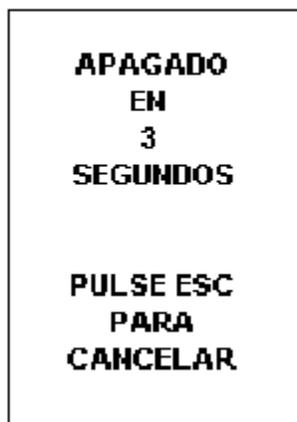
Pantalla de alarma POCA MEMORIA DATOS



6.4.6.6 PANTALLA DE APAGADO

Aparece cuando se presiona el botón rojo de encendido/apagado momentáneamente durante la operación. Cuando esta pantalla aparece, el receptor se apagará dentro de 5 segundos. Se puede evitar que el receptor se apague presionando el botón ESC.

Pantalla de APAGADO



6.5 TRABAJO DE OFICINA.

DESCARGA DE DATOS.

El cálculo comienza con la revisión de los nombres de los puntos, alturas y tipos de antena y selección de equipos usados, esta información se encuentra en el formato de medición GPS utilizado en campo (Ver Anexo D) Luego se sigue con el procesamiento de líneas base y vectores entre puntos observados; este proceso se realiza a través de resolución de ambigüedades que hay entre la posición de un punto y el satélite.

Para el cálculo se fijan las coordenadas del vértice de referencia utilizado (CJAL para el establecimiento de la red geodésica UES-FMO y UES-FMO3 para la poligonal interna), tomándolas como base se distribuyen las coordenadas a todos los puntos de interés. En caso de que se requieran, se realizarán correcciones pertinentes en cuanto a elevaciones de máscara, tiempos de observación y homogeneidad en la recepción de la señal.

Finalizado el procesamiento, se realiza un ajuste libre, fijamos coordenadas de referencia conocidas (amarre-orientación), posteriormente realizamos un ajuste fijo, analizando el Test estadístico que describe la desviación standard horizontal y vertical, obteniendo las coordenadas en el Sistema Geodésico Mundial (WGS-84), de cada uno de los puntos, así como un reporte, en el que se nos muestra toda la información de las líneas bases, de forma que podamos analizar la calidad de cada una de ellas.

6.5.1 DESCARGA DE DATOS DEL GPS

Una vez habiendo realizado todos los procedimientos de captura de datos en campo, los cuales se describen el capítulo V de ese documento, se procede a la descarga de datos crudos del GPS a nuestro ordenador.

Para la realización de este proceso es necesario contar con los siguientes instrumentos:

- Equipo GPS
- Base y cable de descarga de datos.
- Software de descarga: GNSS Solutions

Procedimiento de Descarga de datos crudos.

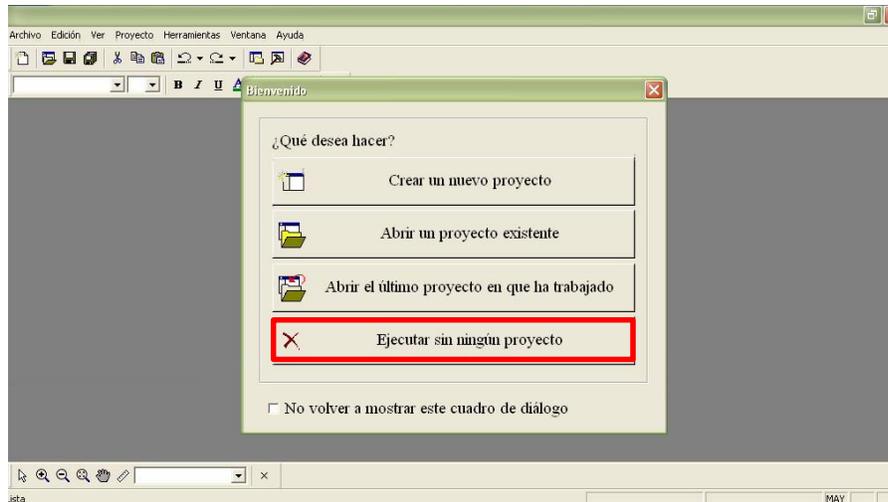
1. El primer paso a realizar colocar el GPS Ashtech Promark 2 en la base y conectar el cable de descarga al ordenador.



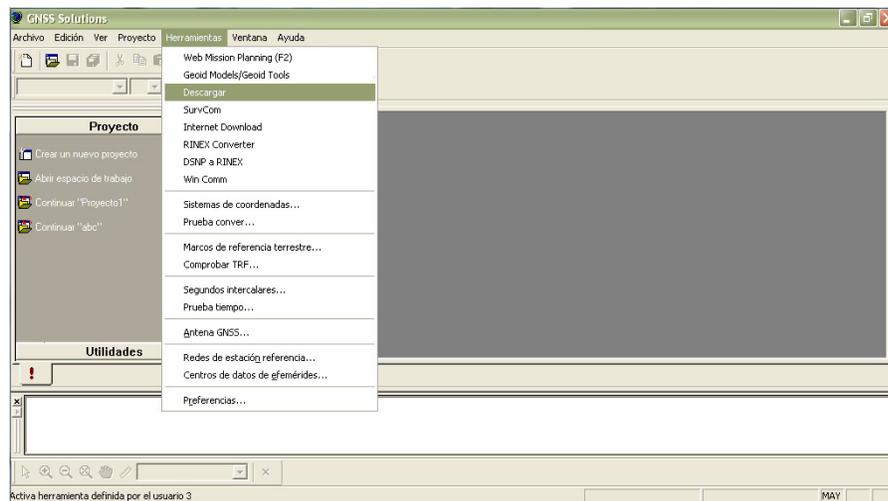
2. Nos dirigimos a nuestro ordenador para iniciar el software GNSS Solutions



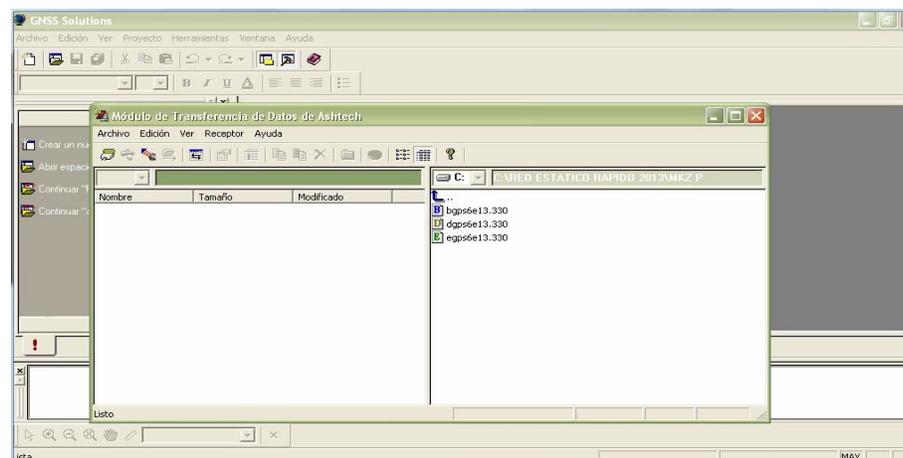
3. Al inicial el software GNSS Solutions desplegara la ventana que solicitara al usuario si la descarga de datos pertenece o no a un proyecto.
En este caso, como el procedimiento de ajuste se realizó con el software Trimble Total Control, seleccionaremos “Ejecutar sin ningún proyecto” como se muestra.



4. Posteriormente en la barra de herramientas de GNSS Solutions seleccionaremos **Herramientas → Descargar**

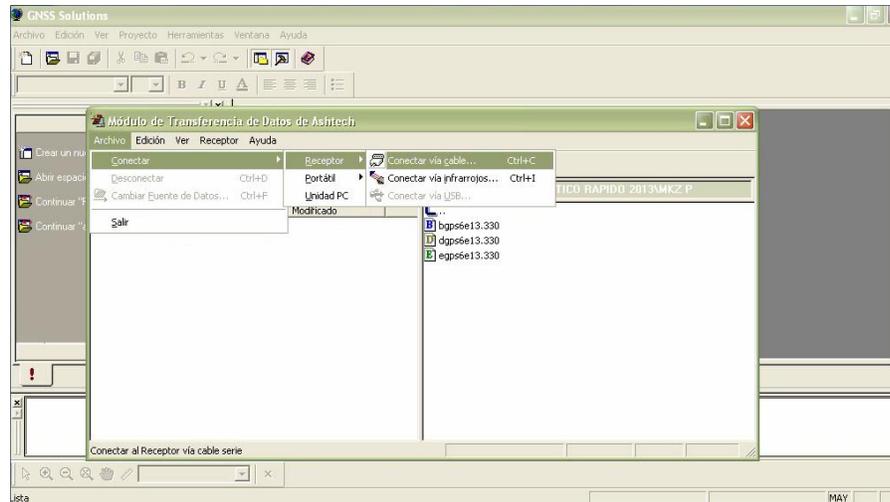


Este comando desplegará la ventana “Modulo de Trasferencia de datos Ashtech”



5. En la barra de herramientas de la ventana “Modulo de Trasferencia de datos Ashtech” seleccionaremos

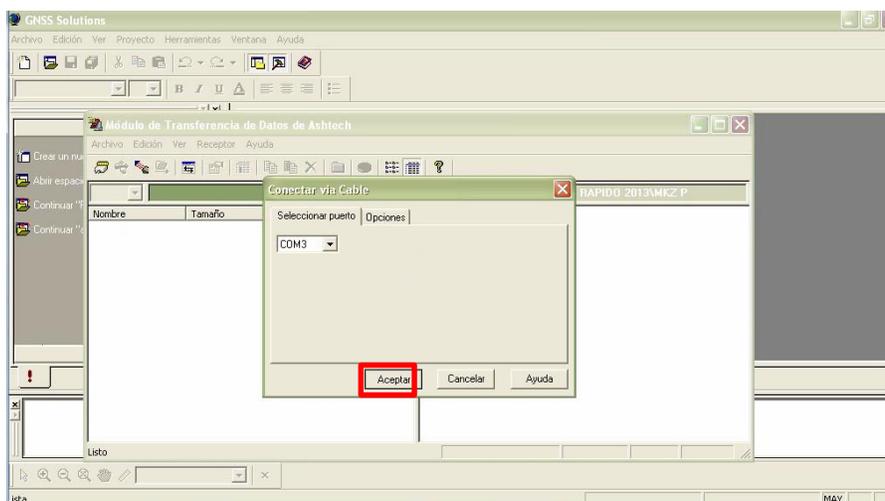
Archivo → Conectar → Receptor → Conectar via cable...



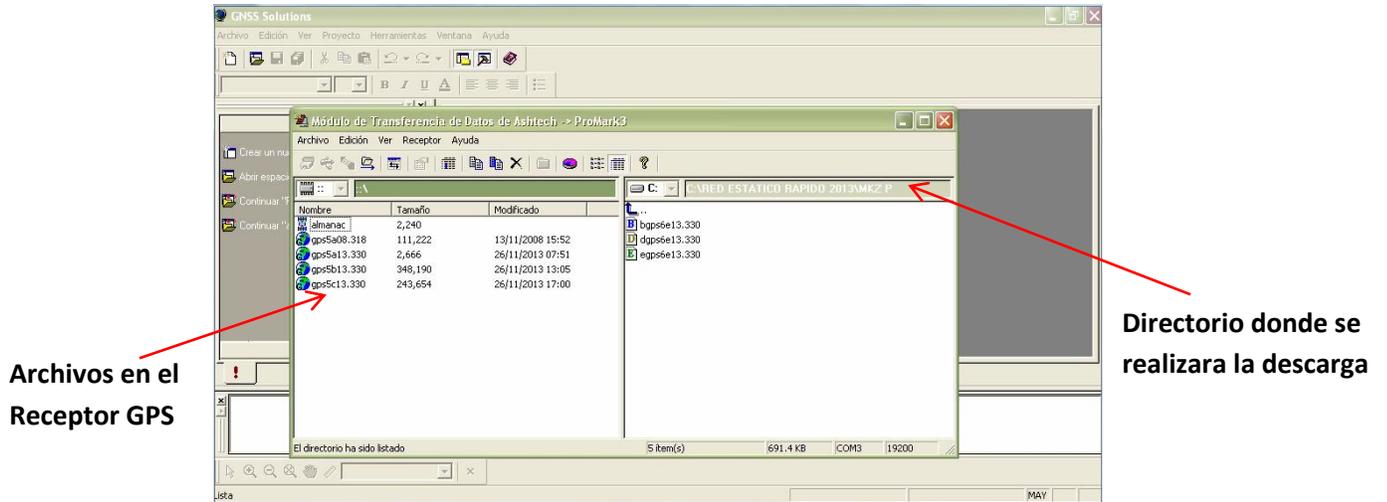
Se desplegara la ventana “conectar via cable”

En esta ventana seleccionamos la pestaña “Seleccionar puerto”; es importante mencionar que la selección del puerto al que está conectado nuestro receptor GPS dependerá de la configuración de nuestro ordenador, en este caso la el receptor está conectado al puerto COM3.

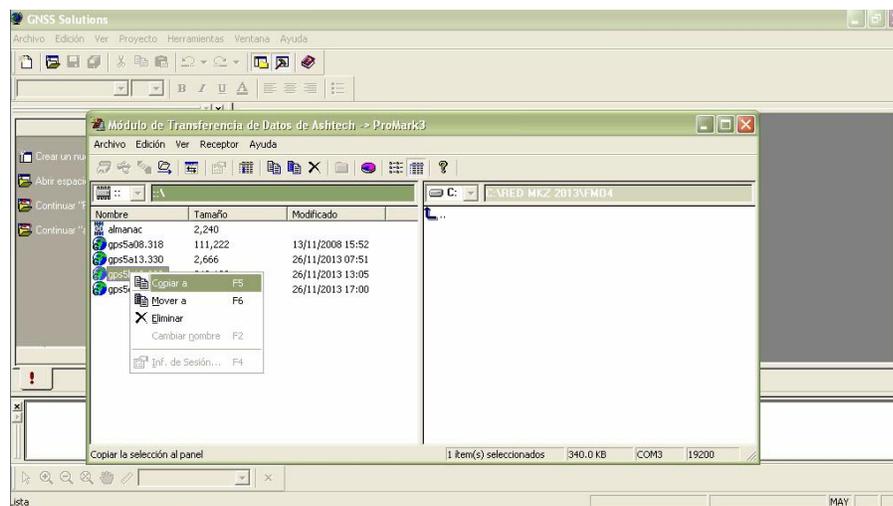
Seleccionamos “Aceptar”



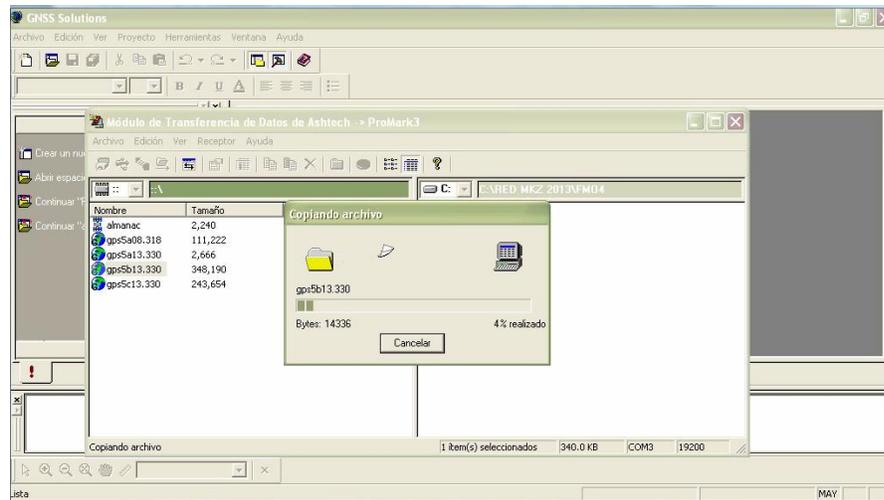
6. El software ingresara a la memoria interna del receptor y mostrara en la ventana izquierda los archivos que se encuentran en el receptor y en la ventana derecha el directorio donde se almacenara el archivo a descargar.



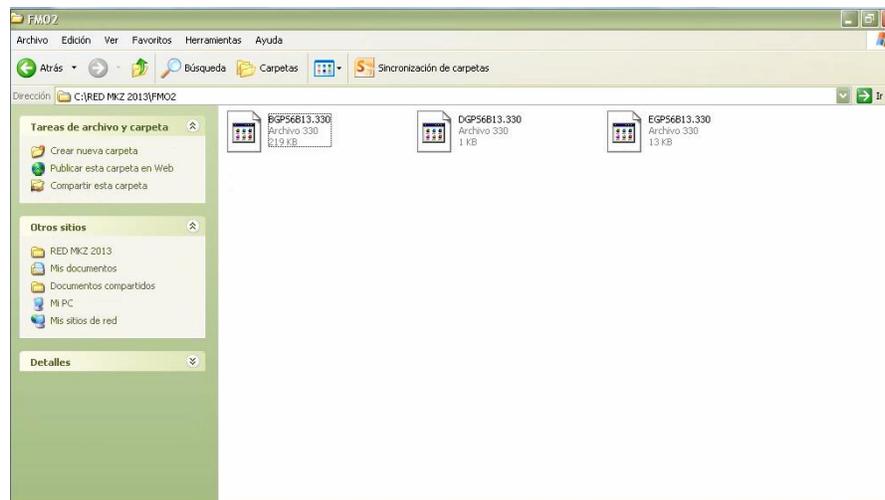
7. Seleccionamos el Archivo que deseamos descargar, aplicamos “Clic Derecho” y seleccionamos “Copiar a”



Seguidamente se comenzara la descarga de datos de nuestro receptor GPS al ordenador.



8. Nos dirigimos en el ordenador al directorio que seleccionamos previamente en la descara para corroborar que la descara se realizó con éxito.



6.5.2 PROCEDIMIENTO.

6.5.2.1 PASOS PARA EL PROCESAMIENTO Y AJUSTE DE DATOS EN EL SOFTWARE TRIMBLE TOTAL CONTROL v2.73.

El software Trimble Total Control es un paquete de procesamiento topográfico para datos GPS y datos de Estación Total potente y fácil de utilizar. Provee un enlace completo entre el trabajo de campo y el software de diseño. El software incluye un extenso grupo de funciones que ayudan a verificar el trabajo de campo de forma rápida así como a realizar tareas de índole geodésico y exportar datos a diferentes formatos para trabajos topográficos.

Antes de comenzar a usar el programa, presentaremos una breve descripción de las partes que integran la ventana de inicio del TRIMBLE TOTAL CONTROL.

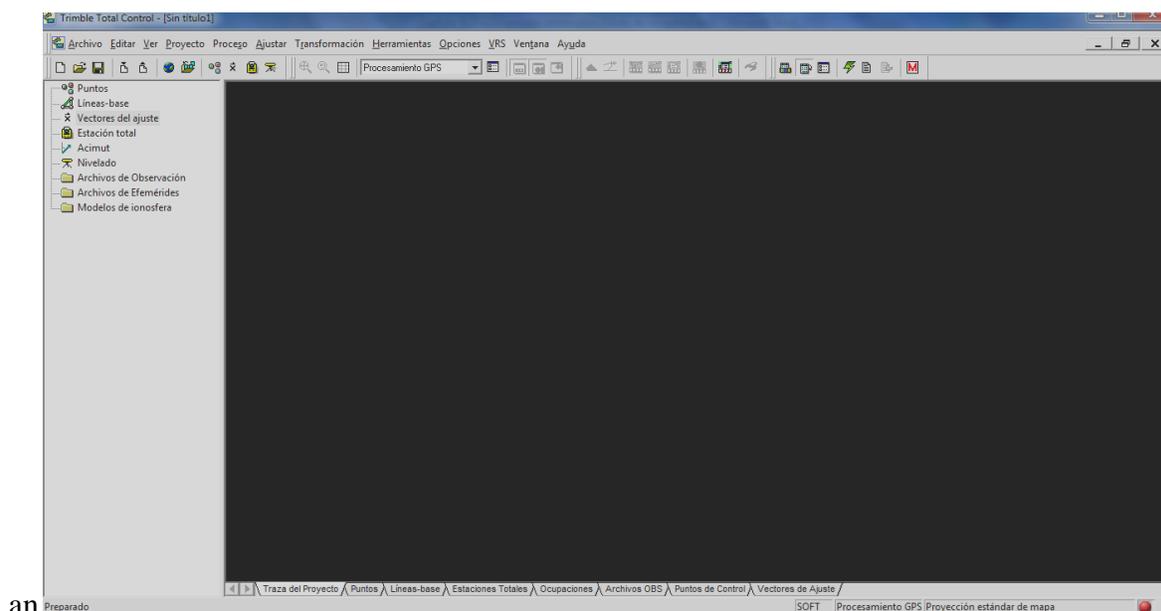


Figura 6.26 Ventana de inicio lista para trabajar.

La ventana de inicio del TRIMBLE TOTAL CONTROL cuenta con las siguientes partes principales.

6.5.2.1.1 BARRA DE TÍTULO.

Se encuentra en la parte superior de la ventana de inicio, en ella aparece el nombre que se le asigna al proyecto.



Figura 6.27 Barra de Título.

6.5.2.1.2 BARRA DE MENÚ.

Proporciona acceso a los menús desplegables de cada una de las opciones administrativas y de edición del proyecto. Entre estas opciones tenemos: ARCHIVO, EDITAR, VER, PROYECTO etcétera.

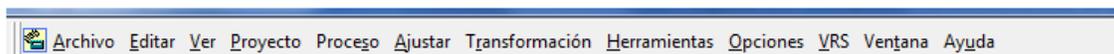


Figura 6.28 Barra de Menú

6.5.2.1.3 BARRA DE HERRAMIENTAS

En ella aparecen los íconos de las herramientas que se utilizarán para el procesamiento de los datos de las observaciones GPS. Las opciones de esta barra se pueden personalizar de acuerdo al tipo de datos o naturaleza de las redes a procesar.



Figura 6.29 Barra de Herramientas

6.5.2.1.4 BARRA DE ESTADO.

Aparece en forma de columna al costado izquierdo de la ventana de inicio del TRIMBLE TOTAL CONTROL, en ella encontramos en forma de un menú de árbol, toda la información pertinente de los puntos y líneas base a procesar. También presenta información de vectores de ajuste, información referente a datos de Estación Total, nivelado, efemérides etc.

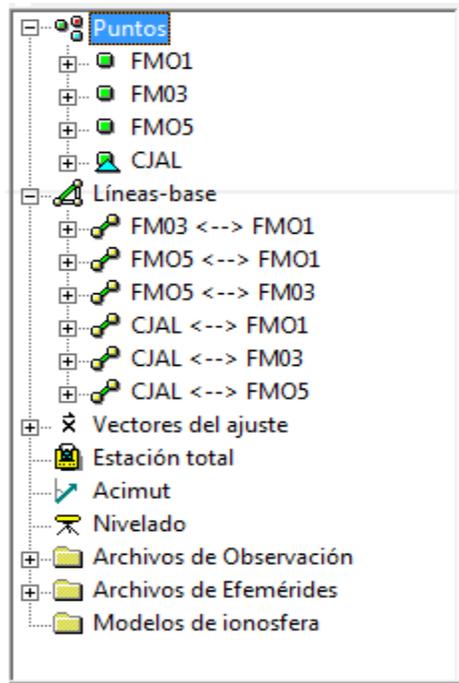


Figura 6.30 Barra de Estado

6.5.2.1.5 ÁREA DE DIBUJO.

Es el espacio donde se muestran gráficamente la ubicación de los puntos, vectores y resultados estadísticos del procesamiento.

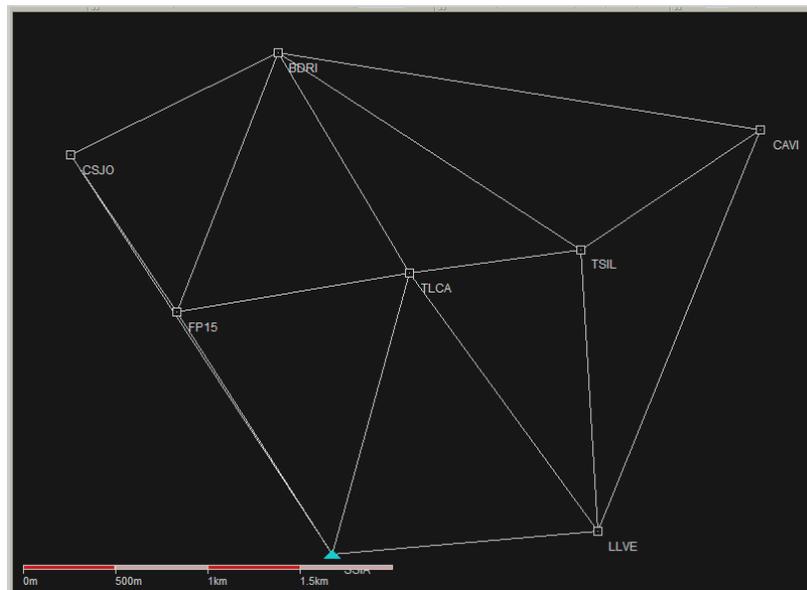


Figura 6.31 Área de Dibujo.

6.5.2.1.6 MENÚ DE PANTALLA.

Aparece en la parte inferior del área de dibujo, consta de una barra con distintas viñetas, las cuales nos presentan información detallada de los datos con los que se está trabajando en el área de dibujo.

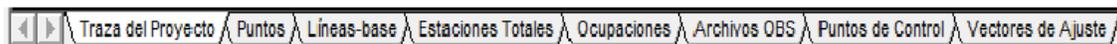


Figura 6.32 Menú de Pantalla.

6.5.2.1.7 BARRA DE COMANDOS.

Ubicada en la parte inferior de la ventana de inicio, esta barra permite la interacción entre el usuario y el programa, ya que es ella donde el usuario ingresa las instrucciones y donde el software notifica la información sobre los procedimientos realizados.

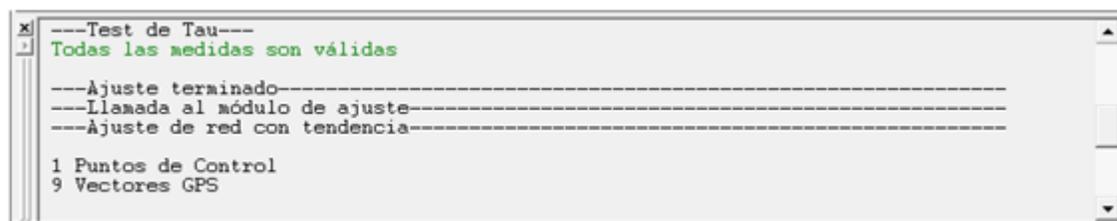
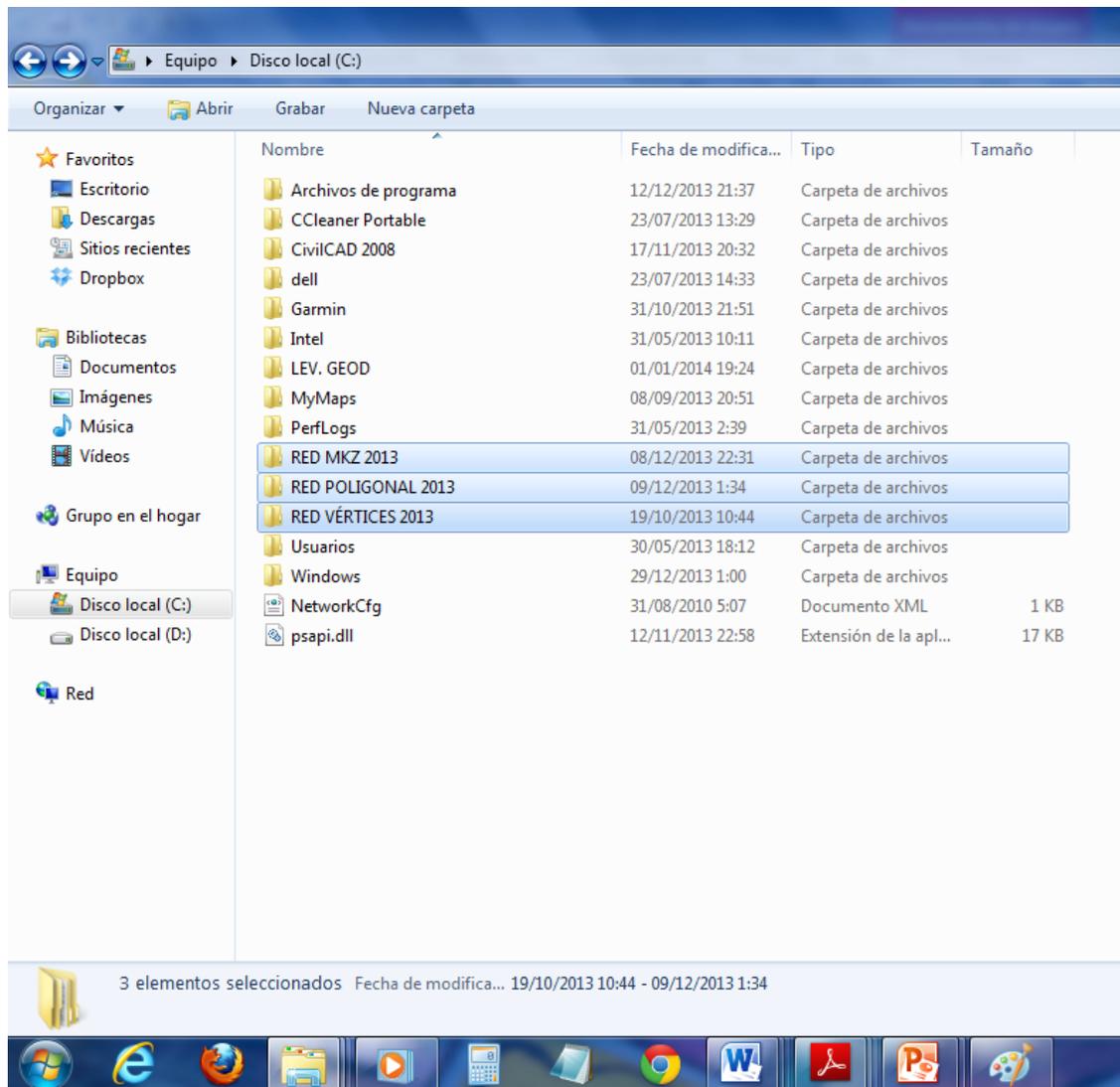


Figura 6.33 Barra de Comandos.

6.6 Procesamiento de Datos Crudos.

Ahora que nos hemos familiarizado con el software, se describió paso a paso, la metodología utilizada para el procesamiento y ajuste de los datos crudos obtenidos de las observaciones GPS. A partir de estos datos, se estableció la red UES-FMO 2013 y posteriormente, el perímetro interno cuyos resultados se compararán con los del levantamiento con Estación Total.

1. En el Disco Local C, tenemos guardados los datos crudos de las observaciones realizadas, estos se encuentran en carpetas diferentes e identificadas con el nombre de la red a la cual pertenecen.



2. Dentro de la información de cada RED, es decir, dentro de cada carpeta, se crean dos subdirectorios, identificados el primero como PROCESAMIENTO y el segundo como AJUSTE.

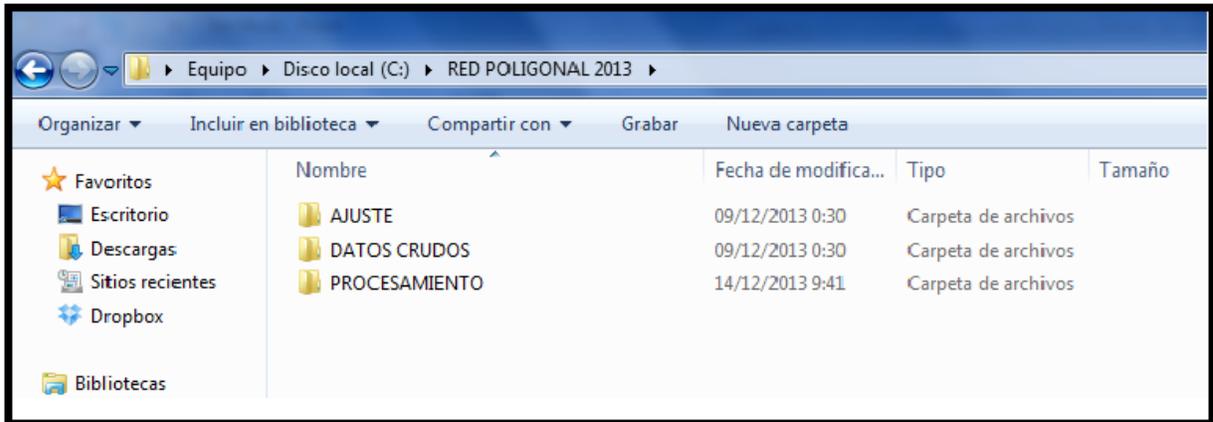
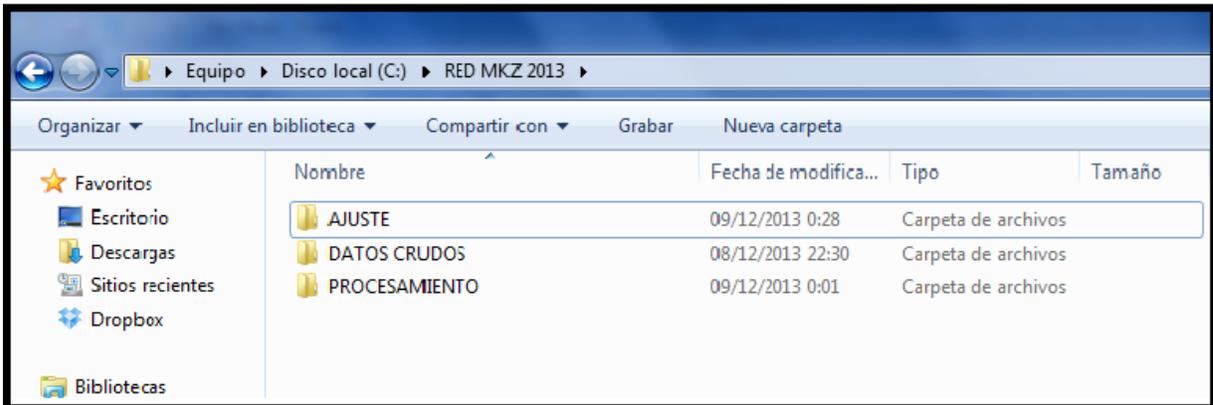


Figura 6.34 Creación de los subdirectorio PROCESAMIENTO y AJUSTE.

3. Abrimos el programa TRIMBLE TOTAL CONTROL v2.73. Entonces aparecerá la siguiente ventana.

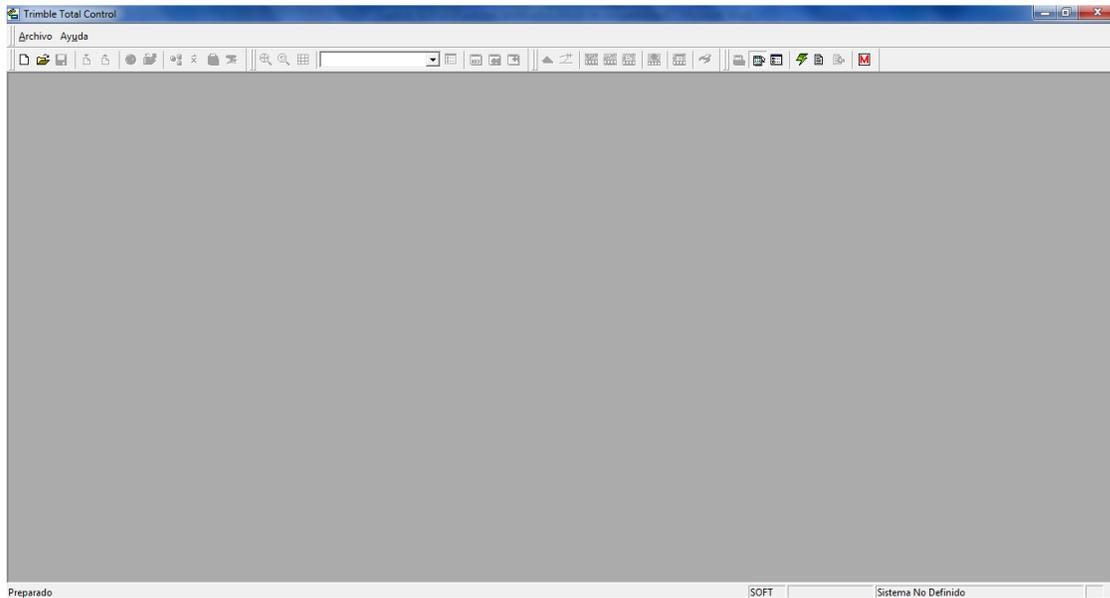


Figura 6.35 Ventana del TRIMBLE TOTAL CONTROL.

