

**Antecedentes.**

La estimación de diferentes parámetros hidrológicos, es un problema que data desde hace mucho tiempo atrás, debido a diversas dificultades con las cuales tropieza la institución encargada de la recolección de lecturas pluviométricas.

Tal es la situación, que llega a convertirse en un problema, especialmente cuando se desea realizar estudios a nivel de pre factibilidad o factibilidad en una determinada región, para los cuales se requiere un manejo hídrico o construcción de obras hidráulicas.

El método propuesto para la evaluación, es sumamente fácil de utilizar. Una vez situada la región o el lugar a estudiarse, en una gran zona pluviométrica homogénea, el procedimiento a seguir dependerá de los datos disponibles y de la información que pudiera ser encontrada.



Introducción.

El inventario de los recursos hídricos así como su manejo racional, son preocupaciones actuales para los encargados en desarrollar estudios y obras hidráulicas.

Sin embargo tales objetivos dependen de un buen conocimiento de los elementos del clima entre los cuales la pluviometría, juega un papel importante. Su conocimiento cualitativo se obtiene por mediciones permanentes a través de una red de observación puntual.

Lastimosamente los registros de datos adolecen de errores de todo tipo en su naturaleza, lo que demuestra la necesidad de una crítica severa de los datos obtenidos por medio de una red, los mismos que pueden ser eliminados, cuando se alejan demasiado de la realidad, corregidos cuando la naturaleza de los errores lo permite, o simplemente señalados cuando el valor anormal puede ser considerado como localmente posible.

Además el cálculo de las necesidades de agua y de los recursos disponibles requiere información completa y consistente.

Al fin de alcanzar este objetivo, es indispensable dividir el espacio estudiado en zonas homogéneas, en las que el régimen pluviométrico así como la variación interanual de las precipitaciones, sean similares y bien conocidos, para poder después diseñar modelos hidro-pluviométricos que permitan manejar con criterio científico el recurso agua.

Se emprende esta tarea de investigación en la zona denominada Llanura Chaco-Beniana, para que en posterior se elabore un adecuado manejo integral del agua.



1. Problema de la investigación.

1.1. Planteamiento del problema.

El problema que se presenta en la recolección de los datos pluviométricos es común, siendo escasas las series de datos, con periodos de larga duración. La calidad de esta información es mediocre, además los registros no siempre están disponibles y en especial los datos de los últimos años, debido a que algunas de las estaciones pluviométricas se encuentran cerradas o presentan problemas en su operación.

Se ha considerado que el desarrollo de la investigación, se realizará en la provincia Gran Chaco, del departamento de Tarija.

Será utilizada la información de toda la red pluviométrica y climatológica, que comprende el departamento de Tarija.

La información necesaria es la siguiente:

Datos o registros pluviométricos disponibles de:

- ✓ Estaciones Cerradas.
- ✓ Estaciones Pluviométricas.
- ✓ Estaciones Climatológicas.

Del total de estaciones que son 56, se trabajará solo con las que se encuentren dentro el área de influencia, siendo 6, una de ellas es pluviométrica y las restantes son climatológicas

1.2. Formulación del problema.

La escasa información pluviométrica no permite evaluar de forma adecuada la disponibilidad del agua en diferentes regiones.

Es por esto que se deberá analizar la principal información con la que se cuenta, principalmente los registros pluviométricos, que serán procesados sistemáticamente mediante pruebas estadísticas, para elaborar zonas homogéneas, las cuales permitirán llegar a la regionalización de las precipitaciones.

1.3. Sistematización del problema.

- 1.- ¿Qué problemas contrae la escasa información pluviométrica?
- 2.- ¿Los métodos de estimación y evaluación de la disponibilidad de agua son los adecuados para cada región?



3.- ¿La zonificación y regionalización será la forma adecuada de tratar el problema de la distribución de la precipitación para diferentes regiones?

4.- ¿La extensión de los datos pluviométricos permitirá evaluar el comportamiento de las lluvias y obtener zonas homogéneas?

1.4. Objetivo de la investigación.

1.4.1. Objetivo general.

El objetivo de esta investigación es la regionalización de precipitaciones medias mensuales y anuales, en la zona de Llanura Chaco - Beniana, Provincia Gran Chaco del Departamento de Tarija, a través de la aplicación de pruebas estadísticas.

1.4.2. Objetivos específicos.

- ✓ Determinar la altura pluviométrica promedio en las estaciones seleccionadas para el desarrollo de la investigación.
- ✓ Extensión de datos faltantes a partir de una estación índice.
- ✓ Pruebas de consistencia de datos.
- ✓ Aplicación de la ley de distribuciones Ley Pearson Tipo III.
- ✓ Zonificación y sub-zonificación pluviométricas.
- ✓ Regionalización de datos pluviométricos.

1.5. Justificación de la investigación.

1.5.1. Justificación académica.

La investigación propuesta busca, mediante la aplicación de la teoría y los conceptos básicos, encontrar un modelo adecuado para cada región en la que se quiere determinar su comportamiento hidrológico, en función a las características de precipitación y ubicación geográfica.

Encontrar explicaciones a situaciones internas desde la recolección de la información, estado de cada registro, hasta verificar la factibilidad del modelo considerado.

1.5.2. Justificación teórica.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos de estudio, se acude al empleo de técnicas como el instrumento de recolección de la información, para este caso la información principal con la cual se deberá trabajar en la construcción del modelo, es proporcionada por



la institución encargada de la recolección de este tipo de información que en nuestro medio llega a ser SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), quien tiene a su cargo toda la red pluviométrica y climatológica del departamento de Tarija.

A través de esta información proporcionada y su procesamiento en una hoja electrónica, se realizará la construcción del modelo matemático, buscando conocer el comportamiento de los datos.

Así, los resultados de la investigación, se apoyan en la aplicación de técnicas de investigación válidas en el medio.

1.5.3. Justificación social.

Los resultados que serán encontrados al término de este proyecto, permitirán evaluar el comportamiento del modelo matemático aplicado para una determinada región, permitiéndonos dar solución al problema de información hidrológica, en el diseño y la construcción de proyectos hidráulicos y estudios hidrológicos para los ingenieros hidrólogos.

En cuanto a lo social, se permitirá optimizar los recursos económicos, de tal forma que las obras no tengan presupuestos elevados y que esos recursos optimizados sean invertidos en otros estudios para el desarrollo social de la región.

1.5.4. Justificación institucional.

El espíritu de la academia nace cuando la universidad está caminando junto con los avances de la época y se va renovando constantemente.

Es por esto que la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, tiene la obligación de promover la investigación a un nivel cada vez más avanzado y alentar a su material humano a que lo haga, cuyo producto debe ser enfocado en dar soluciones a problemas sociales y académicos.

1.6. Marco de referencia.

1.6.1. Marco teórico.

Se debe mencionar que el modelo que se desea aplicar ya fue realizado en tres diferentes regiones, en el Ecuador, México y Chile, donde se ha demostrado interesantes resultados sobre el comportamiento de las lluvias en función a las regiones que se desean evaluar con este modelo, que ha permitido llenar esa enorme laguna de información faltante de



pluviometría y promover a otros investigadores a desarrollar este modelo en regiones que presentan esas dificultades.

Un modelo matemático es una descripción, en lenguaje matemático, de un objeto que existe en un universo no-matemático. En términos generales, en todo modelo matemático se puede determinar 3 fases:

- ✓ Construcción del modelo. Transformación del objeto no-matemático en lenguaje matemático.
- ✓ Análisis del modelo. Estudio del modelo matemático.
- ✓ Interpretación del análisis matemático. Aplicación de los resultados del estudio matemático al objeto inicial no-matemático.

El éxito o fracaso de estos modelos es un reflejo de la precisión con que dicho modelo matemático representa al objeto inicial y no de la exactitud con que las matemáticas analizan el modelo.

Las precipitaciones medias mensuales, son aquellas precipitaciones que resultan de la obtención del promedio mensual de las precipitaciones diarias de un registro pluviométrico.

Las precipitaciones medias anuales, son aquellas precipitaciones que resultan de la obtención del promedio mensual de las precipitaciones de un registro pluviométrico.

Zonificación, es un proceso estadístico que permite determinar la ubicación espacial de las precipitaciones de modo gráfico, determinado por medio de sus parámetros estadísticos, si pertenece a una misma zona.

La regionalización, a la que se hace énfasis en la investigación es la delimitación geográfica y morfológica que toma el departamento de Tarija en función de su clima o características de pluviometría, temperatura y otras.

A través de esta información proporcionada y su procesamiento en una hoja electrónica se realizará la construcción del modelo matemático, buscando conocer el comportamiento de los datos.

Así, los resultados de la investigación, se apoyan en la aplicación de técnicas de investigación válidas en el medio.



Análisis estadístico.

Un análisis estadístico para ser completo, debe de incluir todas las medidas, tanto de dispersión, posición, como de forma.

Medidas de posición.- Esta medida describe la posición que ocupa la distribución de frecuencias respecto a un valor de la variable. A su vez se distinguen dos tipos:

- Medidas de tendencia central, debe su nombre a la característica de que sus valores tienden a ocupar posición central o intermedias entre el menor y mayor valor del conjunto de datos; por tanto brinda información sobre el centro de la distribución. Las más usuales son, la media aritmética o promedio, la mediana, etc.

- Medidas de localización, señalan la ubicación de los valores más frecuentes o de valores extremos, los más usuales son: la moda, los cuartiles, etc.

Medidas de dispersión.- Indica cuan dispersos o concentrados están los datos. Las más usuales son las que indican la concentración de los valores del conjunto de datos alrededor de un valor medio, las más importante son la desviación estándar, varianza, coeficiente de varianza, etc.

Medidas de forma.- Indican la forma de la curva de frecuencias o curva suavizada, con respecto a la curva normal, se distinguen entre estas: medidas de sesgo y curtosis.

Medidas de sesgo, miden la asimetría de la curva.

Medidas de curtosis, miden el perfil de la curva indicando más o menos agudizada de su extremo.

Media aritmética o promedio.

