



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO
AMBIENTE.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DE
TÍTULO DE INGENIERO GEÓGRAFO Y DEL MEDIO
AMBIENTE.**

**TEMA: “ANÁLISIS PRELIMINAR DE COSTOS UNITARIOS
PARA PRODUCTOS Y SERVICIOS DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA”**

AUTOR: PUPIALES NICARAGUA, ULISES RAMIRO

TUTOR: ING. ROBAYO NIETO, ALEXANDER ALFREDO

SANGOLQUÍ

2016.

CERTIFICADO**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN****CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE****CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, "Análisis preliminar de costos unitarios para productos y servicios de Ingeniería Geográfica" realizado por el señor Ulises Ramiro Pupiales Nicaragua, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software antiplagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor Ulises Ramiro Pupiales Nicaragua para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 5 de diciembre del 2016

Atentamente,

Ing. Alexander Alfredo Robayo Nieto
Director del Proyecto de titulación

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN****CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE****AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Ulises Ramiro Pupiales Nicaragua, con cédula de identidad N° 100294656-2, declaro que este trabajo de titulación "Análisis preliminar de costos unitarios para productos y servicios de Ingeniería Geográfica" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 5 de diciembre del 2016



Ulises Ramiro Pupiales Nicaragua

C.C. 100294656-2

AUTORIZACIÓN



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORIZACIÓN

Yo, Ulises Ramiro Pupiales Nicaragua, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación "Análisis preliminar de costos unitarios para productos y servicios de Ingeniería Geográfica" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 5 de diciembre del 2016

Ulises Ramiro Pupiales Nicaragua

C.C. 100294656-2

DEDICATORIA

A mis padres Blanca y Ramiro que pese a las dificultades siempre han luchado incansablemente por sacarnos adelante y darnos la oportunidad de conseguir nuestros metas, haciendo prevalecer el amor de la familia por sobre todas las cosas.

A mis hermanos Lety, Paola y Esteban por su cariño y apoyo incondicional en todo momento, el cual ha sido la base para lograr este objetivo.

A mi cuñado Juan y a mis 4 sobrinos: Alejandro, Gaby, Camila y ti que pronto llegarás, gracias por todas las alegrías y locuras que alegran mi vida.

A mis abuelitos Angelita y Oswaldo que desde niño me llenaron de felicidad, siempre los llevo en mi corazón.

A mis tíos y primos, gracias por todos los momentos compartidos.

A ti Stefy, por llegar a mi vida en el momento preciso y llenarla de amor, tu apoyo fue crucial para la consecución de este objetivo.

Ulises

AGRADECIMIENTO

A mis amigas y amigos que estuvieron junto a mí durante todo este ciclo, regalándome recuerdos maravillosos, tendiéndome la mano en los momentos difíciles y celebrando conmigo en los momentos de triunfo.

Al Ing, Alexander Robayo por su amistad y por todo el apoyo brindado en el desarrollo de este proyecto, además, por contribuir a mi formación profesional en los diferentes trabajos realizados.

A mi prima Adriana por toda la ayuda brindada para la culminación de este proyecto.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE por permitirme ser parte de su gran familia.

ÍNDICE

CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Definición del Problema.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos y metas	2
1.4.1 Objetivo general	2
1.4.2 Objetivos específicos.....	2
1.4.3 Metas	3
CAPÍTULO 2.....	4
MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1 Geodesia	4
2.1.1 Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS).....	4
2.1.2 Estaciones de Monitoreo Continuo	4
2.1.3 Métodos de Posicionamiento Satelital	5
2.1.3.1 Método Estático	6
2.1.4 Postproceso.....	6
2.1.4.1 Dilución de la Precisión (DOP)	6
2.1.4.2 Multipaso en la Base.....	6
2.1.4.3 Efectos de la Ionósfera.....	7
2.2 Sensores Remotos / Fotogrametría	7

2.2.1	Plataforma Aérea UAV (Unmanned Aerial Vehicle).....	8
2.2.2	Imágenes Satelitales	9
2.2.2.1	Estructura de las Imágenes Satelitales	9
2.2.2.2	Píxel / Texel	9
2.2.2.3	Ground Sampling Distance (GSD)	10
2.2.3	Ortoimágenes.	10
2.2.3.1	Metodología para la obtención Ortoimágenes.	10
2.3	Topografía.....	11
2.3.1	Levantamiento Topográfico	11
2.3.1.1	Estación Total	11
2.4	Presupuesto	12
2.4.1	Costo de Producción.....	13
2.4.2	Costo Unitario	13
2.4.3	Utilidad.....	13
2.4.4	Salario Básico Unificado.....	13
2.5	Ponderación de Variables	13
2.5.1	Matriz de Saaty.....	14
2.5.2	Normalización	14
2.5.3	Activos Fijos	14
2.5.4	Depreciación de Activos Fijos	14
2.5.5	Salario.....	15
	CAPÍTULO 3	16
	PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS DE GEODESIA, SENSORES REMOTOS Y TOPOGRAFÍA.	16
3.1	Procesos para la obtención de productos derivados de Geodesia.....	16
3.1.1	Aplicaciones y subproductos del Posicionamiento Satelital	23
3.2	Procesos para la obtención de productos derivados de Sensores Remotos	26
3.2.1	Aplicaciones y subproductos de la Ortoimagen.....	34
3.3	Procesos para la obtención de productos derivados de Topografía.....	36
3.3.1	Aplicaciones y subproductos del Levantamiento Topográfico	39
	CAPÍTULO 4	42
	PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE PRESUPUESTOS	42

4.1	Costos Unitarios para Geodesia.....	44
4.1.1	Costo Unitario Base para Posicionamiento Satelital.....	44
4.1.1.1	Ponderación Variables Técnicas Posicionamiento Satelital	44
4.1.1.2	Cálculo de rangos.....	47
4.1.1.3	Rendimientos diarios	48
4.1.1.4	Creación de Intervalos	49
4.1.2	Costo Económico-Administrativo para Posicionamiento Satelital	51
4.1.2.1	Salario del Personal en campo por día (FI).....	51
4.1.2.2	Subsistencia del personal en campo por día (FII).....	52
4.1.2.3	Suministro equipos de campo para Posicionamiento por día (FIII)	52
4.1.2.4	Postproceso (FIV)	53
4.1.2.5	Materiales (FV).....	53
4.1.2.6	Desplazamiento/Movilización	54
4.1.3	Cálculo de Costos Unitarios para Posicionamiento Satelital	57
4.1.4	Costo Total	58
4.1.5	Imprevistos	59
4.1.6	Utilidad.....	59
4.1.7	Presupuesto para Posicionamiento Satelital.....	59
4.2	Costos Unitarios para Sensores Remotos	60
4.2.1	Obtención de la imagen.....	60
4.2.1.1	Obtención de la imagen mediante UAV	61
4.2.1.2	Obtención de Imagen satelital.....	64
4.2.2	Toma de Puntos de Control.....	66
4.2.3	Trabajo de Gabinete	66
4.2.4	Costo Total	67
4.2.5	Imprevistos	67
4.2.6	Utilidad.....	67
4.2.7	Presupuesto para Levantamiento Topográfico	67
4.3	Costos Unitarios para Topografía.....	67
4.3.1	Costo Unitario Base para Levantamiento Topográfico.....	68
4.3.1.1	Ponderación Variables Técnicas Levantamiento Topográfico	68
4.3.1.2	Cálculo de Rangos	78

4.3.1.3 Rendimientos diarios	80
4.3.1.4 Creación de Intervalos	81
4.3.2 Costos Económico-Administrativos para Levantamiento Topográfico	83
4.3.2.1 Salario Personal en campo por día (F1).....	83
4.3.2.2 Subsistencia del personal en campo por día (F2).....	84
4.3.2.3 Suministro equipos de campo para Levantamiento por día (F3)	84
4.3.2.4 Suministro para Cálculos y Dibujo por día (F4).....	85
4.3.2.5 Materiales (F5).....	86
4.3.2.6 Desplazamiento/Movilización	87
4.3.3 Cálculo de Costos Unitarios para Levantamiento Topográfico	87
4.3.4 Costo Total	89
4.3.5 Imprevistos	89
4.3.6 Utilidad.....	89
4.3.7 Presupuesto para Levantamiento Topográfico	89
CAPÍTULO 5	90
DESARROLLO DE LA APLICACIÓN “GEO-PRICES”	90
5.1 Herramientas de Desarrollo de la Aplicación.....	90
5.1.1 NetBeans IDE.....	90
5.1.2 Lenguaje HTML.....	92
5.1.2.1 Sintaxis del HTML	92
5.1.2.2 Partes de un documento HTML.....	93
5.1.3 Lenguaje JavaScript	94
5.1.4 Lenguaje CSS.....	94
5.1.5 Biblioteca jQuery	95
5.2 Arquitectura de la Aplicación.....	96
5.3 Aplicación del lado del Cliente.....	96
5.4 Interfaz de la Aplicación.....	97
5.5 Disponibilidad de la Aplicación	99
CAPÍTULO 6	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
6.1 CONCLUSIONES.....	100
6.2 RECOMENDACIONES	101

BIBLIOGRAFÍA 102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Formas de determinar la posición de un objeto	5
Tabla 2 Escala de Saaty.....	14
Tabla 3 Ponderación para la variable Accesibilidad	46
Tabla 4 Ponderación para la variable Distancia a la Base REGME	46
Tabla 5 Ponderación para la variable Distancia entre Puntos	47
Tabla 6 Ponderación para la variable Visibilidad	47
Tabla 7 Rangos de dificultad para Posicionamiento Satelital	48
Tabla 8 Rendimiento diario para Posicionamiento Satelital	49
Tabla 9 Precio por punto posicionado.....	49
Tabla 10 Intervalos, rendimientos y costo unitario base para Posicionamiento ...	50
Tabla 11 Salario Personal en campo para Posicionamiento diario (USD).....	51
Tabla 12 Subsistencia personal en campo para Posicionamiento diario (USD) ...	52
Tabla 13 Suministro de equipos de campo para Posicionamiento por día (USD)	53
Tabla 14 Suministro para Postproceso en Posicionamiento Satelital (USD).....	53
Tabla 15 Costo de Materiales para Posicionamiento Satelital	54
Tabla 16 Distancia y costo de movilización a capitales de provincia (USD).	55
Tabla 17 Método de obtención de la imagen	61
Tabla 18: Costos de obtención de imágenes con UAV.....	64
Tabla 19 Tabla de costos para imágenes satelitales	65
Tabla 20 Costos para el trabajo de gabinete (Ortoimagen).....	66
Tabla 21 Ponderación para la variable Características del Terreno	71
Tabla 22 Ponderación para la variable Tipo de Suelo.....	72
Tabla 23 Ponderación para la variable Elementos del Entorno	73
Tabla 24 Ponderación para la variable Equidistancia entre C. Nivel/Escala	74
Tabla 25 Ponderación para la variable Pendiente	74
Tabla 26 Ponderación para la variable Precipitación Pluvial.....	75
Tabla 27 Ponderación para la variable Vegetación.....	77
Tabla 28 Ponderación para la variable Visibilidad	78
Tabla 29 Ponderación para la variable Clima/Temperatura.....	78
Tabla 30 Rangos de dificultad Máximo y Mínimo para Levantamiento T.....	80
Tabla 31 Rendimiento diario para Levantamiento Topográfico	81
Tabla 32 Precio por hectárea levantada	81
Tabla 33 Intervalos, rendimientos y costo unitario base para Levantamiento T....	82
Tabla 34 Salario del personal en campo para Levantamiento T. diario (USD)....	83
Tabla 35 Subsistencia del personal campo para Levantamiento T. diario (USD)	84
Tabla 36 Suministro de equipos de campo por día (USD).....	85
Tabla 37 Suministro para Cálculos y Dibujo para Levantamiento T. diario	86
Tabla 38 Tabla de materiales para Levantamiento Topográfico.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Disposición aproximada de la constelación Navstar, GPS.....	4
Figura 2: Red GNSS del Ecuador	5
Figura 3: Posicionamiento Absoluto.....	6
Figura 4: Posicionamiento Relativo.....	6
Figura 5: Multipaso en la base	7
Figura 6: Efectos de la Ionósfera	7
Figura 7: UAV comercial marca eBee.....	8
Figura 8: Esquema de una imagen satelital.....	9
Figura 9: Representación de una línea en formato ráster.....	10
Figura 10: Levantamiento topográfico con estación total.....	11
Figura 11: Estación Total Trimble M3.....	12
Figura 12: Prisma y trípode para levantamientos topográficos.....	12
Figura 13: Posicionamiento de puntos de control.....	12
Figura 14: Punto con mojón de cemento.....	20
Figura 15: Distancia y tiempo para posicionamiento.....	23
Figura 16: Parámetros para definición del proyecto.....	27
Figura 17: Orientación interna	28
Figura 18: Orientación externa realizada	30
Figura 19: Creación de un MDT	30
Figura 20: Parámetros de MDT.....	31
Figura 21: Herramientas utilizadas para identificar AOI's	32
Figura 22: Pantalla de creación de ortoimágenes.....	32
Figura 23: Ortoimagen resultante.....	34
Figura 24: Plano de curvas de nivel	39
Figura 25: Perfil del terreno	40
Figura 26: Movimiento de tierra	41
Figura 27: Diseño de caminos.....	41
Figura 28: Ponderación variables Posicionamiento Satelital.....	45
Figura 29: Rendimientos diarios vs puntos a posicionar	58
Figura 30: Especificaciones técnicas de ortofotos digitales.....	60
Figura 31: Diseño geométrico del vuelo fotogramétrico	62
Figura 32: Ponderación Variables Levantamiento Topográfico	69
Figura 33: Terreno Plano	71
Figura 34: Terreno Ondulado.....	71
Figura 35: Terreno Quebrado.....	71
Figura 36: Suelo firme.....	72
Figura 37: Suelo suelto.....	72
Figura 38: Suelo pantanoso.....	72
Figura 39: Lindero.....	73
Figura 40: Carretera	73

Figura 41: Construcciones	73
Figura 42: Cuerpo de agua	73
Figura 43: Vegetación escasa, pastizal	76
Figura 44: Pasto alto/gramalote	76
Figura 45: Arbolada	76
Figura 46: Matorral	76
Figura 47: Reverberación.....	78
Figura 48: Neblina.....	78
Figura 49: Rendimientos diarios vs hestáreas a levantar	89
Figura 50: NetBeans IDE	91
Figura 51: Interfaz principal de NetBeans IDE.....	91
Figura 52: Edición de código en NetBeans IDE	92
Figura 53: Estructura documento HTML.....	93
Figura 54: Utilidad del lenguaje CSS	95
Figura 55: Arquitectura de la aplicación.....	96
Figura 56: Aplicación desde el lado del usuario o cliente.	97
Figura 57: Apariencia de la pantalla principal de la aplicación.....	97
Figura 58: Aspecto de la segunda pestaña	98
Figura 59: Pestaña “Calculadora”	98
Figura 60: Menú para Levantamiento Topográfico	99
Figura 61: Menú para Posicionamiento Satelital	99

RESUMEN

Existen dificultades para los ingenieros geógrafos al momento de determinar los valores a presupuestar por sus servicios como profesionales en las áreas de Geodesia, Sensores Remotos y Topografía, básicamente en los productos o servicios derivados de estas tres ramas, debido a la gran cantidad de factores a considerar cuando se establece un presupuesto. Hoy en día dichos valores son fijados principalmente por la experiencia del profesional, por lo que varían de persona a persona, ya que cada uno toma en cuenta factores o criterios diferentes en su análisis, convirtiéndose así en un problema y dando como resultado la existencia de diferentes costos para un mismo trabajo. En el presente estudio se realiza un análisis objetivo de los costos unitarios y se plantea una metodología de cálculo de presupuestos basada en la identificación y jerarquización de variables con diferentes grados de dificultad, que permite representar diferentes escenarios posibles en un trabajo de campo, en cualquier lugar del territorio ecuatoriano, de esta manera este estudio puede servir al profesional como guía para presupuestar por sus servicios de una manera justa, real y equitativa. Para el análisis se utilizó como base la información proporcionada por entidades públicas, privadas y profesionales afines quienes cuentan con la experiencia suficiente en las ramas de ingeniería geográfica antes mencionadas.

Palabras Clave:

- **COSTO UNITARIO**
- **JERARQUIZACIÓN**
- **PRESUPUESTO**
- **GEÓGRAFO**
- **VARIABLES**

ABSTRACT

There are many difficulties to the geography engineers at the moment to determine the budget for their professional services in the Geodesy, Remote Sensors and Topography areas, basically in the products and services derivatives from these embranchment, because of the large amount factors to taking account when a budget is established. Nowadays such values are established mainly by the experience of the professional, that's why it's different from person to person, because each one takes into account different factors or criteria in its analysis, becoming a problem and resulting different costs for the same work. In this research an objective analysis of the unit costs is realized and it arises a budgets calculation methodology based in the identification and hierarchy of variables with different difficulty degrees, that allows different possible stages in a field work, in any place of Ecuadorian territory, of this way this research can be useful for the professional like a guide at the moment to budget for its services of a real, fair and equal way. For the analysis it was used like a base the information given by public and private entities, besides related professionals who count with the enough experience in the Geographical engineering branches mentioned before.

Key words:

- **UNIT COST**
- **HIERARCHY**
- **BUDGET**
- **GEOGRAPHER**
- **VARIABLES**

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La existencia de análisis de costos unitarios en profesiones como Ingeniería Civil, que cuenta con la “Ley de Escalafón y Sueldos de los Ingenieros Civiles del Ecuador” publicada en el Registro Oficial No. 953, de junio de 1992 y su reformatoria publicada en el Registro Oficial No. 143 del 2 de septiembre de 1997, además del “Arancel de Honorarios para los Ingenieros Civiles del Ecuador” plasmado en el Acuerdo Ministerial 237 del 30 de diciembre del 2002, publicado en el Registro Oficial No. 742 del 10 de enero del 2003, dan a notar la importancia de realizar el análisis para productos de Ingeniería Geográfica el cual será de gran ayuda para los profesionales que presten sus servicios a lo largo y ancho del territorio nacional.

Instituciones como el Instituto Geográfico Militar (IGM), ente encargado de generar muchos de los productos que serán parte de este análisis, ha venido presupuestando ciertos rubros por dichos productos, sin embargo éstos han servido como guía exclusivamente para la institución más no para otras empresas que trabajan con productos afines.

Profesionales que trabajan en Geodesia, Sensores Remotos y Topografía requieren disponer de un análisis de costos unitarios para los productos y servicios que se generan de estas tres grandes ramas, debido a la creciente demanda por estos productos en la actualidad, por éste motivo la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente, formadora de ingenieros geógrafos desde 1964 busca dar una guía que permita determinar de forma más rápida y certera los presupuestos y generar una equidad en los costos de dichos trabajos, dando una mayor facilidad al usuario.

1.2 Definición del Problema

Desde el origen de la Carrera de Ingeniería Geográfica en el Ecuador en el año 1964, el ingeniero geógrafo ha tenido complicaciones al momento de definir los valores a presupuestar por sus servicios como profesional en las áreas de Geodesia,

Sensores Remotos y Topografía, básicamente en los productos o servicios derivados de estas 3 ramas, debido a la gran cantidad de factores que intervienen al momento de determinar dicho valor, en la actualidad estos valores han sido fijados principalmente por la experiencia del profesional, variando de persona a persona debido a que cada una de ellas consideraba diferentes criterios o factores en su análisis de presupuesto, por lo que muchas veces el mismo trabajo tiene diferentes costos.

1.3 Justificación

Mediante esta investigación se busca desarrollar un análisis de costos unitarios de productos de Ingeniería Geográfica que sirva de guía y soporte al ingeniero geógrafo o a las diferentes instituciones dedicadas a la generación de estos productos, permitiendo unificar los presupuestos por servicios profesionales prestados para que este sea justo, real y con una utilidad adecuada. En el presente análisis se utilizará información de entidades públicas, privadas y profesionales en el área que cuentan con la experiencia suficiente y contribuirán de manera positiva para la culminación exitosa del mismo.

1.4 Objetivos y metas

1.4.1 Objetivo general

Realizar un análisis de costos unitarios para los diferentes productos o servicios que se generan en las áreas de Geodesia, Sensores Remotos y Topografía.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar cuáles son los productos y servicios generados en Geodesia, Sensores Remotos, Topografía.
- Analizar los procesos que se realizan para la obtención de los productos y servicios geográficos derivados de la Geodesia, Sensores Remotos y Topografía.
- Analizar los parámetros que intervienen en los precios unitarios de los productos y servicios geográficos derivados de la Geodesia, Sensores Remotos y Topografía.

- Recopilar información referente a métodos de determinación de precios por productos y servicios de ingeniería geográfica de instituciones públicas, privadas y profesionales en el área.

1.4.3 Metas

- Un archivo digital que contenga todos los productos y servicios que se generan en Geodesia, Sensores Remotos y Topografía.
- Un archivo digital que contenga todos los procesos que se realizan para la obtención de los productos y servicios en las áreas de Geodesia, Sensores Remotos y Topografía.
- Un archivo digital en donde se encuentre una base de datos con los parámetros que influyen en la determinación de costos para productos y servicios en las áreas de Geodesia, Sensores Remotos y Topografía.
- Un archivo digital que contenga un programa de presupuestación de productos generados en Geodesia, Sensores Remotos y Topografía.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

2.1 Geodesia

La geodesia es la ciencia que estudia las dimensiones, forma y campo gravitatorio de la Tierra, la principal diferencia con la Topografía es que su campo de aplicación es en territorios extensos en donde se debe tomar en cuenta la esfericidad de la Tierra (Verdú, 2007).

La geodesia es considerada como la base para otras disciplinas, debido a los fundamentos físicos y matemáticos que se utilizan para la obtención de sus parámetros, citando algunas de esas ciencias tenemos cartografía, fotogrametría, topografía, posicionamiento satelital y sistemas de información geográfica, sin olvidar otros fines como los militares.

2.1.1 Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS)

Es una constelación de satélites destinada a transmitir desde el espacio señales de posición y tiempo (EGNOS, 2016).

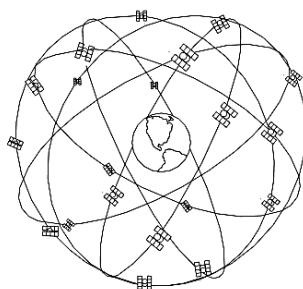


Figura 1: Disposición aproximada de la constelación Navstar, GPS.

Fuente: (Huerta, E., Manguiaterra, A., & Noguera, G., 2005)

2.1.2 Estaciones de Monitoreo Continuo

Estas estaciones se encuentran posicionadas en una superficie fija y registran constantemente datos GNSS, permitiendo obtener información un punto fijo en un tiempo determinado, dichas coordenadas pueden ser utilizadas como base para el post-proceso de los puntos tomados con otro receptor móvil.

La REGME (RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR), fue establecida en el año 2008 por el IGM con el apoyo de instituciones públicas y privadas (Nacionales e Internacionales). Esta red está formada por estaciones GNSS (GPS+GLONASS) de monitoreo continuo, enlazadas a la Red Nacional GPS del Ecuador (RENAGE) y a la Red Continental SIRGAS-CON (IGM, 2016).

Esta red está conformada por 33 estaciones distribuidas con el fin de brindar una cobertura nacional, (ver Figura 2) cubriendo casi el 90% del territorio nacional con un radio de 100km c/u de ellas (IGM, 2016).