4. En la barra de menú, seleccionamos la opción ARCHIVO ubicada en la parte superior izquierda de la pantalla.



Figura 6.36 Barra de Menú.

El cuadro de diálogo que aparece nos proporciona dos formas de dar inicio al trabajo, la opción NUEVO, que se utiliza cuando se va a crear un nuevo proyecto, es decir, que se dará inicio al procesamiento de una nueva red y la opción ABRIR, con la que podemos continuar o modificar el procesamiento de un proyecto trabajado con anterioridad. En este cuadro seleccionamos NUEVO.

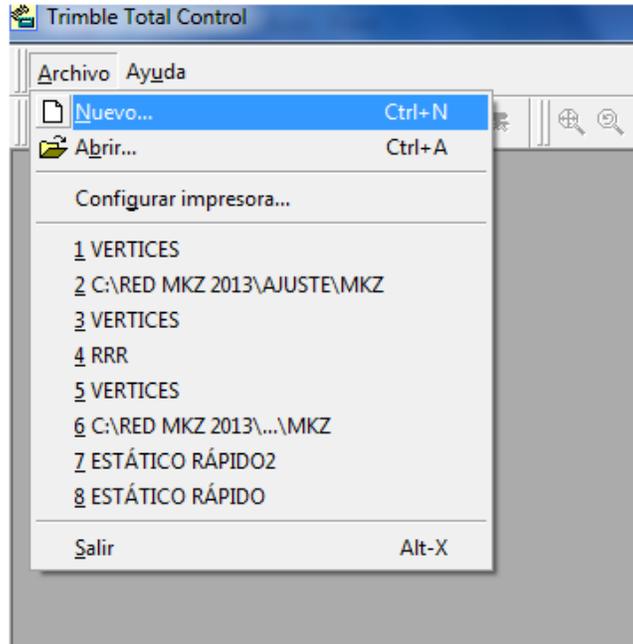


Figura 6.37 Cuadro de diálogo para iniciar el proyecto.

5. A continuación aparecerá una ventana en la cual seleccionaremos la plantilla del nuevo proyecto. Destacamos la opción POR DEFECTO y seleccionamos ACEPTAR.

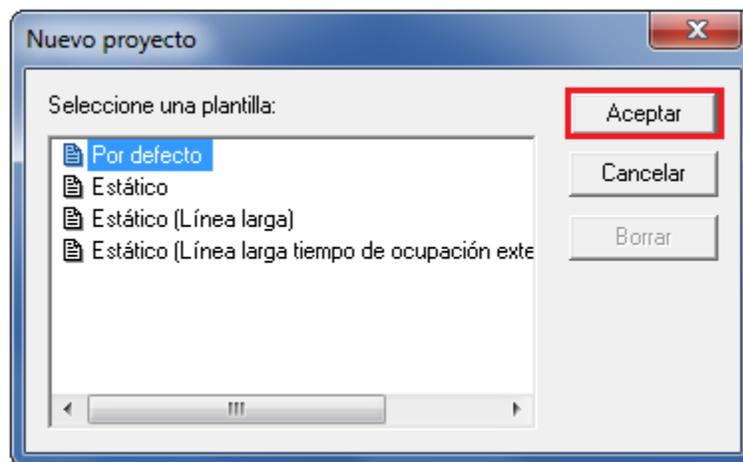


Figura 6.38 Ventana de selección de plantilla de trabajo.

6. Aparecerá entonces la ventana inicial del programa, a excepción de la primera, en esta aparecen activas las barras de menú y de herramientas.

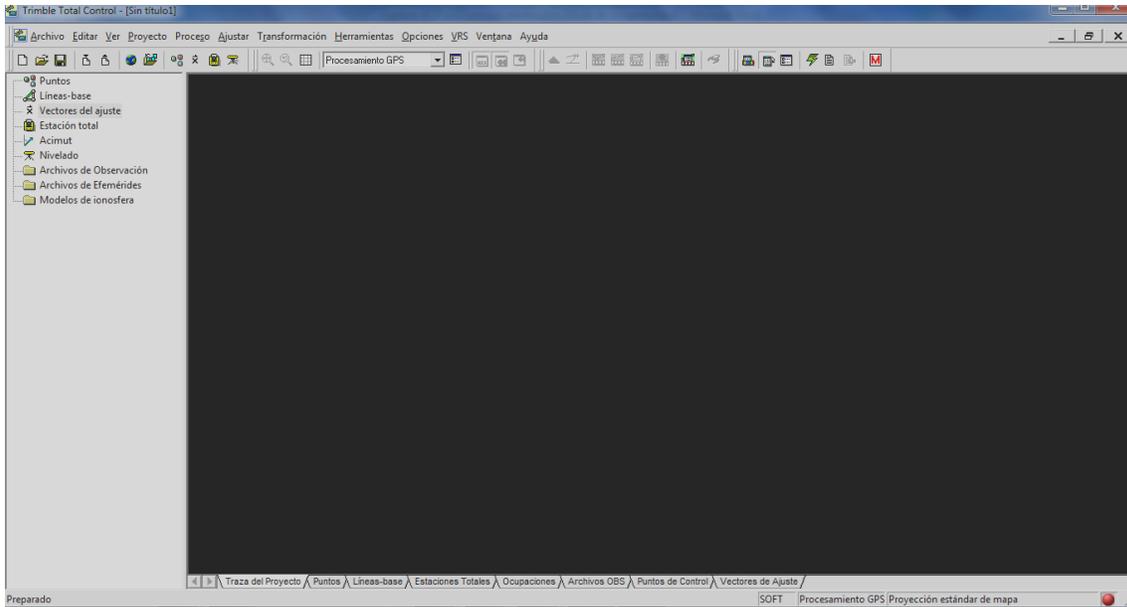
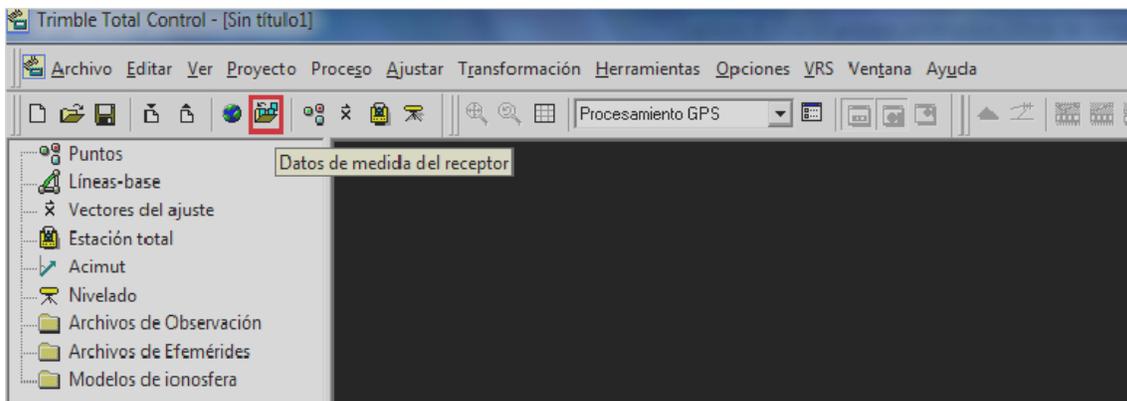


Figura 6.39 Ventana de inicio lista para trabajar.

7. Como siguiente paso, y para dar inicio al procesamiento, se deberán insertar los archivos de datos crudos en el proyecto. Para ello seleccionamos de la barra de menú la opción DATOS DE MEDIDA DEL RECEPTOR.



Aparecerá entonces la ventana INSERTAR ARCHIVOS EN EL PROYECTO, esta ventana nos permite desplazarnos hasta la dirección en la cual hemos guardado los datos que se van a procesar. Para ello verificamos que en la barra de búsqueda se encuentre habilitado el Disco Local C, luego buscamos la carpeta que contiene la red a procesar, en este caso procesaremos la RED VÉRTICES 2013.

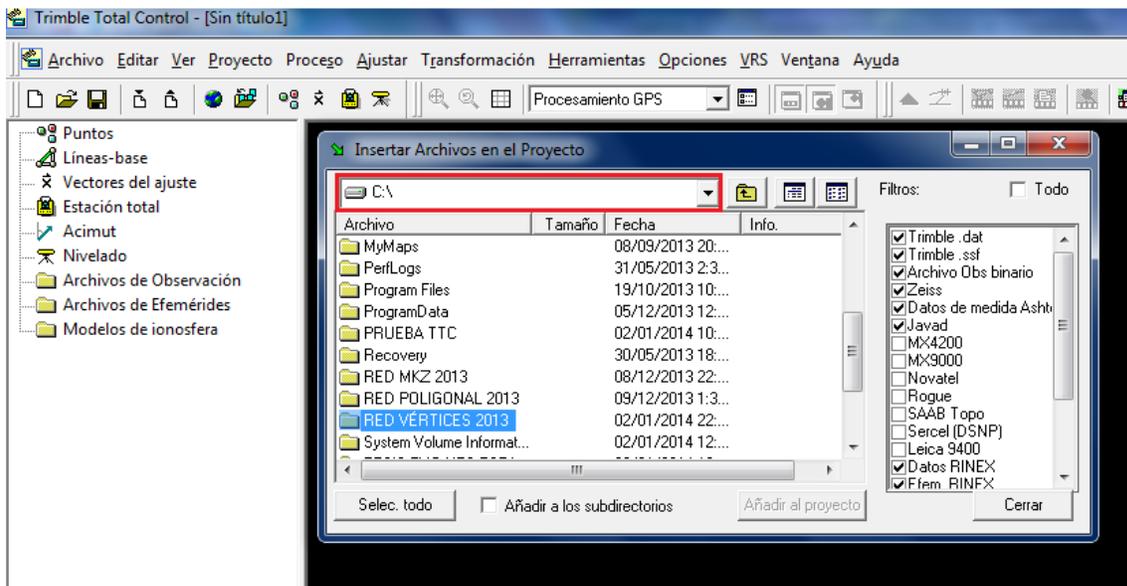


Figura 6.40 Ventana Insertar Archivos en el Proyecto

Con la carpeta de la red a procesar destacada, damos doble clic y en la barra de direcciones aparecerá RED VÉRTICES 2013, se mostrarán las carpetas DATOS CRUDOS, PROCESAMIENTO Y AJUSTE.

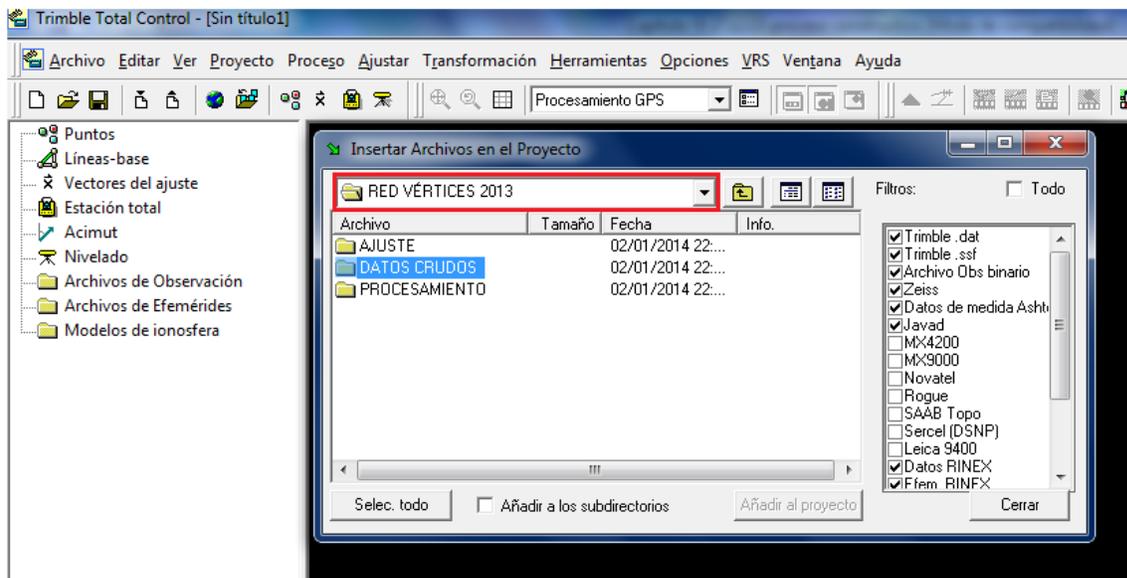


Figura 6.41 Selección de la carpeta Datos Crudos

Con la carpeta DATOS CRUDOS destacada, damos doble clic y en la barra de direcciones aparecerá DATOS CRUDOS, también se mostrarán las carpetas que contienen los datos crudos de cada vértice que conforma la red geodésica y del vértice de referencia. Luego

damos clic en seleccionar todo (SELEC. TODO), habilitamos la opción AÑADIR A LOS SUBDIRECTORIOS y por último damos clic en AÑADIR AL PROYECTO.

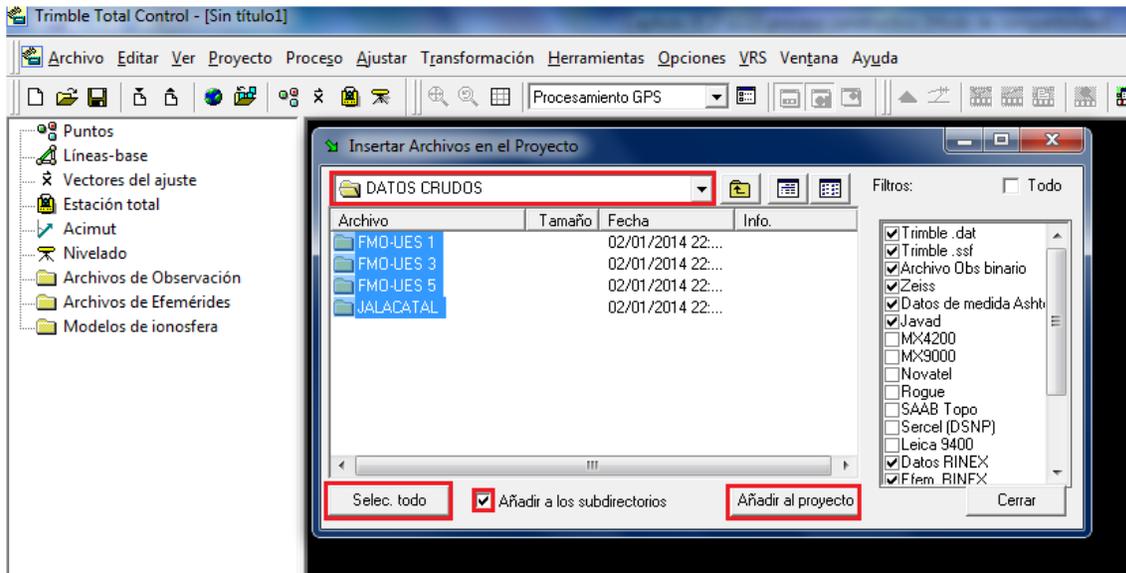


Figura 6.42 Selección de los datos para añadir al proyecto.

En la ventana DESCODIFICADOR, automáticamente aparecerán habilitadas las opciones BORRAR ARCHIVOS OBS Y CONTINUAR y MANTENER ESTA SELECCIÓN PARA TODOS LOS ARCHIVOS, así que únicamente seleccionamos ACEPTAR.

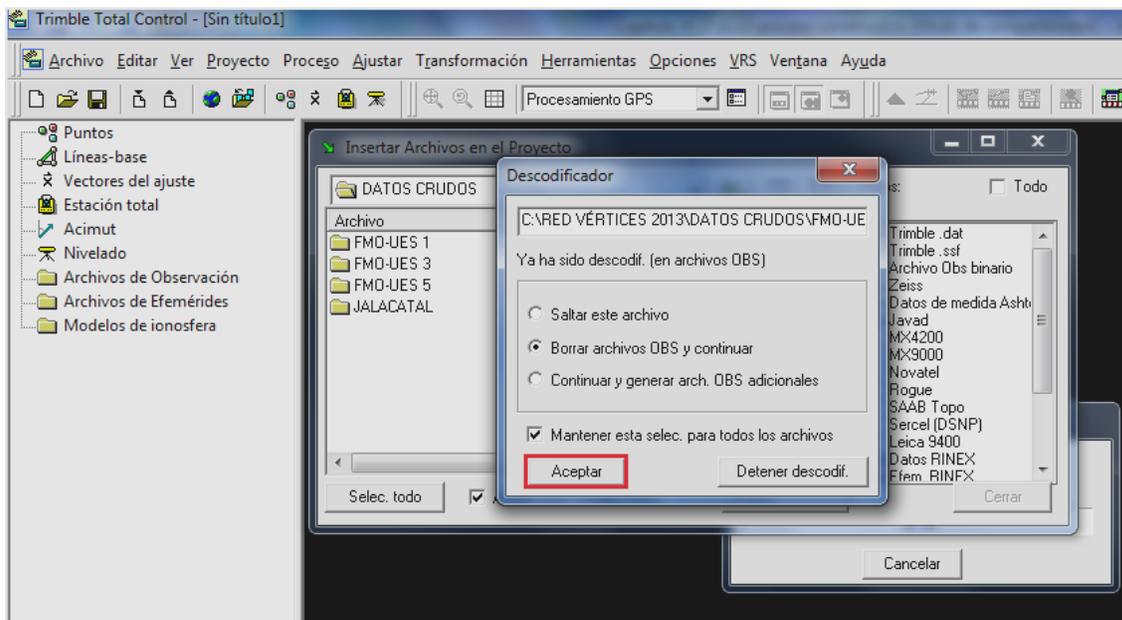


Figura 6.43 Ventana Descodificador

Aparecerá la ventana IMPORTACIÓN DE DATOS DE MEDIDA DEL RECEPTOR, mediante la cual el software nos confirma que se ha llevado a cabo la importación de los datos. También en esta ventana se nos proporciona información acerca del tipo de receptor, antenas y puntos. En la barra de comandos, el software notifica que se han generado y decodificado los datos en el proyecto. Para continuar, seleccionamos ACEPTAR.

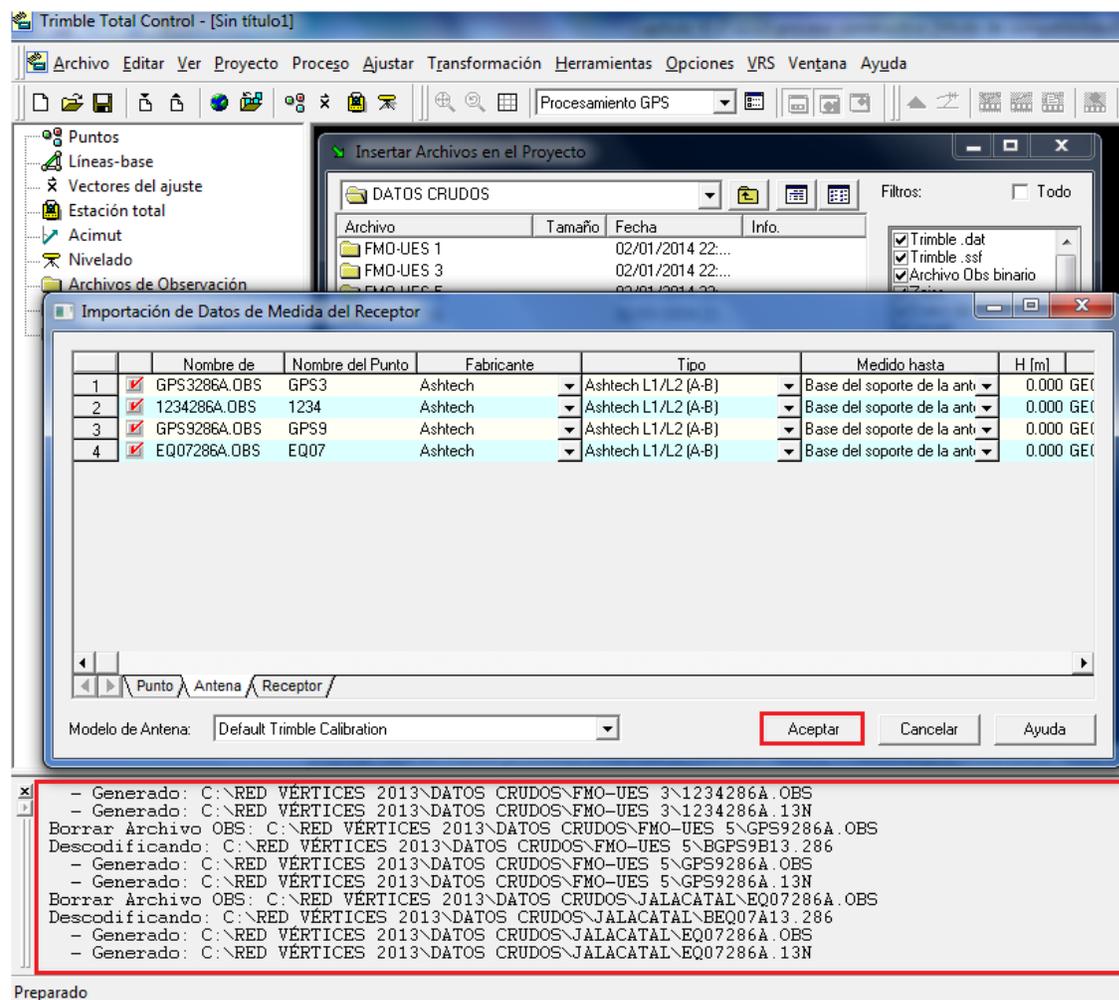


Figura 6.44 Ventana Importación de Datos de Medida del Receptor

Nuevamente aparecerá la ventana INSERTAR ARCHIVOS EN EL PROYECTO, y en la barra de direcciones aparecerá DATOS CRUDOS 2013. En la barra de comandos se nos informa los datos se han importado correctamente. Seleccionamos CERRAR.

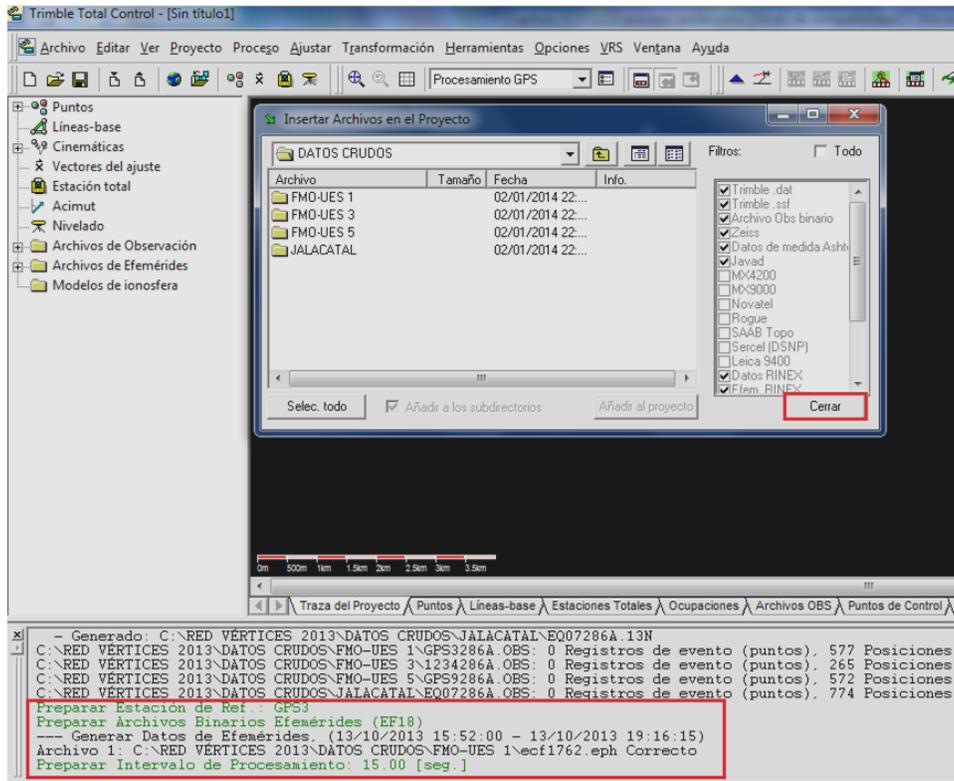


Figura 6.45 Cierre del proceso de importación de datos

Finalmente, en el área de trabajo podemos observar los puntos correspondientes a cada vértice de la red geodésica y el vértice de referencia.

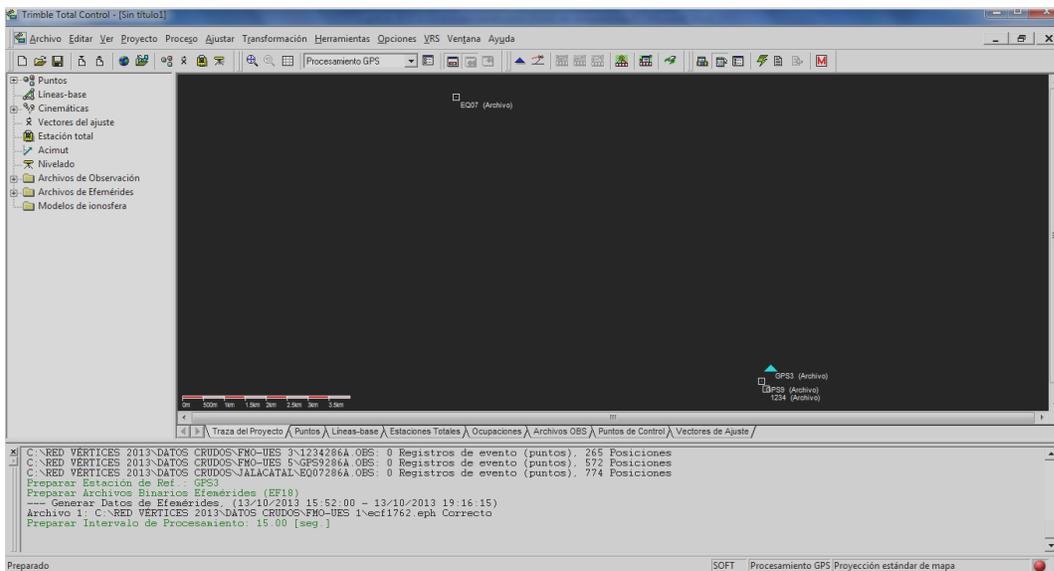


Figura 6.46 Ventana principal con los puntos del proyecto

8. Como siguiente paso, eliminaremos de los archivos de cada punto, la TRAYECTORIA. Se elimina ya que la técnica de medición utilizada fue estática, durante las observaciones ningún receptor sufrió desplazamientos, por lo tanto no hay ninguna trayectoria.

Para tener acceso a la información de los puntos, destacamos la opción PUNTO de la barra de estado y damos clic en el signo + que aparece a la izquierda, entonces se desplegará en forma de menú de árbol cada punto.

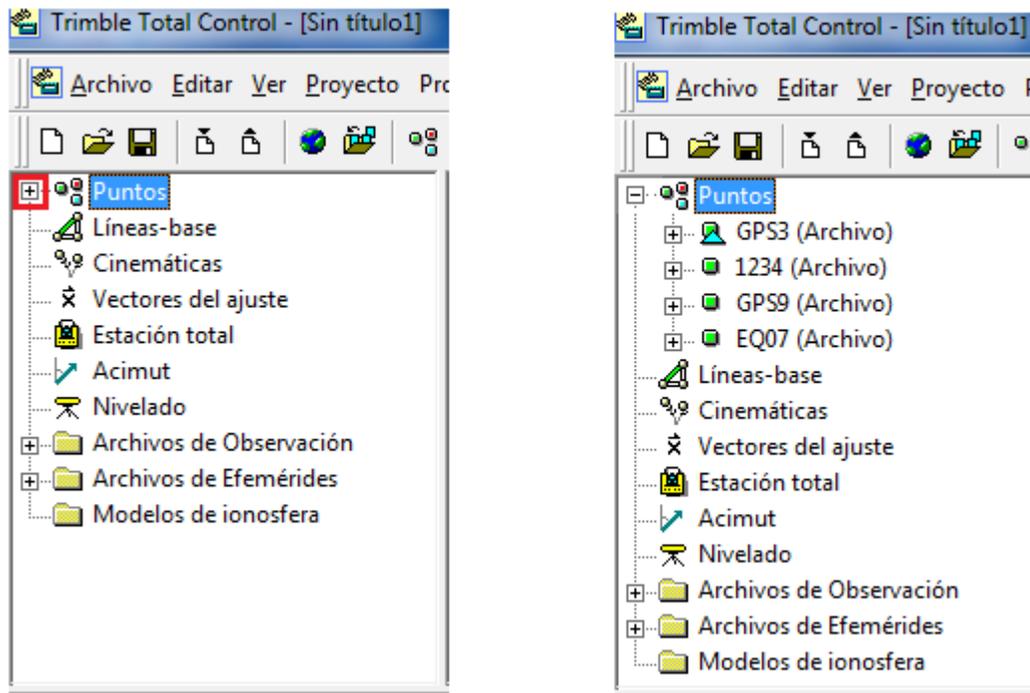


Figura 6.47 Opción Puntos en la barra de estado

Destacaremos el punto al cual le eliminaremos de su archivo de observación la trayectoria y daremos clic en el signo + que este a su izquierda, entonces se desplegará un archivo OBS, destacamos el archivo OBS y damos clic en el signo + que aparece a la izquierda del mismo.

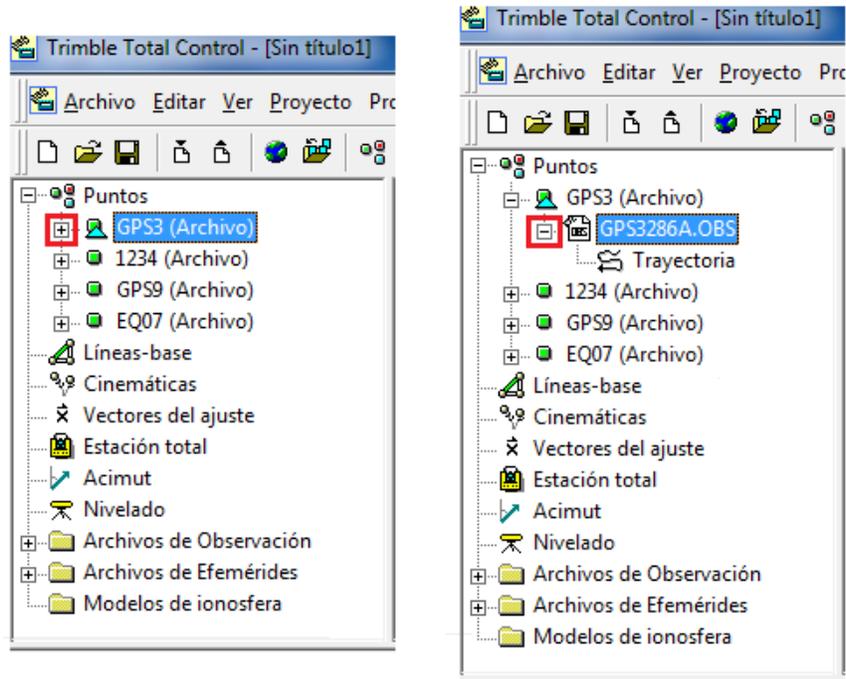


Figura 6.48 Selección del archivo OBS

Ahora que tenemos acceso a la TRAYECTORIA del punto seleccionado, la destacamos y presionamos la tecla DELETE; aparecerá una pantalla de AVISO donde se nos pregunta si realmente deseamos borrar el objeto seleccionado. Damos clic en ACEPTAR.

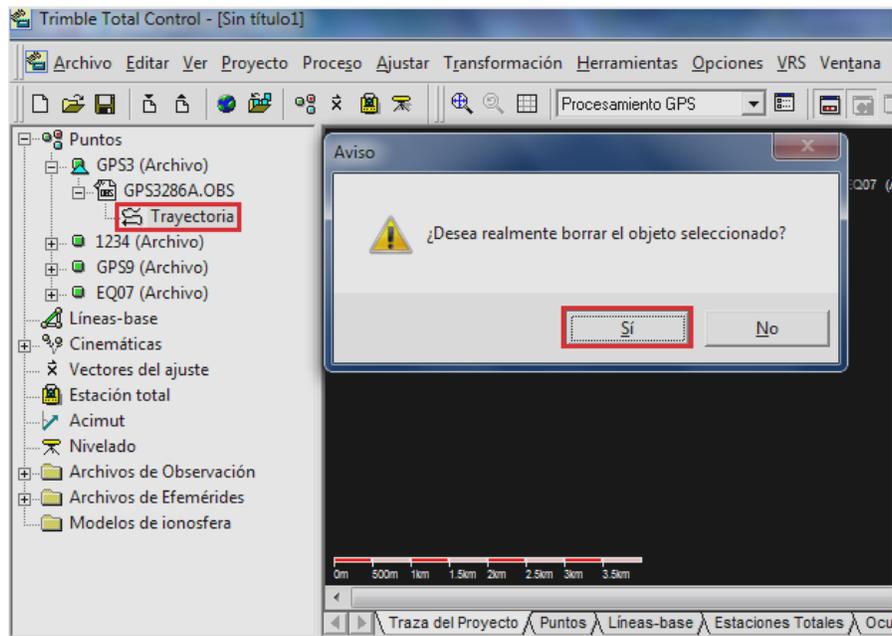


Figura 6.49 Eliminación de la Trayectoria

Se realizó el mismo procedimiento con los demás puntos.

9. Como se puede observar, ninguno de los puntos parece haber guardado las configuraciones de atributo de punto, antena, etcétera; esto se debe a que las observaciones se realizaron con un equipo marca ASHTECH, por lo tanto, sólo al procesar los datos con un software de la misma marca, podremos visualizar de manera automática las configuraciones guardadas en los receptores el día de las observaciones. El software TRIMBLE TOTAL CONTROL, nos permite editar en la etapa del procesamiento todas estas configuraciones, en base al formato de anotación utilizado en campo (Ver Anexo D). Cabe mencionar que pese a que el programa permite esta edición, los datos crudos que tomó el receptor durante las observaciones, están grabados bajo las configuraciones y parámetros editados en el receptor el día de la medición, por lo tanto, la calidad de los datos se mantendrá, si y sólo si, los parámetros editados en el software para realizar el procesamiento, son los mismos con los que el receptor grabó los datos el día de las observaciones.

Para asignar el nombre correcto a los puntos destacamos el punto a editar y damos clic derecho –nótese que al destacar el punto en la barra de estado, también se destaca en el área de dibujo- entonces aparecerá un menú donde seleccionamos la opción PROPIEDADES

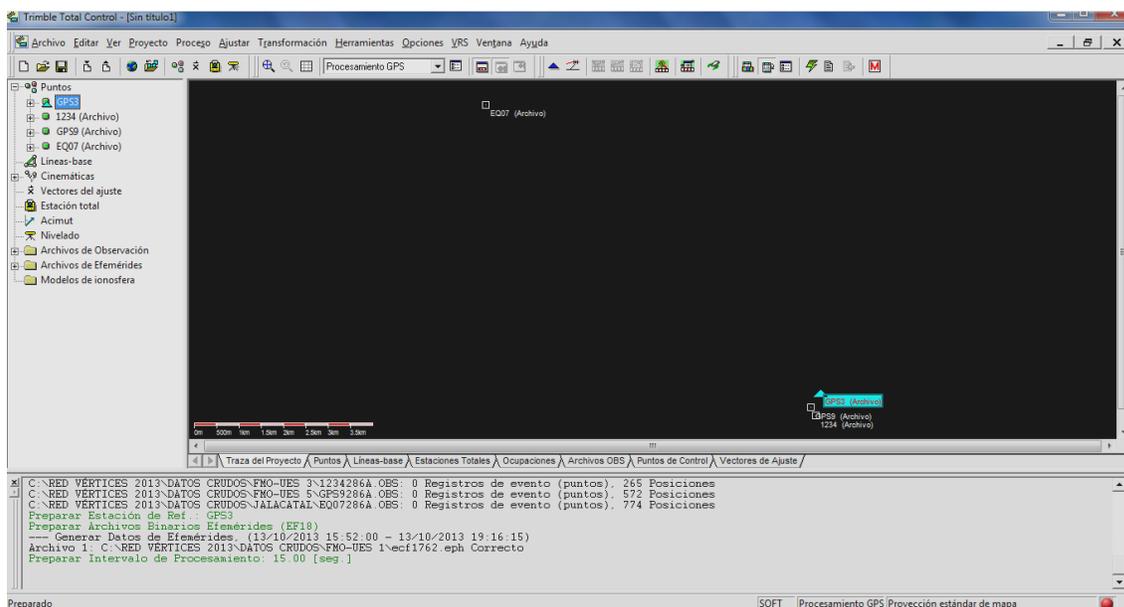


Figura 6.50 Selección de puntos

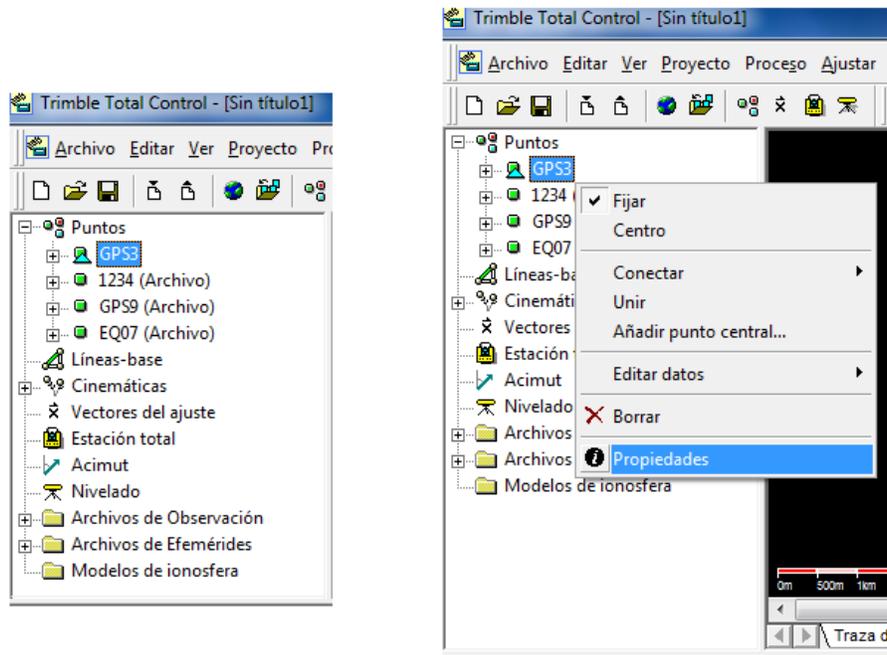


Figura 6.51 Submenú de puntos

Aparecerá la ventana PROPIEDAD: PUNTO, con la pestaña PUNTO seleccionada, en el campo de datos NÚMERO editamos el nombre correcto del punto, habilitamos la opción ASIGNAR DATOS A ARCHIVO (S) OBS, y por último seleccionamos ASIGNAR.

