

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA Y OBRAS SANITARIAS



**“AJUSTE DE LA BATIMETRÍA DE 1989 Y CUANTIFICACIÓN DEL
VOLUMEN DE SEDIMENTOS EN EL EMBALSE SAN JACINTO
PREVISTO PARA EL PERÍODO 2013 Y 2016”**

POR:

IRACEMA MARIEL PANIAGUA RAMIREZ

SEMESTRE II-2018

TARIJA-BOLIVIA

TARIJA-BOLIVIA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO.
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA.
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

DEPARTAMENTO DE HIDRAÚLICA Y OBRAS SANITARIAS.

**“AJUSTE DE LA BATIMETRÍA DE 1989 Y CUANTIFICACIÓN DEL
VOLUMEN DE SEDIMENTOS EN EL EMBALSE SAN JACINTO PREVISTO
PARA EL PERÍODO 2013 Y 2016”**

ELABORADO POR:

IRACEMA MARIEL PANIAGUA RAMIREZ

Tesis en la modalidad de Proyecto de Grado de Ingeniería Civil a consideración de la
“Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”, como requisito para optar al grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II-2018

TARIJA-BOLIVIA

M. Sc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez Gozalvez
**DECANO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
**VICEDECANA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

Tribunal:

Ing. Jose A. Navia O.
TRIBUNAL 1

Ing. Oscar Ricaldi T.
TRIBUNAL 2

Ing. Henry Monzón de los Ríos
TRIBUNAL 3

CERTIFICADO DE CORRECCION GRAMATICAL

La suscrita profesora Ana Rosa Ríos Miranda de la especialidad, de Lenguaje del Nivel Secundario, certifica:

Que habiendo revisado el Proyecto de Grado "Ajuste de la batimetría de 1989 y cuantificación del volumen de sedimentos en el embalse San Jacinto previsto para el periodo 2013 y 2016", correspondiente a la universitaria de la carrera de Ingeniería Civil, Iracema Mariel Paniagua Ramirez, afirmo que este se encuentra correctamente redactado y guarda fielmente todas las normas y reglas del idioma castellano.

Es todo cuanto afirmo en honor a la verdad y para fines consiguientes de la interesada.


Ana Rosa Ríos Miranda
MAESTRA EN LENGUAJES
LENGUA CASTELLANA Y GRAMÁTICA

Tarija, marzo 13 de 2019

HOJA DE EVALUACIÓN

EVALUACIÓN CONTINUA:

Fecha de presentación:

Calificación numeral:

Calificación literal:

Nombre y firma docente CIV 502:

EVALUACIÓN FINAL:

Fecha de presentación y defensa:

Calificación numeral:

Calificación literal:

Nombre y firma tribunal 1:

Nombre y firma tribunal 2:

Nombre y firma tribunal 3:

CALIFICACIÓN FINAL:

Evaluación continúa (40%):

Evaluación final (60%):

Calificación final:

Nombre y firma docente CIV 502:

El docente y tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A mi madre Mariel y padre Wilman, a mis hermanas Marlen y Fabiana, en especial a mis abuelos, que me cuidan desde el cielo Adolfo, Celida y Segundo, y a mi abuela que siempre está presente Isabel.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por haberme dado la vida y las oportunidades de llegar hasta este momento.

A mi padre, por ser el pilar en mi educación como persona, pero más que nada, por su cariño.

A mis hermanas gracias por siempre ser el motor de mi vida, la motivación de crear la mejor versión de mi

A los amigos que conocí en la universidad, porque de cada uno de ellos aprendí lo bueno de una amistad sincera.

A mis amigos de infancia, que ayudaran a forjar metas en lo que ahora es mi presente.

A la universidad y a mis maestros, en especial al Ing. Moisés Perales e Ing. Evelin Jauregui, por el tiempo y comprensión compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación.

Y a los tribunales de mi proyecto por su colaboración y consejos.

PENSAMIENTO:

“Nadie conoce su propia fuerza mientras no se ha encontrado con la necesidad”