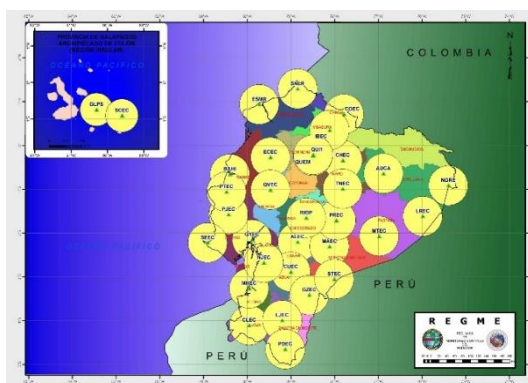


Figura 2: Red GNSS del Ecuador

Fuente: (IGM, 2008)

2.1.3 Métodos de Posicionamiento Satelital

De acuerdo a la precisión requerida, existen varios métodos de posicionamiento satelital, la diferencia radica en los tiempos de captura de datos.

En la siguiente tabla se muestra las diferentes formas existentes para determinar la posición de un punto con la ayuda de la tecnología GPS.

Tabla 1

Formas de determinar la posición de un objeto

Posicionamiento Relativo	Posicionamiento Absoluto
Se calcula la posición de un receptor móvil a partir de la posición de un fijo de coordenadas ya conocidas (Ver figura 3).	Se calcula la posición a partir de la triangulación de 4 satélites (Ver figura 4).
	Precisión de 15 a 100 metros.

Fuente: (Universidad de Cádiz, 2009)

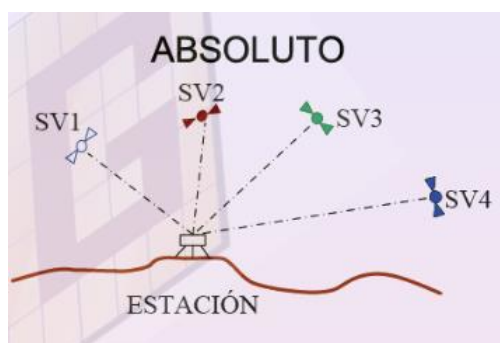


Figura 3: Posicionamiento Absoluto

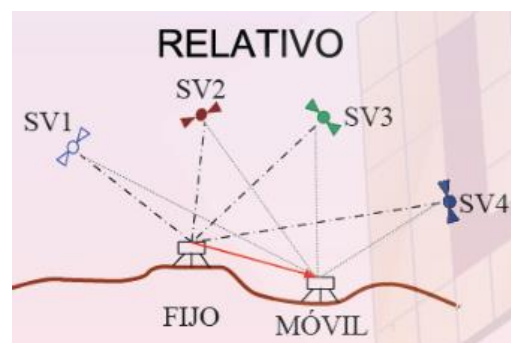


Figura 4: Posicionamiento Relativo

2.1.3.1 Método Estático

Consiste en el uso de receptores plantados sobre trípodes, los cuales no cambian de posición durante todo el periodo de toma de datos, se usa generalmente cuando la distancia entre el punto a posicionar y una estación de monitoreo continuo es muy grande, alcanzando precisiones de hasta $5\text{mm} \pm 1\text{ ppm}$, el tiempo de captura de datos está en función de dicha distancia: mientras mayor sea la distancia mayor será el tiempo de observación (Universidad de Cádiz, 2009).

2.1.4 Postproceso

Al momento de posicionar un punto existen algunos factores que hay que tomar en cuenta ya que causan distorsiones en la señal que llega al receptor GPS:

2.1.4.1 Dilución de la Precisión (DOP)

DOP está en función de la geometría de la constelación de satélites, se expresa mediante un valor numérico adimensional:

- $\text{DOP} < 4$ implica excelente precisión.
- DOP con valores entre 5 y 7 se considera aceptable.
- $\text{DOP} > 7$ implica mala precisión (Ghio, 2008).

2.1.4.2 Multipaso en la Base

Al momento de posicionar un punto se recomienda mantener cierta distancia de obstáculos que puedan desviar la señal ya que estas desviaciones impiden obtener buenas precisiones.

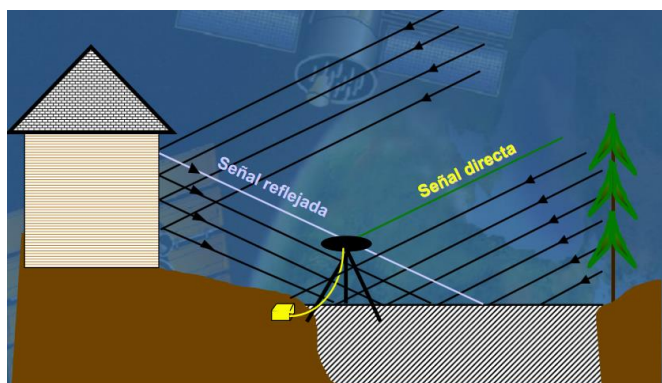


Figura 5: Multipaso en la base

2.1.4.3 Efectos de la Ionósfera

Las ondas de radio no viajan por el espacio vacío, pues tienen que atravesar la capa ionosférica que rodea a la Tierra, el grado de afectación a las ondas de radio está en función de la densidad de carga ionosférica y del ángulo de incidencia (Ghio, 2008).

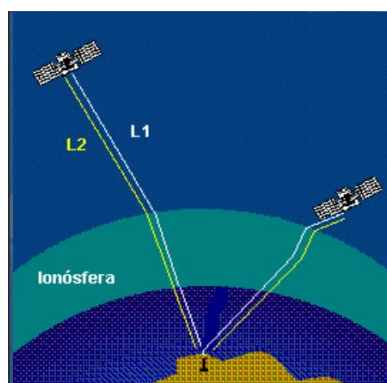


Figura 6: Efectos de la Ionósfera

2.2 Sensores Remotos / Fotogrametría

Los Sensores Remotos o Teledetección es una traducción del inglés *Remote Sensing*, se refiere a la captura de datos desde sensores instalados en plataformas que se encuentran en el espacio para su posterior tratamiento y análisis, aprovechando la interacción electromagnética presente entre la Tierra y el sensor, siendo la fuente de dicha radiación la proveniente del Sol (teledetección pasiva) o del propio sensor (teledetección activa) (Chuvienco, 1995).

2.2.1 Plataforma Aérea UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

Esta tecnología ha venido desarrollándose en las últimas décadas principalmente con fines militares. En el campo del uso civil están ganando una gran aceptación por el público para la obtención de cartografía. Algunos de los usos de esta tecnología son:

- Localización de objetos desde gran altura, lo que genera un mayor radio de acción en la búsqueda de naufragos y de localización de accidentes en zonas con baja accesibilidad.
- Control de tráfico en vías y líneas de transporte.
- Control de incendios
- Estudio de movimientos migratorios (plagas, bancos de pesca, aves).
- Sistemas de alerta temprana en situaciones de emergencia.
- Control de narcotráfico, fronteras y terrorismo, inteligencia militar.
- Fotografía aérea para la realización de mapas (Cartografía de precisión)
- Control de cultivos y paisaje.
- Diseño e inspección de redes eléctricas de alto voltaje (Mora, 2010).



Figura 7: UAV comercial marca eBee.

2.2.2 Imágenes Satelitales

Las imágenes por satélite se están convirtiendo en una herramienta cada vez más importante ya que son de gran utilidad en situaciones de emergencia complejas.

Comúnmente se tiene la idea de que el costo de las herramientas satelitales es muy elevado, pero la verdad es que éstos han disminuido en los últimos años. Las interferencias generadas por las nubes son problema del pasado gracias a la aparición de los satélites radar. A futuro, la aparición de satélites de mayor resolución para actividades civiles permitirán una mayor disponibilidad de esta importante fuente de información (Bjorgo, Pisano, Lyons, & Heisig, 2012).

2.2.2.1 Estructura de las Imágenes Satelitales

Una imagen digital está constituida por elementos bidimensionales denominados pixeles, en la Figura 8 se puede apreciar un esquema de la formación de una imagen digital (pixeles ubicados en la intersección de cada fila i y columna j) en cada una de las k bandas correspondientes a una escena (TELEDET, 2016).

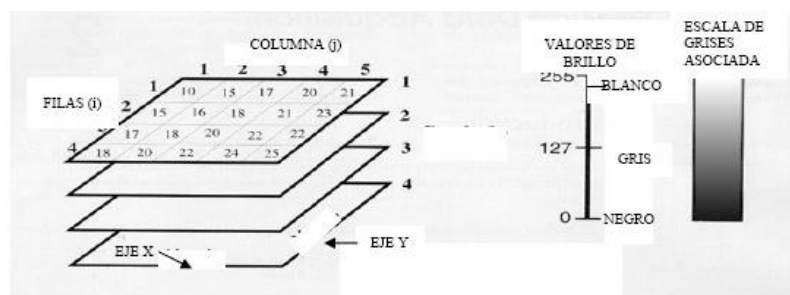


Figura 8: Esquema de una imagen satelital.

2.2.2.2 Píxel / Texel

Es cada uno de los elementos de la matriz que forman la imagen digital y le corresponde uno o más valores digitales (número digital -ND-) (Delgado, 2014).

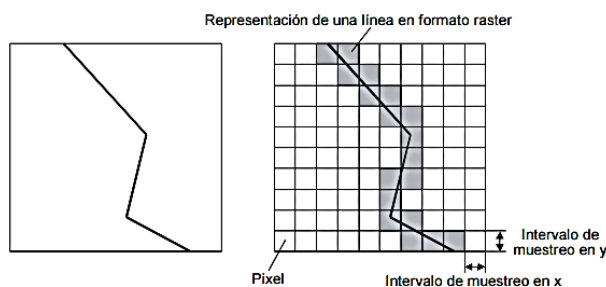


Figura 9: Representación de una línea en formato raster.

2.2.2.3 Ground Sampling Distance (GSD)

Representa la resolución espacial (con respecto al terreno) de las imágenes digitales. Es la distancia espacial presente entre los centros de dos píxeles adyacentes (Droning, 2016).

2.2.3 Ortoimágenes.

Según (Cartomap, 2014) la ortoimagen es una imagen del terreno, a la cual se le han hecho correcciones, eliminando de esta forma las distorsiones planimétricas producto de la inclinación de la cámara aérea y el desplazamiento debido al relieve, todo esto con el objetivo de eliminar la variación de escala existente.

2.2.3.1 Metodología para la obtención Ortoimágenes.

- Planificación del vuelo, estableciendo puntos de control, inspección previa del terreno, sitio del despegue y aterrizaje.
- Vuelo en el terreno tomando las imágenes.
- Descarga de las imágenes.
- Orientación Interna
- Orientación Externa / Aerotriangulación
- Obtención de MDT
- Obtención de Ortoimágenes.

2.3 Topografía

La topografía es la disciplina o ciencia que tiene por objeto la medición y representación gráfica de extensiones de la superficie terrestre pequeñas en las cuales no interviene la curvatura terrestre, con el objeto de planificar obras, así como el conocimiento y manejo de los instrumentos que se precisan para tal fin (Koolhaas, 2003).

2.3.1 Levantamiento Topográfico

Se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre (Casanova, 2002).



Figura 10: Levantamiento topográfico con estación total.

2.3.1.1 Estación Total

Según (Torres & Villate, 2001) es el instrumento que integra las funciones que realiza el teodolito electrónico, el medidor electrónico de distancias y un microprocesador, realizando los cálculos necesarios para obtener las coordenadas rectangulares de la superficie del terreno.



Figura 11: Estación Total Trimble M3.

Para la medición de los puntos del terreno se hace uso de prismas circulares, de cristal óptico de alta calidad, fabricados observando estrictas tolerancias, vienen acompañados de un conjunto de accesorios: portaprismas, soportes de prismas, trípodes, bastones para prismas, trípodes para soporte de bastones, bases nivelantes.



Figura 12: Prisma y trípode para levantamientos topográficos



Figura 13: Posicionamiento de puntos de control.

2.4 Presupuesto

Es un plan de actividades y recursos de una empresa, se establece para lograr los objetivos propuestos en determinado tiempo y expresarlos en términos monetarios. (Emprende Pyme, 2016).

2.4.1 Costo de Producción

Costo en el que se incurre en la manufacturación de un producto, es la base para el establecimiento del precio de venta de un servicio u objeto en el mercado, debe estar necesariamente por encima de su costo de obtención, caso contrario no existiría incentivo económico para quien pone sus esfuerzo y tiempo en la fabricación y distribución de dicho producto (Eraso & Tello, 2006)

2.4.2 Costo Unitario

Es el costo en el que se incurre para producir una unidad de un bien. Es decir, es la suma de todos los costos como mano de obra, sueldos administrativos, compra de materiales, capacitación, etc. dividido entre las unidades, sin tener en cuenta la utilidad.

2.4.3 Utilidad

Es igual a los ingresos totales provenientes de las operaciones menos el costo de los productos vendidos y los costos del periodo o gastos (Horngren, Datar, & Rajan, 2012).

2.4.4 Salario Básico Unificado

Según (Ministerio Coordinador de Desarrollo Social, 2016) el salario básico unificado (SBU) es el valor mensual mínimo que el empleador debe pagar al trabajador con motivo de un contrato de trabajo, está expresado en dólares corrientes, adicionalmente a este salario, desde la década de 1970 se crearon varias remuneraciones, bonificaciones y compensaciones que, según la ley, deben pagarse.

2.5 Ponderación de Variables

En el presente análisis se definirá la importancia de las diferentes variables consideradas en la obtención de presupuestos para los diferentes productos de Ingeniería Geográfica, para dicho cometido se utilizará un método de ponderación, que permita asignar pesos, jerarquías o importancia a las distintas variables

2.5.1 Matriz de Saaty

Según (Saaty, 1980) el método de análisis jerárquico se trata de un procedimiento de comparación por pares de los criterios que parte de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar.

Tabla 2
Escala de Saaty

ESCALA DE SAATY	
CRITERIO	VALORES
Igual importancia al comparar dos variables	1
Moderada importancia de una variable sobre la otra	3
Fuerte importancia de una variable sobre otra	5
Muy fuerte importancia de una variable sobre otra	7
Extrema importancia de una variable sobre otra	9
Valores de comparación intermedios	2, 4, 6, 8

Fuente: (Saaty, 1980)

2.5.2 Normalización

La normalización de datos consiste en estandarizar éstos para que sean expresados en término de la unidad con el fin de realizar futuras operaciones evitando así que se generen diferentes rangos no compatibles.

2.5.3 Activos Fijos

El activo fijo es uno de los componentes principales de la estructura financiera en una empresa. Se adquiere con la finalidad de usarse y no venderse, por lo que están destinados a generar ingresos (Mendoza, 2008).

2.5.4 Depreciación de Activos Fijos

Es la baja de valor que afecta a los bienes, por su uso y transcurso del tiempo (Universidad de Sonora, 2013).

Según el (SRI, 2016), la depreciación de los activos fijos se realizará de acuerdo a la naturaleza de los bienes, a la duración de su vida útil y la técnica contable. Para que este gasto sea deducible, no podrá superar los siguientes porcentajes:

- Inmuebles (excepto terrenos), naves, aeronaves, barcasas y similares 5% anual.
- Instalaciones, maquinarias, equipos y muebles 10% anual.
- Vehículos, equipos de transporte y equipo caminero móvil 20% anual.
- Equipos de cómputo y software 33% anual.

2.5.5 Salario

Es un rédito o ingreso que corresponde al trabajador subordinado por la prestación de su trabajo (López, 2014).

CAPÍTULO 3

PROCESOS PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS DE GEODESIA, SENSORES REMOTOS Y TOPOGRAFÍA.

Hay que señalar que para las 3 ramas en estudio se analizaron los productos “estrella” o principales, de los cuales se puede obtener información en campo y son la base para desarrollar una variedad de subproductos, o son usados en diferentes aplicaciones, tal es el caso de:

- Geodesia - Posicionamiento Satelital (L1/L2),
- Topografía - Levantamiento Topográfico con estación Total,
- Sensores Remotos – Ortoimagen.

3.1 Procesos para la obtención de productos derivados de Geodesia

Para realizar el Posicionamiento Satelital, se debe tener en cuenta algunas consideraciones y seguir algunos pasos, mismos que son necesarios para realizar un buen trabajo y evitar contratiempos.

Se sabe que el tiempo de observación y la precisión están en función, principalmente, de la longitud de las líneas base (base – móvil), por tanto se recomienda minimizarla, dependiendo de la precisión y la productividad es más ventajoso medir líneas bases cortas (5 Km) desde varias estaciones temporales, que medir largas (15 Km) desde una sola estación de referencia.

De acuerdo al área y el número de puntos a observar, hay que considerar la posibilidad de establecer estaciones de referencia temporales desde las cuales se radien puntos.

a) Planificación

La planificación adecuada antes del trabajo de campo es muy importante ya que ahorra tiempo y frustraciones al operador de los receptores GNSS. Una buena planificación optimiza el uso de recursos y además de tiempo, traduciéndose en la

eficacia y eficiencia del trabajo, siendo una excelente carta de presentación para el profesional a cargo, además le permite a éste tener mayor disponibilidad para emprender nuevos proyectos. La buena o mala ejecución del cronograma se traduce en ganancias o pérdidas económicas respectivamente.

Los errores más comunes se producen debido a una mala planificación, ya que al ser el primero de los tres pasos necesarios para un trabajo de GNSS (Planificación, Recolección y Procesado de datos), los errores presentes en esta etapa se acarrean hasta el final generando muchos inconvenientes.

La revisión del equipo: todo el hardware y el software debe revisarse de antemano para su adecuado funcionamiento y todo el personal deberá estar debidamente capacitado en el uso de los instrumentos respectivos.

Siempre es importante realizar una investigación paisajista sobre el lugar en donde se va a realizar el trabajo, una vista general mediante la herramienta Google Earth siempre es útil para tener una idea de las condiciones a las que el equipo de trabajo va a estar sometido, además, movilización in situ y seguridad son algunos de los factores a ser considerados, principalmente por el costo elevado de los equipos que se utilizan y el riesgo que existe al trabajar con ellos a la vista de todos.

La Revisión del cronograma: El diseño de un cronograma no es otra cosa que determinar el itinerario del aparato móvil; saber dónde y cuándo se visitarán los lugares. El tiempo de posicionamiento de cada punto, el cuál es establecido de acuerdo a las necesidades del proyecto y a las condiciones del terreno.

Selección de Ventanas de Observación Favorables: Hay que tener en cuenta los obstáculos que rodeen los puntos donde observar, pues pueden causar la pérdida de la señal de algún satélite en concreto o generar efectos multicamino. En caso de que exista esta posibilidad, se tendrá en cuenta, en la planificación, la posibilidad de no recibir la señal del satélite en cuestión.

b) Recolección de datos (Trabajo de Campo)

Ésta fase describe la coordinación entre la estación-base y el aparato móvil. El operador debe estar al tanto de lo que sucede en el otro extremo de la línea de comunicación durante el trabajo, para lo cual siempre es necesario que una persona permanezca junto a la base para informar cualquier anomalía o inconveniente, mientras el móvil está tomando los datos de cada punto,

Es en este proceso es en donde la planificación previa tiene gran importancia, ya que se deben cumplir con los horarios establecidos y la logística necesaria para que el trabajo salga de la mejor manera, teniendo en cuenta que cualquier desfase en los tiempos incurre en un costo adicional al presupuestado inicialmente.

El método estático estándar se emplea para distancias largas que superen los 20 Km. Normalmente se trabaja en post-proceso pues las condiciones de observación son diferentes en cada estación GNSS. Las soluciones obtenidas son tan redundantes como se desee, basta con ampliar las observaciones en común que han de ser de un mínimo de 25 - 30 minutos que aumentarán según aumente la distancia.

La precisión de una línea base es de $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$ siempre que se trate de dos equipos de doble frecuencia y que observen en fase.

Observados los vértices geodésicos y las nuevas bases, se estaciona un receptor en una de ellas. Esta será la estación de referencia.

Una vez localizado el punto de apoyo:

- Se estaciona el equipo y se mide la altura de la antena.
- No deben existir obstrucciones por encima de 15° sobre el horizonte, para que el equipo no tome datos de satélites situados por debajo de esa altura.
- No deben haber en los alrededores superficies que puedan reflejar y producir efectos multicamino.

- Deben estar alejadas de lugares de tránsito, si es necesario se debería poder dejar el receptor sólo y desatendido.
- No deben encontrarse en los alrededores emisores potentes (antenas TV, radio, etc.).

A continuación, se pone en funcionamiento el receptor y se efectúa la toma de datos GNSS.

La toma de datos dependerá del número de satélites disponibles sobre el horizonte, así como de la distancia del receptor móvil al receptor fijo, y de las pérdidas de ciclo que se ocasionen. El GDOP proporciona un indicador de la geometría de los satélites, cuanto más próximo sea a 1, mejor será la geometría disponible y se aceptará valores máximos de 4 o 5.

Los resultados para todos los puntos dependerán de las condiciones en las que se encuentre el receptor de referencia (base). Por tanto éste debe tener el funcionamiento asegurado.

- Asegurado el suministro de energía
- Asegurada la capacidad de almacenamiento de información
- Asegurada la posición de la antena
- Asegurada la configuración y parámetros de recepción del receptor, coincidentes con los del receptor móvil.

Observación de Puntos con el Receptor Itinerante: Es de particular importancia asegurar ciertas condiciones:

- Asegurar que los parámetros de la misión han sido correctamente establecidos, y coinciden con los del receptor itinerante.
- Comprobar la altura de la antena.

Es importante llenar hojas de campo de cada punto observado con parámetros y comentarios que faciliten la detección e identificación de posibles errores en gabinete.

Si es necesario, para una fácil identificación del punto a futuro, se debe materializar (amojonar) y colocar una placa, así se evitará desplazamientos y se podrá utilizar ésta información en proyectos posteriores, en la siguiente figura se muestra un punto amojonado.



Figura 14: Punto con mojón de cemento.

Al finalizar el trabajo de campo, en el terminal del equipo GPS móvil quedan almacenados en ficheros digitales, con el nombre de fichero que se haya introducido para el trabajo, el identificador y las coordenadas WGS-84 de los vértices geodésicos (mínimos) y de las bases de nueva implantación. Del mismo modo habrán quedado registrados los datos de las observaciones realizadas sobre los puntos de apoyo.

c) Procesado de datos (Trabajo de Gabinete)

La recepción debe darse 15° por encima del horizonte, de lo contrario se ve afectada por la refracción atmosférica y el uso de este tipo de información impide la consecución de resultados precisos.

Teniendo esto en cuenta, a veces puede ser interesante, en post-proceso, aumentar la máscara a 20° , si la Ionosfera está muy activa, lo que mejoraría los resultados.

Puede ocurrir que una línea base calculada se salga de tolerancia, usando incluso 5 satélites, si alguno de éstos no sube más de 20°. En estos casos puede mejorar el resultado subir la máscara a 20° y calcular sólo con 4 satélites de elevación mayor.

Al descargar los datos de los receptores GNSS se obtiene archivos binarios, que son tratados para obtener un fichero RINEX (fichero en formato ASCII) capaz de ser leído por cualquier software de cálculo GNSS, en estos ficheros vienen datos de mensajes de navegación, el estado de los satélites, y los datos de código y fase registrados.

El trabajo en gabinete se centra en el cálculo de los parámetros de transformación que permitan transformar coordenadas entre el sistema WGS-84 y un sistema con proyección UTM en la zona que corresponda. Con esos parámetros y un sistema de coordenadas local se podrán obtener las coordenadas UTM de las bases de nueva implantación y de todos los puntos de apoyo observados desde dichas bases.