Es una medida de mayor uso en la estadística, como ya se indicó anteriormente significa un valor central o un valor de equilibrio que representa a todos los demás valores, también se puede definir como aquel valor que se atribuye a cada término, la media no necesariamente es un valor del conjunto de datos.

Se considera que en la investigación se deba de trabajar con la media aritmética de una muestra.

En estadística se llama muestra a todos los elementos de un conjunto que posee cierta característica común, susceptible a ser estudiada y se le asigna un símbolo con la letra (**n**) minúscula.



Matemáticamente se define como:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Dónde:

X = Representa los valores de cada dato obtenido de los registros

n = El tamaño del conjunto de datos.

Dentro sus ventajas, se debe de señalar que es el único valor dentro un conjunto de datos.

Es un concepto ampliamente conocido y muy empleado, siendo un valor fácil de calcularse y lo más importante es que interviene todos los datos del conjunto, por tanto es una medida sumamente confiable y precisa.

La desventaja que presenta que no puede ser usada si los datos no están clasificados de forma que pide la estadística.

Representa a la medida de tendencia de posición central.

Medida de dispersión.

Para medir cuan separados o concentrados están entre si los datos, se usan medidas de dispersión, que indicará cuan diferentes son entre sí los datos que se analiza.

Las medidas más usadas son las que miden la concentración de los valores del conjunto de datos alrededor de algún valor medio.

Mientras más pequeño sean los valores de estas medidas, menor será la dispersión de datos, si todos los datos fuesen iguales entre sí, se dirá que su dispersión es cero.

Varianza Muestral.

La varianza es la principal medida de dispersión, es la más precisa y de mayor uso, en general su uso es amplio en la estadística inferencial.

La varianza muestral se designa con la letra S^2 sigma al cuadrado.

Matemáticamente de define como:

$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n}$$

Dónde:

X = Datos considerados para la estimación.

\bar{X} = Media aritmética poblacional.

n = Número de datos.



La varianza como principal medida de dispersión es de amplio uso en estadística avanzada, siendo ésta un número positivo, la varianza de una constante siempre es cero, es decir que todos los datos son iguales entre sí.

Desviación Estándar Muestral.

Con base en la varianza, otra medida de dispersión es la desviación estándar, o desviación típica. La desviación estándar muestral se le asigna la letra σ (sigma).

Su expresión matemática es definida como:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x})^2}{n}}$$

Dónde:

X = Representa el valor de los datos.

\bar{x} = Media aritmética poblacional

n = Número de observaciones.

Coefficiente de variación.

El coeficiente de variación, se llama también coeficiente de dispersión, es una medida de dispersión relativa, permite efectuar comparaciones entre diversos conjuntos de datos que no necesariamente poseen la misma frecuencia total, número total de datos.

Para un conjunto de datos, se llama coeficiente de variación al cociente de la desviación estándar entre su media aritmética.

Se representa matemáticamente:

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

S = Desviación estándar

\bar{X} = Media aritmética

El coeficiente de varianza se expresa en porcentaje al multiplicar por 100, se considera que un coeficiente de variación menor a 50% significa baja dispersión, es decir que la media aritmética es una buena representación de un conjunto de datos.

Si es mayor a 50% significa alta dispersión, la media aritmética en tal caso no es una buena representación.



Medidas de forma.

La curva de frecuencias, llamada también curva suavizada del polígono de frecuencias, es una curva que toma forma general de la curva normal, sin embargo existiera semejanza y diferencia de la que precisamente se encargan de indicar las medidas de forma.

Las medidas de forma, mediante coeficientes indicativos, miden la relación de una curva de frecuencias, con respecto a la curva normal.

El sesgo compara la simetría de una curva de frecuencias, respecto a la curva normal, también es llamado primer coeficiente de Pearson.

Se define matemáticamente como:

$$Cs = \frac{\bar{x} - Mo}{S}$$

Dónde:

\bar{x} = Media aritmética

Mo = Moda

S = Desviación estándar

Los resultados del Cs se interpretan como:

$$Cs = \left\{ \begin{array}{l} < 0 \text{ a la izquierda o negativo} \\ > 0 \text{ a la derecha o positivo} \\ = 0 \text{ Normal} \end{array} \right\}$$

Recolección de datos pluviométricos.

Desde el punto de vista de la investigación la recolección de los datos es materia prima para llegar a cumplir los objetivos planteados de la investigación.

Los datos pluviométricos han sido obtenidos de una institución que tiene a su cargo la recolección y procesamiento de los mismos, que en nuestro medio llegaría a ser el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Un conjunto de datos, para su correcto manejo, debe ser adecuadamente presentado en una forma que depende de la cantidad y de la clase de los datos que dispone.



Para este caso particular se ha empleado un método sencillo y adecuado, es el de ordenación de datos, este método permite dar un orden ya sea de menor a mayor o viceversa dando de esta manera una distribución adecuada.

Cuando se empieza a hablar de extensión y la prueba de la curva doble masa, es sinónimo de plantear el análisis de consistencia de las estaciones.

Análisis de consistencia.

El análisis de consistencia se obtiene realizando un análisis de la información disponible, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan evaluar, identificar y eliminar los posibles errores sistemáticos, que han podido ocurrir por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre.

Cualquier cambio en la ubicación como la exposición de un pluviómetro puede conllevar a un cambio relativo en la cantidad de lluvia captada por el pluviómetro, consecuencia de esto se presentan registros con condiciones inexistentes, un registro de este tipo se dice que es inconsistente.

Una forma de detectar la inconsistencia es mediante la curva doble másica.

Una curva doble másica se construye llevando en ordenadas los valores acumulados de las estaciones en estudio y en abscisas los valores acumulados de la estación índice.

Es necesario ajustar los valores del periodo más lejano, para reducirlo a las condiciones de ubicación, exposición, etc. Siendo el objetivo convertir los datos corregidos en una sola recta.

No se recomienda usar la curva doble másica en regiones montañosas porque la diferencia de los registros de estaciones cercanas puede deberse a eventos meteorológicos diferentes.

La curva doble másica o análisis visual gráfico, es una forma de analizar los quiebres que presentan los datos. Este gráfico sirve para indicar el periodo o los periodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se refleja como valores muy altos o bajos, dando como producto saltos en la tendencia, los mismos que deberán comprobarse si son fenómenos naturales o son producto de errores sistemáticos.

Los errores sistemáticos se definen como el cambio de datos vírgenes con el tiempo, por su parte la no homogeneidad siendo sinónimo de inconsistencia se debe a los factores



humanos tales como el cambio provocado como la tala de bosques y las construcciones civiles en el medio, o factores naturales de gran significación como los desastres naturales.

Por otra parte el análisis estadístico se debe realizar en base a los análisis anteriores, que permitirán encontrar los errores y los periodos de datos que mantendrán sus valores originales, se procederá al análisis de salto, tanto con la media como la desviación estándar.

Consistencia de la media.

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores medios X_1, X_2 de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con 5 % de nivel de significación de la siguiente manera:

- Se debe calcular la media y la desviación estándar para las submuestras.
- Cálculo del t calculando t_c según:

$$t_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_{t1} - \mu_{t2})}{S_{d^-}}$$

De donde $(\mu_{t1} - \mu_{t2}) = 0$ por hipótesis, es que las medias son iguales.

$$t_c = \frac{(\mu_1 - \mu_2)}{S_{d^-}}$$

Además:

$$S_{d^-} = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1) * S^2_1 + (n_2 - 1) * S^2_2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

S_{d^-} = desviación de las diferencias de los promedios

S_p = desviación estándar ponderada

- Cálculo del t tabular t_t .

El valor crítico de t se obtiene de la tabla t de Student (Tabla A-5 de anexos), con una probabilidad al 95 %, o con un nivel de significación del 5%, es decir con $\frac{\alpha}{2} = 0.025$ y con grados de libertad $\tau = n_1 + n_2 - 2$.



d. Comparación del t_c con el t_t :

✓ Si $|t_c| \leq t_t(95\%) \rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ estadísticamente son iguales

En este caso, siendo las medias iguales estadísticamente no se debe realizar el proceso de corrección.

✓ Si $|t_c| > t_t(95\%) \rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ estadísticamente no son iguales

En este caso, siendo las medias diferentes estadísticamente se debe realizar el proceso de corrección.

Consistencia de la desviación estándar.

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba de F los valores de las desviaciones estándar de las submuestras, son estadísticamente iguales o diferentes, con 95% de probabilidad, con un 5% de nivel de significación, de la siguiente forma:

a. Cálculo de las varianzas en ambos periodos.

b. Cálculo de F calculado F_c , según:

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}, \text{ si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}, \text{ si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

c. Cálculo del F, tabular valor crítico de F o F_t , se obtiene de las tablas F (Tabla A-4), para una probabilidad del 95%, es decir, con un nivel de significación $\alpha = 0.05$ y grados de libertad.

Si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$

$$G. L. N. = n_1 - 1$$

$$G. L. D. = n_2 - 1$$

Si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$

$$G. L. N. = n_2 - 1$$

$$G. L. D. = n_1 - 1$$

G.L.N.= Grados de libertad del numerador.

G.L.D.= Grados de libertad del denominador.

Corrección de los datos

En los casos en que los parámetros media, desviación estándar de las submuestras de las series de tiempo, resultan estadísticamente iguales, la información original no se corrige,



por ser consistente al 95% de probabilidad, aún cuando en el análisis de doble masa se observe pequeños quiebres. En caso contrario, se corrige los valores de las submuestras mediante la siguiente ecuación:

$$X_{(t)} = \frac{x_t - \bar{x}_1}{s_1(x)} * s_2(x) + \bar{x}_2$$

$X_{(t)}$ = valor corregido de salto

$x_{(t)}$ = valor a ser corregido

Complementación y extensión

Definición.

La extensión de la información, es el proceso de transferencia de información desde una estación con un largo registro histórico a otra con un corto registro.

La complementación de datos, es el proceso por el cual, se llenan huecos que existen en un registro de datos. La complementación es un caso particular de la extensión.

La extensión de datos es más importante que la complementación, por cuanto modifican sustancialmente a los estimadores de los parámetros muestrales, por ejemplo, la media de una muestra corta, se difiere a la media de una muestra extendida.

