

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA GRILLA
METEOROLÓGICA (GMET) PARA SU APLICACIÓN EN
PLANES DE APROVECHAMIENTO LOCAL EN LA CUENCA
DEL RÍO CAMACHO”**

Por:

UNIV. VIVIANA ANCASI ZEGARRA

Proyecto de Grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
“JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Civil.

Semestre I 2019

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS

**“ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA GRILLA METEOROLÓGICA
(GMET) PARA SU APLICACIÓN EN PLANES DE APROVECHAMIENTO
LOCAL EN LA CUENCA DEL RÍO CAMACHO”**

Por:

UNIV. VIVIANA ANCASI ZEGARRA

Semestre I 2019

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A mis padres, Gildo y Victoria. A mis hermanos, Saúl y Pamela. Por ser fuente de inspiración y de apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	2
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	4
1.5. LIMITACIÓN DE ESTUDIO.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. MARCO HISTÓRICO.....	7
2.1.1. Estudios Sobre la Cuenca del Río Camacho.....	7
2.2. ANTECEDENTES.....	11
2.3. MARCO TEÓRICO.....	20
2.3.1. Completado de Datos.....	20
2.3.2. Control de Calidad de Datos.....	22
2.3.3. Grilla Meteorológica GMET.....	35
2.3.4. Modelos Digitales de Elevación.....	39
2.3.5. Datos Ráster.....	41
CAPÍTULO III: ACTIVIDADES PRELIMINARES.....	43
3.1. RECOPIACIÓN DE DATOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS DE LA CUENCA DEL RÍO CAMACHO A NIVEL DIARIO.....	43
3.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CON ESTACIONES SIN RELLENAR DATOS.....	45
3.2.1. Procesamiento en RStudio.....	46
3.2.2. Formateo de Estaciones.....	48
3.2.3. Unión de Datos de Cada Una de las Estaciones.....	48
3.2.4. Procesamiento de Estaciones Unidas en RClindex.....	49
3.2.5. Procesamiento de Estaciones Unidas en DECADE.....	54

3.2.6. Visualización de Años de Registros de las Estaciones Termopluviométricas.....	59
3.2.7. Análisis de la Información de Estaciones con Datos Rellenados.....	63
3.3. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES TERMOPLUVIOMÉTRICAS.....	64
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS MEDIANTE LA GRILLA METEOROLÓGICA GMET.....	66
4.1. APLICACIÓN DE LA GRILLA METEOROLÓGICA.....	66
4.1.1. Procesamiento en RStudio.....	66
4.1.2. Generación de Ensamblajes de Grillas Meteorológicas.....	66
4.1.3. Validación de la Grilla Meteorológica.....	79
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
5.1. CONCLUSIONES.....	85
5.2. RECOMENDACIONES.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	90
WEBGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Estaciones Abiertas y Cerradas Dentro de la Cuenca del Río Camacho....	6
Figura 2.2: Selección de la Cuenca del Río Camacho.....	16
Figura 2.3: Inventario de Fuentes y Sistemas de Riego	19
Figura 2.4: Tamaño de la Muestra.	31
Figura 2.5: Datos Asimétricos.....	31
Figura 2.6: Valores Atípicos.	32
Figura 2.7: Centros de Grupos.	32
Figura 2.8: Dispersiones de los Grupos.	33
Figura 2.9: Diagrama de Caja	33
Figura 2.10: Modelo Digital de Elevación con Vista en Perspectiva	39
Figura 2.11: Representación de un Modelo Digital de Elevación en Formato Ráster	39
Figura 2.12: Datos Ráster.....	41
Figura 3.13: Formato de Estaciones.....	48
Figura 3.14: Unión de Variables de una Estación.....	48
Figura 4.15: DEM12 Sumyear Step 1-1980 (0.05°)	67
Figura 4.16: DEM90 Sumyear Step 1-1980 (0.05°)	67
Figura 4.17: DEM90 Sumyear Step 1-1980 (0.01°)	68
Figura 4.18: DEM12 Sumyear Step 21-2000 (0.05°)	69
Figura 4.19: DEM90 Sumyear Step 21-2000 (0.05°)	69
Figura 4.20: DEM90 Sumyear Step 21-2000 (0.01°)	70
Figura 4.21: DEM12 Sumyear Step 36-2015 (0.05°)	71
Figura 4.22: DEM90 Sumyear Step 36-2015 (0.05°)	71
Figura 4.23: DEM90 Sumyear Step 36-2015 (0.01°)	72
Figura 4.24: DEM12 Monsum Step 100-Abril del 1980 (0.05°).....	73
Figura 4.25: DEM90 Monsum Step 100-Abril del 2018 (0.05°).....	73
Figura 4.26: DEM90 Monsum Step 100 (0.01°).....	74
Figura 4.27: DEM12 Monsum Step 200 (0.05°).....	75
Figura 4.28: DEM90 Monsum Step 200 (0.05°).....	75

Figura 4.29: DEM90 Monsum Step 200 (0.01°).....	76
Figura 4.30: DEM12 Monsum a 0.05°	77
Figura 4.31: DEM90 Monsum a 0.05°	77
Figura 4.32: DEM90 Monsum a 0.01°	78
Figura 4.33: Diagrama de Dispersión de GMET vs Valores Observados a paso de Tiempo Mensual.....	79
Figura 4.34: Series mensuales de GMET vs Estaciones	80
Figura 4.35: Series anuales de GMET vs Estaciones.....	81
Figura 4.36: Descomposición del Error.	83
Figura 4.37: Evaluación del Desempeño de GMET en Diferentes Categorías de Precipitación (mm/día).....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Criterios Para La Selección de la Cuenca	12
Tabla 2.2: Criterios para Selección de la Cuenca para la Formulación PAHL	13
Tabla 2.3: Características de la Cuenca	17
Tabla 3.4: Listado de Esaciones.....	43
Tabla 3.5: Estaciones con Años de Registro de Precipitación y Temperatura.....	44
Tabla 3.6: Formato Ejemplo Estación Aeropuerto Tarija, Registros de Precipitación.	47
Tabla 3.7: Nomenclatura de las Estaciones.....	49
Tabla 3.8: Diagrama de Precipitación.....	60
Tabla 3.9: Diagrama de Temperatura Máxima	61
Tabla 3.10: Diagrama de Temperatura Mínima.....	62
Tabla 3.11: Estaciones con Datos Faltantes Rellenados Mediante FillData.	63
Tabla 3.12: Estaciones con Relleno de Datos Faltantes Obtenidas del Balance Hídrico Superficial de Bolivia.....	64
Tabla 3.13: Estaciones Seleccionadas.....	64
Tabla 4.14: Generación de Ensamblados con Diferentes Resoluciones y DEM	66
Tabla 4.15: Resultados de Figuras.	68
Tabla 4.16: Resultados de Figuras	70
Tabla 4.17: Resultado de Figuras.....	72
Tabla 4.18: Resultado de Figuras.....	74
Tabla 4.19: Resultado de Figuras.....	76
Tabla 4.20: Resultado de Figuras.....	78
Tabla 4.21: Métricas Estadísticas de la Precipitación en GMET a la Escala de Tiempo Diaria.....	82
Tabla 4.22: Error de las Estaciones.....	82