El cálculo comienza con la descarga de datos desde las tarjetas del receptor al ordenador. Para ello debe crearse un proyecto (a modo de carpeta de almacenamiento) donde quedaran registrados los datos de campo. Se debe realizar una comprobación de los datos adquiridos, asegurándose de que se dispone de las observaciones en los vértices geodésicos y en las nuevas bases. Esta comprobación se puede realizar de forma gráfica o mediante listados.

Al cálculo deberán incorporarse los ficheros de coordenadas de los vértices, y deberá indicarse el sistema de referencia de cálculo, a continuación se procede a realizar el cálculo de la transformación capaz de pasar coordenadas del sistema inicial (WGS-84) al sistema final (local-UTM).

La transformación seleccionada puede ser una transformación Clásica 3D modelo Bursa-Wolf, Molodensky - Badekas u otra diferente. La transformación Molodensky - Badekas toma como origen un centroide situado entre el centro de la Tierra y la zona de trabajo, mientras que el modelo Bursa-Wolf toma como origen de la transformación el centro de la Tierra. En los trabajos topográficos se opta por el modelo Molodensky - Badekas al tratarse de zonas pequeñas, adaptándose mejor a

ellas la transformación. El modelo Bursa-Wolf queda para transformaciones de grandes superficies (países o continentes) (Universidad Politécnica de Madrid, 2012).

En la transformación, si se han observado cuatro vértices geodésicos, tendremos 12 ecuaciones (tres por vértice (X, Y, Z)), para 7 incógnitas (3 traslaciones, 3 rotaciones y un factor de escala), quedándonos 5 grados de libertad con posibilidad de cálculo de residuos para cada una de las incógnitas (parámetros). Los valores de los residuos nos dan una idea de la precisión de los parámetros de transformación obtenidos.

Este proceso permite realizar la transformación de sistema de referencia, y define la topografía de enlace con un determinado sistema de referencia previamente elegido, para el proyecto el sistema de referencia es el proporcionado por los vértices geodésicos.

El uso de un Modelo Ionosférico, en principio, sólo afecta apreciablemente al cálculo de líneas bases de más de 20 km, normalmente se usa un modelo empírico, basado en el estudio del comportamiento de la Ionosfera, en función del ángulo horario solar, con el uso de modelo Ionosférico se aplican correcciones a todas las observaciones de fase, que varían con el ángulo horario solar y con la elevación del satélite recibido.

Para líneas bases largas, más de 20 km, los efectos Ionosférico se suelen cancelar, pues en estos casos el tipo de cálculo está basado en el observable L3, que es una combinación de L1/ L2.

Información usada en el Proceso:

Para líneas bases de más de 100 km, el proceso de observaciones de sólo Código puede dar resultados con precisiones muy buenas, cuando las efemérides también lo son. Si las medidas de código se corrompen por algún motivo (encriptación, etc), se debe procesar con sólo medidas de fase.

3.1.1 Aplicaciones y subproductos del Posicionamiento Satelital

Existen distintas aplicaciones del Posicionamiento Satelital, generalmente sirve como complemento para aplicaciones más grandes, siendo un pilar fundamental en trabajos de gran importancia.

El método estático tiene distintas aplicaciones, funciona para líneas base largas (por lo general mayores de 20 Km.). Es la medición clásica para líneas bases. Para distancias menores a 20 Km se utiliza el Método Estático Rápido.

<i>Nº de satélites GDOP <= 8</i>	<i>Longitud de la línea base</i>	<i>Tiempo de observación DIA</i>	<i>Tiempo de observación NOCHE</i>
<i>ESTAT. RAPIDO</i>			
<i>4 ó 5</i>	<i>menos de 5 Km.</i>	<i>de 5 a 10 min.</i>	<i>5 min.</i>
<i>4 ó 5</i>	<i>de 5 a 10 Km.</i>	<i>de 10 a 20 min.</i>	<i>de 5 a 10 min.</i>
<i>4 ó 5</i>	<i>de 10 a 15 Km.</i>	<i>alrededor de 30</i>	<i>de 5 a 20 min.</i>
<i>ESTATICO</i>			
<i>4 ó 5</i>	<i>de 15 a 30 Km.</i>	<i>de 1 a 2 horas</i>	<i>1 hora</i>
<i>4 ó 5</i>	<i>más de 30 Km.</i>	<i>de 2 a 3 horas</i>	<i>2 horas</i>

Figura 15: Distancia y tiempo para posicionamiento.

Fuente: (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, 2001)

Estas son algunas de las aplicaciones del Posicionamiento Satelital mediante el Método Estático:

- **Control Geodésico/ Redes Geodésicas**

Un levantamiento geodésico es considerado como tal porque toma en cuenta la curvatura de la Tierra y se ejecuta con instrumental y procedimientos que permiten obtener grandes precisiones para cada punto (INEGI, 2005).

El posicionamiento satelital es la esencia misma para el establecimiento de redes geodésicas regionales y nacionales.

- **Zonificación**

Según (Sabella, 1996), cuando se realiza un trabajo de zonificación por lo general el producto final es un mapa que delimite rasgos biofísicos, como por ejemplo: tipos de bosque, cuencas hidrográficas o tipos de suelos. Usualmente, se determina un esquema de clasificación para cada zona. Se deben tomar decisiones sobre la forma en que se determinarán los límites entre las clasificaciones, antes de viajar al campo, debido a que en la naturaleza los límites entre zonas biofísicas no son marcados, normalmente, la inclusión de zonas de transición, depende de la escala del producto final.

- **Delimitación / Catastro**

Existe una diferencia entre la zonificación de límites biofísicos y la delimitación de límites artificiales y es la naturaleza de los límites en sí: lineales y no lineales. El tiempo y recursos marcan una gran diferencia entre el mapeo de un límite que corre entre dos puntos claros de referencia y el mapeo de un límite que sigue una línea natural.

El GNSS diferencial es de gran utilidad para la delimitación ya sea de: propiedades, concesiones, reservas municipales, comunidades y otros, porque cuanto más pequeñas son las superficies y distancias a representar, mayor será la precisión requerida con la finalidad de garantizar que no exista sobreposición y que ninguna de las partes interesadas salga afectada

- **Georeferenciación de mapas, fotografías e imágenes**

Se utilizan GNSS de precisión para recolectar coordenadas en campo y referenciar imágenes digitalizadas. Esto se logra identificando una serie de puntos en una imagen que manera que puedan ser fácilmente identificados en campo. Luego, estas coordenadas son introducidas en un SIG para georeferenciar la imagen completa.

La precisión y la escala están entre los factores a considerarse para este tipo de trabajos, el tamaño del objeto ubicado en el mapa o imagen determinará la precisión del producto final.

- **Control de movimientos tectónicos**

En las últimas décadas los sistemas satelitales de navegación global y otras técnicas de geodesia espacial han permitido estudiar a detalle las deformaciones en la superficie de la corteza terrestre.

El Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia (IERS) desarrolló el marco de referencia global ITRF (International Terrestrial Reference Frame), mismo que ha sido adoptado internacionalmente como la base para el establecimiento y actualización de las redes geodésicas nacionales y regionales y ha contribuido con elementos que en la actualidad permiten conocer y aplicar desplazamientos o deformaciones que suceden en la superficie de la corteza terrestre para mantener en el tiempo una mejor consistencia interna en las redes geodésicas, y de éstas con los marcos de referencia globales, dando pie a la geodesia tetradimensional (INEGI, 2012).

- **Medición de la Vibración en estructuras de puentes**

Para el monitoreo en puentes existe una técnica convencional la cual consiste en utilizar una red ajustada con receptores geodésicos; es decir, establecer una red geodésica donde se llevan a cabo las mediciones sobre la estructura para que después sean enviadas a la estación central para su posterior análisis

Las mediciones obtenidas definen que el sistema GNSS es una forma apropiada para monitorear grandes deflexiones con bajas frecuencias de vibración, detectando las amplitudes en pocos centímetros con la vibración de altas frecuencias (Romero, Moraila, & Ortiz, 2012).

- **Levantamientos topográficos**

Un levantamiento topográfico inicia con el posicionamiento de los puntos de control, puntos que van a definir la línea de referencia o línea base que se requiere para orientar la estación total;

Ya en campo se estaciona uno de los receptores en el punto de coordenadas conocidas el cual se identifica como punto BASE o punto de referencia; el segundo receptor se estaciona en el punto de coordenadas desconocidas, los dos receptores recogen simultáneamente las señales emitidas por los satélites, a este sistema se le denomina diferencial ya que a partir de los datos capturados en el receptor BASE y mediante un proceso de ajuste, se determina las correcciones necesarias para obtener las coordenadas del punto y se aplica estas mismas correcciones para el cálculo de las coordenadas del punto cuya posición se desconoce.

3.2 Procesos para la obtención de productos derivados de Sensores Remotos

La Ortoimagen es el producto seleccionado de los Sensores Remotos, para realizarla se deben cumplir algunas fases o procedimientos.

Definición del proyecto:

Una vez que se tiene las imágenes, lo que se hace es procesarlas para obtener los MDT y las ortofotos respectivos, realizando las orientaciones pertinentes.

Dependiendo de la escala requerida para la ortoimagen, el procesado de las imágenes se lo debe hacer en bloques utilizando los datos de calibración de la cámara

Lo primero que se debe hacer es crear un nuevo proyecto, y dentro de éste definir todos los parámetros a utilizarse en todo el proceso. Estos datos son los siguientes:

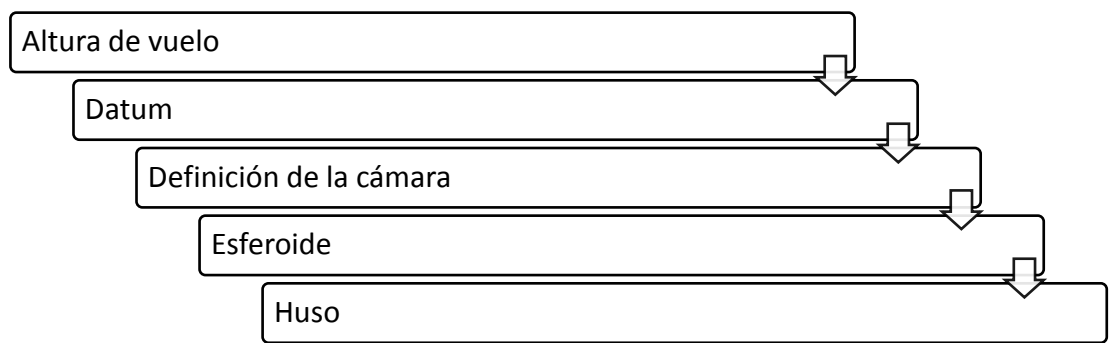


Figura 16: Parámetros para definición del proyecto.

La altura de vuelo aproximada, se determina a partir de la focal de la cámara y la escala de las imágenes.

$$\frac{1}{E} = \frac{f}{H} \rightarrow H = f * E$$

A continuación se debe definir la cámara con las que se han capturado las imágenes, la posición de las marcas fiduciales y dado el caso, los parámetros de distorsión.

Orientación interna

Después de definir el proyecto, el siguiente paso es hacer la orientación interna de todas las fotografías que previamente debieron haberse cargado, hay que revisar las fotografías antes de cargarlas para evitar errores posteriores que eviten que la orientación externa se resuelva.

Para empezar este proceso se debe realizar lo siguiente: identificar las marcas fiduciales en cada fotografía y luego mandar al software a procesar los datos, para que éste realice la orientación interna. Para este momento, si la orientación fue realizada correctamente, se debe mostrar una pestaña similar a la siguiente;

Row #	Image ID	Description >	Image Name	Active	Py.	Int.	Ext.	DTM	Ortho	Online
1	1	>	carios/primer_vuelo_uav_24_febrero/vuelo_20090716/p01f09o0	X						
2	2		carios/primer_vuelo_uav_24_febrero/vuelo_20090716/p01f08o0	X						
3	3		carios/primer_vuelo_uav_24_febrero/vuelo_20090716/p01f07o0	X						
4	4		carios/primer_vuelo_uav_24_febrero/vuelo_20090716/p01f06o0	X						
5	5		carios/primer_vuelo_uav_24_febrero/vuelo_20090716/p01f05o0	X						
6	6		carios/primer_vuelo_uav_24_febrero/vuelo_20090716/p01f04o0	X						
7	7		carios/primer_vuelo_uav_24_febrero/vuelo_20090716/p01f03o0	X						

Figura 17: Orientación interna

Es de suma importancia cargar las imágenes en la posición correcta o en su defecto ubicar todas las imágenes en la misma posición, para lo cual se debe identificar las marcas fiduciales correctamente, de esta forma esta parte del proceso funciona correctamente.

Localización de puntos de control y puntos de paso:

Una vez que la orientación interna se ha realizado, la siguiente fase consiste en identificar los diferentes puntos de control tomados en campo, mismos que son imprescindibles para realizar la Aerotriangulación. Este proceso es el que toma mayor tiempo, por consiguiente se convierte en el más tedioso, ya que se debe identificar los puntos manualmente en todas las fotografías en que aparezcan.

Por lo general se necesita un mínimo de 4 puntos de control por cada imagen para poder procesar. Una vez localizados manualmente los puntos de control, que deben permanecer fijos para todo el proceso y cuyas coordenadas han sido introducidas o desde un fichero, se procede a crear los puntos de paso o “Tie Points” cuyas coordenadas serán calculadas a partir de los puntos de control identificados previamente. Este proceso es realizado automáticamente por el software, mediante técnicas de matching. No deben presentarse problemas siempre y cuando existan puntos de control en todas las imágenes.

Se podría revisar la precisión de cada uno de los puntos detectados automáticamente, pero sería una tarea sumamente tediosa debido a que el programa detecta cientos de puntos. El software envía un mensaje de aviso cuando el número de Tie Points en una imagen no es suficiente, esto es muy importante de tomar en cuenta ya que no procesará esa imagen en procesos posteriores. Una posible solución a esto es introducir los puntos de paso de manualmente para que la imagen sea utilizada en el proceso. Esto no implica gran dificultad ya que simplemente se deberá

identificar puntos homólogos sin la necesidad de introducir sus coordenadas ya que éstas se calcularán en bloque con los demás puntos de paso.

Orientación Externa

El siguiente paso es realizar la Aerotriangulación u Orientación Externa, en otras palabras lo que se debe hacer es dar coordenadas a todos los puntos de paso y Tie Points existentes mediante la condición de colinealidad. Para ello primero hay que establecer las opciones deseadas o que mejor resuelven el problema, pinchando en el correspondiente ícono.

Se debe elegir las iteraciones a realizar, las fotografías que se van a utilizar en el proceso o las unidades del fichero de salida, estas unidades pueden ser en píxeles o en milímetros, con esta información el proceso debe realizarse de manera normal si todas las fotos tienen puntos de control y tie points, como resultado se puede visualizar una pantalla en la que se puede observar el error medio cuadrático y el error máximo en las coordenadas X, Y y Z (siempre en las unidades que antes hayamos elegido). Si el resultado no es de conformidad para el usuario se recomienda revisar los datos introducidos anteriormente, de esta manera se identificará cual es el punto que más error tiene y corregirlo o eliminarlo, finalmente si el proceso es satisfactorio se guardan los resultados en un archivo txt con todos los datos de la Aerotriangulación.

Realizada la Aerotriangulación y aceptados los resultados, se observa en la pantalla principal del proyecto las imágenes que se han incluido en el cálculo, así como la distribución de cada una de las fotografías con sus puntos de control y sus puntos de paso respectivos.

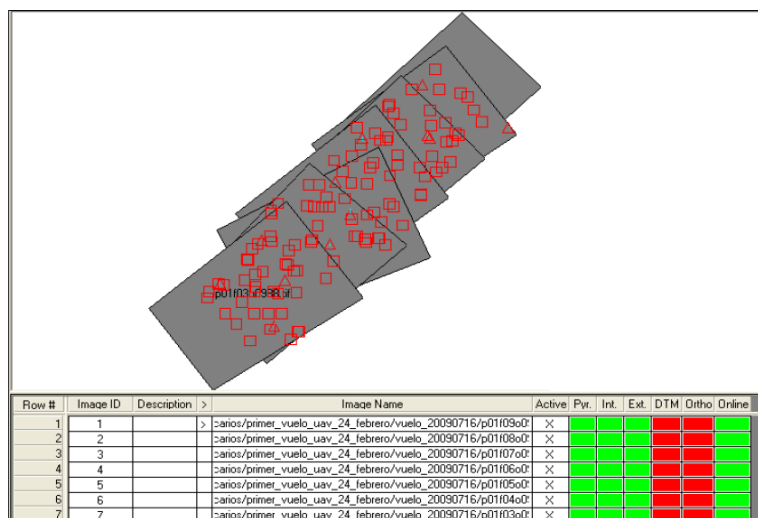


Figura 18: Orientación externa realizada

Si alguna de las imágenes no fue incluida en el cálculo, se mostrará un error, lo que significa que está sin resolver. En caso de existir errores hasta esta parte, éstos no implican que falten puntos de control, sino que posiblemente los puntos de control no están bien identificados, o tienen un error excesivo.

Obtención de MDTs:

Cuando la Orientación Externa o “Aerotriangulación” ha sido realizada, se puede obtener los MDT o TIN de la zona.

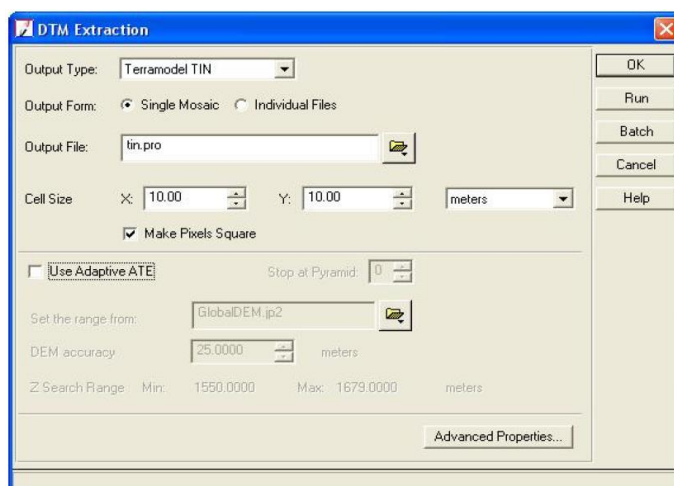


Figura 19: Creación de un MDT

Hay que decidir si se va a utilizar MDT o TIN. El MDT da como resultado un producto ráster, cuya edición es bastante complicada, mientras que el TIN da una

mallas de puntos a una determinada equidistancia, cuya edición posterior es más sencilla.

A mayor espaciado de malla, mejor es la ortoimagen visualmente, por lo que es crucial la decisión que se toma en ésta parte. Además de la separación de la malla, el resultado de las Ortoimágenes varía en función del tamaño de píxel establecido. Por lo cual se recomienda establecer un tamaño de píxel de salida, igual al GSD de la cámara.

Lo siguiente a realizar es elegir el intervalo entre curvas de nivel, es decir indicarle al programa que borre curvas con una longitud inferior a una determinada distancia (por ejemplo 30).

El resultado son 3 archivos: el TIN, el archivo de las curvas de nivel (.shp) y el archivo en el que se puede ver la calidad del MDT obtenido.



Figura 20: Parámetros de MDT

Es posible que el resultado no sea el deseado, sobre todo si en la zona existen árboles, zonas urbanas, etc., por esta razón existe la opción de identificar éstas zonas, conocidas como Áreas de interés (AOI's):

Para identificar éstas áreas se van a utilizar las siguientes herramientas:

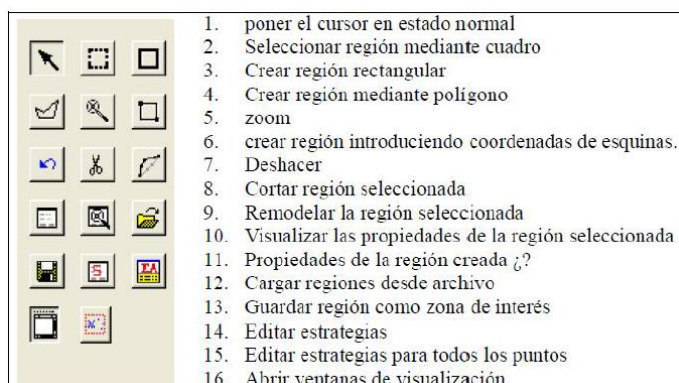


Figura 21: Herramientas utilizadas para identificar AOI's

Una vez identificadas todas las zonas de interés y los parámetros deseados señalados el software comienza a trabajar hasta terminar el proceso.

Realización de la Ortoimagen

El paso siguiente es realizar la ortoimagen, es decir “pegar” sobre el MDT las imágenes existentes para de esta manera obtener imágenes con coordenadas. Esta es la razón fundamental por la que el MDT debe estar correctamente hecho. Para generar la ortoimagen y dependiendo del software aparece una ventana como la siguiente:

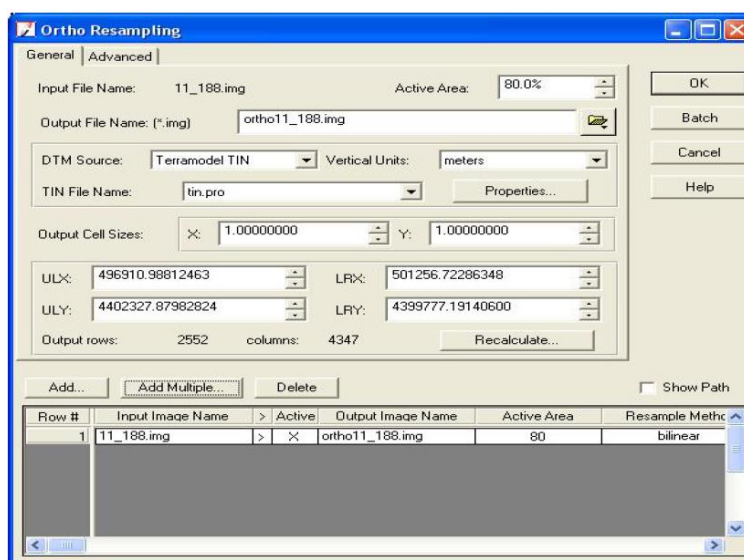


Figura 22: Pantalla de creación de ortoimágenes

Aquí se selecciona el TIN o DEM que servirá para ortorectificar, así como el tamaño de la celda, y las imágenes que se van a usar.

Existen tres métodos de remuestreo:

1. Interpolación Bilineal:

- Usado para imágenes de fotointerpretación.
- Cuando el tamaño de la celda del DEM/TIN es mucho mayor que el tamaño de la celda de la imagen.
- Cuando el DEM/TIN cubre toda el área de la ortoimagen.

2. Vecino más próximo:

- Conserva el valor del píxel, lo que permite el uso para imágenes de clasificación.
- Cuando el DEM/TIN cubre menos que el área de salida de la imagen ortorectificada.
- Cuando el tamaño de la celda del DEM/TIN es aproximadamente igual al tamaño de la celda de a imagen, por ejemplo 30 a 10.

3. Convolución Cúbica:

- Se utiliza en los mismos casos que la interpolación bilineal.
- El tiempo de procesamiento es mayor y las imágenes resultan más suavizadas.

Al finalizar la ortoimagen realizada se carga en su carpeta correspondiente dentro de la zona de trabajo del LPS y está disponible para poder visualizarla.



Figura 23: Ortoimagen resultante

3.2.1 Aplicaciones y subproductos de la Ortoimagen

Existen distintas aplicaciones o usos para una Ortoimagen, los cuales varían dependiendo de la escala de la misma, a continuación se indica algunos usos para diferentes escalas.