La complementación y extensión de la información hidrometeorológica faltante, se efectúa para tener en lo posible series completas, más confiables y de un periodo uniforme.

Técnica.

Las técnicas que se utilizan en orden de prioridad son:

- ✓ Regresión lineal simple, entre estas:
 - Correlación cruzada entre dos o más estaciones.
 - Auto correlación.
- ✓ Relleno con criterio práctico.

Para la extensión se usan modelos de:

- ✓ Regresión lineal simple.
- ✓ Regresión lineal múltiple.

Proceso.

El proceso a seguir para la complementación o extensión, es como se indica.

- ✓ Obtener la serie de tamaño N_1 a complementación o extensión.

$$Y_1, Y_2, Y_3, \dots \dots \dots Y_{N_1}$$



- ✓ Seleccionar la estación, que guarde una buena relación con la estación con la que se está trabajando, y cuya longitud de serie sea mayor, como por ejemplo:

$$N = N_1 + N_2$$

y_t = Serie de registro corto

N_t = Serie de registro largo

N_1 = Tamaño del registro común a ambas series o tamaños del registro corto.

N_2 = Tamaño del registro no común.

$$N = N_1 + N_2$$

- Se debe escoger el modelo de correlación, en este caso, la ecuación lineal:

$$y_t = a + b * x_t$$

y_t = Variable hidrológica dependiente.

x_t = Variable hidrológica independiente.

a y b = Parámetros de la ecuación de regresión lineal simple.

- Estimar los parámetros.

Los estimadores a, b y r se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$b = r * \frac{S_{1(y)}}{S_{2(x)}}$$

$$a = \bar{y}_1 - b * \bar{x}_1$$

$$\bar{y}_1 = \frac{\sum y_1}{N_1}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum x_1}{N_1}$$

$$r = \frac{N_1 * \sum x_1 y_1 - \sum x_1 * \sum y_1}{\sqrt{(N_1 * \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2) * (N_1 * \sum y_1^2 - (\sum y_1)^2)}}$$

$$S_{1(y)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} * \left(\sum_{i=1}^{N_1} (y_1 - \bar{y}_1) \right)^2}$$

$$S_{1(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} * \left(\sum_{i=1}^{N_1} (x_1 - \bar{x}_1) \right)^2}$$



Dónde:

\bar{y}_1 y \bar{x}_1 = Son estimadores de las medias, de los periodos comunes

$S_{1(y)}$, $S_{1(x)}$ = Son los estimadores no sesgados de las desviación estándar

r = Coeficiente de correlación

- Ecuación de complementación o extensión.

$$y_t = \bar{y}_1 + r * \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} * (x_t - \bar{x}_1)$$

Para mejorar la información, se le agregará otra componente, que es una variable aleatoria, que tiene por objeto dar una mejor representatividad de la serie hidrológica, especialmente cuando se quiere extender la información a un periodo largo, como por ejemplo incrementar el registro en 20 y 30 años, por lo cual la ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$y_t = \bar{y}_1 + r * \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} * (x_t - \bar{x}_1) + \alpha * \theta \sqrt{1 - r^2} * S_{1(y)} \varepsilon_t$$

ε_t = Variable aleatoria normal e independiente, con media cero y varianza unitaria.

$\theta = 1$, se una en extensión, en este caso el ruido o factor aleatorio si es considerado.

$\alpha = f(N_1, N_2)$ corrige el sesgo de la varianza del proceso.

$$\alpha = \frac{N_2(N_1 - 4)(N_1 - 1)}{(N_2 - 1)(N_1 - 3)(N_1 - 2)}$$

Criterio de confiabilidad.

La ecuación anterior solo se podrá usar si hay una buena correlación significativa entre las variables, es decir, si el coeficiente de correlación, es estadísticamente significativo con un cierto nivel de confiabilidad, utilizando el estadístico t , para esto se procede de la siguiente forma:

- a. Cálculo del estadístico t_c según:

$$t_c = \frac{r\sqrt{N_1 - 2}}{\sqrt{1 - r^2}}$$

t_c = Valor del estadístico t calculado.

N_1 = Tamaño del registro común de la muestra.

r = Coeficiente de correlación.



b. Cálculo de t_t .

El valor crítico de t , se obtiene de las tablas t de Student, con 95% de probabilidad, o con un nivel de significación del 5%, es decir

$$\frac{\alpha}{2} = 0.025$$
$$G. L. = N_1 - 2$$

c. Comparación del t_c con el t_t

✓ Si $|t_c| \leq t_t \rightarrow$

r no es significativo, por lo tanto no hay correlación significativa.

✓ Si $|t_c| > t_t \rightarrow$

r es significativo, por lo que si existe correlación significativa, se realiza la extensión.

Regionalización.

Recientemente se ha emprendido un gran esfuerzo en temas de análisis de las frecuencias regionales, en los que se utilizan datos de estaciones climáticas que se encuentran en una región homogénea, varias técnicas de frecuencia regional han sido propuestas por los investigadores.

El proceso en análisis regional es, en realidad, una combinación del examen de las características físicas y el análisis de los parámetros estadísticos; pero la dificultad que supone el estudio más detallado del aspecto geográfico, impide que se puedan adoptar únicamente el análisis de los parámetros estadísticos, para una homogenización relativa en función de los elementos de representación proyectada.

En su distribución temporal, la lluvia ocurre en ciclos anuales que podemos observar, por ejemplo, en la llanura chaqueña, se presenta la temporada de lluvias de Enero a Mayo como también de Octubre a Diciembre.

También se podrá analizar los años húmedos y secos, en ciclos multi-anales. La ocurrencia de estos ciclos, como por ejemplo el periodo 1978 al 1990 considerados húmedos, de la misma forma el periodo 1994 al 2002 considerado seco.

De igual manera se podrá comparar los datos de los años húmedos y secos mediante los gráficos de las Isoyetas, las cuales reflejarán los lugares húmedos y secos.



Por lo anterior, el representar la precipitación en la región a un sólo indicador oculta esa variabilidad espacial y temporal. Esta aseveración es aún más certera en el caso de la disponibilidad del agua, que utiliza como un insumo vital la lluvia.

El estudio de la lluvia recibe entonces gran importancia. La observación de los datos sobre cuándo y cuánto llueve, se obtiene con estaciones meteorológicas. Las estaciones cuentan con pluviómetros, registran valores de lluvia diaria puntual, es decir, la lluvia que ocurre directamente sobre la estación.

Una metodología para estudiar, a partir de los reportes, y poder agregar valores a niveles sub-regionales, de regiones, fue calcular factores que representen las superficies de influencia espacial para cada una de las 5 estaciones meteorológicas, el método usado fue el de los Polígonos de Thiessen.

Los polígonos son creados dibujando rectas entre las estaciones. Sobre estas rectas se generan bisectrices. Uniendo las bisectrices se obtienen los polígonos de Thiessen. Se conformó un archivo de Cad, donde se establecen dichas superficies.

Para la obtención de factores para cada sub-región, se establece una matriz, cuyos renglones son sub-regiones y las columnas son estaciones, dividiendo cada superficie en sub-regiones, en las porciones que resultan de los polígonos de Thiessen de cada estación, de esta manera se describe el área de influencia.

Estos factores se aplican a los valores de precipitaciones medias mensuales o anuales, obteniéndose de esta manera, una estimación de la ocurrencia de lluvias en cada sub-región, como se ilustra en la siguiente fórmula.

$$P_{sub-r} = \sum P_i \cdot \bar{x}_i \cdot F_i$$

P_{sub-r} = Precipitación sub-regional en mm

P_i = Precipitación media mensual o anual de las estaciones en mm

F_i = Factores que relacionan la sub-región y las estaciones

El cálculo de los factores regionales, se encuentra dividiendo las regiones, en sub-regiones, lo cual permitirá encontrar los factores regionales de área, estos deben ser multiplicados por las precipitaciones sub-regionales, para obtener la precipitación acumulada por región, su



fórmula es considerada como:

$$PR = \sum P_{sub} - r * FR$$

P_{sub} = Precipitación sub-regional en mm

PR = Precipitación de las regiones mm

FR = Factor que relaciona regiones y las sub-regiones.

1.6.2. Marco conceptual.

En el marco conceptual se hará referencia de los términos que van a ser empleados con mayor frecuencia, los cuales se basarán en el conocimiento científico.

Precipitación media mensual.- Promedio de la precipitación diaria de forma mensual.

Precipitación media anual.- Promedio de las precipitaciones diarias de forma anual.

Varianza.- La varianza mide la dispersión de los datos con respecto a la media aritmética.

Desviación estándar.- Es simplemente la raíz cuadrada positiva de la varianza.

Coefficiente de variación.- Es el número de veces, que supone la desviación típica respecto a la media.

Coefficiente de sesgo.- Podemos expresar el número como expresión anterior en función de la media. Considerando la relación empírica entre la media aritmética, la mediana y la moda.

Homogenización.- Es un proceso por el cual las estaciones en estudio son procesadas mediante un análisis estadístico.

Extensión.- Proceso estadístico que permite elaborar la extensión de datos mediante la comparación con otra estación índice.

Regionalización.- División geográfica y morfológica en función de sus características.

Modelo matemático.- Interpretación de un fenómeno real de forma matemática con características fundamentadas de datos reales.

Frecuencia.- Periodo de retorno en años.

1.6.3. Marco espacial.

Dentro el marco espacial es necesario definir la ubicación del área del proyecto en el que se desarrollaría la investigación.

Tarija, que está ubicada en el continente sudamericano, al sur del Estado Plurinacional de Bolivia, entre los paralelos 21° 00' y 22° 50' de Latitud Sur y los meridianos 62° 15' y 65° 20' de Longitud Oeste de la Línea de Greenwich.



Limita internacionalmente con la República Argentina al Sur y al Este con la República del Paraguay, al Oeste con el Departamento de Potosí, y al Norte con el Departamento de Chuquisaca.

Con una superficie de 37.623 km², cubre el 3,42 % del territorio nacional, con características geográficas variadas, con todo tipo de relieves que van desde 4.000 m.s.n.m. hasta los 300 m.s.n.m., lo que determina la variabilidad de su clima, pasando del frío y seco en la zona alta, al templado y temporalmente húmedo en los valles sub Andinos, finalmente cálido seco y cálido húmedo en la llanura chaqueña.

