

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TORMENTAS
MÁXIMAS EN LA SIERRA CENTRAL DEL PERÚ”**

Presentado por:

ELEAZAR CHUCHÓN ANGULO

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

Lima-Perú

2012

ÍNDICE

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1	ANTECEDENTES	2
2.1.1.	CICLO ANUAL DE LA CIRCULACION ATMOSFERICA REGIONAL EN AMERICA DEL SUR	2
2.1.2.	CLIMATOLOGÍA DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA DE AMÉRICA DEL SUR DURANTE EL VERANO	7
2.1.3.	DISTRIBUCION CLIMATOLOGICA DE LAS ZONAS CONVECTIVAS.	9
2.1.4.	CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA ASOCIADO A LAS PRECIPITACIONES EN NIVELES BAJOS (500hPa).....	10
2.2	CONCEPTOS TEORICOS SOBRE TORMENTAS	12
2.2.1.	DEFINICION DE TORMENTAS.....	12
2.2.2.	FORMACION DE TORMENTAS.....	14
2.2.3.	CICLO DE VIDA DE UNA TORMENTA ORDINARIA	16
2.2.4.	TIPOS DE TORMENTAS	21
2.2.5.	DISTRIBUCION ANUAL DE LAS TORMENTAS SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE.....	24
2.3	TORMENTAS DE DISEÑO	26
2.3.1.	ASPECTOS GENERALES	26
2.3.2.	TORMENTA PUNTUAL	27
2.3.3.	INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.....	29
2.3.4.	RELACIONES INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA	30
2.3.5.	HIETOGRAMAS DE DISEÑO UTILIZANDO ANALISIS DE EVENTOS DE TORMENTA	32
2.4	METODO DE MINIMOS CUADRADOS	35
2.4.1.	AJUSTE DE CURVAS	35

III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
3.1.	MATERIALES.....	45
3.1.1.	CARTOGRAFIA.....	45
3.1.2.	INFORMACION DE DATOS SENAMHI.....	46
3.1.3.	PROCESAMIENTO DE INFORMACION.....	48
3.1.4.	FUENTES DE ERROR DE DATOS SENAMHI.....	48
3.2.	METODOLOGIA.....	48
3.2.1.	SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES PLUVIOGRÁFICAS.....	48
3.2.2.	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA.....	50
3.2.3.	SELECCIÓN DE INTENSIDADES MÁXIMAS.....	50
3.2.4.	AJUSTE DE LOS DATOS CON UNA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD.....	51
3.2.5.	DETERMINACION DE LAS CURVAS IDF PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO.....	53
3.2.6.	DETERMINACIÓN DE LOS HIETOGRAMAS DE DISEÑO.....	53
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	55
4.1.	ESTACION CABANA.....	55
4.2.	RESULTADOS ESTACION OYÓN.....	58
4.3.	RESULTADOS ESTACION HUÁNUCO.....	61
4.4.	RESULTADOS ESTACION TÚNEL CERO.....	64
V.	CONCLUSIONES.....	67
VI.	RECOMENDACIONES.....	68
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
VIII.	ANEXOS.....	71
8.1.	Perfiles de Tormentas e hietogramas de diseño estación Cabana.....	71
8.2.	Perfiles de Tormentas e Hietogramas de Diseño estación Oyón.....	80
8.3.	Perfiles de Tormentas e Hietogramas de Diseño estación Huánuco.....	89
8.4.	Perfiles de Tormentas e Hietogramas de Diseño Estación Túnel Cero.....	97

FIGURAS

Figura N° 2:1 Distribución horizontal de la altitud de la cordillera de los Andes.	3
Figura N° 2:2 Sección Vertical A'B' en 15°S	4
Figura N° 2:3 Esquema de circulación atmosférica a nivel superficial en América de Sur para el verano austral (diciembre, enero y febrero). HP y BP representan los centros de alta y bajas presiones, respectivamente, ITZC, la Zona de Convergencia Intertropical y SACZ, la Zona de Convergencia del Atlántico Sur.	5
Figura N° 2:4 Esquema de circulación atmosférica a nivel superficial en América de Sur para el invierno austral (junio, julio y agosto).....	6
Figura N° 2:5 Climatología de los vientos (m/s) en el verano austral (EFM) y humedad específica (g/kg) en 850 hPa.....	7
Figura N° 2:6 Climatología de los vientos (m/s) en el verano austral (EFM) y humedad específica (g/kg) en 500 hPa.....	8
Figura N° 2:7 Climatología de los vientos (m/s) en el verano austral (EFM) y humedad específica (g/kg) en 200 hPa.....	9
Figura N° 2:8 Climatología de la circulación atmosférica (periodo: 1971-2000) en Sudamérica a 500 hPa (aproximadamente a 5,5 km de altitud): a) en verano y b): en invierno.....	11
Figura N° 2:9 Gráfico representativo de la distribución de cargas eléctricas en el cumulonimbus (Cb).....	14
Figura N° 2:10 Desarrollo del Cumulonimbus (Cb).....	15
Figura N° 2:11 Fase de crecimiento	17
Figura N° 2:12 Periodo de Madurez.....	19
Figura N° 2:13 Fase final	20
Figura N° 2:14 Los tres estados del cumulonimbus (Cb).....	21
Figura N° 2:15 Cumulonimbus.	23
Figura N° 2:16 Desarrollo de un complejo convectivo de mesoescala sobre EE.	25
Figura N° 2:17 Frecuencia en número de días con tornado sobre la superficie terrestre.	25
Figura N° 2:18 Curvas profundidad – área para producir precipitación puntual con el fin de obtener valores promedio en el área.	28
Figura N° 2:19 Histograma de la tormenta de diseño.	29
Figura N° 2:20 Curva lluvia acumulada – duración de la tormenta. (García, 2007).....	30

