TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: HIDRÁULICA

ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

RONAL TICONA LOPEZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: HIDRÁULICA

JULIACA – PERÚ

2024

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: HIDRAÚLICA

ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

RONAL TICONA LOPEZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: HIDRAÚLICA

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO	:	Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
MIEMBRO DEL JURADO	:	Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
MIEMBRO DEL JURADO	:	Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
ASESOR DE TESIS	:	Dr. ARNALDO YANA TORRES
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P51

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 389-2024-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 28 de octubre del 2024

VISTOS:
El expediente N° 2024-0100625, presentado por el (la) Bachiller **TICONA LOPEZ RONAL**, con número de DNI. **46547779**, asignado (a) con código de matrícula **1610101075**, de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL, Mención: HIDRAULICA**, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de la Sede Central Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bach. **TICONA LOPEZ RONAL**, con número de DNI. **46547779**, asignado (a) con código de matrícula **1610101075**, de la **Maestría en INGENIERIA CIVIL, Mención: HIDRAULICA**, ha solicitado fecha, hora y modalidad de sustentación de la Tesis titulada: **ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51** y;

Que, el (a) referido (a) Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 29 de abril del 2024. Establece la fecha de sustentación; habiendo para el efecto cumplido los requisitos establecidos en el reglamento para la Obtención del Grado Académico de Magíster/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Artículo 66 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Postgrado es un trabajo de investigación original y crítico, de actualidad y de alto valor científico;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – DECLARAR EXPEDITO para la Sustentación de la Tesis titulada: **ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO** Elaborado por el (la) Bachiller **TICONA LOPEZ RONAL**. Integrado por los siguientes docentes:

Presidente del Jurado	:	**Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
Miembro del Jurado	:	**Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
Miembro del Jurado	:	**Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**
Asesor de Tesis	:	**Dr. ARNALDO YANA TORRES**

ARTÍCULO SEGUNDO. - El proceso de la Sustentación de la Tesis en mención, se llevará a cabo:

Fecha	:	**Lunes 04 de noviembre del 2024**
Hora	:	**09:00 a.m.**
Lugar	:	**Aula N° 309 EPG - UANCV – JULIACA**

A cuya finalización el Jurado registrará los resultados en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis de Maestría con el grado **MAESTRO** de los estudiantes que ingresaron despues a la aprobación de la ley Universitaria N° **30220**.

ARTÍCULO TERCERO. - Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.

ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Leopoldo Wenceslao Canahua Cari
DIRECTOR (e)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO

RESOLUCION DIRECTORAL Nº 1304-2023-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 26 de Diciembre del 2023.

VISTOS:

El expediente Nº 012979 de fecha 15 de Diciembre del 2023, presentado por el (la) Bachiller **RONAL TICONA LOPEZ** con DNI Nº **46547779**, código de matrícula **1610101075**, quien solicita resolución de aprobación de proyecto de tesis titulado: **ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN -P51**, para optar el grado de **MAESTRO** en **INGENIERÍA CIVIL** mención: **HIDRAÚLICA** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez **Sede Central Juliaca**.

CONSIDERANDO:

Que, en el Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico de actualidad de alto valor científico.

Que, según Resolución Nº 0555-2019-UANCV-CU-R, de fecha 08 de noviembre del 2019, se aprueba el Reglamento para la obtención del grado académico de Magister, Maestro, Doctor y Titulación de los Programas de Segunda Especialidad Profesional de la Escuela de Posgrado.

Que, el **Art. 17**, establece que la aprobación del proyecto de investigación de tesis para la obtención de grados académicos de Magister, Maestro, Doctor se inicia con la presentación del proyecto de investigación de tesis según corresponda, en forma individual y conforme a las recomendaciones de la Escuela de Posgrado y estándares de la investigación científica, tecnológica y humanística.

Que, en el **Art.60**, señala que la fecha límite para la presentación del borrador de tesis es de 02 años contados desde la emisión de la resolución de aprobación del proyecto de tesis, vencido el plazo máximo el candidato a Magíster, Maestro o Doctor deberá presentar un nuevo proyecto de investigación de tesis.

Que, el **Art. 21**, establece que el Director de la Escuela de Posgrado y el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, nominarán por sorteo a 03 docentes miembros del comité de investigación.

Que, mediante oficio circular Nº 733-2023-USA-EPG/UANCV-J, de fecha 22 de Setiembre del 2023, se nomina al Comité de Investigación del proyecto de tesis conformado por los siguientes docentes:

Presidente	:	**Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
Primer miembro	:	**Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
Segundo miembro	:	**Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**
Asesor	:	**Mgtr. ARNALDO YANA TORRES.**

Que, con registro Nº 000424, de fecha 29 de Setiembre del 2023, el Comité de Investigación del proyecto de tesis titulado: **ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO** presentado por el (la) **Bach. RONAL TICONA LOPEZ**, cumple con los lineamientos y contenidos establecidos en reglamento de grado de investigación conducentes al grado académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV.

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "j" del artículo 17 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado y en el artículo 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR, el Proyecto de investigación de Tesis de maestría y **AUTORIZAR** el desarrollo de la Tesis, titulado: **ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO** por el (la) **Bach. RONAL TICONA LOPEZ**, para obtener el grado académico de **MAESTRO** en **INGENIERÍA CIVIL** mención: **HIDRAÚLICA** de la UANCV.

SEGUNDO: ELEVAR al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo, Vicerrectorado de Investigación, Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento y cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese

Dr. Leocadio Wenceslao Condori Cari
DIRECTOR (e)

c.c/CARGO (01)
ARCHIVO EPG-2024 (01)
INTERESADO (01)
LMOZ/VOH

Jr. Loreto Nº 452 - ☎ (051) 329145 - Pag. Web:www.epg@uancv.edu.pe - Juliaca - Perú

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	9%	3%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	Ali Ahani, S. Saeid Mousavi Nadoushani. "Assessment of some combinations of hard and fuzzy clustering techniques for	<1%

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Ronal Ticona Lopez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46547779
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-0941-5368
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Franz Joseph Barahona Perales

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	**Tecnología de la construcción – P51**
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Cabanillas Latitud: S 15° 38′ 28” Longitud: O 70° 20′ 57” https://maps.app.goo.gl/JLNzZjei64cePNBz8
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2023 – Octubre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	**Ingeniería Civil** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 **Ingeniería de la construcción** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RONAL TICONA LOPEZ, identificado con DNI Nro. 46547779, en mi condición de egresado de:

☐ **Escuela Profesional**
☐ **Programa de Segunda Especialidad,**
☒ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: HIDRAÚLICA,

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación,** ☐ **Trabajo Académico** denominada:

ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 21 de enero del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)

Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

DEDICATORIA

Expreso mi gratitud a la divinidad por la concesión de la existencia de mis padres, quienes han dedicado esfuerzos para hacer realidad mi aspiración. Agradezco a Dios por su apoyo y por fortalecer mi fe en nuestra deidad.

Expreso mi reconocimiento hacia mi familia, particularmente a mis progenitores, quienes han permanecido a mi lado y brindado su respaldo desde el inicio de esta travesía.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a cada profesional universitario que ha aportado al progreso de la presente investigación mediante la aplicación de sus conocimientos, experiencia y orientación.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA i
AGRADECIMIENTO ii
ÍNDICE GENERAL iii
ÍNDICE DE TABLAS vi
ÍNDICE DE FIGURAS vii
RESUMEN viii
ABSTRACT ix
INTRODUCCIÓN x

CAPÍTULO I
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática. 12
1.2 Planteamiento del problema 14
1.2.1 Problema general 14
1.2.2 Problemas específicos 14
1.3 Justificación de la investigación. 14
1.3.1 Justificación técnica 14
1.3.2 Justificación económica 14
1.3.3 Justificación social 15
1.3.4 Justificación ambiental 15
1.4 Objetivos 15
1.4.1 Objetivo general 15
1.4.2 Objetivos específicos 15
1.5 Importancia y alcance de la investigación 16
1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación 16
1.6.1 Limitaciones 16
1.6.2 Delimitación 17
1.7 Hipótesis. 17
1.7.1 Hipótesis general 17
1.7.2 Hipótesis específicas. 17
1.8 Variables 17
1.8.1 Variable independiente 17
1.8.2 Variable dependiente 17

1.9 Operacionalización de variables 18

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación. 19
2.1.1 Antecedentes internacionales 19
2.1.2 Antecedente nacional 21
2.1.3 Antecedente local 22
2.2 Bases teóricas 23
2.2.1 Regionalización 23
2.2.1.1 Implementación del método de regionalización 23
2.2.1.2 Método regionalización 24
2.2.1.3 Análisis regional de frecuencia 24
2.2.1.4 Análisis regional de frecuencias mediante el método de regionalización 25
2.2.1.5 Etapas del análisis regional de frecuencia basada en la regionalización 29
2.2.1.6 Cálculo de los momentos de regionalización 29
2.2.1.7 Propiedades del método de regionalización 31
2.2.1.8 Delimitación de las regiones homogéneas 31
2.2.2 Periodo de retorno de las precipitaciones máximas 35
2.2.2.1 Cálculo de las precipitaciones máximas 35
2.2.2.2 Análisis de frecuencias 36
2.2.2.3 Selección del método probabilístico 37
2.2.2.4 Pruebas de bondad de ajuste 37
2.2.2.5 Cuantiles y periodos de retorno 38
2.2.2.6 Análisis de datos 39
2.2.2.7 Selección de distribución de probabilidad y cálculo de los cuantiles 40
2.2.2.8 Generación de mapas de precipitaciones máximos 47
2.2.3 Caudal ecológico 47
2.3 Marco conceptual 48

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación 52

3.2 Método de investigación 52
3.3 Tipo de investigación 53
3.4 Nivel de Investigación 53
3.5 Diseño de investigación 53
3.6 Población y muestra 54
3.6.1 Población 54
3.6.2 Muestra 54
3.6.3 Procedimiento 54
3.6.4 Técnicas para la recolección de datos 54
3.6.5 Instrumentos 55
3.7 Validación y de instrumentos y confiabilidad 55
3.7.1 Validación de instrumentos 55
3.7.2 Confiabilidad de instrumentos 55

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos 56
4.1.1 Regiones que presentan homogeneidad mediante el desarrollo de los métodos de regionalización L – momentos en las estaciones pluviométricas Lagunilla, Lampa, Pampa huata, Juliaca 69
4.1.1.1 Homogeneidad de precipitaciones máximas 69
4.1.1.2 Resultados finales de homogeneidad para cada región 96
4.1.2 Distribución probabilística que se adaptara mejor a la cuenca Cabanillas según el empleo de métodos de regionalización L – Momentos 96
4.1.2.1 Distribución de probabilidad – Precipitaciones máximas 98
4.1.2.2 Resultados finales de distribución para cada región 101
4.2 Discusión de Resultados 102
CONCLUSIONES 106
RECOMENDACIONES 107
REFERENCIAS 108
ANEXOS 112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables....18
Tabla 2 Estación Cabanillas 60
Tabla 3 Precipitaciones totales mensual(mm), estación Cabanillas....60
Tabla 4 Precipitaciones totales mensual(mm), estación Juliaca 62
Tabla 5 Precipitaciones totales mensual(mm), estación Juliaca 62
Tabla 6 Estación Cabanillas, procesamiento estadístico....63
Tabla 7 Estación Juliaca, procesamiento estadístico....64
Tabla 8 Estación Lampa, procesamiento estadístico....65
Tabla 9 Estación Pampahuata, procesamiento estadístico 65
Tabla 10 Estación Santa Lucia, procesamiento estadístico....66
Tabla 11 Estación Rio Verde, procesamiento estadístico....67
Tabla 12 Estación isla Cabanillas, procesamiento estadístico 67
Tabla 13 Estación Puente unocolla, procesamiento estadístico....68
Tabla 14 Cálculo de ratios Tr1 69
Tabla 15 Cálculo de ratios Tr2 77
Tabla 16 Cálculo de ratios Tr3 85
Tabla 17 Resultados de sectores homogéneos por precipitaciones 96
Tabla 18 Selección de la distribución de probabilidades – Cabanillas 98
Tabla 19 Selección de la distribución de probabilidades – Juliaca....99
Tabla 20 Selección de la distribución de probabilidades – Lampa....99
Tabla 21 Selección de la distribución de probabilidades – Pampa huata 100
Tabla 22 Selección de la distribución de probabilidades – Santa Lucia....101
Tabla 23 Parámetros de distribución para daca región homogénea – Precipitaciones ..102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Delimitación hidrográfica de las cuencas en estudio 58

Figura 2 Red de estaciones meteorológicas 58

Figura 3 Diagrama de flujo de procedimiento para seguir el método 59

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

RESUMEN

En el ámbito de la investigación hidrológica, el examen de los fenómenos meteorológicos extremos ha surgido como una aplicación especialmente relevante. Esto se debe al hecho de que las fuertes precipitaciones durante las estaciones lluviosas pueden causar daños a las comunidades a través de la ocurrencia de inundaciones y problemas de desbordamiento, Existen repercusiones materiales y humanas relacionadas con las afectaciones. Debido a que la planificación y el diseño de los proyectos que hacen uso de los recursos hídricos están fuertemente ligados a la magnitud y frecuencia de los caudales máximos, esto es de suma importancia. El desarrollo de diversas infraestructuras hidráulicas, como desagües de emergencia, carreteras, pasos de agua, puentes y sistemas de drenaje urbano, requiere datos sobre la amplitud y frecuencia de las inundaciones. Estos datos son cruciales para el desarrollo de estas infraestructuras. La estimación del periodo de recurrencia es un paso clave en el proceso de realización de un diseño aceptable para estas estructuras. El proceso de ajuste de una serie temporal de datos a un modelo probabilístico está adquiriendo cada vez más importancia en diversos contextos de todo el mundo en la actualidad. Las variables relacionadas con el clima destacan como uno de los ejemplos más notables entre estos escenarios. Como consecuencia de la limitada disponibilidad de datos o de las restricciones que se imponen a su disponibilidad, las conclusiones suelen ser susceptibles de un grado significativo de incertidumbre, lo que obliga a los ingenieros a ser cautos en sus diseños. Los costes relacionados con los proyectos se incrementan considerablemente por este motivo. Para resolver esta cuestión, decidiremos hacer uso del enfoque L-Moment, que es adaptable y puede modificarse para captar con precisión los aspectos hidrológicos y fisiográficos particulares de la región que se está investigando. Gracias a su adaptabilidad, este método puede utilizarse tanto en entornos instrumentados como no instrumentados, lo que lo hace especialmente útil para su aplicación.

Palabras clave: Precipitaciones, Estimación, Regionalización, Cuenca.

ABSTRACT

In the field of hydrological research, the examination of extreme meteorological phenomena has emerged as a particularly relevant application. This is due to the fact that heavy rainfall during rainy seasons can cause damage to communities through the occurrence of floods and overflow problems, there are material and human repercussions related to the affectations. Since the planning and design of projects that make use of water resources are strongly linked to the magnitude and frequency of peak flows, this is of utmost importance. The development of various hydraulic infrastructures, such as emergency drains, roads, water crossings, bridges and urban drainage systems, requires data on the extent and frequency of flooding. These data are crucial for the development of these infrastructures. The estimation of the recurrence period is a key step in the process of realizing an acceptable design for these structures. The process of fitting a time series of data to a probabilistic model is becoming increasingly important in various contexts around the world today. Climate-related variables stand out as one of the most notable examples among these scenarios. As a result of the limited availability of data or restrictions on its availability, conclusions are often subject to a significant degree of uncertainty, forcing engineers to be cautious in their designs. Project-related costs increase considerably for this reason. To resolve this issue, we will decide to make use of the L-Moment approach, which is adaptable and can be modified to accurately capture the particular hydrologic and physiographic aspects of the region under investigation. Because of its adaptability, this method can be used in both instrumented and uninstrumented environments, which makes it particularly useful for its application

Keywords: Precipitation, estimation, regionalization, basin.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación denominado: "Estimación de precipitaciones máximas bajo la implementación del método de regionalización y estadístico aplicado en la cuenca Cabanillas departamento de Puno", Uno de los objetivos principales es llevar a cabo una investigación centrada en la utilización de estrategias de regionalización y enfoques estadísticos para determinar la mayor cantidad de precipitación que se puede encontrar en la cuenca de Cabanilla, Con la ayuda de los datos recogidos, será posible identificar los distintos intervalos de tiempo en los que se producen fenómenos recurrentes en ríos y arroyos. Este es un paso vital en el proceso de diseño de infraestructuras hidráulicas interrelacionadas. Estructuras como obras de control de inundaciones, puentes, centrales hidroeléctricas vinculadas a presas de hormigón o tierra y acueductos son algunos de los elementos que se incluyen en el marco del diseño de aliviaderos de acceso. Otros elementos son los acueductos. Para aplicar el método de regionalización y las estadísticas de tasa de crecimiento, es necesario concentrarse en la estimación de los parámetros asociados a una función de densidad de probabilidad, Al encapsular las propiedades importantes de un conjunto de datos, como su ubicación, dispersión y distribución, el método de regionalización se ve favorecido sobre los enfoques regulares basados en momentos. Esto se debe a que el método de regionalización es capaz de captar estas características esenciales, Así se obtienen estimaciones de los parámetros característicos de una distribución de probabilidad que son más precisas y robustas. Esto se debe a que estos últimos son derivados lineales de los datos.

Para llevar a cabo la investigación que se ha indicado anteriormente, es importante realizar una serie de acciones encaminadas a la adquisición de información esencial. Esta información se utilizará posteriormente como base para las estaciones pluviométricas primarias. En cuanto al proceso de investigación científica, se han tenido en cuenta las metodologías y los procedimientos que lo caracterizan.

En el primer capítulo, es sobre todo en la sección denominada "Planteamiento del problema" donde se discuten tanto el problema general como las dificultades específicas relacionadas con él. También se presenta la justificación práctica y metodológica, el establecimiento de los objetivos generales y específicos y, por último, pero no por ello menos importante, la limitación del alcance del estudio tanto en el espacio como en el tiempo.

En el segundo capítulo, titulado "Marco conceptual", se presenta un análisis exhaustivo de la investigación previa y de la bibliografía pertinente para nuestro estudio. El marco conceptual que servirá de base a nuestra investigación se desarrolla con ayuda de la documentación de referencia disponible en la actualidad.

Un análisis exhaustivo del tipo de estudio, el nivel de investigación y el diseño metodológico se incluye en el tercer capítulo, que es precisamente el apartado dedicado a la técnica de investigación, Además, en esta sección se analiza el marco fundamental de un estudio de investigación, junto con las técnicas y herramientas que se utilizan en el proceso de recogida y análisis de datos.

Para concluir, los resultados se resumen y discuten en la cuarta sección, titulada "Resultados y discusión". Las conclusiones y recomendaciones que se extraigan del estudio se presentarán y debatirán en este contexto, y estos resultados servirán de base para dichas conclusiones y recomendaciones.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.

Debido a la enorme cantidad de precipitaciones que se producen en nuestra región, sobre todo durante la temporada de lluvias, que son perjudiciales para la población por las inundaciones y los desbordamientos. Como experto en el campo de la paráfrasis, podría proporcionarme una paráfrasis del siguiente texto, que sea comprensible y completa. Debido a la falta de datos hidrológicos o a las limitaciones de los datos disponibles, existe una gran incertidumbre en cuanto a los resultados obtenidos. En consecuencia, los ingenieros adoptan un enfoque conservador en el diseño, lo que provoca un enorme aumento de los costes de construcción. En el campo de la hidrología, una de las aplicaciones más importantes es la evaluación de sucesos muy extremos, como la escorrentía provocada por las precipitaciones. Esto se debe al hecho de que el diseño y la planificación de los proyectos de infraestructuras hidráulicas están inextricablemente ligados a la estimación de la magnitud y la frecuencia de los caudales punta. De ahí su importancia. Al diseñar infraestructuras hidráulicas, como captaciones de agua, sistemas de drenaje en vías públicas, puentes, alcantarillas y redes de drenaje urbano, es esencial

determinar la amplitud de los caudales punta y la probabilidad de que se produzcan. Se trata de un paso vital en el proceso de diseño. Para planificar adecuadamente estas infraestructuras, es absolutamente necesario conocer el periodo de retorno correspondiente. El periodo de retorno, que se denota con la letra T, es la cantidad media de tiempo, expresada en años, durante la cual se prevé que tendrá lugar al menos una vez un suceso de magnitud "x" o superior. En este escenario, la probabilidad de que se produzca un suceso de magnitud igual o superior a "x" una vez cada "T" años es igual a una en T. Esta es la probabilidad de que se produzca el suceso. En la actualidad se pueden utilizar distintos enfoques para examinar los datos relacionados con los sucesos graves, En circunstancias en las que es importante calibrar los datos de una serie temporal según un modelo probabilístico, como en el caso de las variables de precipitación, es vital tener en cuenta la posibilidad de que se produzca un evento grave, dados los retos que se han comentado anteriormente, Ante esta circunstancia, es de la máxima necesidad explorar, validar, utilizar y poner en práctica vías alternativas a los procedimientos convencionales. Entre ellos se encuentran las distribuciones de frecuencias, que incluyen las distribuciones de Gumbel, log-normal y normal, entre otras. Una de las posibles alternativas al enfoque metodológico tradicional es el método hidrológico conocido como L-Moments. Este método puede modificarse para representar con precisión las características hidrológicas locales de la región investigada, El hecho de que este método pueda utilizarse en entornos que dispongan o no de estaciones de aforo hidrológico demuestra su adaptabilidad a una amplia gama de circunstancias. Los métodos utilizados por los estadísticos que trabajan con el índice de crecidas también podrían tenerse en cuenta por este motivo.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo realizar la estimación de precipitaciones máximas bajo la implementación del método de regionalización y estadístico aplicado en la cuenca Cabanillas departamento de Puno?

1.2.2 Problemas específicos

a. ¿Qué método de regionalización y estadístico se pueden aplicar para precipitaciones máximas en la cuenca Cabanillas del departamento de Puno?

b. ¿Cómo aplicamos el método de regionalización y estadístico para precipitaciones máximas en la cuenca Cabanillas del departamento de Puno?

1.3 Justificación de la investigación.

1.3.1 Justificación técnica

Antes de iniciar la fase de diseño de estas infraestructuras, es de suma importancia tener una comprensión completa del intervalo de tiempo que se denomina periodo de retorno. Para determinar el periodo de retorno, que se indica con la letra T, se denomina periodo de retorno al lapso de tiempo medio en años en que un suceso de una magnitud "x" determinada puede igualarse o superarse al menos una vez por término medio.

1.3.2 Justificación económica

Como consecuencia de la ausencia o restricción de información hidrológica, los resultados obtenidos están plagados de una gran incertidumbre. Por ello, los ingenieros tienden a adoptar una mentalidad prudente a la hora de diseñar y favorecen las soluciones conservadoras, Los gastos de construcción han aumentado considerablemente como consecuencia directa de esta circunstancia, lo que ha provocado el predicamento. Para diseñar estructuras hidráulicas, como cuencas colectoras, desagües de carreteras,

puentes, alcantarillas y sistemas de drenaje urbano, es vital determinar con precisión tanto el volumen de los caudales máximos como la frecuencia con que se producen. Esto se debe a que estos factores están directamente relacionados con el diseño de estas estructuras.

1.3.3 Justificación social

Las fuertes lluvias que tienen lugar en nuestra región a lo largo de la estación lluviosa causan daños a la población, principalmente en forma de inundaciones y desbordamientos. Estos daños son causados por las lluvias. Estas subidas bruscas del nivel del agua producen inundaciones a gran escala, lo que a su vez provoca considerables pérdidas económicas y, en ocasiones, la pérdida de vidas humanas.

1.3.4 Justificación ambiental

Mediante una planificación cuidadosa y una anticipación suficiente antes de la ocurrencia de eventos extremos en la región de Puno, es posible aumentar la precisión de la predicción de tales eventos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar la estimación de precipitaciones máximas bajo la implementación del método de regionalización y estadístico aplica en la cuenca Cabanillas departamento de Puno.

1.4.2 Objetivos específicos

a. Determinar el método de regionalización y estadístico que se puedan aplicar para precipitaciones máximas en la cuenca Cabanillas del departamento de Puno.

b. Evaluar cómo aplicar el método de regionalización y estadístico para precipitaciones máximas en la cuenca Cabanillas del departamento de Puno.

1.5 Importancia y alcance de la investigación

La implementación de un método de regionalización para precipitaciones máximas reviste una significativa importancia en la gestión de recursos hídricos y la planificación de infraestructuras hidrológicas. Este enfoque permite superar las limitaciones asociadas con la disponibilidad limitada de datos locales, al extender los análisis a regiones más amplias. Al regionalizar las precipitaciones máximas, se logra una estimación más robusta y precisa de eventos extremos de lluvia en áreas específicas. Además, la regionalización facilita la toma de decisiones informada en el ámbito de la gestión del agua, contribuyendo a una planificación más efectiva y resiliente frente a los desafíos asociados con la variabilidad climática y el cambio climáticos.

1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación

1.6.1 Limitaciones

La implementación del método de regionalización para precipitaciones máximas, aunque valiosa, presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, la asunción de homogeneidad espacial y temporal, fundamental para este enfoque, puede no ser completamente precisa en entornos geográficos complejos y variables climáticas. La extrapolación de datos de una región a otra puede generar incertidumbres, especialmente cuando existen diferencias significativas en las características climáticas y geográficas entre las áreas de estudio. Además, la dependencia de la disponibilidad y calidad de datos históricos puede ser un obstáculo, ya que la falta de información detallada puede afectar la precisión de las estimaciones regionales. Asimismo, la sensibilidad del método a cambios en el clima o patrones meteorológicos futuros puede introducir incertidumbres adicionales en las proyecciones. Es esencial abordar estas limitaciones de manera cuidadosa y transparente para garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos mediante la regionalización de precipitaciones máximas.

1.6.2 Delimitación

La delimitación concerniente a esta investigación es en la cuenca Cabanillas, Departamento de Puno

1.7 Hipótesis.

1.7.1 Hipótesis general

La estimación de precipitaciones máximas bajo la implementación del método de regionalización y estadístico aplicado en la cuenca Cabanillas es variable.

1.7.2 Hipótesis específicas.

a. El método utilizado para la regionalización y estadístico para su elección en las precipitaciones máximas en la cuenta Cabanillas, va a ser variable si se utiliza un software.

b. La aplicación del método de regionalización y estadístico para precipitaciones máximas en la cuenca de Cabanillas debería de ser forma correlacional al trabajo.

1.8 Variables

1.8.1 Variable independiente

Método de regionalización y estadístico

Indicadores

- Estudio de incidencia de método de regionalización.

1.8.2 Variable dependiente

Precipitaciones máximas en un intervalo de recurrencia

- Estudio hidráulico
- Estudio hidrológico de lluvia

1.9 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Independiente	El método de regionalización constituye un enfoque estratégico para la clasificación de áreas geográficas en unidades homogéneas con respecto a determinadas características, como variables climáticas, socioeconómicas o ambientales.	La implementación del método de regionalización implica la aplicación de técnicas geoespaciales específicas que permitan la partición sistemática de un área geográfica en subconjuntos coherentes.	Regionalización de momentos geográfica Regionalización Clúster	Estudio de incidencia del método de regionalización	Estaciones pluviométricas, Planos de localización geográfica
Método de regionalización y estadístico					
Dependiente	Las precipitaciones máximas en un intervalo de recurrencia representan la cantidad de lluvia más intensa que se espera durante un periodo específico de tiempo, expresado en términos de la probabilidad de ocurrencia. Este concepto se enmarca en el campo de la hidrología y la meteorología, donde se busca comprender y cuantificar eventos extremos de precipitación.	las precipitaciones máximas en un intervalo de recurrencia se definen operacionalmente mediante el análisis estadístico de datos pluviométricos históricos. Para determinar estas cifras, se recopilan registros de precipitación a lo largo de un periodo considerable y se identifican las magnitudes máximas observadas durante diferentes intervalos de tiempo, como 1, 5, 10, 25, 50 o 100 años.	Factores pluvial y fluvial	Precipitaciones máximas Caudales máximos	Data relacionada, software ARGIS ordenador
Precipitaciones máximas en un intervalo de recurrencia					

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Nuñez y Giraldo, (2015), en su investigación "La adaptación del método L-momentos para la regionalización de eventos máximos en las cuencas de Colombia implica ajustes y aplicaciones específicas de este método estadístico para las características hidrológicas y geográficas particulares de las cuencas colombianas.", en concreto, se afirma que la utilización de los L-momentos de acuerdo con el enfoque propuesto por Hosking y Wallis constituye un método para determinar los parámetros que contiene una función de densidad de probabilidad, Dado que describen más correctamente las funciones lineales de los datos, se eligen los momentos L en lugar de los momentos tradicionales. Esto se debe a que los L-momentos resumen las cualidades de un conjunto de datos, como su posición, dispersión y distribución, Como resultado, se producen estimaciones que se consideran más precisas y robustas a las características de los parámetros de una distribución de probabilidad. Tras pasar por el proceso de regionalización, se determinó que había un total de 26 zonas para el caudal, 18 zonas para la precipitación y 15 zonas

para la temperatura. Esto se hizo teniendo en cuenta un territorio uniforme que presentaba estaciones divergentes. Se observó que la distribución GNO estaba presente en ocho regiones, seguida de la distribución GEV en seis regiones, mientras que las distribuciones GLO y PEIII sólo se ajustaron a dos regiones cada una. Esto se descubrió gracias al análisis realizado. Estas distribuciones de probabilidad concretas fueron las que demostraron un ajuste más satisfactorio a las regiones de la investigación en las que se produjeron precipitaciones. En cuanto a las temperaturas, las distribuciones que mejor se ajustan a los datos son la GLO, presente en siete regiones, la GNO en cuatro y la GEV en tres; Sólo hubo una distribución que pudiera ajustarse adecuadamente al área 4, y fue la distribución PEIII. En cuanto a los caudales, se descubrió que las distribuciones GNO y GLO mostraban cada una un ajuste razonable en siete lugares diferentes, Tras un cuidadoso examen, se determinó que la distribución PEIII era adecuada para seis regiones, mientras que la distribución GEV era adecuada para cuatro regiones y la distribución GPA era adecuada para dos lugares específicos. Es esencial tener en cuenta que la metodología de los Momentos L puede utilizarse en el proceso de regionalización, con los valores máximos como principal parámetro de escala.