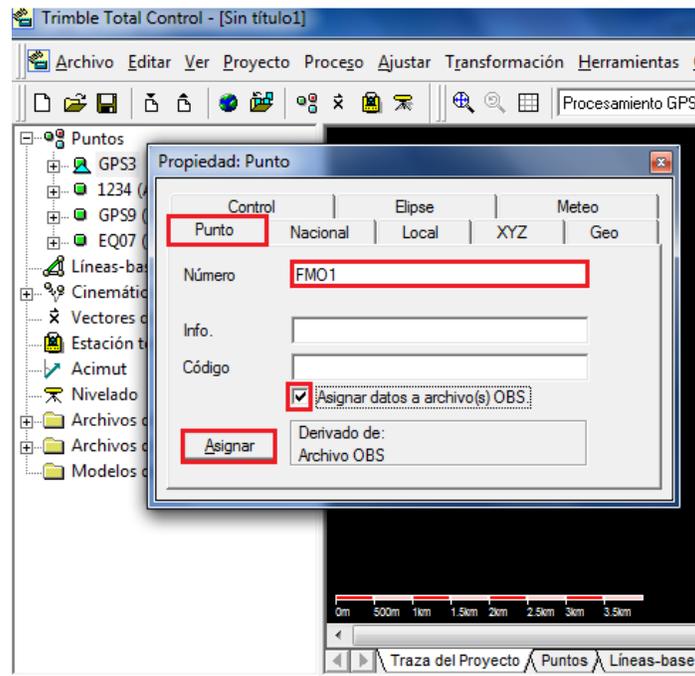


Figura 6.52 Ventana Propiedad: Punto

Se repitió el mismo procedimiento para editar los nombres de los demás puntos, al final, en la barra de estado y en el área de dibujo, los puntos aparecerán con su ID correcto.

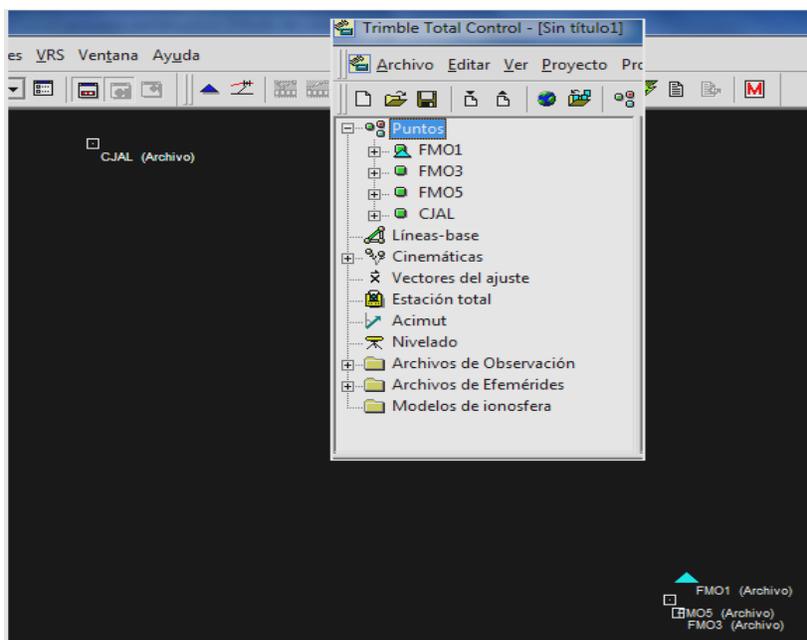


Figura 6.53 ID de puntos

Para configurar los parámetros de antena y receptor, nos ubicamos nuevamente en la barra de estado, destacamos el punto a editar y damos clic en el signo + que está a su izquierda, seguidamente destacamos el archivo de observación y damos clic derecho. En el menú que aparecerá seleccionamos PROPIEDADES.

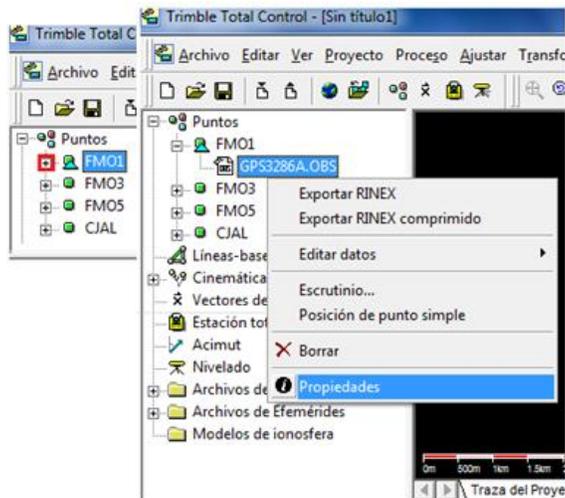


Figura 6.54 Submenú archivos OBS

Aparecerá la ventana PROPIEDAD: ARCHIVO DE OBSERVACIÓN, en ella podemos configurar los parámetros de receptor, antena y tipo de observación. Primeramente configuraremos el tipo de receptor, para ello, seleccionamos la pestaña RECEPTOR, en la opción FABRICANTE buscamos el nombre del fabricante y en la opción RECEPTOR, buscamos el tipo de receptor, verificamos que en la opción inferior se encuentre el texto A ESTE ARCHIVO, y seleccionamos ASIGNAR

En nuestro caso el fabricante es ASHTECH y el tipo de receptor es de una frecuencia, es decir L1.

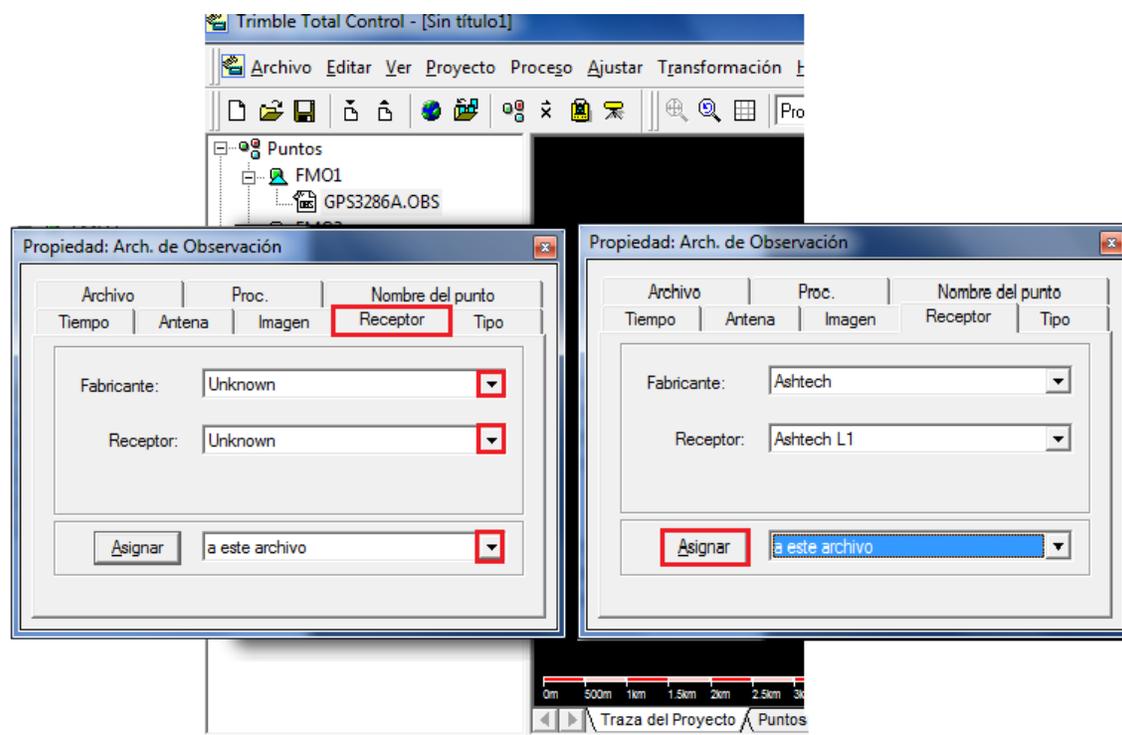


Figura 6.55 Configuración del Receptor

Ahora configuraremos los parámetros de antena, dentro de PROPIEDAD: ARCHIVO DE OBSERVACIÓN, seleccionamos la pestaña ANTENA, los campos de opciones aparecen con valores asignados por defecto, por lo que los editaremos los que no concuerden con los configurados el día de la medición:

- a) FABRICANTE: El fabricante de la antena que se utilizó es ASHTECH.

- b) ANTENA: Debemos buscar de entre la lista el tipo de antena que utilizamos. El modelo utilizado fue PROANTENNAL1.
- c) MEDIDO HASTA: Aquí debemos asignar el tipo de altura de antena que tomamos, es decir hasta la BASE DEL SOPORTE DE LA ANTENA.
- d) ALTITUD: Introducimos la altura de antena. Para FMO1 fue de 1.470 metros.

Por último, verificamos que en la opción inferior se encuentre el texto A ESTE ARCHIVO, y seleccionamos ASIGNAR.

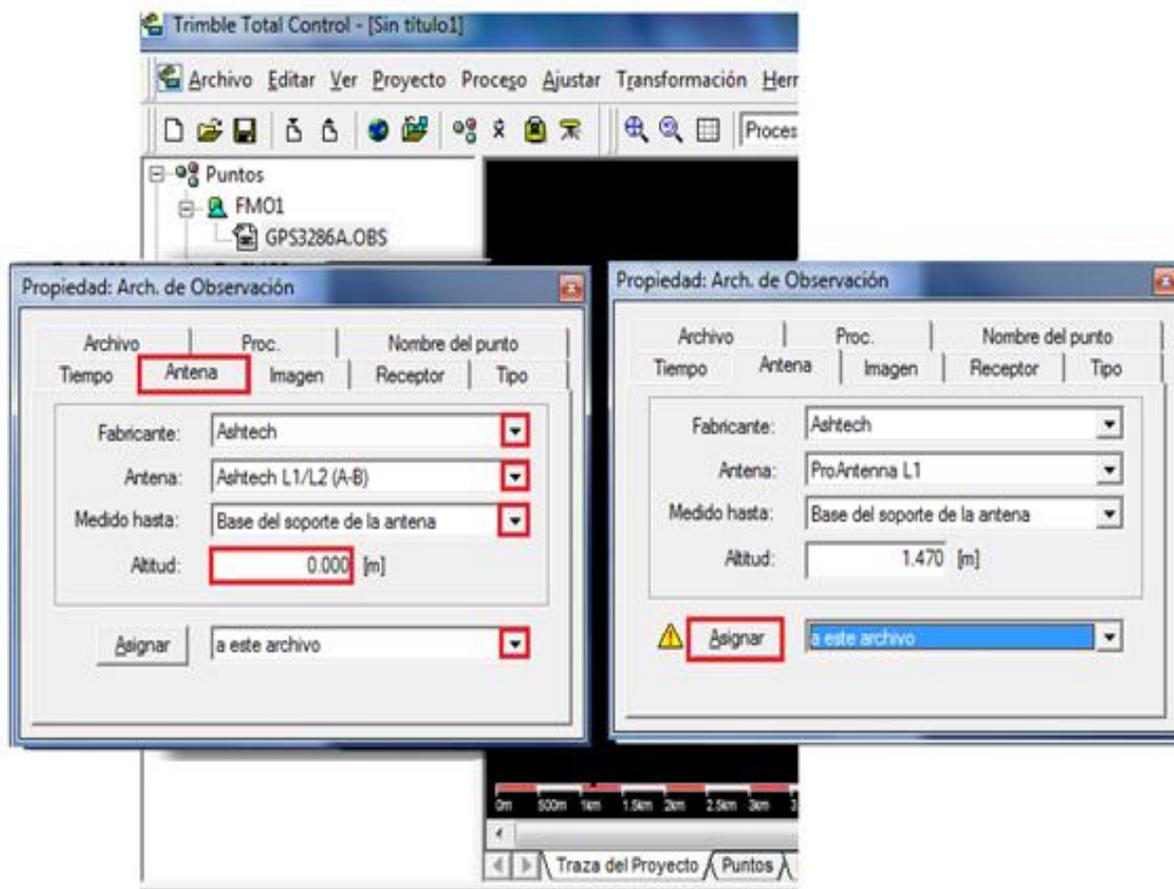


Figura 6.56 Configuración de Antena

En el caso de que exista duda respecto al modelo de antena utilizado, este se puede verificar mediante las diferentes imágenes de tipo de antena proporcionadas por el software, para ello seleccionando la pestaña IMAGEN.

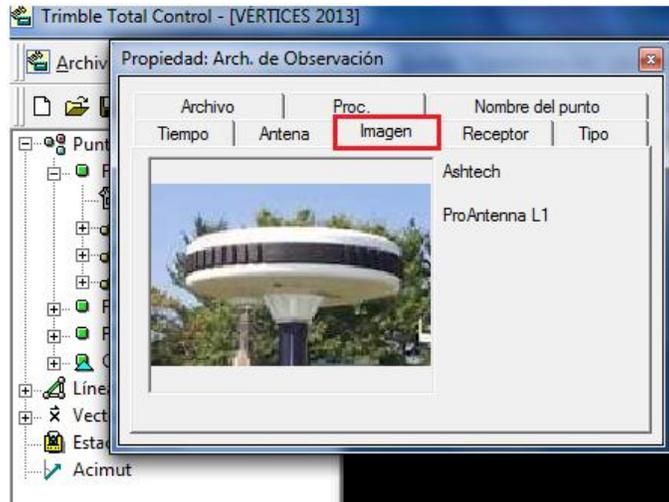


Figura 6.57 Imagen de Antena

Para configurar el tipo de medición, seleccionamos la pestaña TIPO. En indicadores, cambiamos el que aparece seleccionado por defecto y elegimos ESTÁTICO, posteriormente habilitamos la opción ASIGNAR TAMBIÉN AL PUNTO: FMO1 y por último seleccionamos ASIGNAR.

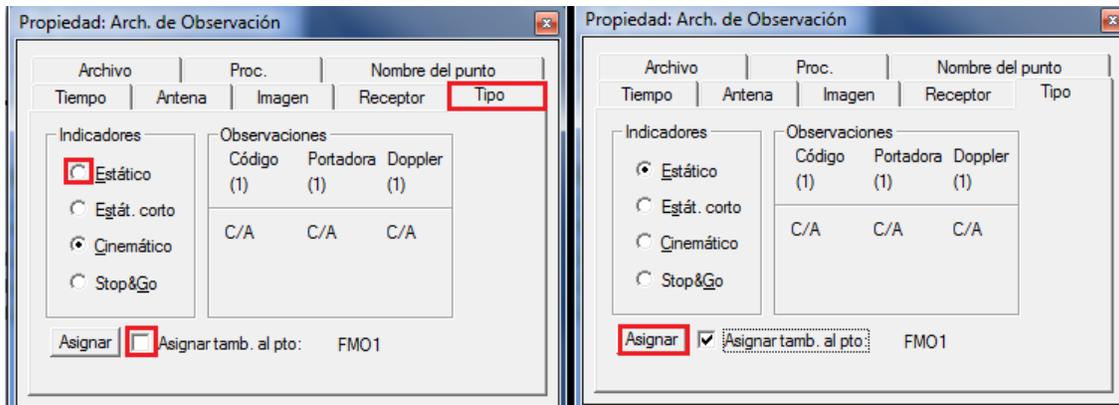


Figura 6.58 Configurando el tipo de medición

Como la técnica de medición es estática, al elegir el tipo de observación para un punto, este se unirá mediante líneas base o vectores, con todos los puntos de la red con los cuales posee tiempos de observación en común.



Figura 6.59 FMO1 configurado

Al finalizar con todos los puntos, en el área de dibujo, tendremos las líneas base de los puntos que conforman nuestra red.

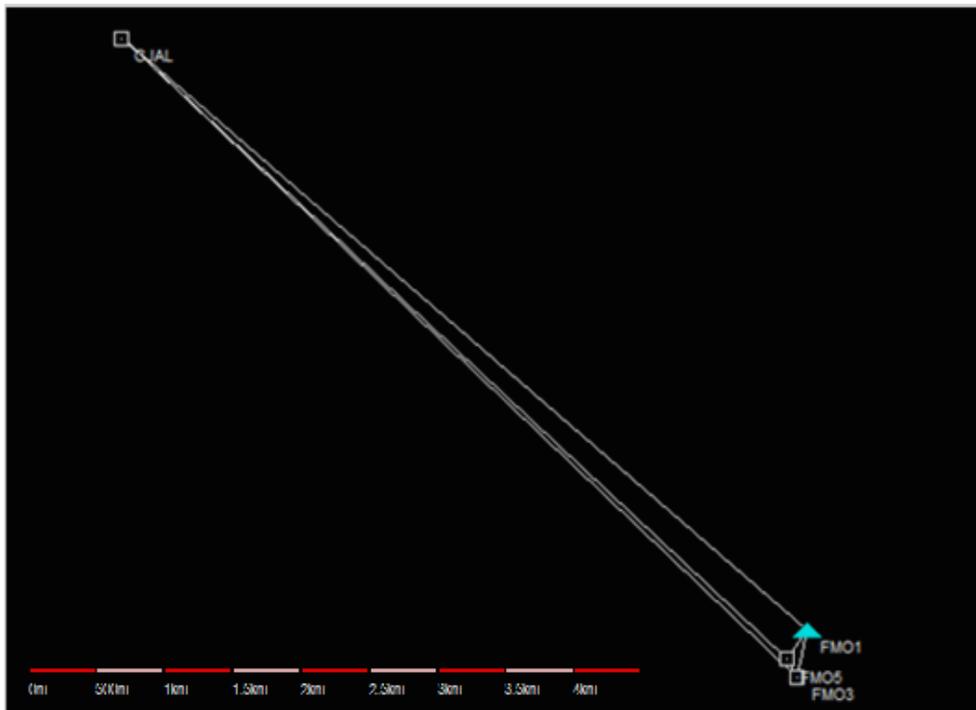


Figura 6.60 Puntos y líneas base para la Red de Vértices

10. El software por defecto, elige uno de los vértices para tomarlo como estación de referencia, y se identifica por el triángulo que aparece en el punto, en el caso se ha seleccionado el vértice FMO1. Sin embargo el vértice a utilizar como estación de referencia, es decir, el vértice del cual tenemos coordenadas de posición de alta precisión es el vértice del cantón Jalacatal, cuyo ID GPS es CJAL y que pertenece a la Red Geodésica Básica Nacional El Salvador 2007.

Para establecer como vértice de referencia el punto CJAL, primero debemos hacer que el programa deje de reconocer a FMO1 como estación de referencia o punto fijo, para ello, damos clic derecho sobre el punto FMO1 de la barra de estado, aparecerá un menú donde la opción FIJAR esta seleccionada, para desactivarla, damos clic izquierdo en FIJAR. Al realizar esta acción, el punto FMO1 dejará de aparecer en el área de dibujo y en la barra de estado con la imagen del triángulo.

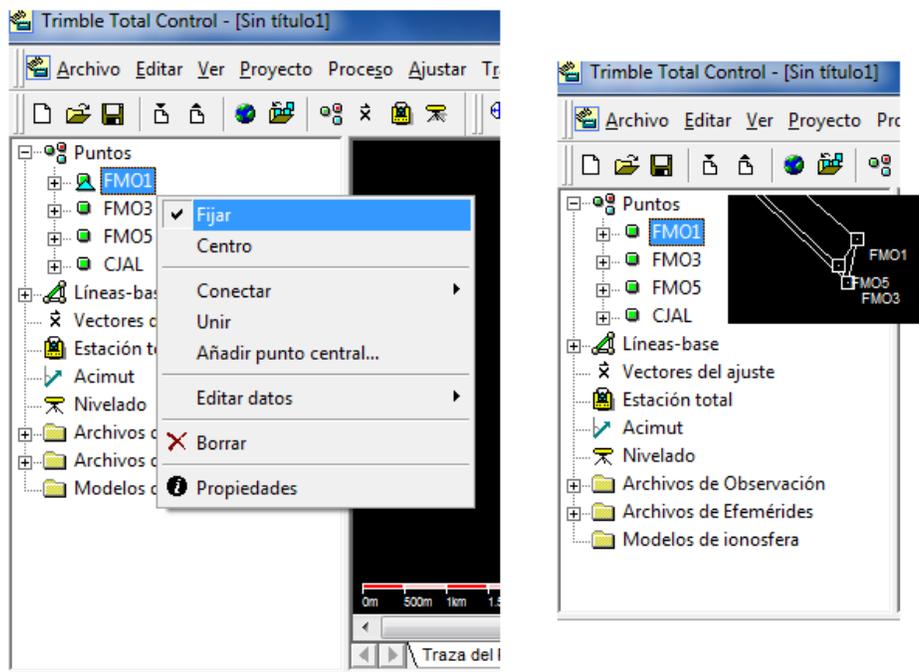


Figura 6.61 Desvinculando a FMO1 como vértice de referencia

Para fijar la estación de referencia, destacamos el punto CJAL en la barra de estado y damos clic derecho, en el menú que aparece seleccionamos FIJAR. Realizada esta acción, el punto elegido como referencia CJAL, aparecerá en la barra de estado y en el área de dibujo con el triángulo, lo cual denota que es el vértice de referencia.

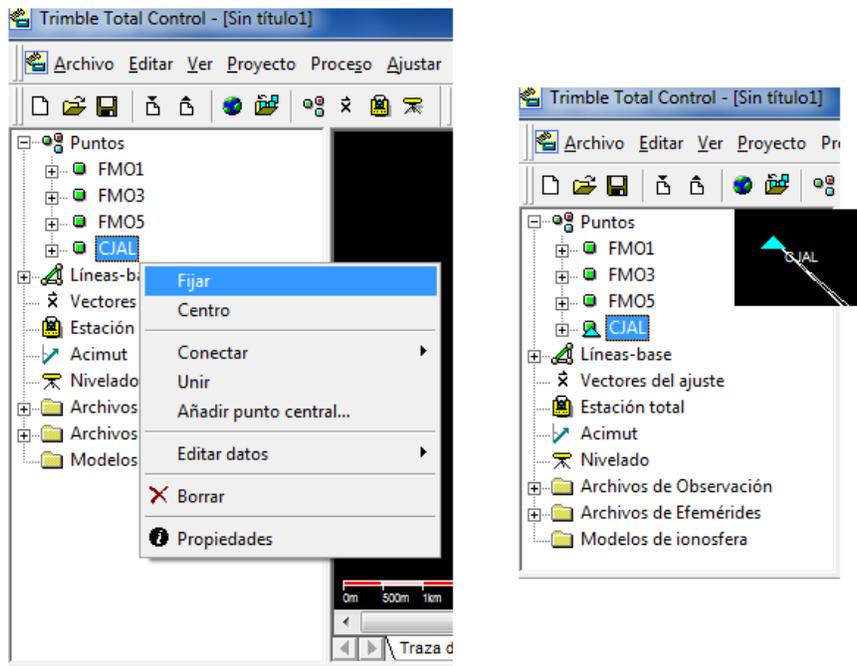


Figura 6.62 Estableciendo el vértice de referencia

11. El siguiente paso es fijar las coordenadas de alta precisión del vértice de referencia. Esta coordenada es proporcionada en el Instituto Geográfico y del Catastro Nacional, sección de Levantamiento y Control Geodésico (Ver Anexo E).

Las coordenadas elipsoidales del vértice del cantón Jalacatal son:

ID	LATITUD	LONGITUD	ALTURA ELIPSOIDAL
CJAL	13 ° 30 ' 0.02357 " N ± 0.003 m	88 ° 13 ' 39.20667 " W ± 0.002 m	247.560 ± 0.011 m

Para editar las coordenadas, destacamos el punto CJAL en la barra de estado y damos clic derecho, aparecerá un menú donde seleccionamos la opción PROPIEDADES. Aparecerá nuevamente la ventana PROPIEDAD: PUNTO donde seleccionaremos la pestaña GEO, las coordenadas que aparecen inicialmente son las que tomó el receptor el día de la medición. Ingresamos las coordenadas geográficas correspondientes al vértice de referencia.

Al momento de editar el valor de altura elipsoidal del vértice, se debe activar la opción ALTITUD, dando clic en la pestaña que aparece al lado izquierdo. Luego verificamos que en la parte inferior este habilitada la opción WGS_84 y seleccionamos ASIGNAR.

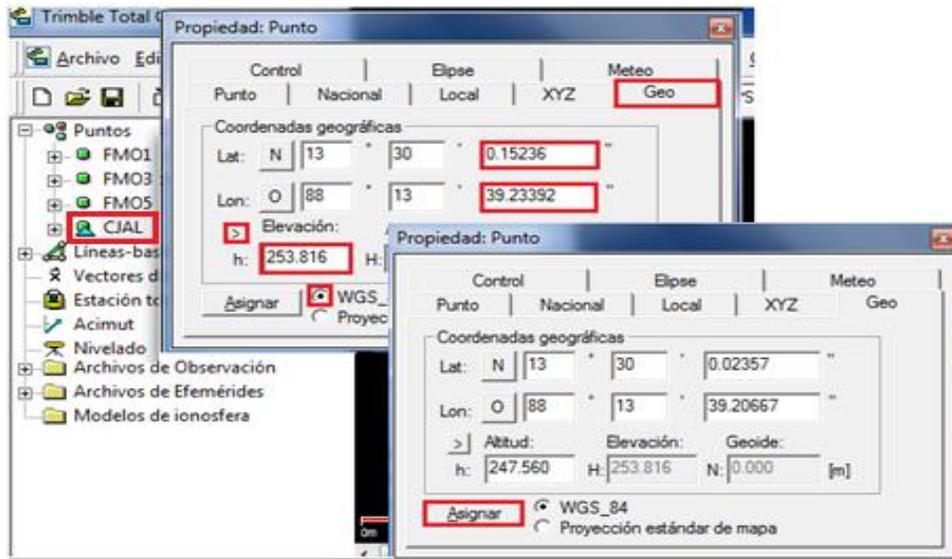


Figura 6.63 Asignando coordenadas a la estación de referencia

A partir del vértice de referencia que hemos fijado y cuya coordenada de posición pertenece a una red de gran precisión, daremos coordenadas a todos los vértices de nuestra red.

12. Las líneas base se han establecido y para verificar sus parámetros de procesamiento, nos auxiliaremos del gráfico que aparece en el área de dibujo, así mismo, es importante mencionar que en la barra de estado, aparece en forma de menú de árbol la información de todas las líneas base del proyecto.

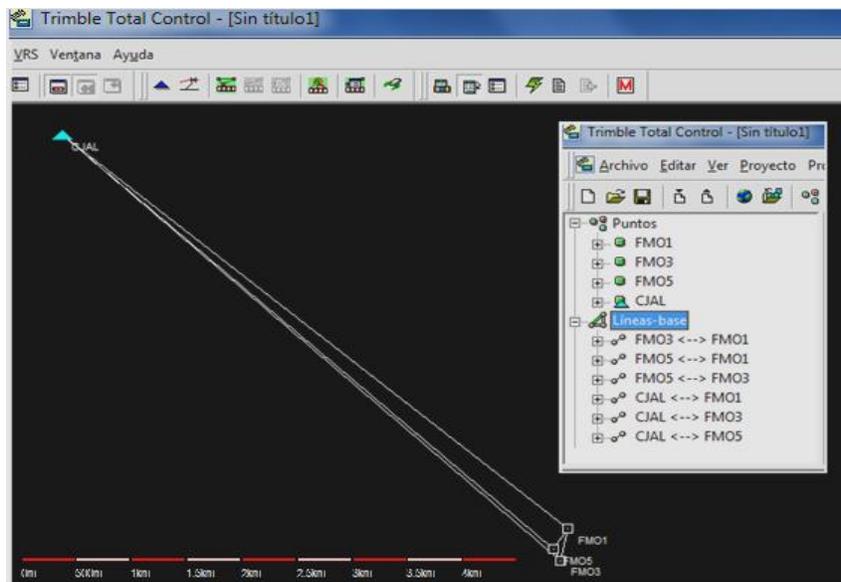
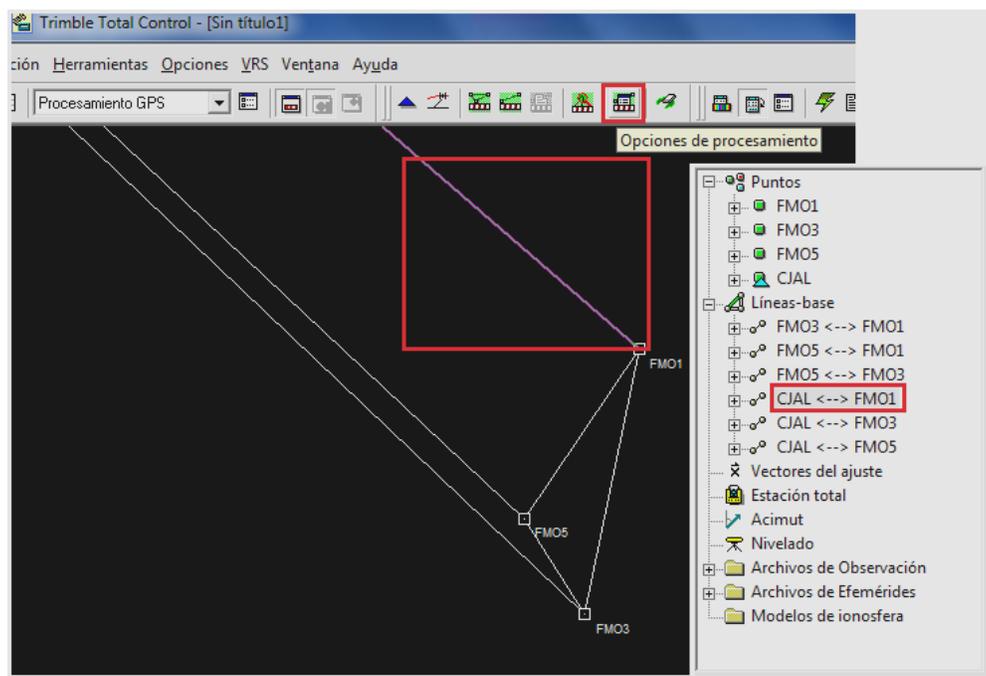


Figura 6.64 Líneas base de la Red de Vértices

Para iniciar, destacaremos con un clic la línea base a trabajar, notaremos que al hacer esto, en la barra de estado también se destacará la opción de dicha línea. Con la línea seleccionada, nos desplazamos a la barra de herramientas y seleccionamos OPCIONES DE PROCESAMIENTO. La línea base o vector seleccionada es CJAL-FMO1.



Aparecerá la ventana PROCESANDO OPCIONES, en esta ventana podemos verificar, configurar y modificar parámetros de suma importancia para el procesamiento de las líneas base. A continuación describiremos las ediciones realizadas a las líneas base en esta ventana.

Pestaña PARÁMETRO: Aquí se verifican los siguientes campos de datos.

LÍMITE DE ELEVACIÓN o máscara, el valor mínimo que permite el receptor ASHTECH es de 10°, sin embargo el software permite modificarlo en caso de que se necesite.

INTERVALO DE PROCESAMIENTO o grabación, que desde un inicio fue definido en 15 segundos.

MODELO DE ANTENA: Posee una lista con diversas opciones, de las disponibles seleccionaremos US NATIONAL GEODETIC SURVEY. ANT_INFO003.

FRECUENCIA: Se refiere al tipo de frecuencia del equipo utilizado para la toma de datos. Deshabilitamos la que aparece por defecto y seleccionamos SÓLO L1.

Posteriormente seleccionamos ACEPTAR.

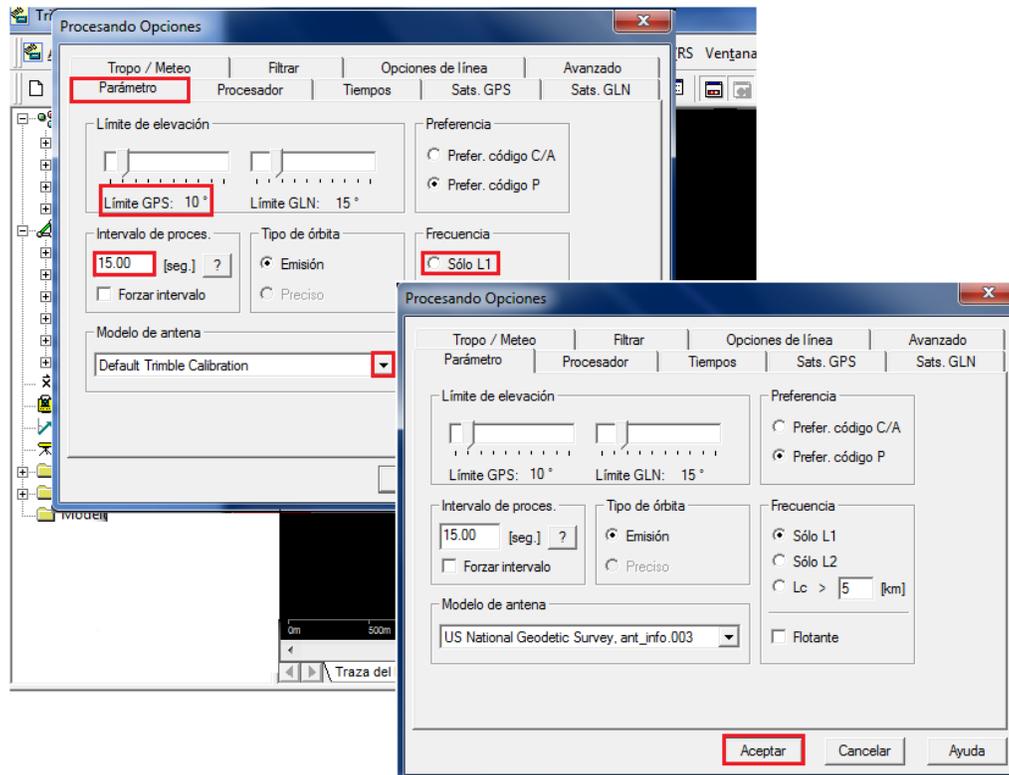


Figura 6.65 Ventana Procesando Opciones: Parámetro

Pestaña PROCESADOR: Nos permite seleccionar el modo de procesamiento de los datos, por defecto en la opción MODO DE PROCESAMIENTO aparece seleccionado AUTOMÁTICO. Habilitamos ESTÁTICO y posteriormente ACEPTAR.