Figura N°1-1

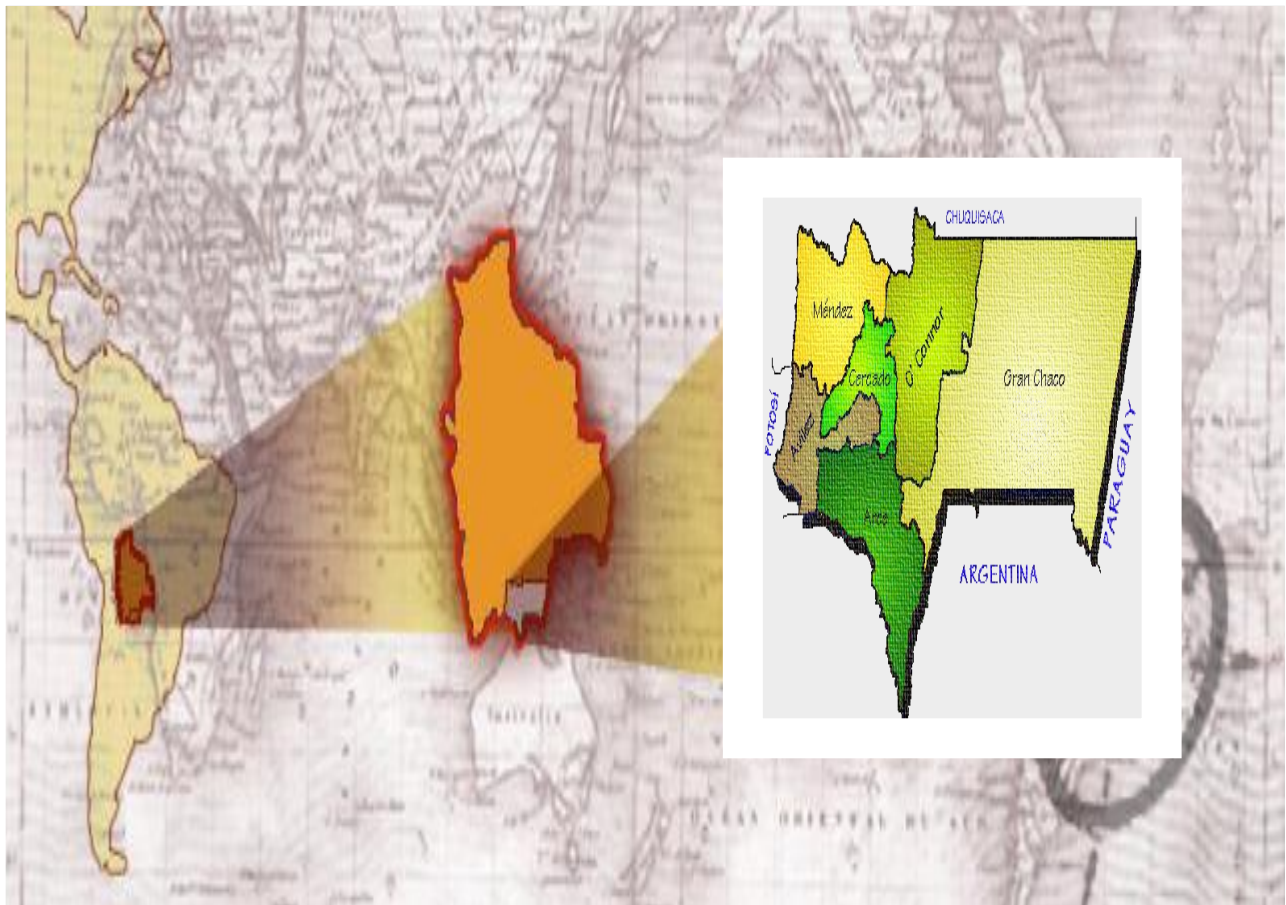




Figura N° 1-2



El departamento de Tarija cuenta aproximadamente con 140 estaciones de registro que están ubicadas dentro del mismo.

Se ha determinado realizar una descripción de las mismas en función de la ubicación y su estado.

Se deberá considerar también la ubicación geográfica de la misma en un entorno morfológico conociendo las características más relevantes de cada una.

En el siguiente cuadro se muestra la información necesaria de cada estación.

TABLA N° 1-1
MUNICIPIOS Y ZONAS GEOGRÁFICAS HOMÓGENEAS

Zona Geográfica Homogénea	Municipios	Sección De Provincia
Zona Chaqueña	Yacuiba	1ra Sección Prov. Gran Chaco
	Caraparí	2da Sección Prov. Gran Chaco
	Villa Montes	3ra Sección Prov. Gran Chaco

Fuente: Enciclopedia de Bolivia



TABLA N° 1-2
CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DE LAS ZONAS GEOGRÁFICAS

Zona	Clima	Altura(m.s.n.m.)	Temp. Promedio
Zona de la Llanura Chaqueña	Cálido Seco y Húmedo	400 a 1000	22.6 °C

Fuente: Enciclopedia de Bolivia

✓ Zona de la llanura chaqueña

En la región chaqueña, que incluye las poblaciones de Caraparí, Villa Montes, y Yacuiba entre otras, disfruta de un clima tropical, con altas temperaturas en verano y más bajas en invierno.

La Serranía del Aguaragüe, área protegida y Parque Nacional, dispuesta de Norte a Sur, delimita hacia el Este toda esta región, constituyendo un elemento paisajístico de gran valor y belleza, su riqueza en flora y fauna hacen de esta zona un lugar ideal para el turismo ecológico y conservacionista.

Foto N° 1-3

La Llanura Chaqueña



(Fuente: Enciclopedia de Bolivia)

1.6.4. Marco temporal.

Las estaciones que actualmente forman parte de la red pluviométrica y climatológica del departamento de Tarija y están a cargo del SENAMHI son 56, hasta la fecha presentan registros actualizados; para la investigación se ha determinado que solo se usará 6



estaciones, las cuales se encuentran dentro el área a estudiar, las estaciones más antiguas son aquellas que se encuentran dentro los aeropuertos más utilizados en el departamento, como lo es la estación del Aeropuerto de Yacuiba que tiene un registro de 54 años de forma continua, también las estaciones de Algarrobillas, Sachapera, Palmar Grande, Aguaraycito y la estación de Villa Montes, cuentan con registros menores a los 20 años siendo las más bajas la de Villa Montes y Aguaraycito con un registro de 11 años con periodos discontinuos.

1.7. Hipótesis de trabajo.

1.7.1. Primera hipótesis

✓ La escasa información pluviométrica representa una enorme dificultad para realizar trabajos de diseño y construcción en obras civiles.

1.7.2. Segunda hipótesis.

✓ Que los ingenieros al realizar el diseño de las obras se ven obligados a desarrollar métodos empíricos y semiempíricos, para obtener resultados más o menos confiables, ya que en la mayoría de los casos los diseños se encuentran sobredimensionados.

1.7.3. Tercera hipótesis.

✓ La metodología que se desarrollará en la presente investigación permitirá encontrar una solución a este problema y se podrá evaluar los estudios de una forma más amplia, analizando todas las características regionales, tanto climatológicas como geográficas, dentro de las cuales se encuentra el relieve topográfico de las estaciones en función de la altura sobre el nivel del mar, que presenta una determinada región.

Y permitirá a los proyectistas evaluar de otra perspectiva el diseño hidrológico, tal vez no sea necesario considerar métodos empíricos o semiempíricos que hasta la fecha, forman parte cotidiana de los estudios hidrológicos que se realiza.



2. Recolección de la información.

2.1. Información materia prima para la investigación.

La información es un conjunto de datos acerca de algún suceso, hecho o fenómeno, que organizados en un contexto determinado tienen su significado, el propósito puede ser el de reducir la incertidumbre o incrementar el conocimiento acerca de algo.

La información hidrológica como materia prima para la investigación resulta ser, todo aquel elemento que se transforma e incorpora como base para la confección del producto final, debiendo ser perfectamente identificable y medible.

Para el desarrollo de esta investigación, la principal información son los registros de precipitaciones medias mensuales y anuales, obtenidas de las estaciones pluviométricas y climatológicas, que se encuentran dentro del área seleccionada para tal efecto.

Las lecturas son obtenidas de la medición diaria que realiza el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, (SENAMHI) regional, en la red de estaciones existentes en el departamento de Tarija.

2.1.1. Dónde y cómo encontrar información de fuentes secundarias.

Como se consideró que las informaciones son materia prima para la investigación, es necesario definir de forma precisa el origen de ella, para los datos hidrológicos existe una institución encargada de la recolección y procesamiento de ellos en nuestro medio que es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

En cuanto a la información que permita la elaboración de la metodología de la investigación es extraída de varias bibliografías, y textos descargados de la biblioteca virtual que presenta una guía para la elaboración, que fueron desarrolladas en otros lugares que tenían las mismas dificultades en cuanto al objetivo.

2.1.2. Cómo identificar quién tiene la información de fuentes primarias.

Para la investigación no se ha considerado la información de fuentes primarias, una fuente primaria es aquella que se obtiene mediante encuestas, censos y otras, las cuales no han sido elaboradas para esta investigación debido a que la información de fuentes secundarias satisfacía la necesidad requerida.



3. Tabulación y Ordenamiento.

3.1.1. Tabulación.

Por tabulación debe entenderse la concentración de los datos de una investigación en cédulas diseñadas para tal efecto. La cédula o protocolo de tabulación es el formato en el cual se concentran los datos recopilados en una investigación.

La tabulación de datos comprende los pasos de codificación y vertido. La codificación de datos consiste en clasificar los propios datos de conformidad con los indicadores establecidos en el marco teórico de la investigación. Se procederá a la tabulación de la información mediante tablas y esquemas.

Las tablas contienen la información obtenida de los registros pluviométricos referentes a la zona en estudio, se encuentran ordenadas de forma cronológica lo que quiere decir que están tal cual se ha presentado dicho evento. Ver anexo-1.