Samuel Johnson.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

| | | |
|--------|-----------------------------------|---|
| 1. | ASPECTOS GENERALES | 1 |
| 1.1. | Antecedentes | 1 |
| 1.2. | Problema de investigación | 2 |
| 1.2.1. | Descripción del problema | 2 |
| 1.2.2. | Formulación del problema | 2 |
| 1.2.3. | Sistematización del problema..... | 2 |
| 1.3. | Objetivos | 3 |
| 1.3.1. | Objetivo general | 3 |
| 1.3.2. | Objetivo específico | 3 |
| 1.4. | Justificación | 3 |
| 1.4.1. | Teórica | 3 |
| 1.4.2. | Metodológica | 3 |
| 1.4.3. | Práctica | 4 |
| 1.5. | Hipótesis de investigación | 4 |
| 1.6. | Alcance..... | 4 |
| 1.7. | Marco de referencia | 5 |
| 1.7.1. | Marco teórico | 5 |
| | Información disponible | 6 |
| 1.7.2. | Marco Conceptual | 7 |
| | Batimetría | 7 |
| | Código EPSG/SRID | 8 |
| | Coordenadas geocéntricas | 8 |
| | Coordenadas topocéntricas | 8 |
| | Coordenadas UTM | 8 |
| | Datos brutos | 8 |
| | Elipsoide de referencia | 8 |
| | Geoide | 9 |

| | |
|--|-----------|
| Embalse | 9 |
| Geodesia | 9 |
| Sistema de referencia | 9 |
| Sedimento | 9 |
| Sedimentación | 10 |
| 1.7.3. Marco Espacial | 10 |
| 1.7.4. Marco Temporal | 12 |
| CAPÍTULO II | |
| 2. SEDIMENTOS EN EMBALSES | 13 |
| 2.1. Origen y propiedades de los sedimentos | 13 |
| 2.2. Sedimentación en embalses | 14 |
| 2.3. Descripción del fenómeno | 15 |
| 2.4. Características de los sedimentos que llegan al embalse | 16 |
| 2.5. Problemas ocasionados por los sedimentos | 17 |
| 2.6. Embalse San Jacinto | 18 |
| 2.7. Características del embalse San Jacinto | 20 |
| 2.8. Análisis de la información disponible | 22 |
| Precisión de los trabajos | 24 |
| 2.9. Estudios anteriores..... | 27 |
| 2.9.1. Estudio batimétrico 1989-1995 | 27 |
| 2.9.2. Estudio batimétrico 2004 | 27 |
| CAPÍTULO III | |
| 3. TRANSFORMACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERENCIA PSAD 56 Y WGS 84..... | 31 |
| 3.1. Datum provisional para sudamérica de 1956 (PSAD 56) | 32 |
| 3.2. World geodetic system 1984 (WGS84) | 32 |
| 3.3. Diferencias entre PSAD56 y WGS84 | 33 |
| ¿Cuál es la diferencia entre WGS84 y PSAD56? | 33 |
| 3.4. Precisión de los trabajos | 34 |
| 3.4.1. Área de estudio | 34 |

| | |
|--|----|
| 3.5. Proceso metodológico para posicionamiento del embalse San Jacinto | 35 |
| 3.5.1. Equipo logístico designado para el levantamiento | 35 |
| 3.5.2. Fase1. Planeamiento Precampo | 36 |
| 3.5.3. Fase2. Trabajo en campo | 36 |
| Puntos base batimetría San Jacinto | 38 |
| 3.5.4. Fase3. Post campo | 47 |
| 3.5.4.1. Parámetros técnicos reglamentarios cumplidos para su monumentación | 47 |
| Características del Mojón | 47 |
| Características del Bulón | 47 |
| Características de la georreferenciación | 48 |
| Características de los datos y observación satelital | 48 |
| Características del trabajo en gabinete | 49 |
| Características del proceso de los datos gps | 49 |
| Características del ajuste de los datos gps | 50 |
| Características del producto obtenido a entregar | 50 |
| 3.6. Modelo Molodensky-Badekas en gvSIG | 50 |
| 3.6.1. ¿Qué es y para qué sirve? | 50 |
| 3.6.2. ¿En qué lugares del mundo se usa? | 50 |
| 3.6.3. Base matemática | 50 |
| 3.6.4. Integración de diez parámetros en modelo de transformación de Similaridad Molodensky-Badekas | 52 |
| 3.6.5. Para su uso | 53 |
| a. GvSIG | 53 |
| b. Datos | 53 |
| c. Proceso | 55 |
| Resultados (I) | 58 |