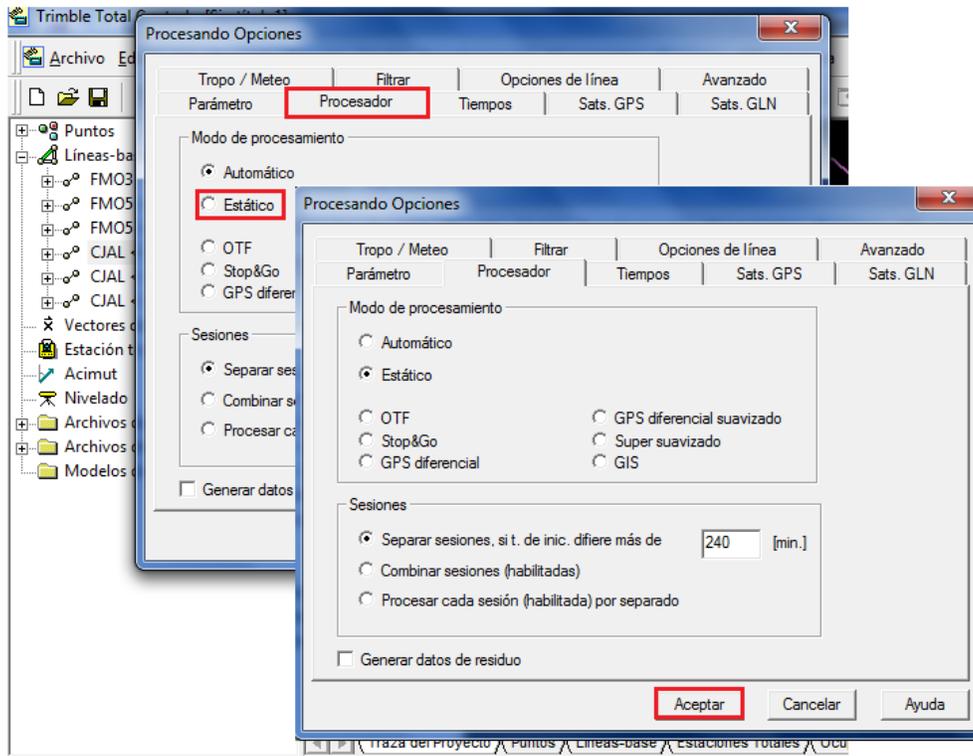


Figura 6.66 Ventana Procesando Opciones: Procesador (Modo de Procesamiento)

Pestaña TIEMPOS: Aquí configuraremos dos parámetros, el primero será el de la opción de ZONA HORARIA, colocaremos el valor -6.00 para pasar de la hora internacional UTC también conocida como hora Greenwich, a la hora local. Seguidamente, en la opción PROCESAMIENTO, habilitaremos LÍNEA SELECCIONADA, ya que lo que deseamos es que el programa realice los cálculos para la línea base que hemos seleccionado. Realizadas las modificaciones damos clic en ACEPTAR.

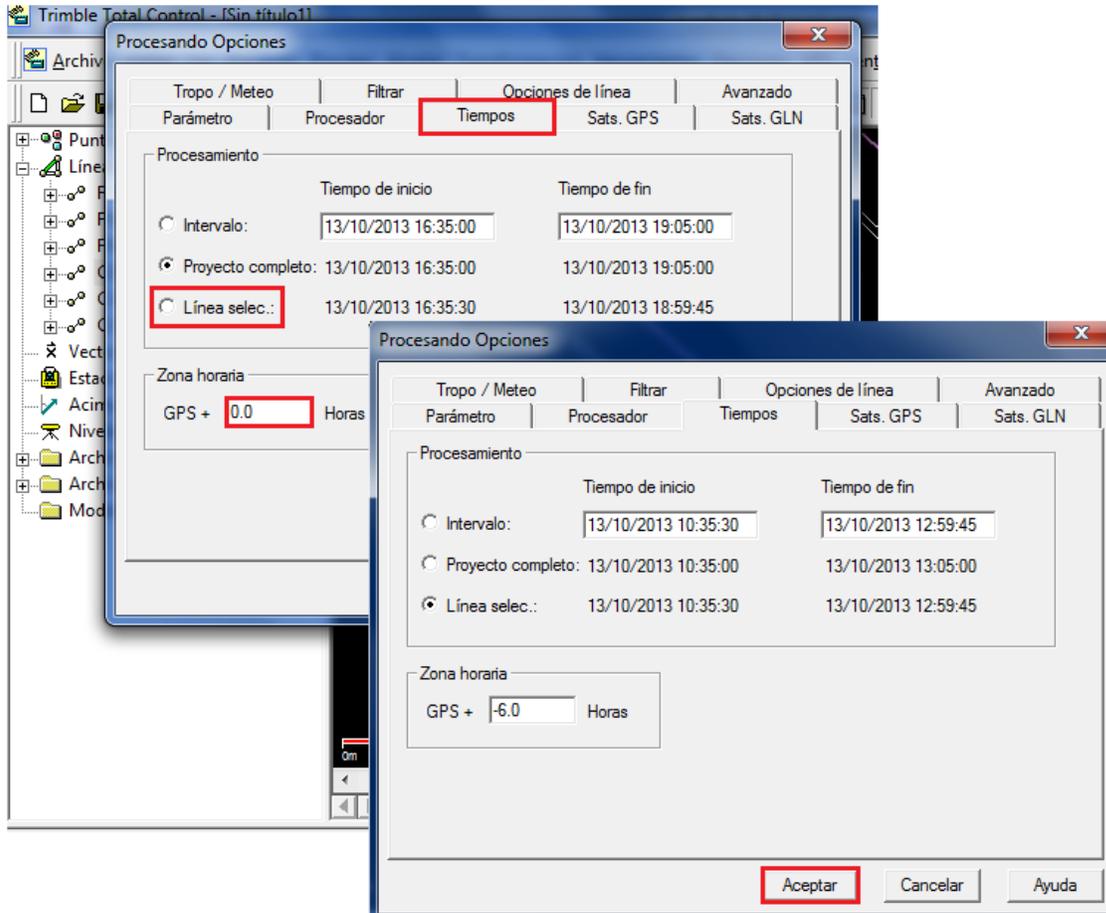


Figura 6.67 Ventana Procesando Opciones: Tiempos

Se realizó el mismo proceso para todas las líneas base del proyecto.

13. Para darle un mayor control de calidad a las observaciones y obtener la máxima precisión posible, el software nos permite realizar una revisión de la continuidad de los datos obtenidos durante las observaciones. Con esta herramienta podemos descartar previo al procesamiento, aquellos intervalos de tiempo en donde por alguna razón se haya perdido la continuidad en la recepción de la señal de los satélites.

Para realizar este control de calidad, primero debemos seleccionar la línea base que trabajaremos, una vez seleccionada damos un clic derecho para que aparezca un cuadro de diálogo dentro del cual seleccionaremos la opción ESCRUTINIO.

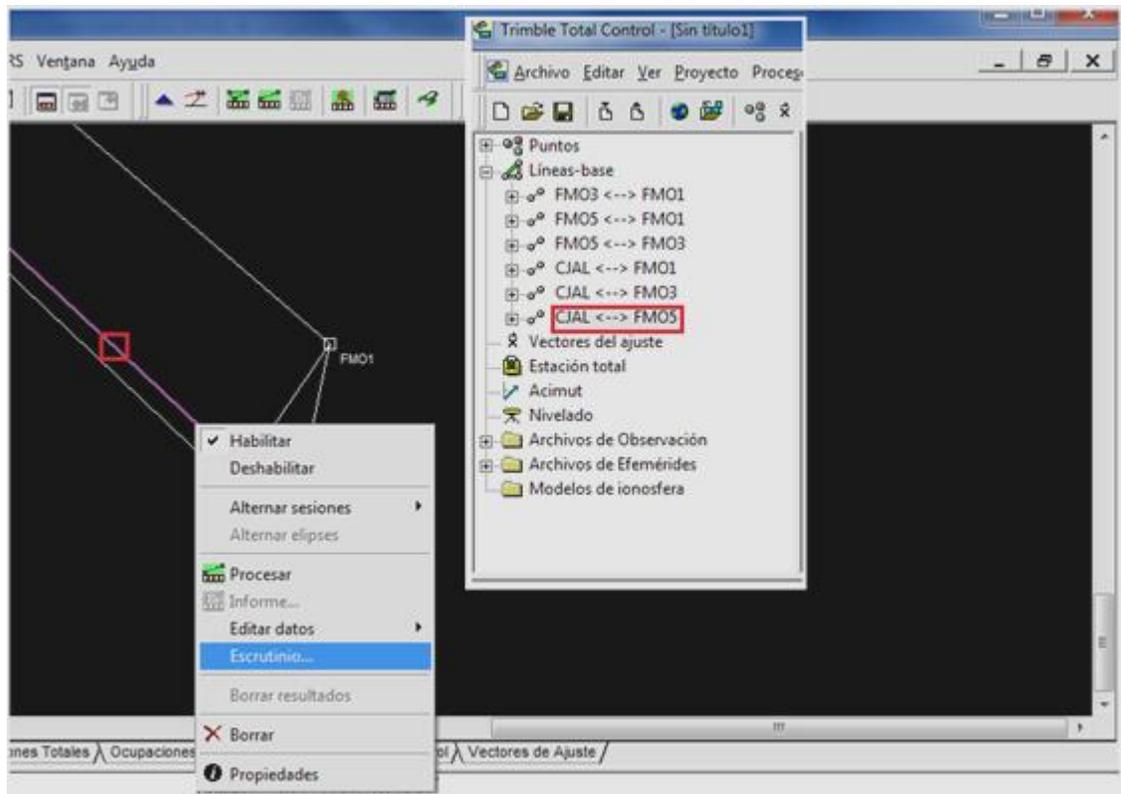


Figura 6.68 Seleccionando línea base para el control de calidad

Entonces aparecerá la ventana ANALIZAR SATÉLITES, en el lado izquierdo de esta ventana se muestra los números de los satélites que los receptores captaron durante las observaciones, la barra en color azul corresponde al receptor ubicado en la estación de referencia y la barra púrpura al que se ubicó en el vértice de la red. En la parte inferior se muestra la fecha y hora de inicio y de finalización de la toma de datos.

Para eliminar intervalos de tiempos donde hubo pérdida de señal, damos clic izquierdo y arrastrando el mouse sombreamos la sección a descartar. Cuando existe un satélite que durante la observación no tuvo una continuidad adecuada, se puede congelar deshabilitándolo mediante un clic en el campo del número que lo identifica. Realizadas las modificaciones pertinentes seleccionamos ACEPTAR. A continuación se presenta el análisis de satélites para la línea base CJAL-FMO5.

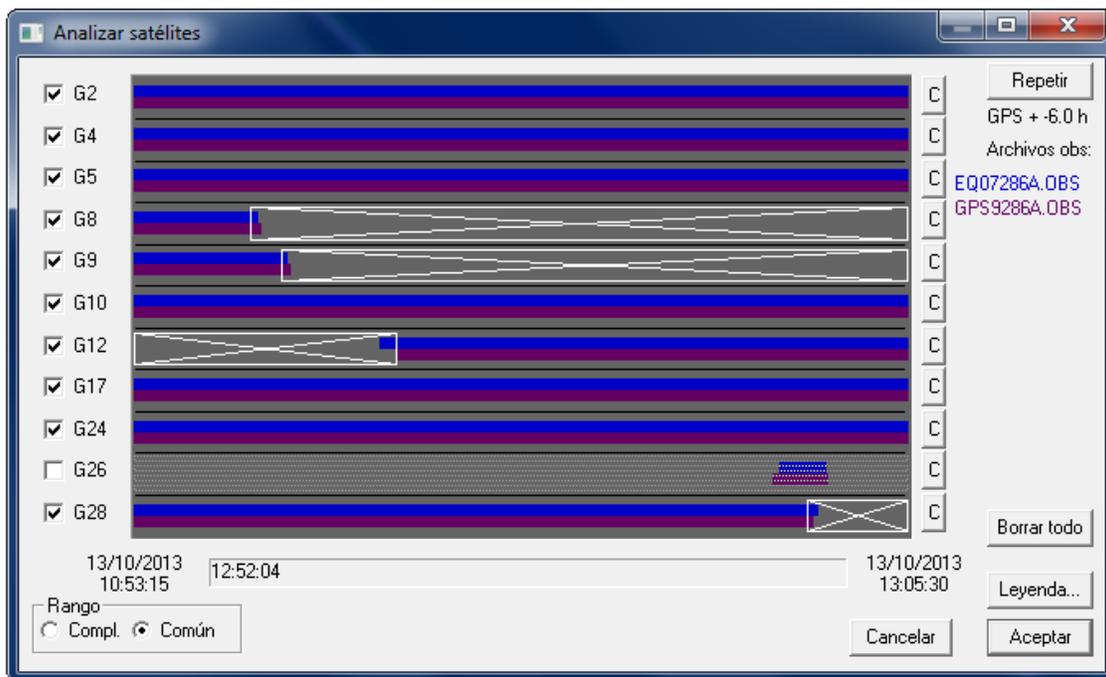
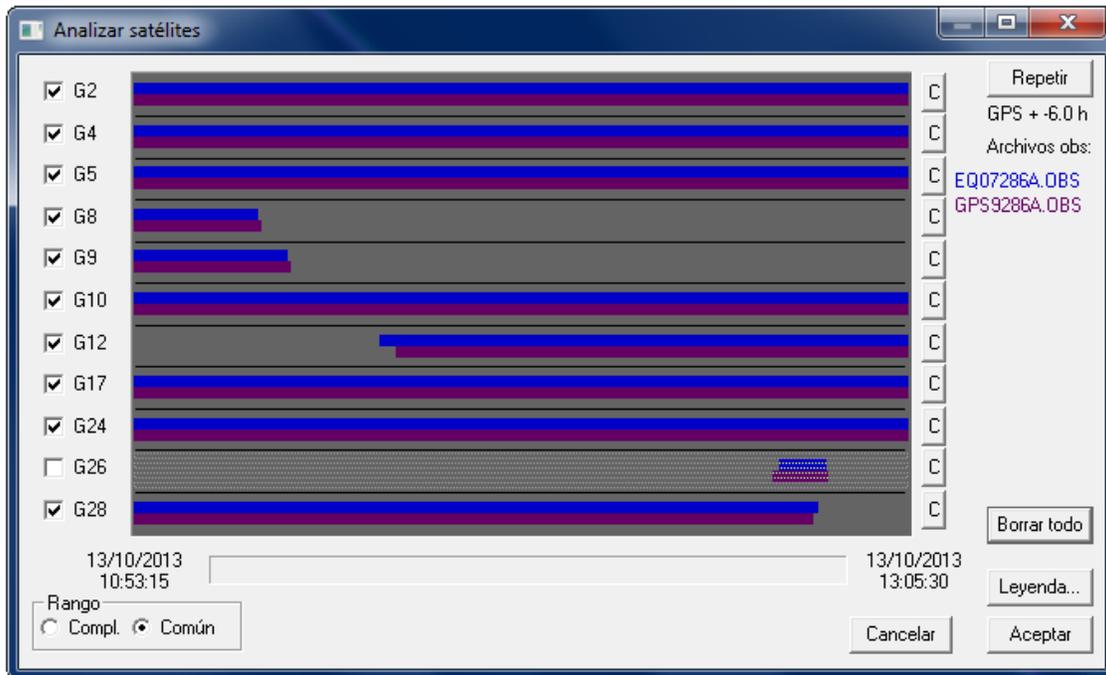


Figura 6.69 Ventana para Análisis de Satélites CJAL-FMO5

Se realizaron las mismas configuraciones para todas las líneas base.

14. Como último paso, le indicaremos al programa que dé inicio con el procesamiento de las líneas base. Para ello, seleccionamos la línea base a procesar, luego damos clic derecho y de entre las opciones disponibles seleccionaremos PROCESAR.

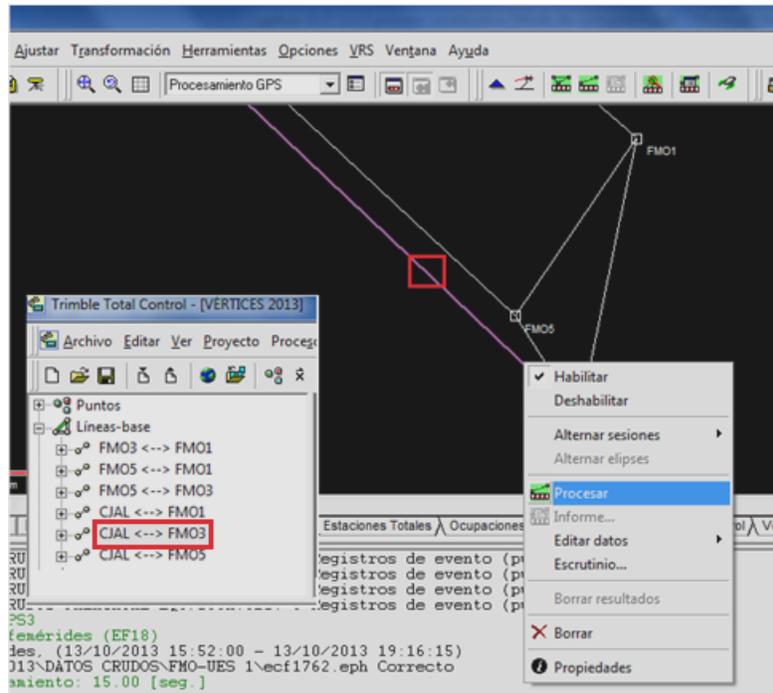


Figura 6.70 Procesando línea base CJAL-FMO3

Automáticamente aparecerá la ventana ORDEN DE PROCESADO y en ella seleccionamos ACEPTAR.

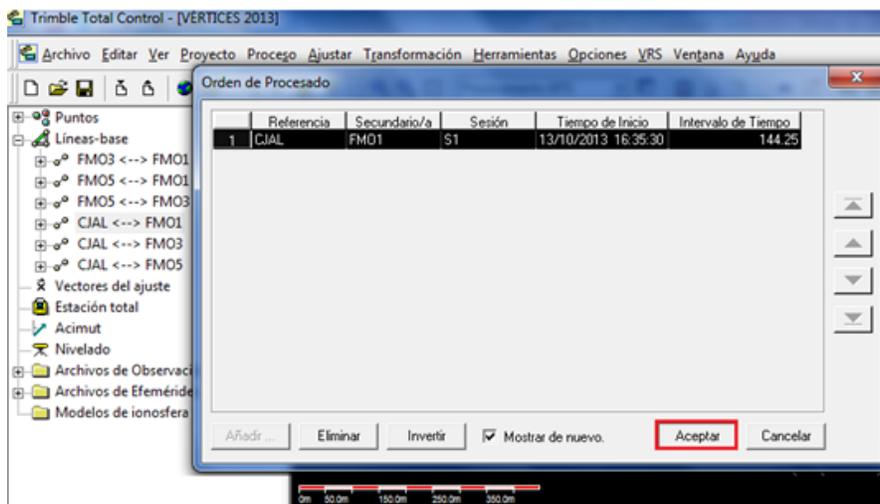


Figura 6.71 Ventana Orden de Procesado

Cuando se ha procesado una línea base, esta cambiará del color blanco al verde y al costado inferior derecho del área de dibujo tendremos el valor de la precisión obtenida. Una línea base en color amarillo o rojo indica que los datos no son satisfactorios. En cualquiera de las dos situaciones, la barra de comandos nos proporcionará información relativa al procesamiento.

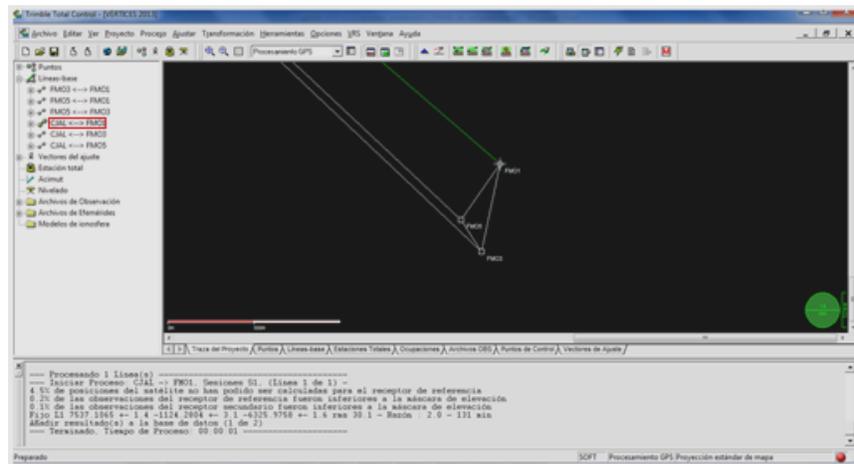


Figura 6.72 Vector CJAL-FMO1 procesado satisfactoriamente

Al final obtendremos los valores de precisión horizontal y vertical del procesamiento de toda la red.

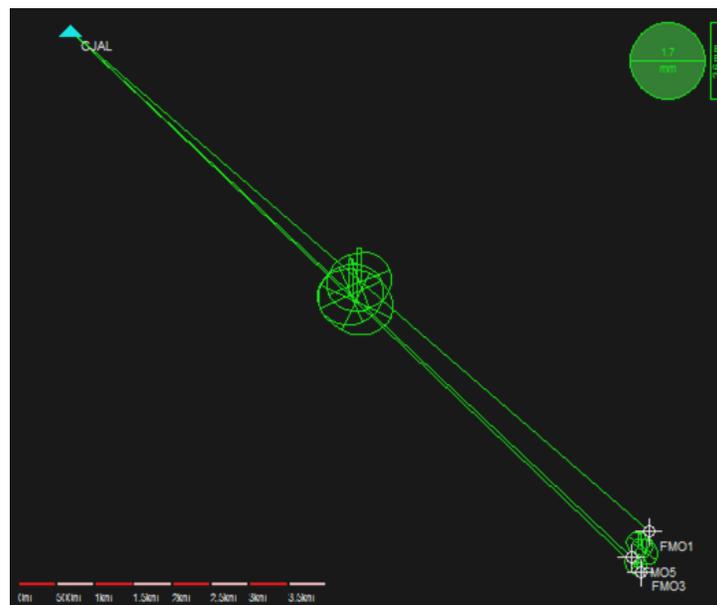


Figura 6.73 Procesamiento de la Red de Vértices finalizado.

Ahora que hemos finalizado el procesamiento, debemos guardarlo, para ello seleccionamos la opción ARCHIVO de la barra de menú, entonces se desplegará un submenú del que seleccionaremos la opción GUARDAR COMO. En la barra de direcciones de la ventana GUARDAR COMO debe estar habilitado el Disco Local C donde seleccionaremos la carpeta RED VÉRTICES 2013.

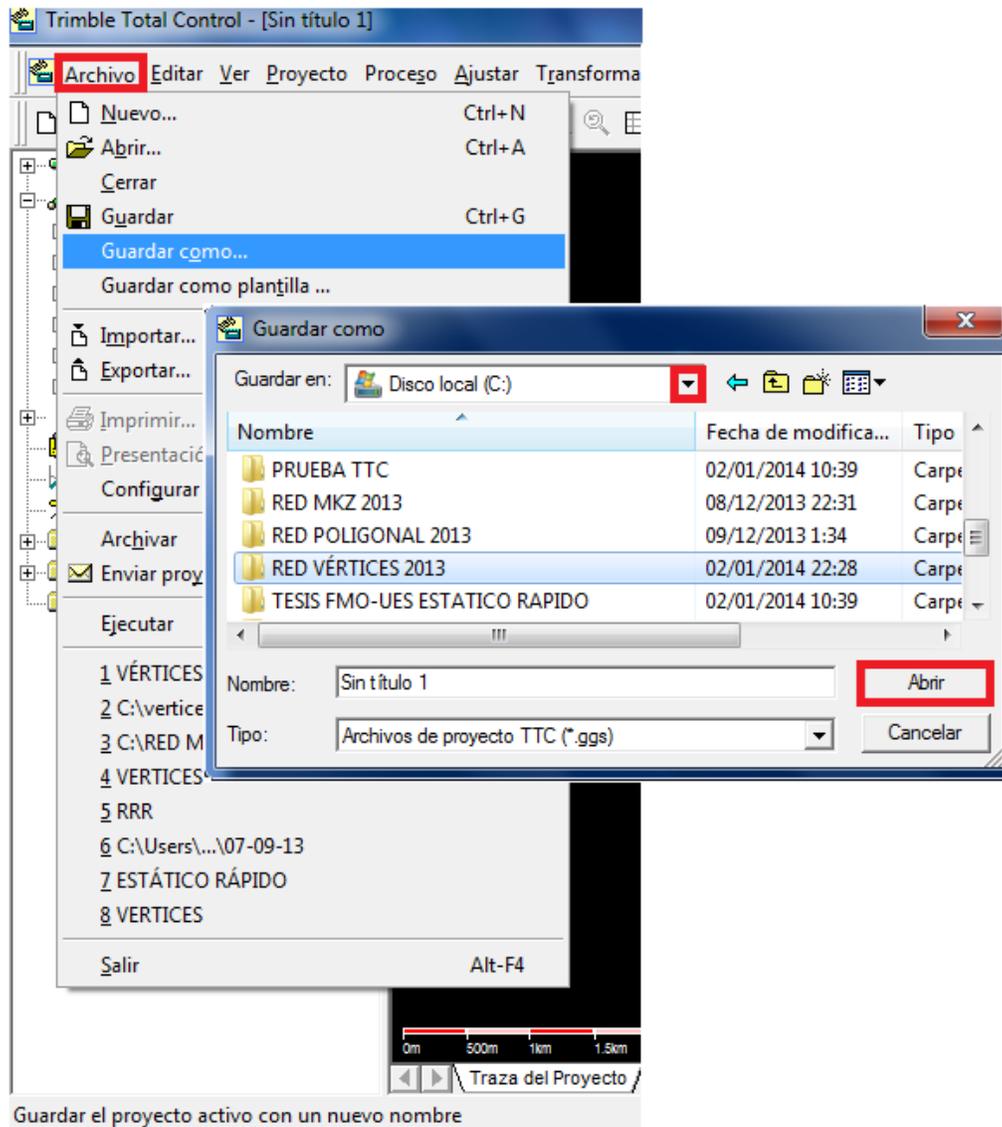


Figura 6.74 Carpeta de destino para guardar el archivo procesado

En RED VÉRTICES 2013 abrimos la carpeta PROCESAMIENTO, le asignamos el nombre de VÉRTICES 2013 al archivo y seleccionamos GUARDAR.

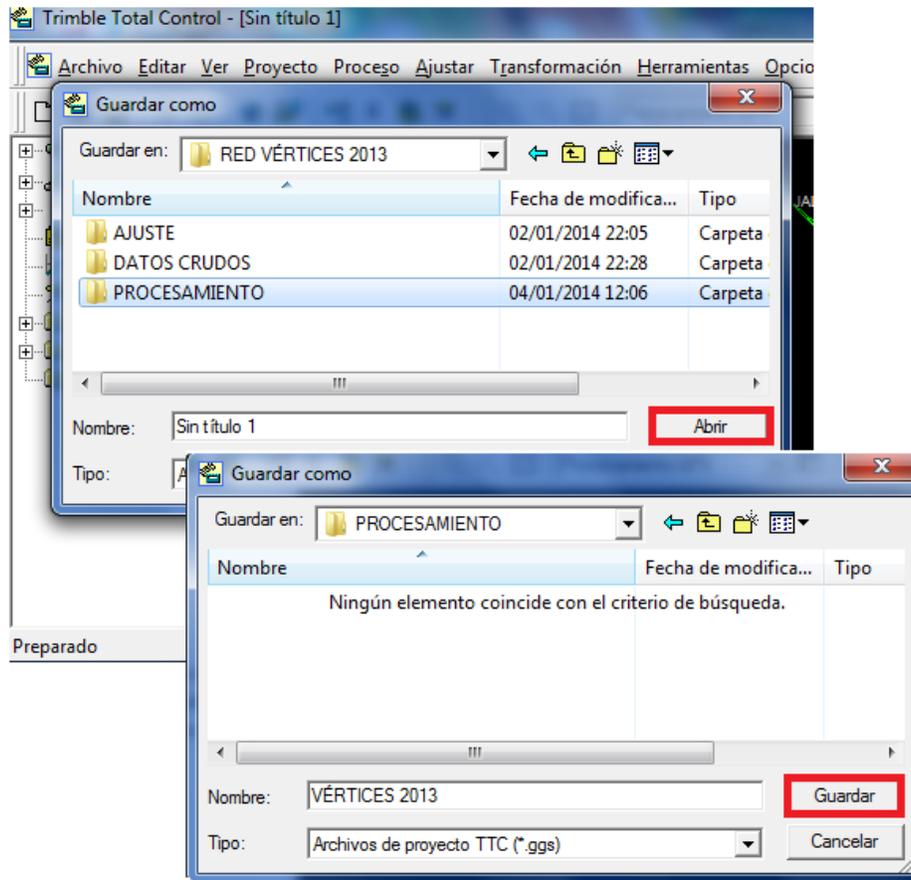


Figura 6.75 Guardando el proyecto procesado

En la barra de título aparecerá el nombre que le asignamos al archivo.

15. Hasta este punto tenemos el procesamiento de la red, sin embargo debemos realizar el ajuste de los valores. El software realiza este procedimiento utilizando la variable estadística de la Desviación Típica o Error Medio Cuadrático (RMS), el cual expresa la exactitud de la medición del punto. Es el Radio del círculo de error en el cual se encuentran aproximadamente un 70% de los cálculos de posición, y el cual identifica errores gruesos durante el ajuste y sirve para comprobar la calidad de las líneas base, los valores por defecto son $5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$. Para obtener la máxima precisión, el ajuste se realiza de dos formas:

a) Libre: En este ajuste, el error final del sistema se reparte en toda la red. El proyecto sufre desplazamientos como un conjunto de puntos libres.

b) Con Tendencia: Al igual que en el ajuste libre, el error final se reparte en toda la red, sin embargo, el vértice de referencia se mantiene fijo, con lo que se limita el desplazamiento sufrido por el proyecto.

Tras realizar el ajuste, obtendremos nuevos valores de coordenadas y precisión para el proyecto.

Para realizar el ajuste del proyecto procesado, seleccionamos de la barra de menú la opción AJUSTAR, luego seleccionamos la opción 3D AJUSTE.

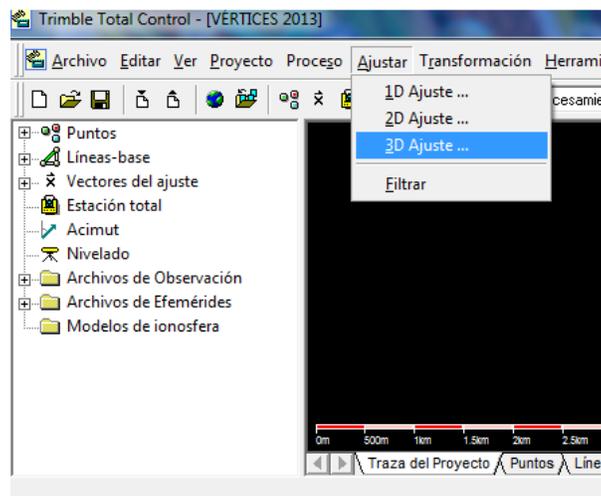


Figura 6.76 Herramienta Ajustar

En la ventana 3D AJUSTE, aparecerá habilitada la opción de ajuste tipo LIBRE, por lo que daremos clic en la opción AJUSTAR.

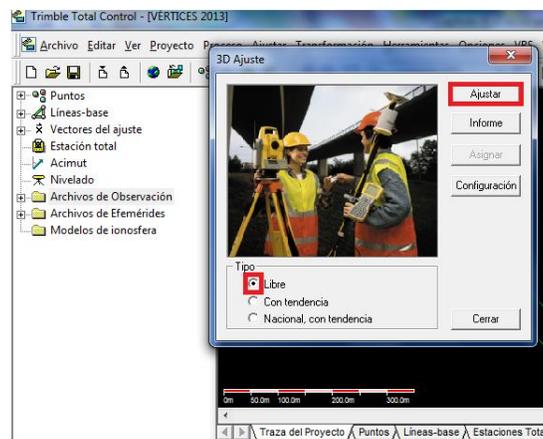
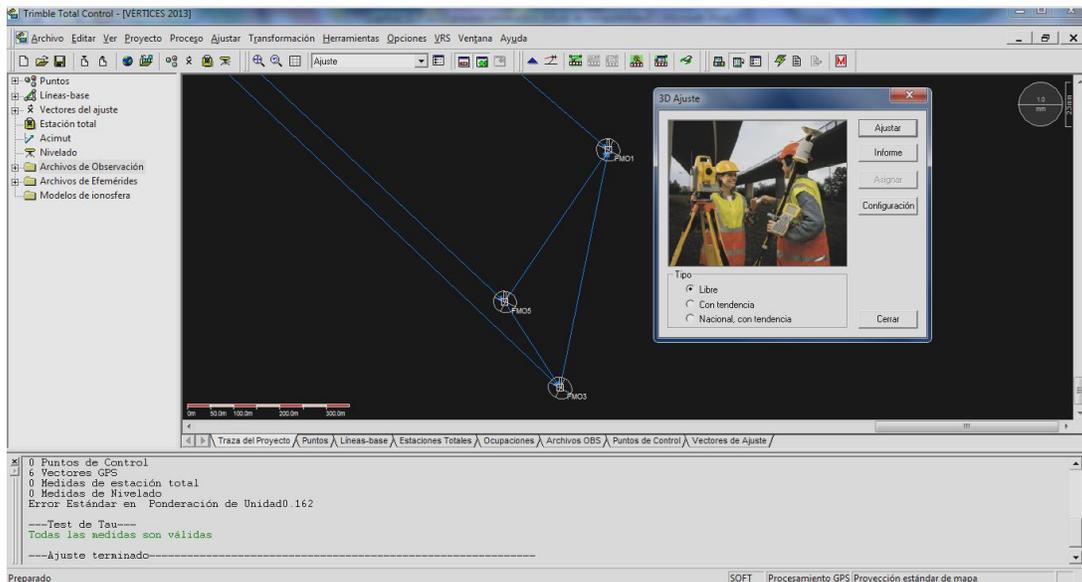


Figura 6.77 Ventana 3D Ajuste: Libre

Automáticamente, el gráfico del proyecto cambiará a color azul, y en la parte superior derecha del área de dibujo aparecerán los nuevos valores de precisión. Así mismo, en la barra de comandos se nos informará si los resultados obtenidos del ajuste son válidos.



Terminado el ajuste de tipo LIBRE, realizamos el ajuste CON TENDENCIA. Para ello, habilitamos la opción CON TENDENCIA, luego seleccionamos AJUSTAR; por último seleccionamos ASIGNAR, tras esta acción, a nuestro proyecto se le asignarán los valores ajustados de coordenadas y en el área de dibujo aparecerá la precisión final del proyecto.

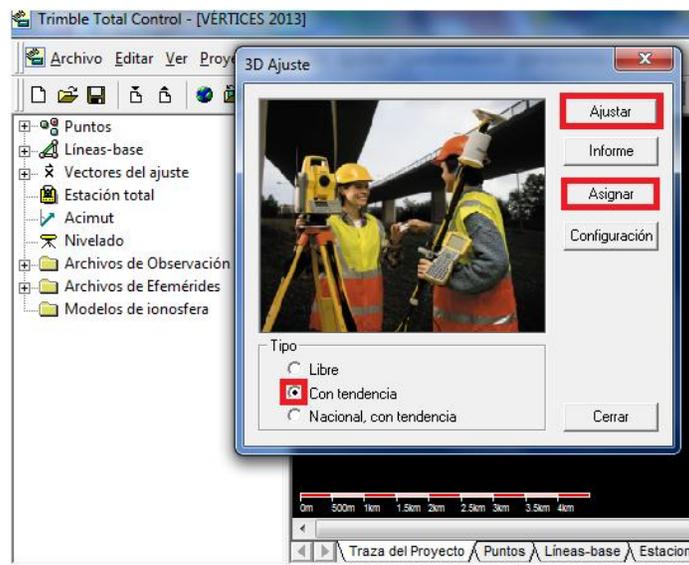


Figura 6.78 Ventana 3D Ajuste: Con Tendencia

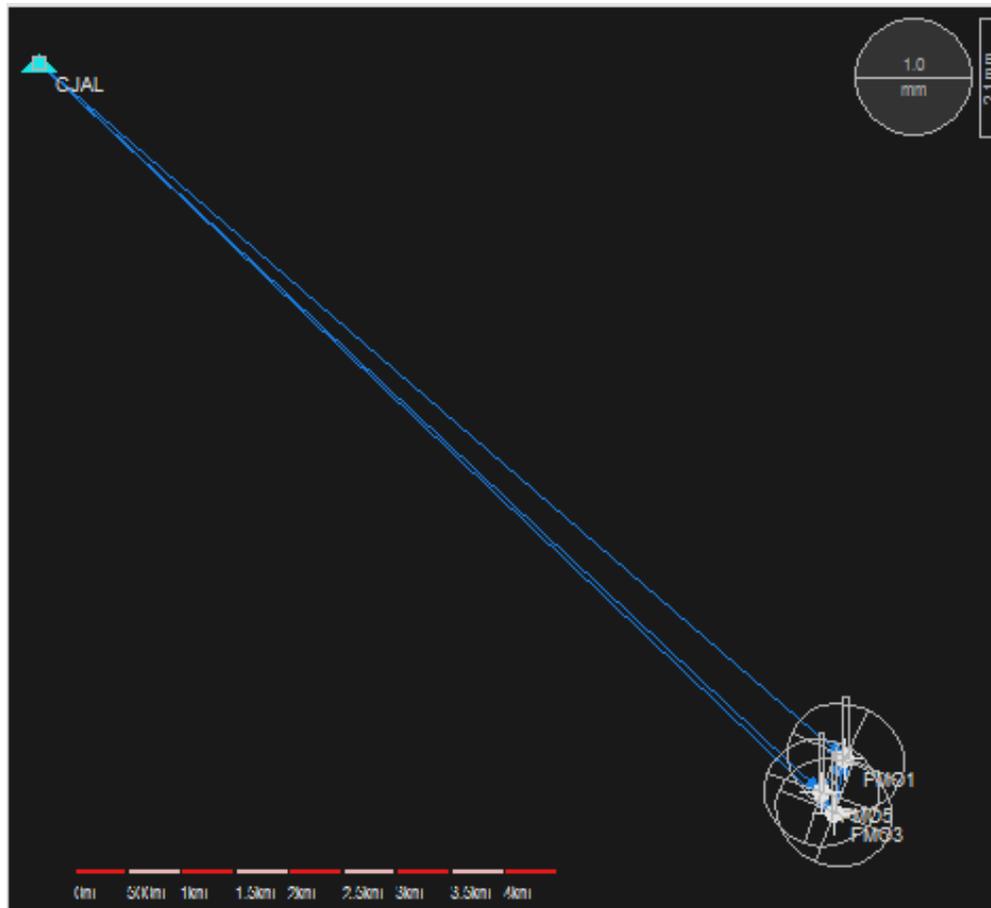


Figura 6.79 Proyecto ajustado satisfactoriamente

Se guardó el proyecto en el subdirectorío AJUSTE que se encuentra dentro de la carpeta RED VÉRTICES 2013. Nombre asignado: VÉRTICES AJUSTE 2013. Para guardar se deberán seguir los mismos pasos con los que se guardó el procesamiento.