Alvarez (2020), en su investigación "Un análisis multirregional de la frecuencia de los sucesos asociados a los mayores caudales de precipitaciones e inundaciones", Algunos creen que en los últimos años se ha avanzado mucho en el desarrollo de nuevos métodos de análisis de frecuencias regionales. La disponibilidad restringida de series anuales ha sido el principal factor que ha impulsado este cambio, que ha dado lugar a la rápida aceptación de estos nuevos enfoques. La evaluación de los valores extremos en la región de Galicia se ha llevado a cabo mediante el desarrollo de un método particular, cuyo objetivo principal es determinar la frecuencia de la región. La investigación llega a la conclusión de que la región es coherente y suficiente. Cabe destacar que la Distribución Logística Generalizada (GLO) proporciona el

mejor ajuste posible para la serie de valores máximos anuales de todas las estaciones investigadas, La siguiente distribución que debe tenerse en cuenta es la distribución del valor extremo generalizado (GEV), que viene después de la distribución logística generalizada (GLO). En el contexto del análisis regional, es importante tener en cuenta que se utilizan modelos con tres o más parámetros, En comparación con otros modelos, el rendimiento de los modelos GEV, LP3, TCEV y WAK es significativamente superior al de otros modelos.

2.1.2 Antecedente nacional

Según Ayros y Salazar, (2021), en su investigación "El enfoque del momento L utilizado en el estudio regional de las inundaciones se concentra principalmente en la región costera central de Perú", De acuerdo a lo expuesto, se utilizó el método de los Momentos L para realizar la evaluación regional de las inundaciones ocurridas a lo largo de la Costa Central del Perú. En este estudio se encontró que las diez estaciones hidrométricas que se estudiaron en la región investigada tuvieron el mismo nivel de consistencia. Se ha determinado que la Costa Central presenta homogeneidad tanto en sus características geográficas como en sus características estadísticas. Tras un cuidadoso examen, se ha determinado que la Logística Generalizada (GLO) es la distribución de probabilidad regional más adecuada para la Costa Central. Se puede concluir que las cuencas hidrográficas de las estaciones analizadas presentan uniformidad geográfica. Para realizar un análisis de la distribución regional, se implementaron las distribuciones GLO, GEV, LN3, PEIII y PA. Basándonos en los hallazgos de esta investigación, se ha establecido que la distribución logística generalizada (GLO) es la distribución regional más apropiada para la costa central. El enfoque L-Moments se destaca como una herramienta eficaz para la regionalización de datos hidrológicos, lo que constituye otro aspecto destacado para el lector. Este método se presenta como una herramienta interesante.

Según Acuña y Fernández (2021), en su investigación "El objetivo de este trabajo es elaborar mapas de sequía en las cuencas de Chillón, Rímac, Lurín y Alto Mantaro realizando un análisis regional de la frecuencia anual de precipitaciones", A efectos del análisis probabilístico y geográfico, se tomaron en consideración dos escenarios hipotéticos de sequía. Estos escenarios representaban el 80% y el 60% de las precipitaciones previstas en un año normal. La metodología de Investigación de Frecuencias Regionales con Momentos L (RFLM) fue el enfoque adoptado para esta investigación. La utilización de este método facilita la inclusión de datos de estaciones situadas en una región geográficamente coherente. Con el uso de este método, se puede mejorar la precisión de las predicciones asociadas a la correspondencia entre los valores cuantílicos y la probabilidad en cada sitio concreto. La limitación de los registros que se mantienen en cada estación hace posible compensar la falta de información presente en cada una de ellas. Esta técnica permite compensar Según la información recopilada en cuarenta y un lugares distintos cada uno, Tras la identificación y delimitación de cuatro zonas homogéneas en las cuencas del Chillón, el Rímac, el Lurín y el Alto Mantaro, se ha determinado que estas zonas son homogéneas. En lo que respecta a la distribución de probabilidades, se ha comprobado que la distribución logística generalizada es la más prevalente en estas zonas homogéneas.

2.1.3 Antecedente local

Según Fernández (2020), en su investigación "El empleo de L-momentos en el análisis regional de frecuencias de precipitaciones máximas para la cuenca hidrográfica del lago Titicaca conduce a la elaboración de mapas", Según el experto, las grandes catástrofes medioambientales, como inundaciones, sequías y otros desastres catastróficos, provocan la destrucción de una parte importante de las cosas que están presentes en su entorno cuando llevan a cabo sus actividades, La aparición de fenómenos extremos plantea un gran problema para la humanidad, ya que suponen un riesgo de

destrucción de una parte importante del medio ambiente que lo rodea inmediatamente. Se han observado varios casos de inundaciones en la región que rodea la cuenca del lago Titicaca. En el sitio web de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2012) se puede acceder a una recopilación exhaustiva de los sucesos y daños que tuvieron lugar durante la temporada de lluvias de 2012. La Administración Local del Agua de Juliaca observó y documentó dos casos de inundación. Estas incidencias tuvieron lugar precisamente el 3 y el 9 de enero. Debido a esto, se creó un mapa con el fin de hacer un cálculo espacial del índice de inundación en el área que fue investigada. Para elaborar este índice se utilizó el método de interpolación de distancia inversa ponderada (DIP). Este índice es capaz de calcular la media mensual de los datos y refleja el factor de escala específico de cada estación. Mediante la utilización de este método, fue posible estimar el índice de inundación en regiones situadas muy cerca de la orilla del lago Titicaca. Este fue el caso tanto en los lugares en los que se disponía de mediciones como en los que no. También se utilizó el mismo método de interpolación para estimar la distribución geográfica de los sucesos extremos para diversos periodos de retorno.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Regionalización

2.2.1.1 Implementación del método de regionalización

Para la aplicación se requiere la ejecución del método de regionalización L-Moments. Este método permite obtener flujos de diseño en un área de proyecto concreta. Este método suele considerarse el más preciso, ya que no sólo implica la recogida de datos, sino también el análisis minucioso de los mismos. Se basa en principios estadísticos y actualmente se reconoce como el método más preciso, Este procedimiento no sólo implica la recopilación y el examen de datos, sino también la determinación de regiones que sean hidrológicamente coherentes entre sí. Para ello, el área investigada debe dividirse en zonas distintas, cada una de las cuales posee atributos comparables, como la

topografía, el clima, la orografía y otros factores (homogeneidades estadísticas). La selección de la distribución regional de frecuencias adecuada y la estimación de los caudales de diseño que le corresponden también se incluyen en este método, El esfuerzo que supone el proceso de regionalización consiste en estimar los parámetros que permiten calcular los fenómenos extremos para diversos intervalos de retorno en regiones en las que no se tiene acceso a tales datos. La base de esta teoría está constituida por características geográficas, morfológicas y climáticas suplementarias que son sencillas de cuantificar.

2.2.1.2 Método regionalización

Cuando se trata de la extrapolación de datos hidrológicos, el enfoque de regionalización es una poderosa herramienta que facilita la adquisición de caudales de diseño en una región concreta de interés. Esta estrategia se basa en principios estadísticos y es ampliamente reconocida como el método más preciso de que se dispone en la actualidad. Su éxito puede atribuirse a su amplio alcance, que no se limita a la observación únicamente de los datos accesibles en la actualidad, Además de identificar las regiones que tienen características comparables, el procedimiento también implica la selección de la distribución de frecuencias particular para la región y el desarrollo de los flujos de diseño que están vinculados con ella.

2.2.1.3 Análisis regional de frecuencia

La aplicación de una técnica conocida como análisis regional o regionalización es necesaria para establecer una conexión entre los resultados que se obtienen de un análisis de frecuencias de una sola estación o de un grupo de estaciones y una zona geográfica determinada. Dentro de una región determinada, esta estrategia se centra sobre todo en localizar lugares que comparten características estadísticas entre sí. Para calcular frecuencias basadas en datos hidrológicos, el objetivo es agrupar las estaciones que se

encuentran dentro de estas zonas. La combinación de los resultados del análisis de la frecuencia de las estaciones en cada zona permite crear una frecuencia representativa de la frecuencia media de toda la región.

Para determinar si un grupo de estaciones representa o no una región, es esencial que dichas estaciones cumplan la condición de ser homogéneas. Esto significa que deben ser similares entre sí, Sólo en relación con un factor de escala específico de cada región difieren entre sí los valores cuantílicos calculados en cada estación.

Los estudios de frecuencia regional constituyen una dificultad sustancial en el campo de la hidrología. Esto se debe al hecho de que es poco común poseer la cantidad y calidad de datos que se requieren para estimar de forma fiable la frecuencia de ocurrencias extremas en estaciones individuales o lugares específicos, y luego vincular estas estimaciones a regiones más amplias.

2.2.1.4 Análisis regional de frecuencias mediante el método de regionalización

La evaluación de la frecuencia con que se produce un determinado suceso es lo que se entiende por "análisis de frecuencia". En general, la estimación de la frecuencia de sucesos extremos es fundamental por la importancia que conlleva, Los métodos estadísticos se encargan de reconocer y medir estos impactos, lo que permite comprender la presencia de incertidumbre en los resultados. Esto se debe al hecho de que los procesos físicos subyacentes que generan los datos observables pueden verse afectados por diversas fuentes de incertidumbre.

Las técnicas utilizadas en el proceso de análisis estadístico de frecuencias de un conjunto de datos son bien conocidas. Por otra parte, no es infrecuente encontrarse con muchas muestras de datos disponibles para su procesamiento. Es posible que estas observaciones procedan de diversas fuentes, como datos meteorológicos o medioambientales, y que se refieran a la misma variable. Además, pueden haberse

recogido en varios lugares de control y en condiciones diversas. Es posible que la combinación de todas las muestras en un análisis dé lugar a resultados más precisos si las distribuciones presentan similitudes entre las observaciones o los datos. En concreto, esta técnica se denomina análisis de frecuencia regional en el ámbito del análisis medioambiental. Recibe este nombre debido a que los datos que se utilizan proceden de observaciones de la misma variable realizadas en distintos lugares de medición dentro de una región o zona determinada. Cuando existen conjuntos de datos de la misma variable recogidos en múltiples lugares geográficos dentro de una región específica, los conceptos y métodos del análisis de frecuencias regionales son valiosos porque permiten analizar la distribución de frecuencias de la región.

La medición del acontecimiento que tiene lugar en un lugar determinado en un momento concreto se denota con la letra Q. Esto se debe a que las mediciones se realizan de forma constante a lo largo del tiempo en una región determinada. El concepto de Q debe entenderse como una variable aleatoria que, en principio, puede tomar valores comprendidos entre cero e infinito. En el análisis estadístico de las frecuencias, la distribución de probabilidad de los distintos valores posibles de Q es el aspecto más importante a tener en cuenta.

La probabilidad de que el valor de Q sea igual o menor que x se representa como F(x):

$$x = Q \leq x$$

En el contexto de la distribución de frecuencias, la función de probabilidad se representa mediante el símbolo F(x). La función de densidad que está vinculada con los cuantiles de la distribución de frecuencias se representa mediante la función inversa, que se denota por la expresión F^{-1}(x). La función inversa proporciona una medida de la magnitud de un suceso concreto en relación con la probabilidad de que no sea superado por otros sucesos. Este cuantil concreto, que está asociado al periodo de retorno T, se denota mediante el símbolo QT, Es una medida del tamaño de un suceso

excepcionalmente raro que tiene una probabilidad de ser superado por otro suceso igual o superior a 1/T. Es posible describir QT de la siguiente manera en el caso de sucesos que son inusualmente extremos y están situados en la parte más alta de la curva de distribución de frecuencias:

$$Qt = X(1 - \frac{1}{T})$$

$$E(Qt) = (1 - \frac{1}{T})$$

En el caso de sucesos de baja magnitud que se sitúan en la parte inferior de la curva de distribución de frecuencias, las representaciones de QT son las siguientes:

$$Qt = X(\frac{1}{T})$$

$$F(Qt) = (\frac{1}{T})$$

$Donde$:

$x = probabilidad\ de\ evento$

$F = funcion\ inversa$

$Q = cuantil\ asociado\ a\ T$

$T = retorno$

La finalidad del análisis de frecuencias es calcular estimaciones cuantílicas QT y probabilidades asociadas a distintos periodos de retorno. Tomemos, por ejemplo, la vida útil prevista de una construcción hidráulica; este periodo de retorno podría ser una representación de la misma. En general, el objetivo del análisis de frecuencias es estimar la función de probabilidad correspondiente o determinar QT para una serie de periodos de retorno. Se puede obtener una muestra de Q a partir de los datos registrados recogidos en una estación o lugar de control concreto, siempre que dichos datos sean accesibles. Hay una serie de análisis medioambientales en los que la cantidad de datos disponibles suele ser insuficiente para generar cuantiles de forma correcta y fiable. En general, un cuantil

relacionado con un período de retorno determinado sólo puede estimarse de forma fiable utilizando un conjunto de datos de tamaño "n" si el período de retorno es igual o inferior a "n". Por otra parte, este criterio podría ser diferente en función de la situación técnica, Dado que los registros se basan en datos anuales, no se cumple el requisito especificado anteriormente. Para resolver esta limitación se han desarrollado varios enfoques que recurren a fuentes de datos suplementarias o alternativas. Un ejemplo de este enfoque es el examen de la frecuencia regional.

Mediante la utilización de datos adquiridos en varias estaciones diferentes, el análisis regional de frecuencias es capaz de aumentar eficazmente la cantidad de datos accesibles para el análisis dentro de una determinada región. Estos datos procedentes de diversos lugares tienen distribuciones de frecuencias comparables entre sí, lo que los hace apropiados para su uso en el análisis regional. Sin embargo, este método presenta algunos retos debido a que las distribuciones de frecuencia de los datos obtenidos en muchas estaciones no son iguales. Además, desde un punto de vista estadístico, el tamaño de los eventos que se producen en cada estación podría no ser totalmente independiente entre sí. Es posible obtener estimaciones cuantílicas con la precisión adecuada para diversas aplicaciones empleando un análisis de frecuencias regionales, a pesar de las limitaciones que se han mencionado.

Varios investigadores se han interesado por las características de los algoritmos regionales basados en momentos de probabilidad ponderada, Un método estadístico conocido como momentos de probabilidad ponderada sirve de base a esta estrategia, que permite investigar la frecuencia regional.

La utilización de la técnica de los algoritmos regionales de momentos ponderados en función de la probabilidad permite obtener resultados precisos. La precisión matemática de los cálculos mejora con la utilización de los momentos ponderados en función de la probabilidad, que son la base de la técnica de regionalización.

2.2.1.5 Etapas del análisis regional de frecuencia basada en la regionalización

En la mayoría de los casos, el método para llevar a cabo la ejecución del análisis de frecuencia regional haciendo uso de los L-Momentos se divide en cuatro partes, El cálculo de los cuatro primeros Momentos-L se incluye en la estructura de cinco etapas que se propone en este documento que contiene la metodología.

El procedimiento comprende las siguientes etapas:

1. Preparación de Datos: Recopilación y organización de datos para crear una base de datos de la variable relevante.
2. Determinación de L-Momentos para cada estación.
3. Identificación de regiones estadísticamente homogéneas.
4. Elección de distribuciones de probabilidad y estimación de los cuantiles.
5. Creación de mapas que representen los eventos máximos.

Es fundamental disponer de un conjunto de datos adecuado para llevar a cabo este análisis de forma eficaz. Este conjunto de datos debe incluir un número significativo de estaciones, idealmente no menos de cinco, y debe utilizarse para la estimación de cuantiles tanto a nivel regional como a nivel de estaciones individuales. A continuación se explican en detalle los procedimientos y acciones necesarios para realizar un análisis regional de frecuencias utilizando la metodología de los L-Moments.

2.2.1.6 Cálculo de los momentos de regionalización

Un enfoque diferente para describir las morfologías de las distribuciones de probabilidad lo proporcionan los L-Momentos, que son una alternativa a los momentos clásicos. Su origen se remonta a las combinaciones lineales de momentos ponderados probabilísticamente.

Para su comodidad, la siguiente tabla proporciona estimaciones de los cuatro primeros momentos ponderados por probabilidad (PWMS).

$$\beta_0 = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} \mathrm{X(j)}$$

$$\beta_1 = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N-1} [\frac{N-j}{N(N-j)}]\mathrm{X(j)}$$

$$\beta_2 = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N-2} [\frac{(N-j)(N-j-1)}{N(N-j)(N-2)}]\mathrm{X(j)}$$

$$\beta_3 = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N-3} [\frac{(N-j)(N-j-1)(N-j-2)}{N(N-j)(N-2)(N-3)}]\mathrm{X(j)}$$

En el contexto dado, donde: X(j) indica la serie anual máxima, siendo X(1) el valor mayor, correspondientemente, las expresiones generales de los L-Momentos para los cuatro primeros términos son las siguientes:

$$l_1 = \boldsymbol{\beta}_0$$

$$l_2 = 2\beta_1 - \boldsymbol{\beta}_0$$

$$l_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 - \boldsymbol{\beta}_0$$

$$l_4 = 20\beta_3 - 30\boldsymbol{\beta}_2 + 12\beta_1 - \boldsymbol{\beta}_0$$

El proceso de ajustar una muestra de datos a un determinado tipo de distribución utilizando un conjunto limitado de parámetros puede llevarse a cabo mediante la utilización de diversas técnicas de análisis de frecuencias regionales.

En comparación con los momentos tradicionales, los momentos L presentan una serie de ventajas. Por ejemplo, pueden caracterizar una gama más amplia de distribuciones y son más resistentes a los valores atípicos o excepcionales. La capacidad de los L-momentos para representar una gama más amplia de distribuciones y su mayor

resistencia a los valores atípicos o excepcionales son dos de las muchas ventajas que poseen los L-momentos con respecto a los momentos tradicionales.

2.2.1.7 Propiedades del método de regionalización

Con el fin de estimar los parámetros de las distribuciones de probabilidad asociadas a los L-Momentos, las expresiones que se utilizan son los L-Momentos de primer y segundo orden (L1 y L2), además de las relaciones que existen entre los L-Momentos.

Según Hosking (1988), a continuación se enumeran las características fundamentales que poseen estas expresiones:

Si se sabe que existe la media de una distribución, se deduce que también se sabe que existen todos los L-Momentos de esa distribución.

Unicidad: Si existe una media para una distribución, entonces los L-Momentos son los únicos representantes de esa distribución que pueden considerarse únicos. Dos distribuciones diferentes nunca tendrán los mismos valores de L-Momentos.

Como resultado de las cualidades y propiedades de los Momentos L que se han comentado anteriormente, se utilizan en el proceso de ajuste de muestras a una variedad de distribuciones. Es habitual emplear un diagrama que presente todas las distribuciones ajustadas, como el representado en la Figura 1, para visualizar las diferencias que existen entre varias distribuciones ajustadas. En este gráfico se representan diferentes distribuciones en función de L-Skewness ($\tau 3$) y L-Kurtosis ($\tau 4$).

2.2.1.8 Delimitación de las regiones homogéneas

El objetivo de esta fase es clasificar las estaciones que cumplen el criterio de homogeneidad. Esto significa que las estaciones tienen distribuciones de frecuencia comparables entre sí, siendo la diferencia más significativa un factor de escala en diversos lugares o estaciones.

Durante esta fase se lleva a cabo el proceso de asignación de estaciones a distintas zonas. Este proceso consiste en dividir un grupo de estaciones en varias regiones distintas. Una zona está formada por estaciones que tienen distribuciones de frecuencia comparables entre sí y que, además, se consideran prácticamente idénticas. Al hacer un análisis de frecuencia regional, la región sirve como unidad fundamental de estudio.

Para garantizar que el análisis de frecuencia regional es más preciso que un análisis de frecuencia individual o no regional, basta con que exista una estrecha similitud entre ambos. Es necesario determinar el grado de uniformidad que existe dentro de una región propuesta calculando y contrastando una colección de estadísticas de probabilidad resumidas que están conectadas a estaciones específicas, Cuando nos referimos a la forma de una región, es fundamental que los valores sean comparables entre sí. Por ello, las características de las estaciones que se van a incorporar a un análisis dependen del tipo de dato o variable que se vaya a examinar. En general, la latitud y la longitud son características de las estaciones que se utilizan como sustitutos de otras cualidades que no son vitales para la investigación.

Cuando se utiliza el enfoque geográfico, las regiones suelen estar compuestas por un conjunto de estaciones contiguas entre sí. En la mayoría de los casos, la delimitación de estas zonas viene determinada por divisiones administrativas (Natural Research Council, 1975) o por las características físicas del área que se está investigando (Matalas et al., 1975). No obstante, existe la posibilidad de modificar los límites de las regiones en función del modelo que se esté utilizando. En general, se admite que esta metodología es subjetiva y arbitraria.

Al realizar algunos análisis, sobre todo en regiones geográficamente restringidas, la delimitación de regiones homogéneas se lleva a cabo de forma subjetiva. Esto se hace basándose en las características particulares de las zonas en las que están situadas las estaciones de seguimiento. Varios estudios han establecido zonas homogéneas clasificando las estaciones en función de los promedios anuales de precipitación como criterio principal en el que se basaban.

El enfoque del análisis de conglomerados, que es una metodología estadística multivariante estándar, se utiliza con frecuencia para dividir un conjunto de datos en grupos discretos. La generación de zonas homogéneas es una de las aplicaciones de esta técnica en el contexto del análisis de frecuencias. Tras la asignación de un conjunto de datos vectoriales a cada estación, las estaciones se separan finalmente en varios grupos en función del grado de similitud existente entre sus respectivos conjuntos de datos vectoriales. En el conjunto de datos de cada estación podría incluirse información estadística, información sobre atributos o una combinación de ambas. Cuando se trata de producir regiones a partir de un gran conjunto de datos de estaciones, la estrategia de análisis de conglomerados basada en las características de las estaciones se considera la metodología más práctica (Romesburg, 2004). Cabe señalar que los resultados obtenidos del análisis de conglomerados no se consideran concluyentes. Cuando las regiones se obtienen mediante el uso de criterios subjetivos, suelen hacerse ajustes y revisiones en esas zonas para mejorar la coherencia física de las regiones y reducir la heterogeneidad de las mismas.

Cuando se toma en consideración un conjunto de estaciones, un criterio eficaz para identificar zonas homogéneas es que las estaciones que componen cada región no presenten características que las diferencien significativamente de las demás estaciones contenidas en la misma región homogénea.

Proporcionan una métrica de discrepancia que facilita la evaluación del grado en que los L-Momentos de una estación se desvían significativamente de la media de los L-Momentos de la región. Los investigadores generan una elipse centrada cuyas coordenadas representan un par de puntos (por ejemplo, en un gráfico L-CV frente a L-SK) con valores que corresponden a los L-CV y L-SK regionales. Esto les permite realizar la operación. Para ofrecer una representación lo más exacta posible de los datos, la elipse es una representación que muestra los ejes mayor y menor. Para definir estos ejes se utilizan las relaciones L-Moment de los distintos sitios, que se especifican mediante la matriz de covarianza de la muestra.

La distancia al centro de la elipse se cuantifica mediante un procedimiento conocido como prueba de discordancia, de carácter formal. El propósito de esta prueba es encontrar estaciones que tengan valores de L-Moment considerablemente diferentes de los de otras estaciones que estén situadas dentro de la supuesta región homogénea. Las métricas de discrepancia pueden utilizarse en el proceso de control de calidad de los datos, permitiendo la identificación de regiones específicas dentro de la región que requieren una investigación más profunda de los datos.

La hipótesis es que la colección de L-Momentos (L-CV, L-SK y L-CK) de una determinada estación equivale a un punto en un espacio tridimensional. Esto implica que una colección de estaciones producirá un número limitado de puntos en este espacio. Cuando se considera que un punto es discordante, se piensa que es cualquier punto que esté situado lejos del centro de masa del conjunto.

Para evaluar si una estación es discordante o no, es fundamental conocer el número de estaciones que se encuentran dentro de la región homogénea que se está analizando. Existe un umbral crucial para el índice de discordancia (denotado por el símbolo d) que se aplica a un determinado grupo de estaciones. Cuando el valor de Ti de una estación es superior a este umbral, se considera que la estación es discordante.

El análisis de frecuencias regionales se basa en la idea fundamental de que la distribución subyacente de un grupo de yacimientos es coherente dentro de una región homogénea. Este es el componente central del estudio. Es vital disponer de una métrica que indique la cantidad de uniformidad o, alternativamente, la diversidad presente en una región para evaluar el grado de homogeneidad de una región. El estadístico H1 fue ideado por Hosking como métrica para cuantificar el grado de heterogeneidad existente en los cocientes de momentos L de un conjunto de estaciones o lugares. Para investigar la diversidad que existe dentro de cada una de las zonas homogéneas indicadas, se utiliza el estadístico (H1) para evaluar la dispersión relativa del coeficiente de variación (L-CV) que se produce a partir de la muestra de datos.

La variabilidad relativa del coeficiente de variación (L-CV) se evalúa mediante el estadístico H1, que es una medida estadística. Las medidas de heterogeneidad conocidas como H2 y H3 son dos medidas más que están disponibles además de H1. Por otro lado, no se sugiere su utilización debido a que investigaciones anteriores han demostrado que no poseen un poder estadístico considerable (Viglioni et al., 2007).

Dado que los límites que definieron Hosking y Wallis sólo tenían en cuenta la variabilidad estadística, puede extraerse esta conclusión del hecho de que se establecieran. Las mediciones de las precipitaciones, por su parte, suelen tener en cuenta fuentes de variación adicionales a las que se suelen tener en cuenta. Estos factores incluyen la reubicación de las estaciones a lo largo de su funcionamiento o el cambio de operadores, La ausencia de datos puede deberse a incoherencias en los informes, a la falta de atención a la precisión de las mediciones o a condiciones específicas del lugar, como la construcción. A pesar de que estos componentes se consideran homogéneos únicamente desde un punto de vista estadístico, contribuyen, en cierta medida, a la heterogeneidad subyacente de las zonas.

2.2.2 Periodo de retorno de las precipitaciones máximas

2.2.2.1 Cálculo de las precipitaciones máximas

Debido a que los distintos intervalos de recurrencia en masas de agua, como ríos y arroyos, proporcionan datos conectados cruciales para el diseño de obras hidráulicas, la medición de la precipitación máxima es de suma importancia. En el diseño de infraestructuras hidráulicas, incluidas estructuras de control de inundaciones, puentes, centrales hidroeléctricas, compuertas de acceso a aliviaderos, asociadas tanto a presas de hormigón como de tierra, sistemas de abastecimiento de agua y una gran variedad de aplicaciones adicionales, entre otras cosas.

Por lo que respecta a la mayoría de los proyectos antes mencionados, la limitada disponibilidad de datos dificulta la realización de cálculos exhaustivos que, en última

instancia, arrojen conclusiones que puedan considerarse fiables. Por el momento, la estimación suele basarse en la utilización de la fórmula Rational junto con hidrogramas unitarios sintéticos. De forma similar, se utiliza el modelo hidrológico HEC-HMS, construido por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, además de otras herramientas disponibles, con el fin de analizar los eventos máximos, Estos enfoques, que se apoyan en un modelo de precipitaciones-escorrentía, deben utilizarse con corrección técnica; de lo contrario, pueden proporcionar resultados inexactos que conduzcan a una sobreestimación en la evaluación de las opciones y, en última instancia, a la elección del diseño de las mismas.

2.2.2.2 Análisis de frecuencias

Cuando los datos hidrológicos se someten a un análisis de frecuencias, el objetivo es determinar la relación entre la magnitud de los fenómenos y la frecuencia con que se producen. Esto se consigue mediante la utilización de distribuciones de probabilidad.

Uno de los requisitos para realizar análisis de frecuencias en datos hidrológicos es que los datos sean independientes y homogéneos. Corresponde a la condición de homogeneidad garantizar que todas las observaciones se obtienen de la misma población o fuente, por ejemplo, La homogeneidad de los datos hidrológicos indica que la estación hidrométrica de un río no se ha trasladado, que la cuenca no se ha urbanizado y que no se han construido grandes estructuras hidráulicas en el curso principal del río ni en sus principales afluentes. Todos estos factores son necesarios para que el río se considere homogéneo.

Cuando los fenómenos hidrológicos extremos se consideran fenómenos aleatorios, se da a entender que la imprevisibilidad intrínseca del clima no desempeña ningún papel en la aparición de tales fenómenos. Los sucesos que son independientes entre sí y tienen la misma distribución de probabilidad según un modelo que no varía con el paso del tiempo se denominan procesos estacionarios.

2.2.2.3 Selección del método probabilístico

Existe una correlación entre la flexibilidad y la estructura de la función de distribución de probabilidad utilizada y el grado en que un modelo probabilístico es capaz de ajustarse a los datos hidrológicos. Cuando un modelo tiene un mayor número de parámetros, su función de distribución de probabilidad será más flexible, lo que permitirá un ajuste más preciso a los datos observados.

No existen pruebas teóricas sólidas para la selección de una distribución de probabilidad concreta, ni tampoco un procedimiento teórico que pueda demostrar que un modelo probabilístico es el óptimo en un análisis de frecuencias. Ambas cosas son ciertas, La comparación de distintos modelos probabilísticos permite evaluar la idoneidad o conveniencia de varias distribuciones, lo que a su vez sirve para elegir la que más convenga, A la hora de hacer una selección, es esencial tener en cuenta factores como la compatibilidad con los datos que se facilitan, la eficiencia computacional y la coherencia con tamaños de muestra variables.

2.2.2.4 Pruebas de bondad de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste están diseñadas para determinar, mediante la aplicación de técnicas estadísticas, si la distribución empírica de la serie analizada se ajusta o no a los datos, El objetivo de las pruebas de bondad de ajuste es verificar, mediante un análisis estadístico, si la distribución empírica de la serie investigada se ajusta a una función de probabilidad teórica predefinida. Los parámetros de esta función se determinan a partir de los datos muestrales disponibles.

En el proceso de construcción de una hipótesis estadística sobre una población determinada, se diseñan pruebas estadísticas para evaluar el nivel de confianza que se obtiene, El objetivo de las pruebas estadísticas es determinar si es razonable o no suponer que una variable aleatoria sigue una determinada distribución de probabilidad.