3.1.2. Ordenamiento.

La elaboración de datos es un proceso estadístico, una operación que se basa en arreglar los registros de una tabla en algún orden secuencial de acuerdo a un criterio lógico, que permite la ordenación, presentación y resumen de los datos de manera que se pueda hacerlos manejables.

La elaboración de los datos recolectados permite hacer una descripción de naturaleza estadística de los hechos observados; la masa de datos obtenida no permite interpretarlos, entonces se ordenan sistemáticamente.

Se ha considerado dos formas de ordenar los datos, una de ella es por medio de la estación índice lo que quiere decir, en función de la cantidad de años de registro.

Como toda información pluviométrica debe tener un orden hidrológico, se considera el periodo de octubre a septiembre como año hidrológico. Es por ello que la información ha sido ordenada de esta manera.

También se presenta un orden para la elaboración de los resultados finales en cuanto a los resultados encontrados durante el desarrollo de la investigación. Ver anexo-1



4. Procesamiento de los datos.

Para el procesamiento de los datos se ha tomado los criterios de:

- ✓ Estaciones con alturas similares en función a la altura de nivel del mar.
- ✓ Periodo de registro extenso
- ✓ Que se encuentren próximas con relación a la distancia

Después de haber considerado este criterio, se toma como zona de estudio a la Llanura Chaco Beniana.

Las estaciones de referencia escogidas para llevar a buen término este estudio fueron seis, cinco son estaciones climatológicas con registros variables entre 10 y 15 años, además una estación pluviométrica con 54 años de registro.

Los datos de cada una de ellas fueron procesados sistemáticamente de la siguiente manera.

Complementación y extensión

En este caso haremos más referencia a la técnica de extensión, en general, el modelo matemático más empleado para transferencia de información hidrológica, entre estaciones medida, es el modelo de regresión lineal simple.

Para el proceso de elaboración del modelo se deberá seleccionar la estación, que guarde una buena relación con la estación con la que se está trabajando, y cuya longitud de serie sea mayor.

Los estadísticos necesarios para la extensión son; la media de las dos estaciones, las desviaciones estándar y el coeficiente de correlación.

Para mejorar la información se le agregará otra componente, que es una variable aleatoria, tiene como objeto dar una mejor representatividad de la serie hidrológica, especialmente cuando se quiere extender la información a un periodo largo por lo menos de 20 a 30 años.

La limitación de la extensión es saber si hay una correlación significativa entre las variables, es decir si el coeficiente de correlación es estadísticamente significativo con un cierto nivel de confiabilidad, por lo cual se deberá usar el estadístico t.

Análisis de consistencia

El análisis de consistencia de la información, es un proceso que consiste en la identificación o detección, descripción y remoción de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie de tiempo hidrológico.



Antes de utilizar la serie histórica para el modelamiento, es necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente.

El análisis de consistencia de la información hidrológica, se realiza, mediante los siguientes procesos:

- ✓ Análisis visual gráfico
- ✓ Análisis doble masa
- ✓ Análisis estadístico

Análisis visual y doble masa.- Este método sirve para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el periodo o periodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como picos muy altos o valores muy bajos, saltos y/o tendencias, los mismos que deberán comprobarse, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son productos de errores sistemáticos.

Estos análisis se utilizan para tener cierta confiabilidad en la información, de esto el análisis doble masa permite seleccionar la estación más confiable que será la que presenta el menor número de quiebres, la que será utilizada como estación base para el estudio del diagrama de la doble masa.

Análisis estadístico.- Después de haber obtenido los análisis gráficos para el estudio visual y de la doble masa, los periodos de posible corrección, y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de salto, tanto en la media como en la desviación estándar.

El análisis de salto consiste en probar, mediante la prueba de t (prueba de hipótesis), si los valores medios y la desviación estándar de la submuestra, son estadísticamente iguales con 95% de probabilidad o con nivel de significación 5%.

Aplicación de la ley Pearson Tipo III

Para usar estos modelos probabilísticos, se debe calcular sus parámetros y realizar la prueba de bondad de ajuste.

Si el ajuste es bueno, se podrá utilizar la distribución elegida, una vez encontrada la ley de distribución que rige a las variables aleatorias, además, se podrá predecir con determinada



probabilidad, la ocurrencia de una determinada magnitud, de un fenómeno, como también se podrá determinar la magnitud de un fenómeno para un periodo de retorno.

En este caso se considera tomar la ley de distribución Gamma de tres parámetros o Pearson tipo III.

La práctica ha demostrado que los resultados entre la distribución Log-normal y la distribución Pearson tipo III, para el ajuste de series de precipitaciones anuales, módulos anuales, precipitaciones mensuales, etc., no difieren.

Las razones que convalidan la utilización de esta distribución de probabilidades, son la misma que hace la distribución Log-normal.

Su principal desventaja es que se debe estimar sus parámetros y calcular los valores de la función de distribución acumulada.

Prueba de Smirnov-Kolmogorov

La prueba de ajuste de Smirnov-Kolmogorov, consiste en comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de las diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo.

Dentro de las ventajas de esta prueba se puede mencionar que, no requiere un conocimiento a priori de la función de distribución teórica, es aplicable a distribuciones de datos no agrupados, lo que quiere decir no necesita hacer intervalos de confianza.

No es una prueba exacta, sino una prueba de aproximación.

Zonificación.

El proceso de zonificación se realiza mediante el análisis de la varianza y la prueba del Chi-cuadrado, que permitirán evaluar la varianza ponderada y posteriormente el análisis gráfico.

En primer lugar se deberá evaluar los estadísticos de cada estación, como la media, varianza, el coeficiente de variación y el número de registro.

Como segundo paso se deberá estimar la varianza ponderada en función de la varianza de cada estación y el número de registro.



El último paso a considerar es la creación del gráfico de zonificación que permitirá de una forma visual evaluar si las estaciones consideradas pertenecen a la misma zona pluviométrica.

Dicho gráfico se elabora mediante los valores encontrados de la tabla que se encuentra en el anexo de tablas y cuadros, del χ^2 , que deberán estimar la diferencia del valor de la varianza ponderada.

Regionalización

El proceso en análisis regional es, en realidad, una combinación del examen de las características físicas y el análisis de los parámetros estadísticos; pero la dificultad que supone el estudio más detallado del aspecto geográfico, impide que se puedan adoptar únicamente el análisis de los parámetros estadísticos, para una homogenización relativa en función de los elementos de representación proyectada.

Como primer proceso se realizará los diagramas, que permitan analizar de forma visual la distribución temporal las lluvias estableciendo el comportamiento pluviométrico, los cuales serán construidos, con una relación altura pluviométrica versus meses.

De la misma forma se desarrollará un diagrama que permita evaluar los periodos húmedos y secos, desde la cantidad de datos medios anuales.

Este grafico se construirá, a partir de la altura de lluvia media anual versus los años de registro o periodos.

Después de estos análisis se podrá verificar mediante las Isoyetas elaboradas por otra institución, la distribución de las lluvias en el marco espacial.

Y como último paso, apoyados mediante un análisis de Polígonos de Thiessen, que determinará las probables áreas de influencia de cada estación, que permite analizar de una forma diferente el marco espacial de las estaciones, llegando a dividir en zonas sub-regionales.

Para poder encontrar las lluvias medias mensuales con características sub-regionales o podíamos llamarlas precipitaciones sub-regionales, se debe multiplicar el factor de área de influencia por la lluvia media mensual de cada estación que está dentro del área sub-regional.



De esta misma forma se podrá llegar a la distribución de las lluvias regionales, partiendo del área total de la región dividido por áreas sub-regionales, resultado de este proceso se encuentra los factores de área regional, que deberán multiplicarse por las lluvias sub-regionales y de esta forma se encuentra la lluvia regional acumulada.

4.1. Análisis de los resultados.

Se deberá analizar los resultados en función del orden como se fueron procesando, en primer lugar el análisis estadístico permitió obtener zonas homogéneas, con valores confiables desde el punto de vista de la estadística, pasando por la prueba de extensión de los datos para obtener periodos uniformes, como también se podrá analizar, de una forma gráfica la variación espacial de los datos mediante la curva doble masa, la que permite identificar los periodos en los cuales se presentan los quiebres, que posteriormente serán procesados mediante el análisis estadístico de la prueba de salto.

Para la verificación y la obtención de datos confiables se procedió al análisis mediante la prueba de confiabilidad, teniendo en cuenta valores altos de probabilidad.

Producto del análisis estadístico se permitió tener datos más confiables y coherentes, que posteriormente fueron usados para encontrar la probabilidad de un evento mediante un periodo de retorno.

Como segundo paso se ha procedido a la evaluación de los datos para encontrar, las zonas pluviométricas a las cuales corresponde cada una de ellas, dicha zonificación permitió encontrar parámetros gráficos que permitirán evaluar o considerar las regiones a las cuales se querían llegar.

La regionalización es un producto de todo lo anteriormente desarrollado, desde el análisis estadístico, zonificación y la evolución mediante la ley de distribuciones, que ahora apoyado por métodos gráficos como el Polígono de Thiessen, permiten encontrar las áreas de influencia de cada estación, después de haber realizado la división de los polígonos, apoyados con la geografía del lugar y su división política, permitió encontrar las precipitaciones desde el punto de vista municipal, que servirá para llegar al producto final que es la regionalización de las precipitaciones en función de cada área de cobertura.



Como consecuencia de todo esto se pudo encontrar factores de áreas de influencia para cada zona que se quiere estudiar, dichos factores deberán ser multiplicados por la precipitación media mensuales de la estación, dando como resultado la precipitación de la región en estudio.

4.2. Identificación de las variables.

Se ha determinado al principio de la investigación que las variables sean de forma descriptiva de tal manera que permitan identificar elementos, componentes y su interrelación, con documentos elaborados por otros investigadores.

Desde el punto de vista de la información recolectada, establece una influencia de forma directa en los resultados obtenidos.

El estudio de la variable establece una relación con el contexto del marco teórico, permitiendo afirmar los hechos que se han considerado.

Después de haber identificado la variable que rige la investigación, ahora se determinará de una forma que describa y explique lo obtenido como resultado de la investigación, la cual exige gran capacidad de análisis y síntesis.