6.7 MODELO GEOIDAL DE EL SALVADOR Y CONFIGURACIÓN DEL DATUM.

Hasta este momento el procesamiento y ajuste de los datos crudos se ha realizado en el sistema de Proyección Estándar de Mapa, es decir, en el sistema WGS 84, por lo tanto, lo que tenemos son coordenadas geográficas y alturas elipsoidales.

Para poder cumplir con los objetivos del presente trabajo, es necesario transformar las coordenadas de cada uno de los vértices del campus de la UES-FMO, a su valor equivalente en coordenadas planas, enmarcadas en el sistema de referencia vigente en nuestro país, es decir, sobre la Proyección Cónica Conformal de Lambert y bajo el datum NAD 27. Así

mismo, se proporcionarán elevaciones ortométricas a través de la implementación del Modelo Geoidal de El Salvador.

A continuación se describe paso a paso, la introducción del Sistema Geodésico de Referencia en el Trimble Total Control.

1. Instalado el software, el primer paso es crear dentro de la base de datos del programa, el modelo de geoide a utilizar y posteriormente, asociar este modelo con el archivo que contiene el Modelo Geoidal de El Salvador, establecido por el IGCN en base a la red SIRGAS_ES2007. La secuencia inicial es como sigue:

En el menú de inicio buscamos la carpeta TRIMBLE OFFICE dentro de ella seleccionamos la opción UTILIDADES y por último elegimos COORDINATE SYSTEM MANAGER.

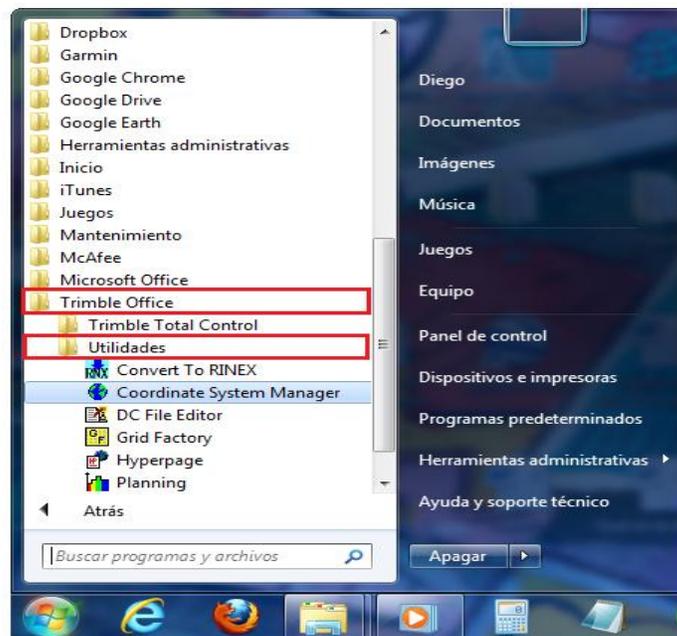


Figura 6.80 Selección del Administrador de Sistemas de Coordenadas.

Aparecerá la ventana del ADMINISTRADOR DE SISTEMA DE COORDENADAS, dentro de ella, lo primero que configuraremos será el modelo de geoide local, para ello habilitamos la pestaña MODELOS GEOIDALES, entonces aparecerán todos los modelos disponibles. Para poder introducir el modelo a utilizar, nos desplazamos a la opción EDITAR que se encuentra en la barra de menú, ahí seleccionamos la opción AÑADIR MODELO GEOIDAL.



Figura 6.81 Edición del Modelo Geoidal.

Tendremos acceso a la ventana PROPIEDADES DEL GEOIDE, en ella configuraremos el nombre del geoides y lo vincularemos con el archivo que contiene la información del modelo geoidal de El Salvador. En el campo de datos NOMBRE editamos ESGeoide. Para tener acceso a la lista de archivos de modelos geoidales disponibles, damos clic en la pestaña que se encuentra en el campo de datos NOMBRE DE ARCHIVO y seleccionamos ESM2v3.GGF. Notaremos que al seleccionar el nombre del archivo, automáticamente en el campo NOMBRE PARA EXPORTAR aparecerá: EL SALVADOR MÉTODO 2 VERSIÓN 3. Por último seleccionamos APLICAR y ACEPTAR.

El archivo ESM2v3.GGF, es un fichero binario en el que a través del método de mínima curvatura y con la información de la red SIRGAS_ES2007 y la Red Geodésica de Niveles, se ha logrado generar una superficie mucho más suave, es decir, con menores diferencias de ondulación. Esta superficie de corrección así generada, se suma a la del geoides base (EGM2008) para generar el geoides escalado definitivo, es decir el modelo geoidal de El Salvador.

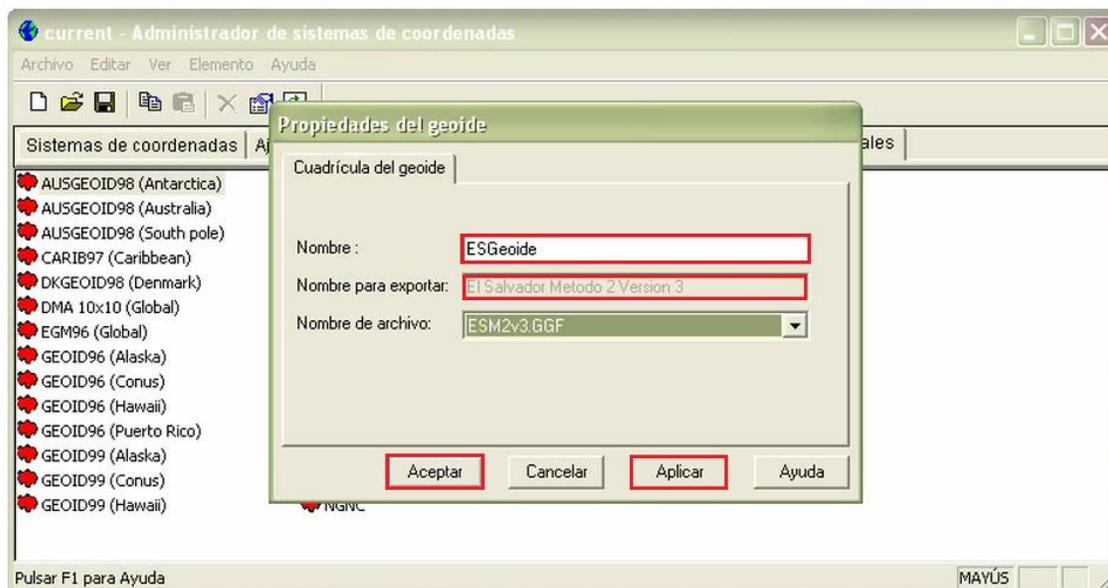


Figura 6.82 Ventana: Propiedades del Geoides configurada.

Ahora en la ventana ADMINISTRADOR DE SISTEMAS DE COORDENADAS y con la pestaña MODELOS GEOIDALES destacada, veremos que aparece en color azul el modelo creado.

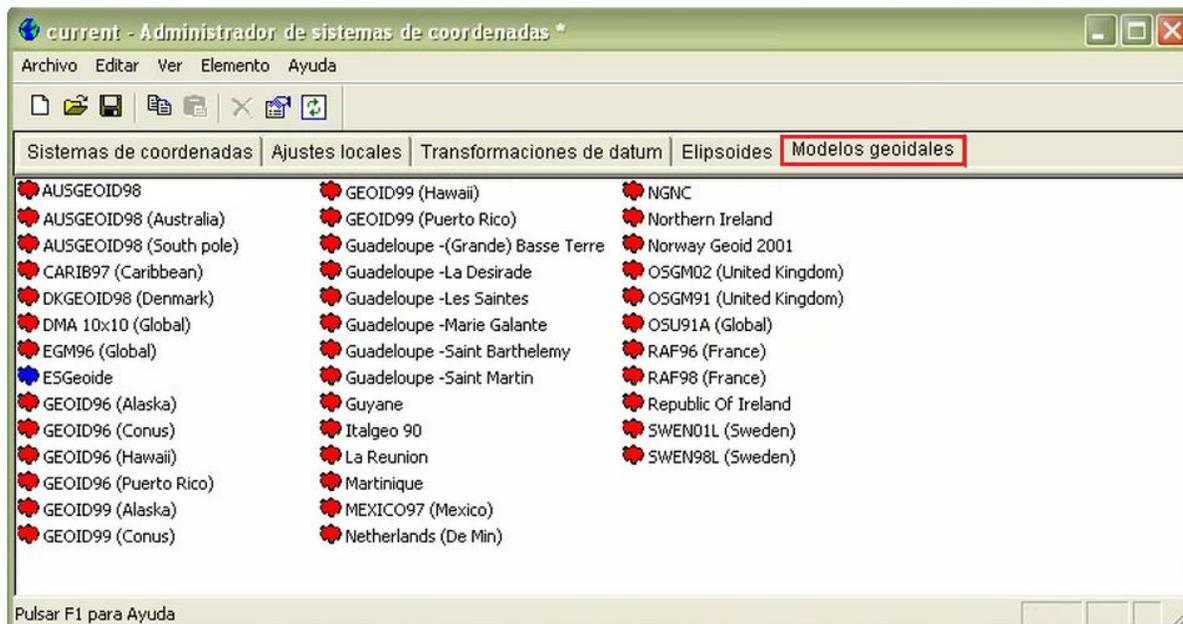


Figura 6.83 Archivo ESGeoide creado.

2. Establecido el modelo geoidal, el siguiente paso es la configuración para la transformación del datum. Lo primero que haremos será seleccionar el modo o método de cálculo que se utilizará para la transformación del datum, posteriormente, crearemos un archivo identificado con el nombre del datum que contenga los parámetros para su transformación a WGS-84.

En la ventana de ADMINISTRADOR DE SISTEMAS DE COORDENADAS destacamos la pestaña TRANSFORMACIONES DE DATUM, luego seleccionamos de la barra de menú la opción EDITAR, aparecerá un submenú en el que destacamos AÑADIR TRANSFORMACIÓN DE DATUM y en el menú desplegable que aparece, seleccionamos MOLODENSKY.



Figura 6.84 Selección del Modo de Transformación del Datum.

A continuación aparecerá la ventana SELECCIONAR GRUPO DE TRANSFORMACIÓN DE DATUM. Como el grupo a transformar aún no ha sido creado, habilitamos la opción CREAR UN NUEVO GRUPO DE TRANSFORMACIONES DE DATUM y seleccionaremos ACEPTAR.



Figura 6.85 Ventana: Seleccionar Grupo de Transformación de Datum.

Aparecerá la ventana PROPIEDADES DE LA TRASFORMACIÓN DEL DATUM en blanco.

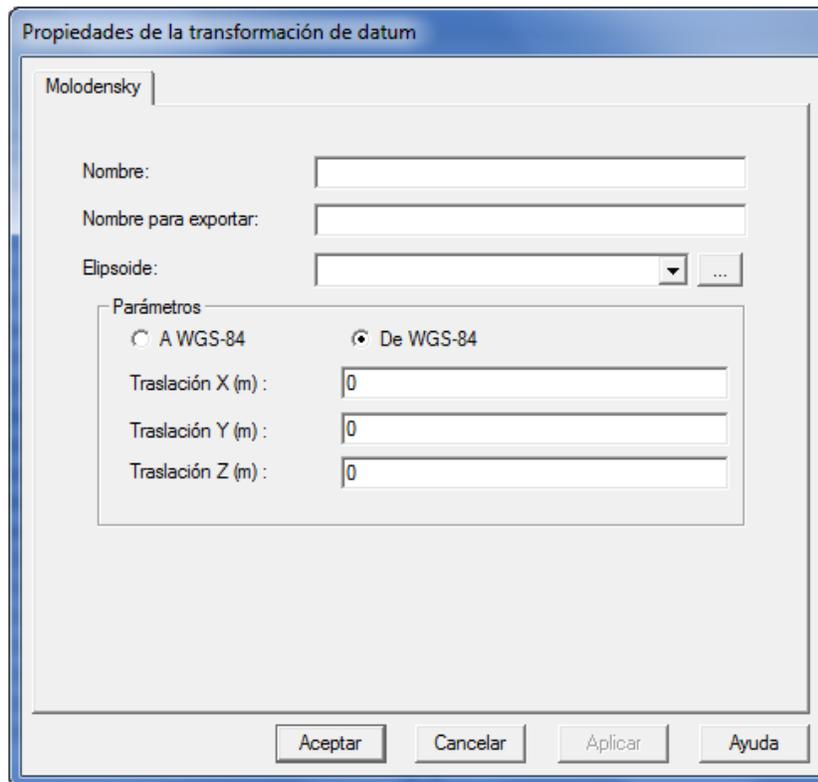


Figura 6.86 Ventana: Propiedades de la Transformación de Datum.

En la ventana PROPIEDADES DE LA TRANSFORMACIÓN DE DATUM, editaremos los parámetros calculados por el IGCN que hacen posible el paso del sistema NAD 27 al WGS 84. En el campo NOMBRE editaremos NAD 27 EL SALVADOR (por defecto el software asigna la misma información en el campo NOMBRE PARA EXPORTAR); en el campo de ELIPSOIDE, seleccionaremos de entre la lista disponible el elipsoide de CLARKE 1866 y luego habilitamos la opción A WGS-84. Los parámetros de transformación son:

- | | | |
|---|---|--|
| 1. TRASLACIÓN X (m): 0.00
2. TRASLACIÓN Y (m): 195.5
3. TRASLACIÓN Z (m): 197.2 | } | Parámetros de Transformación Datum
NAD 27 El Salvador (Ver Anexo F) |
|---|---|--|

Por último seleccionamos APLICAR y luego ACEPTAR.

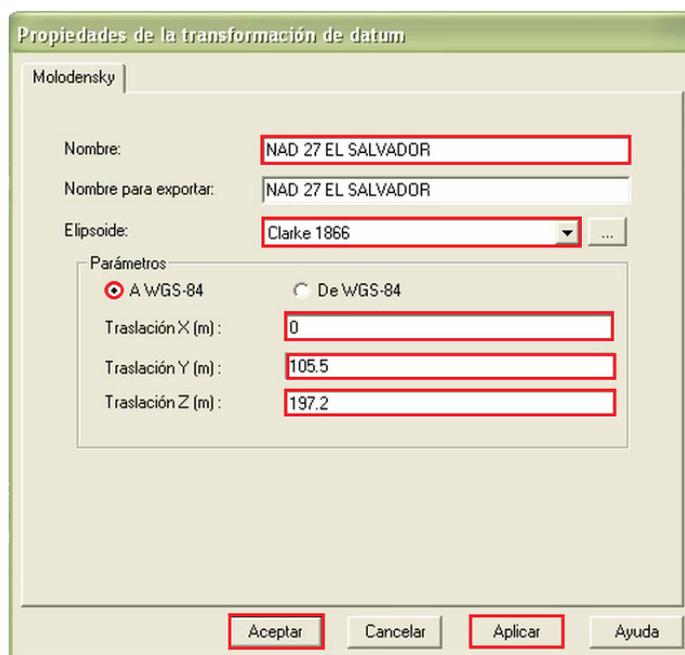


Figura 6.87 Ventana: Propiedades de la Transformación de Datum configurada.

Automáticamente aparecerá la ventana ADMINISTRADOR DE SISTEMAS DE COORDENADAS con la pestaña TRANSFORMACIONES DE DATUM destacada. En la

columna izquierda aparecerá el grupo de transformación del datum local recientemente configurado, mientras que en la columna derecha, el modo de transformación seleccionado.

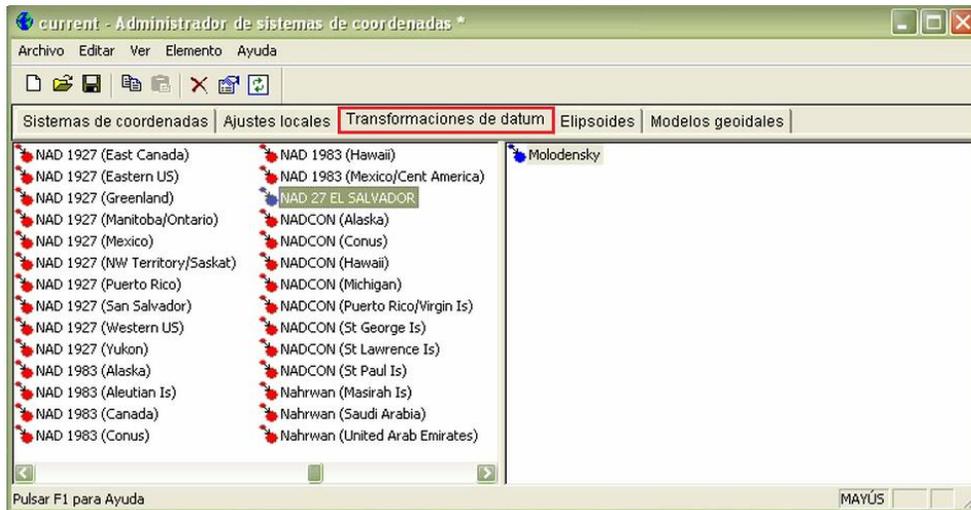


Figura 6.88 Grupo y Modo de transformación de Datum.

3. Ahora debemos establecer lo concerniente al sistema de coordenadas, para ello lo primero que haremos será añadir al proyecto un nuevo grupo de sistema de coordenadas, esto se logrará mediante la creación de una carpeta que contenga todos los parámetros de transformación datum, modelo geoidal y proyección cartográfica que hagan posible la obtención de coordenadas planas en el sistema local vigente.

En la ventana ADMINISTRADOR DE SISTEMAS DE COORDENADAS y con la pestaña SISTEMAS DE COORDENADAS destacada, seleccionamos la opción EDITAR de la barra de menú y luego elegimos AÑADIR GRUPO DE SISTEMA DE COORDENADAS.



Figura 6.89 Creación del Grupo de Sistema de Coordenadas.

En la ventana PARÁMETROS DEL GRUPO DE SISTEMAS DE COORDENADAS, editaremos el nombre con el que se identificará la carpeta en el proyecto. Por defecto la información que editemos en el campo NOMBRE, el software la asigna en el campo NOMBRE PARA EXPORTAR. El nombre de la carpeta será EL SALVADOR. Luego seleccionamos ACEPTAR.

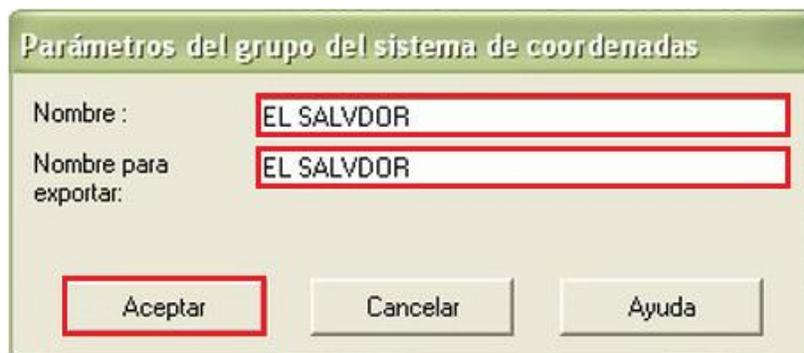


Figura 6.90 Ventana: Parámetros del Grupo del Sistema de Coordenadas.

En columna izquierda de la ventana ADMINISTRADOR DE SISTEMA DE COORDENADAS aparecerá la carpeta que acabamos de crear. En la carpeta EL SALVADOR, damos clic derecho y destacamos la opción AÑADIR NUEVO SISTEMA DE COORDENADAS, se desplegará un submenú dentro del que seleccionamos CÓNICA CONFORME DE LAMBERT DE 2 PARALELOS.



Figura 6.91 Configuración del Sistema de Coordenadas.

Automáticamente aparecerá la ventana PARÁMETRO DE LA ZONA, en NOMBRE, le asignamos LAMBERT, con lo que por defecto, esta información también será asignada en la opción NOMBRE PARA EXPORTAR; en la opción NOMBRE DEL DATUM, seleccionamos de entre la lista desplegable NAD 27 EL SALVADOR.

Al seleccionar el nombre del datum, el software por defecto le asocia el método que previamente habíamos definido para la transformación del datum seleccionado, en este caso MOLODENSKY. Por último seleccionamos SIGUIENTE.

Parámetros de la zona

Nombre : LAMBERT

Nombre para exportar: LAMBERT

Nombre del datum: NAD 27 EL SALVADOR

Método del datum: Molodensky

< Atrás Siguiente > Finalizar Cancelar Ayuda

Figura 6.92 Ventana: Parámetros de la Zona configurada.

La siguiente ventana a configurar es la de MODELO GEOIDAL, cuyos campos son los siguientes: En MÉTODO, dejamos el valor que aparece por defecto, es decir, MODELO DE LA CUADRÍCULA DEL GEOIDE; en MODELO, seleccionamos de la lista desplegable la opción ESGeoide, con que automáticamente, el software lo vinculará en el campo ARCHIVO con el ESM2v3.GGF. Seleccionamos SIGUIENTE.



Figura 6.93 Ventana: Modelo Geoidal configurada.

Por último configuraremos la ventana de PROYECCIÓN, en ella editaremos todos los datos referentes a la proyección cartográfica del país. En el campo PROYECCIÓN, aparece por defecto CÓNICA CONFORME DE LAMBERT DE 2 PARALELOS, el campo SISTEMA DE ACIMUT SUR queda deshabilitado y en dirección de coordenadas positivas, verificamos que estarán habilitados los campos NORTE, ESTE.

En los demás campos la información a editar es la siguiente:

1. LATITUD CENTRAL: 13 47 N
2. LONGITUD CENTRAL: 89 O
3. FALSO NORTE (m): 295809.184
4. FALSO ESTE (m): 500000
5. PARALELO 1: 14 15 N
6. PARALELO 2: 13 19 N
7. FACTOR DE ESCALA: 0.99996704

Estos valores de la Proyección Cartográfica son los actualmente establecidos para la República de El Salvador, y oficializados por el Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (Ver Anexo F).

Para finalizar seleccionamos SIGUIENTE.

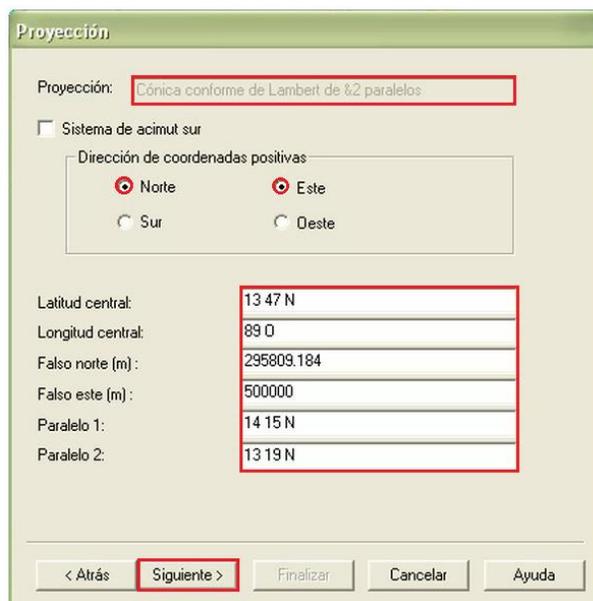


Figura 6.94 Ventana: Proyección configurada.

Aparecerá la ventana CUADRÍCULA DE DESPLAZAMIENTO, dejamos los valores que aparecen por defecto y seleccionamos FINALIZAR.

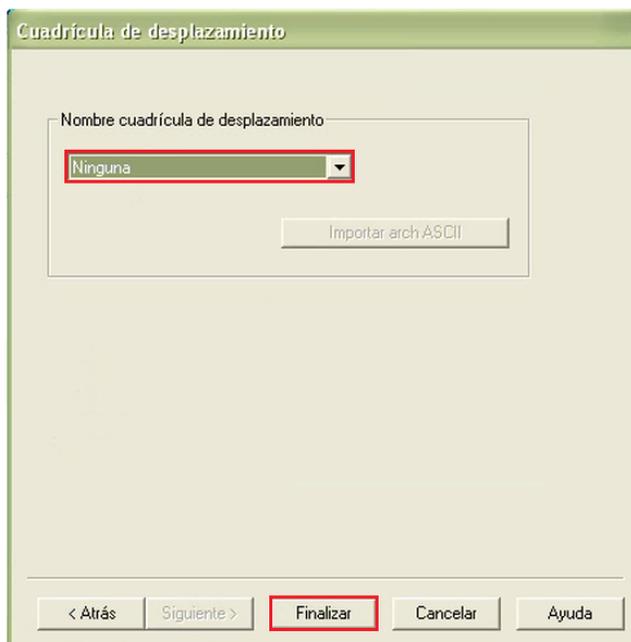


Figura 6.95 Ventana: Cuadrícula de Desplazamiento.

En la ventana ADMINISTRADOR DE SISTEMA DE COORDENADAS, pestaña SISTEMA DE COORDENADAS veremos que aparece en la columna izquierda la carpeta que contiene todos los parámetros configurados del sistema de coordenadas a utilizar y en la columna derecha, la respectiva proyección cartográfica.



Figura 6.96 Sistema de coordenadas y proyección cartográfica.

Para finalizar guardamos los cambios realizados.

6.8 CAMBIO DE SISTEMA.

Anteriormente se tenía ya procesados las redes geodésicas, obteniendo coordenadas WGS-84, Con el modelo geoidal y la proyección cartográfica configurada, procedemos a realizar el cambio de sistema en el software. El cambio de sistema nos permitirá obtener los informes de nuestro proyecto, tanto en coordenadas geográficas como coordenadas planas referidas al sistema local. Primero realizaremos el cambio de sistema.

1. En el archivo VÉRTICES AJUSTE 2013, seleccionamos en la barra de menú la opción PROYECTO, del submenú que aparecerá elegimos la opción SISTEMA.

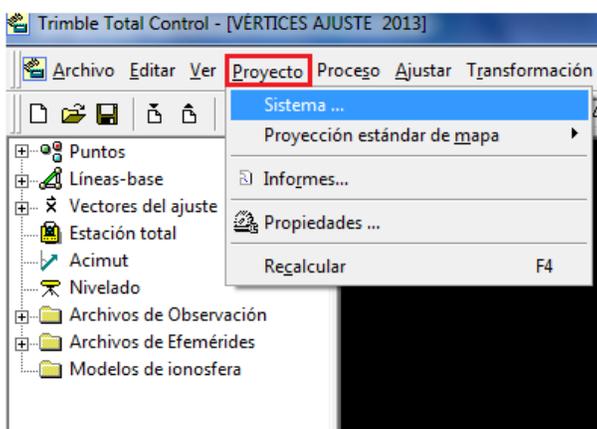


Figura 6.97 Cambio de Sistema en el Trimble Total Control.

2. Automáticamente aparecerá la ventana SELECCIONAR SISTEMA DE COORDENADAS, en ella habilitamos SISTEMA DE COORDENADAS Y ZONA y seleccionamos SIGUIENTE.

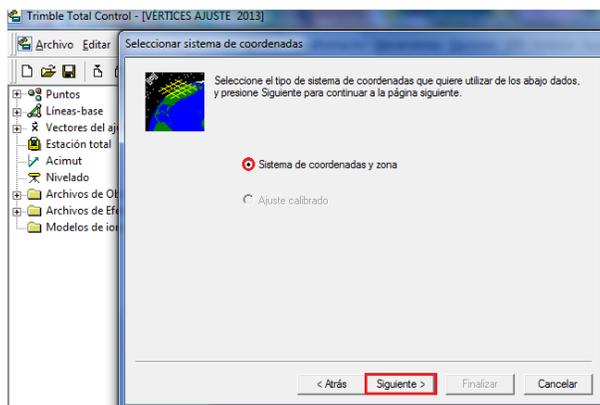


Figura 6.98 Ventana: Sistema de Coordenadas y Zona.

3. Seguidamente, nos aparecerá en una columna ubicada al lado izquierdo, la lista donde debemos buscar el grupo de sistema de coordenadas, de esa lista seleccionamos EL SALVADOR, tras esta primera selección, por defecto en la columna del lado derecho, que corresponde a la zona, se vinculará LAMBERT. Seleccionamos SIGUIENTE.

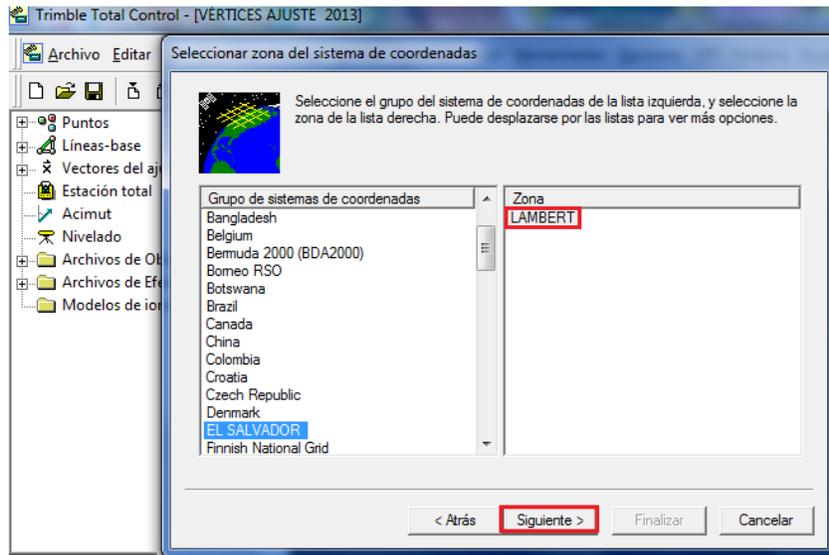


Figura 6.99 Ventana: Seleccionar Zona del Sistema de Coordenadas configurada.

4. Para finalizar el cambio de sistema, aparecerá la ventana SELECCIONAR MODELO GEOIDAL, en ella habilitamos la opción MODELO GEOIDAL PREDEFINIDO, y de la lista disponible seleccionamos ESGeoide. Luego seleccionamos FINALIZAR.

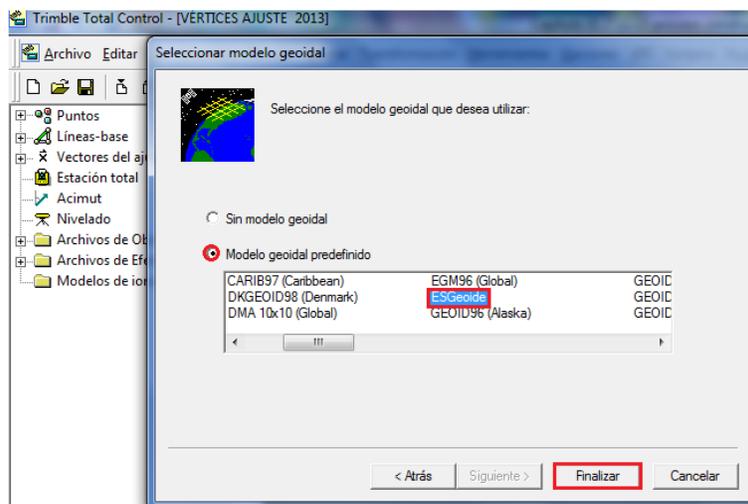


Figura 6.100 Ventana: Configurar Modelo Geoidal configurada.

5. Automáticamente en el área de dibujo, aparecerá la ventana que nos notifica que el sistema ha sido cambiado, en este habilitamos la opción MANTENER COORDENADAS WGS84 Y RECALCULAR COORDENADAS NACIONALES y seleccionamos ACEPTAR.

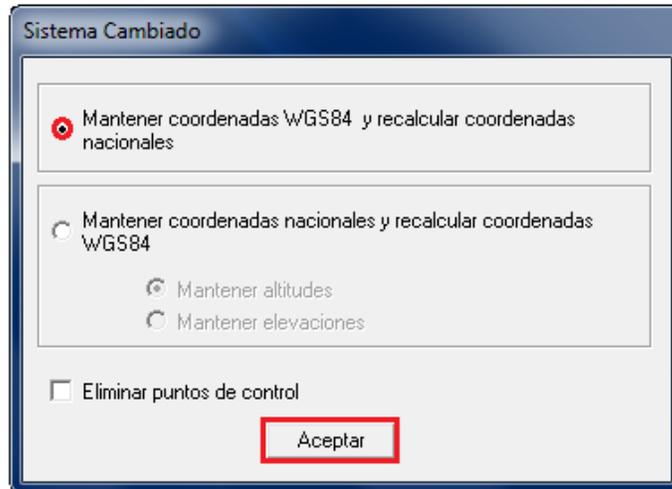


Figura 6.101 Confirmación del cambio de sistema.

Ahora el programa ha cambiado su sistema de PROYECCIÓN ESTÁNDAR DE MAPA a EL SALVADOR-LAMBERT.

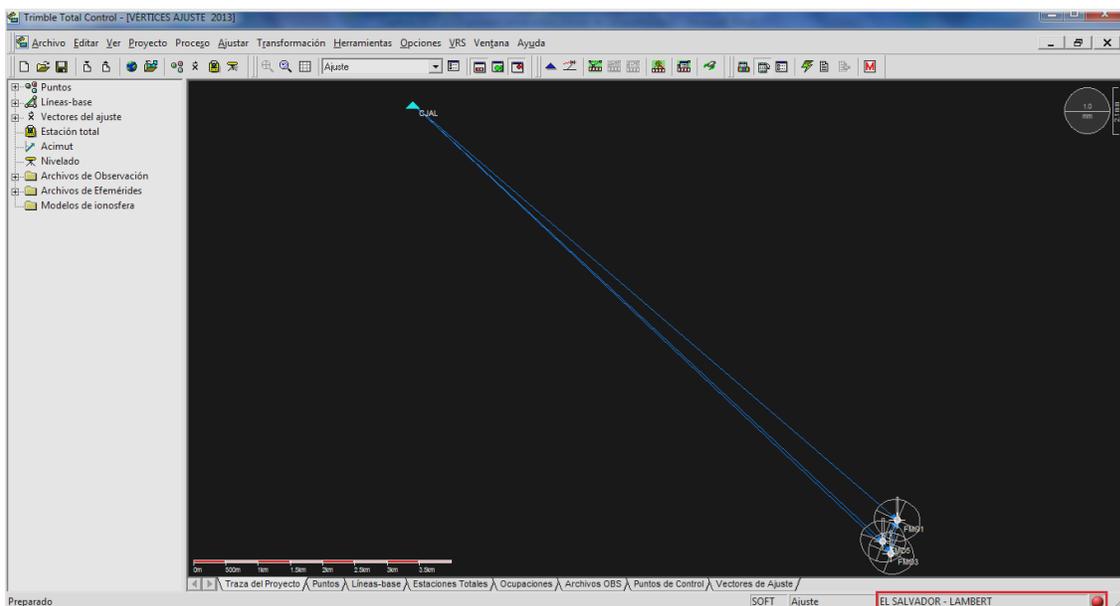


Figura 6.102 Ventana principal con sistema EL SALVADOR-LAMBERT.