Una ortoimagen en escala 1:20 000 se utiliza para realizar:

- Análisis multitemporales del uso del suelo
- Estudios de uso actual del suelo, explotación y capacidad de uso
- Tipo de suelo
- Identificación de cultivos
- Investigación fitosanitaria de cultivos determinados
- Rotación de cultivos
- Localización de sitios con características especiales
- Evaluación estadística de las cosechas
- Censos agrícolas

- Clasificación de terrenos
- Hidrografía y drenaje
- Planificación de las obras de regadío (Cartomap, 2014)

En la actualidad existe una gran demanda por la ortoimagen a escala 1:20.000, empresas privadas y de personas naturales (profesionales, agricultores, mineros, etc.) son los que habitualmente hacen uso de esta herramienta ya que han encontrado en ella la solución a muchos de sus problemas, para fines de planificación, ejecución y explotación de diferentes recursos. La ortoimagen además ha sido de gran utilidad en temas de litigios sobre la tenencia de tierras, siendo usado como documento aclaratorio.

Una ortoimagen en escala 1:10 000 se utiliza para:

- Medir el área plantada o los terrenos con potencial forestal, con el fin de calcular la superficie apta para explorar o plantar
- Evaluación y cuantificación del recurso forestal (porcentaje de ocupación)
- Identificación de recursos forestales según tipología y cálculo de su área (bosque nativo, artificial, pinos, etc.).
- Planificación para el manejo de bosques, control en las diferentes fases de la producción.
- Elaboración de estudios de factibilidad técnico económica, para determinación de servicios ambientales.
- Estudios de viabilidad para la adquisición de nuevos predios
- Evaluación y diseño de vías de acceso para la explotación forestal considerando la ubicación, el tipo de maquinarias a utilizar, etc.

Una ortoimagen en escala 1:1 000 se utiliza:

- La ubicación de embalses
- La actualización de la base cartográfica de las zonas de interés

- La obtención de un dimensionamiento exacto de las zonas de exploración y explotación de recursos.

En el sector del Catastro, el mayor uso que se le da a la ortoimagen es en lo referente al cobro de tributos por posesión de inmuebles que es responsabilidad del Servicio de Rentas Internas (SRI). Además, se la usa como base cartográfica en los cálculos proyectivos de la producción agropecuaria para la confección del presupuesto nacional y el cobro de los respectivos impuestos, además

En el caso del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) el uso de la ortoimagen está orientado a la preparación del material cartográfico en la planificación de los futuros censos.

3.3 Procesos para la obtención de productos derivados de Topografía

Para realizar un Levantamiento Topográfico, se debe tener en cuenta algunas consideraciones y seguir algunos pasos, mismos que son necesarios para realizar un buen trabajo y evitar contratiempos.

Realizar levantamientos con estación total es una gran ventaja al momento de levantar, debido a que este proceso se realiza de manera automática (en forma digital), además, de esta forma se eliminan errores de lectura, anotación y transcripción, los cálculos de coordenadas son realizados a través de programas de computación que vienen incluidos en las estaciones.

Por lo general los datos recolectados por la estación total se guardan en formato ASCII y pueden ser interpretados por cualquier programa de topografía (SENCICO, 2010).

Para llevar a cabo un levantamiento topográfico son necesarias tres grandes etapas, las cuales se dividen en algunas actividades u operaciones, estas etapas son las siguientes: Planificación, trabajo en campo y trabajo de oficina o gabinete.

- **Planificación**

Al iniciar cualquier proyecto se debe revisar la información cartográfica existente sobre la zona de trabajo, para tener una idea global sobre su localización. Determinar las formas de acceso, clima, condiciones del terreno, vegetación existente y extensión del trabajo, entre otros factores, es de suma importancia debido a que mediante estos se puede establecer el tiempo que va a tomar realizar el trabajo. Posterior a este análisis, se debe considerar el personal necesario, los instrumentos requeridos, la fecha de realización del proyecto en campo, transporte, viáticos, entre otras necesidades.

Algunas consideraciones adicionales a tener en cuenta en la planificación del trabajo son las siguientes:

- a) Días antes de realizar el trabajo, revisar y verificar los instrumentos que van a ser utilizados (baterías de los dispositivos electrónicos debidamente cargadas, aparatos o dispositivos y sus respectivos accesorios en buenas condiciones y funcionando correctamente) entre otras precauciones, todo esto con el fin de evitar retrasos en el proyecto (Torres & Martínez, 2005).
- b) Para una mayor precisión del trabajo a generar se requiere de dos puntos de control mínimo; en el caso de no existir, estos pueden ser generados por medio de la utilización de un GNSS de precisión. Estos puntos sirven para dar las coordenadas iniciales a la estación total y de esta forma el levantamiento queda georeferenciado.

- **Trabajo en Campo.**

Se trata del trabajo que se efectúa directamente sobre el terreno, utilizando los aparatos de medición sobre el espacio físico. En determinados casos para realizar los levantamientos topográficos se debe analizar detenidamente los lugares de trabajo, ya que en algunos sitios existen problemas de visibilidad, lo cual perjudica las observaciones GPS (Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, 2011).

Algunas consideraciones adicionales a tener en cuenta en esta fase del trabajo son las siguientes:

- a) El día de realización del trabajo, el encargado del mismo, debe movilizar y preparar las seguridades respectivas los aparatos y el personal que van a participar.
- b) In situ, se toman las decisiones pertinentes para el inicio del trabajo, tales como la ubicación de los equipos, distribución del personal en el área y se ubican los puntos de control con GPS de precisión, en caso de ser necesario se coloca un mojón de cemento en estos puntos, mismos que pueden servir para futuros trabajos en la zona.
- c) Se inicia la medición plantando la estación total sobre el primer punto de coordenadas conocidas (punto de control) y se toma como referencia (para encerrar) el segundo punto de coordenadas conocidas, con ayuda del prisma se procede a la levantar los puntos para la generación del plano topográfico. Hay que verificar constantemente que los datos están siendo registrados y almacenados correctamente en el instrumento.
- d) Es de gran ayuda llevar un registro gráfico en una libreta de campo en donde también se anoten los cambios que se realicen en el proyecto.
- e) Se recomienda que los miembros de la cuadrilla de trabajo usen vestimenta adecuada y accesorios, para que puedan soportar las condiciones climáticas presentes al momento de realizar el trabajo. Se deberán suspender labores en caso de presencia de tormentas eléctricas.

- **Trabajo de Oficina o Gabinete.**

Esta etapa consiste en el procesamiento de datos levantados en el campo para lo cual se realiza lo siguiente:

- a) Descargar la información de los instrumentos a un computador y ordenarlos para poder transferirlos al software en el que se va a realizar el dibujo, por lo general a un CAD.

- b) Diseñar el plano o mapa de los puntos levantados en campo con el detalle requerido utilizando como ayuda las anotaciones tomadas en una libreta de campo.

Una vez terminado el trabajo se debe revisar y verificar las condiciones en las que se encuentra el equipo utilizado (funcionamiento, limpieza) para posteriormente devolverlos o colocarlos en su respectivo lugar.

Los planos que se realizan pueden ser levantamientos planimétricos, perfiles longitudinales, rellenos, cortes, ubicación de estructuras, colocación de linderos y cualquier elemento que se encuentre dentro del área (Torres & Martínez, 2005).

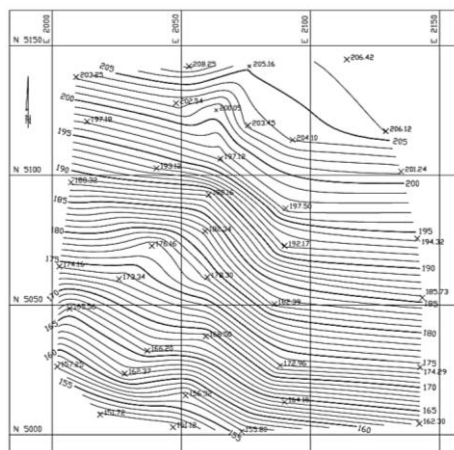


Figura 24: Plano de curvas de nivel

La seguridad del personal es un aspecto de gran importancia al momento de realizar cualquier trabajo, en este caso particular se requiere el uso de chalecos para cada miembro de la cuadrilla de trabajo, cono de tránsito para áreas urbanas o próximas a carreteras; que los vehículos se encuentren cerca al área de trabajo por si llegara a necesitarse movilización, además mantener un botiquín de emergencia en caso de algún accidente.

3.3.1 Aplicaciones y subproductos del Levantamiento Topográfico

Por medio de las curvas de nivel y una vez elaborado el mapa topográfico del terreno, se puede utilizar el mismo de distintas maneras: en la planificación y ejecución de obras civiles, se puede determinar la cota o elevación de cualquier punto sobre el plano, la pendiente entre dos puntos, estimar los volúmenes de corte y

relleno de material requerido en la ejecución de una obra, proyectar trazado de vías, además de usos agrícolas y pecuarios, ordenamiento territorial, planificación, etc.

Para realizar estos procesos se utiliza un CAD, software especializado en proyectos de topografía y obras civiles. A continuación se describen los procesos a realizar para algunas de las aplicaciones mencionadas anteriormente:

- **Perfiles Longitudinales**

Es la operación de nivelar puntos situados a corta distancia entre sí, a lo largo de una alineación determinada, conocida también como nivelación de un perfil. En los proyectos y levantamientos topográficos para carreteras, ferrocarriles, canales, etc., se colocan estacas u otras señales a intervalos regulares a lo largo de una alineación ya fijada, ordinariamente en el eje de la obra.

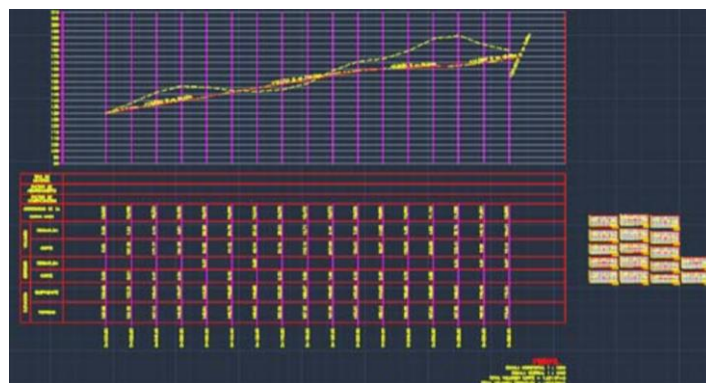


Figura 25: Perfil del terreno

- **Cálculo de volúmenes**

Este proceso se desarrolla según el orden lógico, sin considerar el ordenamiento del menú, consta de los siguientes pasos

- Diseño de la plataforma de proyecto.
- Modelamiento de la superficie de proyecto.
- Cálculo del movimiento de tierra.
- Actualización de la topografía original

Es posible mover superficies de un lugar a otro del terreno y observar, en forma automática, el volumen de tierra que produciría.

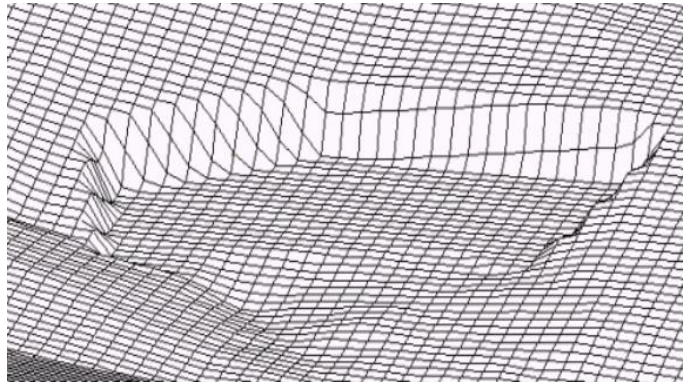


Figura 26: Movimiento de tierra

- **Diseño geométrico de caminos**

Es posible diseñar este tipo de proyectos a lo largo de un eje, perfil longitudinal, rasante y perfiles transversales. Para realizarlo se debe seguir el siguiente procedimiento.

- Diseño del eje en planta
- Perfil longitudinal
- Diseño de la rasante
- Perfiles transversales
- Cálculo de volumen

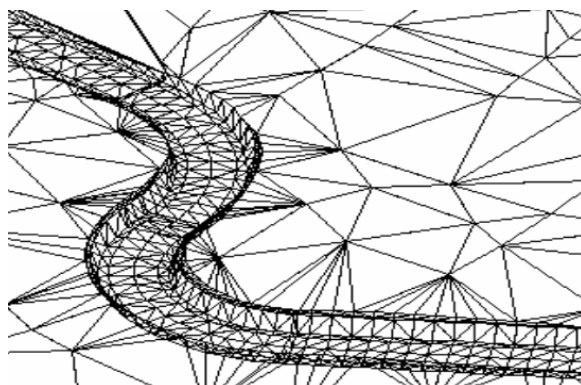


Figura 27: Diseño de caminos

CAPÍTULO 4

PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE PRESUPUESTOS

Con el fin de solucionar el problema formulado sobre valores a presupuestar por los servicios profesionales en las áreas de Geodesia, Sensores Remotos y Topografía, y debido a la ausencia de estudios relacionados en el Ecuador se plantea un modelo que se basa en parte en un análisis realizado en el Centro de Estudios Superiores María Goretti, de San Juan de Pasto, que a su vez se hace referencia a análisis previos realizados por la Sociedad Colombiana de Topógrafos, mismo que es utilizado por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte para el pago o liquidación de contratos de vías de primer y segundo orden, al igual que el utilizado por el Fondo Nacional de Caminos Vecinales de Colombia. Cabe anotar que estos documentos siguen teniendo vigencia en ese país, según confirmación hecha por autoridad competente.

El modelo propuesto respeta cada uno de los pasos diferentes que deben darse en la vida práctica de campo y oficina, cubriendo así todos los posibles escenarios que pueden presentarse.

El análisis de costos unitarios para cada área, se puede establecer a través de la utilización de índices o puntajes, y la identificación de variables que permitan representar cualquier escenario que pueda presentarse en un trabajo de campo, en cualquier lugar del Ecuador.

En la primera etapa de la investigación se empleó la revisión bibliográfica por cuanto ofrece mayor confiabilidad en la obtención de resultados, sin embargo se presentaron algunos inconvenientes al momento de obtener dicha información ya que no existen en el país estudios previos relacionados con al tema.

Para desarrollar el tema se tenían algunos posibles caminos a seguir, usando: sistema de puntaje, por rendimiento diario, por precios unitarios o por salario mínimo, pero cada uno de ellos no se acopla de manera perfecta a la realidad territorial del Ecuador, mucho menos con la falta de información al respecto, es por esto que se pensó en un método que reúna la mayor cantidad de opciones, sin

embargo, la gran interrogante era cómo juntar todos estos métodos en uno solo que permita calcular los costos unitarios de los productos en estudio de una manera clara y ecuánime.

Para lograr el objetivo propuesto, la segunda etapa de la investigación consistió en recabar información de instituciones públicas y privadas con el fin de encontrar una forma de plasmar la idea original en algo concreto, en este punto se presentó la mayor dificultad de todo el estudio ya que pese a realizar la petición formal de la información hubo falta de cooperación de algunos organismos que trabajan en la obtención de los productos que son objeto de este análisis, la principal objeción fue la naturaleza de la misma, ya que siempre es delicado proporcionar datos internos relacionados con términos monetarios. Las instituciones consultadas para la recolección de información fueron: Consorcio Catastro Tabacundo, Consultores & Asociados, GeoInt, Consultora en Geotecnologías ConsultGeo, Instituto Geográfico Militar (IGM), Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP), Banco del Estado y profesionales con título. La información recolectada fue de gran ayuda para llevar el análisis de manera correcta.

Además del sistema de puntajes, el modelo que se propone utiliza algunos recursos adicionales al que propone la Sociedad Colombiana de Topógrafos, ya que se utilizó como insumo principal el método de análisis jerárquico “Matriz de Saaty”. Este método es de gran utilidad al momento de asignar las ponderaciones correspondientes a las distintas variables con un criterio técnico e imparcial.

Anteriormente se señaló que de cada una de las ramas (Geodesia, Sensores Remotos y Topografía) se tomó el producto más importante o producto “estrella”, de la siguiente manera:

- Geodesia - Posicionamiento Satelital (L1-L2),
- Topografía - Levantamiento Topográfico con estación Total
- Sensores Remotos - Ortoimagen

Por concepto, el costo unitario de un producto está en función de los gastos en los que se incurre para producir dicho producto, para este caso particular a estos gastos se los denominó “costos económico-administrativos”, mismos que incluyen: movilización, suministro de personal, subsistencia del personal de campo, suministro de equipos, materiales, etc.

$$\boxed{\text{Costo Unitario} = f(\text{Costos Económico Administrativos})}$$

4.1 Costos Unitarios para Geodesia

Para el cálculo de los costos técnicos del producto seleccionado de esta rama (posicionamiento satelital L1- L2) se definió 4 variables con el fin de representar los diferentes grados de dificultad que se pueden presentar al momento de realizar el posicionamiento de algún punto en cualquier parte del territorio ecuatoriano.

4.1.1 Costo Unitario Base para Posicionamiento Satelital

El Costo Unitario Base es el costo mínimo por punto posicionado, en otras palabras, por menos de ese valor no es rentable realizar un posicionamiento.

4.1.1.1 Ponderación Variables Técnicas Posicionamiento Satelital

Las variables tomadas en cuenta para el cálculo del costo técnico fueron Accesibilidad, Distancia a la Base REGME, Distancia entre Puntos y Visibilidad, sin embargo la interrogante era cuál es la variable más importante y a la cual hay que asignarle un mayor peso, se aplicó el método “Matriz de Saaty”, además la matriz tiene un método de control interno denominado *Razón de Consistencia (RC)* (o CR, de Consistency Ratio). Esta razón o cociente está diseñado de tal manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes; en estos casos la persona que toma las decisiones debería reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones. Se considera que los valores de la razón de consistencia de 0.10 o menos son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas (Toskano, 2010).

Utilizando el método mencionado se realizó la ponderación correspondiente comparando cada variable con las demás y se obtuvo los siguientes resultados:

PONDERACION		10								
VARIABLE	V	V1	V2	V3	V4	W	C	λ_i	Pesos	%
Accesibilidad	V1	1	1/2	1/2	1/2	0.595	0.138	0.966	1	1.381
Distancia a la base REGME	V2	2	1	2	2	1.682	0.391	0.976	3	3.905
Distancia entre puntos	V3	2	1/2	1	1/2	0.841	0.195	1.074	1	1.953
Visibilidad	V4	2	1/2	2	1	1.189	0.276	1.105	2	2.761
P	7.00	2.50	5.50	4.00	4.306	1	4.121			10
N	4	Variables								
CI	0.102					MIN	0.138			
RCI	1									
RC	0.10									

Figura 28: Ponderación variables Posicionamiento Satelital

Se puede observar que la Razón de Consistencia no excede el valor de 0.10, por lo cual se deduce que la comparación de variables fue realizada correctamente.

Las ponderaciones están realizadas sobre 10 para no tener valores tan grandes y tampoco tan pequeños, en la última columna de la tabla 5 se observan los valores resultantes que serán utilizados posteriormente en el desarrollo del cálculo.

El siguiente paso a la ponderación global de las variables fue realizar una ponderación interna para cada una de ellas definiendo los niveles de dificultad existentes asignando valores enteros empezando en 1 ascendentemente y de manera directamente proporcional a la dificultad. Posteriormente se normalizó estos pesos para poder trabajar con valores semejantes entre todas las variables.

Todas estas ponderaciones posteriormente serán utilizadas para el cálculo de los presupuestos.

- **Accesibilidad (V1)**

Es el grado de facilidad que existe para llegar al punto que se va a posicionar, de esta forma una accesibilidad alta corresponde a la existencia de medios de acceso como vías o ríos por los cuales sea posible llegar al punto de una manera eficaz sin mayores complicaciones, una accesibilidad media corresponde a la escasa existencia de medios para poder llegar al punto y por último una accesibilidad baja corresponde a una gran dificultad para llegar al punto debido a la inexistencia de vías de comunicación o ríos por los cuales sea posible navegar, de acuerdo al nivel de dificultad se asignó valores entre 1 y 3 en forma ascendente.

Dentro de esta variable hay que tomar en cuenta los costos en los que se incurre en movilización hacia el lugar de trabajo, ya sea mediante tierra (vehículo), agua (lancha o bote) o aire (avión, avioneta o helicóptero); estos valores no están incluidos en este análisis debido a que pueden variar de acuerdo a la ubicación, y son puntuales para cada trabajo, sin embargo es de gran importancia tomarlos en cuenta.

Tabla 3
Ponderación para la variable Accesibilidad

	Accesibilidad	Ponderación	Normalización
a)	Alta	1	0.167
b)	Media	2	0.333
c)	Baja	3	0.5
	Suma	6	

- **Distancia a la Base REGME (V2)**

La REGME (RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR) está conformada por 33 estaciones distribuidas a lo largo del territorio nacional, que cubren casi el 90% del país (IGM, 2016), ésta distancia es muy importante al momento de considerar el tiempo de posicionamiento, ya que mientras más alejado de una base REGME esté el punto se deberá aumentar dicho tiempo para poder alcanzar buenas precisiones, esto a su vez incurrirá en el rendimiento diario (número de puntos que se puede posicionar diariamente), de acuerdo al nivel de dificultad se asignó valores entre 1 y 4 en forma ascendente.

Tabla 4
Ponderación para la variable Distancia a la Base REGME

	Distancia Base REGME	Ponderación	Normalización
a)	< 50 km	1	0.1
b)	50 - 100 km	2	0.2
c)	100 - 150 km	3	0.3
d)	150 - 200 km	4	0.4
	suma	10	

- **Distancia entre Puntos (V3)**

Esta variable se refiere a la distancia existente entre los puntos a posicionar, afecta directamente en el rendimiento diario, ya que mientras más distantes estén los puntos unos de otros mayor será el tiempo que tome trasladarse entre ellos, por tanto

el tiempo útil o trabajable se verá disminuido y por tanto los costos aumentarán, de acuerdo al nivel de dificultad se asignó valores entre 1 y 7 en forma ascendente.

Tabla 5
Ponderación para la variable Distancia entre Puntos

	Distancia	Ponderación	Normalización
a)	100 - 500 m	1	0.036
b)	500 - 1000 m	2	0.071
c)	1000 - 2000 m	3	0.107
d)	2000 - 3000 m	4	0.143
e)	3000 - 4000 m	5	0.179
f)	4000 - 5000 m	6	0.214
g)	> 5000 m	7	0.250
	suma	28	

- **Visibilidad (V4)**

Se entiende esta variable como la dificultad para que el receptor GPS (L1/L2) obtenga buena señal de los satélites, de acuerdo a esto se derivan 3 ítems que representan la realidad en campo, en el caso de la vegetación se le asignó el menor grado de dificultad ya que de existir se puede limpiar con la ayuda de machetes o motosierras (abriendo trochas), para las construcciones es un poco más complicado ya que a éstas no se les puede cortar o mover y finalmente la orografía que corresponde a las depresiones existentes en el terreno, tal es el caso de quebradas u hondonadas que se encuentran rodeadas por montañas que dificultan el paso de la señal de los satélites, de acuerdo al nivel de dificultad se asignó valores entre 1 y 3 en forma ascendente.