Partiendo de lo enunciado anteriormente, se ha determinado que la metodología considerada es la más adecuada y realista para la elaboración de estudios hidrológicos, sabiendo que es sustentado de una forma científica mediante los procesos estadísticos, gráficos y de análisis, que permite elaborar resultados coherentes estableciendo un relación entre área considerada y disponibilidadde agua.

4.3. Verificación de los objetivos.

Como ya se indicó anteriormente, el objetivo principal era de llegar a regionalizar las precipitaciones del área en estudio, para que nos permita evaluar la disponibilidad del agua en toda la región.

Pero para esto se consideró que se debería elaborar una metodología adecuada para los datos obtenidos de la estación, tratando de solucionar los problemas que presentaba, desde la recolección de datos hasta su interpretación.



La estadística nos permite evaluar, discretizar y eliminar los probables datos que pueden modificar sustancialmente los estadísticos de la estación en estudio.

La extensión, homogenización, análisis de frecuencia, los intervalos de confianza y la regionalización son las condiciones adecuadas para llevar a cabo un estudio o diseño de las obras hidráulicas.

4.4. Verificación de la hipótesis.

Concluido el tratamiento de la información, la siguiente fase es constatar las hipótesis planteadas, formuladas en el inicio de la investigación, y que, en última instancia nos permitirá aceptar o rechazar lo planteado.

En cuanto a la primera hipótesis, se determina que la institución encargada de la recolección y tabulación de los datos, debe considerar en agotar esfuerzos, tanto económicos e institucionales para rehabilitar las estaciones y dar apoyo técnico a las personas encargadas de la recolección de los datos.

La segunda hipótesis, plantea en resumen los métodos de evaluación para el diseño, se afirma que si los datos fueran consistentes se podría evaluar las estimaciones desde un punto de vista científico y permitiendo crear o desarrollar métodos más reales y adecuados para cada región.

Por último la tercera hipótesis, fue aceptada considerando evaluar las variables que permitieron diseñar el modelo. Se pudo determinar que el análisis estadístico es una de las formas más adecuadas, que permitirá pasar a un segundo paso que llegaría a ser la aplicación de métodos, la zonificación y posteriormente la regionalización de los datos pluviométricos.

Este trabajo de investigación permitirá estimar la cantidad de lluvia y considerar la disponibilidad de agua para poder diseñar y construir obras hidráulicas



5. Presentación de resultados.

5.1. Análisis e interpretación de los resultados.

Se debe de analizar los resultados de una forma coherente y ordenada, de modo que permita facilitar la interpretación.

5.1.1. Verificación de la hipótesis de extensión.

La verificación de esta hipótesis ha permitido establecer, qué estaciones deben sufrir el proceso de extensión o caso contrario estadísticamente no es aconsejable extenderlas.

El criterio considerado es, evaluar el coeficiente de correlación y el tamaño de la muestra, basado en el criterio del *t de Student* (Anexo-2), que compara el *t calculado* y el *t teórico*.

TABLA N° 5-1
ESTACIONES SOMETIDAS AL PROCESO DE VERIFICACIÓN

Estaciones	Hipótesis de verificación		Resumen
	$t_c > t_t$	$t_c < t_t$	
Aguaraycito		ok	No acepta la extensión
Villa MontesAer.	ok		Si acepta la extensión
Palmar Grande	ok		Si acepta la extensión
Algarrobillas	ok		Si acepta la extensión
Sachapera	ok		Si acepta la extensión
Yacuiba Aer.	ok		Si acepta la extensión

Después del proceso de aplicación de esta hipótesis, los resultados obtenidos son presentados en el cuadro anterior, lo que nos da como interpretación que este proceso estadístico permitió desechar una estación, la que presenta un coeficiente de correlación bajo y el número de observaciones son pocas, de modo que la verificación acepta que el *t calculado* es menor a *t teórico*.

5.1.2. Análisis del coeficiente de correlación.

La estimación del coeficiente de correlación, permitirá evaluar la hipótesis anterior y ver el comportamiento de los estadísticos.



TABLA N° 5-2

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS Y EL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

Estaciones	Aguaraycito	Est. Índice	Villa Montes	Est. Índice	Palmar Grande	Est. Índice	Algarrobillas	Est. Índice	Sachapera	Est. Índice
Media	748,95	1032,76	881,14	990,33	786,92	1216,5	745,32	1219,71	972,07	1218,92
Desviación Estándar	237,59	259,41	296,79	296,15	206	552,95	223,45	388,65	252,28	464,8
Coef de Correlación	0,08		0,84		0,46		0,39		0,66	
Numero de datos	11		12		19		27		29	31
N1	11		12		19		27		29	
N2	20		19		12		4		2	
α	1,02		1,03		1,08		1,33		1,99	

Los parámetros estadísticos estimados en la tabla anterior son, obtenidos de los datos registrados sin haber sufrido algún proceso, lo que se establece que son de los eventos tal cual se ha presentado y permitirán realizar la comparación con los resultados obtenidos posteriormente.

5.1.3. Extensión de datos faltantes.

La siguiente tabla, muestra el resultado obtenido después del proceso de extensión en cada una de las estaciones, como también la modificación sustancial de los parámetros estadísticos principalmente en la estación de Villa Montes, que se ha analizado mediante un anexo posterior.



TABLA N° 5-3
RESUMEN DE LAS ESTACIONES QUE HAN SUFRIDO EL PROCESO DE
EXTENSIÓN DE DATOS

Años	Villa Montes	Palmar Grande	Algarrobillas	Sachapera	Yacuiba	
1978	812,23	392,8	369	890,6	908,4	
1979	1631,57	792,2	692,6	1299,1	1881,7	
1980	1239,11	1029,9	490,3	1116,8	1415,5	
1981	1387,95	753,8	695,6	1075,6	1592,3	
1982	1437,78	1194,1	1050,9	887,5	1651,5	
1983	1470,87	868,26	851,01	743,5	1690,8	
1984	2347,03	941,1	1084,39	1436,1	2731,6	
1985	1770,55	761,2	837,7	1645,3	2046,8	
1986	1270,09	827,39	797,52	908	1452,3	
1987	1203,67	813,87	779,84	1027,53	1373,4	
1989	1054,17	783,44	669	964,2	1195,8	
1990	1114,53	795,72	756,11	900,5	1267,5	
1991	1189,45	810,98	776,05	1270,6	1356,5	
1992	805,66	732,85	673,83	903,5	900,6	
1993	693,62	710,04	643,99	635	767,5	
1994	918,47	735	583,5	604,2	1034,6	
1995	772,24	584,4	664,93	1033,6	860,9	
1996	836,5	1057,2	713,1	1088,3	936,7	
1997	753,05	845	659,82	1204,7	838,1	
1998	717,0	709,7	613,29	761,43	630,6	
1999	661,3	632	638,31	662,1	742,2	
2000	751,5	742,3	682,9	882,3	850,2	
2001	615,0	455,1	641,2	706,7	605,9	
2002	641,0	592,4	437,9	674,7	868	
2003	680,8	869,1	1130,9	1096,3	1128,4	
2004	944,7	864,2	919,4	907,2	1083,7	
2005	1072,6	1000	1034,1	1224,6	1306,4	
2006	1596,5	862,47	1117,1	1076	1657	
2007	1258,1	759,48	544,9	661,8	1056	
2008	764,7	731,41	781,8	842,4	892,2	
2009	870,5	760,73	769,1	848,9	1063,3	
Promedio	X	1073,62	787,36	745,16	967,07	1218,92
Desv. Est	S	396,7	159,9	187,3	242,9	457,2
Varianza	S²	157358,0	25567,4	35094,0	58993,7	209066,1

Después del proceso de extensión de los datos pluviométricos, se determina la modificación sustancial de los parámetros estadísticos, cabe mencionar que la estación patrón o índice llega a ser la estación de Yacuiba, que tiene 54 años de registro continuo.



La estación que fue modificada en gran parte es la estación de Villa Montes, con la extensión de 20 años, el objetivo de este proceso es la uniformización de las estaciones para un solo periodo, sacrificando la homogeneidad de los datos para tener estaciones consistentes estadísticamente.

5.1.4. Análisis de consistencia.

El siguiente cuadro muestra el análisis de consistencia, partiendo de la curva doble masa, la que permitirá encontrar el periodo que deberá ser corregido, representado en el análisis visual y gráfico. En el anexo -2 se presentará la gráfica de la curva doble masa de cada estación.