6.9 INFORMES.

Para solicitar los informes procedemos de la siguiente manera:

1. En la opción PROYECTO de la barra de menú, seleccionamos INFORMES.

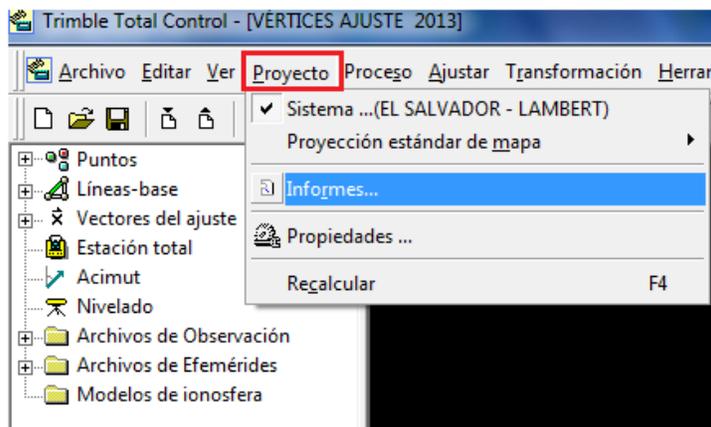


Figura 6.103 Selección de Informes.

2. La ventana INFORMES nos proporciona la lista de los informes disponible en el programa, de entre estos por su contenido y practicidad destacan el INFORME DE PROYECTO ESTÁNDAR y el REPASO DE COORDENADAS. Para obtener cualquiera de los informes disponibles, este se deberá destacar de la lista y luego seleccionar ACEPTAR.

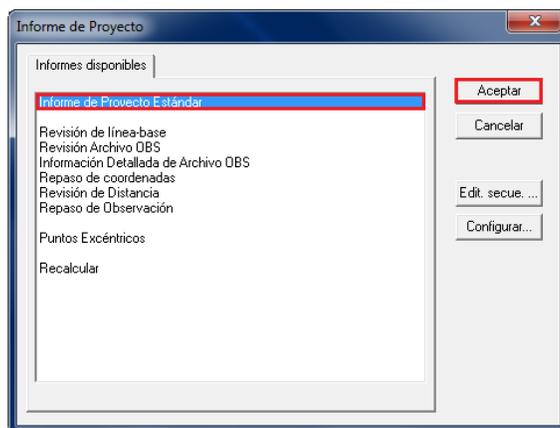


Figura 6.104 Ventana: Informe de Proyecto.

A continuación se presentan el INFORME DE REVISIÓN DE COORDENADAS para la red VÉRTICES 2013 (AJUSTE).

VÉRTICES AJUSTE 2013

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	17:27:7 12/1/2014
Sistema de coordenadas	EL SALVADOR	Zona	LAMBERT
Datum del proyecto	NAD 27 EL SALVADOR	Modelo de geoide	ESGeoide
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos 4

1. Información de Punto

Nombre de Punto	Código de Punto	Info. del punto	Cálculo	Ajustado	Local	Control
FMO1			No	Si	No	No
FMO3			No	Si	No	No
FMO5			No	Si	No	No
CJAL			Si	No	No	No

2. WGS84 - Coordenadas Cartesianas Geocéntricas

Nombre de Punto	X	Y	Z
FMO1	199404.7389m	-6201437.0523m	1472981.3079m
FMO3	199305.1083m	-6201552.6684m	1472479.9376m
FMO5	199184.0614m	-6201514.7092m	1472660.9383m
CJAL	191867.6296m	-6200312.7780m	1479307.2908m

3. WGS84 - Coordenadas Geográficas

Nombre de Punto	Latitud	Longitud	Altitud
FMO1	N 13° 26' 29.52817"	O 88° 09' 29.92165"	97.8641m
FMO3	N 13° 26' 12.81104"	O 88° 09' 33.35548"	90.6175m
FMO5	N 13° 26' 18.85569"	O 88° 09' 37.33686"	91.9985m
CJAL	N 13° 30' 00.02357"	O 88° 13' 39.20667"	247.5600m

4. Coordenadas de Cuadrícula Nacionales

Nombre de Punto	Direc. norte	Direc. este	Elevación
FMO1	258047.7569m	591142.8368m	95.7004m
FMO3	257533.6597m	591041.3437m	88.4723m
FMO5	257719.0003m	590920.9334m	89.8482m
CJAL	264491.3514m	583623.5988m	245.2129m

6.10 LEVANTAMIENTO CON ESTACION TOTAL

Con el objetivo de comparar los resultados obtenidos de los levantamientos con equipos GPS por los métodos Estático y Estático Rápido se levantó el mismo polígono con el equipo Estación Total.

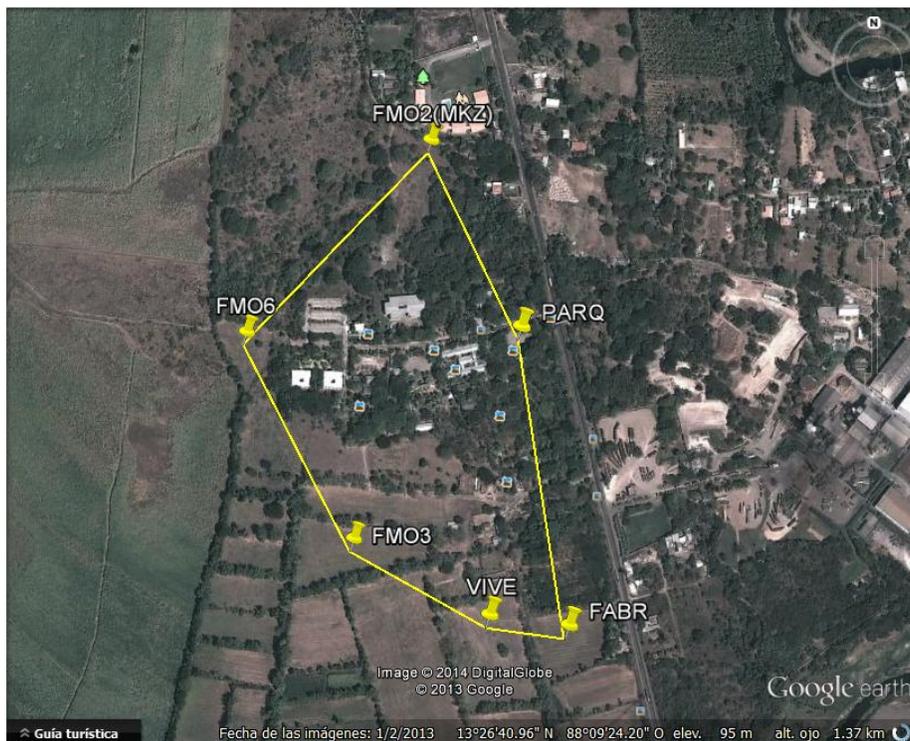


Figura 6.105 Polígono Levantado con Estación Total.

Para realizar el levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

1. Equipo Topográfico Estación Total

- ✓ Marca: SOKKIA
- ✓ Modelo: SET 650RX



2. Prisma Reflectivo:

- ✓ Marca: SOKKIA
- ✓ Cantidad: 2



3. Colectora de Datos.

- ✓ Marca: TDS RECON
- ✓ Software: SURVEY PRO



4. Herramienta General para Topografía.

- ✓ Cinta Métrica de 30.0 mt



- ✓ Plomada Topográfica



- ✓ Machete



- ✓ Estacas de Madera



- ✓ Clavos para topografía



6.10.1 Levantamiento en Campo.

Se realizó el levantamiento topográfico con el fin de comparar los datos de salida con los datos arrojados por el levantamiento con equipo GPS en método Estático Rápido.

Con el objetivo de obtener un ajuste por corrección de coordenadas se realizó el levantamiento por el método de la Poligonal Cerrada, la configuración del polígono nos llevó a realizar 13 estacionamientos y un último en el mismo punto donde se inició el levantamiento para realizar el cierre respectivo de poligonal.

De la misma manera, en los puntos donde era posible, se tomó información de los sideshots (disparos de ubicación, también llamados detalles). Los sideshots son puntos que no son vértices de nuestra poligonal de cierre pero que son de vital importancia en un levantamiento ya que pueden ser detalles o vértices de linderos que necesariamente deben aparecer en el levantamiento.

Una vez terminado el levantamiento y habiendo verificado que toda la información necesaria del terreno está en la colectora se procede a realizar la descarga de datos crudos del software SURVEY PRO en nuestra colectora.

6.10.2 Proceso de Ajuste.

El método con el cual se realizó el ajuste de la poligonal es el Método de la Brújula.

Este método de la Brújula fue propuesto por Nathaniel Bowditch alrededor del año 1800, es el método más utilizado en los trabajos normales de topografía.

Asume tres criterios importantes:

- Los ángulos y las distancias son medidos con igual precisión.
- El error ocurre en proporción directa a la distancias.
- Las proyecciones se corrigen proporcionalmente a la longitud de los lados.

Una vez definido el método por medio del cual se realizó el ajuste de la poligonal, procedemos a ejecutar el proceso de ajuste como se muestra a continuación:

- ✓ Habiendo realizado el levantamiento topográfico en campo, con la Estación Total SOKKIA SET650RX y la colectora TDS RECON se descarga de datos del colector, estos datos denominados datos crudos.
- ✓ Los archivos de datos crudos contienen tres tipos de información en diferentes archivos. Archivos extensión “RAW” que muestran toda la información y proceso de levantamiento, archivos extensión “JOB” que es un formato exclusivo de las colectoras TDS y archivos extensión “TXT” q contiene datos de las coordenadas del trabajo.

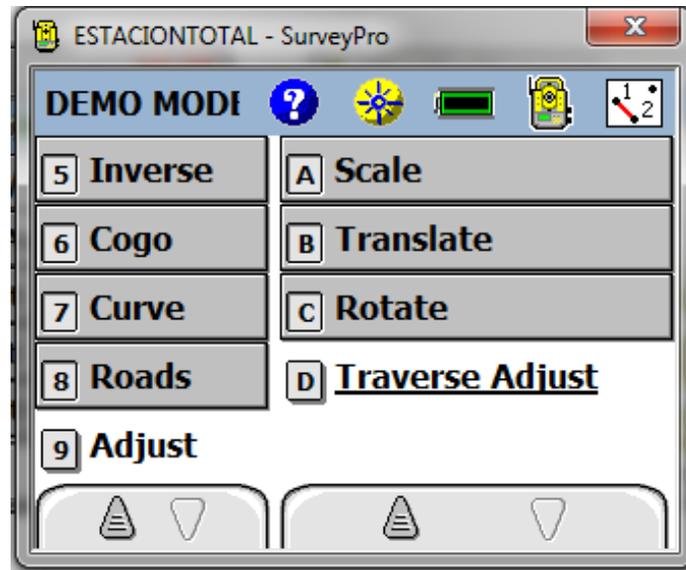


Figura 6.106 Datos Crudos.

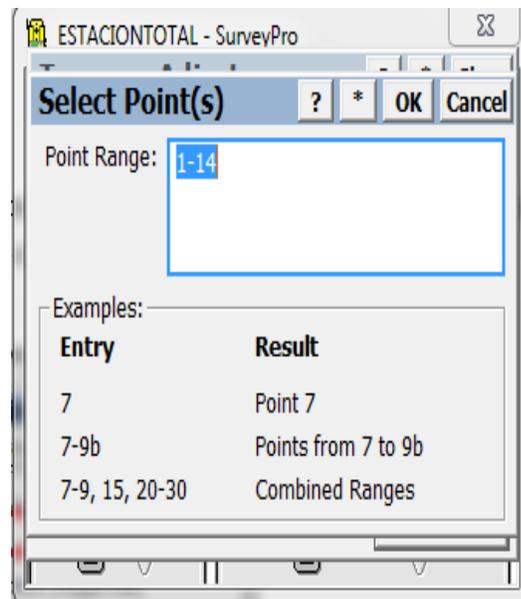
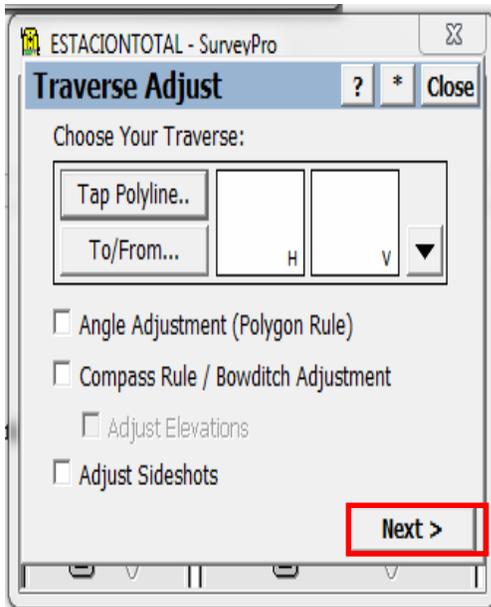
- ✓ Abrimos el archivo de datos Crudos extensión “JOB” con Survey Pro para realizar el ajuste.
Se puede apreciar todos los puntos tomados en el levantamiento.



- ✓ Seleccionamos en el Menú Principal en la herramienta ADJUST → TRAVERSE ADJUST



- ✓ Una vez seleccionada la herramienta TRAVERSE ADJUST, presionamos el “To/From” en el cuadro de dialogo, ingresamos el rango de puntos de los cuales está compuesta nuestra poligonal auxiliar y presionamos OK.

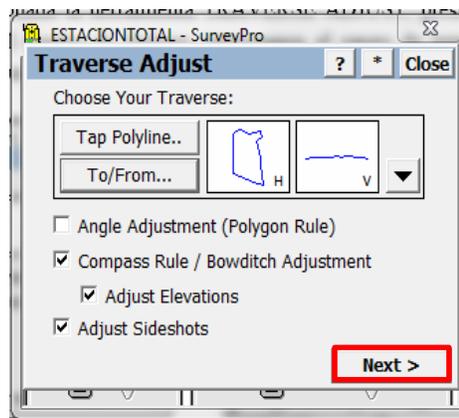


- ✓ Notaremos que la poligonal auxiliar está trazada en planta (recuadro H) y en elevación (recuadro V).

Una parte fundamental en el procedimiento de ajuste con el software es el ingreso de parámetros de ajustes, los que fueron utilizados son:

- Seleccionamos “Compass Rule” (Método de ajuste Regla de la Brújula)
- Seleccionamos “Adjust Elevations” (Para que realice también un ajuste de elevaciones)
- Seleccionamos “Adjust Sideshots” (para indicar que también realice un ajuste a los puntos tomados que no son parte de la poligonal auxiliar)

Luego de ingresados los parámetros de ajuste presionamos “Next”



- ✓ Seguidamente el software calculara y presentara los archivos extensión txt con los cálculos y las coordenadas de salida (ajustadas).

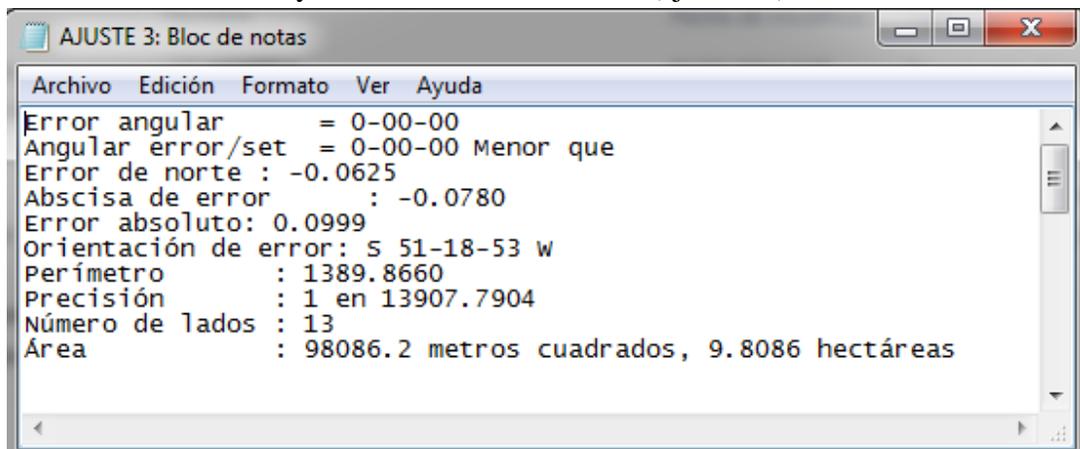


Figura 6.107 Archivo extensión TXT muestra información sobre el ajuste.

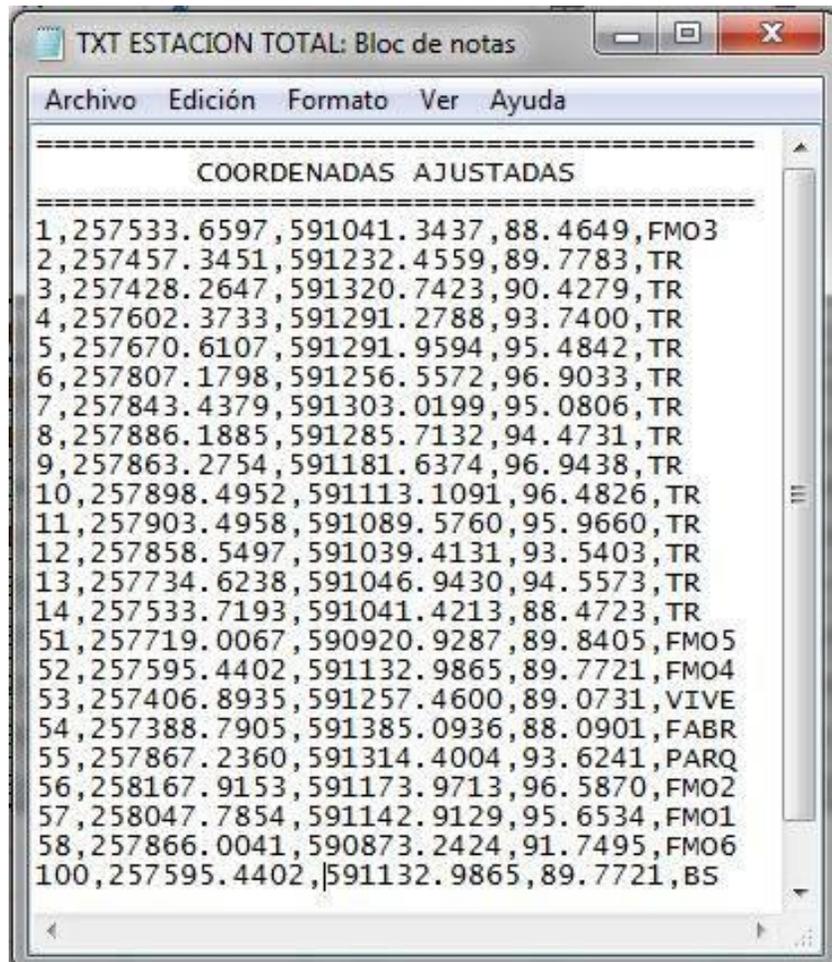


Figura 6.108 Archivo extensión TXT muestra coordenadas ajustadas.

Capítulo VII

Análisis Comparativo.

Introducción.

Durante todo el proceso se ha venido trabajando con la finalidad de dar a conocer los diferentes conceptos, teorías y métodos de medición con GPS y de Estación Total. A continuación se presenta un análisis comparativo entre ambos levantamientos donde se analizan las coordenadas finales ya procesadas y ajustadas según el caso correspondiente y sus respectivas precisiones, las cuales nos sirven como parámetros fundamentales para determinar la variación que existe el cual se detalla en una tabla comparativa.

A continuación se dan a conocer el equipo y las condiciones bajo las cuales se realizaron ambos levantamientos:

PARÁMETRO	GPS	ESTACIÓN TOTAL
Equipo	Marca: Ashtech ProMark2 Tipo: Una Frecuencia Cantidad: 4	Marca: Sokkia Set 650RX Cantidad: 1
Costos	Equipo: Alquiler \$50 por aparato un total de \$200. Monumentación: \$150 Otros: \$75	Equipo: Brindado por la facultad. Otros: \$50
Métodos de Medición	Estático y Estático Rápido.	Poligonal Cerrada
Tiempos	Sesión 1: 2 horas Sesión 2: 2 horas Sesión 3: 30 minutos	Sesión: 1: 8 horas
Software	Trimble Total Control	Survey Pro

Tabla 7.1 Equipos y Condiciones de levantamiento

7.1 PRECISIÓN DEL PROCESAMIENTO Y AJUSTE.

Las elipses de error obtenidas en el procesamiento y ajuste muestran gráficamente la calidad de los resultados del cálculo. Representan las desviaciones estándar en la dirección norte, este y en la altitud.

La desviación estándar o típica, expresa la exactitud de la medición del punto y su valor corresponde al radio del círculo de error en el cual se encuentran aproximadamente un 70% de los cálculos de posición.

En otras palabras, el círculo de referencia indica mediante el valor de su diámetro las magnitudes de los errores máximos obtenidos en la dirección norte o este, y la barra de referencia en la parte derecha indica la magnitud del error máximo obtenido en la altitud.

7.2 CIERRE DE BUCLE

El Trimble Total Control, nos permite realizar cierres de bucle en nuestras redes, estos cierres proveen un indicador del número de errores en un grupo de observaciones dentro de una red.

Un cierre de bucle se calcula seleccionando un punto del cual se han tomado una o más observaciones, añadiendo una de estas observaciones a las coordenadas del punto y calculando las coordenadas del segundo punto basándose en esta observación. Este proceso se repite una o más veces dentro de un bucle hasta terminar en el punto de origen. Si no hubiera errores en las observaciones, la coordenada calculada al final sería idéntica a la coordenada de inicio. Un cierre incorrecto se determina restando la coordenada calculada a la coordenada original. Dividiendo este error por la longitud de la línea permite expresar el error en partes por millón (Ver Anexo H).

Resultados: Red Vértices			
Parámetros	CJAL - FMO 1 - FMO 5	CJAL - FMO 5 - FMO 3	FMO1 – FMO 3 – FMO 5
Longitud Total (m)	20258.0849	20350.2133	1141.8093
Norte (m)	-0.0000	0.0040	0.0000
Este (m)	0.0020	-0.0010	-0.0000
Altitud (m)	-0.0080	0.0060	0.0030
Longitud del vector de cierre incorrecto (m)	0.0077	0.0075	0.0030
Precisión	0.383 ppm	0.371 ppm	2.617 ppm
Proporción	1 / 2614071	1 / 2698049	1 / 382157

Resultados: Red MKZ			
Parámetros	CJAL - FMO 2 - FMO 6	CJAL - FMO 6 - FMO 4	FMO 2 –FMO 4 – FMO 6
Longitud Total (m)	20098.9998	20394.6978	1375.1651
Norte (m)	0.0020	0.0020	-0.0010
Este (m)	0.0020	-0.0020	0.0010
Altitud (m)	-0.0060	0.0020	0.0020
Longitud del vector de cierre incorrecto (m)	0.0070	0.0031	0.0018
Precisión	0.347 ppm	0.150 ppm	1.333 ppm
Proporción	1 / 2884285	1 / 6681310	1 / 750024

Tabla 7.2 Resultados de Levantamiento Geodésico

7.3 ORDENES CLASES Y PRECISIONES DE REDES GEODÉSICAS

Con propósitos de clasificación de los levantamientos geodésicos se establecen los siguientes órdenes y clases de precisión relativa, asociados con valores de esta última que es posible obtener entre puntos ligados directamente, con un nivel de confianza del 95% y en tanto se observen las normas del caso:

ORDEN CLASE	PRECISIÓN RELATIVA
AA ÚNICA	1:100,000,000
A ÚNICA	1:10,000,000
B ÚNICA	1:1,000,000
C PRIMERO ÚNICA	1:100,000
C SEGUNDO CLASE I	1:50,000
C SEGUNDO CLASE II	1:20,000
C TERCERO CLASE I	1:10,000
C TERCERO CLASE II	1:5,000

Tabla 7.3 Tabla de Precisiones para GPS. Fuente: Nacional Geodetic Survey (NGS)

En los órdenes AA, A, B, se aplican básicamente las técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global y el orden C sigue vigente para los levantamientos geodésicos clásicos por los métodos tradicionales, siendo posible la aplicación de técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global en este orden.

ORDEN AA UNICA

Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden estarán destinados a estudios sobre deformación regional y global de la corteza terrestre y de efectos geodinámicos y en general cualquier trabajo que requiera una exactitud de una parte en 100,000,000.

ORDEN A UNICA

Deberá aplicarse para aquellos trabajos encaminados a establecer el sistema geodésico de referencia nacional básico, a levantamientos sobre estudios de deformación local de la corteza terrestre, así como cualquier levantamiento que requiera una precisión de 1:10,000,000.

ORDEN B UNICA

Se destinarán a levantamientos de densificación del sistema geodésico de referencia nacional, conectados necesariamente a la red básica; trabajos de ingeniería de alta precisión, así como de geodinámica. Los trabajos que se hagan dentro de esta clasificación deberán integrarse a la red geodésica básica y ajustarse junto con ella, dando como resultado una exactitud no menor a 1:1, 000,000.

ORDEN C PRIMERO UNICA

Los levantamientos geodésicos horizontales que se hagan dentro de este orden deberán destinarse al establecimiento de control primario en áreas metropolitanas, al apoyo para el desarrollo de proyectos importantes de ingeniería, con fines de investigación científica, y en general a cualquier trabajo que requiera una exactitud no menor a 1:100,000, y debiéndose ligar a la red geodésica básica o a su densificación.

ORDEN C SEGUNDO CLASE I

Se deberán aplicar en la densificación en las áreas metropolitanas; en el desarrollo de fraccionamientos y levantamientos detallados en zonas de alto desarrollo; alto valor del suelo; en el levantamiento y trazo de límites administrativos, para el control primario de cartografía catastral urbana y en general para todo proyecto que requiera de una exactitud no menor que 1:50,000.

ORDEN C SEGUNDO CLASE II

Deberá aplicarse en áreas urbanas de desarrollo medio; para el control terrestre para el levantamiento de cartografía catastral urbana por métodos fotogramétricos; en fraccionamientos y parcelaciones; en construcción; en áreas de alto valor del suelo; como control terrestre en el establecimiento de vías de comunicación o el establecimiento de obras de ingeniería civil y en todo trabajo que requiera una exactitud no menor que 1:20,000.

ORDEN C TERCERO CLASE I Y II

Se deberá destinar al control horizontal de todo tipo de levantamientos topográficos e hidrográficos; al control de áreas de valor medio a bajo del suelo; a proyectos locales de desarrollo; a proyectos de ingeniería; a cartografía catastral o general en áreas rurales y en general, para todo tipo de trabajo que requiera exactitudes de 1:10,000.

De acuerdo, a la clasificación ante mencionada nuestro proyecto es de Orden C Primero, cumpliendo con una precisión mayor 1:100,000.

Cuadro resumen de coordenadas geográficas y Lambert obtenidas:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
Vértice	Latitud – N	Longitud – O	Altitud (m)
FMO 1	13° 26' 29.52817"	88° 09' 29.92165"	97.8641
FMO 2	13° 26' 33.43301"	88° 09' 28.87334"	98.7389
FMO 3	13° 26' 12.81104"	88° 09' 33.35548"	90.6175
FMO 4	13° 26' 14.81094"	88° 09' 30.30174"	91.9205
FMO 5	13° 26' 18.85569"	88° 09' 37.33686"	91.9985
FMO 6	13° 26' 23.64276"	88° 09' 38.90566"	93.8474
VIVE	13° 26' 08.66279"	88° 09' 26.18445"	91.3050
FABR	13° 26' 08.06079"	88° 09' 21.94388"	90.3566
PARQ	13° 26' 23.63489"	88° 09' 24.24850"	95.9086

COORDENADAS EL SALVADOR LAMBERT			
Vértice	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)
FMO 1	258047.7569	591142.8368	95.7004
FMO 2	258167.8673	591173.9495	96.5708
FMO 3	257533.6597	591041.3437	88.4723
FMO 4	257595.4402	591132.9865	89.7721
FMO 5	257719.0003	590920.9334	89.8482
FMO 6	257865.9475	590873.2302	91.6926
VIVE	257406.9347	591257.4982	89.1617
FABR	257388.8817	591385.1221	88.2125
PARQ	257867.2477	591314.1194	93.7491

Tabla 7.4 Tabla de Coordenadas Geográficas y Lambert.

7.4 Precisión en levantamiento topográfico

Tal como se mencionó en el capítulo V de este documento la precisión es un valor de suma importancia para conocer cuál es el nivel de certeza de nuestro levantamiento, como definición se entiende la precisión es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio.

Para encontrar el valor de la precisión es necesario realizar unos cálculos preliminares, inicialmente calculamos el error en las direcciones Norte-Sur y Este-Oeste

Si sumamos todas las proyecciones a lo largo del eje Norte-Sur obtenemos;

$$\varepsilon\Delta N = \Sigma(N - S)$$

De la misma manera sumamos todas las proyecciones a lo largo del eje Este-Oeste obtenemos;

$$\varepsilon\Delta E = \Sigma(E - O)$$

Obteniendo estos dos datos podemos calcular el error absoluto lineal de nuestra poligonal.

$$\varepsilon L = \sqrt{(\varepsilon\Delta N + \varepsilon\Delta E)}$$

En topografía la precisión se calcula con por medio de la expresión:

$$P = \frac{\varepsilon L}{\Sigma L}$$

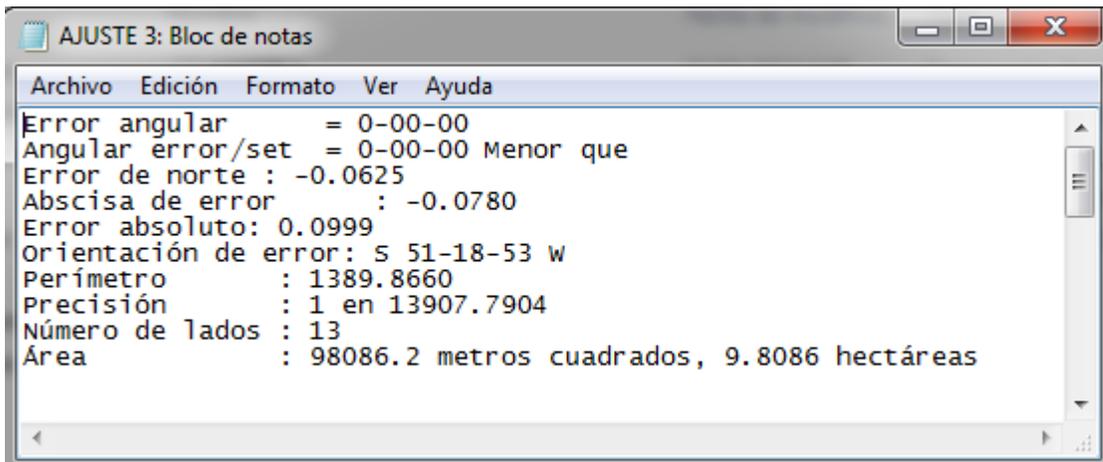
Donde:

εL = Error Lineal Absoluto

ΣL = Longitud Total de la Poligonal

P = Precisión

Retomando los datos de salida del software Survey Pro



Tomando los datos que el software cálculo podemos sustituir en la fórmula del Error absoluto Lineal, así;

$$P = \frac{\varepsilon L}{\Sigma L} = \frac{0.0999}{1389.8660} = 0.0000718774$$

El error relativo n , generalmente expresado 1: n viene dado por el inverso de P

$$n = \frac{1}{P} = \frac{1}{0.0000718774} = 13907.7904$$

A continuación se muestra tabla obtenida del libro “topografía” del autor Torres A. y Villate E. la cual nos puede dar una idea de las tolerancias para distintos tipos de levantamientos topográficos.

Tolerancia Lineal	Tipo de Levantamiento
1:800	Levantamiento de terrenos accidentados de poco valor, levantamientos de reconocimiento, colonizaciones, etc.
1:1,000 a 1:1,500	Levantamientos de terreno de poco valor por taquimetría con doble lectura a la mira.
1:1,500 a 1:2,500	Levantamiento de terrenos agrícolas de valor medio, con cinta.
1:2,500 a 1:5,000	Levantamientos urbanos y rurales, de mediano a alto valor, uso de distaciómetros electrónicos.
1:10,000	Levantamientos Geodésicos.

Tabla 7.5 Tabla de Precisiones para Estación Total.

	ESTACION TOTAL		
DESCRIPCION	NORTE	ESTE	ELEV
FMO1	258047.7854	591142.9129	95.6534
FMO2	258167.9153	591173.9713	96.5870
FMO3	257533.6597	591041.3437	88.4649
FMO4	257595.4402	591132.9865	89.7721
FMO5	257719.0067	590920.9287	89.8405
FMO6	257866.0041	590873.2424	91.7495
VIVE	257406.8796	591257.4102	89.0731
FABR	257388.7675	591385.0260	88.0901
PARQ	257867.1981	591314.2416	93.6241

GPS		
NORTE	ESTE	ELEV
258047.7569	591142.8368	95.7004
258167.8673	591173.9495	96.5708
257533.6597	591041.3437	88.4723
257595.4402	591132.9865	89.7721
257719.0003	590920.9334	89.8482
257865.9475	590873.2302	91.6926
257406.9347	591257.4982	89.1617
257388.8817	591385.1221	88.2125
257867.2477	591314.1194	93.7491

	DIFERENCIA		
DESCRIPCION	NORTE	ESTE	ELEV
FMO1	-0.0285	-0.0761	0.0470
FMO2	-0.0480	-0.0218	-0.0162
FMO3	0.0000	0.0000	0.0000
FMO4	0.0000	0.0000	0.0000
FMO5	-0.0064	0.0047	0.0077
FMO6	-0.0566	-0.0122	-0.0569
VIVE	0.0551	0.0880	0.0886
FABR	0.1142	0.0961	0.1224
PARQ	0.0496	-0.1222	0.1250

Tabla 7.6 Cuadro comparativo de coordenadas.

- La Precisión del Levantamiento con GPS de acuerdo a los cierres de bucle, para los vértices se obtuvo un promedio de 1:296,744 y para los MKZ se obtuvo 1:546,547.
- La precisión del Levantamiento con Estación Total es de 1:13,907.79 lo cual supera a la tolerancia lineal de 1:10,000.

A partir de estos resultados, se demuestra que se alcanzó y supero los niveles precisión requeridos para lograr un análisis comparativo entre ambos levantamientos ya que, para poder comparar un levantamiento con Estación Total con uno Geodésico este debe tener una precisión mínima de 1:10,000.

Tomando como base el hecho que ninguna medida puede ser interpretada como absoluta, y teniendo en cuenta que las variaciones entre las coordenadas obtenidas se deben fundamentalmente a la naturaleza y exigencias de cada uno de los métodos empleados, presentamos a continuación algunos de los elementos que influyeron en los resultados obtenidos al final de cada proceso:

1. Las distancias a las que se encuentran los puntos que forman la poligonal interna de la UES-FMO son considerablemente grandes, y debido al nivel de forestación y cantidad de infraestructuras que posee el campus no hay inter-visibilidad entre ninguno de los puntos, por lo que fue necesario realizar varios estacionamientos o "puestas de aparato", en este sentido, consideramos que a mayor número de estacionamientos, mayor es la probabilidad de perder precisión en el levantamiento.
2. El papel que juega el factor humano en ambos levantamientos es totalmente fundamental y afectará directamente la calidad de los datos obtenidos, sin embargo, a través del manual se muestra que en la etapa de toma de datos de las técnicas GPS utilizadas, la intervención del factor humano es relativamente poca comparada con su intervención o desenvolvimiento en el levantamiento con Estación Total, por lo que en la misma medida, existe la posibilidad de que la calidad de los datos obtenidos y por ende, los niveles de precisión alcanzados disminuyan por cualquier error del personal involucrado.
3. El levantamiento con GPS se realizó utilizando dos modalidades que fueron estática y estática rápida, sin embargo, el método estático rápido genera valores de precisión sensiblemente menores que los proporcionados por la técnica de medición estática.

Media vez existan las condiciones apropiadas para levantamiento con GPS, tales como buen horizonte para colecta de datos de satélite, sitio de fácil acceso y libre de interferencias o ruidos que puedan dañar la recepción de las señales y en distancias acordes a la técnica y equipo a utilizar, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) brindara rendimientos mucho más altos en la toma de datos y presiones obtenidas que con Estación Total.