El objetivo de una prueba de bondad de ajuste es establecer si existe o no un desacuerdo estadísticamente significativo entre los datos que se han observado y el modelo de distribución de probabilidad que se ha sugerido.

2.2.2.5 Cuantiles y periodos de retorno

Los cuantiles son una medida estadística que se utiliza para indicar los valores de una variable que corresponden a una determinada probabilidad de superación ($P(X \geq x)$) o de no superación ($P(X < x)$). En otras palabras, destacan los puntos en los que una distribución recoge una cantidad concreta de los datos que es superior o inferior a un umbral determinado, Para determinar los valores de una variable se utilizan determinadas probabilidades de superar o no un umbral concreto de dicha variable. Estas probabilidades se determinan en proporción a los distintos valores de la variable.

Para expresar estas probabilidades, se utiliza el periodo de retorno. Este periodo refleja el tiempo medio transcurrido durante el cual el valor de la variable en cuestión es igual o superior al valor medio. Por otra parte, esto no excluye la posibilidad de que se produzcan simultáneamente en el mismo año dos acontecimientos de igual o mayor magnitud.

Se prevé que un suceso de tamaño x se produzca al menos una vez, o que se iguale o supere, dentro del periodo de retorno, que se denota con la letra T y representa el intervalo de tiempo medio, en años, durante el cual se prevé que se produzca este suceso. Por esta razón, si un suceso de magnitud igual o superior a x tiene lugar una vez cada T años, entonces la probabilidad de que ocurra, denotada por la letra P, es igual a uno en cada uno de los T casos:

$$P(X > X) = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{P(X > x)}$$

En este contexto:

P(X>x) se refiere a la probabilidad de que ocurra un evento mayor que x.

T representa el período de retorno.

La descripción previa permite expresar que la probabilidad de que x no ocurra en un año determinado, o sea, la probabilidad de que ocurra un evento menor que X, se formula como:

$$P(X > x) = 1 - P(X > x)$$

El periodo de retorno se calcula calculando la cantidad media de tiempo, normalmente expresada en años (T), que transcurre entre la ocurrencia de un suceso igual o superior a una magnitud determinada. El recíproco de la probabilidad de que se produzca el suceso m-ésimo entre los n registros es lo que se entiende por esta brecha.

2.2.2.6 Análisis de datos

En el proceso de realización de análisis de frecuencias regionales con L-Moments, uno de los primeros pasos consiste en la preparación de los datos mediante una evaluación y un análisis exhaustivos de la información registrada. Es vital identificar y clasificar los numerosos errores que pueden estar presentes en los datos para eliminar aquellos que sean erróneos o anómalos. Esto puede lograrse detectando y clasificando los errores. A la luz de lo anterior, es de suma importancia evaluar el grado de coherencia y uniformidad de las muestras, Suponiendo que el fenómeno físico que se investiga, que se va a explicar mediante un modelo probabilístico, no cambia a lo largo del tiempo y que no existe correlación entre los datos.

Para llevar a cabo un análisis regional de frecuencias, normalmente es posible obtener datos de un único emplazamiento o estación o de múltiples emplazamientos o estaciones. En estas circunstancias, es absolutamente necesario realizar una serie de

pruebas con los datos accesibles. La evaluación individual de los datos de cada estación es un proceso importante que debe llevarse a cabo. Este procedimiento es esencial para identificar los valores que no son típicos, que pueden ser el resultado de errores ocurridos durante el proceso de transferencia o transcripción de datos de una fuente a otra. Además, es esencial investigar si los datos contienen o no patrones o alteraciones que pudieran estar presentes. Para ello, es posible comparar los datos de varias estaciones empleando una técnica que evalúe la disparidad que existe entre ellos. En caso de que una estación concreta presente incoherencias en comparación con un grupo de estaciones muy comparables, es probable que haya imprecisiones en los datos.

2.2.2.7 Selección de distribución de probabilidad y cálculo de los cuantiles

Es posible encontrar la distribución de probabilidad más adecuada empleando una serie de enfoques diferentes para evaluar lo bien que una distribución se ajusta a los datos que contiene una muestra. La prueba chi-cuadrado y la prueba de Kolmogorov-Smirnov son dos ejemplos de los tipos de pruebas que entran en esta categoría de procedimientos. Estas metodologías se basan en momentos ponderados en función de la probabilidad y en momentos L, y poseen la adaptabilidad necesaria para ser modificadas con el fin de utilizarlas en el examen de determinados lugares. En el marco de L-Moments, se ha elaborado un estadístico relacionado con diversas distribuciones. Este estadístico se basa en la variabilidad de $\tau 3$ y $\tau 4$ (Cong et al., 1993), y se ha desarrollado, Se recomienda utilizar una estadística que correlacione directamente los promedios regionales de los Momentos-L, que se conoce como Momento-X. Los momentos L, también conocidos como L-SK y L-CK, son la base de esta estadística. Utilizando una prueba de bondad de ajuste basada en el estadístico chi-cuadrado, es posible determinar objetivamente si un conjunto de distribuciones se ajusta satisfactoriamente a los datos. En vista de ello, es factible excluir la utilización de determinadas distribuciones que no se ajusten de manera aceptable. Por

otra parte, este indicador no tiene la capacidad de determinar por sí solo qué distribución es la más adecuada.

$$Z^{DIST} = \frac{t_4^{DIST} - t_4 + B_4}{\varphi_4}$$

$$\varphi_4 = [(N_{sim} - 1)(\sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R)^2 - N_{sim} B_4^2)]$$

$$B_4 = (N_{sim})^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R)^2$$

Donde:

$\text{ɷ}_4 = Desviacion\ estandar\ de\ L - Cursis\ regional$

$B_4 = L - Curtosis$

$t_4^{DIST} = L - Curtosis\ de\ la\ distribucion$

$t_4 = L - Curtosis\ regional$

La simulación de cada una de las cinco distribuciones que se van a emplear es lo que proporciona la base para las expresiones que se asocian a las distribuciones. Siempre que el valor del estadístico Z sea algo próximo a cero, se considerará satisfactorio. En este caso concreto, el valor aceptable está asociado al nivel de significación del 95%, lo que indica que el valor de R es inferior o igual a 1,64.

Tras la selección de una función de distribución mediante el uso de la prueba de bondad de ajuste, se calculan los cuantiles asociados a un periodo de retorno concreto para cada estación.

Función de distribución Valor Extremo Generalizado – GEV

La función de densidad de probabilidad de la Distribución de Valor Extremo Generalizada se caracteriza por tres factores fundamentales: ξ, que representa la localización; α, que identifica la escala; y ƙ, que especifica la forma. Estos parámetros contribuyen a las características generales de la función.

$$F(X) = EXP(-EXP(-Y))$$

Donde:

$$y = -k^{-1}\log\left(1 - \frac{k(x-E)}{a}\right)$$

$$-a < x < E + \frac{a}{k} \ldots\ldots\ldots k > 0$$

$$-a < x < a + \frac{a}{k} \ldots\ldots\ldots k > 0$$

$$E + \frac{a}{R} < x < a \ldots\ldots\ldots k > 0$$

$$x(F) = E + \frac{a}{k}(1 - (-logF)$$

$$l_1 = E + \frac{a(1 - P(1+k))}{K}$$

$$l_2 = \frac{a(1-2)(1+k))}{K}$$

$$l_3 = \frac{2(1-3^{-k})}{(1-2^{-k})} - 3$$

$$l_4 = \frac{(5(1-4^{-k}) - 10(1-3^{-k}) + 6(1-2^{-k})}{(1-2^{-k})}$$

Hosking y Wallis (1997) realizaron una investigación que indicó que no existe una solución explícita al problema. Sin embargo, construyeron una aproximación que alcanza una precisión de 9 x 10^-4 para valores comprendidos entre -0,5 y 0,5 para $\tau 3$.

$$k = 7.859c + c^2, c = \frac{2}{3 + t_3} - \frac{log2}{log3}$$

$$a = \frac{l_2.k}{(1-2^{-k})P(1+k)}$$

$$E = \frac{l_2 - a(1 - P(1+k))}{k}$$

$$P(x) = \int_0^a t^{x-1}e^{-t}dt$$

Función de distribución Logística generalizada – GLO

La función de densidad de probabilidad de la Distribución Logística Generalizada se describe mediante tres parámetros: ξ, que representa la localización; α, que identifica la escala; y ƙ, que determina la forma de la distribución. Estos parámetros se utilizan para determinar la función de densidad de probabilidad.

$$F(x) = \frac{1}{(1+e^{-y})}$$

Donde:

$$y = (-k^{-1}.\log\left(-1-\frac{k(x-E)}{a}\right), si\ -k=0\ \frac{x-E}{a}, si\ k=0$$

$$x(F) = E + \frac{a}{k}(1-\left(\frac{1-F}{F}\right)^{k})$$

$$-a < x < E + \frac{a}{k} \qquad si\ k > 0$$

$$-a < x < a \qquad si\ k = 0$$

$$E + \frac{a}{k} < x < a \qquad si\ k < 0$$

A continuación, se explica detalladamente el proceso que debe seguirse para calcular los L-Momentos de la función GLO cuando la variable de interés se encuentra dentro del intervalo de -1 a 1.

$$l_1 = E + a(\frac{1}{k} - \frac{\pi}{sen(kx)}$$

$$l_2 = (\frac{ak\pi}{sen(k\pi)})$$

$$t_3 = -k$$

$$t_4 = \frac{1+5k^2}{6}$$

$$kt_3 = -t_3$$

$$a = (\frac{l_2 . senk\pi}{k\pi})$$

$$Ee = l_1 - a(\frac{1}{k} - \frac{\pi}{sen(k\pi)}$$

Función de distribución Generalizada de Pareto – GPA

La distribución, similar a la distribución GPA, se caracteriza por tres parámetros, que son ξ para la localización, α para la escala y ˛ para la forma. Estos parámetros se denominan parámetros.

$$\boldsymbol{F(X) = 1 - e^{-y}}$$

Donde:

$$y = -k^{-1}\log\,(1 - \frac{k(x-E)}{a})$$

$$(x)F = E + \frac{a}{k}(1 - (1-F)^k)$$

$$E < x < E + \frac{a}{k} \qquad si\ k > 0$$

$$E < x < a \qquad si\ k < 0$$

A continuación, se describe el procedimiento que se utiliza para calcular los L-Momentos de la función GPA, que se definen en el intervalo de -1 a 1.

$$l_1 = E + \frac{a}{(1+k)}$$

$$l_2 = \frac{a}{(1+k)(2+k)}$$

$$t_2 = \frac{(1-k)}{(3+k)}$$

$$t_4 = \frac{(1-k)(2-k)}{(3+k)(4+k)}$$

$$k = \frac{(1-3t_3)}{(1+3t_3)}$$

$$a = \frac{(1-k)(2+k)l_2}{k\pi}$$

$$E = l_1 - a(2+k)l_2$$

Función de distribución Normal Generalizada – GNO

La distribución está definida por los mismos parámetros que la distribución GNO, que son ξ para la localización, α para la escala y ˛ para la forma. Estos parámetros son idénticos a los utilizados en la distribución GNO:

$$\boldsymbol{F(X) = \phi(y)}$$

Donde:

$$y = -k^{-1}\log\,(1 - \frac{k(X-E)}{a})$$

L Hay dos tipos de distribuciones que se incluyen en la distribución normal generalizada: la distribución logarítmica normal estándar de tres parámetros, que se caracteriza por una asimetría inferior finita y positiva, y la distribución normal, que se caracteriza por un valor de ǫ igual a cero, Una asimetría con límite superior y un valor negativo son características de la distribución log-normal inversa, que se presenta cuando ƙ es mayor que cero. Cuando el valor de ǫ es menor que cero y la suma de ξ y α(1+ƙ) es igual a cero, se forma la distribución log-normal de dos parámetros. Esta distribución tiene un límite inferior igual a cero y una asimetría positiva.

A continuación, se explica en detalle el procedimiento utilizado para calcular los Momentos L de la distribución GNO, que se especifica dentro del intervalo -1 < x < 1.

$$l_1 = E + a(1 - e^{\frac{k^2}{2}})/k$$

$$l_2 = \frac{ae^{\frac{k^2}{2}}}{k}[1 - 2\phi(-\frac{k}{\sqrt{2}})]$$

$$t_3 = -k\frac{A_0 + A_1k^2 + A_2k^4 + A_3k^6}{1 + B_1k^2 + B_2k^4 + B_3k^6}$$

$$t_4 = 1 - k^2 \frac{C_0 + C_1 k^2 + C_2 k^4 + C_3 k^6}{1 + D_1 k^2 + D_2 k^4 + D_3 k^6}$$

$$k = -t_3 \frac{E + E_1 t_3^2 + E_2 t_3^4 + E_3 t_3^6}{1 + F_1 t_3^2 + F_3 t_3^4 + F_3 t_3^6}$$

$$a = \frac{l_2 e^{\frac{k^2}{2}}}{1 - 2\phi(-\frac{k^2}{\sqrt{2}})}$$

$$E = l_1 - a(1 - e^{\frac{k^2}{2}})$$

Función de distribución Pearson Tipo III – PE3

Se pueden utilizar tres parámetros para caracterizar la función de densidad de probabilidad de la distribución Pearson tipo III. Estos parámetros son ξ, que representa la localización, α, que representa la escala, y ¸, que representa la forma:

$$\boldsymbol{F(X) = \frac{G(a, \frac{x - E}{b})}{P(a)}}$$

Donde:

$$G(a, x) = \int_0^x t^{a-1}.e^{-t}.dt$$

$$x(F) = \frac{(x - E)^{(a-1)}.e^{\frac{-(x-E)}{b}}}{b^a.P(a)}$$

A continuación, se ofrece una explicación completa del proceso que se utiliza para calcular los L-Momentos de la distribución Pearson Tipo III, que es aplicable en situaciones en las que los valores de la variable caen dentro del intervalo de ξ a α.

$$l_1 = \pi^{-\frac{1}{2}}.\beta P\left(a + \frac{1}{2}\right) P(a)$$

$$l_2 = E + a\beta$$

$$t_3 = 6_{\frac{1}{3}}(a, 2a) - 3l_x(p, q)$$

$$Si\ a > 1, t_4 = \frac{C_0 + C_1 a^{-1} + C_2 a^{-2} + C_3 a^{-3}}{1 + D_1 a^{-1} + D_2 a^{-2}}$$

$$Si\ a < 1, t_4 = \frac{1 + G_1 a + C_2 a^2 + C_3 a^3}{1 + H_1 a + H_2 a^2 + H_3 a^3}$$

$$Si\ 0 < t_3 > \frac{1}{3}$$

$$a = \frac{1 + 0.2906 * k}{k + 0.1882 * k^2 + 0.04442 * k^3}$$

$$k = 3 * \pi * t_3^2$$

$$a = \frac{0.36067 * k - 0.59567 * k^2 + 0.25361 * k^3}{1 + 2.78861 * +2.56096 * k^2 + 0.77045 * k^3}$$

$$k = 1 - |t_3|$$

2.2.2.8 Generación de mapas de precipitaciones máximos

Tras el establecimiento de regiones homogéneas que satisfagan los criterios de coherencia y uniformidad, y la identificación de la distribución que proporcione el mayor ajuste mediante la utilización del estadístico Z DIST, que se basa en la regionalización, se procede a la etapa siguiente, Es posible determinar cuantiles tanto a nivel regional como estacional durante este paso del proceso. El objetivo principal de este procedimiento es generar mapas que ilustren la probabilidad de que se produzcan determinados eventos, como la temperatura máxima anual y la precipitación máxima que se produce en un periodo de veinticuatro horas, Para los caudales punta se construirán ecuaciones regionalizadas adaptables a diferentes periodos de tiempo. Estas ecuaciones se desarrollarán en función de las características de las regiones homogéneas que se hayan identificado.

2.2.3 Caudal ecológico

El caudal ecológico, también conocido como caudal mínimo ambiental o caudal ambiental, es el flujo de agua necesario en un río u otra masa de agua para mantener los

procesos ecológicos y biológicos en un estado saludable. Otros nombres del caudal ecológico son caudal ambiental y caudal fluvial. Gracias a este flujo se protegen los ecosistemas acuáticos, incluida su flora, fauna y hábitats acuáticos. Además de satisfacer las necesidades de los animales acuáticos, el caudal ecológico también desempeña un papel en la preservación de la calidad del agua, la reposición de los acuíferos, la acumulación satisfactoria de sedimentos y otra serie de actividades ecológicas y fluviales significativas. Para determinar el caudal ecológico es necesario tener en cuenta una serie de elementos, como las características hidrológicas de la cuenca, las demandas de los seres humanos, las normas dictadas por el gobierno y los objetivos de conservación del medio ambiente.

2.3 Marco conceptual

- **Asimetría**

Se refiere a una condición en la que las características del flujo, como la velocidad, la presión o la distribución de esfuerzos, varían en diferentes direcciones o se desvían de una simetría ideal en relación con un punto de referencia o un eje de simetría. Esta asimetría puede surgir debido a irregularidades en la geometría del flujo, obstáculos en el canal, o condiciones de contorno no uniformes, entre otros factores.

- **Coeficiente de variación**

Es posible calcular el coeficiente de variación dividiendo la desviación típica por la media de los datos, que se da entonces en forma de porcentaje matemático. Por otra parte, un coeficiente de variación bajo sugiere una dispersión más limitada y una mayor uniformidad de los datos, mientras que un coeficiente de variación alto muestra una mayor dispersión de los datos en comparación con su media.

➢ **Cuenca**

Una cuenca hidrográfica es un área geográfica que está rodeada por las limitaciones naturales de un sistema de drenaje y se caracteriza por el hecho de que todas las corrientes superficiales convergen en una única salida, que puede ser un río, un lago o un océano. Esta definición procede del campo de la hidráulica. Estas cuencas hidrográficas pueden variar en tamaño, desde pequeños arroyos hasta grandes ríos que abarcan vastas áreas de tierra. La gestión adecuada de las cuencas hidrográficas es fundamental para la gestión sostenible del agua y la mitigación de riesgos relacionados con las inundaciones y la erosión del suelo.

➢ **Curtosis**

Se refiere a una medida estadística que describe la forma de la distribución de los datos hidráulicos en relación con la distribución normal o gaussiana. La curtosis indica qué tan agudas o achatadas son las colas de la distribución en comparación con una distribución normal. Una curtosis positiva indica que la distribución tiene colas más pesadas y picos más pronunciados en comparación con la distribución normal, mientras que una curtosis negativa indica que la distribución tiene colas más ligeras y picos más suaves. La curtosis es importante en hidráulica para comprender la variabilidad de los datos y evaluar la estabilidad y la fiabilidad de los sistemas hidráulicos.

➢ **Caudales máximos**

Se refieren a los flujos de agua más altos que ocurren en un sistema hidrológico durante un período de tiempo específico, generalmente asociados con eventos extremos como lluvias intensas o deshielos rápidos. Estos caudales son importantes para el diseño de infraestructuras hidráulicas, como presas, diques, sistemas de drenaje y protección contra inundaciones, ya que ayudan a determinar la capacidad requerida de estos sistemas para manejar y controlar las aguas superficiales en condiciones extremas. Los caudales máximos se calculan mediante análisis hidrológicos que consideran diversos factores,

como la intensidad y la duración de las precipitaciones, la topografía del terreno, la vegetación y la capacidad de retención del suelo.

- **Caudal**

En hidráulica y se utiliza para caracterizar la cantidad de agua que se mueve a través de un sistema, lo que es crucial para el diseño y la operación de estructuras hidráulicas, como presas, canales de riego, sistemas de abastecimiento de agua y estaciones de bombeo.

- **Implementar**

Se refiere al proceso de poner en práctica o llevar a cabo un plan, una estrategia o un diseño hidráulico. Esto implica la ejecución de las acciones necesarias para construir, instalar o poner en funcionamiento una infraestructura hidráulica específica, como canales de riego, sistemas de drenaje, redes de distribución de agua, estaciones de bombeo o cualquier otra obra hidráulica planificada. Implementar en hidráulica implica seguir los procedimientos y protocolos establecidos para garantizar que la infraestructura se construya correctamente y cumpla con sus objetivos previstos.

- **Método L-Momentos**

El método L-momentos es una técnica utilizada para estimar parámetros de distribución de probabilidades asociadas con variables hidrológicas, como caudales máximos, caudales mínimos, precipitaciones intensas, entre otras. Este método se basa en los momentos estadísticos de tipo L, que son medidas robustas de la forma de la distribución de los datos. Los L-momentos se utilizan para estimar los parámetros de una distribución de probabilidad, como la media, la varianza, la asimetría y la curtosis, lo que permite caracterizar adecuadamente la variabilidad y el comportamiento de las variables hidrológicas. Este enfoque es especialmente útil en el análisis de eventos extremos y en

la evaluación del riesgo hidrológico en proyectos de ingeniería hidráulica y gestión de recursos hídricos.

- **Precipitación**

Se denomina precipitación a la cantidad de agua que se deposita sobre una determinada superficie terrestre en diversas formas, como lluvia, nieve, granizo u otras manifestaciones de la condensación del vapor de agua en la atmósfera. La precipitación es un factor clave en el ciclo hidrológico, ya que proporciona el suministro de agua que alimenta los ríos, arroyos, lagos y acuíferos. En el análisis hidráulico, la precipitación se considera un parámetro importante para determinar el caudal de los cursos de agua, calcular la escorrentía superficial y evaluar el comportamiento hidrológico de una cuenca o una región determinada. La medición y el análisis de la precipitación son fundamentales para la gestión de recursos hídricos, el diseño de obras de ingeniería hidráulica y la evaluación del riesgo de inundaciones.

- **Regularización**

Se refiere al conjunto de medidas y obras de ingeniería diseñadas para controlar y estabilizar el flujo de agua en ríos, arroyos, canales u otras estructuras hidráulicas. Estas medidas tienen como objetivo principal mitigar los efectos de las crecidas, reducir la erosión y proteger áreas vulnerables contra inundaciones. La regularización puede implicar la construcción de presas, diques, embalses, canalizaciones, desvíos de cauces naturales, entre otras obras, con el fin de modificar el régimen hidrológico de un curso de agua para adaptarlo a diferentes propósitos. En cuanto a la regulación, también hay medidas que pueden tomarse para conservar el suelo y la vegetación de la cuenca. Estas medidas se toman con la intención de disminuir la erosión y potenciar la infiltración del agua en la tierra.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

Se ha demostrado que el método cuantitativo consiste en recopilar datos para validar hipótesis. Este método hace uso de mediciones numéricas y análisis estadísticos para reconocer patrones y validar ideas. En vista de ello, la investigación se orienta hacia la metodología cuantitativa.

3.2 Método de investigación

Esta investigación hace uso de una metodología que combina la descripción precisa de los fenómenos con la cuantificación de los mismos. La puesta en práctica de esta estrategia requiere una aplicación precisa y genuina con el objetivo de reflejar una determinada realidad con el mayor grado de precisión posible. La metodología que se suele utilizar en este tipo de estudios se conoce como cuantitativa, y hace hincapié en la precisión y la amplitud más que en la profundidad. En pocas palabras, el objetivo primordial es lograr precisión y, al mismo tiempo, abarcar una gran cantidad de datos.

3.3 Tipo de investigación

En el ámbito de la investigación aplicada, el objetivo principal es abordar cuestiones prácticas o de producción con la intención de identificar soluciones. El propósito principal de este esfuerzo es definir o validar métodos, equipos o materiales que tengan el potencial de mejorar los procesos que ya están en marcha, La naturaleza de las hipótesis que se utilizan en este tipo de investigación se evalúa en función de su eficacia o ineficacia. Como punto de interés adicional, esta investigación se centra en la resolución de problemas prácticos y hace uso de las conclusiones obtenidas para tratar dichos problemas. Por lo tanto, de acuerdo con esta definición, la investigación se incluye en la categoría de investigación aplicada.

3.4 Nivel de Investigación

Proporcionar una descripción completa de los fenómenos, circunstancias, contextos y acontecimientos es una parte esencial del nivel descriptivo. Para ello es necesario proporcionar información sobre la naturaleza y la expresión de los fenómenos, situaciones y acontecimientos. Mediante la realización de estos análisis descriptivos, se pretende dar cuenta de las características, peculiaridades y perfiles de los individuos, grupos, comunidades, procesos, objetos u otros fenómenos objeto de la investigación. Este tipo de análisis es adecuado para situaciones en las que existen teorías respaldadas por una cantidad moderada de pruebas empíricas. El objetivo de estas herramientas es proporcionar una descripción, caracterización y medición de las realidades, fenómenos, hechos o variables que son de interés. Por ello, el tipo de investigación que aquí se analiza se conoce como investigación descriptiva.

3.5 Diseño de investigación

Para llevar a cabo este estudio se utilizó un enfoque de investigación conocido como investigación cuasiexperimental. Los participantes en este tipo de investigación no

se eligen al azar, sino que están predeterminados o reconocidos de antemano. Es precisamente esta particularidad la que distingue este tipo de investigación de otras (Ccanto Mallma, 2010).

3.6 Población y muestra

3.6.1 Población

La región geográfica que comprende todas las áreas de drenaje y afluentes que contribuyen al flujo de agua hacia el río Cabanillas.

3.6.2 Muestra

Todas las zonas montañosas como las áreas llanas circundantes, que conforman el sistema hidrográfico que abastece y alimenta al río Cabanillas.

3.6.3 Procedimiento

1. Medición del caudal en la cuenca del río Cabanillas.
2. Recopilación de información.
3. Evaluación de la coherencia de los datos.
4. Determinación de los L-Momentos.
5. Identificación de áreas con características hidrológicas similares.
6. Examen de discrepancias y uniformidad.
7. Verificación de la uniformidad y discrepancia.
8. Elección de modelos de distribución de probabilidad adecuados.
9. Estimación de valores de referencia.
10. Elaboración de mapas de precipitaciones máximas esperadas.

3.6.4 Técnicas para la recolección de datos

- Implementación de la técnica de regionalización.

- Análisis hidrológico de precipitaciones.

3.6.5 Instrumentos

- Estaciones de monitoreo climático con mapas de localización geográfica.
- Estaciones de monitoreo climático y herramientas topográficas.
- Utilización del software ArcGIS y personal especializado.
- Computadora y recursos bibliográficos

3.7 Validación y de instrumentos y confiabilidad

3.7.1 Validación de instrumentos

La validación de los instrumentos fue realizada por el equipo del laboratorio a través de un exhaustivo procedimiento de revisión y prueba que se llevó a cabo. Durante este proceso, se realizaron diversas pruebas, mediciones y comparaciones para garantizar la precisión, fiabilidad y utilidad de los dispositivos analizados

3.7.2 Confiabilidad de instrumentos

Con el fin de garantizar la fiabilidad y corrección de los resultados obtenidos durante la ejecución del trabajo o investigación correspondiente, se llevó a cabo este proceso, que implicaba la realización de pruebas, mediciones y comparaciones con referencia a normas y estándares especificados.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos

1. Información previa para análisis de resultados

La longitud total de la cuenca del río Cabanillas es de 131,37 kilómetros, que es la expansión de la cuenca hidrográfica. Esta cuenca está situada en el Altiplano, que se encuentra en la sección meridional del continente americano, y tiene una altitud media de 4.320 metros sobre el nivel del mar (msnm). Para ser más exactos, se encuentra en el territorio de Perú, más concretamente en el Departamento de Puno, la Provincia de San Román y el Distrito de Cabanillas. A continuación se detallan sus coordenadas geográficas: Con una latitud de 15 grados 10 minutos 10.5, una longitud de 69 grados 58 minutos 11.6 pulgadas, y una elevación de 3920 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m..)

2. Climatología

Las condiciones meteorológicas extremas que se observaron son las siguientes: la temperatura media es de 6,5 grados centígrados, la temperatura más alta registrada fue de 12,6 grados centígrados, y la temperatura más baja registrada fue de -7,5 grados centígrados. La media anual de precipitaciones es de 830 milímetros, otro factor que

contribuye a ello. Cuatro estaciones astronómicas, determinadas por la actividad de la atmósfera, definen el ciclo anual. En esta región hay dos periodos de transición: uno se produce en septiembre y octubre, y el otro en abril y mayo. Dentro de esta región, hay una estación húmeda que dura de noviembre a marzo, y una estación seca que dura de junio a agosto. Es el sureste el responsable de la mayor parte del viento durante toda la temporada estival, que comienza en noviembre y se prolonga hasta febrero. El comienzo del otoño está marcado por un cambio repentino en la dirección del viento, que ha soplado del noreste hasta mayo. Este cambio se produce a principios de marzo, pero continúa hasta mayo. El viento sopla del oeste durante los meses de junio a agosto, pero cambia a dirección norte-noreste durante la primavera, que abarca los meses de septiembre a octubre.

3. Geomorfología

Es más concretamente el relleno de una fosa tectónica que se remonta a la época cretácica la responsable de la formación del altiplano. Este rift ha recogido importantes cantidades de sedimentos clásticos, en su mayoría de origen volcánico y continental, que se han depositado en estratos gruesos y poco cementados.

4. Geología local

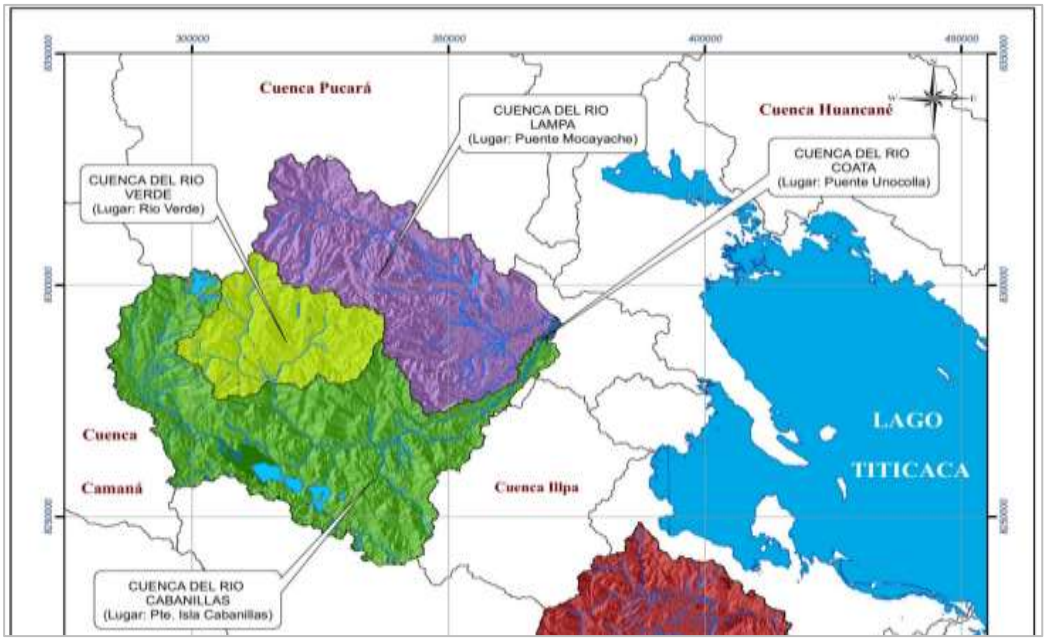
Una combinación de procesos sedimentarios y volcánicos ha dado lugar a la formación de las rocas que se descubren en esta región. Una secuencia repetitiva de areniscas y pizarras es característica de estas capas profundas de rocas que se acumularon durante el Paleozoico temprano. Estas capas se definen por su espesor. Según los hallazgos de Rendón Dávila de 2013, estas formaciones, que se denominan grupo de Cabanillas y formación Calapuja, se remontan a finales del Ordovícico y Silúrico y al Devónico.