TABLA N° 5-4
ANÁLISIS DE LA CURVA DOBLE E IDENTIFICACIÓN DE LOS PERIODOS A CORREGIR

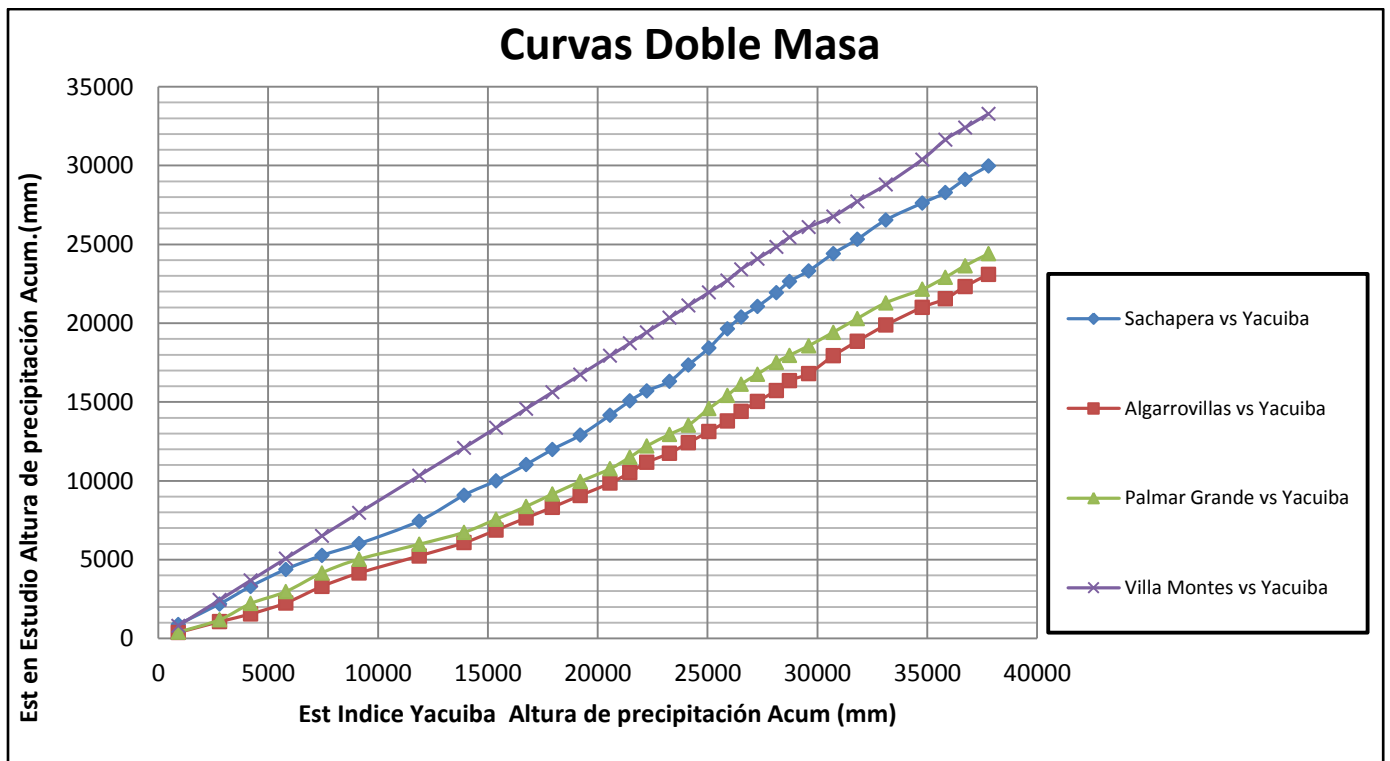
Años	Villa Montes	Palmar Grande	Algarrobillas	Sachapera	Yacuiba	Villa Montes	Palmar Grande	Algarrobillas	Sachapera	Yacuiba
						Acum	Acum	Acum	Acum	Acum
1978	812,23	392,8	369	890,6	908,4	812,23	392,8	369	890,6	908,4
1979	1631,57	792,2	692,6	1299,1	1881,7	2443,8	1185	1061,6	2189,7	2790,1
1980	1239,11	1029,9	490,3	1116,8	1415,5	3682,91	2214,9	1551,9	3306,5	4205,6
1981	1387,95	753,8	695,6	1075,6	1592,3	5070,86	2968,7	2247,5	4382,1	5797,9
1982	1437,78	1194,1	1050,9	887,5	1651,5	6508,64	4162,8	3298,4	5269,6	7449,4
1983	1470,87	868,26	851,01	743,5	1690,8	7979,51	5031,06	4149,41	6013,1	9140,2
1984	2347,03	941,1	1084,39	1436,1	2731,6	10326,54	5972,16	5233,8	7449,2	11871,8
1985	1770,55	761,2	837,7	1645,3	2046,8	12097,09	6733,36	6071,5	9094,5	13918,6
1986	1270,09	827,39	797,52	908	1452,3	13367,18	7560,75	6869,02	10002,5	15370,9
1987	1203,67	813,87	779,84	1027,53	1373,4	14570,85	8374,62	7648,86	11030,03	16744,3
1989	1054,17	783,44	669	964,2	1195,8	15625,02	9158,06	8317,86	11994,23	17940,1
1990	1114,53	795,72	756,11	900,5	1267,5	16739,55	9953,78	9073,97	12894,73	19207,6
1991	1189,45	810,98	776,05	1270,6	1356,5	17929	10764,76	9850,02	14165,33	20564,1
1992	805,66	732,85	673,83	903,5	900,6	18734,66	11497,61	10523,85	15068,83	21464,7
1993	693,62	710,04	643,99	635	767,5	19428,28	12207,65	11167,84	15703,83	22232,2
1994	918,47	735	583,5	604,2	1034,6	20346,75	12942,65	11751,34	16308,03	23266,8
1995	772,24	584,4	664,93	1033,6	860,9	21118,99	13527,05	12416,27	17341,63	24127,7
1996	836,5	1057,2	713,1	1088,3	936,7	21955,49	14584,25	13129,37	18429,93	25064,4
1997	753,05	845	659,82	1204,7	838,1	22708,54	15429,25	13789,19	19634,63	25902,5
1998	717,0	709,7	613,29	761,43	630,6	23425,54	16138,95	14402,48	20396,06	26533,1
1999	661,3	632	638,31	662,1	742,2	24086,84	16770,95	15040,79	21058,16	27275,3
2000	751,5	742,3	682,9	882,3	850,2	24838,34	17513,25	15723,69	21940,46	28125,5
2001	615,0	455,1	641,2	706,7	605,9	25453,34	17968,35	16364,89	22647,16	28731,4
2002	641,0	592,4	437,9	674,7	868	26094,34	18560,75	16802,79	23321,86	29599,4
2003	680,8	869,1	1130,9	1096,3	1128,4	26775,14	19429,85	17933,69	24418,16	30727,8



2004	944,7	864,2	919,4	907,2	1083,7	27719,84	20294,05	18853,09	25325,36	31811,5
2005	1072,6	1000	1034,1	1224,6	1306,4	28792,44	21294,05	19887,19	26549,96	33117,9
2006	1596,5	862,47	1117,1	1076	1657	30388,94	22156,52	21004,29	27625,96	34774,9
2007	1258,1	759,48	544,9	661,8	1056	31647,04	22916	21549,19	28287,76	35830,9
2008	764,7	731,41	781,8	842,4	892,2	32411,74	23647,41	22330,99	29130,16	36723,1
2009	870,5	760,73	769,1	848,9	1063,3	33282,24	24408,14	23100,09	29979,06	37786,4

Las estaciones que no sufren modificación son: Estación de Yacuiba y la estación de Villa Montes, solo se deberá realizar la corrección en las tres estaciones que faltan, después de haber analizado visualmente, se observan los periodos de quiebre de cada curva en donde se establece que los datos recientes deberán ser conservados y lo contrario pasará con los registros pasados, los cuales fueron corregidos mediante la regresión lineal, que considera un coeficiente de correlación entre ellas.

Gráfico N°5-1
ANÁLISIS VISUAL DE LA CURVA DOBLE MASA



En este gráfico se observa los periodos de quiebre de cada estación, como también la curva doble masa de Villa Montes que presenta una regresión buena.



Como la estación de Villa Montes fue modificada en gran magnitud, lo que demuestra de forma gráfica asemejarse a una recta de lo que indica que presenta una buena correlación.

5.1.5. Análisis de prueba de salto.

En la siguiente tabla se muestra los datos corregidos mediante la prueba de salto, la cual evalúa las medias de una sub muestra, como también la desviación estándar.

TABLA N° 5-5
ESTACIONES CORREGIDAS MEDIANTE LA PRUEBA DE SALTO

Años	Sachapera	Algarrobillas	Palmar Grande	Yacuiba	Villa Montes
1978	759,83	458,5	381,03	908,4	812,23
1979	1052,21	889,59	738,54	1881,7	1631,57
1980	921,73	620,09	951,3	1415,5	1239,11
1981	892,24	893,59	704,16	1592,3	1387,95
1982	757,61	1366,9	1098,28	1651,5	1437,78
1983	654,54	1100,62	806,62	1690,8	1470,87
1984	1150,27	1411,52	871,82	2731,6	2347,03
1985	1300,01	1082,89	710,79	2046,8	1770,55
1986	772,28	1029,36	770,04	1452,3	1270,09
1987	857,84	1005,81	757,93	1373,4	1203,67
1989	812,51	858,15	730,69	1195,8	1054,17
1990	766,92	974,2	741,69	1267,5	1114,53
1991	1031,81	1000,76	755,35	1356,5	1189,45
1992	769,06	684,59	685,41	900,6	805,66
1993	576,88	824,84	664,99	767,5	693,62
1994	554,84	744,25	687,34	1034,6	918,47
1995	862,18	852,73	552,53	860,9	772,24
1996	901,34	916,9	975,74	936,7	836,5
1997	984,65	845,92	785,8	838,1	753,05
1998	761,43	783,94	664,69	630,6	717,0
1999	662,1	817,27	632	742,2	661,3
2000	882,3	876,67	742,3	850,2	751,5
2001	706,7	821,12	455,1	605,9	615,0
2002	674,7	550,29	592,4	868	641,0
2003	1096,3	1130,9	869,1	1128,4	680,8
2004	907,2	919,4	864,2	1083,7	944,7
2005	1224,6	1034,1	1000	1306,4	1072,6
2006	1076	1117,1	862,47	1657	1596,5
2007	661,8	544,9	759,48	1056	1258,1
2008	842,4	781,8	731,41	892,2	764,7
2009	848,9	769,1	760,73	1063,3	870,5



Como se indicó anteriormente, en el análisis visual establecerá los periodos que deberán ser corregidos, mediante la prueba de salto.

TABLA N° 5-6
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS ESTIMADOS DESPUÉS DEL PROCESO DE
CORRECCIÓN

Parámetros		Sachapera	Algarrobillas	Palmar Gran	Yacuiba	Villa Monte
Media	\bar{X}	862.06	893.87	751.71	1219	1073.74
Varianza	S^2	33772.73	45946.18	22098.21	216087.33	162630.13
Desviación Estándar	S	183.77	214.35	148.65	464.85	403.27
Coefficiente de Variación	C_V	0.21	0.24	0.20	0.38	0.38
Coefficiente de Sesgo	C_S	0.31	0.54	-0.11	1.25	1.19

En la siguiente tabla se aprecia el cambio que sufren los parámetros estadísticos de cada estación, es necesario indicar que estos son los parámetros, que posteriormente serán usados en la regionalización y zonificación, etc.