Capítulo VIII

Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

Con la elaboración de los anteriores capítulos se da por finalizada la realización del Manual Técnico que entre otros incluye levantamiento, descarga y procesamiento de datos. Así mismo se presenta el análisis de resultados obtenidos. Teniendo como base toda la información antes presentada y partiendo de los objetivos planteados se concluye lo siguiente:

- Se presentó la teoría y conceptualización básica del sistema GPS y Geodesia Satelital los cuales son fundamentales para la comprensión y el desarrollo de cualquier trabajo relacionado con el establecimiento de redes Geodésicas. Dicha teoría nos sirvió en cada una de las etapas de este trabajo, ya que, de no conocer dicho conceptos, es poco probable la asimilación e interpretación de los resultados por la complejidad o la falta de información disponible. Cabe mencionar que desde un inicio, fue por factores como los últimamente mencionados que se decidió realizar esta investigación.
- Previo a la selección de los métodos que se utilizaron para las mediciones, se dan a conocer las diferentes técnicas que pueden ser utilizados para un levantamiento Geodésico con sus especificaciones, procedimientos y precisiones, de tal forma que la presente investigación sirva de respaldo para el desarrollo de mediciones con GPS, haciendo énfasis en que la selección del método se hará dependiendo de las ventajas y desventajas que este ofrezca, de las diferentes características o magnitudes del proyecto que se desea realizar y del tipo de aparatos necesarios para dicho trabajo.
- En la etapa de medición con GPS de la UES-FMO fue de suma importancia la creación de una red interna la cual se encuentra distribuida de norte a sur y consta de tres vértices geodésicos con sus respectivas marcas acimutales establecidos por medio del método Estático, logrando con ello una mayor eficiencia y precisión. Los vértices de la red se amarraron al vértice que se encuentra ubicado en el cantón Jalacatal, debido a su mayor precisión ya que esta pertenece a la red básica nacional (SIRGAS_ES2007) establecida por el Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (IGCN); también fue necesario la creación de tres puntos adicionales mediante el método de Estático Rápido completando un perímetro que a su vez fue levantado con

Estación Total donde posteriormente se obtuvieron sus coordenadas y precisiones para poder llevar a cabo el respectivo análisis comparativo de cada una de estas. Los puntos monumentados que forman parte de esta red, podrán ser utilizados como puntos de partida y de control de calidad para futuros proyectos de desarrollo de infraestructuras o mediciones con finalidades académicas dentro de la universidad.

- Para la obtención de elevaciones sobre el nivel medio del mar, se utilizó el modelo geoidal de El Salvador, sin embargo es importante hacer énfasis de que, pese a que los resultados que este ofrecen son bastante precisos, esta metodología de obtención de alturas, no es aplicable para obras de gran envergadura en las que la nivelación juega un papel trascendental, como por ejemplo trazo de carreteras primarias, obras hidráulicas de gran magnitud etcétera.
- Por el nivel de precisión obtenido en la red geodésica interna de la UES-FMO y debido al orden y clase de levantamiento geodésico en que esta se encuentra, se hace posible la incorporación de sus vértices a la red de densificación municipal establecida por el IGCN.
- Es importante hacer énfasis que el presente trabajo no se ha realizado con el afán de establecer superioridad de la tecnología satelital respecto al método tradicional de levantamiento topográfico con estación total, por el contrario, su meta esencial es servir como una guía básica que contenga la fundamentación teórica y práctica necesaria para la correcta utilización de la tecnología GPS en las áreas de redes geodésicas y de topografía aplicada. Hay que tener muy en cuenta que ambos métodos son importantes y sumamente precisos, sin embargo también poseen ciertas desventajas que ya sea por la naturaleza del proyecto, exigencias de precisión y funcionabilidad, tiempos y/o costos, restringen el tipo de equipo a utilizar.
- La red UES-FMO está compuesta desde los vértices FMO1 hasta FMO6 y el polígono está compuesto por los puntos identificados por FMO2, FMO3, FMO6, VIVERO, FABRICA y PARQUEO: sin embargo para la comparación de coordenadas finales

se tomaron para los puntos FMO2, FMO3 y FMO6 los datos obtenidos mediante la técnica estática.

- Los puntos FMO2 y FMO6 fueron medidos utilizando los métodos estático y estático rápido y las diferencias obtenidas fueron para FMO2 de 0.7273m en Este, 0.2656m en Norte y 0.5533m en Elevación ya que este era el punto más alejado del vértice utilizado como base que en nuestro caso fue FMO3. Para FMO6 las diferencias fueron 0.0122m en Este y 0.0332m en Norte y 0.0666 en elevación. (Ver Anexo I), con lo que se demuestra que el método estático proporciona mejores niveles de precisión y es por ello que se utilizaron las coordenadas de dicho método para realizar la comparación con los datos de levantamiento realizado con estación total.
- Las máximas diferencias de coordenadas entre los levantamientos con Estación Total y GPS resultaron en la proyección Norte en el punto FÁBRICA con 0.1142m, en la proyección Este 0.1222 y en Elevación 0.1250 ambos del punto PARQUEO.
- Las precisiones obtenidas el levantamiento realizado con GPS cuyos promedios son para la red de vértices 1:296,744 y para los MKZ 1:546,547 se concluye que la red creada dentro de la UES-FMO se encuentra dentro del orden clase C Primero Única con una precisión superior a 1:100,000. Y para Estación Total es de 1:13,907.79 lo cual supera a la tolerancia lineal de 1:10,000 por tanto nuestro levantamiento se considera dentro del orden C Tercera Clase I.
- Las coordenadas que contiene el plano del polígono interno de la UES-FMO son las obtenidas a través de las técnicas de medición con GPS, debido a sus altos niveles de precisión en comparación con los que proporciona el levantamiento con estación total.

8.2 Recomendaciones

En base a la experiencia obtenida a través del trabajo realizado recomendamos:

- Dado el amplio avance de la tecnología GPS aplicada a las diversas ramas de la ingeniería civil, es necesaria la actualización constante de conocimientos y técnicas, por lo cual se recomienda a la UES como ente formador de profesionales, considerar en sus planes de estudio la geodesia satelital como una nueva disciplina capaz de proporcionar resultados de alta precisión en proyectos de gran magnitud y tiempos relativamente cortos.
- Para la realización y validación de trabajos geodésicos de gran envergadura, se acuda al el Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (IGCN), por ser este el ente rector en cuanto a las disposiciones y reglamentos de todo lo referente al establecimiento de puntos de control y redes geodésicas.
- A las autoridades de la UES-FMO, que traten de preservar los vértices monumentados, ya que estos podrán servir como referencia para futuros trabajos de topografía, con lo que se obtendrían levantamientos georreferenciados a la red geodésica básica nacional SIRGAS_ES2007. Así mismo se recomienda a la facultad establecer vínculos con las autoridades del IGCN para que estos colaboren con la actualización de las coordenadas de dichos vértices o con su integración parcial a la red geodésica municipal.
- Las personas que se interesen en utilizar el presente manual como una guía en la aplicación de la tecnología GPS, deben tener en cuenta que a pesar de que las etapas de preparación, instalación y manipulación del equipo, descarga, procesamiento y ajuste de datos se plasmaron de la manera más ilustrativa posible, es indispensable leer el marco teórico para lograr un manejo integral de la conceptualización y aplicación práctica del tema.

FUENTES INFORMATIVAS.

- GPS Posicionamiento Satelital. Eduardo Huerta; Aldo Manguiaterra; Gustavo Noguera. Primera Edición: UNR Editorial- Universidad Nacional de Rosario 2005.
- Teoría, manuales y especificaciones proporcionados por el Ing. Wilfredo Amaya Zelaya del Instituto Geográfico y del Catastro Nacional.
- Revista Cartográfica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia
- Apuntes X Curso de GPS en Geodesia y Cartografía, Montevideo 24 de Mayo a 4 de Junio de 2010.
- Modelo Geoidal de El Salvador DR. FCO. JAVIER GONZÁLEZ MATESANZ Ingeniero Técnico en Topografía, Dr. Ingeniero en Geodesia y Cartografía, Ingeniero Geógrafo. D. CARLOS ENRIQUE FIGUEROA Gerente de Geodesia, Instituto Geografico y del Catastro Nacional de San Salvador. D. WILFREDO AMAYA ZELAYA Coordinador de Geodesia, Instituto Geografico y del Catastro Nacional de San Salvador. D. OSCAR VILAR GOMEZ Ingeniero en Geodesia y Cartografía de Mapline S.A. D. GUILLERMO TABARES ESTEBAN Director de Mapline S.A, JULIO DE 2009.
- Establecimiento de una red geodésica en Tegucigalpa (Honduras) mediante tecnologías GPS y enlace con las redes de referencia oficial de Centroamérica.
- Actualización del modelo de geoide de El Salvador, Reunión SIRGAS 2011, Ing Wilfredo Amaya Zelaya.
- Topografía; Miguel Montes de Oca, Editorial Alfaomega IV Edición, 1989..

ANEXOS

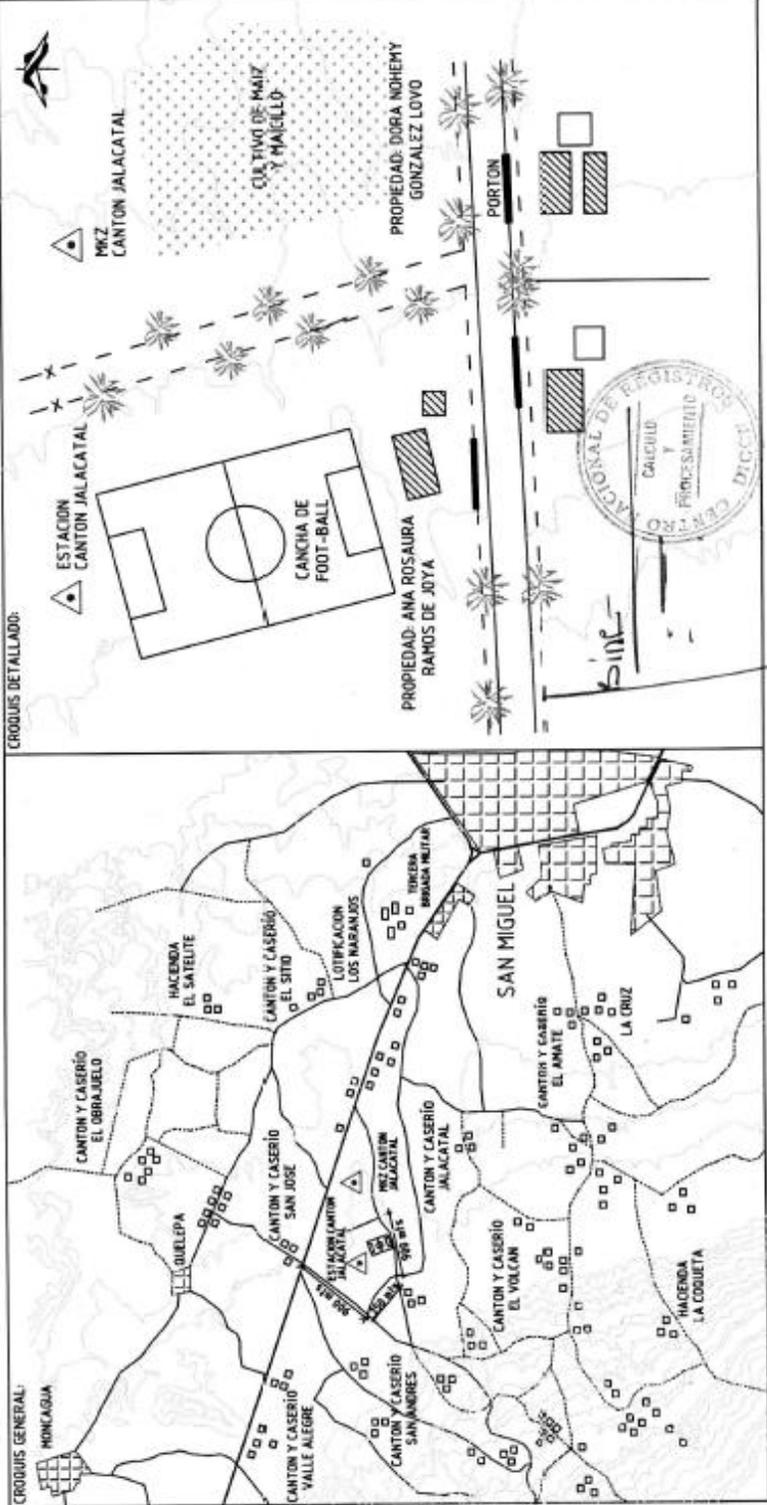


INSTITUTO GEOGRAFICO Y DEL CATASTRO NACIONAL

GERENCIA DE GEODESIA

PROYECTO - I T R F	
NOMBRE DE LA ESTACION: CANTON JALACATAL - MKZ CANTON JALACATAL	CLASE DE MARCA: HOJON DE CONCRETO
CANTON: -----	DEPARTAMENTO: SAN MIGUEL
DESCRITA POR: DOUGLAS VIADIMIR BIAITRES	DIGITALIZADA POR: M. ESCOBAR
MUNICIPIO: SAN MIGUEL	FECHA: AGOSTO 2008
RECONOCERON: J. VIGIL, J. MORENO	REVISADA POR: A. VILLALTA

DESCRIPCION:
 "CANTON JALACATAL". SE ENCUENTRA UBICADA EN TERRENOS PROPIEDAD DE LA SEÑORA ANA ROSAURA RAMOS DE JOYA. PARA LLEGAR A LA ESTACION TOMANDO COMO PUNTO DE PARTIDA EL DESVIO LA ESTACION HACIA PLACITAS Y SAN JORGE SOBRE LA CARRETERA PANAMERICANA QUE CONDUCE DE SAN SALVADOR HACIA SAN MIGUEL DE AQUI RECORRER UNA DISTANCIA HACIA EL SUR DE 900 MTS. LLEGARA A DESVIO A LA IZQUIERDA CALLE DE TIERRA, CONTINUAR POR ESTA CON UNA DISTANCIA HASTA LLEGAR A CRUCES DE CALLE CON 250 MTS. CONTINUAR A LA IZQUIERDA CON UNA DISTANCIA APROXIMADA DE 900 MTS. HASTA LLEGAR A UNA CANCHIA DE FOOT-BALL. SE UBICA A LA IZQUIERDA, LUEGO LA ESTACION SE LOCALIZA ATRAS DE LA PORTERIA NORTE DE DICHA CANCHIA DE FOOT-BALL. LA ESTACION CONSISTE EN UN PERNO GALVANIZADO INCRUSTADO EN LA CARA SUPERIOR DE UN MOJON DE CONCRETO DE FORMA PIRAMIDAL TRUNCADO TIPO II MODIFICADO. TAMBIEN POSEE UNA BASE SUBTERRANEA DE FORMA CUADRADA. TAMBIEN POSEE UNA BASE DE CONTRAMARCO DE 0.40x0.60 MTS. LA MARCA DE AZIMUT CONSISTE EN UN PERNO GALVANIZADO INCRUSTADO EN LA PARTE SUPERIOR DE UN MOJON DE CONCRETO EN FORMA ANALOGA AL DE LA ESTACION PERO SIN BASE SUBTERRANEA, NI CONTRAMARCO Y SE UBICA APROXIMADAMENTE DE UNOS 100 MTS. DE LA ESTACION.



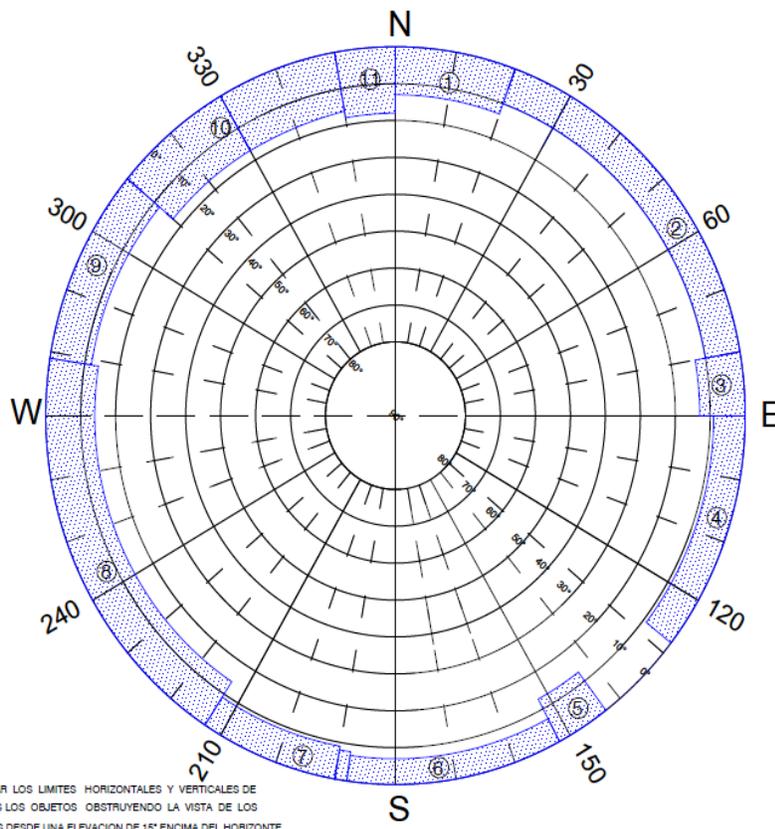
Anexo B: Diagramas De Obstrucción.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DIAGRAMA DE OBSTRUCCION

PROYECTO: TESIS UES 2013
 NOMBRE DE LA ESTACION: MOJON MILPA
 ID GPS DE LA ESTACION: MILPA
 FECHA/DIA JULIANO: MARTES 26 DE NOVIEMBRE DE 2013/330

ESTACION ESTABLECIDA POR: GRUPO TESIS
 UBICACION DE LA ESTACION: DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA FMO



INDICAR LOS LIMITES HORIZONTALES Y VERTICALES DE TODOS LOS OBJETOS OBSTRUYENDO LA VISTA DE LOS CIELOS DESDE UNA ELEVACION DE 15° ENCIMA DEL HORIZONTE.

No	RANGO DE AZIMUT	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESCRIPCION
1	0° - 20°	11° - 13°	47.40	ARBOLES
2	20° - 80°	10° - 10°	80.10	ARBOLES
3	80° - 90°	10° - 13°	54.08	ARBOLES
4	90° - 130°	13° - 9°	54.57	ARBOLES
5	130° - 150°	10° - 15°	52.81	ARBOLES
6	150° - 180°	6° - 7°	46.84	ARBOLES
7	180° - 190°	7° - 8°	42.19	ARBOLES
8	190° - 210°	8° - 9°	53.33	ARBOLES
9	210° - 270°	13 - 14°	64.25	ARBOLES
10	270° - 310°	11° - 12°	61.37	ARBOLES
11	310° - 360°	14° - 17°	54.18	ARBOLES
12	360° - 360°	16° - 18°	46.17	ARBOLES

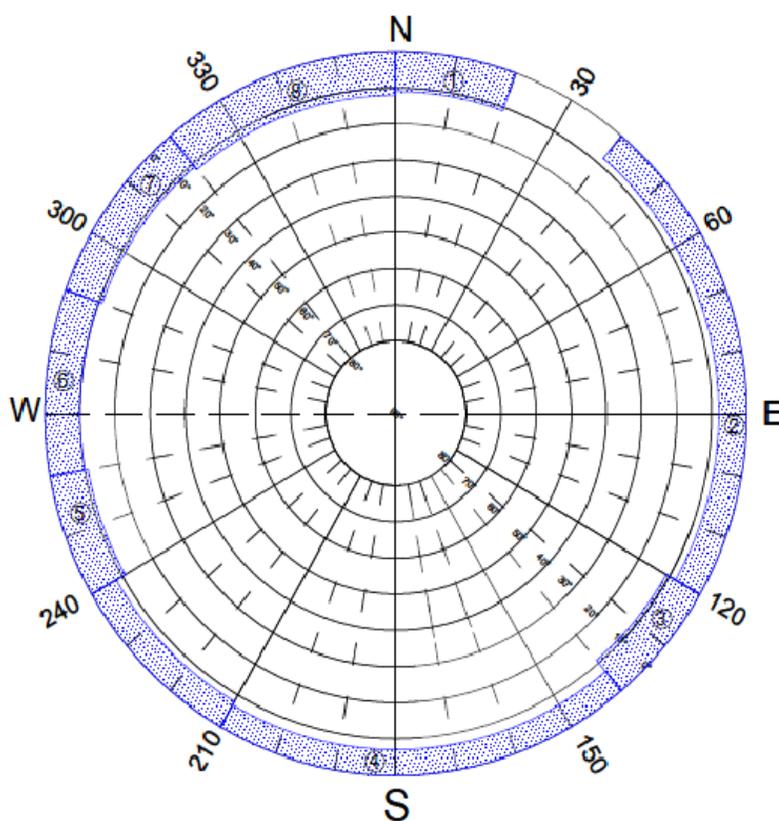
OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DIAGRAMA DE OBSTRUCCION

PROYECTO: TESIS UES 2013
 NOMBRE DE LA ESTACION: MOJON VIVERO
 ID GPS DE LA ESTACION: VIVERO
 FECHA/DIA JULIANO: MARTES 26 DE NOVIEMBRE DE 2013/330

ESTACION ESTABLECIDA POR: GRUPO TESIS
 UBICACION DE LA ESTACION: DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA FMO



INDICAR LOS LIMITES HORIZONTALES Y VERTICALES DE
 TODOS LOS OBJETOS OBSTRUYENDO LA VISTA DE LOS
 CIELOS DESDE UNA ELEVACION DE 15° ENCIMA DEL HORIZONTE.

No.	RANGO DE AZIMUT	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESCRIPCION
1	0° - 20°	10° - 11°	80.43	ARBOLES
2	20° - 80°	10° - 10°	78.87	ARBOLES
3	80° - 90°	10° - 13°	18.46	ARBOLES
4	90° - 130°	13° - 9°	106.62	ARBOLES
5	130° - 150°	10° - 15°	110.46	ARBOLES
6	150° - 180°	8° - 7°	91.19	ARBOLES
7	180° - 190°	7° - 8°	83.06	ARBOLES
8	190° - 210°	8° - 9°	72.58	ARBOLES

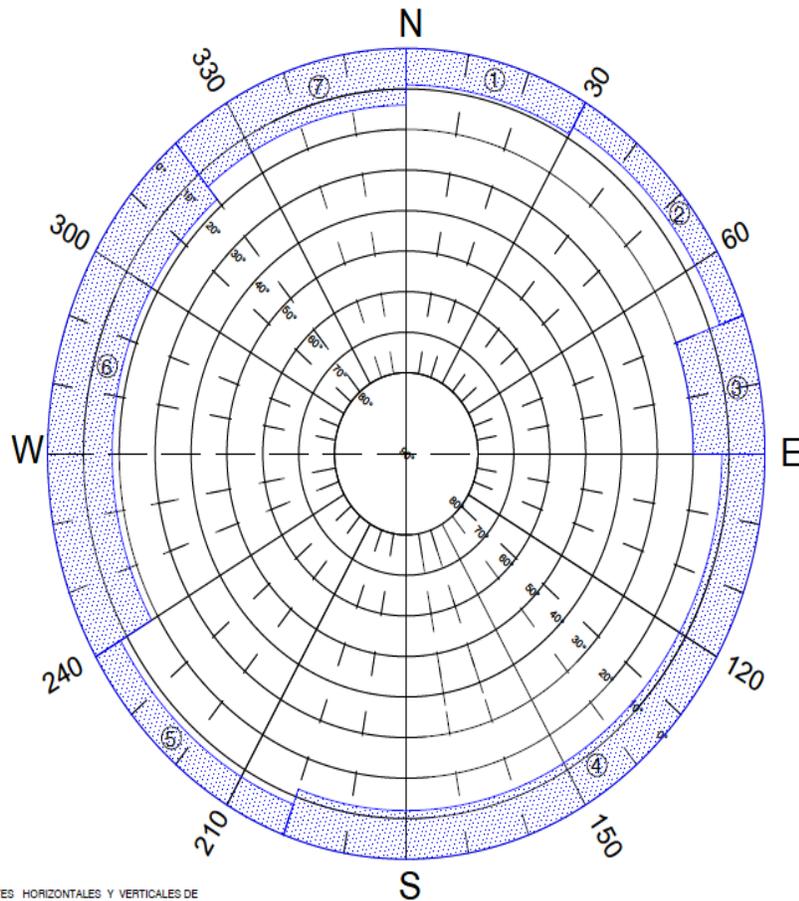
OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DIAGRAMA DE OBSTRUCCION

PROYECTO: TESIS UES 2013
 NOMBRE DE LA ESTACION: FMO 1
 ID GPS DE LA ESTACION: FMO 1
 FECHA/DIA JULIANO: MARTES 26 DE NOVIEMBRE DE 2013/330

ESTACION ESTABLECIDA POR: GRUPO TESIS
 UBICACION DE LA ESTACION: CANCHA BIBLIOTECA FMO



INDICAR LOS LIMITES HORIZONTALES Y VERTICALES DE TODOS LOS OBJETOS OBSTRUYENDO LA VISTA DE LOS CIELOS DESDE UNA ELEVACION DE 15° ENCIMA DEL HORIZONTE.

No	RANGO DE AZIMUT	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESCRIPCION
1	0° - 30°	9° - 9°	82.39	ARBOLES
2	30° - 60°	9° - 7°	86.14	ARBOLES
3	70° - 90°	19° - 20°	20.77	ARBOLES
4	90° - 200°	10° - 12°	23.75	ARBOLES
5	200° - 240°	8° - 8°	27.57	ARBOLES
6	240° - 320°	18° - 18°	30.07	ARBOLES
7	320° - 380°	13° - 14°	96.76	ARBOLES

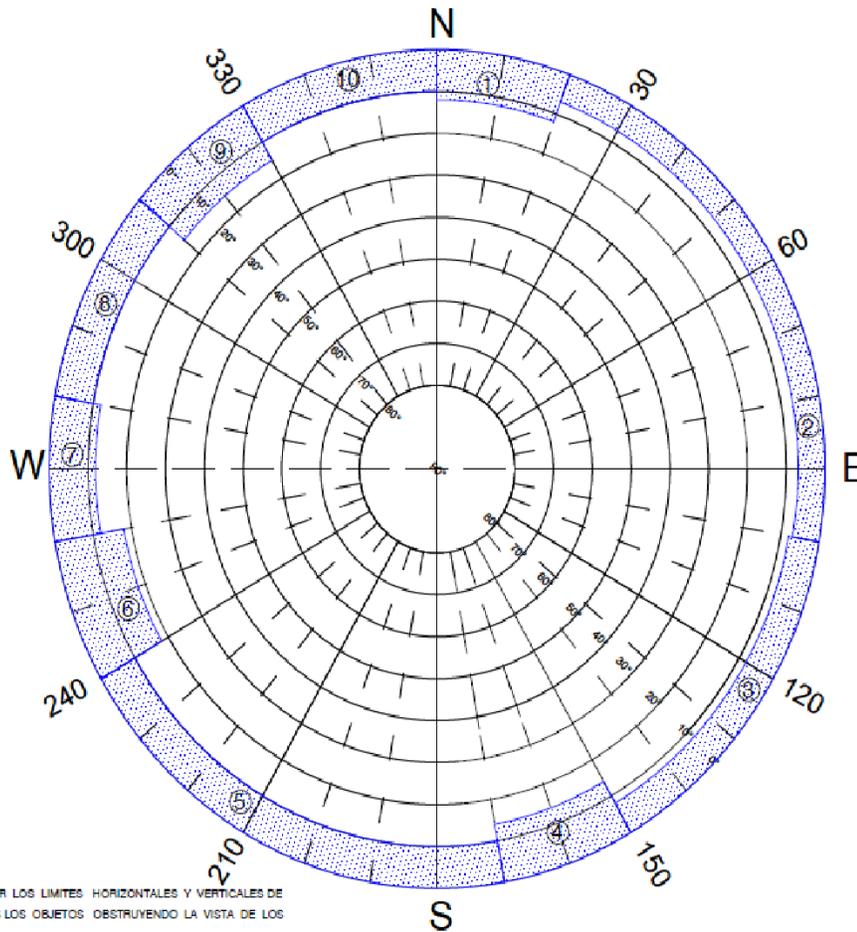
OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DIAGRAMA DE OBSTRUCCION

PROYECTO: TESIS UES 2013
 NOMBRE DE LA ESTACION: FMO 2
 ID GPS DE LA ESTACION: FMO 2
 FECHA/DIA JULIANO: MARTES 26 DE NOVIEMBRE DE 2013/330

ESTACION ESTABLECIDA POR: GRUPO TESIS
 UBICACION DE LA ESTACION: CANCHA BIBLIOTECA FMO



INDICAR LOS LIMITES HORIZONTALES Y VERTICALES DE
 TODOS LOS OBJETOS OBSTRUYENDO LA VISTA DE LOS
 CIELOS DESDE UNA ELEVACION DE 15° ENCIMA DEL HORIZONTE.

Nº	RANGO DE AZIMUT	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESCRIPCION
1	0° - 20°	11° - 12°	16.12	ARBOLES
2	20° - 100°	12° - 7°	12.63	ARBOLES
3	100° - 150°	7° - 8°	31.01	ARBOLES
4	150° - 170°	8° - 14°	32.00	ARBOLES
5	170° - 240°	14° - 10°	12.06	ARBOLES
6	240° - 280°	10° - 18°	14.20	ARBOLES
7	280° - 290°	18° - 12°	18.10	ARBOLES
8	290° - 310°	12° - 8°	23.57	ARBOLES
9	310° - 330°	8° - 15°	21.75	ARBOLES
10	330° - 360°	15° - 10°	40.31	ARBOLES

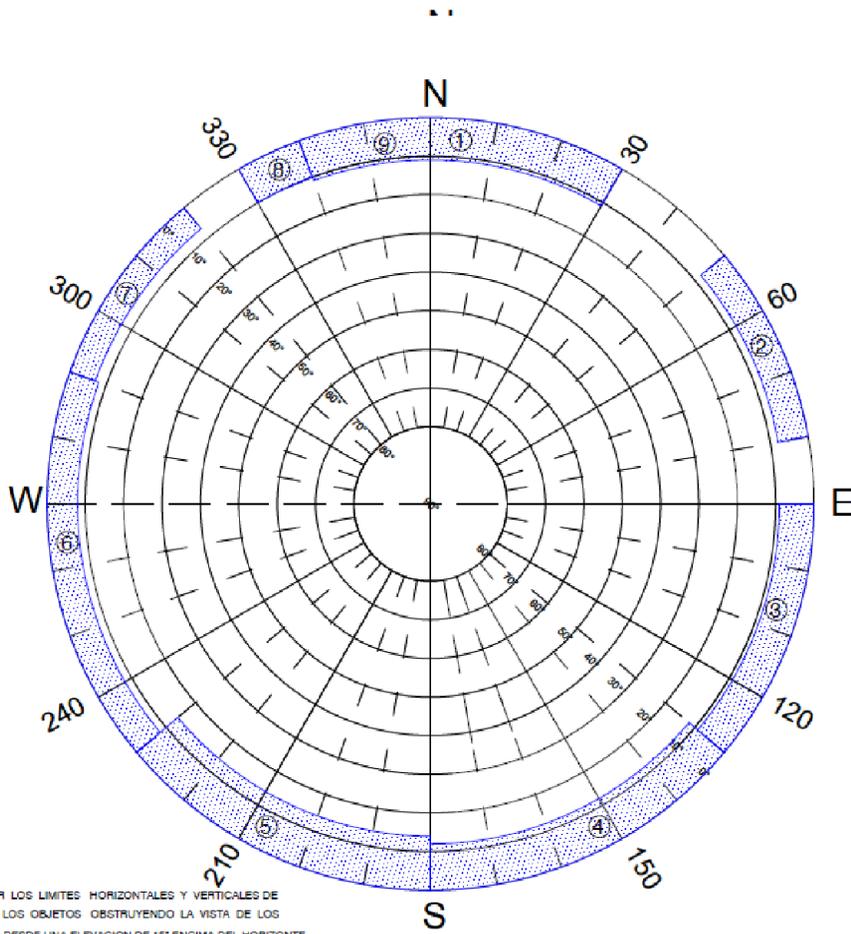
OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DIAGRAMA DE OBSTRUCCION

PROYECTO: TESIS UES 2013
 NOMBRE DE LA ESTACION: FMO 3
 ID GPS DE LA ESTACION: FMO 3
 FECHA/DIA JULIANO: MARTES 26 DE NOVIEMBRE DE 2013/330

ESTACION ESTABLECIDA POR: GRUPO TESIS
 UBICACION DE LA ESTACION: CANCHA DE AGRONOMIA



No.	RANGO DE AZIMUT	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESCRIPCION
1	0° - 30°	11° - 12°	35.11	ARBOLES
2	30° - 60°	8° - 9°	75.47	ARBOLES
3	60° - 90°	2° - 3°	132.34	ARBOLES
4	90° - 130°	3° - 4°	88.83	ARBOLES
5	130° - 160°	12° - 15°	51.24	ARBOLES
6	160° - 230°	8° - 8°	80.89	ARBOLES
7	230° - 290°	6° - 7°	84.50	ARBOLES
8	290° - 330°	7° - 8°	88.48	ARBOLES
9	330° - 360°	8° - 11°	36.47	ARBOLES

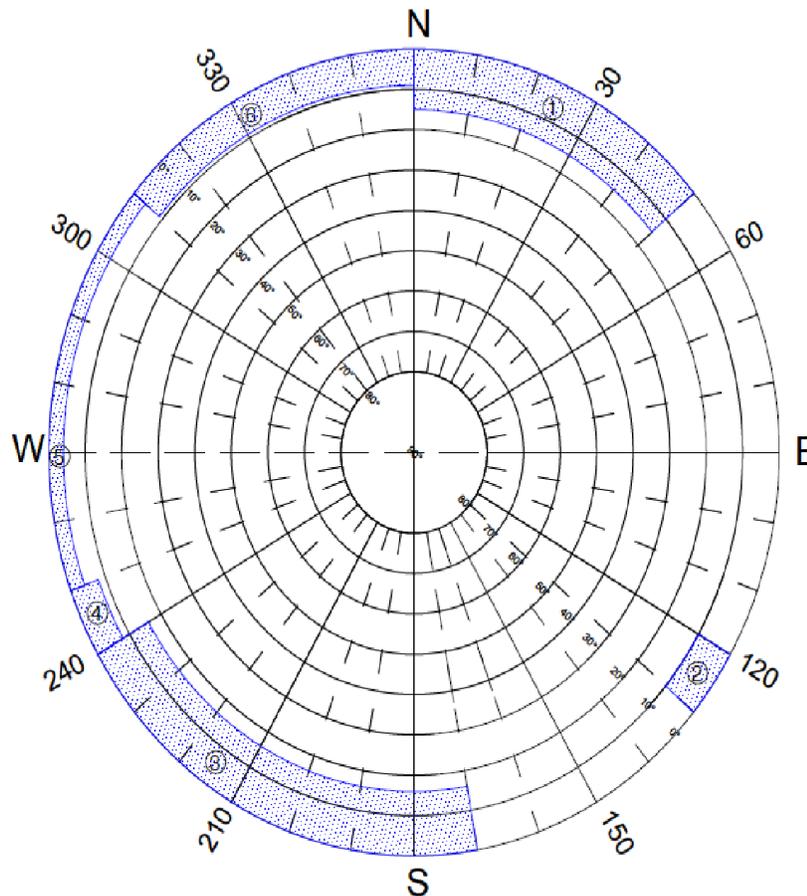
OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DIAGRAMA DE OBSTRUCCION

PROYECTO: TESIS UES 2013
 NOMBRE DE LA ESTACION: FMO 4
 ID GPS DE LA ESTACION: FMO 4
 FECHA/DIA JULIANO: MARTES 26 DE NOVIEMBRE DE 2013/330

ESTACION ESTABLECIDA POR: GRUPO TESIS
 UBICACION DE LA ESTACION: PARQUEO CANCHA DE AGRONOMIA



INDICAR LOS LIMITES HORIZONTALES Y VERTICALES DE
 TODOS LOS OBJETOS OBSTRUYENDO LA VISTA DE LOS
 CIELOS DESDE UNA ELEVACION DE 15° ENCIMA DEL HORIZONTE.