CAPÍTULO IV

| | |
|--|----|
| 4. CUANTIFICACIÓN DE SEDIMENTOS5..... | 59 |
| 4.1. Predicción de la distribución de sedimentos | 59 |

| | |
|--|----|
| 4.1.1. Curvas características del embalse | 60 |
| 4.2. Método área incremento | 64 |
| 4.2.1. Resultados (II) | 64 |
| 4.3. Análisis de sedimentos | 71 |
| 4.4. Perfiles longitudinales en el embalse San Jacinto | 76 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 78 |
| Conclusiones | 78 |
| Ajuste a la batimetría de 1989 | 78 |
| Determinación del volumen de sedimentos | 79 |
| Recomendaciones | 82 |
| BIBLIOGRAFÍA | 85 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1: Resultado de los estudios batimétricos realizados en San Jacinto | 7 |
| Figura 1.2: Ubicación embalse y estaciones principales | 11 |
| Figura 2.1: Vista presa San Jacinto | 15 |
| Figura 2.2: Esquema general del comportamiento del sedimento dentro un embalse | 15 |
| Figura 2.3: Presa San Jacinto | 20 |
| Figura 3.1: Sistema de referencia geodésico | 31 |
| Figura 3.2: Distribución de estaciones principales (PSAD56) | 35 |
| Figura 3.3: Vista en planta del embalse San Jacinto, con la ubicación de los puntos sesionados | 37 |
| Figura 3.4: Punto Tanque | 38 |
| Figura 3.5: Posicionamiento del esquiapo en el primer punto | 39 |
| Figura 3.6: Punto S-1 | 40 |
| Figura 3.7: Punto PMSJ-2(2013) | 40 |
| Figura 3.8: Punto Puesto policial San Jacinto | 41 |
| Figura 3.9: Punto Cantera | 41 |
| Figura 3.10: Punto Capilla, armado de equipo | 42 |
| Figura 3.11: Equipo en el punto de no fácil acceso | 42 |
| Figura 3.12: Punto "Profesional" | 43 |
| Figura 3.13: Antiguo bulón de bronce del punto. | 44 |
| Figura 3.14: Posicionamiento en el nuevo bulón | 44 |
| Figura 3.15: Nuevo punto de monumentación | 45 |
| Figura 3.16: Posicionamiento Punto Taco | 45 |
| Figura 3.17: Equipo en posición en el punto "Bordo" | 46 |
| Figura 3.18: Mojón instalado en el punto | 46 |
| Figura 3.19: Dimensiones del mojonamiento del punto geodésico | 47 |
| Figura 3.20: Dimensiones y características del Bulón. | 48 |
| Figura 3.21: Expresión Molodensky-Badekas | 51 |
| Figura 3.22: Parámetros de transformación Molodensky-Badekas | 55 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.23: Interfaz gvSIG2.0.0.2066 | 56 |
| Figura 3.24: Lista de códigos EPSG. | 56 |
| Figura 3.25: Parámetros de transformación PSAD56 | 57 |
| Figura 3.26: Interfaz porgrama GvSiG | 57 |
| Figura 3.27: Exportacion de puntos WGS84 | 58 |
| Figura 4.1: Curva de capacidad Volumen vs. Altura 1989 | 63 |
| Figura 4.2: Curva de capacidad Área vs. Altura 1989 | 63 |
| Figura 4.3: Curvas volumen de almacenamiento 2013 | 67 |
| Figura 4.4: Curvas área del embalse 2013 | 67 |
| Figura 4.5: Curvas de área de almacenamiento 2016 | 70 |
| Figura 4.6: Curvas de volumen de almacenamiento 2016 | 70 |
| Figura 4.7: Grafica sedimentos en el embalse 1989-2016 | 73 |
| Figura 4.8: Grafica estudio preliminar embalse San Jacinto 2009 | 75 |
| Figura 4.9: Perfiles sobre en el embalse San Jacinto | 76 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2 1: Equipos e instrumentos batimetrías 1989 | 22 |
| Tabla 2 2: Equipos e instrumentos batimetría 2013-2016 | 25 |
| Tabla 2 3: Diques construidos para la contención de sedimentos | 28 |
| Tabla 2 4: Diques construidos para la contención de sedimentos | 30 |
| Tabla 3 1: Parámetros PSAD56 | 32 |
| Tabla 3 2: Parámetros WGS84 | 33 |
| Tabla 3 3: Estaciones San Jacinto | 54 |
| Tabla 4 1: Volúmenes del embalse 1989 | 61 |
| Tabla 4 2: Tabla luego de la sedimentación | 65 |
| Tabla 4 3: Curvas de área y volumen después de la sedimentación | 68 |
| Tabla 4 4: Sedimentación embalse San Jacinto | 71 |
| Tabla 4 5: Sedimentación específica | 72 |
| Tabla 4 6: Proyección de sedimentos embalse San Jacinto | 74 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO “I”** Documentación
- ANEXO “II”** Planilla de coordenadas PSAD 56
- ANEXO “III”** Planilla de coordenadas WGS84
- ANEXO “IV”** Mapas georreferenciados
- ANEXO “V”** Planos del embalse superpuestos
- ANEXO “VI”** Perfiles en el embalse San Jacinto