TABLA N° 5-7
RESULTADOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL AJUSTE DE
SMIRNOV-KOLMOGOROV

Estaciones			
	Δ	Δ_{cri}	
Sachapera	0.0685	0.24	se acepta la ley
Algarrobillas	0.0754	0.24	se acepta la ley
Palmar Grande	0.9677	0.24	no se acepta la ley
Yacuiba	0.0611	0.24	se acepta la ley
Villa Montes	0.0865	0.24	se acepta la ley

En el presente cuadro se puede apreciar, los resultados de la aplicación de la ley de distribuciones ley de Pearson tipo III, se considera la aplicación de esta ley porque evalúa tres parámetros los cuales se han planteado en el análisis estadístico, y sobre todo no difiere de ninguna forma de la ley Log-normal.

Sobre los resultados la estación de Palmar Grande no se ajusta a la ley de distribuciones, que nos indica que se deberá corregir o analizar los datos extremos que presenta y en los posible se deba de realizar una depuración de algunos datos, se puede interpretar que estos valores pueden estar en el periodo que no fue corregido.



TABLA N° 5-8
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ZONIFICACIÓN PLUVIOMÉTRICA

		Análisis de las estaciones pluviométricas	
		Pertenece a la zona	No pertenece a la zona
Estaciones	Varianza		
Yacuiba	216039.04		No pertenece
Sachapera	63645.20	Si pertenece	
Palmar Grande	42436.00		No pertenece
Villa Montes	88084.30	Si pertenece	
Algarrobillas	49929.90	Si pertenece	

El método aplicado para la zonificación es aquel que analiza la varianza de cada muestra, este parámetro es uno de los más importantes dentro de las medidas de dispersión, lo que indica cuan dispersos están los datos de un conjunto de valores que están alrededor de un valor medio.

Como podemos apreciar la estación de Yacuiba y Palmar Grande, no pertenecen a una misma zona pluviométrica, lo que indica que su valor medio está lejos de lo requerido.

TABLA N° 5-9
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SUB-ZONIFICACIÓN PLUVIOMÉTRICA

			Análisis de las estaciones pluviométricas	
			pertenece a la sub-zona	No pertenece a la sub-zona
Estaciones	Media	Des. Est.		
Yacuiba	1219.92	464.8		No pertenece
Sachapera	972.07	252.28	Si pertenece	
Palmar Grande	786.92	206.00		No pertenece
Villa Montes	881.14	296.79	Si pertenece	
Algarrobillas	745.32	223.45		No pertenece

Dentro de la sub-zonificación, los estadísticos evaluados son dos, la media y la desviación estándar, los cuales representan, la medida de posición (tendencia central) y la otra medida de dispersión, los cuales permiten evaluar a los estadísticos.



Se puede concluir que el resultado de la sub-zonificación demuestra que tres estaciones no están dentro de la sub-zona pluviométrica, lo que sus valor de la media y la desviación estándar no están dentro del valor medio.

Regionalización pluviométrica

En la tabla que se muestra, están los factores encontrados después del proceso de regionalización mediante el polígono de Thiessen, que divide mediante los polígonos áreas de influencia de cada estación, las cuales forman parte de áreas de una sub-región, diferenciadas por el límite hipotéticos considerados por las alturas de cada estación.

Se determina como hipótesis las alturas de los aparatos registradores de la pluviometría, esto nos dará una idea de lo que pasaría se este evento sucede.

Se considera que la hipótesis, debe de tomar en cuenta las siguientes aseveraciones:

- ✓ Se presentara precipitaciones uniformes en todos las áreas que abarca el polígono
- ✓ Las estaciones consideradas para la aseveración anterior deben de presentar alturas similares de ubicación con referencia al nivel del mar.

Para este análisis como se puede apreciar solo se consideró 2 observaciones, solo cuando llueve en cada región, que abarca el polígono.

Pero sabemos que, podría presentarse de varias formas, las cuales en esta primera etapa no se hablara de las mismas.

Las limitaciones que vemos son, que las estaciones consideradas se encuentran distantes a otros lugares, o también que abarcan áreas muy grandes, lo cual dificulta el análisis de una forma más adecuada.

Esto se puede apreciar en las estaciones de Villa Montes como también la estación de Algarrobillas.

Se pudo observar que existe entre esta zona relieves topográfico que hacen variar las alturas referentes al pluviómetro, como, la estación de Algarrobillas está ubicada a una altura de 468 msnm y existe lugares dentro el área que abarca el polígono que presentan alturas de 250 msnm. Siendo este un caso general con las otras estaciones.



Es por esto que se deberá proponer la instalación de aparatos pluviométricos, para que se puedan determinar las probables áreas de influencia de cada polígono, de tal forma que, considere estos relieves como una limitación para el estudio, pero se debe indicar que el fenómeno natural de la lluvia no considera ningún aseveración determinada anteriormente, es por esto que se deberá modelar y plantear hipótesis que puedan validar las investigaciones.

En conclusión se deberá indicar que, la influencia de la lluvia es proporcional al tamaño que abarca la estación o lo que quiere decir que está en función del territorio que abarca el polígono.



TABLA N° 5-10 A
FACTORES DE PRECIPITACIÓN POR ÁREA QUE ABARCA CADA ESTACIÓN

Distribución por Hipótesis en (%) de área

Estaciones	Hipótesis N°1		Hipótesis N°2		Hipótesis N°3	
Villa Montes- Aeropuerto	100,00%	dentro	0,00%	fuera	0,00%	fuera
Palmar Grande	0,00%	fuera	20,33%	dentro	0,00%	fuera
Algarrobillas	0,00%	fuera	79,67%	dentro	0,00%	fuera
Sachapera	0,00%	fuera	0,00%	fuera	62,10%	dentro
Yacuiba- Aeropuerto	0,00%	fuera	0,00%	fuera	37,39%	dentro

TABLA N° 5-11 A
ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIÓN POR FACTOR DE ÁREA DE CADA SUB-REGIÓN

Aplicación de los valores por estación

Estación	Hipótesis N°1			Hipótesis N°2			Hipótesis N°3		
	P.E.	F	P.E*F	P.E.	F	P.E*F	P.E.	F	P.E*F
Villa Montes- Aeropuerto	1073,62	100,00%	1073,62	1073,62	0,00%	0,00	1073,62	0,00%	0,00
Palmar Grande	787,36	0,00%	0,00	787,36	20,33%	160,07	787,36	0,00%	0,00
Algarrobillas	745,16	0,00%	0,00	745,16	79,67%	593,66	745,16	0,00%	0,00
Sachapera	967,07	0,00%	0,00	967,07	0,00%	0,00	967,07	62,10%	600,50
Yacuiba- Aeropuerto	1218,92	0,00%	0,00	1218,92	0,00%	0,00	1218,92	37,39%	462,03
		100,00%	1073,62		100,00%	753,74		100,00%	1062,53
	Prec. Sub- Regional (mm)		1073,62	Prec. Sub- Regional (mm)		753,74	Prec. Sub- Regional (mm)		1062,53

TABLA N° 5-12 A
ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIÓN POR FACTOR DE ÁREA DE LA REGIÓN

Cálculo de factores regionales

	Área de estudio	Superficie Km ²	
	14503,860	Por Hipótesis	%
Variación de Hipótesis		5996,94	41,35%
		7355,16	50,71%
		1151,76	7,94%
			100%



TABLA N° 5-13 A
ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIÓN
REGIONAL

	Psub-r.	F.R.	P.sub-r.*F.R
Variación de Hipótesis	1073,62	41,35%	443,91
	753,74	50,71%	382,23
	1062,53	7,94%	84,38
	<i>Prec. Regional</i> <i>(mm)</i>		<i>910,52</i>



Conclusiones y recomendaciones.

- ✓ Debemos indicar que, dentro de las conclusiones obtenidas mediante la investigación, se pudo determinar, en una primera etapa el comportamiento de los datos en función de los probables errores sistemáticos, como la variación de los parámetros estadísticos.
- ✓ En función de este diagnóstico se procedió al análisis estadístico, que permitió evaluar cada estación, con el objetivo de tener series uniformes, para poder encarar la regionalización.
- ✓ Antes de realizar la regionalización, se pudo observar el comportamiento de las estaciones mediante el análisis de la gráfica de zonificación, permitiendo determinar las zonas, como también las sub-zonas pluviométricas que en este caso son tres.
- ✓ El objetivo de la investigación es encontrar el comportamiento regional de las precipitaciones, se pudo obtener como resultado que la geografía de una determinada zona juega un papel importante, como también el área que llega a abarcar una estación mediante la división del Polígono de Thiessen.
- ✓ Tal vez se podría obtener mejor resultado si se encontraría una red más poblada de estaciones, que podría abarcar todo el territorio de estudio, por lo cual proponemos la ubicación de nuevas estaciones para obtener los factores de una forma más adecuada.
- ✓ Los factores de área, nos permitirán obtener valores para evaluar sub-regiones, que se encuentren dentro el área estudiada.
- ✓ No se debe olvidar que la principal limitante es la distribución geográfica de cada zona y se podría concluir que la mayoría de las lluvias en nuestro medio son de carácter orográfico.
- ✓ Como recomendación cabe mencionar que, las estaciones consideradas deberán tener tres principios fundamentales, los cuales son, estaciones con similares alturas sobre el nivel del mar, estaciones que presenten registros extensos y por último que estén próximas en función de la distancia de cada una.
- ✓ Por otra parte se debe tener en cuenta que el proceso de extensión de los datos, cuente con la comparación de otra estación vecina, o caso contrario analizar la distribución temporal de la lluvia mediante las épocas secas y húmedas.



- ✓ Es meritorio también indicar que se debe dar importancia a la recolección de los datos pluviométricos, como también a la institución que los procesa.
- ✓ No se debe agotar esfuerzos en promover la instalación de más aparatos que registren el comportamiento de las lluvias o en caso contrario rehabilitar las estaciones que a la fecha se encuentran cerradas, este trabajo permitirá obtener otra visión para analizar el comportamiento de las precipitaciones de forma espacial.
- ✓ Se determina que los coeficientes regionales son proporcionales al área que abarca cada estación que se encuentra delimitada por los polígonos de Thiessen, en este caso no se puede determinar que las características topográficas no son un elemento de aporte para la determinación de los coeficientes.