Tabla 6
Ponderación para la variable Visibilidad

	Factor	Ponderación	Normalización
a)	Vegetación	1	0.167
b)	Construcciones	2	0.333
c)	Orografía	3	0.5
	Suma	6	

4.1.1.2 Cálculo de rangos

Una vez realizada la ponderación global y la ponderación interna de las variables del Posicionamiento Satelital se determinó los valores máximo y mínimo

correspondientes al rango de posibilidades dentro del cual puede estar cualquier valor de las ponderaciones. Para calcular el rango mínimo se realizó lo siguiente:

$$\text{Mínimo} = (1,382 * 0,167) + (3,905 * 0,1) + (1,953 * 0,036) + (2,761 * 0,167)$$

↓
V1

↓
V2

↓
V3

↓
V4

El primer valor de cada paréntesis corresponde al peso determinado anteriormente en la Matriz de Saaty para cada variable y el segundo es el mínimo valor que podría tomar cada variable en lo relacionado al nivel de dificultad. En resumen el valor que se calculó es el correspondiente a realizar el trabajo en las mejores condiciones.

Para calcular el rango máximo se realizó lo siguiente:

$$\text{Máximo} = (1,382 * 0,5) + (3,905 * 0,4) + (1,953 * 0,250) + (2,761 * 0,5)$$

↓
V1

↓
V2

↓
V3

↓
V4

El primer valor de cada paréntesis corresponde al peso determinado anteriormente en la Matriz de Saaty para cada variable y el segundo es el máximo valor que podría tomar cada variable en lo relacionado al nivel de dificultad. En resumen el valor que se calculó es el correspondiente a realizar el trabajo en las peores condiciones.

Tabla 7
Rangos de dificultad para Posicionamiento Satelital

RANGO	
Mínimo	1.15
Máximo	4.12
Diferencia	2.97

4.1.1.3 Rendimientos diarios

Una vez obtenidos los rangos de trabajo se procedió a establecer los rendimientos diarios para cada uno de los escenarios planteados (en las mejores y peores condiciones), es decir; cuantos puntos es posible posicionar dadas las circunstancias antes mencionadas.

Tabla 8
Rendimiento diario para Posicionamiento Satelital

Rendimiento (# de puntos posicionados)	Condiciones
4	Accesibilidad alta, Distancia a la Base REGME < 50km, Distancia entre puntos entre 100 y 500 m, Visibilidad vegetación leve.
1	Accesibilidad baja, Distancia a la Base REGME entre 150 y 200km, Distancia entre puntos > 5000 m, Visibilidad orografía.
3 → (n)	Diferencia de rendimientos
4 → (n+1)	# de intervalos

Hay que señalar que estos rendimientos son exclusivamente para posicionar con equipos L1/L2 (doble frecuencia) en los que el tiempo aproximado de posicionamientos es de 2 horas para alcanzar precisiones milimétricas.

El siguiente paso fue establecer valores monetarios por punto dependiendo del rendimiento, para este fin fue necesaria la experiencia de profesionales en el área, los mismos que llevan muchos años realizando trabajos de este tipo y cuya ayuda fue fundamental en este paso.

Así, se estableció que:

Tabla 9
Precio por punto posicionado

Rendimiento (# de puntos posicionados)	Precio (por punto posicionado)
4	100 USD
1	300 USD

Es decir; que en el escenario en el que las condiciones son óptimas y el rendimiento diario sean 4 puntos posicionados, el precio (valor a cobrar) por punto será de 100 USD. En cambio cuando las condiciones sean desfavorables y el rendimiento diario sea 1 punto posicionado, el precio por punto será de 300 USD.

4.1.1.4 Creación de Intervalos

Una vez solucionado el problema anterior, el siguiente paso fue determinar qué pasa cuando se trata de un caso diferente a los planteados, es decir; cuando no son ni

las mejores condiciones y tampoco de las condiciones más difíciles, para lo cual se realizó lo siguiente:

$$\text{Incremento (ponderación)} = \frac{\text{Diferencia de Rangos}}{\text{Diferencia de Rendimientos}} \frac{2,97}{3} = 0,7423$$

Este es el valor “incremento” que se utilizará para definir los intervalos.

Algo similar para establecer los intervalos correspondientes de precio:

$$\text{Incremento (precio)} = \frac{\text{Diferencia de precios}}{\text{Diferencia de Rendimientos}} \frac{200}{3} = 66,667$$

Todo lo anterior se resume en la siguiente tabla, en la que se muestran las todas las combinaciones de escenarios posibles expresadas en término numéricos, así como también su correspondiente rendimiento y precio.

Para tener un control sobre la actualización del programa se buscó un valor real al cual vayan enlazados todos los cálculos de costos, por esta razón se tomó el Salario Básico Unificado (SUB) cuyo valor es de 366 USD (2016), este valor se va actualizando acorde a la situación económica del país y por tanto sirve de control para el programa que se propone en este análisis.

Por definición el “precio” es el valor final dentro de una transacción económica, es decir que este valor ya incluye una utilidad, por este motivo para establecer el Costo Unitario Base correspondiente lo que se hizo es restarle este margen de utilidad, asumiendo que ésta es del 30%, que es un valor razonable para este tipo de trabajos tal como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 10
Intervalos, rendimientos y costo unitario base para Posicionamiento

Intervalos	Rendimiento (pts/día)	Precio (USD)	Costo Unitario Base	Relación SUB (2016)
1.15 ≤ X ≤ 1.89	4	100	76.92	0.2102 SUB
1.89 < X ≤ 2.64	3	166.67	128.21	0.3503 SUB
2.64 < X ≤ 3.38	2	233.33	179.49	0.4904 SUB
3.38 < X ≤ 4.12	1	300	230.77	0.6305 SUB

En la tabla anterior “X” es el valor resultante de multiplicar la ponderación global (Matriz de Saaty) con su respectiva ponderación interna para cada variable y sumarmas entre sí. Por ejemplo para cualquier valor mayor o igual a 1.15 pero menor o igual a 1.89 el rendimiento diario serán 4 puntos posicionados con un precio de 100 USD cada uno.

4.1.2 Costo Económico-Administrativo para Posicionamiento Satelital

Dentro de este cálculo se encuentran todos los factores que ayudan a que el trabajo se lleve a cabo, es decir; aquellos factores que no son netamente técnicos pero sin los cuales no se podría realizar el trabajo.

Los factores que se tomaron en cuenta son:

4.1.2.1 Salario del Personal en campo por día (FI)

Aquí se toma en cuenta el salario diario de cada miembro del equipo de trabajo, teniendo en cuenta que un equipo de trabajo está formado por un ingeniero, un operador y un ayudante. El ingeniero es el experto y responsable del trabajo, es quien controla que todas las cosas marchen según lo planificado y supervisa el trabajo del equipo, el operador es el encargado de manejar los receptores GPS y el ayudante asiste al operador en lo que necesite para realizar el trabajo (traslado del equipo, desmonte de maleza, amojonamiento, etc.).

El ingeniero no necesariamente tiene que acompañar al operador y al ayudante al trabajo en campo, pero dentro de sus responsabilidades está realizar el postproceso de los datos recogidos en campo.

Tabla 11
Salario Personal en campo para Posicionamiento diario (USD)

Personal	Cantidad	Sueldo	Relación SBU (2016)
Ingeniero	1	50	0.1366
Operador	1	50	0.1366
Ayudante	1	25	0.0683
Suma	3	125	0.3415

4.1.2.2 Subsistencia del personal en campo por día (FII)

Para llevar a cabo el trabajo el personal en campo necesita alimentación, y hospedaje, una comida promedio está entre los 3 y 3.5 dólares, redondeando serían 10 dólares diarios por persona, una habitación de hotel promedio cuesta aproximadamente 20 dólares diarios por persona, sin embargo el hospedaje debe ser considerado siempre y cuando el trabajo tome más de un día en ser realizado.

Tabla 12

Subsistencia personal en campo para Posicionamiento diario (USD)

	Costo Individual (USD)	Costo Grupal (USD)	Relación SBU (2016)	Observación
Alimentación	10	30	0.0820	-
Hospedaje	20	60	0.1639	Si el número de días de trabajo es mayor a 1
Suma		90	0.2459	

4.1.2.3 Suministro equipos de campo para Posicionamiento por día (FIII)

Para calcular el costo diario de los equipos empleados para el trabajo se los depreció de acuerdo a los porcentajes que indica el SRI, así: Un GPS (L1/L2) mejor conocido como doble frecuencia bordea los 27000 dólares y se deprecia al 33% anual, los trípodes tienen un costo de 300 dólares y se deprecian al 10% anual y un computador que sirva para postprocesar la información levantada en campo rodea los 1000 dólares y se deprecia al 33% anual, a esto hay que añadir un costo aproximado de 400 dólares anuales por motivo de mantenimiento (necesario) de los equipos de posicionamiento. Para depreciar un activo fijo se debe tomar en cuenta los días laborables del año ya que esos son los días en los en teoría se utiliza el equipo, al año los días laborables son 240.

$$\text{Costo depreciado GPS L1, L2} = \frac{27000 * 0.33}{240} + \frac{400}{240} = 38.79 \text{ dólares}$$

$$\text{Costo depreciado Trípodes} = \frac{300 * 0.1}{240} = 0.13 \text{ dólares}$$

Tabla 13
Suministro de equipos de campo para Posicionamiento por día (USD)

Equipo	Costo depreciado (USD)	Relación SBU (2016)
GPS doble frecuencia	38.79	0.1060
Trípodes	0.13	0.0003
Suma	38.92	0.1063

4.1.2.4 Postproceso (FIV)

En esta parte se consideran los costos necesarios para el trabajo de gabinete, para esto se tomó en cuenta lo siguiente:

Tabla 14
Suministro para Postproceso en Posicionamiento Satelital (USD)

	Costo (USD)	Relación SBU (2016)
Computador	1.38	0.0038
Ingeniero	50	0.1366
Suma	51.38	0.1404

Como se puede apreciar en la tabla anterior, en este proceso interviene el ingeniero, quien con la ayuda de un computador realizará el postproceso de los datos tomados en campo.

El costo del computador que será utilizado en esta parte del proceso rodea los 1000 dólares y se deprecia al 33% anual.

$$\text{Costo depreciado Computador} = \frac{1000 * 0.33}{240} = 1.38 \text{ dólares}$$

Hay que tener en cuenta un detalle muy importante, el rendimiento del ingeniero al realizar el postproceso es totalmente distinto al rendimiento del equipo de trabajo en campo, por lo general esta persona rinde un aproximado de 15 puntos diarios, entonces, de acuerdo al número de puntos se calculará el tiempo que demorará en terminar el trabajo.

4.1.2.5 Materiales (FV)

Tanto los mojones como las placas son opcionales, si el cliente solicita su colocación estos costos serán tomados en cuenta, caso contrario no.

Tabla 15
Costo de Materiales para Posicionamiento Satelital

Material	Costo Individual (USD)	Relación SBU (2016)
Mojones	5	0.0137
Placas	35	0.0956
Suma	40	0.1093

4.1.2.6 Desplazamiento/Movilización

Se hace necesario el uso de un vehículo para que el equipo de trabajo cumpla con su labor, y pueda desplazarse al lugar de trabajo, para ello se procedió de manera similar a la realizada con el GPS L1- L2. Un automóvil eficaz para este tipo de trabajos rodea los 30000 dólares y se deprecia en 5 años, es decir; al 20% anual.

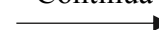
$$\text{Costo depreciado Automóvil} = \frac{30000 * 0.2}{240} = 25 \text{ dólares (FVI)}$$

Otro gasto en el que se incurre es en el consumo de combustible del vehículo que sirve para trasladar al equipo de trabajo, en la siguiente tabla se encuentra un análisis detallado del consumo de combustible tomando como punto de partida la ciudad de Quito y como destino cada una de las ciudades capitales de las diferentes provincias del Ecuador, excepto Galápagos. En la tabla se encuentra detallado el número de kilómetros que separa a Quito de las otras ciudades, en algunos de los casos al existir diferentes vías por las cuales llegar se tomó un promedio de todas ellas. El costo del galón de gasolina es un promedio entre el valor del galón de gasolina Súper y Extra. El rendimiento por galón de gasolina se tomó como 30 km.

Tabla 16
Distancia y costo de movilización a capitales de provincia (USD).

MOVILIZACIÓN (FVII)									
Re gi ón	Ciudad Capital	Vía	Distancia (km)	Prome dio	Galón de Gasolina (USD)	# km por galón	#Galones Consumidos	Costo Ida y Vuelta (USD)	Relación SBU (2016)
COSTA	Esmeraldas	E20	321	350,7	1,59	30	11,69	37,17	0,1016
		Av. Simón Bolívar y E20	326						
		E10 y E15(Troncal del Pacífico)	405						
	Santo Domingo	E20	153	165,5			5,52	17,54	0,0479
		E25	178						
	Portoviejo	E38	376	390,5			13,02	41,39	0,1131
		E38 Y Ruta San Vicente	405						
	Babahoyo	E35	331	331,0			11,03	35,09	0,0959
	Guayaquil	E36	404	404,0			13,47	42,82	0,1170
	Santa Elena	E40 (Vía a la Costa)	529	550,5			18,35	58,35	0,1594
E15 (Ruta del Sol)		572							
Machala	E487	512	525,0	17,50	55,65	0,1520			
	E25	538							
Tulcán	Panamericana	237	237,0	7,90	25,12	0,0686			
SIERRA	Ibarra	Panamericana	115	127,0	4,23	13,46	0,0368		
		Panamericana y Ruta Viva	139						
	Quito	Av. Simón Bolívar - Machachi	56	56,0	1,87	5,94	0,0162		
	Latacunga	E 35 (Panamericana)	107	107,0	3,57	11,34	0,0310		
	Ambato	E 35 (Panamericana)	151	151,0	5,03	16,01	0,0437		
	Riobamba	E 35 (Panamericana)	212	212,0	7,07	22,47	0,0614		

Continúa



ORIENTE	Guarand a	E 35 (Panamerica na)	235	235,0	7,83	24,9 1	0,0681
	Azogues	E 35 (Panamerica na)	420	420,0	14,00	44,5 2	0,1216
	Cuenca	E 35 (Panamerica na)	450	499,5	16,65	52,9 5	0,1447
		E582	549				
	Loja	E 35 (Panamerica na)	661	692,5	23,08	73,4 1	0,2006
		E45 (Troncal Amazónica)	724				
	Nueva Loja	E45 (Troncal Amazónica)	260	260,0	8,67	27,5 6	0,0753
	Francisc o de Orellana	E20	286	286,0	9,53	30,3 2	0,0828
	Tena	E45 (Troncal Amazónica)	185	185,0	6,17	19,6 1	0,0536
	Puyo	E45 (Troncal Amazónica)	264	257,0	8,57	27,2 4	0,0744
		E 35 (Panamerica na) y Vía a Baños	250				
	Macas	E45 (Troncal Amazónica)	388	382,5	12,75	40,5 5	0,1108
E 35 (Panamerica na) y E45 (Troncal Amazónica)		377					
Zamora	E45 (Troncal Amazónica)	666	660,0	22,00	69,9 6	0,1911	
	E 35 (Panamerica na) y E45 (Troncal Amazónica)	654					

Para obtener el Costo Económico – Administrativo total se debe sumar cada uno de los costos calculados, teniendo en cuenta que algunos de ellos van multiplicados por el número de días.

4.1.3 Cálculo de Costos Unitarios para Posicionamiento Satelital

Finalmente para calcular los Costos Unitarios para Posicionamiento Satelital hay que tener en cuenta que éstos están en función de los Costos Económico-Administrativos, para calcularlos se aplica la siguiente fórmula:

Fórmula (1)

<i>Costo Unitario = A + B + C</i>
--

$$A = \left(\frac{FI + FII + FIII + FVI}{\# \text{ puntos}} \right) * \# \text{ días campo} \Rightarrow \text{Gastos para cubrir el trabajo en campo}$$

$$B = \left(\frac{FIV}{\# \text{ puntos}} \right) * \# \text{ días postproceso} \Rightarrow \text{Gastos para cubrir el trabajo de gabinete}$$

$$C = \left(\frac{FV + FVII}{\# \text{ puntos}} \right) \Rightarrow \text{Gastos que se distribuyen para todo el trabajo}$$

El número de días del trabajo en campo está determinado por:

$$\frac{\# \text{ puntos}}{\text{rendimiento diario}} = \# \text{ días campo}$$

El número de días de trabajo de gabinete está determinado por:

$$\frac{\# \text{ puntos}}{\text{rendimiento diario postproceso}} = \# \text{ días postproceso}$$

Costos como los de Materiales y Consumo de Combustible son tomados en cuenta una sola vez para todo el trabajo, por lo tanto no debe ser multiplicado por el número de días.

Ésta fórmula será utilizada siempre y cuando el número de puntos a posicionar sea mayor al rendimiento diario.

En caso de que el número de puntos a posicionar sea menor o igual al rendimiento diario, se puede unificar la fórmula anterior debido a que el trabajo solo tomaría un día de trabajo, de la siguiente manera:

$$\text{Costo Unitario} = \left(\left(\frac{FI + FII + FIII + FVI}{\# \text{ puntos}} \right) * \# \text{días campo} \right) + \left(\left(\frac{FIV}{\# \text{ puntos}} \right) * \# \text{días postproceso} \right) + \left(\frac{FV + FVII}{\# \text{ puntos}} \right)$$

Fórmula (2)

$$\text{Costo Unitario (\# puntos} \leq \text{rendimiento)} = \frac{FI + FII + FIII + FIV + FV + FVI + FVII}{\# \text{ puntos}}$$

Ésta fórmula será utilizada siempre y cuando el número de puntos a posicionar sea menor o igual al rendimiento diario, pero mayor a 1.

El análisis anterior se puede resumir en la siguiente tabla:

		# PUNTOS A POSICIONAR							
		1	2	3	4	5	6	...	n
RENDIMIENTO	4	76,92							→
	3	128,21					→		
	2	179,49				→			
	1	230,77			→				

Legenda	
	Costo Unitario Base
	$1 \leq \# \text{ puntos a posicionar} \leq \text{rendimiento}$ (Fórmula 2)
	$\# \text{ puntos a posicionar} \geq \text{al rendimiento}$ (Fórmula 1)

Figura 29: Rendimientos diarios vs puntos a posicionar

4.1.4 Costo Total

Es el resultado de multiplicar el costo unitario por el número de puntos a posicionar de acuerdo a la tabla anterior

4.1.5 Imprevistos

En cada proyecto siempre se debe tener un saldo a favor destinado para Imprevistos, los cuales tienen que ver por ejemplo con las condiciones climáticas que provocan alargues en el tiempo de trabajo, contratos, seguridad en caso de que la zona de trabajo sea peligrosa, entre otros, generalmente para este fin se destina un 10% del costo unitario, pero el gestor del proyecto puede modificar este porcentaje de acuerdo a sus necesidades.

4.1.6 Utilidad

Es el beneficio económico resultante después de haber cubierto los gastos incurridos para la realización del trabajo, una utilidad aceptable es del 30% del Costo Total, pero el gestor del proyecto puede modificar este porcentaje de acuerdo a sus necesidades.

4.1.7 Presupuesto para Posicionamiento Satelital

Al calcular el presupuesto general se debe sumar el Costo Total más el Costo por Improvistos y la Utilidad. Entonces:

$$\text{Presupuesto Posicionamiento Satelital} = \text{Costo Total} + \text{Imprevistos} + \text{Utilidad}$$

4.2 Costos Unitarios para Sensores Remotos

El análisis de costos unitarios de la Ortoimagen está dividido en 3 etapas, las cuales son:

- Obtención de la imagen
- Toma de puntos de control
- Trabajo de gabinete

Dentro de cada etapa existen varios subprocesos, a continuación se realiza un análisis de cada una de éstas para determinar los costos que se derivan.

4.2.1 Obtención de la imagen

Una imagen se puede obtener por varios métodos, la diferencia radica en el tamaño del GSD, el cual es el condicionante para elegir el método más adecuado y eficiente.

El Instituto Geográfico Militar (IGM) como ente rector establece las especificaciones técnicas para ortofotos digitales, como se muestra en la siguiente tabla:

TAMAÑO DEL PIXEL (EN METROS)	ESCALA DE ORTOFOTOS
0.07	1:1 000
0.14	1:2 000
0.28	1:2 500
0.42	1:5 000
0.84	1:10 000
0.84	1:20 000
0.84	1:25 000
0.84	1:50 000

Figura 30: Especificaciones técnicas de ortofotos digitales

Fuente: (IGM, 2008)

La existencia de los drones y UAV ha permitido cubrir necesidades que las imágenes satelitales incluso de mejor resolución espacial no lograban. Es así que

estas tecnologías se han abierto paso en el mercado brindando a los usuarios mayor calidad en las imágenes.

En la siguiente tabla se indica el método de obtención de la imagen de acuerdo a la escala de Ortoimagen deseada, para escalas grandes (1:1 000, 1: 2 000, 1:2 500) necesariamente se debe usar UAV ya que el tamaño de GSD correspondiente a una imagen satelital no cumple con las especificaciones planteadas por el IGM.

Tabla 17
Método de obtención de la imagen

Escala Ortoimagen	GSD (m)	Método de Obtención
1 : 1 000	0,07	UAV
1 : 2 000	0,14	UAV
1 : 2 500	0,28	UAV
1 : 5 000	0,42	Imagen Satelital
1 : 10 000	0,84	Imagen Satelital

Para escalas pequeñas (1:5 000, 1:10 000), se recomienda el uso de imágenes satelitales, debido a que la altura de vuelo necesaria excede el límite de un UAV comercial.

4.2.1.1 Obtención de la imagen mediante UAV

Para determinar el costo de obtención de las imágenes con UAV se debe conocer el tiempo y los recursos que intervienen al realizar el vuelo fotogramétrico.

La altura de vuelo depende del tamaño de GSD que se desee, a menor altura mayor será el tamaño de éste. Con la siguiente fórmula se puede relacionar estos dos factores:

$$altura\ de\ vuelo = \frac{GSD * distancia\ focal}{tamaño\ de\ píxel}$$

De esta forma se podrá conocer la altura de vuelo correspondiente a la escala de Ortoimagen deseada. Lo siguiente es conocer las dimensiones (largo y ancho) del terreno y del sensor de la cámara, las líneas de vuelo estarán orientadas en dirección del largo del terreno.

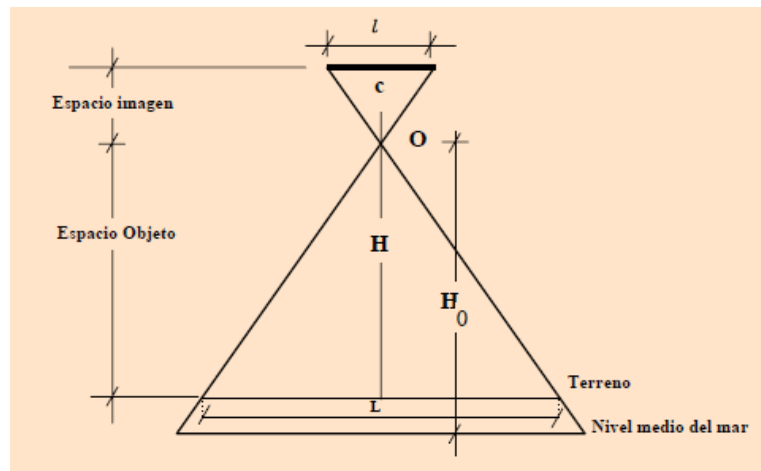


Figura 31: Diseño geométrico del vuelo fotogramétrico

Utilizando la semejanza de triángulos se puede determinar las medidas de la imagen en el terreno:

$$\frac{l/2}{L/2} = \frac{c}{H} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{l \cdot H}{c}$$

En donde:

L = largo o ancho de la imagen

l = largo o ancho del sensor

H = Altura de vuelo

c = distancia focal

Avance Transversal (A)

Es la distancia entre líneas de vuelo, depende del porcentaje de traslape transversal, se recomienda que el traslape esté entre el 15% y 30%..

$$A = \text{Ancho de la imagen} * \left(1 - \frac{q}{100}\right); \quad q = \text{porcentaje de traslape transversal}$$

Avance Longitudinal (B)

Es la distancia entre dos tomas consecutivas en una misma línea de vuelo, depende del porcentaje de traslape longitudinal, se recomienda que el traslape sea superior al 50%.