5. Hidrografía

La extensión total de la cuenca del río Cabanillas abarca aproximadamente 459 kilómetros cuadrados, lo que representa un 9.37% del área total de la subcuenca del bajo Coata.

Figura 1

Delimitación hidrográfica de las cuencas en estudio



Nota. SENAMHI

Figura 2

Red de estaciones meteorológicas

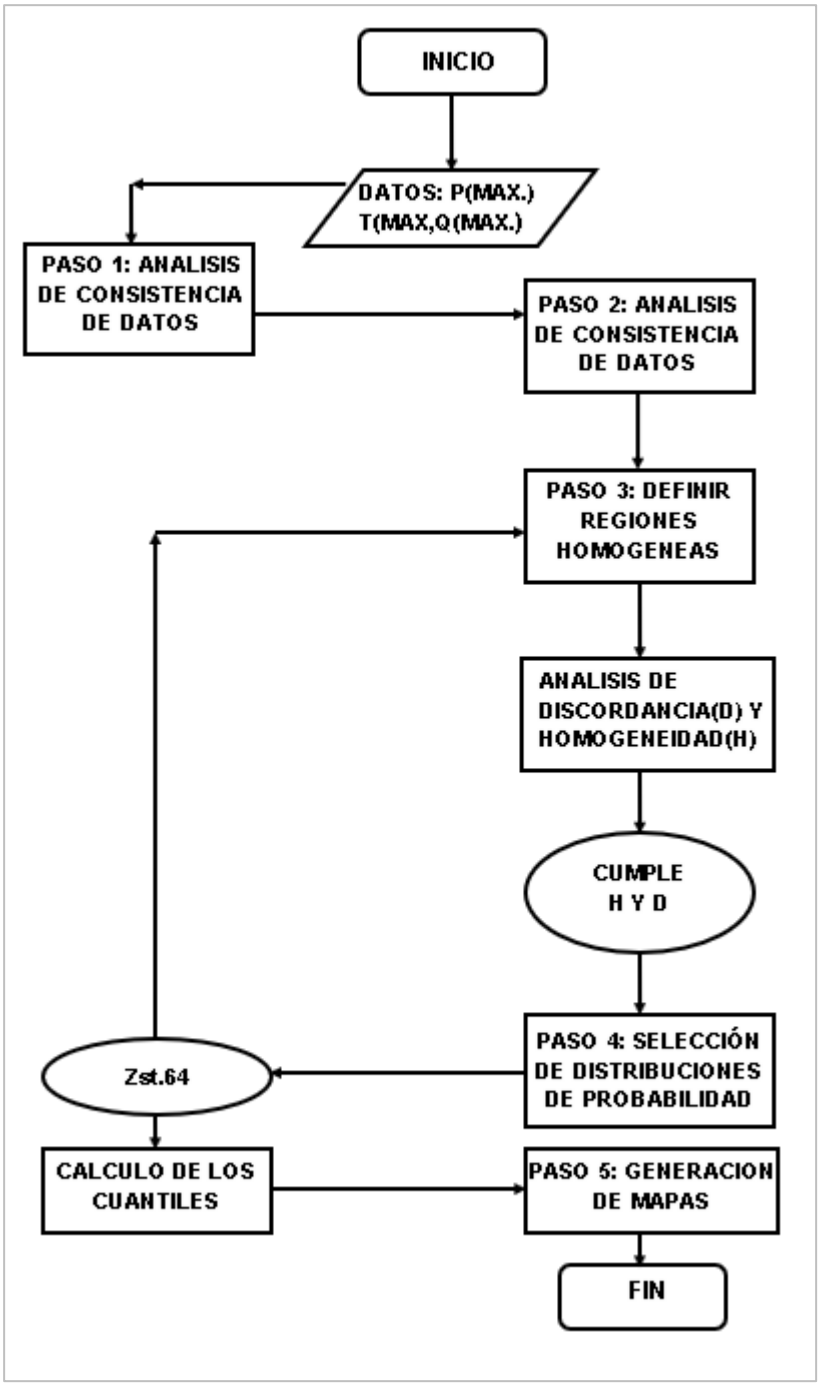
Nota. SENAMHI

6. Precipitaciones

Se trata de un término que se utiliza para describir las manifestaciones de agua en forma líquida o sólida que inciden directamente sobre la superficie de la Tierra o de otro cuerpo celeste.

Figura 3

Diagrama de flujo de procedimiento para seguir el método



7. Precipitaciones totales mensuales

Para efectos de este estudio, los datos que se utilizaron fueron proporcionados por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), el cual se encarga de registrar la precipitación mensual que corresponde a cada estación meteorológica. En los cuadros siguientes se amplía esta información.:

Tabla 2

Estación Cabanillas

Precipitaciones totales mensual (mm) – estación Cabanillas			
Latitud	15°10'10.5"	Departamento	Puno
Longitud	69°58'11.60"	Provincia	San Román
Altitud	3920	distrito	Cabanillas

Tabla 3

Precipitaciones totales mensual(mm), estación Cabanillas

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1966	73.50	156.20	81.50	3.10	31.00	0.00	0.00	1.00	9.50	21.90	49.00	60.70	487.40
1967	71.20	92.80	148.90	7.30	13.70	0.60	9.50	15.60	40.00	31.80	4.20	131.00	566.60
1968	95.70	168.50	52.40	8.70	16.10	3.90	2.20	0.00	21.60	41.90	135.70	56.10	602.80
1969	167.40	94.30	55.50	23.40	0.00	0.60	3.00	0.00	4.40	16.10	59.30	41.30	465.30
1970	86.70	121.40	144.90	25.70	3.60	0.00	0.00	0.00	13.30	24.80	11.90	124.40	556.70
1971	91.50	218.30	29.10	15.20	11.00	0.00	0.00	4.00	0.00	11.80	56.80	87.00	524.70
1972	224.80	85.90	181.90	36.30	6.20	0.00	0.00	0.60	32.00	32.20	33.80	92.90	726.60
1973	199.40	128.80	124.80	85.00	12.40	0.00	2.10	1.30	46.10	12.90	24.00	93.30	730.10
1974	240.50	232.30	76.50	53.60	0.00	0.00	0.00	53.20	27.60	20.50	48.10	87.40	839.70
1975	134.30	193.50	107.40	22.10	23.50	0.00	0.00	0.00	13.10	34.10	17.00	212.80	757.80
1976	165.10	135.60	130.60	18.40	2.00	1.90	1.30	3.90	41.80	4.30	9.70	65.10	579.70
1977	70.30	166.60	173.20	28.50	0.00	0.00	0.00	0.00	23.10	33.40	118.50	168.20	781.80
1978	267.80	155.50	117.80	37.30	0.00	0.00	0.00	0.00	5.90	14.20	72.50	160.80	831.80
1979	203.60	125.00	71.90	52.00	3.90	0.00	0.60	1.20	3.10	33.90	42.40	122.50	660.10
1980	60.80	84.70	168.40	8.10	4.90	0.00	1.80	32.70	38.60	51.70	57.00	46.30	555.00
1981	125.30	148.80	161.20	47.90	0.00	0.00	1.00	22.20	10.00	18.60	36.70	36.60	608.30
1982	103.70	116.00	112.20	37.50	7.00	1.00	2.50	6.50	48.20	90.50	35.50	23.00	583.60
1983	26.00	32.00	17.50	8.10	6.00	2.80	0.00	3.00	9.00	15.00	30.50	69.00	218.90

1984	212.80	237.10	126.00	33.50	21.40	0.00	3.00	9.00	7.50	41.50	89.40	71.50	852.70
1985	115.50	180.60	95.50	96.70	6.00	22.00	0.00	3.00	30.50	38.00	100.00	142.50	830.30
1986	131.20	234.10	168.70	95.70	1.30	0.00	11.00	1.50	26.00	6.50	31.40	134.70	842.10
1987	158.80	79.10	54.60	9.70	0.00	0.90	7.60	1.50	9.00	27.70	111.60	69.60	530.10
1988	273.60	93.20	155.40	67.20	17.40	0.00	0.00	0.00	21.90	56.00	0.00	142.80	827.50
1989	194.60	52.80	91.80	88.40	0.00	1.40	0.00	4.80	6.00	3.30	40.00	53.60	536.70
1990	172.50	23.40	49.20	13.50	2.40	34.30	0.00	9.80	1.00	112.60	130.00	101.90	650.60
1991	106.40	144.10	115.20	70.10	5.80	35.60	0.00	0.00	6.30	13.80	27.40	59.60	584.30
1992	106.80	75.10	28.50	8.50	0.00	2.70	2.20	31.10	0.00	47.50	27.20	64.90	394.50
1993	147.20	67.80	96.30	69.50	3.00	0.00	0.00	26.30	9.50	113.40	83.00	117.40	733.40
1994	133.80	105.20	162.10	110.20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	14.30	51.20	98.00	681.30
1995	125.80	70.60	100.20	5.00	0.00	0.00	0.00	0.20	16.60	9.90	32.80	55.30	416.40
1996	206.30	102.80	56.40	37.70	1.90	0.00	2.00	17.60	10.30	14.30	57.80	165.60	672.70
1997	158.50	242.80	160.00	75.10	3.70	0.00	0.00	22.40	46.50	38.00	103.30	88.40	938.70
1998	152.00	168.40	110.30	16.90	0.00	0.00	0.00	6.30	0.00	47.70	61.60	42.70	605.90
1999	95.00	116.90	112.30	104.40	5.40	0.00	1.80	1.80	21.90	104.00	3.00	95.30	661.80
2000	134.60	221.90	133.30	31.70	0.60	0.00	0.00	6.90	15.80	118.30	13.50	110.40	787.00
2001	273.90	224.60	78.20	63.90	11.50	0.80	0.40	52.60	36.90	71.30	21.60	16.70	852.40
2002	93.70	166.90	160.50	125.70	28.70	6.20	16.00	22.90	8.80	116.30	78.00	105.30	929.00
2003	217.20	92.50	116.70	22.10	10.80	2.60	0.00	0.90	16.90	14.00	68.10	136.20	698.00
2004	193.00	100.10	81.60	34.20	0.50	0.50	7.70	18.40	12.80	2.90	27.40	58.20	537.30
2005	75.30	265.70	84.00	49.70	0.00	0.00	0.00	0.50	5.80	30.60	70.60	79.90	662.10
2006	230.20	107.30	141.30	49.90	0.00	0.70	0.00	2.80	44.20	38.00	60.20	69.00	743.60
2007	68.10	105.40	168.60	67.50	2.40	0.00	0.80	0.00	75.40	40.60	97.60	83.90	710.30
2008	271.60	74.50	65.10	6.30	0.00	0.20	0.00	0.60	1.80	34.90	70.10	153.50	678.60
2009	88.80	119.70	111.40	24.60	0.00	0.00	1.60	0.50	1.40	28.40	152.80	91.20	620.40
2010	147.80	125.30	66.70	28.40	9.60	0.00	0.50	Tz	2.40	21.20	35.80	183.00	620.70
2011	76.00	182.40	134.10	41.40	1.80	0.00	5.20	4.40	32.20	29.90	76.30	260.50	843.60
2012	165.10	216.20	165.10	49.90	0.10	0.10	0.10	3.00	3.30	16.10	46.60	190.60	855.30
2013	180.30	170.60	53.10	10.80	7.70	9.10	8.00	5.10	8.10	50.20	52.20	137.60	691.70
2014	155.30	65.10	53.50	43.80	0.10	0.10	2.70	36.10	30.10	94.30	42.20	134.70	657.30
2015	21.40	17.90	13.50	22.50	0.10	2.00	3.80	3.80	37.20	48.10	87.90	108.90	365.80
2016	54.50	213.40	24.30	105.20	0.07	3.60	4.70	0.10	3.40	50.40	5.00	45.30	509.60
2017	135.10	105.30	125.00	40.40	12.90	3.10	3.10	0.10	44.00	68.60	79.30	143.90	761.10
2018	157.20	139.40	183.60	43.80	5.80	13.20	25.70	0.90	0.10	39.20	63.40	118.50	790.00
Promedio	144.10	135.19	105.63	43.05	5.80	2.88	2.48	8.55	18.76	39.83	55.48	102.15	663.20
Estándar	64.47	61.17	47.42	31.52	7.62	7.45	4.63	13.15	16.99	31.10	36.00	50.08	150.10
Máximo	273.91	265.80	183.60	125.80	31.10	35.70	25.70	53.30	75.41	118.40	152.90	260.50	938.80
Mínimo	21.21	17.90	13.50	3.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.01	3.10	0.10	16.80	219.00

Tabla 4

Precipitaciones totales mensual(mm), estación Juliaca

PRECIPITACIONES TOTAL MENSUAL (mm) – ESTACION JULIACA			
LATITUD	15°26'39.00"	DEPARTAMENTO	PUNO
LONGITUD	70°12'28.20"	PROVINCIA	SAN ROMAN
ALTITUD	3826.00	DISTRITO	JULIACA

Tabla 5

Precipitaciones totales mensual(mm), estación Juliaca

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1966	58.40	71.70	54.90	18.90	43.50	0.00	0.00	0.00	21.80	34.80	54.50	57.90	416.40
1967	58.30	79.40	146.60	21.30	9.70	2.20	5.00	12.40	436.00	21.40	7.30	149.70	949.30
1968	60.60	164.90	53.50	52.00	9.30	4.00	7.00	2.10	29.80	62.80	116.90	28.30	591.20
1969	133.40	46.50	29.70	55.70	0.00	3.20	14.20	0.00	8.10	29.20	45.20	31.60	396.80
1970	190.40	98.10	115.30	55.60	3.20	0.00	0.00	0.00	22.90	11.80	42.20	114.80	654.30
1971	127.20	125.70	90.00	43.30	0.80	0.00	0.70	5.70	10.80	30.80	47.40	103.30	585.70
1972	217.70	97.90	109.90	18.80	2.00	0.00	0.00	0.80	29.00	34.50	81.70	74.20	666.50
1973	142.30	107.40	74.70	80.30	15.70	1.20	5.40	9.20	20.00	45.00	14.20	44.40	559.80
1974	150.90	79.00	69.90	19.90	1.80	8.40	0.00	44.80	10.70	40.90	39.90	69.40	535.60
1975	137.10	126.80	100.50	16.60	33.90	0.20	0.00	1.50	21.00	74.30	25.90	124.60	662.40
1976	148.70	83.00	48.80	11.90	23.30	1.00	0.00	4.10	71.30	0.00	6.30	33.30	431.70
1977	56.10	180.80	104.60	5.00	1.40	0.00	0.00	0.00	27.40	49.20	92.20	88.90	605.60
1978	208.20	127.90	78.10	42.10	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	11.60	83.00	160.70	715.70
1979	137.70	56.60	103.00	23.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.10	10.90	76.20	489.10
1980	55.70	60.00	174.40	15.10	1.60	0.00	0.00	21.60	31.20	72.30	47.20	40.00	519.10
1981	137.30	173.50	158.30	71.30	14.00	0.00	0.00	25.80	26.10	72.50	70.50	59.60	808.90
1982	209.30	61.10	101.10	105.80	0.00	0.00	0.00	4.00	46.40	48.70	118.90	17.50	712.80
1983	52.40	102.80	24.90	40.00	12.00	0.00	0.00	0.00	21.00	23.40	26.30	117.90	420.70
1984	287.80	189.80	106.10	77.10	19.80	20.80	4.00	15.50	1.00	109.70	117.20	95.80	1044.60
1985	70.30	190.70	48.40	76.50	12.60	33.40	0.00	2.30	43.50	59.40	159.50	149.30	845.90
1986	127.60	134.70	112.70	104.80	3.00	0.00	3.30	7.50	44.80	2.90	17.40	131.90	690.60
1987	192.30	33.70	53.20	10.40	0.00	29.90	0.00	6.40	4.70	37.80	86.20	36.80	491.40
1988	196.60	48.90	174.50	86.80	40.00	0.00	0.00	8.00	11.00	33.00	1.50	80.00	680.30
1989	184.20	99.30	83.30	30.80	0.00	4.40	0.00	4.00	2.50	13.00	14.80	58.80	495.10
1990	110.80	35.80	20.50	25.40	7.00	36.50	1.00	7.00	12.00	41.40	60.60	88.10	446.10
1991	109.20	47.80	86.60	46.00	13.00	51.00	4.00	1.00	21.30	27.30	36.50	55.70	499.40
1992	64.10	80.80	12.00	30.50	0.00	0.00	6.50	39.60	0.00	58.00	68.00	115.00	474.50

1993	158.80	45.80	105.20	54.50	1.50	0.00	0.00	28.00	16.00	71.00	113.00	89.50	683.30
1994	122.40	98.00	105.00	60.00	26.00	0.00	1.00	2.00	11.00	51.00	61.00	50.00	587.40
1995	127.00	98.00	88.00	19.20	0.00	0.00	0.00	14.00	27.00	48.00	62.00	88.00	571.20
1996	115.00	77.00	45.00	29.00	7.00	0.00	0.00	2.50	2.00	21.00	50.00	69.00	417.50
1997	127.00	140.06	101.50	81.00	7.00	1.00	0.00	1.00	6.00	43.00	78.00	69.00	654.56
1998	104.00	90.00	91.00	33.00	2.00	1.00	0.00	4.00	5.00	57.00	69.00	60.00	516.00
1999	110.00	84.00	109.00	36.00	3.00	0.00	0.00	3.00	20.00	59.00	42.00	73.00	539.00
2000	93.00	94.00	71.00	21.00	7.00	1.00	0.00	1.00	10.00	50.00	63.00	89.00	500.00
2001	141.60	115.50	105.40	28.30	5.20	1.30	3.30	5.30	10.00	71.50	27.50	63.10	578.00
2002	73.00	158.40	119.50	54.20	24.00	3.40	19.40	16.70	15.10	143.10	75.50	99.90	802.20
2003	177.50	80.10	121.30	10.70	4.30	4.40	1.10	0.60	38.20	16.90	28.10	162.90	646.10
2004	238.40	96.30	69.40	28.20	0.00	0.20	1.50	24.30	38.50	7.20	17.60	97.20	618.80
2005	80.60	242.90	100.10	46.70	0.00	0.00	0.00	1.80	16.00	82.90	57.20	92.60	720.80
2006	207.40	50.80	101.30	46.70	0.80	2.00	0.00	1.50	23.80	61.60	77.60	73.80	647.30
2007	92.40	43.70	235.00	66.10	3.60	0.20	6.50	0.80	18.20	30.10	84.60	66.60	647.80
2008	220.80	69.10	58.50	6.20	0.60	1.00	0.00	1.10	1.80	61.30	37.10	193.20	650.70
2009	85.90	170.30	95.90	13.70	0.00	0.00	1.00	0.20	8.10	51.20	83.80	89.50	599.60
2010	98.70	127.60	48.00	7.80	13.80	0.40	0.40	T	0.40	25.60	19.90	98.60	441.20
2011	49.20	184.00	74.00	12.70	5.80	0.00	5.90	4.70	18.50	32.00	56.70	157.40	600.90
2012	129.20	147.80	121.40	62.70	0.00	0.20	0.00	20.30	0.40	10.10	25.20	166.20	683.50
2013	154.40	133.70	50.00	9.60	5.00	7.00	2.50	7.90	9.60	38.00	38.80	141.30	597.80
2014	215.10	53.70	82.30	33.20	0.40	0.10	6.80	8.90	71.50	88.50	24.20	79.80	664.50
2015	96.00	95.90	80.70	169.10	3.40	1.20	3.50	9.70	52.70	41.20	29.80	95.70	678.90
2016	75.30	197.70	45.40	62.90	0.00	1.80	7.70	0.00	0.80	37.70	10.00	67.90	507.20
2017	115.70	73.10	123.00	43.90	19.30	0.00	5.10	0.00	51.20	69.90	37.60	150.80	689.60
2018	125.70	157.10	149.10	32.10	13.20	13.10	23.60	0.00	0.20	48.00	50.20	93.30	705.60
PROMEDIO	131.30	106.21	91.16	42.53	7.93	4.44	2.65	7.36	27.37	46.11	53.05	90.21	610.17
ESTÁNDAR	55.89	49.27	41.81	31.16	10.47	10.49	4.80	10.12	59.83	27.25	34.01	40.23	131.85
MAXIMO	287.80	242.90	235.00	169.10	43.50	51.00	23.60	44.80	436.00	143.10	159.50	193.20	1044.60
MINIMO	49.20	33.70	12.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	17.50	396.80

7. Análisis estadístico

Tabla 6

Estación Cabanillas, procesamiento estadístico

Análisis de los datos recopilados de la estación Cabanillas.	
Interpretación de datos	
Uniformidad del promedio	
Dimensión de la muestra	n=53.0

(1966–1992)n1=27.0	(1992–2018) n1=26.0
Promedio	
X1=634.290	X2=693.210
Estimación de dispersión	
S1=61.640	S2=63.790
desviación estándar ajustada	Sp=62.7050
desviación estándar ponderada de las discrepancias medias	17.2290
cálculo del tc calculado	-3.4190
cálculo de grados de libertad	v= 51.0
nivel de significancia α/2	5%/2=0.0250
cálculo del tt tabular	1.960
comparación del tc con el tt	NO CORREGIR
Uniformidad de estimación de dispersión	
S12=3799.960	S22=4069.370
cálculo del f calculado (fc)	
comparación del s12 y s22	S22>S12-1.0710
grados de libertad del numerador	GLN=25.0
grados de libertad del denominador	GLD=26.0
cálculo del ft tabular	1.840
comparación del fc y del ft	NO CORREGIR

Tabla 7

Estación Juliaca, procesamiento estadístico

Análisis de los datos recopilados de la estación Juliaca	
Interpretación de datos	
Uniformidad del promedio	
Dimensión de la muestra	n=53.0
(1966–1992)n1=27.0	(1992–2018) n1=26.0
Promedio	
X1=607.020	X2=613.440
Estimación de dispersión	
S1=57.280	S2=53.830
Desviación estándar ajustada	Sp=55.6140
Desviación estándar ponderada de las discrepancias medias	15.28
Cálculo del tc calculado	-0.42
Cálculo de grados de libertad	v= 57.0
Nivel de significancia α/2	5%/2 = 0.0250
Cálculo del tt tabular	1.97
Comparación del tc con el tt	NO CORREGIR
Uniformidad de estimación de dispersión	
S12=3280.710	S22=2897.550
cálculo del f calculado (fc)	
comparación del s12 y s22	S22>S12-1.1320
grados de libertad del numerador	GLN=25.0

grados de libertad del denominador	GLD=26.0
cálculo del ft tabular	1.8400
comparación del fc y del ft	NO CORREGIR

Tabla 8

Estación Lampa, procesamiento estadístico

Análisis de los datos recopilados de la estación Lampa	
Interpretación de datos	
Uniformidad del promedio	
Dimensión de la muestra	n=53
(1966–1990)n1=25.0	(1991–2018)n1=28.0
Promedio	
X1=749.220	X2=714.580
Estimación de dispersión	
S1=73.940	S2=63.440
Desviación estándar ajustada	Sp=68.5830
Desviación estándar ponderada de las discrepancias medias	18.8710
Cálculo del tc calculado	1.8360
Cálculo de grados de libertad	v= 57.0
Nivel de significancia α/2	5%/2=0.0250
Cálculo del tt tabular	1.9600
Comparación del tc con el tt	NO CORREGIR
Uniformidad de estimación de dispersión	
S12=5467.170	S22=4024.870
cálculo del f calculado (fc)	
comparación del s12 y s22	S22<S12-1.3580
grados de libertad del numerador	GLN=27.0
grados de libertad del denominador	GLD=24.0
cálculo del ft tabular	1.9400
comparación del fc y del ft	NO CORREGIR

Tabla 9

Estación Pampahuata, procesamiento estadístico

Análisis de los datos recopilados de la estación Pampahuata	
Interpretación de datos	
Uniformidad del promedio	
Dimensión de la muestra	n=53.0
(1966–1992)n1=27.0	(1993–2018)n1=26
Promedio	
X1=746.660	X2=830.440
Estimación de dispersión	

S1=72.210	S2=75.170
Desviación estándar ajustada	Sp=73.6770
Desviación estándar ponderada de las discrepancias medias	20.2140
Cálculo del tc calculado	-3.2450
Cálculo de grados de libertad	v=570
Nivel de significancia α/2	5%/2=0.0250
Cálculo del tt tabular	1.9600
Comparación del tc con el tt	NO CORREGIR
Uniformidad de estimación de dispersión	
S12=5214.750	S22=5650.350
cálculo del f calculado (fc)	
comparación del s12 y s22	S22>S12-1.0840
grados de libertad del numerador	GLN=25.0
grados de libertad del denominador	GLD=26.0
cálculo del ft tabular	1.8400
comparación del fc y del ft	NO CORREGIR

Tabla 10

Estación Santa Lucia, procesamiento estadístico

Análisis de los datos recopilados de la estación Santa lucia	
Interpretación de datos	
Uniformidad del promedio	
Dimensión de la muestra	n=53.0
(1966–1992)n1=27.0	(1993–2018)n1=26.0
Promedio	
X1=679.860	X2=647.850
Estimación de dispersión	
S1=68.360	S2=61.410
Desviación estándar ajustada	Sp=65.0460
Desviación estándar ponderada de las discrepancias medias	18.8730
Cálculo del tc calculado	1.7910
Cálculo de grados de libertad	v=57.0
Nivel de significancia α/2	5%/2=0.0250
Cálculo del tt tabular	1.9600
Comparación del tc con el tt	NO CORREGIR
Uniformidad de estimación de dispersión	
S12=4672.550	S22=3771.750
cálculo del f calculado (fc)	
comparación del s12 y s22	S22<S12-1.2380
grados de libertad del numerador	GLN=25.0
grados de libertad del denominador	GLD=26.0
cálculo del ft tabular	1.8400

comparación del fc y del ft	NO CORREGIR

Tabla 11

Estación Rio Verde, procesamiento estadístico

Análisis de los datos recopilados de la estación rio verde	
Interpretación de datos	
Uniformidad del promedio	
Dimensión de la muestra	n=53.0
(1966–1992)n1=27.0	(1993–2018)n1=26.0
Promedio	
X1=121.690	X2=131.830
Estimación de dispersión	
S1=14.470	S2=15.650
Desviación estándar ajustada	Sp=15.0590
Desviación estándar ponderada de las discrepancias medias	4.1370
Cálculo del tc calculado	-.2.4500
Cálculo de grados de libertad	v= 57.0
Nivel de significancia α/2	5%/2=0.0250
Cálculo del tt tabular	2.6200
Comparación del tc con el tt	NO CORREGIR
Uniformidad de estimación de dispersión	
S12=209.350	S22=244.910
cálculo del f calculado (fc)	
comparación del s12 y s22	S22<S12-1.1690
grados de libertad del numerador	GLN=25.0
grados de libertad del denominador	GLD=26.0
cálculo del ft tabular	1.8400
comparación del fc y del ft	NO CORREGIR

Tabla 12

Estación isla Cabanillas, procesamiento estadístico

Análisis de los datos recopilados de la estación isla cabanillas	
Interpretación de datos	
Uniformidad del promedio	
Dimensión de la muestra	n=53.0
(1966–1992)n1=27.0	(1991–2018)n1=26.0
Promedio	
X1=243.590	X2=274.330
Estimación de dispersión	
S1=24.070	S2=28.660

desviación estándar ajustada	Sp=26.4130
desviación estándar ponderada de las discrepancias medias	7.2590
cálculo del tc calculado	-.4.2350
cálculo de grados de libertad	v=57.0
nivel de significancia α/2	5%/2=0.0250
cálculo del tt tabular	2.6200
Comparación del tc con el tt	NO CORREGIR
Uniformidad de estimación de dispersión	
S12=579.230	S22=821.510
cálculo del f calculado (fc)	
comparación del s12 y s22	S22<S12-1.4180
grados de libertad del numerador	GLN=25.0
grados de libertad del denominador	GLD=26.0
cálculo del ft tabular	1.8400
comparación del fc y del ft	NO CORREGIR

Tabla 13

Estación Puente unocolla, procesamiento estadístico

Análisis de los datos recopilados de la estación puente unocolla Interpretación de datos	
Uniformidad del promedio	
Dimensión de la muestra	n=53.0
(1966–1992)n1=27.0	(1993–2018)n1=26.0
Promedio	
X1=345.390	X2=459.420
Estimación de dispersión	
S1=35.890	S2=50.990
Desviación estándar ajustada	Sp=43.9440
Desviación estándar ponderada de las discrepancias medias	12.0750
Cálculo del tc calculado	-.9.4440
Cálculo de grados de libertad	v=57.0
Nivel de significancia α/2	5%/2=0.0250
Cálculo del tt tabular	2.6200
Comparación del tc con el tt	NO CORREGIR
Uniformidad de estimación de dispersión	
S12=1288.050	S22=2599.860
cálculo del f calculado (fc)	
comparación del s12 y s22	S22<S12-1.4180
grados de libertad del numerador	GLN=25.0
grados de libertad del denominador	GLD=26.0
cálculo del ft tabular	1.8400
comparación del fc y del ft	NO CORREGIR