Figura N° 2:21 Curvas Intensidad-duración-frecuencia para lluvia máxima en Chicago, Estados Unidos.	31
Figura N° 2:22 Curvas Intensidad-duración-frecuencia.	32
Figura N° 2:23 a) Distribución temporal de tormentas de primer cuartil. La probabilidad mostrada es la posibilidad de que el patrón de tormenta observado caiga a la izquierda de la curva. b) Histogramas seleccionados de tormentas del primer cuartil.	33
Figura N° 2:24 Hietograma de lluvia de 24 horas del Soil Conservation.	35
Figura N° 2:25 Modelos empíricos habituales	36
Figura N° 2:26 Modelos empíricos habituales	36
Figura N° 2:27 Linealidad de una ecuación	37
Figura N° 2:28 Comparación cualitativa entre la forma de los datos y el tipo de curva a ajustar	38
Figura N° 2:29 Ajuste de ecuaciones a datos	38
Figura N° 2:30 Criterios de ajuste	39
Figura N° 2:31 Regresión lineal y no lineal por mínimos cuadrados.....	40
Figura N° 2:32 Notación matricial en regresión lineal.....	40
Figura N° 2:33 Método iterativos en regresión no lineal: mínimo global y mínimos locales	41
Figura N° 2:34 Algoritmos iterat4os en regresión no lineal.....	42
Figura N° 2:35 Bondad de un ajuste en regresión lineal (respecto a los residuales).....	42
Figura N° 2:36 Regresión con pesos estadísticos.....	43
Figura N° 2:37 Modo de ajuste de ecuaciones directas y sin usar trasformaciones lineales	44
Figura N° 2:38 Discriminación por superposición de ajustes	44
Figura N° 3:1 Clasificación Climatológica Regional del Perú según Senamhi	46
Figura N° 3:2 Mapa de Ubicación de las Estaciones pluviográficas (Sierra Central, Perú).	49
Figura N° 3:3 Banda pluviográfica estación Cabana (Ancash).....	50
Figura N° 3:4 Hietograma de Diseño para la estación de Cabana - Ancash	54
Figura N° 4:1 Perfil de Tormenta Máxima para la estación de Cabana.	55
Figura N° 4:2 Hietograma de Diseño para la estación de Cabana 10 de febrero del 2009.	56
Figura N° 4:3 Curvas de Intensidad – Duración - Frecuencia para la estación de Cabana.	57
Figura N° 4:4 Perfil de Tormenta Máxima para la estación de Oyón ocurrida el 04 de marzo de 1972.	58

Figura N° 4:5 Hietograma de diseño para la estación de Oyón ocurrida el 04-03-1972.....	59
Figura N° 4:6 Curvas de Intensidad – Duración - Frecuencia para la estación de Oyón. ...	60
Figura N° 4:7Perfil de Tormenta Máxima para la estación de Huánuco ocurrida el 26 de marzo de 1982.	61
Figura N° 4:8 Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia para la estación de Huánuco. ..	63
Figura N° 4:9 Perfil de Tormenta Máxima para la estación de Túnel Cero ocurrida el 05 de febrero de 1984.....	64
Figura N° 4:10 Curvas de Intensidad – Duración - Frecuencia para la estación de Túnel Cero.	66

CUADROS

Cuadro N° 2:1 Características de la fase de crecimiento	16
Cuadro N° 2:2Características de la fase de maduración	18
Cuadro N° 2:3Características de la fase de disipación.....	20
Cuadro N° 2:4 Distribuciones de lluvia SCS	34
Cuadro N° 3:1 Clasificación Climatológica Regional del Perú	45
Cuadro N° 3:2Estaciones pluviográficas de la zona de estudio (Sierra Central)	47
Cuadro N° 3:3 Estaciones pluviográficas utilizadas en el estudio (Sierra Central)	49
Cuadro N° 4:1Cuadro de datos de la tormenta registrada el 10 de febrero del 2009.....	56
Cuadro N° 4:2Cuadro de datos necesarios para encontrar las constantes (k, n, m)	56
Cuadro N° 4:3Cuadro de datos generados con la ecuación determinada para la estación Cabana para diferentes periodos de retorno y duraciones.	57
Cuadro N° 4:4 Cuadro de datos de la tormenta registrada el 04 de marzo de 1972.....	59
Cuadro N° 4:5Cuadro de datos necesarios para encontrar las constantes (k, n, m)	59
Cuadro N° 4:6Cuadro de datos generados con la ecuación determinada para la estación Oyón para diferentes periodos de retorno y duraciones.	60
Cuadro N° 4:7 Cuadro de datos de la tormenta registrada el 26 de marzo de 1982.....	62
Cuadro N° 4:8Cuadro de datos necesarios para encontrar las constantes (k, n, m)	62
Cuadro N° 4:9Cuadro de datos generados con la ecuación determinada para la estación Huánuco para diferentes periodos de retorno y duraciones.....	63
Cuadro N° 4:10Cuadro de datos de la tormenta registrada el 25 de marzo de 1989.....	65
Cuadro N° 4:11Cuadro de datos necesarios para encontrar las constantes (k, n, m)	65
Cuadro N° 4:12Cuadro de datos generados con la ecuación determinada para la estación Túnel Cero para diferentes periodos de retorno y duraciones.	66