$B = \text{Largo de la imagen} * \left(1 - \frac{p}{100}\right)$; p = porcentaje de traslape longitudinal

Número de líneas de vuelo

Es recomendable sumar 15 metros a cada lado del área del trabajo, para evitar pérdida de datos.

$$\# \text{ de líneas de vuelo} = \frac{\text{Ancho del terreno} + 30}{A}$$

Número de imágenes por línea de vuelo

Se recomienda tomar 2 fotos adicionales al inicio y al final de cada línea de vuelo.

$$\# \text{ de imágenes por línea de vuelo} = \frac{\text{Largo del terreno}}{B} + 4$$

Número total de imágenes

$$\# \text{ total de imágenes} = \# \text{ de líneas de vuelo} * \# \text{ de imágenes por línea de vuelo}$$

Tiempo por línea de vuelo

Es el tiempo requerido para tomar las imágenes correspondientes a una línea de vuelo, se debe adicionar 2 minutos para los giros correspondientes a cada extremo, está en función de la velocidad del UAV.

$$\text{tiempo por línea de vuelo} = \frac{\text{Largo del terreno}}{\text{velocidad del UAV}} + 4$$

Tiempo total

Es el tiempo que tomará realizar todo el proceso descrito anteriormente, además se debe tomar en cuenta 30 minutos para armar el equipo y comprobar que las condiciones sean las requeridas para realizar el trabajo.

$$tiempo\ total = (tiempo\ por\ línea\ de\ vuelo * \#\ de\ líneas\ de\ vuelo) + 30$$

Teniendo en cuenta los cálculos realizados anteriormente, un vuelo con UAV no supera las 8 horas laborables correspondientes a 1 día de trabajo, sin embargo el tiempo de movilización, tiempo de preparación de los equipos, etc., deben ser tomados en cuenta al momento de la depreciación. Por esta razón los costos de quipos fueron depreciados a 1 día.

$$Costo\ depreciado\ UAV = \frac{80000 * 0.33}{240} + \frac{1000}{240} = 114,17\ dólares$$

Tabla 18:
Costos de obtención de imágenes con UAV

	Costo (USD)	Costo/día	Relación SUB (2016)
UAV	80000	110	0,3005
Mantenimiento UAV	1000	4,17	0,0114
Ingeniero	-	50	0,1366
Operador	-	50	0,1366
Ayudante	-	25	0,0683
Suma		239,17	0,6535

A este costo se le debe adicionar el valor correspondiente a la movilización, detallada en el cálculo de costos unitarios para Posicionamiento Satelital.

4.2.1.2 Obtención de Imagen satelital

Para el cálculo de costos en lo relacionado a imágenes satelitales se consultó a la empresa GeoInt, cuya constelación de satélites “Digital Globe” tiene la mejor resolución espacial de todo el mercado.

A continuación se detalla las características y costos correspondientes a cada imagen:

Tabla 19
Tabla de costos para imágenes satelitales

Escala Adecuada	Satélite	GSD (m)	Tipo	Procedencia	Superficie Mínima (Km ²)	USD c/Km ²	Relación SUB (2016)
1:10000	WorldView 1	0,5 PAN	Básica	Archivo	25	15,96	0,0436
				A programar	100	27,36	0,0748
				Archivo	100	31,92	0,0872
			Estéreo	A programar	100	54,72	0,1495
				Archivo	25	21,66	0,0592
				A programar	100	33,06	0,0903
1:10000	WorldView 2	0,46 PAN 1,84 MS	Básica	Archivo	100	43,32	0,1184
				A programar	100	66,12	0,1807
				Archivo	25	21,66	0,0592
			Estéreo	A programar	100	33,06	0,0903
				Archivo	100	43,32	0,1184
				A programar	100	66,12	0,1807
1:5000 Y 1:10000	WorldView 3	0,31 PAN 1,24 MS	Básica	Archivo	100	43,32	0,1184
				A programar	100	66,12	0,1807
				Archivo	25	19,95	0,0545
			Estéreo	A programar	100	31,35	0,0857
				Archivo	100	39,9	0,1090
				A programar	100	62,7	0,1713
1:5000 Y 1:10000	GeoEye 1	0,41 PAN A,65 MS	Básica	Archivo	25	19,95	0,0545
				A programar	100	31,35	0,0857
				Archivo	100	39,9	0,1090
			Estéreo	A programar	100	62,7	0,1713
				Archivo	25	19,95	0,0545
				A programar	100	62,7	0,1713
1:10000	Quickbird	0,55 PAN 2,16 MS	Básica	Archivo (hasta enero 2015)	25	19,95	0,0545

Fuente: (GeoInt, 2016)

Para la adquisición de imágenes existe una superficie mínima dependiendo de la procedencia y el tipo de la misma, el valor final va a depender de la superficie requerida.

$$\text{Costo adquisición} = \text{USD por Km}^2 * \text{superficie requerida}$$

4.2.2 Toma de Puntos de Control

Se utilizó el análisis realizado para Posicionamiento satelital

4.2.3 Trabajo de Gabinete

Esta etapa consiste en procesar toda la información obtenida en campo (adquisición de las imágenes y puntos de control), para lo cual se necesita una “Work Station”, debido al tipo de información a procesar, muchas imágenes llegan a pesar incluso Gigabytes, por lo que un computador ordinario no es útil.

$$\text{Costo depreciado Work Station} = \frac{5000 * 0.33}{240} = 6,88 \text{ dólares}$$

Para procesar las imágenes además se necesita un software sofisticado, sea este Erdas, Envi o cualquier otro, la licencia original tiene un costo promedio de 8000 dólares.

$$\text{Costo depreciado Licencia Software} = \frac{8000 * 0.33}{240} = 11 \text{ dólares}$$

Tabla 20

Costos para el trabajo de gabinete (Ortoimagen)

	Costo (USD)	Costo/día	Relación SUB (2016)
Work Station	5000	6,88	0,0188
Licencia Software	8000	11,00	0,0301
Ingeniero	1100	50	0,1490
suma	13000	72,42	0,1979

El costo anterior debe ir multiplicado por el número de días de trabajo, es decir:

$$\text{Costo trabajo en gabinete} = \text{costo por día} * \# \text{ de días de trabajo}$$

4.2.4 Costo Total

Es el resultado de sumar los costos de las 3 etapas:

$$\begin{aligned}
 & \text{.Costo Total} = \\
 & \text{Costo obtención imagen} \\
 & \quad + \\
 & \text{costo puntos de control} \\
 & \quad + \\
 & \text{Costo trabajo en gabinete}
 \end{aligned}$$

4.2.5 Imprevistos

Se aplicó el mismo criterio que para Posicionamiento Satelital.

4.2.6 Utilidad

Se aplicó el mismo criterio que para Posicionamiento Satelital.

4.2.7 Presupuesto para Levantamiento Topográfico

Se aplicó el mismo criterio que para Posicionamiento Satelital, utilizando la siguiente fórmula:

$\text{Presupuesto Ortoimagen} = \text{Costo Total} + \text{Imprevistos} + \text{Utilidad}$

4.3 Costos Unitarios para Topografía

Para el cálculo de los Costos Unitarios del producto seleccionado de esta rama (Levantamiento Topográfico) se definió 9 variables con el fin de representar los diferentes grados de dificultad que se pueden presentar al momento de realizar el levantamiento topográfico en cualquier parte del territorio ecuatoriano.

4.3.1 Costo Unitario Base para Levantamiento Topográfico

El Costo Unitario Base es el costo mínimo por una hectárea levantada, en otras palabras, por menos de ese valor no es rentable realizar un levantamiento.

4.3.1.1 Ponderación Variables Técnicas Levantamiento Topográfico

Las variables tomadas en cuenta para el cálculo del costo técnico fueron Características del Terreno, Tipo de Suelo, Elementos Preponderantes del Entorno, Equidistancia entre curvas de nivel / Escala, Pendiente, Precipitación Pluvial, Vegetación, Visibilidad, Clima/Temperatura, para ponderarlas y responder a la interrogante sobre cuál es la variable más importante y a la cuál asignarle un mayor peso, se utilizó el mismo método usado para Posicionamiento Satelital, es decir; la Matriz de Saaty. Dado que la *Razón de Consistencia (RC)* es menor a 0.10 se tiene un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas.

Utilizando el método mencionado se realizó la ponderación correspondiente comparando cada variable con las demás y se obtuvo los siguientes resultados:

PONDERACION		10													
VARIABLE	V	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	W	C	λ_i	Pesos	%
Características del Terreno	V1	1	2	3	1/4	1/5	5	1/5	1/5	3	0.827	0.081	1.740	2	0.814
Tipo de Suelo	V2	1/2	1	3	1/3	3	1/3	2	3	3	1.277	0.126	1.362	3	1.258
Elementos Preponderantes del Entorno	V3	1/3	1/3	1	2	1/3	1/3	1/4	1/5	1/3	0.421	0.041	1.057	1	0.414
Equidistancia entre curvas de nivel / Escala	V4	4	3	1/2	1	3	3	3	3	3	2.247	0.221	1.162	5	2.213
Pendiente	V5	5	1/3	3	1/3	1	3	1/3	1/3	3	1.058	0.104	1.481	3	1.043
Precipitación Pluvial	V6	0.2	3	3	0.333	0.333	1	1/3	2	2	0.863	0.085	1.418	2	0.851
Vegetación	V7	5	0.5	4	0.333	3	3	1	1/3	3	1.459	0.144	1.502	3	1.438
Visibilidad	V8	5	0.333	5	0.333	3	0.5	3	1	3	1.496	0.147	1.533	4	1.474
Clima / Temperatura	V9	0.333	0.333	3	0.333	0.333	0.5	0.333	0.333	1	0.503	0.050	1.057	1	0.495
	P	21.37	10.83	25.50	5.25	14.20	16.67	10.45	10.40	21.33	10.150	1	12.311		10
	N	9	Variables												
	CI	0.144													
	RCI	1 1/2													
	RC	0.09													
												MIN	0.041		

Figura 32: Ponderación Variables Levantamiento Topográfico

Las ponderaciones están realizadas sobre 10 para no tener valores tan grandes y tampoco tan pequeños, en la última columna de la tabla anterior se observan los valores resultantes que serán utilizados posteriormente en el desarrollo del cálculo.

Una vez realizada la ponderación global de las variables se realizó una ponderación interna para cada una de ellas definiendo los niveles de dificultad existentes asignando valores enteros empezando en 1 ascendentemente y de manera directamente proporcional a la dificultad, de manera similar a lo realizado para definir las ponderaciones para Posicionamiento Satelital.

- **Características del Terreno (V1)**

Dentro de esta variable se encuentran 3 divisiones:

Terreno plano: corresponde al nivel de dificultad más bajo ya que al no existir deformaciones en el terreno tampoco existen complicaciones para realizar el trabajo, este tipo de terrenos alcanza pendientes de hasta 25 %.

Terreno Ondulado: corresponde al nivel de dificultad medio en el que el terreno se caracteriza por tener ciertas deformaciones las cuales se traducen en un mayor esfuerzo físico por parte de las personas que realizan el levantamiento. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre 25 y 50 %.

Terreno Quebrado: corresponde al nivel de mayor dificultad debido a que para realizar el levantamiento las personas encargadas requieren de gran esfuerzo físico por la existencia de quebradas y peñascos. Por lo general, sus pendientes longitudinales son superiores al 50 %.



Figura 33:
Terreno Plano



Figura 34:
Terreno Ondulado



Figura 35:
Terreno Quebrado

Tabla 21

Ponderación para la variable Características del Terreno

	Característica	Ponderación	Normalización
a)	Plano	1	0.167
b)	Ondulado	2	0.333
c)	Quebrado	3	0.5
	suma	6	

- **Tipo de Suelo (V2)**

Dentro de esta variable se encuentran 3 divisiones relacionadas con el nivel de dificultad, el cual está relacionado con el esfuerzo físico realizado por el equipo de trabajo al momento de hacer el levantamiento topográfico:

Suelo Firme: Es aquel en el que es posible caminar sin dificultad y corresponde al nivel de dificultad más bajo.

Suelo Suelto (Arenoso): Es aquel en el que para caminar se necesita un moderado esfuerzo físico, por lo general hay ausencia de vegetación lo cual causa erosión, corresponde al nivel de dificultad medio.



Figura 36: Suelo firme.



Figura 37: Suelo suelto.

Suelo Pantanoso: Es aquel en el que existen estancamientos de agua por falta de drenaje, ya sea temporal o permanentemente lo cual dificulta la movilización, para poder trabajar en este tipo de terreno es necesario el uso de botas de caucho, corresponde al mayor nivel de dificultad.



Figura 38: Suelo pantanoso.

Tabla 22

Ponderación para la variable Tipo de Suelo

	Tipo de Suelo	Ponderación	Normalización
a)	Firme	1	0.1667
b)	Suelto (arenoso)	2	0.333
c)	Pantanoso	3	0.5
	suma	6	

- **Elementos Preponderantes del Entorno (V3)**

Para esta variable se escogieron 4 aspectos que se detallan a continuación de acuerdo a su nivel de dificultad:

Linderos: Se encuentran en el nivel más bajo de dificultad debido a que es sencillo “levantarlos”, se trata por lo general de líneas rectas sin mayor detalle.

Carreteras: Presentan un mayor grado de dificultad que los linderos ya que siempre hay que levantarlas por los dos lados y eso incurre en un mayor tiempo de trabajo.



Figura 39: Lindero



Figura 40: Carretera

Construcciones: Al levantar construcciones existe más dificultad que en las carreteras por el nivel de detalle que estas presentan, de acuerdo al diseño de cada una.

Cuerpos de Agua: Los cuerpos de agua sean estos lagunas, ríos o quebradas son los que presentan mayor grado de dificultad para levantar debido a sus características, ya que para poder representar sus formas hay que recorrer sus contornos que generalmente son fangosos y resbaladizos.



Figura 41: Construcciones



Figura 42: Cuerpo de agua

Tabla 23

Ponderación para la variable Elementos del Entorno

	Elemento	Ponderación	Normalización
a)	Linderos	1	0.1
b)	Carreteras	2	0.2
c)	Construcciones	3	0.3
d)	Cuerpos de Agua	4	0.4
	Suma	10	

- **Equidistancia entre Curvas de Nivel/Escala (V4)**

Esta variable tiene que ver con el nivel de detalle que se quiere alcanzar al realizar el levantamiento topográfico, a menor distancia entre las curvas de nivel o lo que es lo mismo, a mayor escala; el número de puntos que se deba tomar en campo

será mayor para poder representar la superficie con el detalle requerido, lo cual se transforma en mayor dificultad y mayor tiempo de trabajo.

Tabla 24

Ponderación para la variable Equidistancia entre C. Nivel/Escala

	Equidistancia entre Curvas de Nivel	Escala	Ponderación	Normalización
a)	Sin curvas de nivel	Planimetría	1	0.1
b)	A diez (10) metros	1:5000 a 1:10000	2	0.2
c)	A cinco (5) metros	1:1000 a 1:5000	3	0.3
d)	Menor A un (1) metro	Mayor a 1:1000	4	0.4
	Suma		10	

- **Pendiente (V5)**

Esta variable indica el grado de inclinación que tiene el terreno con respecto al plano horizontal, influye directamente en el rendimiento diario del equipo de trabajo ya que mientras más pendiente exista el esfuerzo físico que se necesita para poder levantar este tipo de superficies será mayor y el tiempo de trabajo también aumenta. Para este caso la pendiente está expresada en porcentaje (%), es decir; una pendiente de 100% significa que por cada 100 metros planos recorridos el terreno subirá 100 metros o lo que es lo mismo una pendiente del 100% es igual a una pendiente de 45°, continuando con la relación las pendientes mayores al 100% tienen un alto grado de dificultad al momento de ser levantadas por ser las más fuertes (Oropeza, 2010).

Tabla 25

Ponderación para la variable Pendiente

	Pendiente	Ponderación	Normalización
a)	0 - 25 %	1	0.067
b)	25 - 50 %	2	0.133
c)	50 - 75 %	3	0.200
d)	75 - 100 %	4	0.267
e)	Mayor a 100 %	5	0.333
	Suma	15	

- **Precipitación Pluvial (V6)**

Es el retorno del agua atmosférica a la superficie terrestre, ya sea en forma líquida o sólida. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve,

granizo, pero no la neblina ni rocío que son formas de condensación y no de precipitación (GEOMUNDO, 2007). Las precipitaciones pluviales son un inconveniente al momento de realizar un levantamiento topográfico ya que dificultan la identificación del objetivo (prisma) y provocan que el suelo se torne resbaloso y lodoso.

Tabla 26
Ponderación para la variable Precipitación Pluvial

	Precipitación Pluvial	Ponderación	Normalización
a)	Lluvias escasas (3 meses al año)	1	0.166666667
b)	Lluvias normales (6 meses al año)	2	0.333333333
c)	Lluvias permanentes (hasta 10 meses)	3	0.5
	Suma	6	

- **Vegetación (V7)**

Esta variable tiene estrecha relación con la visibilidad, ya que mientras más vegetación exista se disminuye el ángulo de visión de la estación total y además presenta una mayor dificultad para el cadenero moverse con el prisma, existen 4 divisiones dentro de esta variable:

Escasa o Nula: Se trata de suelos desnudos o pastizales bajos en los que la visibilidad no se ve afectada.

Pasto Alto/Gramalote: Este tipo de vegetación alcanza una altura promedio entre 1 y 1,5 metros, sus tallos son generalmente delgados pero se lignifican fácilmente por lo cual se tornan leñosos después de la cosecha (Universidad Complutense de Madrid, 2015), debido a su altura dificultad el trabajo en campo ya que causan problemas de visibilidad y molestias en la movilización.



Figura 43: Vegetación escasa, pastizal



Figura 44: Pasto alto/gramalote

Arboleda: se trata de aquellos terrenos en los que predomina la presencia de árboles, en abundancia y formando un espacio casi completamente cubierto por dicha vegetación (Rojas, 2001) en los cuales la visibilidad se ve afectada, por lo cual se deben hacer cambios consecutivos con la estación total generando una disminución en el tiempo de trabajo útil.

Matorrales: Son campos que se caracterizan por poseer una vegetación dominada principalmente por la presencia de arbustos. Los arbustos de los matorrales son plantas ramificadas como un árbol, pero su altura no suele superar los 8 metros, la mayoría de los arbustos son bastante pequeños, aunque todos ellos cuentan con numerosos tallos, además hay presencia de pequeñas plantas como enredaderas que hacen muy difícil movilizarse y observar a través de ellos (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, 2009). Para realizar el levantamiento topográfico de este tipo de terrenos se hace necesario abrir trochas que permitan formar líneas de visión entre la estación total y el prisma.



Figura 45: Arbolada



Figura 46: Matorral

Tabla 27
Ponderación para la variable Vegetación

	Vegetación	Ponderación	Normalización
a)	Escasa o nula	1	0.1
b)	Pasto alto/ gramalote	2	0.2
c)	Arboleda	3	0.3
d)	Matorral	4	0.4
	Suma	10	

- **Visibilidad (V8)**

Esta variable guarda cierta relación con la vegetación y la precipitación pluvial pero además incluye algunos factores que no contemplaban las anteriores variables como es el caso de la reverberación y la neblina, estos factores son muy importantes ya que su presencia dificulta en gran medida el rendimiento diario del equipo de trabajo al impedir tener líneas de visión o distancias de medición grandes, lo que provoca que se tenga que plantar la estación total a distancias cortas.

Reverberación: Reflexión difusa de la luz o del calor en una superficie En función de la distancia de enfoque y de los aumentos las imágenes (Real Academia Española, 2016). Da la sensación de movimiento y puede engañar al ojo humano al momento de observar a un objeto fijo, se presenta con más intensidad entre las 12:00 am y 14:00 pm.

Neblina: la neblina es un hidrometeoro, que se compone de gotas de agua muy pequeñas, de entre 50 y 200 micrómetros de diámetro. Reducen la visibilidad horizontal a una distancia de un kilómetro o más. Ocurre naturalmente por procesos atmosféricos o fruto de la actividad volcánica, y se da con frecuencia cuando en la atmósfera existe una masa de aire fría bajo una de carácter templado (Sanchez, 2016). En el Ecuador es característica de los páramos andinos.



Figura 47: Reverberación



Figura 48: Neblina

Tabla 28
Ponderación para la variable Visibilidad

	Visibilidad	Ponderación	Normalización
a)	Buena	1	0.167
b)	Regular (con reverberación o neblina pasajera)	2	0.333
c)	Mala (neblina constante)	3	0.500
	Suma	6	

- **Clima/Temperatura (V9)**

El clima es el resultado de varios fenómenos meteorológicos interconectados, que influyen decisivamente en sus características. Se refiere al grado de calor específico en el aire para un lugar y momento determinados. Al igual que otras variables el clima afecta en el rendimiento diario del equipo de trabajo, en condiciones extremas ya sean temperaturas altas o muy bajas el desgaste físico es mayor, lo ideal para que el rendimiento sea óptimo es trabajar en el rango medio es decir; entre los 15 y 25 °C.

Tabla 29
Ponderación para la variable Clima/Temperatura

	Clima/Temperatura	Ponderación	Normalización
a)	Medio (entre 15 y 25 °C)	1	0.1
b)	Frío (entre 5 y 15°C)	2	0.2
c)	Muy Frío (menor a 5° C)	3	0.3
d)	Cálido (Mayor a 25° C)	4	0.4
	suma	10	

4.3.1.2 Cálculo de Rangos

Después de la ponderación global y la ponderación interna de las variables del Levantamiento Topográfico se determinó los valores máximo y mínimo correspondientes al rango de posibilidades dentro del cual puede estar cualquier valor de las ponderaciones.

Para calcular el rango mínimo se realizó lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Mínimo} &= (0,814 * 0,167) && \rightarrow && \mathbf{V1} \\
 &+(1,258 * 0,167) && \rightarrow && \mathbf{V2} \\
 &+(0,414 * 0,1) && \rightarrow && \mathbf{V3} \\
 &+(2,213 * 0,1) && \rightarrow && \mathbf{V4} \\
 &+(1,043 * 0,067) && \rightarrow && \mathbf{V5} \\
 &+(0,851 * 0,167) && \rightarrow && \mathbf{V6} \\
 &+(1,438 * 0,1) && \rightarrow && \mathbf{V7} \\
 &+(1,474 * 0,167) && \rightarrow && \mathbf{V8} \\
 &+(0,495 * 0,1) && \rightarrow && \mathbf{V9}
 \end{aligned}$$

El primer valor de cada paréntesis corresponde al peso determinado anteriormente en la Matriz de Saaty para cada variable y el segundo es el mínimo valor que podría tomar cada variable en lo relacionado al nivel de dificultad. En resumen el valor que se calculó es el correspondiente a realizar el trabajo en las mejores condiciones.