4.1.1 Regiones que presentan homogeneidad mediante el desarrollo de los métodos de regionalización L – momentos en las estaciones pluviométricas Lagunilla, Lampa, Pampa huata, Juliaca

4.1.1.1 Homogeneidad de precipitaciones máximas

Tabla 14

Cálculo de ratios Tr1

t	n	V	t	n	V
0.59544244	1	0.354530314	1.05608E-07	38	1.22539E-08
0.70910341	2	0.251388349	6.45381E-08	39	1.25779E-08
0.63334540	3	0.133686048	3.94141E-08	40	1.29014E-08
0.50282764	4	0.063190848	2.40555E-08	41	1.32245E-08
0.37425615	5	0.028000091	1.4673E-08	42	1.35475E-08
0.26741759	6	0.011909091	8.94498E-09	43	1.38702E-08
0.18577042	7	0.004923422	5.45009E-09	44	1.41929E-08
0.12641782	8	0.001993145	3.31897E-09	45	1.45156E-08
0.08468385	9	0.000793778	2.02017E-09	46	1.48382E-08
0.05602707	10	0.000311894	1.22905E-09	47	1.51608E-08
0.03669698	11	0.00012111	7.47396E-10	48	1.54834E-08
0.02383739	12	4.64994E-05	4.54303E-10	49	1.5806E-08
0.01537661	13	1.76396E-05	2.76032E-10	50	1.61285E-08
0.00986019	14	6.59485E-06	1.67648E-10	51	1.64511E-08
0.00629054	15	2.41694E-06	1.01782E-10	52	1.67737E-08
0.00399537	16	8.5933E-07	6.1771E-11	53	1.70963E-08
0.00252770	17	2.90526E-07	3.74751E-11	54	1.74188E-08
0.00159363	18	8.96549E-08	2.27275E-11	55	1.77414E-08
0.00100164	19	2.29534E-08	1.3779E-11	56	1.8064E-08
0.00062781	20	3.60733E-09	8.35108E-12	57	1.83865E-08
0.00039251	21	1.12176E-11	5.05983E-12	58	1.87091E-08
0.00024485	22	1.02651E-09	3.06478E-12	59	1.90317E-08
0.00015242	23	2.9542E-09	1.85583E-12	60	1.93543E-08
0.00009470	24	4.7136E-09	1.12346E-12	61	1.96768E-08
0.00005874	25	6.09231E-09	6.79921E-13	62	1.99994E-08
0.00003638	26	7.13111E-09	4.11384E-13	63	2.0322E-08
0.00002249	27	7.92021E-09	2.48844E-13	64	2.06445E-08
0.00001389	28	8.53997E-09	1.50487E-13	65	2.09671E-08
0.00000857	29	9.04941E-09	9.0985E-14	66	2.12897E-08
0.00000528	30	9.48853E-09	5.49972E-14	67	2.16123E-08
0.00000325	31	9.88343E-09	3.32364E-14	68	2.19348E-08
0.00000200	32	1.02507E-08	2.00814E-14	69	2.22574E-08
0.00000123	33	1.06009E-08	1.21306E-14	70	2.258E-08

0.00000075	34	1.09404E-08	7.32628E-15	71	2.29025E-08
0.00000046	35	1.12734E-08	4.42382E-15	72	2.32251E-08
0.00000028	36	1.16024E-08	2.67071E-15	73	2.35477E-08
0.00000017	37	1.19289E-08	1.61204E-15	74	2.38702E-08
			9.72849E-16	75	2.41928E-08

t	n	V	t	n	V
5.86999E-16	76	2.45154E-08	2.44704E-24	114	3.67731E-08
3.54123E-16	77	2.4838E-08	1.46985E-24	115	3.70957E-08
2.13598E-16	78	2.51605E-08	8.82822E-25	116	3.74182E-08
1.28816E-16	79	2.54831E-08	5.30202E-25	117	3.77408E-08
7.76735E-17	80	2.58057E-08	3.18403E-25	118	3.80634E-08
4.68282E-17	81	2.61282E-08	1.91197E-25	119	3.83859E-08
2.82278E-17	82	2.64508E-08	1.14804E-25	120	3.87085E-08
1.7013E-17	83	2.67734E-08	6.89286E-26	121	3.90311E-08
1.02523E-17	84	2.7096E-08	4.13822E-26	122	3.93537E-08
6.17733E-18	85	2.74185E-08	2.48427E-26	123	3.96762E-08
3.72152E-18	86	2.77411E-08	1.49127E-26	124	3.99988E-08
2.24172E-18	87	2.80637E-08	8.95125E-27	125	4.03214E-08
1.35016E-18	88	2.83862E-08	5.37259E-27	126	4.06439E-08
8.13076E-19	89	2.87088E-08	3.22446E-27	127	4.09665E-08
4.8958E-19	90	2.90314E-08	1.9351E-27	128	4.12891E-08
2.94756E-19	91	2.9354E-08	1.16124E-27	129	4.16116E-08
1.77439E-19	92	2.96765E-08	6.96812E-28	130	4.19342E-08
1.06803E-19	93	2.99991E-08	4.18103E-28	131	4.22568E-08
6.42788E-20	94	3.03217E-08	2.50857E-28	132	4.25794E-08
3.86815E-20	95	3.06442E-08	1.50502E-28	133	4.29019E-08
2.32751E-20	96	3.09668E-08	9.02893E-29	134	4.32245E-08
1.40033E-20	97	3.12894E-08	5.41633E-29	135	4.35471E-08
8.42413E-21	98	3.16119E-08	3.249E-29	136	4.38696E-08
5.06727E-21	99	3.19345E-08	1.94882E-29	137	4.41922E-08
3.04775E-21	100	3.22571E-08	1.16888E-29	138	4.45148E-08
1.8329E-21	101	3.25797E-08	7.01044E-30	139	4.48374E-08
1.1022E-21	102	3.29022E-08	4.20434E-30	140	4.51599E-08
6.62728E-22	103	3.32248E-08	2.52133E-30	141	4.54825E-08
3.98448E-22	104	3.35474E-08	1.51195E-30	142	4.58051E-08
2.39534E-22	105	3.38699E-08	9.06621E-31	143	4.61276E-08
1.43987E-22	106	3.41925E-08	5.43616E-31	144	4.64502E-08
8.65448E-23	107	3.45151E-08	3.2594E-31	145	4.67728E-08
5.20141E-23	108	3.48377E-08	1.95417E-31	146	4.70954E-08
3.12582E-23	109	3.51602E-08	1.17156E-31	147	4.74179E-08
1.87832E-23	110	3.54828E-08	7.02345E-32	148	4.77405E-08
1.1286E-23	111	3.58054E-08	4.21032E-32	149	4.80631E-08

6.7807E-24	112	3.61279E-08	2.52383E-32	150	4.83856E-08
4.07356E-24	113	3.64505E-08	1.51281E-32	151	4.87082E-08
			9.06758E-33	152	4.90308E-08
			5.43474E-33	153	4.93533E-08
			3.25723E-33	154	4.96759E-08
			1.95209E-33	155	4.99985E-08
			1.16985E-33	156	5.03211E-08

t	n	V	t	n	V
7.01046E-34	157	5.06436E-08	3.10435E-43	199	6.41916E-08
4.20091E-34	158	5.09662E-08	1.85775E-43	200	6.45142E-08
2.51723E-34	159	5.12888E-08	1.11171E-43	201	6.48368E-08
1.50829E-34	160	5.16113E-08	6.65256E-44	202	6.51593E-08
9.03715E-35	161	5.19339E-08	3.98082E-44	203	6.54819E-08
5.41453E-35	162	5.22565E-08	2.38203E-44	204	6.58045E-08
3.24394E-35	163	5.25791E-08	1.42531E-44	205	6.6127E-08
1.94343E-35	164	5.29016E-08	8.52832E-45	206	6.64496E-08
1.16426E-35	165	5.32242E-08	5.10277E-45	207	6.67722E-08
6.9745E-36	166	5.35468E-08	3.05309E-45	208	6.70947E-08
4.17793E-36	167	5.38693E-08	1.82668E-45	209	6.74173E-08
2.50261E-36	168	5.41919E-08	1.09289E-45	210	6.77399E-08
1.49903E-36	169	5.45145E-08	6.53849E-46	211	6.80625E-08
8.97869E-37	170	5.48371E-08	3.91175E-46	212	6.8385E-08
5.37774E-37	171	5.51596E-08	2.34021E-46	213	6.87076E-08
3.22086E-37	172	5.54822E-08	1.4E-46	214	6.90302E-08
1.92899E-37	173	5.58048E-08	8.37515E-47	215	6.93527E-08
1.15524E-37	174	5.61273E-08	5.01012E-47	216	6.96753E-08
6.91832E-38	175	5.64499E-08	2.99705E-47	217	6.99979E-08
4.143E-38	176	5.67725E-08	1.79279E-47	218	7.03205E-08
2.48094E-38	177	5.70951E-08	1.0724E-47	219	7.0643E-08
1.4856E-38	178	5.74176E-08	6.41469E-48	220	7.09656E-08
8.8956E-39	179	5.77402E-08	3.83694E-48	221	7.12882E-08
5.32641E-39	180	5.80628E-08	2.29502E-48	222	7.16107E-08
3.18919E-39	181	5.83853E-08	1.37271E-48	223	7.19333E-08
1.90947E-39	182	5.87079E-08	8.21033E-49	224	7.22559E-08
1.14323E-39	183	5.90305E-08	4.9106E-49	225	7.25785E-08
6.84445E-40	184	5.9353E-08	2.93698E-49	226	7.2901E-08
4.09763E-40	185	5.96756E-08	1.75654E-49	227	7.32236E-08
2.45309E-40	186	5.99982E-08	1.05053E-49	228	7.35462E-08
1.46853E-40	187	6.03208E-08	6.28271E-50	229	7.38687E-08
8.79099E-41	188	6.06433E-08	3.75733E-50	230	7.41913E-08
5.26237E-41	189	6.09659E-08	2.247E-50	231	7.45139E-08
3.15002E-41	190	6.12885E-08	1.34375E-50	232	7.48365E-08
1.88553E-41	191	6.1611E-08	8.03575E-51	233	7.5159E-08
1.1286E-41	192	6.19336E-08	4.80536E-51	234	7.54816E-08

6.75517E-42	193	6.22562E-08	2.87354E-51	235	7.58042E-08
4.04316E-42	194	6.25788E-08	1.71831E-51	236	7.61267E-08
2.41988E-42	195	6.29013E-08	1.02749E-51	237	7.64493E-08
1.44829E-42	196	6.32239E-08	6.14393E-52	238	7.67719E-08
8.66771E-43	197	6.35465E-08	3.67373E-52	239	7.70944E-08
5.18732E-43	198	6.3869E-08	2.19665E-52	240	7.7417E-08
			1.31343E-52	241	7.77396E-08

t	n	V	t	n	V
7.85315E-53	242	7.80622E-08	1.1496E-62	286	9.22553E-08
4.69542E-53	243	7.83847E-08	6.86912E-63	287	9.25779E-08
2.80736E-53	244	7.87073E-08	4.10442E-63	288	9.29004E-08
1.67847E-53	245	7.90299E-08	2.45243E-63	289	9.3223E-08
1.00351E-53	246	7.93524E-08	1.46533E-63	290	9.35456E-08
5.99963E-54	247	7.9675E-08	8.7553E-64	291	9.38681E-08
3.5869E-54	248	7.99976E-08	5.23119E-64	292	9.41907E-08
2.1444E-54	249	8.03202E-08	3.12554E-64	293	9.45133E-08
1.282E-54	250	8.06427E-08	1.86743E-64	294	9.48358E-08
7.66409E-55	251	8.09653E-08	1.11573E-64	295	9.51584E-08
4.5817E-55	252	8.12879E-08	6.66605E-65	296	9.5481E-08
2.73897E-55	253	8.16104E-08	3.98266E-65	297	9.58036E-08
1.63734E-55	254	8.1933E-08	2.37943E-65	298	9.61261E-08
9.78782E-56	255	8.22556E-08	1.42157E-65	299	9.64487E-08
5.85094E-56	256	8.25782E-08	8.49293E-66	300	9.67713E-08
3.49751E-56	257	8.29007E-08	5.07391E-66	301	9.70938E-08
2.09067E-56	258	8.32233E-08	3.03126E-66	302	9.74164E-08
1.2497E-56	259	8.35459E-08	1.81092E-66	303	9.7739E-08
7.46996E-57	260	8.38684E-08	1.08185E-66	304	9.80616E-08
4.46504E-57	261	8.4191E-08	6.46301E-67	305	9.83841E-08
2.66886E-57	262	8.45136E-08	3.86097E-67	306	9.87067E-08
1.59522E-57	263	8.48361E-08	2.3065E-67	307	9.90293E-08
9.53472E-58	264	8.51587E-08	1.37786E-67	308	9.93518E-08
5.69888E-58	265	8.54813E-08	8.23101E-68	309	9.96744E-08
3.40616E-58	266	8.58039E-08	4.91695E-68	310	9.9997E-08
2.0358E-58	267	8.61264E-08	2.93721E-68	311	1.0032E-07
1.21674E-58	268	8.6449E-08	1.75456E-68	312	1.00642E-07
7.27202E-59	269	8.67716E-08	1.04809E-68	313	1.00965E-07
4.34617E-59	270	8.70941E-08	6.2607E-69	314	1.01287E-07
2.59748E-59	271	8.74167E-08	3.73976E-69	315	1.0161E-07
1.55236E-59	272	8.77393E-08	2.23388E-69	316	1.01932E-07
9.27737E-60	273	8.80619E-08	1.33436E-69	317	1.02255E-07
5.54437E-60	274	8.83844E-08	7.97039E-70	318	1.02578E-07
3.3134E-60	275	8.8707E-08	4.76083E-70	319	1.029E-07
1.98012E-60	276	8.90296E-08	2.84369E-70	320	1.03223E-07
1.18332E-60	277	8.93521E-08	1.69854E-70	321	1.03545E-07

7.07141E-61	278	8.96747E-08	1.01454E-70	322	1.03868E-07
4.22576E-61	279	8.99973E-08	6.05974E-71	323	1.0419E-07
2.52522E-61	280	9.03199E-08	3.6194E-71	324	1.04513E-07
1.50899E-61	281	9.06424E-08	2.16179E-71	325	1.04836E-07
9.01715E-62	282	9.0965E-08	1.29118E-71	326	1.05158E-07
5.38823E-62	283	9.12876E-08	7.71185E-72	327	1.05481E-07
3.21972E-62	284	9.16101E-08	4.606E-72	328	1.05803E-07
1.92391E-62	285	9.19327E-08	2.75097E-72	329	1.06126E-07

t	n	V	t	n	V
1.64302E-72	330	1.06448E-07	2.30649E-82	374	1.20642E-07
9.81291E-73	331	1.06771E-07	1.37706E-82	375	1.20964E-07
5.86067E-73	332	1.07094E-07	8.22144E-83	376	1.21287E-07
3.50021E-73	333	1.07416E-07	4.90842E-83	377	1.21609E-07
2.09043E-73	334	1.07739E-07	2.93043E-83	378	1.21932E-07
1.24846E-73	335	1.08061E-07	1.74952E-83	379	1.22254E-07
7.45603E-74	336	1.08384E-07	1.04449E-83	380	1.22577E-07
4.45285E-74	337	1.08706E-07	6.23568E-84	381	1.229E-07
2.65929E-74	338	1.09029E-07	3.72274E-84	382	1.23222E-07
1.58814E-74	339	1.09352E-07	2.22248E-84	383	1.23545E-07
9.48433E-75	340	1.09674E-07	1.32681E-84	384	1.23867E-07
5.66398E-75	341	1.09997E-07	7.92098E-85	385	1.2419E-07
3.38247E-75	342	1.10319E-07	4.72874E-85	386	1.24512E-07
2.01995E-75	343	1.10642E-07	2.82299E-85	387	1.24835E-07
1.20627E-75	344	1.10964E-07	1.68527E-85	388	1.25158E-07
7.20354E-76	345	1.11287E-07	1.00607E-85	389	1.2548E-07
4.30172E-76	346	1.1161E-07	6.00595E-86	390	1.25803E-07
2.56883E-76	347	1.11932E-07	3.58537E-86	391	1.26125E-07
1.534E-76	348	1.12255E-07	2.14034E-86	392	1.26448E-07
9.16033E-77	349	1.12577E-07	1.2777E-86	393	1.2677E-07
5.47008E-77	350	1.129E-07	7.62733E-87	394	1.27093E-07
3.26642E-77	351	1.13222E-07	4.55316E-87	395	1.27416E-07
1.95051E-77	352	1.13545E-07	2.71801E-87	396	1.27738E-07
1.16472E-77	353	1.13868E-07	1.62251E-87	397	1.28061E-07
6.95486E-78	354	1.1419E-07	9.68542E-88	398	1.28383E-07
4.15291E-78	355	1.14513E-07	5.7816E-88	399	1.28706E-07
2.47979E-78	356	1.14835E-07	3.45124E-88	400	1.29028E-07
1.48072E-78	357	1.15158E-07	2.06015E-88	401	1.29351E-07
8.84152E-79	358	1.1548E-07	1.22976E-88	402	1.29674E-07
5.27932E-79	359	1.15803E-07	7.34073E-89	403	1.29996E-07
3.15229E-79	360	1.16126E-07	4.38183E-89	404	1.30319E-07
1.88222E-79	361	1.16448E-07	2.61559E-89	405	1.30641E-07
1.12386E-79	362	1.16771E-07	1.56128E-89	406	1.30964E-07
6.71042E-80	363	1.17093E-07	9.3194E-90	407	1.31286E-07
4.00667E-80	364	1.17416E-07	5.5628E-90	408	1.31609E-07

2.3923E-80	365	1.17738E-07	3.32045E-90	409	1.31932E-07
1.42838E-80	366	1.18061E-07	1.98197E-90	410	1.32254E-07
8.52841E-81	367	1.18384E-07	1.18303E-90	411	1.32577E-07
5.09202E-81	368	1.18706E-07	7.06138E-91	412	1.32899E-07
3.04024E-81	369	1.19029E-07	4.21485E-91	413	1.33222E-07
1.81519E-81	370	1.19351E-07	2.51578E-91	414	1.33544E-07
1.08377E-81	371	1.19674E-07	1.50162E-91	415	1.33867E-07
6.47059E-82	372	1.19996E-07	8.96283E-92	416	1.34189E-07
3.86322E-82	373	1.20319E-07	5.34968E-92	417	1.34512E-07

t	n	V	t	n	V
3.19306E-92	418	1.34835E-07	4.3714E-102	462	1.49028E-07
1.90583E-92	419	1.35157E-07	2.6086E-102	463	1.4935E-07
1.13752E-92	420	1.3548E-07	1.5566E-102	464	1.49673E-07
6.78942E-93	421	1.35802E-07	9.2887E-103	465	1.49995E-07
4.05231E-93	422	1.36125E-07	5.5428E-103	466	1.50318E-07
2.41864E-93	423	1.36447E-07	3.3075E-103	467	1.50641E-07
1.44356E-93	424	1.3677E-07	1.9736E-103	468	1.50963E-07
8.61586E-94	425	1.37093E-07	1.1777E-103	469	1.51286E-07
5.14232E-94	426	1.37415E-07	7.0275E-104	470	1.51608E-07
3.06914E-94	427	1.37738E-07	4.1933E-104	471	1.51931E-07
1.83178E-94	428	1.3806E-07	2.5022E-104	472	1.52253E-07
1.09327E-94	429	1.38383E-07	1.4931E-104	473	1.52576E-07
6.52495E-95	430	1.38705E-07	8.9092E-105	474	1.52899E-07
3.89427E-95	431	1.39028E-07	5.3161E-105	475	1.53221E-07
2.32419E-95	432	1.39351E-07	3.1721E-105	476	1.53544E-07
1.38713E-95	433	1.39673E-07	1.8928E-105	477	1.53866E-07
8.27861E-96	434	1.39996E-07	1.1294E-105	478	1.54189E-07
4.9408E-96	435	1.40318E-07	6.739E-106	479	1.54511E-07
2.94872E-96	436	1.40641E-07	4.021E-106	480	1.54834E-07
1.75982E-96	437	1.40963E-07	2.3993E-106	481	1.55157E-07
1.05027E-96	438	1.41286E-07	1.4316E-106	482	1.55479E-07
6.26803E-97	439	1.41609E-07	8.5421E-107	483	1.55802E-07
3.74075E-97	440	1.41931E-07	5.0969E-107	484	1.56124E-07
2.23247E-97	441	1.42254E-07	3.0412E-107	485	1.56447E-07
1.33232E-97	442	1.42576E-07	1.8146E-107	486	1.56769E-07
7.95114E-98	443	1.42899E-07	1.0827E-107	487	1.57092E-07
4.74514E-98	444	1.43221E-07	6.4601E-108	488	1.57415E-07
2.83182E-98	445	1.43544E-07	3.8545E-108	489	1.57737E-07
1.68997E-98	446	1.43867E-07	2.2998E-108	490	1.5806E-07
1.00854E-98	447	1.44189E-07	1.3722E-108	491	1.58382E-07
6.0187E-99	448	1.44512E-07	8.1873E-109	492	1.58705E-07
3.5918E-99	449	1.44834E-07	4.885E-109	493	1.59027E-07
2.1435E-99	450	1.45157E-07	2.9146E-109	494	1.5935E-07
1.2791E-99	451	1.45479E-07	1.739E-109	495	1.59673E-07

7.6335E-100	452	1.45802E-07	1.0376E-109	496	1.59995E-07
4.5554E-100	453	1.46125E-07	6.1906E-110	497	1.60318E-07
2.7184E-100	454	1.46447E-07	3.6935E-110	498	1.6064E-07
1.6222E-100	455	1.4677E-07	2.2037E-110	499	1.60963E-07
9.6807E-101	456	1.47092E-07	1.3148E-110	500	1.61285E-07
5.777E-101	457	1.47415E-07	7.8446E-111	501	1.61608E-07
3.4474E-101	458	1.47737E-07	4.6803E-111	502	1.61931E-07
2.0572E-101	459	1.4806E-07	2.7924E-111	503	1.62253E-07
1.2276E-101	460	1.48383E-07	1.666E-111	504	1.62576E-07
7.3256E-102	461	1.48705E-07	9.9399E-112	505	1.62898E-07

t	n	V	t	n	V
5.9304E-112	506	1.63221E-07	7.9845E-122	550	1.77414E-07
3.5382E-112	507	1.63543E-07	4.7629E-122	551	1.77737E-07
2.1109E-112	508	1.63866E-07	2.8412E-122	552	1.78059E-07
1.2594E-112	509	1.64189E-07	1.6948E-122	553	1.78382E-07
7.5138E-113	510	1.64511E-07	1.011E-122	554	1.78704E-07
4.4828E-113	511	1.64834E-07	6.0308E-123	555	1.79027E-07
2.6745E-113	512	1.65156E-07	3.5975E-123	556	1.79349E-07
1.5956E-113	513	1.65479E-07	2.1459E-123	557	1.79672E-07
9.5195E-114	514	1.65801E-07	1.2801E-123	558	1.79995E-07
5.6793E-114	515	1.66124E-07	7.6358E-124	559	1.80317E-07
3.3883E-114	516	1.66447E-07	4.5548E-124	560	1.8064E-07
2.0214E-114	517	1.66769E-07	2.717E-124	561	1.80962E-07
1.206E-114	518	1.67092E-07	1.6207E-124	562	1.81285E-07
7.1948E-115	519	1.67414E-07	9.6674E-125	563	1.81607E-07
4.2923E-115	520	1.67737E-07	5.7666E-125	564	1.8193E-07
2.5607E-115	521	1.68059E-07	3.4398E-125	565	1.82253E-07
1.5277E-115	522	1.68382E-07	2.0518E-125	566	1.82575E-07
9.114E-116	523	1.68705E-07	1.2239E-125	567	1.82898E-07
5.4373E-116	524	1.69027E-07	7.3004E-126	568	1.8322E-07
3.2438E-116	525	1.6935E-07	4.3546E-126	569	1.83543E-07
1.9351E-116	526	1.69672E-07	2.5975E-126	570	1.83865E-07
1.1545E-116	527	1.69995E-07	1.5494E-126	571	1.84188E-07
6.8872E-117	528	1.70317E-07	9.2418E-127	572	1.84511E-07
4.1087E-117	529	1.7064E-07	5.5126E-127	573	1.84833E-07
2.4511E-117	530	1.70963E-07	3.2881E-127	574	1.85156E-07
1.4623E-117	531	1.71285E-07	1.9613E-127	575	1.85478E-07
8.7233E-118	532	1.71608E-07	1.1699E-127	576	1.85801E-07
5.204E-118	533	1.7193E-07	6.978E-128	577	1.86123E-07
3.1045E-118	534	1.72253E-07	4.1622E-128	578	1.86446E-07
1.852E-118	535	1.72575E-07	2.4827E-128	579	1.86769E-07
1.1048E-118	536	1.72898E-07	1.4808E-128	580	1.87091E-07
6.5908E-119	537	1.73221E-07	8.8327E-129	581	1.87414E-07
3.9318E-119	538	1.73543E-07	5.2684E-129	582	1.87736E-07

2.3455E-119	539	1.73866E-07	3.1424E-129	583	1.88059E-07
1.3992E-119	540	1.74188E-07	1.8743E-129	584	1.88381E-07
8.3468E-120	541	1.74511E-07	1.118E-129	585	1.88704E-07
4.9793E-120	542	1.74833E-07	6.6683E-130	586	1.89027E-07
2.9703E-120	543	1.75156E-07	3.9773E-130	587	1.89349E-07
1.7719E-120	544	1.75479E-07	2.3723E-130	588	1.89672E-07
1.057E-120	545	1.75801E-07	1.415E-130	589	1.89994E-07
6.3055E-121	546	1.76124E-07	8.4397E-131	590	1.90317E-07
3.7614E-121	547	1.76446E-07	5.0339E-131	591	1.90639E-07
2.2438E-121	548	1.76769E-07	3.0025E-131	592	1.90962E-07
1.3385E-121	549	1.77091E-07	1.7908E-131	593	1.91285E-07

t	n	V
1.0681E-131	594	1.9161E-07
6.3708E-132	595	1.9193E-07
3.7998E-132	596	1.9225E-07
2.2664E-132	597	1.9258E-07
1.3517E-132	598	1.929E-07
8.0623E-133	599	1.9322E-07
4.8087E-133	600	1.9354E-07
2.8681E-133	601	1.9387E-07
1.7106E-133	602	1.9419E-07
1.0203E-133	603	1.9451E-07
6.0851E-134	604	1.9483E-07
3.6293E-134	605	1.9516E-07
2.1646E-134	606	1.9548E-07
1.291E-134	607	1.958E-07
7.7001E-135	608	1.9612E-07
4.5925E-135	609	1.9645E-07
2.7391E-135	610	1.9677E-07
1.6336E-135	611	1.9709E-07
9.7432E-136	612	1.9741E-07
5.811E-136	613	1.9774E-07
3.4658E-136	614	1.9806E-07
2.067E-136	615	1.9838E-07
1.2328E-136	616	1.987E-07
7.3525E-137	617	1.9903E-07
4.3851E-137	618	1.9935E-07
2.6153E-137	619	1.9967E-07
1.5598E-137	620	1.9999E-07
9.3025E-138	621	2.0032E-07
5.548E-138	622	2.0064E-07
3.3088E-138	623	2.0096E-07
1.9734E-138	624	2.0128E-07
1.1769E-138	625	2.0161E-07

7.0191E-139	626	2.0193E-07
4.1861E-139	627	2.0225E-07
2.4966E-139	628	2.0258E-07
1.4889E-139	629	2.029E-07
8.8799E-140	630	2.0322E-07
5.2958E-140	631	2.0354E-07
3.1584E-140	632	2.0387E-07
1.8836E-140	633	2.0419E-07
1.1233E-140	634	2.0451E-07
6.6994E-141	635	2.0483E-07
3.9954E-141	636	2.0516E-07
3.638137854	200000	0.85098776

Tabla 15

Cálculo de ratios Tr2

t2	n	V3	t2	n	V3
0.334711568	1	0.683051718	1.33132E-18	41	0.000752087
0.224063668	2	0.743624824	4.56478E-19	42	0.00077044
0.112495052	3	0.643203514	1.56426E-19	43	0.00078879
0.050204527	4	0.505254776	5.35753E-20	44	0.000807137
0.021005045	5	0.37475443	1.83398E-20	45	0.000825484
0.008436758	6	0.267442232	6.27496E-21	46	0.000843829
0.003294527	7	0.185673463	2.14596E-21	47	0.000862174
0.001260247	8	0.12628013	7.3356E-22	48	0.000880519
0.000474547	9	0.084523359	2.50646E-22	49	0.000898863
0.000176485	10	0.055847636	8.56064E-23	50	0.000917207
6.49786E-05	11	0.036499427	2.92265E-23	51	0.000935552
2.37263E-05	12	0.023621876	9.97427E-24	52	0.000953896
8.60325E-06	13	0.015143179	3.4027E-24	53	0.00097224
3.10112E-06	14	0.009608867	1.16041E-24	54	0.000990584
1.11212E-06	15	0.006021388	3.95596E-25	55	0.001008928
3.97056E-07	16	0.003708477	1.34818E-25	56	0.001027272
1.41205E-07	17	0.002223276	4.5931E-26	57	0.001045617
5.00433E-08	18	0.001272123	1.56434E-26	58	0.001063961
1.76806E-08	19	0.000664187	5.32629E-27	59	0.001082305
6.22937E-09	20	0.000278784	1.81299E-27	60	0.001100649
2.1893E-09	21	7.98839E-05	6.16941E-28	61	0.001118993
7.67677E-10	22	0.000171256	2.09883E-28	62	0.001137337
2.6863E-10	23	0.000274443	7.13832E-29	63	0.001155682
9.38228E-11	24	0.000348072	2.4272E-29	64	0.001174026
3.27121E-11	25	0.000401271	8.25107E-30	65	0.00119237
1.13871E-11	26	0.000441396	2.80422E-30	66	0.001210714
3.95798E-12	27	0.000473292	9.52825E-31	67	0.001229058

