

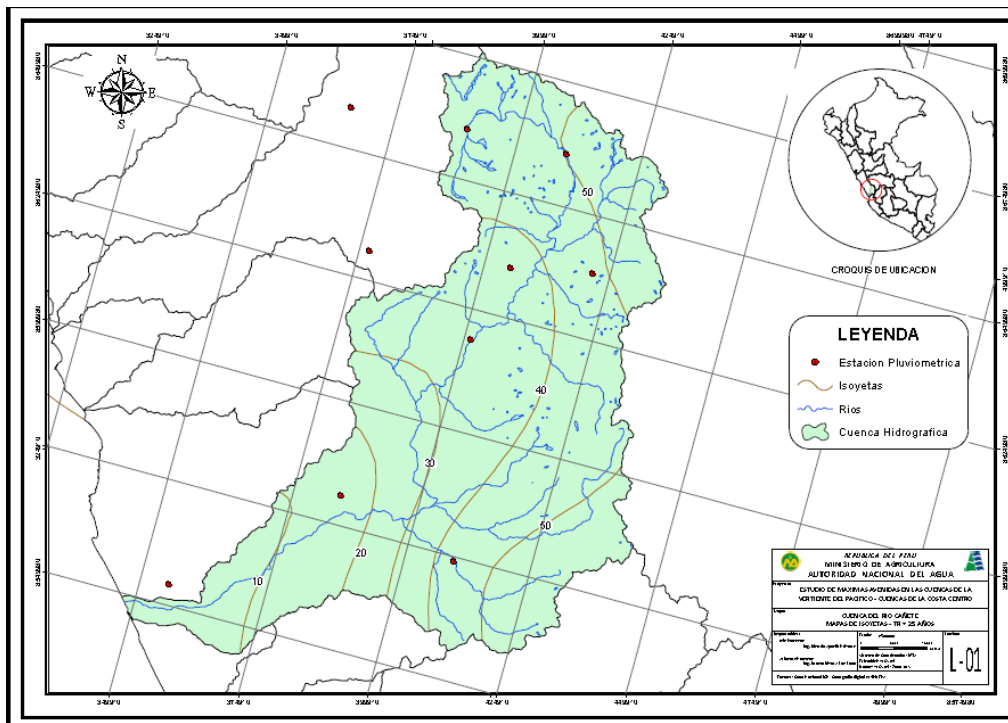


MINISTERIO DE AGRICULTURA

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN Y PLANEAMIENTO
DE RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDIO DE MÁXIMAS AVENIDAS EN LAS CUENCAS DE LA ZONA CENTRO
DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO
INFORME FINAL



Ing. Mg.Sc. Ricardo Apaclla Nalvarte

Lima, Diciembre del 2010

CONTENIDO

ESTUDIO DE MÁXIMAS AVENIDAS EN LAS CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO

	Pág.
PRESENTACION Y RESUMEN	
I. ASPECTOS GENERALES	12
1.1 INTRODUCCION	12
1.2 JUSTIFICACIÓN	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 General	13
1.3.2 Específico	13
1.4 METODOLOGIA DE TRABAJO	15
1.4.1 Actividades Preliminares	16
1.4.2 Trabajos de Campo	16
1.4.3 Trabajos de Gabinete	16
1.5 INFORMACIÓN BÁSICA	16
1.5.1 Recopilación de información básica	16
1.5.2 Información Hidrometeorológica	16
1.5.3 Información Cartografía	16
II. EVALUACIÓN DE ESTUDIOS EXISTENTES	16
III. DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGNOSTICO DE LAS CUENCA	17
3.1 UBICACIÓN Y DEMARCACIÓN DE LA CUENCA	17
3.1.1 Ubicación Geográfica	17
3.1.2 Demarcación Hidrográfica	18
3.2 COBERTURA VEGETAL	20
3.2.1 Cultivos agrícolas (Cua).	20
3.2.2 Otras tierras.	21
3.2.3 Tierras con matorrales.	20
3.2.4 Tierras con herbazales.	21
3.2.5 Cuerpos de agua.	22
3.3 CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS	22
3.3.1 Generalidades	22
3.3.2 Parámetros de Forma	24
3.3.3 Parámetros de Relieve	26

3.3.4	Parámetros de Drenaje	29
3.4	HIDROGRAFÍA DE LAS CUENCAS	53
3.4.1	Descripción General de la Cuenca	53
3.4.2	Principales Afluentes de la cuenca	56
IV.	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA	70
4.1	INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA EN LOS CURSOS PRINCIPALES	70
V.	ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION HIDROLOGICA	73
5.1	ANÁLISIS DE LA PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS	77
5.2	VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA PRECIPITACION	102
5.2.1	Variabilidad Espacial	102
5.2.2	Variabilidad temporal	103
5.3	ANÁLISIS DE INFORMACION DE CAUDALES MAXIMOS REGISTRADOS	103
5.4	ANÁLISIS DE AÑOS HUMEDOS	118
VI.	EVENTOS HIDROLOGICOS EXTREMOS EN LAS CUENCAS	124
6.1	ANÁLISIS DE MAXIMAS AVENIDAS EN EL VALLE	124
6.1.1	Ajuste de Funciones de Probabilidad	124
6.1.2	Función de Distribución de Probabilidad	125
6.1.3	Determinación de Caudales Máximos para diferentes períodos de retorno.	128
6.1.4	Resultados	129
6.2	ANÁLISIS DE MAXIMAS AVENIDAS EN LA CUENCA ALTA	130
6.2.1	Ajuste de Funciones de Probabilidad	130
6.2.2	Características Físicas de las Microcuencas	137
6.2.3	Modelo Precipitación-Escorrentía	140
6.2.3.1	Modelo de cuenca	141
6.2.3.2	Determinación de pérdidas	142
6.2.3.3	Transformación Escorrentía	142
6.2.3.4	Flujo Base	143
6.2.3.5	Tránsito en cauces	143
6.2.3.6	Modelo meteorológico	144
6.2.3.7	Especificaciones de control	145
6.2.3.8	Resultados de la simulación	145
6.2.4	Regionalización de caudales máximos en función del área	176
6.3	ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAUDALES EN EL VALLE Y CUENCA ALTA	179
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	181
7.1	CONCLUSIONES	181
7.2	RECOMENDACIONES	182
VOLUMEN II: MAPAS		