Para calcular el rango máximo se realizó lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Máximo} &= (0,814 * 0,5) && \rightarrow && \mathbf{V1} \\
 &+(1,258 * 0,5) && \rightarrow && \mathbf{V2} \\
 &+(0,414 * 0,4) && \rightarrow && \mathbf{V3} \\
 &+(2,213 * 0,4) && \rightarrow && \mathbf{V4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl}
 +(1,043 * 0,333) & \rightarrow & \mathbf{V5} \\
 +(0,851 * 0,5) & \rightarrow & \mathbf{V6} \\
 +(1,438 * 0,4) & \rightarrow & \mathbf{V7} \\
 +(1,474 * 0,5) & \rightarrow & \mathbf{V8} \\
 +(0,495 * 0,4) & \rightarrow & \mathbf{V9}
 \end{array}$$

El primer valor de cada paréntesis corresponde al peso determinado anteriormente en la Matriz de Saaty para cada variable y el segundo es el máximo valor que podría tomar cada variable en lo relacionado al nivel de dificultad. En resumen el valor que se calculó es el correspondiente a realizar el trabajo en las peores condiciones.

Tabla 30
Rangos de dificultad Máximo y Mínimo para Levantamiento T.

RANGO	
Mínimo	1.26
Máximo	4.37
Diferencia	3.11

4.3.1.3 Rendimientos diarios

Una vez obtenidos los rangos de trabajo se estableció los rendimientos diarios para cada uno de los escenarios planteados (en las mejores y peores condiciones), es decir; cuántas hectáreas es posible levantar dadas las circunstancias antes mencionadas.

Tabla 31
Rendimiento diario para Levantamiento Topográfico

Rendimiento (# de hectáreas levantadas)	Condiciones
8	Terreno plano, suelo firme, linderos, planimetría, pendiente de 0 a 25%, lluvias escasas, vegetación escasa o nula, visibilidad buena, clima medio (entre 15 y 25°C).
1	Terreno quebrado, suelo pantanoso, cuerpos de agua, distancia entre curvas de nivel menor a 1 metro, pendiente mayor a 100%, lluvias permanentes, matorrales, visibilidad mala, clima cálido (mayor a 25°C).
$7 \rightarrow (n)$	Diferencia de rendimientos
$8 \rightarrow (n+1)$	# de intervalos

Hay que señalar que los rendimientos son exclusivamente para levantamiento con estación total.

El siguiente paso fue establecer valores monetarios por hectárea levantada dependiendo del rendimiento, para este fin fue necesaria la experiencia de profesionales en el área, los mismos que llevan muchos años realizando trabajos de este tipo y cuya ayuda fue fundamental para establecer estos valores.

Así, se estableció que:

Tabla 32
Precio por hectárea levantada

Rendimiento (# de hectáreas levantadas)	Precio (por hectárea levantada)
8	200 USD
1	500 USD

Es decir; que en el escenario en el que las condiciones son óptimas y el rendimiento diario sean 8 hectáreas levantadas, el precio (valor a cobrar) por hectárea será de 200 USD. En cambio cuando las condiciones sean desfavorables y el rendimiento diario sea 1 hectárea levantada, el precio por hectárea será de 500 USD.

4.3.1.4 Creación de Intervalos

Para la creación de los intervalos se utilizó el mismo método que fue usado para el Posicionamiento Satelital, es decir; considerando un caso particular en el que no

existan ni las mejores y tampoco las peores condiciones, para lo cual se realizó lo siguiente:

$$\text{Incremento (ponderación)} = \frac{\text{Diferencia de Rangos}}{\text{Diferencia de Rendimientos}} \frac{3,11}{7} = 0,389$$

Este es el valor “incremento” que se utilizará para definir los intervalos.

Algo similar para establecer los intervalos correspondientes de precio:

$$\text{Incremento (precio)} = \frac{\text{Diferencia de precios}}{\text{Diferencia de Rendimientos}} \frac{300}{7} = 42,86$$

Todo lo anterior se resume en la siguiente tabla, en la que se muestran las todas las combinaciones de escenarios posibles expresadas en término numéricos, así como también su correspondiente rendimiento y precio.

Para tener un control sobre la actualización del programa se buscó un valor real al cual vayan enlazados todos los cálculos de costos, al igual con el Posicionamiento Satelital se tomó el Salario Básico Unificado (SUB) cuyo valor es de 366 USD (2016).

Para establecer el Costo Unitario Base correspondiente lo que se hizo es restarle este margen de utilidad, asumiendo que ésta es del 30%, de manera similar a lo realizado con el Posicionamiento Satelital, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 33
Intervalos, rendimientos y costo unitario base para Levantamiento T.

Intervalos	Rendimiento (ha/día)	Precio (USD)	Costo Unitario Base	Relación SUB (2016)
1.26 ≤ X ≤ 1.65	8	200	153,85	0,4203
1.65 < X ≤ 2.04	7	242.86	186,81	0,5104
2.04 < X ≤ 2.43	6	285.71	219,78	0,6005
2.43 < X ≤ 2.81	5	328.57	252,75	0,6906
2.81 < X ≤ 3.20	4	371.43	285,71	0,7806
3.20 < X ≤ 3.59	3	414.29	318,68	0,8707
3.59 < X ≤ 3.98	2	457.14	351,65	0,9608
3.98 < X ≤ 4.37	1	500	384,62	1,0509

En la tabla anterior “X” es el valor resultante de multiplicar la ponderación global (Matriz de Saaty) con su respectiva ponderación interna para cada variable y sumarmas entre sí. Por ejemplo, para cualquier valor mayor o igual a 1.26 pero menor o igual a 1.65 el rendimiento diario serán 8 hectáreas levantadas con un precio de 200 USD cada una.

4.3.2 Costos Económico-Administrativos para Levantamiento Topográfico

Dentro de este cálculo se encuentran todos los factores que ayudan a que el trabajo se lleve a cabo, es decir; aquellos factores que no son netamente técnicos pero sin los cuales no se podría realizar el trabajo.

Los factores que se tomaron en cuenta son:

4.3.2.1 Salario Personal en campo por día (F1)

Aquí se toma en cuenta el salario diario de cada miembro del equipo de trabajo, teniendo en cuenta que un equipo de trabajo está formado por un ingeniero, un topógrafo, dos cadeneros y un ayudante o machetero. El ingeniero es el experto y responsable del trabajo, es quien controla que todas las cosas marchen según lo planificado y supervisa el trabajo del equipo, el topógrafo es el encargado de manejar la estación total, los cadeneros son los encargados de recorrer el terreno con los prismas y el ayudante o machetero es el encargado de abrir las trochas en caso de que la vegetación sea abundante (matorrales), por lo tanto si no existe vegetación no es necesaria la presencia de esta persona.

Tabla 34

Salario del personal en campo para Levantamiento T. diario (USD)

Personal	Cantidad	USD	Relación SBU (2016)
Ingeniero	1	50	0.1366
Topógrafo	1	50	0.1366
Cadenero 1	1	25	0.0683
Cadenero 2	1	25	0.0683
Ayudante o machetero	1	20	0.0546
Suma	5	170	0.4645

4.3.2.2 Subsistencia del personal en campo por día (F2)

Para llevar a cabo el trabajo el personal en campo necesita alimentación, y hospedaje, una comida promedio está entre los 3 y 3.5 dólares, redondeando serían 10 dólares diarios por persona, considerando que al día una persona consume 3 comidas, una habitación de hotel promedio cuesta aproximadamente 20 dólares diarios por persona, sin embargo el hospedaje debe ser considerado siempre y cuando el trabajo tome más de un día en ser realizado.

Tabla 35

Subsistencia del personal campo para Levantamiento T. diario (USD)

	Costo Individual (USD)	Costo Grupal (USD)	Relación SBU (2016)	Observación
Alimentación	10	50	0.1366	-
Hospedaje	20	100	0.2732	Si el número de días de trabajo es mayor a 1
Suma		125	0.4098	

4.3.2.3 Suministro equipos de campo para Levantamiento por día (F3)

Para calcular el costo diario de los equipos empleados para el trabajo se los depreció de acuerdo a los porcentajes que indica el SRI, así:

Una Estación Total nueva tiene un costo aproximado de 12000 dólares, este costo varía entre las diferentes marcas, sin embargo; esta variación no es tan grande. Este equipo se deprecia al 33% anual según lo establecido por el SRI.

Para realizar un levantamiento topográfico de precisión es necesario posicionar dos puntos con un GPS (L1- L2) mejor conocido como doble frecuencia, estos puntos son usados como coordenadas iniciales para la estación total, el GPS bordea los 27000 dólares y se deprecia al 33% anual. Es importante señalar que el costo de posicionar estos dos puntos está incluido en el presupuesto del levantamiento ya que es un insumo necesario para éste.

Los dos prismas y dos trípodes (uno para la estación total y uno para el GPS) tienen un costo de 150 dólares cada uno, dando un total de 600 dólares y se deprecian al 10% anual.

Debido a las características de la estación Total y GPS (L1- L2), estos equipos necesitan de un mantenimiento cada 6 meses cuyo costo es de aproximadamente 200 dólares, es decir; que cada año se debe invertir 400 dólares en cada uno de ellos para mantenerlos funcionando correctamente, Este mantenimiento debe ser realizado por personas certificadas, por lo general la casa comercial en donde fueron adquiridos los equipos.

Para depreciar un activo fijo se debe tomar en cuenta los días laborables del año ya que esos son los días en los en teoría se utiliza el equipo, al año los días laborables son 240. A continuación se muestra la manera de depreciar cada uno de los equipos:

$$\text{Costo depreciado GPS L1, L2} = \frac{27000 * 0.33}{240} + \frac{400}{240} = 38.79 \text{ dólares}$$

$$\text{Costo depreciado Estación Total} = \frac{12000 * 0.33}{240} + \frac{400}{240} = 18.17 \text{ dólares}$$

$$\text{Costo depreciado Trípodes y Prismas} = \frac{600 * 0.1}{240} = 0.25 \text{ dólares}$$

Tabla 36
Suministro de equipos de campo por día (USD)

Equipo	USD	Relación SBU (2016)
Estación Total	18.17	0.0496
GPS doble frecuencia	38.79	0.1060
Prismas y trípodes	0.25	0.0007
Suma	57.21	0.1563

4.3.2.4 Suministro para Cálculos y Dibujo por día (F4)

En esta parte se consideran los costos necesarios para el trabajo de gabinete, es decir, los cálculos y el dibujo de los datos recogidos en campo para la posterior entrega del trabajo. Para esto se tomó en cuenta lo siguiente:

Tabla 37
Suministro para Cálculos y Dibujo para Levantamiento T. diario

	USD	Relación SBU (2016)
Dibujante	40	0.1093
Computador	1.38	0.0038
ingeniero	50	0.1366
Suma	91.38	0.2497

Como se puede apreciar en la tabla anterior, en este proceso interviene un dibujante, quien con la ayuda de algún CAD realizará la interpretación y materialización de los puntos tomados en campo.

En este proceso también interviene el ingeniero responsable del trabajo, ya que es quien controla que los datos sean representados correctamente ya que el dibujante al no haber estado en campo depende ciegamente de las anotaciones tomadas por el topógrafo,

Para realizar los cálculos y dibujo es lógicamente indispensable el uso de un computador, para lo cual hay que tener en cuenta el costo del mismo y depreciarlo para que este valor sea incluido en el cálculo del costo unitario del producto. El costo del computador con las características necesarias para soportar un CAD rodea los 1000 dólares y se deprecia al 33% anual.

$$\text{Costo depreciado Computador} = \frac{1000 * 0.33}{240} = 1.38 \text{ dólares}$$

Hay que tener en cuenta un detalle muy importante, el rendimiento del dibujante es totalmente distinto al rendimiento del equipo de trabajo en campo, por lo general un dibujante rinde un aproximado de 30 hectáreas diarias, entonces, de acuerdo al número de hectáreas del levantamiento se calculará el tiempo que demorará en terminar el dibujo.

4.3.2.5 Materiales (F5)

Se deben tomar en cuenta los insumos adicionales que se necesitan para realizar el trabajo, en este caso se considera por ejemplo pintura que servirá para marcar referencias ya que en campo es fácil perder de vista una estaca colocada a nivel del piso, los clavos y las estacas fundamentales para plantar la estación total y realizar un

trabajo preciso y sin errores, los mojones y las placas son opcionales, si el cliente solicita su colocación estos costos serán tomados en cuenta, caso contrario no.

Tabla 38

Tabla de materiales para Levantamiento Topográfico

Material	USD	Relación SBU (2016)
Pintura	5	0.0137
Clavos	2	0.0055
Estacas	5	0.0137
Mojones (2)	10	0.0273
Placas (2)	70	0.1913
Suma	92	0.2514

4.3.2.6 Desplazamiento/Movilización

Se tomó en cuenta el análisis realizado para Posicionamiento Satelital.

4.3.3 Cálculo de Costos Unitarios para Levantamiento Topográfico

Teniendo en cuenta que los Costos Unitarios están en función de los Costos Económico-Administrativos, tal y como se mencionó en el planteamiento del problema, el objetivo ahora es saber cómo se distribuyen estos costos, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula (3)

$$\text{Costo Unitario} = D + E + F$$

$D = \left(\left(\frac{F1+F2+F3+FV1}{\#ha \text{ a levantar}} \right) * \#días \text{ campo} \right) \rightarrow$ Gastos para cubrir el trabajo en campo

$E = \left(\left(\frac{F4}{\#ha \text{ a levantar}} \right) * \#días \text{ dibujo} \right) \rightarrow$ Gastos para cubrir el trabajo de gabinete

$F = \left(\frac{F5+FVII}{\#ha \text{ a levantar}} \right) \rightarrow$ Gastos que se distribuyen para todo el trabajo

El número de días del trabajo en campo está determinado por:

$$\frac{\# \text{ ha a levantar}}{\text{rendimiento diario}} = \# \text{ días campo}$$

El número de días de trabajo de gabinete está determinado por:

$$\frac{\# \text{ ha a levantar}}{\text{rendimiento diario del dibujante}} = \# \text{ días dibujo}$$

Costos como los de Materiales y Consumo de Combustible son tomados en cuenta una sola vez para todo el trabajo, por lo tanto no debe ser multiplicado por el número de días.

Ésta fórmula será utilizada siempre y cuando el número de hectáreas a levantar sea mayor al rendimiento diario.

En caso de que el número de hectáreas a levantar sea menor o igual al rendimiento diario, se puede unificar la fórmula anterior debido a que el trabajo solo tomaría un día de trabajo, de la siguiente manera:

$$\text{Costo Unitario} = \left(\left(\frac{F1 + F2 + F3 + FVI}{\#ha \text{ a levantar}} \right) * \#días \text{ campo} \right) + \left(\left(\frac{F4}{\#ha \text{ a levantar}} \right) * \#días \text{ dibujo} \right) + \left(\frac{F5 + FVII}{\#ha \text{ a levantar}} \right)$$

Fórmula (4)

$\text{Costo Unitario} (\#ha \leq \text{rendimiento}) = \frac{F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + FVI + FVII}{\#ha \text{ a levantar}}$
--

Ésta fórmula será utilizada siempre y cuando el número de hectáreas a levantar sea menor o igual al rendimiento diario, pero mayor a 1.

El análisis anterior se puede resumir en la siguiente figura:

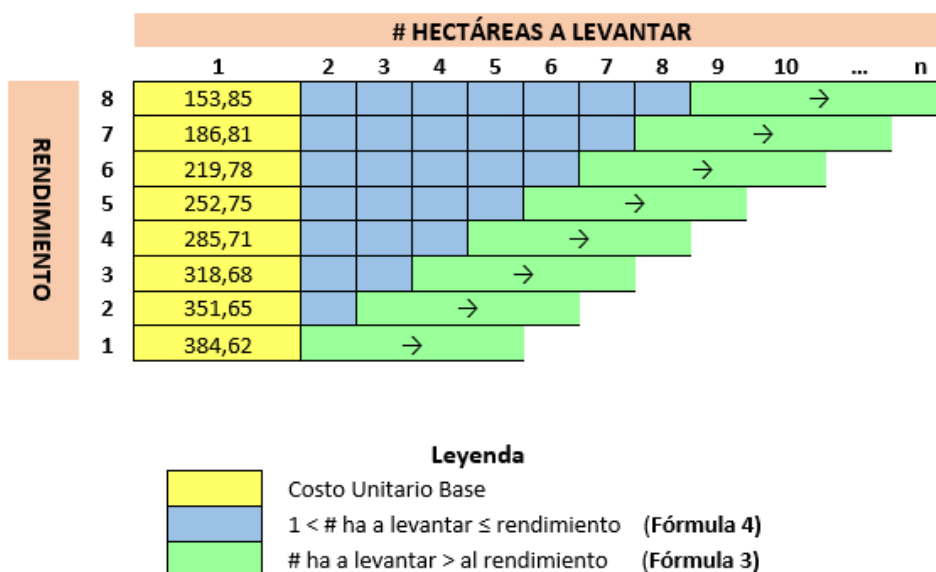


Figura 49: Rendimientos diarios vs hectáreas a levantar

4.3.4 Costo Total

Es el resultado de multiplicar el costo unitario por el número de hectáreas a levantar de acuerdo a la tabla anterior.

4.3.5 Imprevistos

Se aplicó el mismo criterio que para Posicionamiento Satelital.

4.3.6 Utilidad

Se aplicó el mismo criterio que para Posicionamiento Satelital.

4.3.7 Presupuesto para Levantamiento Topográfico

Se aplicó el mismo criterio que para Posicionamiento Satelital, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Presupuesto Levantamiento Topográfico} = \text{Costo Total} + \text{Imprevistos} + \text{Utilidad}$$

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE LA APLICACIÓN “GEO-PRICES”

En este capítulo se describe la estructura de la aplicación generada para el cálculo de presupuestos de los 3 productos seleccionados (levantamiento topográfico, posicionamiento satelital y ortoimagen) que se derivan de Topografía, Geodesia y Sensores Remotos respectivamente, utilizando los parámetros y cálculos establecidos en capítulos previos.

El desarrollo de esta aplicación tiene como objetivo materializar los resultados del estudio realizado, permitiendo así que los usuarios que deseen conocer el presupuesto para cualquiera de los productos que en ella se detallan, hagan uso de esta herramienta que fue concebida con el fin de dar solución a las complicaciones que existen al momento de definir los costos incurridos en la obtención de los productos antes mencionados.

Aprovechando el uso cada vez más frecuente que tienen los equipos informáticos en estos días y la gran cantidad de herramientas que existen para generar contenidos propios compatibles con estos equipos, ésta aplicación se diseñó como página web, a la cual se puede acceder desde cualquier navegador de internet.

5.1 Herramientas de Desarrollo de la Aplicación

Para el desarrollo de la aplicación se usó la plataforma de código abierto NetBeans IDE 8.1, la biblioteca jQuery y los lenguajes de programación JavaScript, CSS y HTML, que en conjunto ayudaron a crear un interfaz amigable al usuario.

5.1.1 NetBeans IDE

NetBeans IDE es una le herramienta que permite desarrollar de forma fácil y rápida aplicaciones Java, para escritorio, dispositivos móviles y páginas web, con la ayuda de diferentes lenguajes de programación como HTML, JavaScript y CSS. Al ser de código abierto, es gratuita y tiene una gran comunidad de usuarios y desarrolladores de todo el mundo.

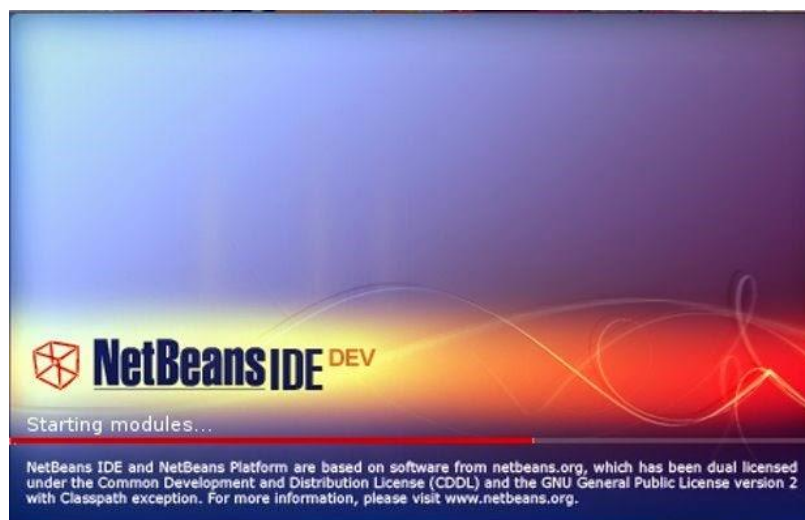


Figura 50: NetBeans IDE

Con su editor de Java en constante mejora y una amplia gama de herramientas, plantillas y muestras, NetBeans IDE establece el estándar para el desarrollo con tecnologías de vanguardia, además de que proporciona al usuario una rápida e inteligente manera de edición de código.

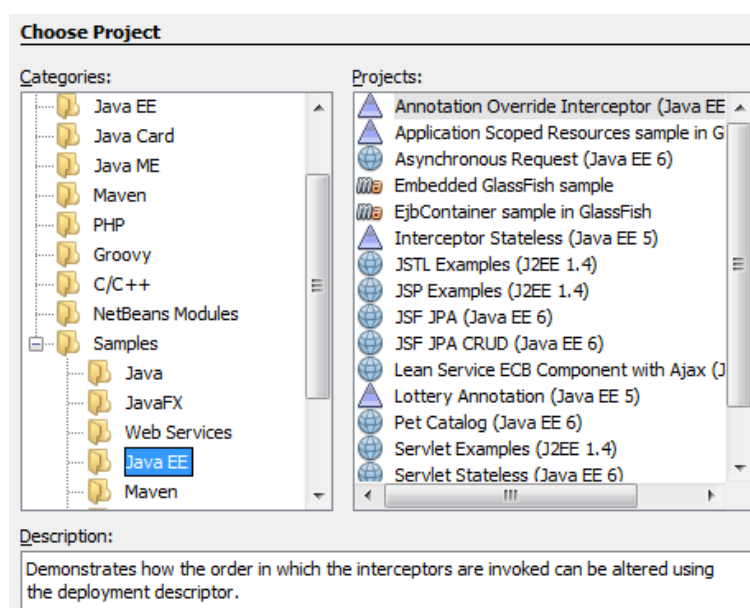


Figura 51: Interfaz principal de NetBeans IDE

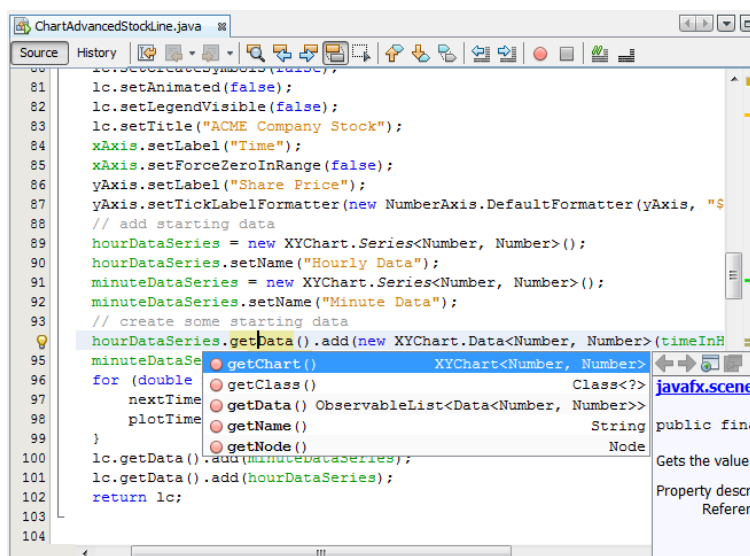


Figura 52: Edición de código en NetBeans IDE

5.1.2 Lenguaje HTML

HTML es por defecto el lenguaje utilizado para la creación de páginas web, éstas pueden ser visualizadas por el usuario a través de otro tipo de aplicación conocida comúnmente como navegador, en la actualidad es la interfaz más extensa en la red.