1.37385E-12	28	0.000500046	3.23682E-31	68	0.001247402
4.76265E-13	29	0.000523597	1.09933E-31	69	0.001265746
1.64908E-13	30	0.00054516	3.73292E-32	70	0.001284091
5.70367E-14	31	0.000565491	1.2673E-32	71	0.001302435
1.97067E-14	32	0.000585059	4.30155E-33	72	0.001320779
6.80217E-15	33	0.000604157	1.45977E-33	73	0.001339123
2.34576E-15	34	0.000622965	4.95296E-34	74	0.001357467
8.08246E-16	35	0.000641594	1.68022E-34	75	0.001375811
2.78259E-16	36	0.000660113	5.69887E-35	76	0.001394155
9.57235E-17	37	0.000678565	1.93257E-35	77	0.0014125
3.29057E-17	38	0.000696974	6.55256E-36	78	0.001430844
1.13038E-17	39	0.000715359	2.22134E-36	79	0.001449188
3.88051E-18	40	0.000733727	7.52918E-37	80	0.001467532
			2.55161E-37	81	0.001485876

t2	n	V3	t2	n	V3
8.64596E-38	82	0.00150422	4.21118E-57	123	0.002256331
2.92919E-38	83	0.001522565	1.42099E-57	124	0.002274675
9.92247E-39	84	0.001540909	4.79458E-58	125	0.002293019
3.3607E-39	85	0.001559253	1.61764E-58	126	0.002311363
1.1381E-39	86	0.001577597	5.4574E-59	127	0.002329707
3.85365E-40	87	0.001595941	1.84104E-59	128	0.002348051
1.30469E-40	88	0.001614285	6.2103E-60	129	0.002366395
4.41656E-41	89	0.001632629	2.09477E-60	130	0.00238474
1.49488E-41	90	0.001650974	7.06539E-61	131	0.002403084
5.05914E-42	91	0.001669318	2.38292E-61	132	0.002421428
1.71196E-42	92	0.001687662	8.03633E-62	133	0.002439772
5.79242E-43	93	0.001706006	2.71008E-62	134	0.002458116
1.95964E-43	94	0.00172435	9.13863E-63	135	0.00247646
6.62891E-44	95	0.001742694	3.08146E-63	136	0.002494805
2.24213E-44	96	0.001761039	1.03899E-63	137	0.002513149
7.58284E-45	97	0.001779383	3.50299E-64	138	0.002531493
2.56423E-45	98	0.001797727	1.18099E-64	139	0.002549837
8.67035E-46	99	0.001816071	3.98134E-65	140	0.002568181
2.93138E-46	100	0.001834415	1.34212E-65	141	0.002586525
9.90979E-47	101	0.001852759	4.52409E-66	142	0.002604869
3.34976E-47	102	0.001871103	1.52493E-66	143	0.002623214
1.1322E-47	103	0.001889448	5.1398E-67	144	0.002641558
3.82638E-48	104	0.001907792	1.7323E-67	145	0.002659902
1.29305E-48	105	0.001926136	5.83819E-68	146	0.002678246
4.36921E-49	106	0.00194448	1.96749E-68	147	0.00269659
1.47622E-49	107	0.001962824	6.63023E-69	148	0.002714934
4.98726E-50	108	0.001981168	2.23421E-69	149	0.002733279
1.68475E-50	109	0.001999512	7.52835E-70	150	0.002751623
5.69078E-51	110	0.002017857	2.53662E-70	151	0.002769967

1.92209E-51	111	0.002036201	8.5466E-71	152	0.002788311
6.49141E-52	112	0.002054545	2.87947E-71	153	0.002806655
2.19215E-52	113	0.002072889	9.7009E-72	154	0.002824999
7.40231E-53	114	0.002091233	3.26809E-72	155	0.002843343
2.49937E-53	115	0.002109577	1.10092E-72	156	0.002861688
8.43843E-54	116	0.002127922	3.70854E-73	157	0.002880032
2.84879E-54	117	0.002146266	1.2492E-73	158	0.002898376
9.61673E-55	118	0.00216461	4.20767E-74	159	0.00291672
3.24611E-55	119	0.002182954	1.41721E-74	160	0.002935064
1.09564E-55	120	0.002201298	4.77323E-75	161	0.002953408
3.69779E-56	121	0.002219642	1.60758E-75	162	0.002971752
1.24792E-56	122	0.002237986	5.41396E-76	163	0.002990097
			1.82323E-76	164	0.003008441
			6.13978E-77	165	0.003026785

t2	n	V3	t2	n	V3
2.06751E-77	166	0.003045129	9.4695E-98	209	0.003833928
6.96189E-78	167	0.003063473	3.18472E-98	210	0.003852272
2.34418E-78	168	0.003081817	1.07104E-98	211	0.003870616
7.89294E-79	169	0.003100162	3.6019E-99	212	0.00388896
2.65749E-79	170	0.003118506	1.2113E-99	213	0.003907304
8.94725E-80	171	0.00313685	4.0733E-100	214	0.003925648
3.01226E-80	172	0.003155194	1.3698E-100	215	0.003943992
1.0141E-80	173	0.003173538	4.6061E-101	216	0.003962337
3.41393E-81	174	0.003191882	1.5488E-101	217	0.003980681
1.14925E-81	175	0.003210226	5.208E-102	218	0.003999025
3.86865E-82	176	0.003228571	1.7512E-102	219	0.004017369
1.30224E-82	177	0.003246915	5.8882E-103	220	0.004035713
4.38337E-83	178	0.003265259	1.9798E-103	221	0.004054057
1.47541E-83	179	0.003283603	6.6566E-104	222	0.004072402
4.96595E-84	180	0.003301947	2.2381E-104	223	0.004090746
1.6714E-84	181	0.003320291	7.5247E-105	224	0.00410909
5.62526E-85	182	0.003338636	2.5299E-105	225	0.004127434
1.89319E-85	183	0.00335698	8.5053E-106	226	0.004145778
6.37134E-86	184	0.003375324	2.8594E-106	227	0.004164122
2.14415E-86	185	0.003393668	9.613E-107	228	0.004182466
7.21551E-87	186	0.003412012	3.2317E-107	229	0.004200811
2.4281E-87	187	0.003430356	1.0864E-107	230	0.004219155
8.17059E-88	188	0.0034487	3.6522E-108	231	0.004237499
2.74934E-88	189	0.003467045	1.2277E-108	232	0.004255843
9.25105E-89	190	0.003485389	4.127E-109	233	0.004274187
3.11273E-89	191	0.003503733	1.3873E-109	234	0.004292531
1.04732E-89	192	0.003522077	4.6632E-110	235	0.004310876
3.52376E-90	193	0.003540421	1.5675E-110	236	0.00432922
1.18556E-90	194	0.003558765	5.2688E-111	237	0.004347564

3.98865E-91	195	0.003577109	1.771E-111	238	0.004365908
1.34189E-91	196	0.003595454	5.9525E-112	239	0.004384252
4.51438E-92	197	0.003613798	2.0007E-112	240	0.004402596
1.51869E-92	198	0.003632142	6.7245E-113	241	0.00442094
5.10889E-93	199	0.003650486	2.2601E-113	242	0.004439285
1.7186E-93	200	0.00366883	7.5961E-114	243	0.004457629
5.78111E-94	201	0.003687174	2.553E-114	244	0.004475973
1.94463E-94	202	0.003705519	8.5801E-115	245	0.004494317
6.54113E-95	203	0.003723863	2.8836E-115	246	0.004512661
2.20018E-95	204	0.003742207	9.6909E-116	247	0.004531005
7.40034E-96	205	0.003760551	3.2568E-116	248	0.004549349
2.48906E-96	206	0.003778895	1.0945E-116	249	0.004567694
8.37163E-97	207	0.003797239	3.6781E-117	250	0.004586038
2.81562E-97	208	0.003815583	1.236E-117	251	0.004604382
			4.1536E-118	252	0.004622726

t2	n	V3	t2	n	V3
1.3958E-118	253	0.00464107	1.9951E-139	297	0.005448213
4.6903E-119	254	0.004659414	6.7003E-140	298	0.005466557
1.5761E-119	255	0.004677759	2.2502E-140	299	0.005484901
5.296E-120	256	0.004696103	7.5568E-141	300	0.005503245
1.7795E-120	257	0.004714447	2.5378E-141	301	0.005521589
5.9795E-121	258	0.004732791	8.5225E-142	302	0.005539934
2.0092E-121	259	0.004751135	2.862E-142	303	0.005558278
6.7509E-122	260	0.004769479	9.6111E-143	304	0.005576622
2.2683E-122	261	0.004787823	3.2275E-143	305	0.005594966
7.6213E-123	262	0.004806168	1.0838E-143	306	0.00561331
2.5607E-123	263	0.004824512	3.6396E-144	307	0.005631654
8.6035E-124	264	0.004842856	1.2222E-144	308	0.005649999
2.8906E-124	265	0.0048612	4.104E-145	309	0.005668343
9.7117E-125	266	0.004879544	1.3781E-145	310	0.005686687
3.2628E-125	267	0.004897888	4.6276E-146	311	0.005705031
1.0962E-125	268	0.004916233	1.5539E-146	312	0.005723375
3.6828E-126	269	0.004934577	5.2177E-147	313	0.005741719
1.2373E-126	270	0.004952921	1.752E-147	314	0.005760063
4.1566E-127	271	0.004971265	5.8829E-148	315	0.005778408
1.3964E-127	272	0.004989609	1.9753E-148	316	0.005796752
4.691E-128	273	0.005007953	6.6325E-149	317	0.005815096
1.5759E-128	274	0.005026297	2.227E-149	318	0.00583344
5.294E-129	275	0.005044642	7.4774E-150	319	0.005851784
1.7784E-129	276	0.005062986	2.5106E-150	320	0.005870128
5.9741E-130	277	0.00508133	8.4296E-151	321	0.005888473
2.0068E-130	278	0.005099674	2.8303E-151	322	0.005906817
6.7412E-131	279	0.005118018	9.5027E-152	323	0.005925161
2.2644E-131	280	0.005136362	3.1905E-152	324	0.005943505

7.6064E-132	281	0.005154706	1.0712E-152	325	0.005961849
2.555E-132	282	0.005173051	3.5964E-153	326	0.005980193
8.5822E-133	283	0.005191395	1.2075E-153	327	0.005998537
2.8827E-133	284	0.005209739	4.0539E-154	328	0.006016882
9.6828E-134	285	0.005228083	1.361E-154	329	0.006035226
3.2523E-134	286	0.005246427	4.5693E-155	330	0.00605357
1.0924E-134	287	0.005264771	1.534E-155	331	0.006071914
3.6691E-135	288	0.005283116	5.1501E-156	332	0.006090258
1.2324E-135	289	0.00530146	1.729E-156	333	0.006108602
4.1391E-136	290	0.005319804	5.8045E-157	334	0.006126946
1.3902E-136	291	0.005338148	1.9487E-157	335	0.006145291
4.6691E-137	292	0.005356492	6.5419E-158	336	0.006163635
1.5682E-137	293	0.005374836	2.1962E-158	337	0.006181979
5.2667E-138	294	0.00539318	7.3726E-159	338	0.006200323
1.7688E-138	295	0.005411525	2.475E-159	339	0.006218667
5.9405E-139	296	0.005429869	8.3085E-160	340	0.006237011

t2	n	V3	t2	n	V3
2.7891E-160	341	0.006255356	3.8343E-181	385	0.007062498
9.363E-161	342	0.0062737	1.2867E-181	386	0.007080842
3.1431E-161	343	0.006292044	4.318E-182	387	0.007099186
1.0551E-161	344	0.006310388	1.449E-182	388	0.007117531
3.5418E-162	345	0.006328732	4.8625E-183	389	0.007135875
1.1889E-162	346	0.006347076	1.6317E-183	390	0.007154219
3.9909E-163	347	0.00636542	5.4756E-184	391	0.007172563
1.3396E-163	348	0.006383765	1.8374E-184	392	0.007190907
4.4968E-164	349	0.006402109	6.1658E-185	393	0.007209251
1.5095E-164	350	0.006420453	2.069E-185	394	0.007227596
5.0668E-165	351	0.006438797	6.9428E-186	395	0.00724594
1.7007E-165	352	0.006457141	2.3297E-186	396	0.007264284
5.7087E-166	353	0.006475485	7.8175E-187	397	0.007282628
1.9162E-166	354	0.00649383	2.6232E-187	398	0.007300972
6.4318E-167	355	0.006512174	8.8022E-188	399	0.007319316
2.1589E-167	356	0.006530518	2.9536E-188	400	0.00733766
7.2463E-168	357	0.006548862	9.9107E-189	401	0.007356005
2.4322E-168	358	0.006567206	3.3255E-189	402	0.007374349
8.1636E-169	359	0.00658555	1.1159E-189	403	0.007392693
2.7401E-169	360	0.006603894	3.7441E-190	404	0.007411037
9.1968E-170	361	0.006622239	1.2563E-190	405	0.007429381
3.0868E-170	362	0.006640583	4.2154E-191	406	0.007447725
1.036E-170	363	0.006658927	1.4144E-191	407	0.00746607
3.4773E-171	364	0.006677271	4.7459E-192	408	0.007484414
1.1671E-171	365	0.006695615	1.5924E-192	409	0.007502758
3.9171E-172	366	0.006713959	5.3429E-193	410	0.007521102
1.3147E-172	367	0.006732303	1.7927E-193	411	0.007539446

4.4124E-173	368	0.006750648	6.015E-194	412	0.00755779
1.4809E-173	369	0.006768992	2.0182E-194	413	0.007576134
4.9701E-174	370	0.006787336	6.7714E-195	414	0.007594479
1.6681E-174	371	0.00680568	2.2719E-195	415	0.007612823
5.5982E-175	372	0.006824024	7.6228E-196	416	0.007631167
1.8788E-175	373	0.006842368	2.5576E-196	417	0.007649511
6.3055E-176	374	0.006860713	8.581E-197	418	0.007667855
2.1162E-176	375	0.006879057	2.879E-197	419	0.007686199
7.102E-177	376	0.006897401	9.6595E-198	420	0.007704543
2.3834E-177	377	0.006915745	3.2408E-198	421	0.007722888
7.9988E-178	378	0.006934089	1.0873E-198	422	0.007741232
2.6844E-178	379	0.006952433	3.648E-199	423	0.007759576
9.0086E-179	380	0.006970777	1.2239E-199	424	0.00777792
3.0232E-179	381	0.006989122	4.1063E-200	425	0.007796264
1.0146E-179	382	0.007007466	1.3776E-200	426	0.007814608
3.4048E-180	383	0.00702581	4.622E-201	427	0.007832953
1.1426E-180	384	0.007044154	1.5506E-201	428	0.007851297

t2	n	V3	t2	n	V3
5.2023E-202	429	0.007869641	6.9841E-223	473	0.008676783
1.7453E-202	430	0.007887985	2.3426E-223	474	0.008695128
5.8554E-203	431	0.007906329	7.8575E-224	475	0.008713472
1.9644E-203	432	0.007924673	2.6355E-224	476	0.008731816
6.5904E-204	433	0.007943017	8.84E-225	477	0.00875016
2.211E-204	434	0.007961362	2.9651E-225	478	0.008768504
7.4174E-205	435	0.007979706	9.9452E-226	479	0.008786848
2.4884E-205	436	0.00799805	3.3357E-226	480	0.008805193
8.3481E-206	437	0.008016394	1.1188E-226	481	0.008823537
2.8006E-206	438	0.008034738	3.7526E-227	482	0.008841881
9.3953E-207	439	0.008053082	1.2587E-227	483	0.008860225
3.1519E-207	440	0.008071427	4.2216E-228	484	0.008878569
1.0574E-207	441	0.008089771	1.4159E-228	485	0.008896913
3.5472E-208	442	0.008108115	4.7491E-229	486	0.008915257
1.19E-208	443	0.008126459	1.5928E-229	487	0.008933602
3.9919E-209	444	0.008144803	5.3423E-230	488	0.008951946
1.3392E-209	445	0.008163147	1.7918E-230	489	0.00897029
4.4924E-210	446	0.008181491	6.0097E-231	490	0.008988634
1.507E-210	447	0.008199836	2.0156E-231	491	0.009006978
5.0555E-211	448	0.00821818	6.7602E-232	492	0.009025322
1.6959E-211	449	0.008236524	2.2673E-232	493	0.009043667
5.689E-212	450	0.008254868	7.6044E-233	494	0.009062011
1.9084E-212	451	0.008273212	2.5504E-233	495	0.009080355
6.4018E-213	452	0.008291556	8.5538E-234	496	0.009098699
2.1475E-213	453	0.0083099	2.8688E-234	497	0.009117043
7.2038E-214	454	0.008328245	9.6216E-235	498	0.009135387

2.4165E-214	455	0.008346589	3.2269E-235	499	0.009153731
8.1061E-215	456	0.008364933	1.0823E-235	500	0.009172076
2.7192E-215	457	0.008383277	3.6297E-236	501	0.00919042
9.1213E-216	458	0.008401621	1.2173E-236	502	0.009208764
3.0597E-216	459	0.008419965	4.0826E-237	503	0.009227108
1.0263E-216	460	0.00843831	1.3692E-237	504	0.009245452
3.4427E-217	461	0.008456654	4.592E-238	505	0.009263796
1.1548E-217	462	0.008474998	1.5401E-238	506	0.00928214
3.8737E-218	463	0.008493342	5.1649E-239	507	0.009300485
1.2994E-218	464	0.008511686	1.7322E-239	508	0.009318829
4.3585E-219	465	0.00853003	5.8092E-240	509	0.009337173
1.462E-219	466	0.008548374	1.9482E-240	510	0.009355517
4.9039E-220	467	0.008566719	6.5337E-241	511	0.009373861
1.6449E-220	468	0.008585063	2.1912E-241	512	0.009392205
5.5175E-221	469	0.008603407	7.3485E-242	513	0.00941055
1.8507E-221	470	0.008621751	2.4644E-242	514	0.009428894
6.2077E-222	471	0.008640095	8.2647E-243	515	0.009447238
2.0822E-222	472	0.008658439	2.7717E-243	516	0.009465582

t2	n	V3	t2	n	V3
9.2951E-244	517	0.009483926	1.2281E-264	561	0.010291069
3.1172E-244	518	0.00950227	4.118E-265	562	0.010309413
1.0454E-244	519	0.009520614	1.3808E-265	563	0.010327757
3.5057E-245	520	0.009538959	4.6298E-266	564	0.010346101
1.1757E-245	521	0.009557303	1.5524E-266	565	0.010364445
3.9426E-246	522	0.009575647	5.2053E-267	566	0.01038279
1.3222E-246	523	0.009593991	1.7454E-267	567	0.010401134
4.4339E-247	524	0.009612335	5.8522E-268	568	0.010419478
1.4869E-247	525	0.009630679	1.9622E-268	569	0.010437822
4.9864E-248	526	0.009649024	6.5794E-269	570	0.010456166
1.6722E-248	527	0.009667368	2.2061E-269	571	0.01047451
5.6076E-249	528	0.009685712	7.3969E-270	572	0.010492854
1.8805E-249	529	0.009704056	2.4802E-270	573	0.010511199
6.3061E-250	530	0.0097224	8.3158E-271	574	0.010529543
2.1147E-250	531	0.009740744	2.7883E-271	575	0.010547887
7.0915E-251	532	0.009759088	9.3489E-272	576	0.010566231
2.3781E-251	533	0.009777433	3.1346E-272	577	0.010584575
7.9746E-252	534	0.009795777	1.051E-272	578	0.010602919
2.6742E-252	535	0.009814121	3.5239E-273	579	0.010621264
8.9675E-253	536	0.009832465	1.1815E-273	580	0.010639608
3.0071E-253	537	0.009850809	3.9616E-274	581	0.010657952
1.0084E-253	538	0.009869153	1.3283E-274	582	0.010676296
3.3815E-254	539	0.009887497	4.4535E-275	583	0.01069464
1.1339E-254	540	0.009905842	1.4932E-275	584	0.010712984
3.8024E-255	541	0.009924186	5.0064E-276	585	0.010731328

1.2751E-255	542	0.00994253	1.6786E-276	586	0.010749673
4.2756E-256	543	0.009960874	5.628E-277	587	0.010768017
1.4337E-256	544	0.009979218	1.887E-277	588	0.010786361
4.8077E-257	545	0.009997562	6.3266E-278	589	0.010804705
1.6122E-257	546	0.010015907	2.1212E-278	590	0.010823049
5.406E-258	547	0.010034251	7.1119E-279	591	0.010841393
1.8127E-258	548	0.010052595	2.3845E-279	592	0.010859737
6.0785E-259	549	0.010070939	7.9945E-280	593	0.010878082
2.0383E-259	550	0.010089283	2.6804E-280	594	0.010896426
6.8347E-260	551	0.010107627	8.9866E-281	595	0.01091477
2.2918E-260	552	0.010125971	3.013E-281	596	0.010933114
7.6848E-261	553	0.010144316	1.0102E-281	597	0.010951458
2.5769E-261	554	0.01016266	3.3868E-282	598	0.010969802
8.6406E-262	555	0.010181004	1.1355E-282	599	0.010988147
2.8973E-262	556	0.010199348	3.807E-283	600	0.011006491
9.7151E-263	557	0.010217692	1.2764E-283	601	0.011024835
3.2576E-263	558	0.010236036	4.2793E-284	602	0.011043179
1.0923E-263	559	0.01025438	1.4347E-284	603	0.011061523
3.6626E-264	560	0.010272725	4.8101E-285	604	0.011079867

t2	n	V3
1.6127E-285	605	0.01109821
5.4067E-286	606	0.01111656
1.8127E-286	607	0.0111349
6.0772E-287	608	0.01115324
2.0375E-287	609	0.01117159
6.8308E-288	610	0.01118993
2.2901E-288	611	0.01120828
7.6777E-289	612	0.01122662
2.574E-289	613	0.01124497
8.6296E-290	614	0.01126331
2.8931E-290	615	0.01128165
9.6994E-291	616	0.0113
3.2518E-291	617	0.01131834
1.0902E-291	618	0.01133669
3.6548E-292	619	0.01135503
1.2253E-292	620	0.01137337
4.1078E-293	621	0.01139172
1.3771E-293	622	0.01141006
4.6169E-294	623	0.01142841
1.5478E-294	624	0.01144675
5.189E-295	625	0.01146509
1.7396E-295	626	0.01148344
5.8319E-296	627	0.01150178
1.9551E-296	628	0.01152013

6.5544E-297	629	0.01153847
2.1973E-297	630	0.01155682
7.3664E-298	631	0.01157516
2.4695E-298	632	0.0115935
8.2789E-299	633	0.01161185
2.7754E-299	634	0.01163019
9.3043E-300	635	0.01164854
3.1192E-300	636	0.01166688
0.756224561	202566	7.47981915

Tabla 16

Cálculo de ratios Tr3

t3	n	V4	t3	n	V4
0.073372125	1	0.342657952	1.25765E-45	41	0.000154036
0.010766938	2	0.224321009	9.45269E-47	42	0.000157793
0.00118499	3	0.11249991	7.10077E-48	43	0.00016155
0.000115927	4	0.050202941	5.33115E-49	44	0.000165307
1.06323E-05	5	0.021002937	4.00048E-50	45	0.000169064
9.36134E-07	6	0.008434254	3.00046E-51	46	0.000172821
8.01338E-08	7	0.003291677	2.24936E-52	47	0.000176578
6.71953E-09	8	0.001257227	1.68552E-53	48	0.000180335
5.54654E-10	9	0.000471948	1.26247E-54	49	0.000184092
4.5218E-11	10	0.000176265	9.45203E-56	50	0.000187849
3.64951E-12	11	7.29869E-05	7.07386E-57	51	0.000191606
2.92115E-13	12	4.85312E-05	5.29201E-58	52	0.000195363
2.32192E-14	13	4.86321E-05	3.95753E-59	53	0.00019912
1.83469E-15	14	5.23404E-05	2.95851E-60	54	0.000202877
1.44231E-16	15	5.62407E-05	2.21092E-61	55	0.000206634
1.1288E-17	16	6.00685E-05	1.65169E-62	56	0.000210391
8.7999E-19	17	0.000063853	1.23352E-63	57	0.000214148
6.83648E-20	18	6.76201E-05	9.20941E-65	58	0.000217905
5.29474E-21	19	7.13807E-05	6.87364E-66	59	0.000221662
4.08933E-22	20	0.000075139	5.12882E-67	60	0.000225419
3.15045E-23	21	7.88964E-05	3.82584E-68	61	0.000229176
2.42162E-24	22	8.26536E-05	2.85312E-69	62	0.000232933
1.85756E-25	23	8.64106E-05	2.12716E-70	63	0.00023669
1.42219E-26	24	9.01676E-05	1.58551E-71	64	0.000240447
1.08697E-27	25	9.39246E-05	1.1815E-72	65	0.000244204
8.29434E-29	26	9.76816E-05	8.80231E-74	66	0.000247961
6.3198E-30	27	0.000101439	6.55629E-75	67	0.000251718
4.80871E-31	28	0.000105196	4.88229E-76	68	0.000255475
3.65426E-32	29	0.000108953	3.63492E-77	69	0.000259232
2.77367E-33	30	0.00011271	2.70567E-78	70	0.000262989
2.10293E-34	31	0.000116466	2.01357E-79	71	0.000266746

1.59274E-35	32	0.000120223	1.49821E-80	72	0.000270503
1.20515E-36	33	0.00012398	1.11453E-81	73	0.00027426
9.11038E-38	34	0.000127737	8.28959E-83	74	0.000278017
6.88108E-39	35	0.000131494	6.16444E-84	75	0.000281774
5.19304E-40	36	0.000135251	4.58329E-85	76	0.000285531
3.91609E-41	37	0.000139008	3.4071E-86	77	0.000289288
2.95097E-42	38	0.000142765	2.53233E-87	78	0.000293045
2.22217E-43	39	0.000146522	1.88185E-88	79	0.000296802
1.67226E-44	40	0.000150279	1.39823E-89	80	0.000300559
			1.03873E-90	81	0.000304316

t3	n	V4	t3	n	V4
7.7155E-92	82	0.000308073	3.55E-138	123	0.000462109
5.73006E-93	83	0.00031183	2.6259E-139	124	0.000465866
4.25492E-94	84	0.000315587	1.9422E-140	125	0.000469623
3.15909E-95	85	0.000319344	1.4364E-141	126	0.00047338
2.34516E-96	86	0.000323101	1.0623E-142	127	0.000477137
1.7407E-97	87	0.000326858	7.8558E-144	128	0.000480894
1.29187E-98	88	0.000330615	5.809E-145	129	0.000484651
9.5864E-100	89	0.000334372	4.2952E-146	130	0.000488408
7.1128E-101	90	0.000338129	3.1757E-147	131	0.000492165
5.2768E-102	91	0.000341886	2.3479E-148	132	0.000495922
3.9143E-103	92	0.000345643	1.7358E-149	133	0.000499679
2.9032E-104	93	0.000349399	1.2831E-150	134	0.000503436
2.153E-105	94	0.000353156	9.4849E-152	135	0.000507193
1.5965E-106	95	0.000356913	7.0108E-153	136	0.00051095
1.1837E-107	96	0.00036067	5.1818E-154	137	0.000514707
8.7758E-109	97	0.000364427	3.8298E-155	138	0.000518464
6.5054E-110	98	0.000368184	2.8303E-156	139	0.000522221
4.8219E-111	99	0.000371941	2.0916E-157	140	0.000525978
3.5736E-112	100	0.000375698	1.5456E-158	141	0.000529735
2.6483E-113	101	0.000379455	1.1421E-159	142	0.000533492
1.9623E-114	102	0.000383212	8.4388E-161	143	0.000537249
1.4539E-115	103	0.000386969	6.2351E-162	144	0.000541006
1.0771E-116	104	0.000390726	4.6066E-163	145	0.000544763
7.9791E-118	105	0.000394483	3.4032E-164	146	0.00054852
5.9102E-119	106	0.00039824	2.5141E-165	147	0.000552277
4.3774E-120	107	0.000401997	1.8572E-166	148	0.000556034
3.2418E-121	108	0.000405754	1.3719E-167	149	0.000559791
2.4006E-122	109	0.000409511	1.0133E-168	150	0.000563548
1.7775E-123	110	0.000413268	7.4847E-170	151	0.000567305
1.3161E-124	111	0.000417025	5.528E-171	152	0.000571062
9.7432E-126	112	0.000420782	4.0827E-172	153	0.000574819
7.2126E-127	113	0.000424539	3.0152E-173	154	0.000578575
5.3389E-128	114	0.000428296	2.2267E-174	155	0.000582332

3.9516E-129	115	0.000432053	1.6443E-175	156	0.000586089
2.9246E-130	116	0.00043581	1.2142E-176	157	0.000589846
2.1643E-131	117	0.000439567	8.9654E-178	158	0.000593603
1.6016E-132	118	0.000443324	6.6198E-179	159	0.00059736
1.1851E-133	119	0.000447081	4.8876E-180	160	0.000601117
8.7683E-135	120	0.000450838	3.6086E-181	161	0.000604874
6.4871E-136	121	0.000454595	2.6641E-182	162	0.000608631
4.799E-137	122	0.000458352	1.9668E-183	163	0.000612388
			1.4519E-184	164	0.000616145
			1.0718E-185	165	0.000619902

t3	n	V4	t3	n	V4
7.9117E-187	166	0.000623659	2.2312E-234	208	0.000781453
5.84E-188	167	0.000627416	1.6449E-235	209	0.00078521
4.3106E-189	168	0.000631173	1.2127E-236	210	0.000788967
3.1816E-190	169	0.00063493	8.9401E-238	211	0.000792724
2.3482E-191	170	0.000638687	6.5907E-239	212	0.000796481
1.7331E-192	171	0.000642444	4.8585E-240	213	0.000800238
1.279E-193	172	0.000646201	3.5815E-241	214	0.000803995
9.439E-195	173	0.000649958	2.6401E-242	215	0.000807752
6.9656E-196	174	0.000653715	1.9461E-243	216	0.000811508
5.1402E-197	175	0.000657472	1.4345E-244	217	0.000815265
3.793E-198	176	0.000661229	1.0574E-245	218	0.000819022
2.7988E-199	177	0.000664986	7.7939E-247	219	0.000822779
2.0652E-200	178	0.000668743	5.7447E-248	220	0.000826536
1.5238E-201	179	0.0006725	4.2341E-249	221	0.000830293
1.1243E-202	180	0.000676257	3.1207E-250	222	0.00083405
8.2948E-204	181	0.000680014	2.3001E-251	223	0.000837807
6.1197E-205	182	0.000683771	1.6952E-252	224	0.000841564
4.5148E-206	183	0.000687528	1.2493E-253	225	0.000845321
3.3307E-207	184	0.000691285	9.2074E-255	226	0.000849078
2.4571E-208	185	0.000695042	6.7856E-256	227	0.000852835
1.8126E-209	186	0.000698799	5.0006E-257	228	0.000856592
1.3371E-210	187	0.000702556	3.6852E-258	229	0.000860349
9.8629E-212	188	0.000706313	2.7157E-259	230	0.000864106
7.2751E-213	189	0.00071007	2.0012E-260	231	0.000867863
5.3661E-214	190	0.000713827	1.4747E-261	232	0.00087162
3.958E-215	191	0.000717584	1.0867E-262	233	0.000875377
2.9193E-216	192	0.000721341	8.0074E-264	234	0.000879134
2.1531E-217	193	0.000725098	5.9003E-265	235	0.000882891
1.5879E-218	194	0.000728855	4.3476E-266	236	0.000886648
1.1711E-219	195	0.000732612	3.2035E-267	237	0.000890405
8.6368E-221	196	0.000736369	2.3604E-268	238	0.000894162
6.3693E-222	197	0.000740126	1.7391E-269	239	0.000897919
4.697E-223	198	0.000743883	1.2814E-270	240	0.000901676