Nº	RANGO DE AZIMUT	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESCRIPCION
1	0° - 50°	10° - 12°	29.89	ARBOLES
2	120° - 130°	8° - 10°	59.61	ARBOLES
3	170° - 240°	14° - 16°	28.15	ARBOLES
4	240° - 250°	7° - 8°	38.98	ARBOLES
5	250° - 310°	4° - 5°	108.12	ARBOLES
6	310° - 360°	8° - 9°	45.02	ARBOLES

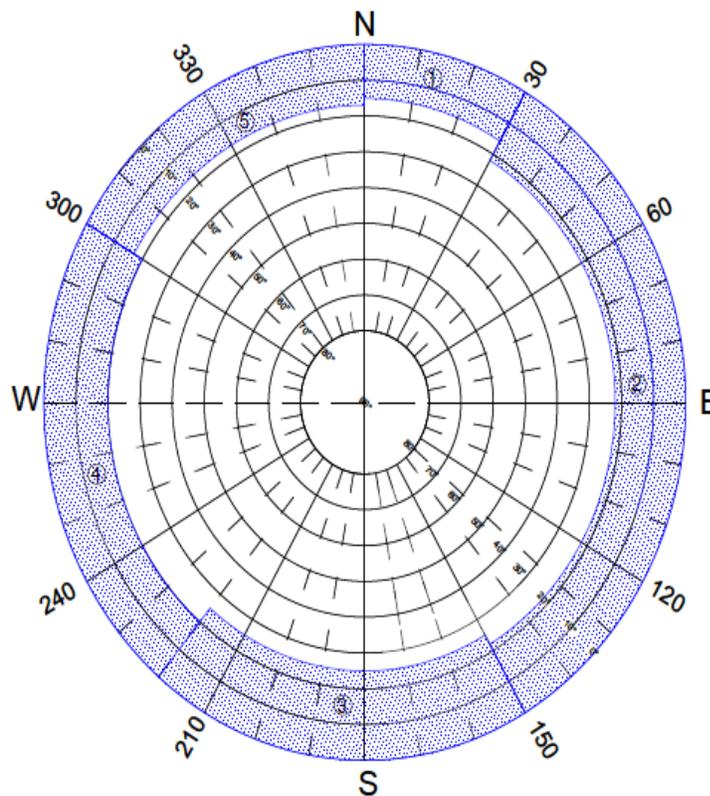
OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DIAGRAMA DE OBSTRUCCION

PROYECTO: TESIS UES 2013
 NOMBRE DE LA ESTACION: MOJON PARQUEO
 ID GPS DE LA ESTACION: PARQ
 FECHA/DIA JULIANO: MARTES 26 DE NOVIEMBRE DE 2013/330

ESTACION ESTABLECIDA POR: GRUPO TESIS
 UBICACION DE LA ESTACION: PARQUEO DE ESTUDIANTES UES-FMO

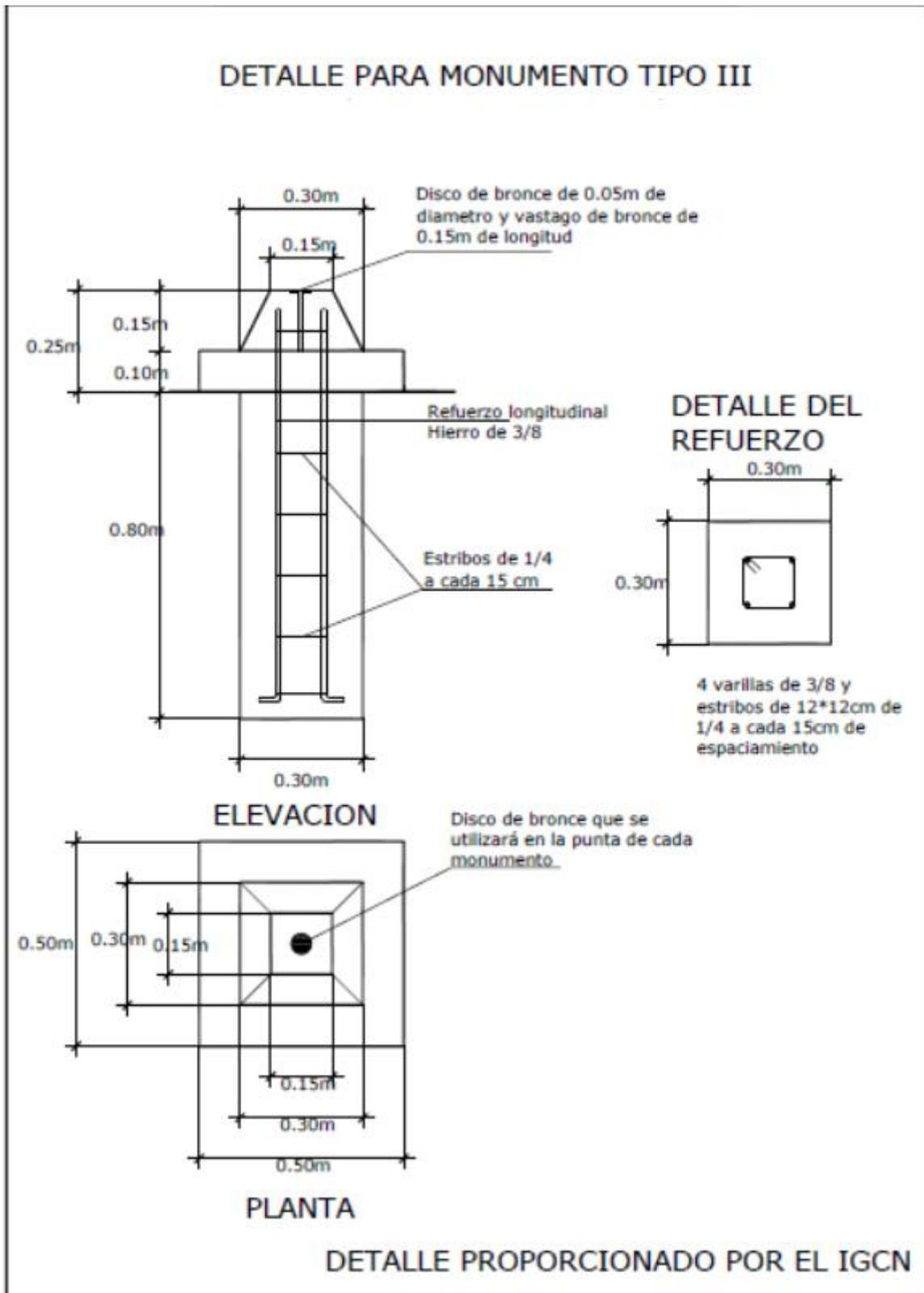


INDICAR LOS LIMITES HORIZONTALES Y VERTICALES DE
 TODOS LOS OBJETOS OBSTRUYENDO LA VISTA DE LOS
 CIELOS DESDE UNA ELEVACION DE 15° ENCIMA DEL HORIZONTE.

No.	RANGO DE AZIMUT	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESCRIPCION
1	0° - 30°	16° - 18°	19.23	ARBOLES
2	30° - 150°	20° - 22°	26.74	ARBOLES
3	150° - 210°	20° - 25°	15.61	ARBOLES
4	210° - 300°	20° - 20°	20.73	ARBOLES
5	300° - 360°	16° - 17°	23.44	ARBOLES

OBSERVACIONES:

Anexo C: Plano de Detalle del Mojón tipo III Modificado.



ANEXO D: Formato GPS de campo.

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:	Jalacatal	Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Josue Salvador Martinez Nolasco	
DATOS			
SESION A	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	Canton Jalacatal	
	identificacion de GPS:	CJAL	
	Dia Juliano:	286	
	Fecha:	13/10/2013	
	PDOP:	3.6	
	Numero de Satelites:	9	
	Hora de Iniciacion:	10:00 AM	
	hora de Finalizacion	1:00 PM	
	Intervalo de Grabacion	15 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	1.41 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertical
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Diego Jose Guandique Rivas	
DATOS			
SESION A	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	UES-FMO 1	
	identificacion de GPS:	FMO1	
	Dia Juliano:	286	
	Fecha:	13/10/2013	
	PDOP:	3.4	
	Numero de Satelites:	9	
	Hora de Iniciacion:	10:35 AM	
	hora de Finalizacion	1:00 PM	
	Intervalo de Grabacion	15 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	1.47 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertical
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Ramon Ernesto Lopez Vargas	
DATOS			
SESION A	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	UES-FMO 3	
	identificacion de GPS:	FMO3	
	Dia Juliano:	286	
	Fecha:	13/10/2013	
	PDOP:	2.6	
	Numero de Satelites:	6	
	Hora de Iniciacion:	11:53 AM	
	hora de Finalizacion	1:00 PM	
	Intervalo de Grabacion	15 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	1.65 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/> Vertical	<input type="checkbox"/> Inclinada
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Ramon Abel Cruz Guandique	
DATOS			
SESION A	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	UES-FMO 5	
	identificacion de GPS:	FMO5	
	Dia Juliano:	286	
	Fecha:	13/10/2013	
	PDOP:	3.5	
	Numero de Satelites:	7	
	Hora de Iniciacion:	10:55 AM	
	hora de Finalizacion	1:16 PM	
	Intervalo de Grabacion	15 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	1.37 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/> Vertical	<input type="checkbox"/> Inclinada
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Diego Jose Guanque Rivas	
DATOS			
SESION B	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	Canton Jalacatal	
	identificacion de GPS:	CJAL	
	Dia Juliano:	330	
	Fecha:	26/11/2013	
	PDOP:	2.4	
	Numero de Satelites:	8	
	Hora de Iniciacion:	9:34 AM	
	hora de Finalizacion	1:06 PM	
	Intervalo de Grabacion	15 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	1.41 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/> Vertical	<input type="checkbox"/> Inclinada
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Josue Salvador Martinez Nolasco	
DATOS			
SESION B	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	UES-FMO2	
	identificacion de GPS:	FMO2	
	Dia Juliano:	330	
	Fecha:	26/11/2013	
	PDOP:	2	
	Numero de Satelites:	9	
	Hora de Iniciacion:	10:26 AM	
	hora de Finalizacion	1:05 PM	
	Intervalo de Grabacion	15 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	2.40 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/> Vertical	<input type="checkbox"/> Inclinada
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Ramon Ernesto Lopez Vargas	
DATOS			
SESION B	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	UES-FMO4	
	identificacion de GPS:	FMO4	
	Dia Juliano:	330	
	Fecha:	26/11/2013	
	PDOP:	3.1	
	Numero de Satelites:	8	
	Hora de Iniciacion:	10:15 AM	
	hora de Finalizacion	1:05 PM	
	Intervalo de Grabacion	15 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	2.32 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertical
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Ramon Abel Cruz Guandique	
DATOS			
SESION B	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	UES-FMO6	
	identificacion de GPS:	FMO6	
	Dia Juliano:	330	
	Fecha:	26/11/2013	
	PDOP:	3.3	
	Numero de Satelites:	9	
	Hora de Iniciacion:	9:45 AM	
	hora de Finalizacion	1:05 PM	
	Intervalo de Grabacion	15 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	2.30 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertical
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Ramon Ernesto Lopes Vargas	
DATOS			
SESION C	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	UES-FMO3(BASE)	
	identificacion de GPS:	FMO3	
	Dia Juliano:	330	
	Fecha:	26/11/2013	
	PDOP:	2.9	
	Numero de Satelites:	7	
	Hora de Iniciacion:	3:39 PM	
	hora de Finalizacion	5:00 PM	
	Intervalo de Grabacion	10 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	2.21 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertical
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Josue Salvador Martinez Nolascio	
DATOS			
SESION C	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	PARQUEO	
	identificacion de GPS:	PARQ	
	Dia Juliano:	330	
	Fecha:	26/11/2013	
	PDOP:	2	
	Numero de Satelites:	7	
	Hora de Iniciacion:	3:44 PM	
	hora de Finalizacion	4:01 PM	
	Intervalo de Grabacion	10 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	2.40 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertical
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Diego Jose Guandique Rivas	
DATOS			
SESION C	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	VIVERO	
	identificacion de GPS:	VIVE	
	Dia Juliano:	330	
	Fecha:	26/11/2013	
	PDOP:	1.9	
	Numero de Satelites:	9	
	Hora de Iniciacion:	4:28 PM	
	hora de Finalizacion	4:44 PM	
	Intervalo de Grabacion	10 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	1.43 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertical
Observacion:			

FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO CON GPS			
Nombre del Proyecto:		TESIS UES-FMO	
Departament	San Miguel	Municipio:	San Miguel
Canton:		Caserio:	
Nombre de Responsable de la medicion de GPS:		Diego Jose Guandique Rivas	
DATOS			
SESION C	Tipo de Medicion	Estatica	
	Nombre de la Estacion:	FABRICA	
	identificacion de GPS:	FABR	
	Dia Juliano:	330	
	Fecha:	26/11/2013	
	PDOP:	2.5	
	Numero de Satelites:	7	
	Hora de Iniciacion:	3:55 PM	
	hora de Finalizacion	4:10 PM	
	Intervalo de Grabacion	10 seg	
	Fabricante del Receptor	Ashtech	
	Antena	ProAntena L1	
	Altura de Antena:	1.43 m	
	Tipo de Altura	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertical
Observacion:			

ANEXO E: Coordenadas del vértice Cantón Jalacatal.



COORDENADAS WGS84					
No.	VERTICE	ID	LONGITUD (W)	LATITUD (N)	ELEVACION ELIPSOIDAL
1	CANTON JALACATAL	CIAL	88° 13' 39.20667"	13° 30' 00.02357"	247.56

Line

CENTRO NACIONAL DE REGISTROS

1a Calle Poniente y 43 Av. Norte #2310, San Salvador

ANEXO F: datos de Proyección Cartográfica y DATUM

DATOS PARA LA PROYECCION LAMBERT 3 PARAMETROS EL SALVADOR

1. DATUM HORIZONTAL: NAD 27 EL SALVADOR

PROYECCION: CONICA CONFORMAL LAMBERT (2 paralelos)
3 PARAMETROS EL SALVADOR

- a) Esferoide: Clarke 1866
 - Semieje Mayor del Elipsoide: 6378206.4 m
 - Semieje Menor del Elipsoide: 6356583.8 m
 - Achatamiento 1/f: 294.9786982139
 - Excentricidad: 0.006768657997291
- b) Falso Este: 500,000.000 m
- c) Falso Norte: 295,809.184 m
- d) Latitud de Origen de la Proyección: 13° 47' 00" N
- e) Longitud de Origen de la Proyección: 89° 00' 00" W
- f) Primer Paralelo Normal: 14° 15' 00" N
- g) Segundo Paralelo Normal: 13° 19' 00" N
- h) Factor de Escala en el Origen: 0.99996704

PARAMETROS DE TRANSFORMACIÓN: Método Molodensky (WGS-84 a Lambert NAD 27, 3 Parámetros El Salvador)

Tx: 0 m
Ty: 105.5 m
Tz: 197.2 m



Amaya E-



Revisión de Coordenadas

www.trimble.com

Copyright (C) 2001 - 2002 by Trimble Navigation Limited.

VÉRTICES 2013

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	2:5:42 4/1/2014
Sistema de coordenadas	EL SALVADOR	Zona	LAMBERT
Datum del proyecto	NAD 27 EL SALVADOR	Modelo de geoide	ESGeoide
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos 4

1. Información de Punto

Nombre de Punto	Código de Punto	Info. del punto	Cálculo	Ajustado	Local	Control
FMO1			No	Si	No	No
FMO3			No	Si	No	No
FMO5			No	Si	No	No
CJAL			Si	Si	No	No

2. WGS84 - Coordenadas Cartesianas Geocéntricas

Nombre de Punto	X	Y	Z
FMO1	199404.7389 m	-6201437.0523 m	1472981.3079 m
FMO3	199305.1083 m	-6201552.6684 m	1472479.9376 m
FMO5	199184.0614 m	-6201514.7092 m	1472660.9383 m
CJAL	191867.6296 m	-6200312.7780 m	1479307.2908 m

3. WGS84 - Coordenadas Geográficas

Nombre de Punto	Latitud	Longitud	Altitud
FMO1	N 13° 26' 29.52817"	O 88° 09' 29.92165"	97.8641 m
FMO3	N 13° 26' 12.81104"	O 88° 09' 33.35548"	90.6175 m
FMO5	N 13° 26' 18.85569"	O 88° 09' 37.33686"	91.9985 m
CJAL	N 13° 30' 00.02357"	O 88° 13' 39.20667"	247.5600 m

4. Coordenadas de Cuadrícula Nacionales

Nombre de Punto	Dirección norte	Dirección este	Elevación
FMO1	258047.7569 m	591142.8368 m	95.7004 m
FMO3	257533.6597 m	591041.3437 m	88.4723 m
FMO5	257719.0003 m	590920.9334 m	89.8482 m
CJAL	264491.3514 m	583623.5988 m	245.2129 m

MKZ

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	10:27:16 2/1/2014
Sistema de coordenadas	EL SALVADOR	Zona	LAMBERT
Datum del proyecto	NAD 27 EL SALVADOR	Modelo de geoide	ESGeoide
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos 4

1. Información de Punto

Nombre de Punto	Código de Punto	Info. del punto	Cálculo	Ajustado	Local	Control
CJAL			Si	No	No	No
FMO2			No	Si	No	No
FMO4			No	Si	No	No
FMO6			No	Si	No	No

2. WGS84 - Coordenadas Cartesianas Geocéntricas

Nombre de Punto	X	Y	Z
CJAL	191867.6296 m	-6200312.7780 m	1479307.2908 m
FMO2	199435.3873 m	-6201409.0071 m	1473098.2282 m
FMO4	199396.5037 m	-6201536.7087 m	1472540.0192 m
FMO6	199135.8546 m	-6201483.8469 m	1472804.4566 m

3. WGS84 - Coordenadas Geográficas

Nombre de Punto	Latitud	Longitud	Altitud
CJAL	N 13° 30' 00.02357"	O 88° 13' 39.20667"	247.5600 m
FMO2	N 13° 26' 33.43301"	O 88° 09' 28.87334"	98.7389 m
FMO4	N 13° 26' 14.81094"	O 88° 09' 30.30174"	91.9205 m
FMO6	N 13° 26' 23.64276"	O 88° 09' 38.90566"	93.8474 m

4. Coordenadas de Cuadrícula Nacionales

Nombre de Punto	Dirección norte	Dirección este	Elevación
CJAL	264491.3514 m	583623.5988 m	245.2129 m
FMO2	258167.8673 m	591173.9495 m	96.5708 m
FMO4	257595.4402 m	591132.9865 m	89.7721 m
FMO6	257865.9475 m	590873.2302 m	91.6926 m

Revisión de Coordenadas

www.trimble.com

Copyright (C) 2001 - 2002 by Trimble Navigation Limited.

POLÍGONO 2013

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	18:27:19 4/1/2014
Sistema de coordenadas	EL SALVADOR	Zona	LAMBERT
Datum del proyecto	NAD 27 EL SALVADOR	Modelo de geoide	ESGeoide
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos 6

1. Información de Punto

Nombre de Punto	Código de Punto	Info. del punto	Cálculo	Ajustado	Local	Control
FMO3			Si	No	No	No
FMO2			No	No	No	No
VIVE			No	No	No	No
FABR			No	No	No	No
FMO6			No	No	No	No
PARQ			No	No	No	No

2. WGS84 - Coordenadas Cartesianas Geocéntricas

Nombre de Punto	X	Y	Z
FMO3	199305.1084 m	-6201552.6689 m	1472479.9378 m
FMO2	199434.6420 m	-6201408.4303 m	1473098.3604 m
VIVE	199521.6862 m	-6201576.0114 m	1472356.1022 m
FABR	199649.2923 m	-6201575.2828 m	1472337.8873 m
FMO6	199135.8689 m	-6201483.9189 m	1472804.4398 m
PARQ	199576.5974 m	-6201471.7406 m	1472804.7003 m

3. WGS84 - Coordenadas Geográficas

Nombre de Punto	Latitud	Longitud	Altitud
FMO3	N 13° 26' 12.81104"	O 88° 09' 33.35548"	90.6180 m
FMO2	N 13° 26' 33.44173"	O 88° 09' 28.89749"	98.1856 m
VIVE	N 13° 26' 08.66279"	O 88° 09' 26.18445"	91.3050 m
FABR	N 13° 26' 08.06079"	O 88° 09' 21.94388"	90.3566 m
FMO6	N 13° 26' 23.64168"	O 88° 09' 38.90526"	93.9139 m
PARQ	N 13° 26' 23.63489"	O 88° 09' 24.24850"	95.9086 m

4. Coordenadas de Cuadrícula Nacionales

Nombre de Punto	Dirección norte	Dirección este	Elevación
FMO3	257533.6598 m	591041.3438 m	88.4728 m
FMO2	258168.1329 m	591173.2222 m	96.0175 m
VIVE	257406.9347 m	591257.4982 m	89.1617 m
FABR	257388.8817 m	591385.1221 m	88.2125 m
FMO6	257865.9143 m	590873.2424 m	91.7592 m
PARQ	257867.2477 m	591314.1194 m	93.7491 m



Cierre de Bucle

www.trimble.com

Copyright (C) 2001 - 2002 by Trimble Navigation Limited.

VÉRTICES 2013

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	2:9:43 4/1/2014
Sistema de coordenadas	Proyección Estándar de Mapa	Zona	
Datum del proyecto		Modelo de geoide	
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos	3
Posición de Inicio (WGS-84)	N: 13° 30' 00.02357" W: 88° 13' 39.20667" H: 247.5600 m

Resultados

Longitud Total	20258.0849 m
Norte	-0.0000 m
Este	0.0020 m
Altitud	-0.0080 m
Longitud del vector de cierre incorrecto	0.0077 m
Precisión	0.383 ppm
Proporción	1 / 2614071

1. Bucle

Número	Desde	Hasta	Distancia	Posición
1	CJAL	FMO1	0.0000 m	N: 13° 30' 00.02357" W: 88° 13' 39.20667" H: 247.5600 m
2	FMO1	FMO5	9904.0429 m	N: 13° 26' 29.52820" W: 88° 09' 29.92163" H: 97.8620 m
3	FMO5	CJAL	10300.7365 m	N: 13° 26' 18.85573" W: 88° 09' 37.33683" H: 91.9950 m

VÉRTICES 2013

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	2:11:22 4/1/2014
Sistema de coordenadas	Proyección Estándar de Mapa	Zona	
Datum del proyecto		Modelo de geoide	
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos	3
Posición de Inicio (WGS-84)	N: 13° 30' 00.02357" W: 88° 13' 39.20667" H: 247.5600 m

Resultados

Longitud Total	20350.2133 m
Norte	0.0040 m
Este	-0.0010 m
Altitud	0.0060 m
Longitud del vector de cierre incorrecto	0.0075 m
Precisión	0.371 ppm
Proporción	1 / 2698049

1. Bucle

Número	Desde	Hasta	Distancia	Posición
1	CJAL	FMO5	0.0000 m	N: 13° 30' 00.02357" W: 88° 13' 39.20667" H: 247.5600 m
2	FMO5	FMO3	9957.3484 m	N: 13° 26' 18.85573" W: 88° 09' 37.33689" H: 92.0030 m
3	FMO3	CJAL	10178.3789 m	N: 13° 26' 12.81107" W: 88° 09' 33.35551" H: 90.6210 m

VÉRTICES 2013

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	2:12:22 4/1/2014
Sistema de coordenadas	Proyección Estándar de Mapa	Zona	
Datum del proyecto		Modelo de geoide	
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos	3
Posición de Inicio (WGS-84)	N: 13° 26' 29.52820" W: 88° 09' 29.92163" H: 97.8620 m

Resultados

Longitud Total	1141.8093 m
Norte	0.0000 m
Este	-0.0000 m
Altitud	0.0030 m
Longitud del vector de cierre incorrecto	0.0030 m
Precisión	2.617 ppm
Proporción	1 / 382157

1. Bucle

Número	Desde	Hasta	Distancia	Posición
1	FMO1	FMO3	0.0000 m	N: 13° 26' 29.52820" W: 88° 09' 29.92163" H: 97.8620 m
2	FMO3	FMO5	524.0851 m	N: 13° 26' 12.81108" W: 88° 09' 33.35546" H: 90.6170 m
3	FMO5	FMO1	745.1157 m	N: 13° 26' 18.85574" W: 88° 09' 37.33684" H: 91.9980 m

MKZ

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	17:14:2 28/12/2013
Sistema de coordenadas	Proyección Estándar de Mapa	Zona	
Datum del proyecto		Modelo de geoide	
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos	3
Posición de Inicio (WGS-84)	N: 13° 30' 00.02357" W: 88° 13' 39.20667" H: 247.5600 m

Resultados

Longitud Total	20098.9998 m
Norte	0.0020 m
Este	0.0020 m
Altitud	-0.0060 m
Longitud del vector de cierre incorrecto	0.0070 m
Precisión	0.347 ppm
Proporción	1 / 2884285

1. Bucle

Número	Desde	Hasta	Distancia	Posición
1	CJAL	FMO2	0.0000 m	N: 13° 30' 00.02357" W: 88° 13' 39.20667" H: 247.5600 m
2	FMO2	FMO6	9850.1335 m	N: 13° 26' 33.43306" W: 88° 09' 28.87331" H: 98.7360 m
3	FMO6	CJAL	10276.3050 m	N: 13° 26' 23.64283" W: 88° 09' 38.90562" H: 93.8430 m

MKZ

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	17:22:20 28/12/2013
Sistema de coordenadas	Proyección Estándar de Mapa	Zona	
Datum del proyecto		Modelo de geoide	
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos	3
Posición de Inicio (WGS-84)	N: 13° 30' 00.02357" W: 88° 13' 39.20667" H: 247.5600 m

Resultados

Longitud Total	20394.6978 m
Norte	0.0020 m
Este	-0.0020 m
Altitud	0.0020 m
Longitud del vector de cierre incorrecto	0.0031 m
Precisión	0.150 ppm
Proporción	1 / 6681310

1. Bucle

Nr.	Desde	Hasta	Distancia	Posición
1	CJAL	FMO6	0.0000 m	N: 13° 30' 00.02357" W: 88° 13' 39.20667" H: 247.5600 m
2	FMO6	FMO4	9822.6948 m	N: 13° 26' 23.64276" W: 88° 09' 38.90570" H: 93.8490 m
3	FMO4	CJAL	10197.7402 m	N: 13° 26' 14.81095" W: 88° 09' 30.30179" H: 91.9220 m

MKZ

Nombre del usuario	Diego	Fecha y hora	17:27:44 28/12/2013
Sistema de coordenadas	Proyección Estándar de Mapa	Zona	
Datum del proyecto		Modelo de geoide	
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Número de Puntos	3
Posición de Inicio (WGS-84)	N: 13° 26' 33.43301" W: 88° 09' 28.87334" H: 98.7390 m

Resultados

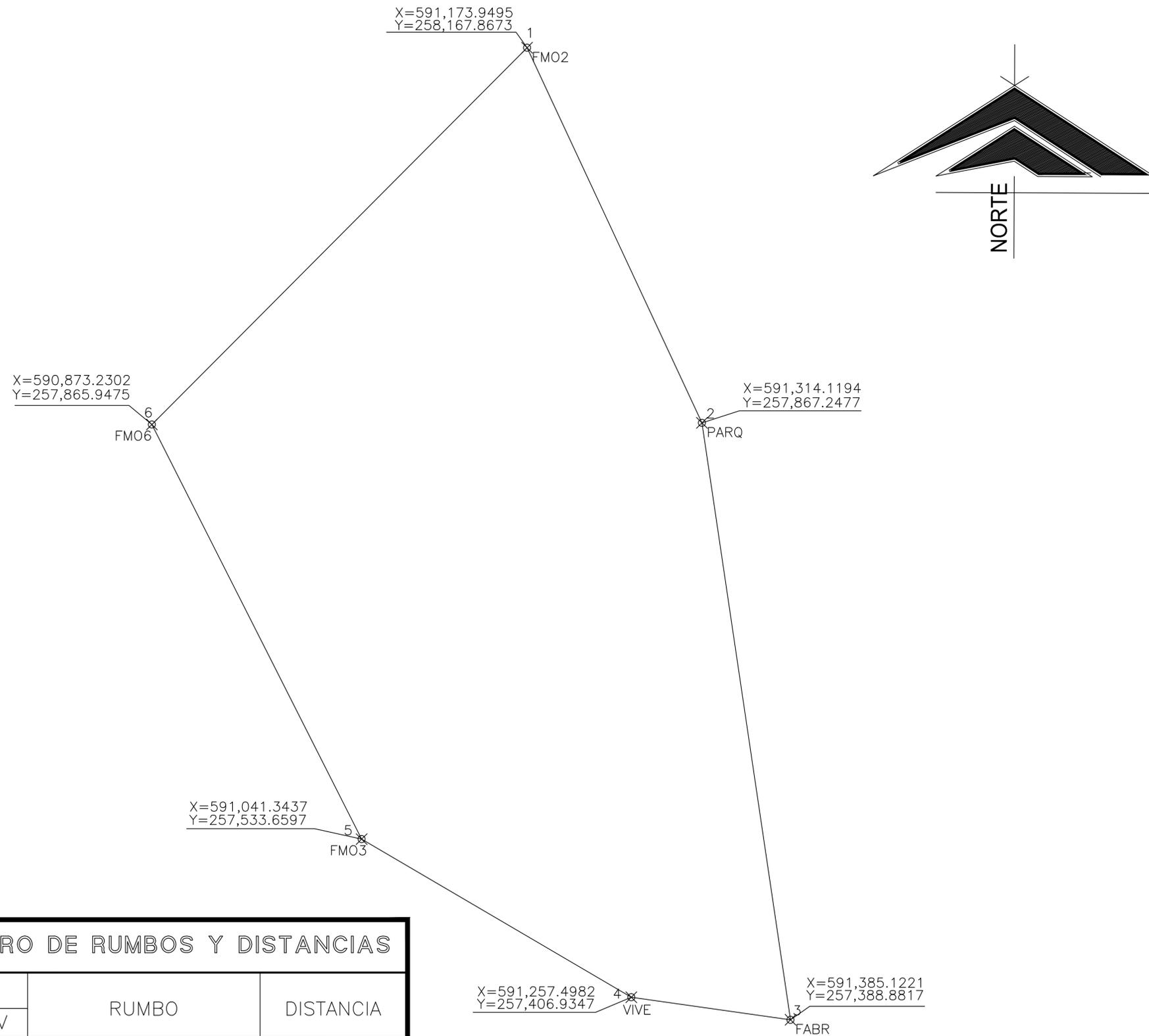
Longitud Total	1375.1651 m
Norte	-0.0010 m
Este	0.0010 m
Altitud	0.0020 m
Longitud del vector de cierre incorrecto	0.0018 m
Precisión	1.333 ppm
Proporción	1 / 750024

1. Bucle

Número	Desde	Hasta	Distancia	Posición
1	FMO2	FMO4	0.0000 m	N: 13° 26' 33.43301" W: 88° 09' 28.87334" H: 98.7390 m
2	FMO4	FMO6	573.9482 m	N: 13° 26' 14.81095" W: 88° 09' 30.30173" H: 91.9210 m
3	FMO6	FMO2	948.9936 m	N: 13° 26' 23.64276" W: 88° 09' 38.90563" H: 93.8480 m

ANEXO I: Variación de Valores Estático y Estático Rápido.

	ESTÁTICO			ESTÁTICO RÁPIDO			DIFERENCIA		
	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
FMO2	591173.9495	258167.8673	96.5708	591173.2222	258168.1329	96.0175	0.7273	-0.2656	0.5533
FMO3	591041.3437	257533.6597	88.4723	591041.3438	257533.6598	88.4728	-	0.0001	-0.0005
FMO6	590873.2302	257865.9475	91.6926	590873.2424	257865.9143	91.7592	-	0.0122	0.0332



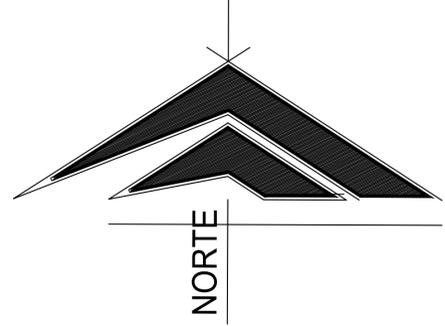
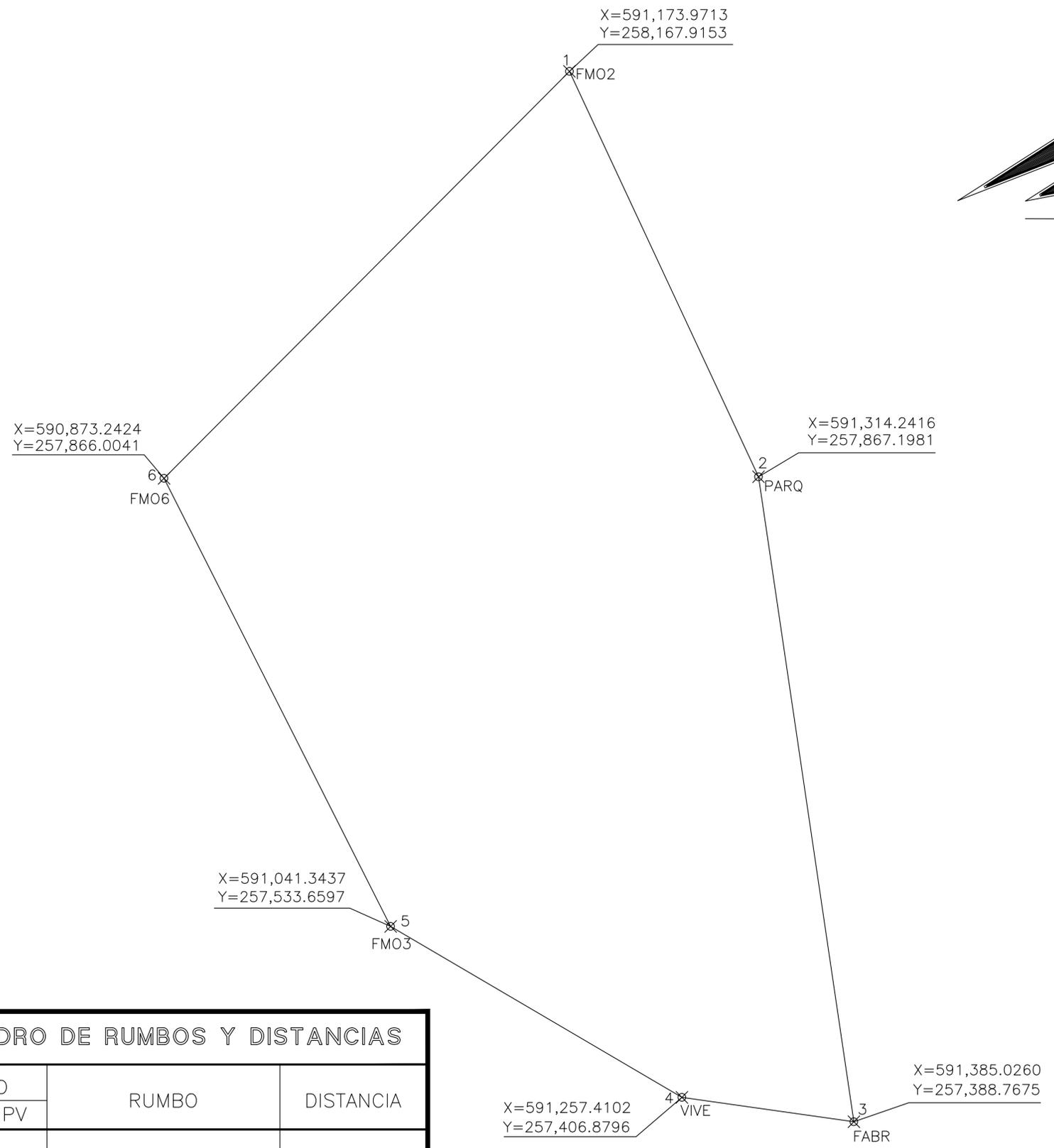
CONDRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS			
LADO		RUMBO	DISTANCIA
EST	PV		
1	2	S 24°59'54" E	331.69
2	3	S 08°26'33" E	483.61
3	4	N 81°56'55" W	128.89
4	5	N 59°37'05" W	250.56
5	6	N 26°50'10" W	372.39
6	1	N 44°53'09" E	426.13

SUPERFICIE = 222,943.02 m²



CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO CON EQUIPO GPS

TRABAJO DE GRADUACION		AREA: 222,943.02 MTS ²
TEMA: MANUAL TÉCNICO PARA EL LEVANTAMIENTO GEODÉSICO CON GPS DE UNA FRECUENCIA APLICANDO EL SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS) UTILIZANDO UN MODELO GEOIDAL Y SU ANÁLISIS COMPARATIVO CON LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL.		FECHA: MARZO/2013
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	ESCALA: 1:2000	HOJA: 1/1
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	



CUADRO DE RUMBOS Y DISTANCIAS			
LADO		RUMBO	DISTANCIA
EST	PV		
1	2	S 25°00'25" E	331.82
2	3	S 08°24'57" E	483.64
3	4	N 81°55'20" W	128.89
4	5	N 59°35'50" W	250.52
5	6	N 26°49'50" W	372.44
6	1	N 44°53'15" E	426.13
SUPERFICIE = 222,992.80 m²			



CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO CON EQUIPO ESTACION TOTAL

TRABAJO DE GRADUACION	AREA: 222,992.80 MTS ²
TEMA: MANUAL TÉCNICO PARA EL LEVANTAMIENTO GEODÉSICO CON GPS DE UNA FRECUENCIA APLICANDO EL SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS) UTILIZANDO UN MODELO GEOIDAL Y SU ANÁLISIS COMPARATIVO CON LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL.	FECHA: MARZO/2013
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	ESCALA: 1:2000
	HOJA: 1/1