Mediante este lenguaje se puede aglutinar textos, sonidos e imágenes y combinarlos a conveniencia. Además, HTML permite hacer referencias a otras páginas por medio de los enlaces hipertexto, esa es la gran ventaja sobre el uso de libros y revistas.

Cuando se creó HTML no se pensó que la web llegara a las dimensiones que tiene en la actualidad, lo que supuso toda una serie de inconvenientes y deficiencias que han debido ser superados mediante la introducción tecnologías adicionales que tienen la capacidad de organizar, optimizar y automatizar el funcionamiento de las páginas web, por ejemplo las **CSS**, **JavaScript** u otras.

5.1.2.1 Sintaxis del HTML

El HTML es un lenguaje que basa su sintaxis en un elemento de base al que se denomina etiqueta. La etiqueta presenta frecuentemente dos partes:

- Una apertura de forma general <etiqueta>

- Un cierre de tipo `</ etiqueta>`

Las etiquetas `` y `` definen un texto en negrita. Si en el documento HTML, se escribe una frase con el siguiente código:

```
<b>Hoy es lunes</b>
```

El resultado Será: **Hoy es lunes**

Las etiquetas `<p>` y `</p>` definen un párrafo. Si en el documento HTML se escribe:

```
<p>Afuera hace frío</p>
```

```
<p>El cielo es azul</p>
```

El resultado sería:

Afuera hace frío

El cielo es azul

5.1.2.2 Partes de un documento HTML

Un documento HTML tiene la siguiente estructura:

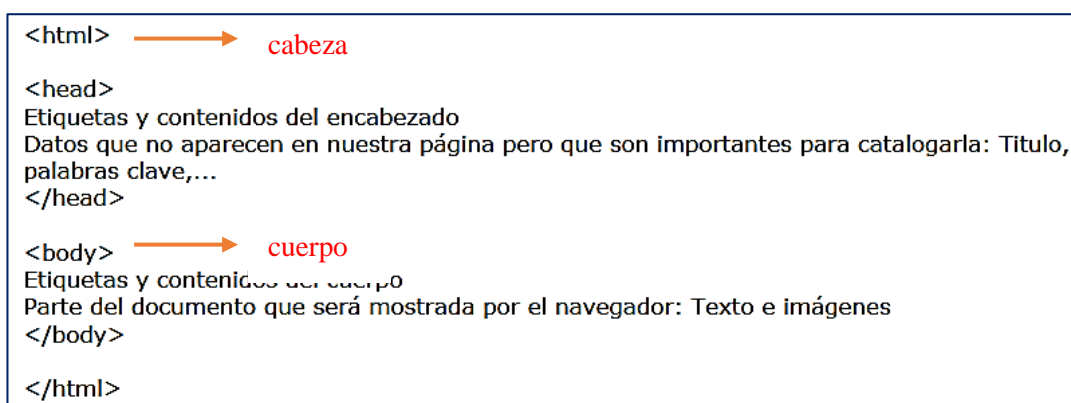


Figura 53: Estructura documento HTML

5.1.3 Lenguaje JavaScript

Javascript es un lenguaje de programación que fue creado con el fin de ser *"utilizado para crear pequeños programitas encargados de realizar acciones dentro del ámbito de una página web"*, sin embargo, en la actualidad esta visión ha quedado obsoleta. Las necesidades de las aplicaciones web modernas han provocado que Javascript llegue a niveles de complejidad tan grandes como otros lenguajes de primer nivel.

Además de lo antes mencionado, en los últimos años Javascript se está convirtiendo también en un lenguaje "integrador". Ya no es exclusiva de Internet y la Web sino que se lo puede encontrar en muchos ámbitos, , también es nativo en sistemas operativos para ordenadores y dispositivos, del lado del servidor y del cliente.

5.1.4 Lenguaje CSS

CSS (Cascading Style Sheets), que en español se traduce como "Hojas en estilo de Cascada", es una tecnología que permite crear páginas web de una manera más exacta. Gracias a las CSS el programador es dueño de los resultados finales de la página, pudiendo hacer muchas cosas que no se podía hacer utilizando solamente HTML, como incluir márgenes, tipos de letra, fondos, colores, etc.

Algunos de los efectos que se pueden crear con las CSS sin necesidad de conocer la tecnología entera son:

- Color en los enlaces
- Espaciado entre líneas
- Espaciado entre caracteres
- Enlaces sin subrayado
- Incluir estilos para todo un sitio web



Figura 54: Utilidad del lenguaje CSS

5.1.5 Biblioteca jQuery

Es la librería más conocida de Javascript, se ha convertido en un complemento en la mayoría de las páginas web que son usadas en el día a día, por su facilidad de uso y por su potencia. Con jQuery se puede escribir código Javascript que es capaz de ejecutarse sin errores en cualquier navegador.

jQuery permite programar nuevas funcionalidades por medio de plugins para hacer cosas tan variadas, por ejemplo validación de formularios, sistemas de plantillas, transición de diapositivas, interfaces de usuario avanzadas, etc. Se puede encontrar distintas aplicaciones dinámicas programadas por medio de plugins jQuery en por toda a web.

El principal motivo de que sea tan usada es que aprender a programar en ella es sencillo, pero para tener una máxima utilidad de esta herramienta primero hay que conocer Javascript.

5.2 Arquitectura de la Aplicación

A continuación se muestra un diagrama de funcionamiento de la aplicación diseñada:

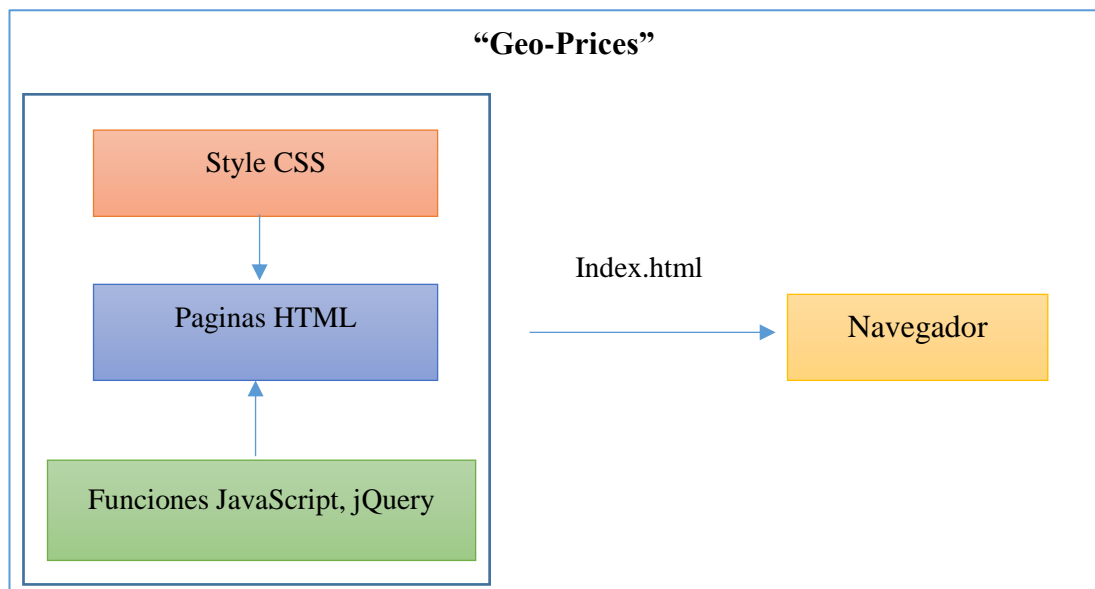


Figura 55: Arquitectura de la aplicación

CSS es la herramienta que permitió el diseño gráfico de la página web, parámetros como tamaño y tipo de letra, inserción de imágenes, ubicación de objetos, etc, fueron realizados mediante su utilización.

JavaScript fue utilizada netamente para realizar los cálculos necesarios para la obtención del presupuesto seleccionado.

De la librería jQuery se utilizó una plantilla existente de nombre *Digy-Free CSS Templates*, que se puede encontrar en la siguiente dirección: <http://chocotemplates.com>

De estos 3 insumos resulta un archivo ejecutable “Index.html” el cual se abre en cualquier navegador.

5.3 Aplicación del lado del Cliente

Para hacer uso de la aplicación el cliente o usuario debe acceder a la página web de en donde está colgada la misma, desde un navegador de internet.

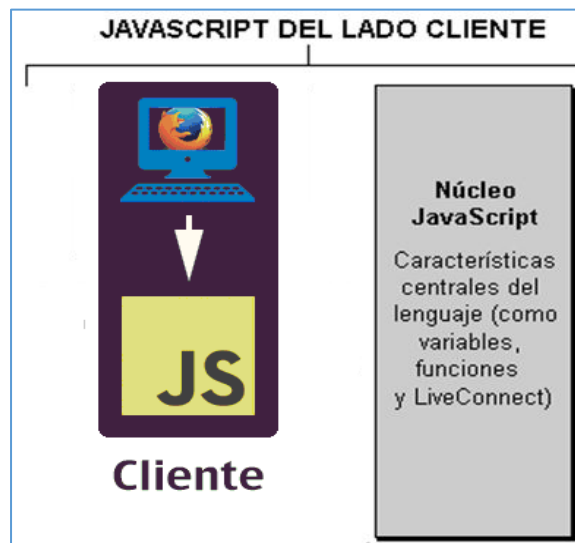


Figura 56: Aplicación desde el lado del usuario o cliente.

5.4 Interfaz de la Aplicación

La aplicación tiene como página principal:



Figura 57: Apariencia de la pantalla principal de la aplicación

En la segunda pestaña, a la cual se puede acceder presionando las flechas de la parte inferior se encuentra una descripción de la aplicación. En la parte superior se puede visualizar 3 pestañas, a las cuales se puede acceder presionando sobre cada uno de ellas.

La pestaña inicio nos lleva a la imagen mostrada anteriormente, la segunda pestaña es en donde se encuentra la calculadora de presupuestos y en la tercera

pestaña se encuentra un manual de usuario en formato “.pdf“que servirá para despejar cualquier duda con respecto al manejo de la aplicación.

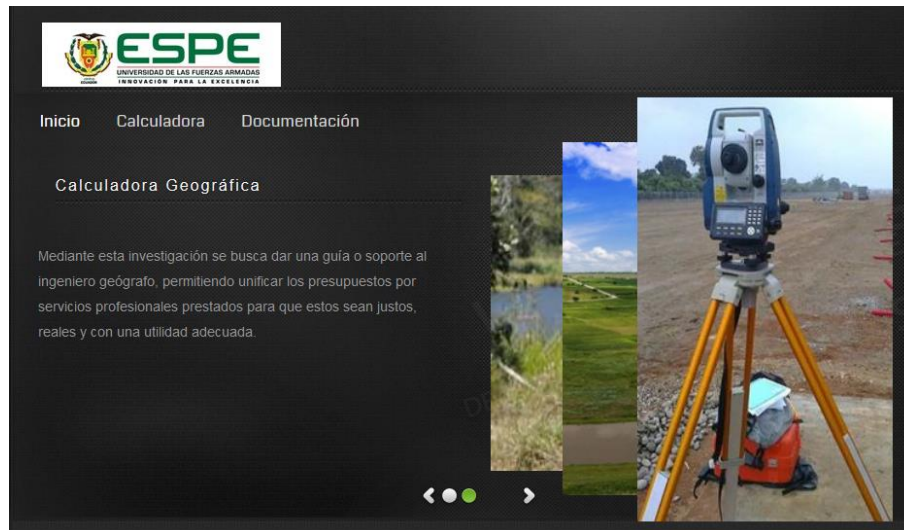


Figura 58: Aspecto de la segunda pestaña

Dentro de la segunda pestaña se encuentran las 3 opciones de presupuestos a calcular, el usuario podrá acceder a cada una de ella simplemente presionando sobre cada rótulo, en esta pestaña además se encuentra una casilla en la cual se deberá ingresar en Salario Básico Unificado (SBU) actual, debido a que todos los cálculos están enlazados a este valor, tal y como se explicó en capítulos anteriores, por defecto aparecerá en valor de 366 que corresponde al SBU del año 2016.

Figura 59: Pestaña “Calculadora”

Dentro de la opción se encuentra un menú con cada una de las variables establecidas, las cuales deberán ser seleccionadas por el usuario a fin de calcular el presupuesto deseado.

Figura 60: Menú para Levantamiento Topográfico

Figura 61: Menú para Posicionamiento Satelital

5.5 Disponibilidad de la Aplicación

La aplicación se encuentra colgada en la red, de tal manera que para acceder a ella simplemente hay que ingresar al siguiente link: “<http://geoprices.byethost17.com/geoprices/index.html>”,

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El establecimiento de variables fue una estrategia utilizada con el fin de cubrir todos los posibles escenarios al momento de realizar un trabajo en campo en cualquier lugar del territorio ecuatoriano.
- Se puede concluir que la metodología planteada para el cálculo de costos unitarios es confiable ya que utiliza herramientas objetivas, tal es el caso de la Matriz de Saaty, la cual es conocida por su efectividad en la jerarquización de variables.
- Se utilizó un sistema de puntajes dentro de cada variable, de acuerdo al grado de dificultad existente, esta idea fue tomada de una investigación realizada por el Centro de Estudios Superiores María Goretti, de San Juan de Pasto en colaboración con la Sociedad Colombiana de Topógrafos, mismo que es utilizado por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte para el pago o liquidación de contratos, esta estrategia sirvió para realizar un análisis más detallado de cada variable, logrando cubrir de una manera más eficiente la gama de circunstancias posibles durante un trabajo de campo.
- El estudio realizado va acorde a la realidad del mercado, ya que es resultado de un sondeo a diferentes profesionales con gran experiencia en sus áreas de trabajo, dando así una guía presupuestaria de trabajos geográficos aplicable a las condiciones geográficas del país.
- Para establecer un costo unitario objetivo y real se consideró que el profesional cuenta con sus propios equipos, para lo cual es necesario realizar una depreciación de los mismos, evitando así el alquiler y en consecuencia los costos de intermediarios.

- El gerenciamiento y conocimiento de los costos evitan desperdicios financieros para el ingeniero geógrafo y a su vez le ayudan a ser más competitivo en el mercado.
- En algunos de los casos hubo poca colaboración por parte de las instituciones tanto públicas como privadas, siendo la confidencialidad de la información la principal excusa.
- La complejidad al establecer una metodología de cálculo de costos unitarios para los diferentes productos de Ingeniería Geográfica se debe a la diversidad de factores que intervienen en cada proceso, dificultando así una generalización, por lo cual se debe tratar cada uno por separado.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda darle seguimiento a este estudio o en su defecto buscar una nueva metodología para darle solución al problema planteado, a fin de normar los costos por servicios profesionales para beneficio del profesional y del usuario o cliente.
- Al momento de realizar un determinado trabajo se debe tomar en cuenta todo gasto en el que se incurre, caso contrario eso puede representar pérdidas para el profesional que luego deben ser cubiertas de su propio bolsillo, generando un desgaste innecesario.
- Para establecer un costo unitario objetivo y real se recomienda considerar que el profesional cuenta con sus propios equipos, para lo cual es necesario realizar una depreciación de los mismos, evitando así el alquiler y en consecuencia los costos de intermediarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Bjorgo, E., Pisano, F., Lyons, J., & Heisig, H. (2012). El Uso de Imágenes por Satélite. *Migraciones Forzadas*, 72.
- Cartomap. (2014). *Topografía para las Tropas*. Obtenido de <http://cartomap.cl/utfsm/Texto-Topograf%EDa/Cap%2009%20Ortofoto.pdf>
- Casanova, L. (2002). *Topografía Plana*. Obtenido de Universidad de los Andes: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/lnova/Archivos/FORMATO-PDF/CARATULA%20PROLOGO%20INDICE.pdf>
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid: Ediciones RIALP, S.A.
- Colegio de Ingenieros Civiles del Ecuador. (1997, Octubre 20). *Ley de Escalafón y Sueldos de los Ingenieros Civiles del Ecuador*. Obtenido de <http://cice.org.ec/vademecum/oleyescalafsueldos.htm>
- Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía. (2001). *Fundamentos del Sistema GPS y Aplicaciones en la Topografía*. Obtenido de Delegación Territorial de Madrid - Castilla - La Mancha: <http://www.rutasnavarra.com/gps/Teoria/GPSavanzado.pdf>
- Delgado, J. (2014). *Fotogrametría Digital*. Obtenido de Universidad de Jaén: http://coello.ujaen.es/Asignaturas/fotodigital/descargas/FD_tema1.pdf
- Droning. (2016). <http://www.droning.es/>. Obtenido de <http://www.droning.es/2015/09/29/topografia-y-fotogrametria-con-dron-ala-fija-precisiones-y-proceso/>
- EGNOS. (2016). Obtenido de <http://egnos-portal.gsa.europa.eu/discover-egnos/about-egnos/what-gnss>
- Emprende Pyme. (2016). Obtenido de <http://www.emprendepyme.net/que-es-un-presupuesto.html>
- Eraso, G., & Tello, A. (2006). *¿Cómo calcular sus costos topográficos? Tarifas Límites Nacionales de Topografía*. Centro de Estudios Superiores María Goretti, San Juan de Pasto. Obtenido de <http://es.slideshare.net/JorgeArizaSolano/costos-topograficos>
- GeoInt. (2016). Obtenido de <http://www.geoint.ec/>
- GEOMUNDO. (2007, Septiembre 9). *Información básica sobre las Precipitaciones*. Obtenido de <http://gfrojas.blogspot.com/2007/09/las-precipitaciones.html>

- Ghio, G. (2008). *SELPER Chile*. Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe: <http://www.cepal.org/celade/noticias/paginas/8/35368/pdfs/13selper.pdf>
- Horngren, C., Datar, S., & Rajan, M. (2012). *Contabilidad de Costos* (Decimocuarta ed.). (G. Domínguez, Ed.) México, México: Pearson.
- IGM. (2008). *Geoportaligm*. Obtenido de http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/?wpfb_dl=43
- IGM. (2016). *Geoportal IGM*. Obtenido de <http://www.geoportaligm.gob.ec/wordpress/>
- INEGI. (2005). *Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/ntg1988.pdf>
- INEGI. (2012, Mayo). *Procesamiento de datos GPS considerando deformaciones del Marco Geodésico en el tiempo*. Obtenido de Dirección General de Geografía y Medio Ambiente: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjfuMyw67PPAhUGziYKHcPjAREQFghNMAg&url=http%3A%2F%2Fwww.inegi.org.mx%2Fgeo%2Fcontenidos%2Fgeodesia%2F3F_file%3D%2Fgeo%2Fcontenidos%2Fgeodesia%2Fdoc%2Fproc_riguros
- Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar. (2011). *Levantamiento Topográfico con fines catastrales*. Caracas: Unidad de Diseño y Taller de Artes Gráficas.
- Koolhaas, M. (2003). *Curso de Topografía Agrícola*. Obtenido de http://www.academia.edu/15130769/Curso_de_TOPOGRAF%C3%8DA_AGR%C3%8DCOLA
- López, J. (2014). *El Salario*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: <http://bibliohistorico.juridicas.unam.mx/libros/1/139/29.pdf>
- Mendoza, R. (2008). *La depreciación de activos fijos y su efecto en la utilidad neta y en el flujo de efectivo*. Obtenido de Universidad Autónoma de Querétaro: <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/2591/1/RI002336.pdf>
- Ministerio Coordinador de Desarrollo Social. (2016). *Sistema de Indicadores Sociales del Ecuador*. Obtenido de http://www.siise.gob.ec/siiseweb/PageWebs/Relevantes/ficrel_L03.htm

- Mora, R. (2010). *Producción de productos cartográficos: MDT y ortofoto a partir de imágenes Capturadas por un vehículo UAV*. Salamanca. Obtenido de http://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/119810/1/TFM_MoraFernandezdeCordobaR_Generacion.pdf
- Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. (2009). *Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito DMQ*. Obtenido de Fondo Ambiental del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito: http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/patrimonio_natural/biodiversidad/guia_ecosistemas_dmq.pdf
- Oropeza, O. (2010). *Pendiente del Terreno*. Obtenido de Instituto nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/629/pendiente.pdf>
- Real Academia Española. (2016). Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=WNVJ5cX>
- Rojas, A. (2001, Octubre). *Memorias del primer coloquio nacional de estudios afrocolombianos*. Obtenido de Universidad del Cauca: <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/48097.pdf>
- Romero, R., Moraila, C., & Ortíz, P. (2012, julio). *Medición de la vibración en estructuras de puentes empleando GPS*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/234129998>
- Saaty, T. (1980). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*. McGrawHill.
- Sabella, R. (1996). *Guía general para la utilización del Sistema de Posicionamiento Global por satélite (GPS) y su aplicación en trabajos de mapeo*. Obtenido de Bolfor: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj5ov117PPAhVBMMyYKHQygD_wQFggaMAA&url=https%3A%2F%2Fportal.net%2Flibrary%2Fcontent%2FForstry_Silviculture_CBNRM%2Fdocumentos-bolfor%2Fguia-general-para-la-util
- Sanchez, M. (2016, Febrero). *Niebla y Neblina*. Obtenido de Meteorología en Red: http://www.meteorologiaenred.com/niebla-y-neblina.html#iquestQueacute_es_la_niebla
- SENCICO. (2010). *Curso Completo de Topografía*. Obtenido de geogpsperu: <http://www.geogpsperu.com/2015/10/curso-completo-de-topografia-descargar.html>

- SRI. (2016). *Art 28. Gastos Generales Deducibles*. Obtenido de Reglamento de Aplicación de la Ley de Régimen Tributario Interno: <http://www.sri.gob.ec/web/guest/depreciacion-acelarada-de-activos-fijos>
- TELEDET. (2016). Obtenido de <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/estructura-imagenes-digitales.htm>
- Torres, Á., & Villate, E. (2001). *Topografía*. Bogotá: Person Educación de Colombia.
- Torres, C., & Martínez, P. (2005, Noviembre 23). *Procedimiento para levantamiento Topográfico*. Obtenido de Universidad Tecnológica de Panamá: <http://www.utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-AA-101-2006.pdf>
- Toskano, G. (2010). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap3.pdf
- Universidad Complutense de Madrid. (2015). *Biología Aplicada*. Obtenido de http://biologiaucn.blogspot.com/2011/11/plantas-o-arboles-que-sirvan-como_02.html
- Universidad de Cádiz. (2009). *Laboratorio de Astronomía, Geodesia y Cartografía*. Obtenido de http://lagc.uca.es/web_lagc/docs/curso_rap/Presentacion_II.pdf
- Universidad de Sonora. (2013). *Biblioteca Virtual Universidad de Sonora*. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/12238/Capitulo4.pdf>
- Universidad Politécnica de Madrid. (2012). *Aplicaciones Topográficas del GPS*. Obtenido de http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_GPS_Tema_12.pdf
- Verdú, A. (2007). *Enlaces Geodésicos Intercontinentales. Investigación sobre los enlaces occidentales Europa-África*. Obtenido de http://oa.upm.es/779/1/AMPARO_VERDU_VAZQUEZ.pdf