3.4637E-224	199	0.00074764	9.4409E-272	241	0.000905433
2.5542E-225	200	0.000751397	6.9557E-273	242	0.00090919
1.8834E-226	201	0.000755154	5.1246E-274	243	0.000912947
1.3888E-227	202	0.000758911	3.7755E-275	244	0.000916704
1.024E-228	203	0.000762668	2.7815E-276	245	0.000920461
7.5505E-230	204	0.000766425	2.0492E-277	246	0.000924218
5.5671E-231	205	0.000770182	1.5097E-278	247	0.000927975
4.1046E-232	206	0.000773939	1.1122E-279	248	0.000931732
3.0263E-233	207	0.000777696	8.193E-281	249	0.000935489
			6.0355E-282	250	0.000939246
			4.4461E-283	251	0.000943003

t3	n	V4	t3	n	V4
3.2752E-284	252	0.00094676	0	296	0.001112067
2.4126E-285	253	0.000950517	0	297	0.001115824
1.7772E-286	254	0.000954274	0	298	0.001119581
1.3091E-287	255	0.000958031	0	299	0.001123338
9.6428E-289	256	0.000961788	0	300	0.001127095
7.1027E-290	257	0.000965545	0	301	0.001130852
5.2317E-291	258	0.000969302	0	302	0.001134609
3.8535E-292	259	0.000973059	0	303	0.001138366
2.8383E-293	260	0.000976816	0	304	0.001142123
2.0905E-294	261	0.000980573	0	305	0.00114588
1.5397E-295	262	0.00098433	0	306	0.001149637
1.1341E-296	263	0.000988087	0	307	0.001153394
8.3525E-298	264	0.000991844	0	308	0.001157151
6.1516E-299	265	0.000995601	0	309	0.001160908
4.5306E-300	266	0.000999358	0	310	0.001164665
3.3367E-301	267	0.001003115	0	311	0.001168422
2.4574E-302	268	0.001006872	0	312	0.001172179
1.8097E-303	269	0.001010629	0	313	0.001175936
1.3328E-304	270	0.001014386	0	314	0.001179693
9.8152E-306	271	0.001018143	0	315	0.00118345
0	272	0.0010219	0	316	0.001187207
0	273	0.001025657	0	317	0.001190964
0	274	0.001029414	0	318	0.001194721
0	275	0.001033171	0	319	0.001198478
0	276	0.001036928	0	320	0.001202235
0	277	0.001040684	0	321	0.001205992
0	278	0.001044441	0	322	0.001209749
0	279	0.001048198	0	323	0.001213506
0	280	0.001051955	0	324	0.001217263
0	281	0.001055712	0	325	0.00122102
0	282	0.001059469	0	326	0.001224777
0	283	0.001063226	0	327	0.001228534

0	284	0.001066983	0	328	0.001232291
0	285	0.00107074	0	329	0.001236048
0	286	0.001074497	0	330	0.001239805
0	287	0.001078254	0	331	0.001243562
0	288	0.001082011	0	332	0.001247319
0	289	0.001085768	0	333	0.001251076
0	290	0.001089525	0	334	0.001254833
0	291	0.001093282	0	335	0.00125859
0	292	0.001097039	0	336	0.001262347
0	293	0.001100796	0	337	0.001266104
0	294	0.001104553	0	338	0.001269861
0	295	0.00110831	0	339	0.001273617

t3	n	V4	t3	n	V4
0	340	0.001277374	0	384	0.001442682
0	341	0.001281131	0	385	0.001446439
0	342	0.001284888	0	386	0.001450196
0	343	0.001288645	0	387	0.001453953
0	344	0.001292402	0	388	0.00145771
0	345	0.001296159	0	389	0.001461467
0	346	0.001299916	0	390	0.001465224
0	347	0.001303673	0	391	0.001468981
0	348	0.00130743	0	392	0.001472738
0	349	0.001311187	0	393	0.001476495
0	350	0.001314944	0	394	0.001480252
0	351	0.001318701	0	395	0.001484009
0	352	0.001322458	0	396	0.001487766
0	353	0.001326215	0	397	0.001491523
0	354	0.001329972	0	398	0.00149528
0	355	0.001333729	0	399	0.001499037
0	356	0.001337486	0	400	0.001502793
0	357	0.001341243	0	401	0.00150655
0	358	0.001345	0	402	0.001510307
0	359	0.001348757	0	403	0.001514064
0	360	0.001352514	0	404	0.001517821
0	361	0.001356271	0	405	0.001521578
0	362	0.001360028	0	406	0.001525335
0	363	0.001363785	0	407	0.001529092
0	364	0.001367542	0	408	0.001532849
0	365	0.001371299	0	409	0.001536606
0	366	0.001375056	0	410	0.001540363
0	367	0.001378813	0	411	0.00154412
0	368	0.00138257	0	412	0.001547877
0	369	0.001386327	0	413	0.001551634
0	370	0.001390084	0	414	0.001555391

0	371	0.001393841	0	415	0.001559148
0	372	0.001397598	0	416	0.001562905
0	373	0.001401355	0	417	0.001566662
0	374	0.001405112	0	418	0.001570419
0	375	0.001408869	0	419	0.001574176
0	376	0.001412626	0	420	0.001577933
0	377	0.001416383	0	421	0.00158169
0	378	0.00142014	0	422	0.001585447
0	379	0.001423897	0	423	0.001589204
0	380	0.001427654	0	424	0.001592961
0	381	0.001431411	0	425	0.001596718
0	382	0.001435168	0	426	0.001600475
0	383	0.001438925	0	427	0.001604232

t3	n	V4	t3	n	V4
0	428	0.001607989	0	472	0.001773296
0	429	0.001611746	0	473	0.001777053
0	430	0.001615503	0	474	0.00178081
0	431	0.00161926	0	475	0.001784567
0	432	0.001623017	0	476	0.001788324
0	433	0.001626774	0	477	0.001792081
0	434	0.001630531	0	478	0.001795838
0	435	0.001634288	0	479	0.001799595
0	436	0.001638045	0	480	0.001803352
0	437	0.001641802	0	481	0.001807109
0	438	0.001645559	0	482	0.001810866
0	439	0.001649316	0	483	0.001814623
0	440	0.001653073	0	484	0.00181838
0	441	0.00165683	0	485	0.001822137
0	442	0.001660587	0	486	0.001825894
0	443	0.001664344	0	487	0.001829651
0	444	0.001668101	0	488	0.001833408
0	445	0.001671858	0	489	0.001837165
0	446	0.001675615	0	490	0.001840922
0	447	0.001679372	0	491	0.001844679
0	448	0.001683129	0	492	0.001848436
0	449	0.001686886	0	493	0.001852193
0	450	0.001690643	0	494	0.00185595
0	451	0.0016944	0	495	0.001859707
0	452	0.001698157	0	496	0.001863464
0	453	0.001701914	0	497	0.001867221
0	454	0.001705671	0	498	0.001870978
0	455	0.001709428	0	499	0.001874735
0	456	0.001713185	0	500	0.001878492
0	457	0.001716942	0	501	0.001882249

0	458	0.001720699	0	502	0.001886006
0	459	0.001724456	0	503	0.001889763
0	460	0.001728213	0	504	0.00189352
0	461	0.001731969	0	505	0.001897277
0	462	0.001735726	0	506	0.001901034
0	463	0.001739483	0	507	0.001904791
0	464	0.00174324	0	508	0.001908548
0	465	0.001746997	0	509	0.001912305
0	466	0.001750754	0	510	0.001916062
0	467	0.001754511	0	511	0.001919819
0	468	0.001758268	0	512	0.001923576
0	469	0.001762025	0	513	0.001927333
0	470	0.001765782	0	514	0.00193109
0	471	0.001769539	0	515	0.001934847

t3	n	V4	t3	n	V4
0	516	0.001938604	0	557	0.00209264
0	517	0.001942361	0	558	0.002096397
0	518	0.001946118	0	559	0.002100154
0	519	0.001949875	0	560	0.002103911
0	520	0.001953632	0	561	0.002107668
0	521	0.001957389	0	562	0.002111425
0	522	0.001961146	0	563	0.002115182
0	523	0.001964902	0	564	0.002118939
0	524	0.001968659	0	565	0.002122696
0	525	0.001972416	0	566	0.002126453
0	526	0.001976173	0	567	0.00213021
0	527	0.00197993	0	568	0.002133967
0	528	0.001983687	0	569	0.002137724
0	529	0.001987444	0	570	0.002141481
0	530	0.001991201	0	571	0.002145238
0	531	0.001994958	0	572	0.002148995
0	532	0.001998715	0	573	0.002152752
0	533	0.002002472	0	574	0.002156509
0	534	0.002006229	0	575	0.002160266
0	535	0.002009986	0	576	0.002164023
0	536	0.002013743	0	577	0.00216778
0	537	0.0020175	0	578	0.002171537
0	538	0.002021257	0	579	0.002175294
0	539	0.002025014	0	580	0.002179051
0	540	0.002028771	0	581	0.002182808
0	541	0.002032528	0	582	0.002186565
0	542	0.002036285	0	583	0.002190322
0	543	0.002040042	0	584	0.002194078
0	544	0.002043799	0	585	0.002197835

0	545	0.002047556	0	586	0.002201592
0	546	0.002051313	0	587	0.002205349
0	547	0.00205507	0	588	0.002209106
0	548	0.002058827	0	589	0.002212863
0	549	0.002062584	0	590	0.00221662
0	550	0.002066341	0	591	0.002220377
0	551	0.002070098	0	592	0.002224134
0	552	0.002073855	0	593	0.002227891
0	553	0.002077612	0	594	0.002231648
0	554	0.002081369	0	595	0.002235405
0	555	0.002085126	0	596	0.002239162
0	556	0.002088883	0	597	0.002242919

t3	n	V4
0	598	0.00224668
0	599	0.00225043
0	600	0.00225419
0	601	0.00225795
0	602	0.0022617
0	603	0.00226546
0	604	0.00226922
0	605	0.00227298
0	606	0.00227673
0	607	0.00228049
0	608	0.00228425
0	609	0.002288
0	610	0.00229176
0	611	0.00229552
0	612	0.00229927
0	613	0.00230303
0	614	0.00230679
0	615	0.00231055
0	616	0.0023143
0	617	0.00231806
0	618	0.00232182
0	619	0.00232557
0	620	0.00232933
0	621	0.00233309
0	622	0.00233684
0	623	0.0023406
0	624	0.00234436
0	625	0.00234812
0	626	0.00235187

0	627	0.00235563
0	628	0.00235939
0	629	0.00236314
0	630	0.0023669
0	631	0.00237066
0	632	0.00237441
0	633	0.00237817
0	634	0.00238193
0	635	0.00238569
0	636	0.00238944
0.085451635	202566	1.52518111

Calculando:

Tr1=20256.0/0.8510=0.00000450

H1=(0.00000450–32.9100)/55.2690 =-1.6790

Tr2=20256.0/7.4790=0.00001350

H2=(0.00001350–32.9100)/55.2690=-1.6790

Tr3=20256.0/1.5250=0.00000610

H3=(0.00000610–32.9100)/55.2690=-1.6790

Los cálculos restantes para H2 y H3 son, por tanto, el siguiente paso del proceso. A continuación, discutiremos el procedimiento que se utilizará para calcular los coeficientes en las estaciones restantes.

a. Cálculo de las ratios de la región en Juliaca

Cálculo de homogeneidad - Juliaca

tr1=3.0080/202566.0=0.00001490

v1=(0.69430/202566.0)0.50=0.0018510

h1=(0.0018510–51.0050/28.8780)=-1.766170

tr2=0.62490/202566.0=0.000003080

v2=(6.18420/202566.0)0.50=0.005530

h2=(0.005530–51.0050/28.8780)=-1.7660470

tr3=0.09830/202566.0=0.000000490

v3=(1.26890/202566.0)0.50=0.0025030

h3=(0.0025030–51.0050/28.8780)=-1.76615140

b. Cálculo de las ratios de la estación Lampa

Cálculo de homogeneidad - Lampa

tr1=3.2330/202566.0=0.00001640

v1=(0.7730/202566.0)0.50=0.0020

h1=(0.0020–60.9100/35.4280)=-1.719200

tr2=0.70490/202566.0=0.00000350

v2=(6.8390/202566.0)0.50=0.005810

h2=(0.005810–60.910/35.4280)=-1.7190910

tr3=0.10020/202566.0=0.000000490

v3=(1.42790/202566.0)0.50=0.0026550

h3=(0.0026550–60.910/35.4280)=-1.71918020

c. Cálculo de las ratios en la región Pampahuata

Cálculo de homogeneidad - Pampahuata

tr1=3.4860/202566.0=0.00001720

v1=(0.8130/202566.0)0.50=0.0020

h1=(0.0020–60.4110/39.1150)=-1.697770

tr3=0.70260/202566.0=0.0000030

v2=(7.1580/202566.0)0.50=0.00590

h2=(0.00590–60.4110/39.1150)=-1.6976650

tr4=0.05930/202566.0=0.000000290

v3=(1.41200/202566.0)0.50=0.0026400

h3=(0.0026400–60.4110/39.1150)=-1.69774920

d. Cálculo de las ratios en la Santa Lucia

Cálculo de homogeneidad – Santa Lucia

tr1=3.9650/202566.0=0.00001960

v1=(0.93230/202566.0)0.50=0.0021

h1=(0.00210–55.2190/33.5910)=-1.643830

tr2=0.89020/202566.0=0.00000440

v2=(8.1830/202566.0)0.50=0.00640

h2=(0.00640–55.2190/33.5910)=-1.6437040

tr4=0.1180/202566.0=0.000000580

v3=(1.8010/202566.0)0.50=0.0029820

h3=(0.0029820–55.2190/33.5910)=-1.64380420

4.1.1.2 Resultados finales de homogeneidad para cada región

Tabla 17

Resultados de sectores homogéneos por precipitaciones

ESTACIÓN	H1	H2	H3	Di Max.	REGIÓN
E. Cabañillas	-1.679360	-1.67920	-1.67930	1.66	Homogéneo
E. Juliaca	-1.766170	-1.766	-1.76610	1.66	Homogéneo
E. Lampa	-1.71920	-1.719	-1.71920	1.66	Homogéneo
E. Pampahuata	-1.697770	-1.69760	-1.69770	1.66	Homogéneo
E. Santa lucia	-1.648380	-1.64370	-1.64380	1.66	Homogéneo

Una vez finalizado el procedimiento de regionalización, se llegó a la conclusión de que las cinco estaciones son todas similares entre sí. Según las conclusiones de Nuñez y Giraldo, cuando una región presenta a la vez homogeneidad y discordancia, es posible que este fenómeno esté relacionado con una longitud de registro relativamente corta en comparación con las demás estaciones, La única ocasión en la que se producen errores relativos a la colocación del observador es cuando las estaciones se encuentran muy cerca de árboles. Por otra parte, el hecho de que las estaciones en mi circunstancia estuvieran situadas en regiones de gran altitud de los Andes contribuyó a reducir la probabilidad de que se produjera este tipo de fallo.

4.1.2 Distribución probabilística que se adaptara mejor a la cuenca Cabanillas según el empleo de métodos de regionalización L – Momentos

Para conocer la distribución de probabilidad y calcular los cuantiles, es necesario utilizar la fórmula 31. Un requisito básico para seleccionar la distribución de probabilidad adecuada es que el valor de Z^{DIST} sea inferior a 1,64. Es muy importante que el valor de Z^{DIST} cumpla este criterio. A continuación, presentaré una tabla que ilustra las distribuciones de probabilidad más adecuadas para cada sector.

En el dominio L-Moments, existe un estadístico disponible. Este estadístico se basa en la dispersión de $\tau 3 y$ y $\tau 4$, y está asociado a una serie de distribuciones diferentes. Se recomienda la utilización de un estadístico que sea capaz de correlacionar directamente

las medias regionales de los Momentos-L, de acuerdo con la propuesta realizada por Hosking, La denominada Z ^{DIST} se basa en L-Moments, más concretamente en L-SK y L-CK, que fueron inventadas por Anli y sus amigos y colegas en el año 2007. Una prueba de bondad de ajuste que hace uso de la Z ^{DIST} se utiliza para llevar a cabo una evaluación objetiva de si una colección de distribuciones proporciona o no un ajuste satisfactorio a los datos, como Álvarez y su equipo documentaron en 2018.

Utilizando la Z ^{DIST}, la evaluación de la bondad del ajuste implica verificar si los valores simulados de L-SK y L-CK para una región homogénea concreta coinciden correctamente con los valores observados de L-SK y L-CK. Esto se hace para determinar si la Z ^{DIST} es o no un buen ajuste. La fórmula del estadístico Z se establece de la siguiente manera, reflejando la propuesta de Hosking y Wallis:

$$Z^{DIST} = (t_4^{DIST} - t_4 + B_A)/\text{Ω}_4$$

$$\text{Ω}_4 = ((N_{sim} - 1)^{-1}(\sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R)^2 - N_{sim}.B_4^2))^{\frac{1}{2}}$$

$$B_A = (N_{sim})^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R)^2$$

Donde:

Ω$_4$: Desviación estándar de L-curtosis regional

B$_4$: L-Curtosis

t$_4^{DIST}$: L-curtosis de la distribución

t$_4$: L-Curtosis regional

Para ello dividiremos los lugares en regiones a continuación les presento:

Zona 01 : Cabanillas

Zona 02 : Juliaca

Zona 03 : Lampa

Zona 04 : Pampahuta

Zona 05 : Santa Lucia

Logística Generalizada (GLO), Pareto Generalizada (GPA), Valor Extremo Generalizado (GEV), Normal Generalizada (GNO) y Pearson Tipo III (PE3) son los tipos de distribuciones que se investigaron en este trabajo mediante el uso de análisis estadísticos.

4.1.2.1 Distribución de probabilidad – Precipitaciones máximas

Calculo precipitaciones máximas - Cabanillas

a. Cabanillas

Tabla 18

Selección de la distribución de probabilidades – Cabanillas

DIST	CAL. B4	CAL. DE σ	CAL. Z	Z < 1.640
GEV	0.067	0.15	1.54	CORRECTO
GLO	0.067	0.15	1.694	NO CORRECTO
GPA	0.067	0.15	1.063	CORRECTO
GNO	0.067	0.15	3.293	NO CORRECTO
PE3	0.067	0.15	1.331	CORRECTO

Función de distribución valor extremo generalizada – GEV

Calculando los L-Momentos regionales:

λ1 = 55.269

λ2 = 72.998

τ3 = 0.191302342

τ4 = 0.236976329

Calculando los coeficientes: forma (k) = -0.242, escala (α) = 35.930, localización (ξ) = 23.403.

b. Juliaca

Tabla 19

Selección de la distribución de probabilidades – Juliaca

DIST	CAL. B4	CAL. DE σ	CAL. Z	Z < 1.640	Z < 1.640
GEV	0.061	0.136	-1.187	1.187	CORRECTO
GLO	0.061	0.136	0.447	0.447	CORRECTO
GPA	0.061	0.136	0.447	0.447	CORRECTO
GNO	0.061	0.136	3.167	3.167	NO CORRECTO
PE3	0.061	0.136	-4.232	4.232	CORRECTO

Función de distribución valor extremo generalizada – GEV

Calculando los L-Momentos regionales:

λ1 = 82.84265084

λ2 = 25.87657351

τ3 = -0.138850278

τ4 = 0.114246058

Calculando los coeficientes: forma (ƙ) = 0.202, escala (α) = 33.208, localización (ξ) =23.408.

c. Lampa

Tabla 20

Selección de la distribución de probabilidades – Lampa

DIST	CAL. B4	CAL. DE σ	CAL. Z	Z < 1.640
GEV	0.0646	0.1445	-1.1964	CORRECTO
GLO	0.0646	0.1445	-2.3704	CORRECTO
GPA	0.0646	0.1445	2.2439	NO CORRECTO
GNO	0.0646	0.1445	-4.8876	CORRECTO
PE3	0.0646	0.1445	-2.3669	CORRECTO

Función de distribución Logística generalizada -GLO

Calculando los L-Momentos regionales:

λ1 = -5125.302112

λ2 = 1699.023272

τ3 = -0.323

τ4 = 0.2536075

Calculando los coeficientes: forma (ƙ) = 0.323, escala (α) = 29.652, localización (ξ) = 43.03.

d. Pampa huata

Tabla 21

Selección de la distribución de probabilidades – Pampa huata

DIST	CAL. B4	CAL. DE σ	CAL. Z	Z < 1.640
GEV	0.065	0.144	-0.981	CORRECTO
GLO	0.065	0.144	-273.055	CORRECTO
GPA	0.065	0.144	-268.362	CORRECTO
GNO	0.065	0.144	-275.572	CORRECTO
PE3	0.065	0.144	-272.987	CORRECTO

Función de distribución valor extremo generalizada – GEV

Calculando los L-Momentos regionales:

λ1 = 85.04

λ2 = 34.36

τ3 = -0.15

τ4 = 0.11

Calculando los coeficientes: forma (ƙ) = 0.224, escala (α) = 43.727, localización (ξ) = 28.843.

e. Santa Lucia

Tabla 22

Selección de la distribución de probabilidades – Santa Lucia

DIST	CAL. B4	CAL. DE σ	CAL. Z	Z < 1.640
GEV	0.0724	0.162	-1.302	CORRECTO
GLO	0.0724	0.162	-209.186	CORRECTO
GPA	0.0724	0.162	-205.062	CORRECTO
GNO	0.0724	0.162	-211.257	CORRECTO
PE3	0.0724	0.162	-208.98	CORRECTO

Función de distribución valor extremo generalizada – GEV

Calculando los L-Momentos regionales:

λ1 = 44.71

λ2 = 27.97

τ3 = -0.19

τ4 = 0.11

Calculando los coeficientes: forma (k) = 0.279, escala (α) = 34.706, localización (ξ) = 22.142

4.1.2.2 Resultados finales de distribución para cada región

Una vez finalizado el proceso de selección de la distribución adecuada para cada zona geográfica, se adquirieron los valores de los parámetros de forma y localización de variables como la precipitación, la temperatura y el caudal. Estos valores se documentan en las tablas que se presentan a continuación.

a. Precipitaciones

Tabla 23

Parámetros de distribución para daca región homogénea – Precipitaciones

REGIONES	DISTRIBUCIÓN	LOCALIZACIÓN (ξ)	ESCALA (α)	FORMA (ƙ)
REG. 1	GEV	23.403	36.93	-0.242
REG. 2	GEV	23.48	33.28	0.202
REG. 3	GLO	43.03	29.652	0.323
REG. 4	GEV	28.843	43.727	0.222
REG. 5	GEV	22.142	34.706	0.279

Utilizando las ecuaciones que proporcionan una descripción de la ubicación, escala y forma de la distribución GEV (Generalized Extreme Value), la cual fue propuesta por Acuña, Felipe y Fernández (2015), así como las ecuaciones que corresponden a la distribución GLO (Generalized Logistic) para la precipitación, se determinó que la distribución GEV es la más adecuada para las regiones 1, 2, 4 y 5. Sin embargo, para la región 3, la distribución GLO es la más adecuada. Sin embargo, para la región 3, la distribución GLO es la más adecuada.

4.2 Discusión de Resultados

➢ **En lo que respecta a regiones que presentan homogeneidad con la utilización de los métodos de regionalización en las estaciones pluviométricas Lagunilla, Lampa, Pampa Huata, Juliaca.**

Con respecto a la homogeneidad por precipitaciones con el método de regionalización L – Momentos, en Cabanillas se obtuvo un H1= -1.67936, H2=-1.6792, H3=-1.6793, en Juliaca se obtuvo un H1=-1.76617, H2=-1.766, H3=1.7661, en Lampa se obtuvo un H1=-1.7192,H2=-1.719, H3=-1.7192, en Pampa Huata se obtuvo un H1=-1.69777, H2=-1.6976, H3=-1.6977, en Santa Lucia se obtuvo un H1=-1.64838,H2=-1.6437, H3=-1.6438, todos estos sectores tiene un mismo Di Max de 1.66 y todas son homogéneas, de igual manera para la homogeneidad por temperatura para Cabanillas se obtuvo un H1=

-10.778, H2=-10.778, H3=-10.778, en Juliaca se obtuvo un H1=-6.441, H2=-6.441, H3=-6.441, en Lampa se obtuvo un H1=-6.996,H2=-6.996, H3=-6.996, en Pampa Huata se obtuvo un H1=-3.477, H2=-3.476, H3=-3.476, en Santa Lucia se obtuvo un H1=-4.993,H2=-4.992, H3=-4.993, todos estos sectores tiene un mismo Di Max de 1.66 y todas son homogéneas, de igual manera para la homogeneidad por caudales para Rio Verde se obtuvo un H1= -1.527, H2=-1.526, H3=-1.527, en Puente Isla Cabanillas se obtuvo un H1=--1.661, H2=-1.66, H3=-1.66, en Puente Unocolla se obtuvo un H1=-1.599,H2=-1.599, H3=-1.599, todos estos sectores tiene un mismo Di Max de 1.66 y todas son homogéneas.

➢ **En lo que respecta a la distribución probabilística que se adapte mejor a la cuenca Cabanillas según el empleo del método de regionalización**

La distribución probabilística por precipitaciones con respecto a los parámetros de homogeneidad se consideró 5 regiones; para la región 1 una distribución GEV, localización 23.403, escala 36.93, forma -0.242, para la región 2 una distribución GEV, localización 23.48, escala 33.28, forma 0.202, para la región 3 una distribución GLO, localización 43.03, escala 29.652, forma 0.323, para la región 4 una distribución GEV, localización 28.843, escala 43.727, forma 0.222, para la región 5 una distribución GEV, localización 22.142, escala 34.706, forma 0.279.

La distribución probabilística por temperaturas máximas con respecto a los parámetros de homogeneidad se consideró 5 regiones; para la región 1 una distribución GEV, localización 8.983, escala 1.665, forma 0.482, para la región 2 una distribución GPA, localización 3.501, escala 13.531, forma 1.759, para la región 3 una distribución GEV, localización 7.667, escala 2.676, forma 0.553, para la región 4 una distribución GPA, localización -0.184, escala 11.936, forma 1.625, para la región 5 una distribución GEV, localización 6.24, escala 2.637, forma 0.599.

La distribución probabilística por caudales con respecto a los parámetros de homogeneidad se consideró 3 regiones; rio verde una distribución GPA, localización -0.751, escala 7.201, forma 0.365, para Cabanillas una distribución GPA, localización -

1.666, escala 18.325, forma 0.211, para Unocolla una distribución GPA, localización 19.193, escala 14.344, forma 0.46.

➢ **En lo que respecta a la probabilidad que pueda ocurrir un caudal máximo en la cuenca Cabanillas con un periodo de retorno de 20 años empleando el método de regionalización L- Momentos en la cuenca Cabanillas.**

La probabilidad de periodo de retorno con respecto a los cuantiles de precipitaciones se hizo el análisis en 5 estaciones: estación Cabanillas periodo de retorno de 5 años = 88.39, 10 años = 130.79, 20 años = 179.4, 50 años = 256.27, 75 años = 288.45, 100 años =326.33, 500 años = 541.37; para la estación Juliaca periodo de retorno de 5 años = 81.8, 10 años = 118.30, 20 años = 158.97, 50 años = 221.19, 75 años = 254.44, 100 años =276.12, 500 años = 437.07; para la estación Pampahuata periodo de retorno de 5 años = 106.82, 10 años = 156.86, 20 años = 213.46, 50 años = 301.70, 75 años = 349.58, 100 años =381.03, 500 años = 619.69; para la estación Santa Lucia periodo de retorno de 5 años = 86.78, 10 años = 130.79, 20 años = 182.60, 50 años = 267.13, 75 años = 314.69, 100 años =346.53, 500 años = 601.53; para la estación Lampa periodo de retorno de 5 años = 84.88, 10 años = 137.90, 20 años = 188.86, 50 años = 273.94, 75 años = 322.98, 100 años =356.26, 500 años = 634.22.

La probabilidad de periodo de retorno con respecto a los cuantiles de temperatura se hizo el análisis en 5 estaciones: estación Cabanillas periodo de retorno de 5 años = 10.76, 10 años = 11.27, 20 años = 11.61, 50 años = 11.91, 75 años = 12.01, 100 años =12.06, 500 años = 12.26; para la estación Lampa periodo de retorno de 5 años = 9.98, 10 años = 10.58, 20 años = 10.97, 50 años = 11.29, 75 años = 11.39, 100 años =11.44, 500 años = 11.63; para la estación Santa Lucia periodo de retorno de 5 años = 8.81, 10 años = 9.46, 20 años = 9.86, 50 años = 10.18, 75 años = 10.28, 100 años =10.32, 500 años = 10.50; para la estación Juliaca periodo de retorno de 5 años = 10.74, 10 años = 11.06, 20 años = 11.16, 50 años = 11.18, 75 años = 11.19, 100 años =11.19, 500 años = 11.19; para

la estación Pampahuata periodo de retorno de 5 años = 6.63, 10 años = 6.99, 20 años = 7.11, 50 años = 7.15, 75 años = 7.16, 100 años =7.16, 500 años = 7.16.

La probabilidad de periodo de retorno con respecto a los cuantiles de caudales se hizo el análisis en 3 estaciones: estación Rio Verde periodo de retorno de 5 años = 15.02, 10 años = 25.24, 20 años = 38.41, 50 años = 61.78, 75 años = 75.79, 100 años =85.47, 500 años = 170.15; para la estación Puente Cabanillas periodo de retorno de 5 años = 33.45, 10 años = 52.65, 20 años = 74.88, 50 años = 109.72, 75 años = 128.58, 100 años =140.93, 500 años = 233.67; para la estación Puente Unocolla periodo de retorno de 5 años = 47.02, 10 años = 73.70, 20 años = 108.87, 50 años = 174.91, 75 años = 216.64, 100 años =246.35, 500 años = 531.86.

CONCLUSIONES

Primera, las regiones que presentaran homogeneidad mediante el desarrollo del método de regionalización L – Momentos se realizó en 3 características, precipitaciones, temperatura y caudales; en precipitaciones se obtuvo para Cabanillas H = -1.68, Juliaca H = -1.78, Lampa H = -1.72, Pampahuata H = -1.69, Santa Lucia H = -1.65; regiones homogéneas en temperatura se obtuvo para Cabanillas H = -10.78, Juliaca H = -6.44, Lampa H = -6.99, Pampahuata H = -3.48, Santa Lucia H = -4.99; regiones homogéneas en caudales se obtuvo para Rio Verde H = -1.527, Puente Cabanillas H = -1.66, Puente Unocolla H = -1.59.

Segundo, la distribución probabilística con respecto a los caudales que se adaptara mejor a la cuenca Cabanillas según el empleo del método de regionalización L – Momentos es la GPA (función generalizada de Pareto) donde se encontró un valor de localización (ξ) de 1.66, valor de escala (α) de 18.33, valor de forma (ƙ) de 0.21.

Tercera, la probabilidad de que ocurra un caudal máximo en la cuenca Cabanillas en un periodo de retorno de 20 años empleando el método de regionalización L – Momentos en la cuenca Cabanillas en el puente Unocolla es de 108.87m3/seg.

RECOMENDACIONES

Primera, realizar homogeneidad por el método de regionalización L – Momentos en por lo menos 10 estaciones considerando que tendremos más referentes

Segundo, desarrollar una distribución probabilística en parámetros de precipitaciones, temperaturas y caudales, como mínimo en 15 años, para tener un registro más exacto de estos parámetros.

Tercero, considerar la utilización más seguida del método de regionalización L – Momentos para hallar el tiempo de retorno de otras cuencas, para hacer diseños de estructuras hidráulicas.

REFERENCIAS

Acuña, Felipe & Fernandez (2015). Análisis regional de frecuencias de precipitación anual para la determinación de mapas sequias en las cuencas Chillo, Rimas, Lurín y Alto Mantaro.

Autoridad Nacional del Agua (2016). Ley de recursos hidricos y su relacion con los caudales ecologicos/ambientales.

A.D. Feldman. (2000). US Army Corps. Hydrologic Modelling System HEC-HMS, Technical Reference Manual. Hydrologic Engineering Center. Davis, 157..

Alvarez (2011). Análisis regional de frecuencias aplicado a las precipitaciones máximas y avenidas..

Álvarez, M., Puertas, J., y Soto, B. (1999). Análisis regional de las precipitaciones máximas en Galicia mediante el método del índice de avenida. Ingeniería del Agua..

Anli, A. S., Apaydin, H., & Ozturk, F. (2007). Regional Flood Frequency Estimation for the Göksu River Basin through L-moments. General Directorate of Turkish State Hydraulic Works..

Astronomia. (2010). Hidrología.

Benjamín, J., Cornell, C. (1981). Probabilidad y estadística en ingeniería civil. Traducido por Sin, A. y Prieto, V..

Bradley y Zhao (1997). Climatic variations in extreme precipitation in the Midwest (Submitted to Journal of Hydrologic Engineering).University of Iowa..

Cong, S., Li, Y., Vogel, J. & Schaake, J. (1993). Identification of the underlying distribution form of the precipitation by using regional data. Water Resources Research..

Fernandez (2014). Mapeo del Análisis Regional de Frecuencias de Precipitaciones Máximas para la cuenca Hidrográfica del Lago Titicaca empleando LMomentos.Gonzales De Vallejo, L. I. (2020). *Ingenieria geologica.* Madrid.

Jaiswal R., Goel N., Singh P. & Thomas T. (2003). L-moments based flood frequency modelling. Journal of the Institution of Engineers. Civil Engineering Division. India.

LGreenwood, J., Landwehr, J., Mátalas, N. & Wallis, J. (1979). Probability weighted moments: Definition and relation to parameters of several distributions expressed in inverse form. Water Resources Research.

Hidrología Cheroke

Villón Béjar, M. (2002). Hidrología. Lima - Perú: Editorial Villón.

CHOW, V., MAIDMENT, D., & MAYS, L. (1994). Hidrología Aplicada. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

J. R. M. Hosking & J. R. Wallis (1997). Regional Frecuency Analysis

Kite, G. (1977). Frequency and risk analyses in hydrology. Fort Collins, Colorado. Water Resources Publications..

Matalas, N., Slack, J. & Wallis, J. (1975). Regional skew in search of a parent. Water Resources Resear.

Mesa, O., Vélez, J., Giraldo J. & Quevedo, D. (2003). Adaptación del Método del Multiescalamiento para la Estimación de Caudales Máximos en Colombia. Meteorología Colombiana. 7: 149-156..

Monsalve, G. (2005). Hidrología en la ingeniería. Bogotá, D.C.

Naranjo, R. (2011). Análisis regional de frecuencia mediante el método de los LMomentos en las regiones de Valparaíso y metropolitano para la generación de cartografía probabilística de sequía meteorológica. Universidad de Chile..

Natural Environmental Research Council. (1975). Flood studies report. London. Vol.

Nuñez & Giraldo (2015). Adaptación del método L-Momentos para regionalización de eventos extremos para las cuencas de Colombia.

Núñez, J., Verbist, K. (2010). Guía metodológica para la aplicación del Análisis Regional de Frecuencia de Sequías basado en L-momentos y resultados de aplicación en América Latina. Santiago-Chile.

Okur, A. & Sorman, U. (2000). Application of at site regional regional frecuency analyses byusing the Lmoments technique. TeknikDergi..

TSchaefer, M. (1990). Regional Analysis of precipitation annual maxima in Washington State. Washington State. Water resources.

Stedinger, J., Vogel, R. & Foufoula-Georgiou, E. (1993). Frequency analysis of extreme events. Handbook of hydrology.

Suárez, Mario, (2012), Interaprendizaje de Estadística Básica, Universidad Técnica del Norte. Tukey, J..

Varas & Bois (1998). Hidrología probabilística

Viglione, A., Laio, F. & Claps, P. (2007): A comparison of homogeneity tests for regional frequency análisis. Water Resources Research, Vol. 43.

Wallis, J. Lettenrnmeir, D. & Wood, E. (1991). A daily hidroclimatologic data set for the continental US. Water Resources..

Wallis, J., M. Schaefer, B. Barker. & G. Taylor. (2007): Regional precipitation-frequency analysis and spatial mapping for 24-hour and 2-hour durations for Washington States. Hydrol. Earth Syst. Sci..

Zalina, M., Desa, M., Nguyen, V. & Kassim, A. (2002). Selecting a probability distribution for extreme rainfall series in Malaysia. Water Science and Technology.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Anexo 1. Matriz de Consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO				
Problemas	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variables**	**Inst. de Medición**
Problema General: ¿Cómo realizar la estimación de precipitaciones máximas bajo la implementación del método de regionalización y estadístico aplicado en la cuenca Cabanillas departamento de Puno?	**Objetivo General:** Desarrollar la estimación de precipitaciones máximas bajo la implementación del método de regionalización y estadístico aplica en la cuenca Cabanillas departamento de Puno.	**Hipótesis General:** La estimación de precipitaciones máximas bajo la implementación del método de regionalización y estadístico aplicado en la cuenca Cabanillas es variable.	**Variable Independiente** METODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO **Dimensiones:** *Estudio de incidencia de metodo de regionalización* **Variable Dependiente** PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN UN INTERVALO DE RECURRENCIA **Dimensiones:** *Estudio hidráulico* *Estudio hidrológico de lluvia*	Fichas Excel formatos de análisis de datos Software de precipitaciones Equipos y herramientas de hidráulica.
Problemas Específicos	**Objetivos Específicos**	**Hipótesis Específicas**		
¿Qué método de regionalización y estadístico se pueden aplicar para precipitaciones máximas en la cuenca Cabanillas del departamento de Puno?	Determinar el método de regionalización y estadístico que se puedan aplicar para precipitaciones máximas en la cuenca Cabanillas del departamento de Puno.	El método utilizado para la regionalización y estadístico para su elección en las precipitaciones máximas en la cuenta Cabanillas, va a ser variable si se utiliza un software.		
¿Cómo aplicamos el método de regionalización y estadístico para precipitaciones máximas en la cuenca Cabanillas del departamento de Puno?	Evaluar cómo aplicar el método de regionalización y estadístico para precipitaciones máximas en la cuenca Cabanillas del departamento de Puno.	La aplicación del método de regionalización y estadístico para precipitaciones máximas en la cuenca de Cabanillas debería de ser forma correlacional al trabajo.		

Anexo 2. Control de datos de estaciones pluviométricas

TEMPERATURA TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION CABANILLAS													
LATITUD			15º 10' 10.5"		-	DEPARTAMENTO			PUNO			-	
LONGITUD			69º 58' 11.6"		-	PROVINCIA			SAN ROMAN			-	
ALTITUD			3920		-	DISTRITO			CABANILLAS			-	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1966	10.80	10.40	9.60	8.90	7.20	6.40	6.20	8.40	9.20	10.80	10.70	11.20	109.80
1967	10.90	10.20	9.40	8.70	7.90	7.40	6.30	7.00	8.60	9.40	11.10	8.90	105.80
1968	9.50	9.50	8.50	8.10	6.70	6.10	5.70	7.10	8.20	9.90	9.70	10.50	99.50
1969	10.40	10.10	9.60	9.90	8.00	6.40	6.10	7.60	9.00	9.70	10.70	11.60	109.10
1970	10.00	10.10	9.20	9.00	7.90	6.90	6.00	7.40	8.90	10.50	10.50	10.50	106.90
1971	10.90	9.20	10.00	9.10	6.90	6.30	5.70	6.60	8.20	8.20	9.50	9.80	100.40
1972	8.90	8.90	9.20	8.90	7.20	6.10	7.20	7.50	8.90	9.70	11.00	10.60	104.10
1973	10.50	10.70	10.60	10.30	8.60	5.90	6.60	7.30	8.70	10.80	11.70	11.10	112.80
1974	9.70	9.60	9.50	9.50	7.80	6.70	7.00	6.70	8.20	9.80	10.50	10.90	105.90
1975	9.30	9.90	9.70	10.30	9.10	7.20	6.10	7.60	8.80	8.80	11.00	9.90	107.70
1976	9.50	9.80	10.00	8.20	7.80	5.90	6.70	7.40	8.60	9.90	10.10	11.30	105.20
1977	11.60	10.40	10.00	9.80	7.60	6.00	7.70	8.00	9.60	10.70	11.10	11.10	113.60
1978	11.00	11.40	10.90	10.90	8.10	7.30	6.10	7.00	9.00	9.90	10.90	10.80	113.30
1979	10.30	11.40	10.70	10.70	8.20	7.70	7.00	7.40	9.70	10.10	11.70	10.90	115.80
1980	12.10	11.50	11.20	10.10	8.40	8.20	8.20	8.00	10.00	10.30	10.80	10.20	119.00
1981	10.90	10.10	10.00	9.40	8.70	7.30	7.90	9.10	9.90	10.10	10.90	10.70	115.00
1982	10.60	10.60	10.40	9.30	9.40	7.90	7.50	8.90	9.50	10.20	10.10	10.40	114.80
1983	10.80	10.50	10.80	11.00	9.60	8.60	8.50	9.60	10.00	10.00	10.70	11.40	121.50
1984	10.70	10.60	10.60	9.90	9.30	8.30	9.00	8.50	9.20	9.70	9.60	9.80	115.20
1985	10.10	10.00	10.20	10.00	9.60	8.00	7.30	8.40	9.50	9.80	9.50	9.90	112.30
1986	10.40	10.10	10.40	9.50	6.90	6.90	5.30	7.00	8.70	9.70	10.70	9.90	105.50
1987	10.20	10.10	10.40	10.40	8.00	7.30	6.40	7.80	9.80	10.40	11.30	12.20	114.30
1988	10.60	10.70	10.30	10.00	9.00	7.00	6.50	8.40	9.90	10.20	11.10	10.80	114.50
1989	9.60	9.50	9.50	9.10	7.90	7.30	6.20	7.20	7.90	9.50	9.60	10.70	104.00
1990	9.50	9.60	9.60	9.40	8.10	5.90	5.60	8.10	8.30	8.80	9.30	9.00	101.20
1991	9.10	9.20	9.40	8.90	7.80	5.50	6.90	7.90	8.30	9.00	9.90	9.70	101.60
1992	9.20	9.80	9.60	9.30	8.00	7.80	6.30	6.80	9.00	9.20	9.50	10.40	104.90
1993	9.60	9.70	9.80	9.60	8.10	6.20	7.20	7.00	9.30	10.00	10.70	10.90	108.10
1994	9.50	9.50	9.00	9.10	8.00	6.10	6.20	6.90	8.60	9.80	10.90	10.20	103.80
1995	10.60	10.70	9.70	9.60	8.10	7.00	6.00	9.90	10.30	12.00	11.80	10.40	116.10
1996	10.40	10.10	10.80	10.20	8.80	7.00	6.20	8.50	9.50	11.10	10.20	10.20	113.00
1997	9.80	9.60	9.20	8.40	8.00	7.60	7.10	9.00	9.60	10.90	11.30	12.60	113.10
1998	12.30	12.70	12.30	11.20	9.10	8.10	7.50	9.40	10.30	11.40	11.40	12.00	127.70
1999	10.80	10.10	10.20	9.30	8.80	7.10	7.30	8.00	8.90	9.50	10.90	11.50	112.40
2000	10.20	9.80	10.30	9.60	8.80	7.40	6.40	8.20	9.70	9.63	11.00	10.20	111.20
2001	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	7.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	10.00	111.00
2002	11.00	11.00	10.00	10.00	9.00	7.00	6.00	8.00	9.00	10.00	10.00	10.00	111.00
2003	10.90	11.00	10.20	9.80	8.90	6.50	7.20	7.80	8.90	10.60	11.50	11.90	115.20
2004	10.40	10.70	11.20	10.40	8.80	7.00	6.90	7.60	9.80	11.50	12.20	12.20	118.70
2005	11.60	10.40	11.10	10.70	8.80	7.00	8.00	7.90	9.60	10.50	10.30	10.80	116.70
2006	10.00	10.00	10.00	10.00	8.00	7.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	10.00	110.00
2007	10.00	10.70	9.90	9.70	9.50	8.30	7.30	9.80	9.00	10.70	10.70	10.60	116.20
2008	9.90	10.10	9.50	9.80	7.80	7.60	6.80	8.20	9.50	10.70	11.70	10.60	112.20
2009	10.30	10.10	9.90	9.20	9.00	7.30	8.10	8.00	10.30	11.40	11.90	11.90	117.40
2010	11.70	11.80	11.40	11.00	9.20	8.90	8.20	9.00	10.20	11.40	12.10	11.40	126.30
2011	11.30	10.10	10.00	9.90	8.40	8.10	7.20	8.80	9.70	11.10	12.00	10.80	117.40
2012	10.50	10.10	9.70	9.90	8.10	6.70	7.00	7.90	9.80	11.80	12.30	11.10	114.90
2013	10.30	10.90	11.10	9.70	9.50	7.10	7.50	8.30	10.10	11.20	12.00	10.90	118.60
2014	10.40	10.70	10.70	10.00	9.50	9.20	7.60	7.60	9.70	10.10	11.40	11.80	118.70
2015	10.00	10.50	10.30	9.00	8.80	7.80	6.80	8.50	10.70	10.90	12.50	11.90	117.70
2016	12.50	11.80	11.80	10.50	9.50	8.60	8.30	9.20	10.00	11.30	11.80	12.20	127.50
2017	10.60	11.20	10.00	9.80	9.80	8.40	8.00	9.60	9.60	10.70	11.50	10.70	119.90
2018	9.90	9.70	11.00	9.60	9.10	7.60	7.60	8.10	9.50	11.20	12.50	11.00	116.80
PROMEDIO	10.41	10.32	10.16	9.71	8.45	7.21	6.95	8.04	9.31	10.27	10.94	10.79	112.55
ESTÁNDAR	0.79	0.73	0.73	0.69	0.77	0.85	0.83	0.83	0.65	0.81	0.84	0.81	6.60
MAXIMO	12.50	12.70	12.30	11.20	9.80	9.20	9.00	9.90	10.70	12.00	12.50	12.60	127.70
MINIMO	8.90	8.90	8.50	8.10	6.70	5.50	5.30	6.60	7.90	8.20	9.30	8.90	99.50

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION CABANILLAS

LATITUD			**15º 10' 10.5"**		**-**	**DEPARTAMENTO**				**PUNO**			**-**
LONGITUD			**69º 58' 11.6"**		**-**	**PROVINCIA**				**SAN ROMAN**			**-**
ALTITUD			**3920**		**-**	**DISTRITO**				**CABANILLAS**			**-**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1966	73.50	156.20	81.50	3.10	31.00	0.00	0.00	1.00	9.50	21.90	49.00	60.70	487.40
1967	71.20	92.80	148.90	7.30	13.70	0.60	9.50	15.60	40.00	31.80	4.20	131.00	566.60
1968	95.70	168.50	52.40	8.70	16.10	3.90	2.20	0.00	21.60	41.90	135.70	56.10	602.80
1969	167.40	94.30	55.50	23.40	0.00	0.60	3.00	0.00	4.40	16.10	59.30	41.30	465.30
1970	86.70	121.40	144.90	25.70	3.60	0.00	0.00	0.00	13.30	24.80	11.90	124.40	556.70
1971	91.50	218.30	29.10	15.20	11.00	0.00	0.00	4.00	0.00	11.80	56.80	87.00	524.70
1972	224.80	85.90	181.90	36.30	6.20	0.00	0.00	0.60	32.00	32.20	33.80	92.90	726.60
1973	199.40	128.80	124.80	85.00	12.40	0.00	2.10	1.30	46.10	12.90	24.00	93.30	730.10
1974	240.50	232.30	76.50	53.60	0.00	0.00	0.00	53.20	27.60	20.50	48.10	87.40	839.70
1975	134.30	193.50	107.40	22.10	23.50	0.00	0.00	0.00	13.10	34.10	17.00	212.80	757.80
1976	165.10	135.60	130.60	18.40	2.00	1.90	1.30	3.90	41.80	4.30	9.70	65.10	579.70
1977	70.30	166.60	173.20	28.50	0.00	0.00	0.00	0.00	23.10	33.40	118.50	168.20	781.80
1978	267.80	155.50	117.80	37.30	0.00	0.00	0.00	0.00	5.90	14.20	72.50	160.80	831.80
1979	203.60	125.00	71.90	52.00	3.90	0.00	0.60	1.20	3.10	33.90	42.40	122.50	660.10
1980	60.80	84.70	168.40	8.10	4.90	0.00	1.80	32.70	38.60	51.70	57.00	46.30	555.00
1981	125.30	148.80	161.20	47.90	0.00	0.00	1.00	22.20	10.00	18.60	36.70	36.60	608.30
1982	103.70	116.00	112.20	37.50	7.00	1.00	2.50	6.50	48.20	90.50	35.50	23.00	583.60
1983	26.00	32.00	17.50	8.10	6.00	2.80	0.00	3.00	9.00	15.00	30.50	69.00	218.90
1984	212.80	237.10	126.00	33.50	21.40	0.00	3.00	9.00	7.50	41.50	89.40	71.50	852.70
1985	115.50	180.60	95.50	96.70	6.00	22.00	0.00	3.00	30.50	38.00	100.00	142.50	830.30
1986	131.20	234.10	168.70	95.70	1.30	0.00	11.00	1.50	26.00	6.50	31.40	134.70	842.10
1987	158.80	79.10	54.60	9.70	0.00	0.90	7.60	1.50	9.00	27.70	111.60	69.60	530.10
1988	273.60	93.20	155.40	67.20	17.40	0.00	0.00	0.00	21.90	56.00	0.00	142.80	827.50
1989	194.60	52.80	91.80	88.40	0.00	1.40	0.00	4.80	6.00	3.30	40.00	53.60	536.70
1990	172.50	23.40	49.20	13.50	2.40	34.30	0.00	9.80	1.00	112.60	130.00	101.90	650.60
1991	106.40	144.10	115.20	70.10	5.80	35.60	0.00	0.00	6.30	13.80	27.40	59.60	584.30
1992	106.80	75.10	28.50	8.50	0.00	2.70	2.20	31.10	0.00	47.50	27.20	64.90	394.50
1993	147.20	67.80	96.30	69.50	3.00	0.00	0.00	26.30	9.50	113.40	83.00	117.40	733.40
1994	133.80	105.20	162.10	110.20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	14.30	51.20	98.00	681.30
1995	125.80	70.60	100.20	5.00	0.00	0.00	0.00	0.20	16.60	9.90	32.80	55.30	416.40
1996	206.30	102.80	56.40	37.70	1.90	0.00	2.00	17.60	10.30	14.30	57.80	165.60	672.70
1997	158.50	242.80	160.00	75.10	3.70	0.00	0.00	22.40	46.50	38.00	103.30	88.40	938.70
1998	152.00	168.40	110.30	16.90	0.00	0.00	0.00	6.30	0.00	47.70	61.60	42.70	605.90
1999	95.00	116.90	112.30	104.40	5.40	0.00	1.80	1.80	21.90	104.00	3.00	95.30	661.80
2000	134.60	221.90	133.30	31.70	0.60	0.00	0.00	6.90	15.80	118.30	13.50	110.40	787.00
2001	273.90	224.60	78.20	63.90	11.50	0.80	0.40	52.60	36.90	71.30	21.60	16.70	852.40
2002	93.70	166.90	160.50	125.70	28.70	6.20	16.00	22.90	8.80	116.30	78.00	105.30	929.00
2003	217.20	92.50	116.70	22.10	10.80	2.60	0.00	0.90	16.90	14.00	68.10	136.20	698.00
2004	193.00	100.10	81.60	34.20	0.50	0.50	7.70	18.40	12.80	2.90	27.40	58.20	537.30
2005	75.30	265.70	84.00	49.70	0.00	0.00	0.00	0.50	5.80	30.60	70.60	79.90	662.10
2006	230.20	107.30	141.30	49.90	0.00	0.70	0.00	2.80	44.20	38.00	60.20	69.00	743.60
2007	68.10	105.40	168.60	67.50	2.40	0.00	0.80	0.00	75.40	40.60	97.60	83.90	710.30
2008	271.60	74.50	65.10	6.30	0.00	0.20	0.00	0.60	1.80	34.90	70.10	153.50	678.60
2009	88.80	119.70	111.40	24.60	0.00	0.00	1.60	0.50	1.40	28.40	152.80	91.20	620.40
2010	147.80	125.30	66.70	28.40	9.60	0.00	0.50	Tz	2.40	21.20	35.80	183.00	620.70
2011	76.00	182.40	134.10	41.40	1.80	0.00	5.20	4.40	32.20	29.90	76.30	260.50	843.60
2012	165.10	216.20	165.10	49.90	0.10	0.10	0.10	3.00	3.30	16.10	46.60	190.60	855.30
2013	180.30	170.60	53.10	10.80	7.70	9.10	8.00	5.10	8.10	50.20	52.20	137.60	691.70
2014	155.30	65.10	53.50	43.80	0.10	0.10	2.70	36.10	30.10	94.30	42.20	134.70	657.30
2015	21.40	17.90	13.50	22.50	0.10	2.00	3.80	3.80	37.20	48.10	87.90	108.90	365.80
2016	54.50	213.40	24.30	105.20	0.07	3.60	4.70	0.10	3.40	50.40	5.00	45.30	509.60
2017	135.10	105.30	125.00	40.40	12.90	3.10	3.10	0.10	44.00	68.60	79.30	143.90	761.10
2018	157.20	139.40	183.60	43.80	5.80	13.20	25.70	0.90	0.10	39.20	63.40	118.50	790.00
PROMEDIO	144.10	135.19	105.63	43.05	5.80	2.88	2.48	8.55	18.76	39.83	55.48	102.15	663.20
ESTÁNDAR	64.47	61.17	47.42	31.52	7.62	7.45	4.63	13.15	16.99	31.10	36.00	50.08	150.10
MAXIMO	273.91	265.80	183.60	125.80	31.10	35.70	25.70	53.30	75.41	118.40	152.90	260.50	938.80
MINIMO	21.21	17.90	13.50	3.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.01	3.10	0.10	16.80	219.00

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CONTROL DE PRECIPITACIONES TOTALES MENSUAL (MM)

Nombre : Ronal Ticona Lopez

Título : ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO

Fecha : octubre del 2024

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1966													
1967													
1968													
1969													
1970													
1971													
1972													
1973													
1974													
1975													
1976													
1977													
1978													
1979													
1980													
1981													
1982													
1983													
1984													
1985													
1986													
1987													
1988													
1989													
1990													
1991													
1992													
1993													
1994													
1995													

ARNALDO YAÑA TORRES
INGENIERO CIVIL
CIP. Nº 193257

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

1996	
1997	
1998	
1999	
2000	
2001	
2002	
2003	
2004	
2005	
2006	
2007	
2008	
2009	
2010	
2011	
2012	
2013	
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	
PROMEDIO	
ESTÁNDAR	
MAXIMO	
MINIMO	

ARNALDO YANA TORRES
INGENIERO CIVIL
CIP. Nº 193257

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Anexo 2. Validación de instrumento

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN:

JUICIO DE EXPERTOS

I. REFERENCIAS

a. EXPERTO/NOMBRES : MILTHON QUISPE HUANCA
b. ESPECIALIDAD : PEDAGOGÍA
c. CARGO ACTUAL : DOCENTE
d. GRADO ACADÉMICO : DOCTOR EN INGENIERÍA AMBIENTAL

II: TÍTULO: "ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO"

III. AUTOR DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN:
Bach: RONAL TICONA LOPEZ

IV: ASPECTOS DE VALIDACIÓN
(1=Deficiente; 2= Regular; 3=Buena; 4=Muy Buena; 5= Excelente)

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
1. CLARIDAD	Está redactado con lenguaje apropiado				X	
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en capacidades observables				X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado al avance de la ciencia				X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica de los ítems y las variables				X	
5. SUFICIENCIA	Valora las dimensiones en cantidad y calidad suficientes				X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para cumplir los objetivos de la investigación					X
7. CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos				X	
8. COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores e ítems				X	
9. METODOLOGÍA	Responde al propósito de la investigación					X
10. PERTINENCIA	Es útil y adecuado para la investigación					X

Coeficiente de valorización porcentual, C=Total/50=

V. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

.....

VI. RESOLUCIÓN DEL EXPERTO

Aprobado (C>75%=0.75) [X]

Desaprobado (C<75%=0.75) [ ]

N° DNI	FIRMA DEL EXPERTO	LUGAR Y FECHA
02424528		11/01/2024

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Anexo 2. Validación de instrumento

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN:

JUICIO DE EXPERTOS

I. REFERENCIAS

a. EXPERTO/NOMBRES : ARNOLDO YONA TORRES
b. ESPECIALIDAD : PEDAGOGÍA
c. CARGO ACTUAL : DOCENTE UNIVERSITARIO
d. GRADO ACADÉMICO : DOCTOR

II. TÍTULO: "ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO"

III. AUTOR DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN:
Bach: RONAL TICONA LOPEZ

IV: ASPECTOS DE VALIDACIÓN
(1=Deficiente; 2= Regular; 3=Buena; 4=Muy Buena; 5= Excelente)

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
1. CLARIDAD	Está redactado con lenguaje apropiado				✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en capacidades observables				✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado al avance de la ciencia				✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica de los ítems y las variables				✓	
5. SUFICIENCIA	Valora las dimensiones en cantidad y calidad suficientes				✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para cumplir los objetivos de la investigación				✓	
7. CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos				✓	
8. COHERENCIA	Entre las dimensiones, indicadores e ítems					✓
9. METODOLOGÍA	Responde al propósito de la investigación					✓
10. PERTINENCIA	Es útil y adecuado para la investigación					✓

Coeficiente de valorización porcentual, C=Total/50=

V. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

.....

VI. RESOLUCIÓN DEL EXPERTO

Aprobado (C>75%=0.75) [X]

Desaprobado (C<75%=0.75) [ ]

N° DNI	FIRMA DEL EXPERTO	LUGAR Y FECHA
41414676		11/01/2024

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X] Fecha de entrega: 21-01-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RONAL TICONA LOPEZ
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46547779
Teléfono: 982 355 270 email: rticonalopez@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: ESCUELA DE POSGRADO
Escuela Profesional o Mención: HIDRAÚLICA
Título o Grado Académico a optar: MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]
Título: ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS BAJO LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN Y ESTADÍSTICO APLICADO EN LA CUENCA CABANILLAS DEPARTAMENTO DE PUNO
Palabras claves, (3 a 5 términos): PRECIPITACIONES, ESTIMACIÓN, REGIONALIZACIÓN, CUENCA
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1,2]?
1

[1] Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
[2] Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☐ Titulo ☐ 2da Especialidad ☒ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____

☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comérciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

☐ Sí autorizo

☒ No autorizo

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral**. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

[X] Internacional

[ ] Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P51

Firma de Autor | huella digital | 21 - 01 - 2025 Fecha

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/