Relación de Cuadros

- Cuadro N°1: Ubicación geográfica de las cuencas Hidrográficas. Zona Centro.
- Cuadro N°2: Características Fisiográficas de las Cuencas .
- Cuadro N°3: Características Fisiográficas de las Cuencas.
- Cuadro N°4: Estaciones Meteorológicas ubicadas en la Zona centro.
- Cuadro N°5: Estaciones Hidrológicas ubicadas en el Área de Estudio.
- Cuadro N°6: Precipitación media Calculada y Vector Calculado para la Zona 2.
- Cuadro N°7: Precipitación media Calculada y Vector Calculado para la Zona 3.
- Cuadro N°8 Precipitación Máxima en 24Horas Zona 1.
- Cuadro N°9: Precipitación Máxima en 24Horas Zona 2.
- Cuadro N°10: Precipitación Máxima en 24Horas Zona 3.
- Cuadro N°11: Descargas Máximas Diarias (m³/s).
- Cuadro N°12: Análisis de Años Húmedos.
- Cuadro N°13: Caudales medios Anuales (m³/s).
- Cuadro N°14: Rio, Estación y distribución de mejor ajuste.
- Cuadro N°15: Caudales para diferentes Periodos de Retorno a nivel de Valle.
- Cuadro N°16: Precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno.
- Cuadro N°17: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Casma.
- Cuadro N°18: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Nepeña.
- Cuadro N°19: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Huarmey.
- Cuadro N°20: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Pativilca.
- Cuadro N°21: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Chancay-Huaral.
- Cuadro N°22: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Rímac.
- Cuadro N°23: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Cañete.
- Cuadro N°24: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Pisco.
- Cuadro N°25: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Ica.
- Cuadro N°26: Precipitación máxima en 24 horas. Cuenca del Rio Grande.
- Cuadro N°27: Características de las Sub Cuencas Rio Nepeña.
- Cuadro N°28: Características de las Sub Cuencas Rio Casma.

Cuadro N°29: Características de las Sub Cuencas Rio Huarmey.

Cuadro N°30: Características de las Sub Cuencas Rio Pativilca.

Cuadro N°31: Características de las Sub Cuencas Rio Chancay-Huaral.

Cuadro N°32: Características de las Sub Cuencas Rio Rímac.

Cuadro N°33: Características de las Sub Cuencas Rio Cañete.

Cuadro N°34: Características de las Sub Cuencas Rio Pisco.

Cuadro N°35: Características de las Sub Cuencas Rio Ica.

Cuadro N°36: Características de las Sub Cuencas Rio Grande.

Cuadro N°37: Caudales para diferentes periodos de retorno Cuenca Alta.

Cuadro N°38. Análisis comparativo de caudales máximos vs. Area.

Relación de Figuras

Figura N° 1:	Fig. N°1: Ubicación de las cuencas en estudio.
Figura N°2:	Longitud y perímetro de una Cuenca.
Figura N° 3:	Hidrograma según la forma de la Cuenca.
Figura N° 4:	Elementos utilizados en el factor de forma de Horton.
Figura N°5:	Determinación de la Pendiente.
Figura N°6:	Curvas Hipsométricas Características.
Figura N° 7:	Curva Hipsométrica.
Figura N° 8:	Curva Hipsométrica Rio Nepeña.
Figura N°9:	Perfil Longitudinal Rio Nepeña.
Figura N° 10:	Parámetros geomorfológicos. Cuenca Rio Nepeña.
Figura N° 11:	Curva Hipsométrica Rio Casma.
Figura N° 12:	Perfil Longitudinal Rio Casma.
Figura N° 13:	Parámetros geomorfológicos. Cuenca Rio Casma.
Figura N° 14:	Curva Hipsométrica Rio Huarmey.
Figura N° 15:	Perfil Longitudinal Rio Huarmey.
Figura N° 16:	Parámetros Geomorfológicos. Cuenca del rio Huarmey.
Figura N° 17:	Curva Hipsométrica Rio Pativilca.
Figura N°18:	Perfil Longitudinal Rio Pativilca. Cuenca Rio Pativilca.
Figura N°19:	Parámetros Geomorfológicos. Cuenca Rio Pativilca.
Figura N°20:	Curva Hipsométrica Rio Chancay Huaral.
Figura N°21:	Perfil Longitudinal Rio Chancay Huaral.
Figura N°22:	Parámetros Geomorfológicos. Cuenca Rio Chancay Huaral.
Figura N°23:	Curva Hipsométrica Rio Rímac.
Figura N°24:	Perfil Longitudinal Rio Rímac.
Figura N°25:	Parámetros Geomorfológicos. Cuenca Rio Rímac.
Figura N°26:	Curva Hipsométrica Rio Cañete.
Figura N°27:	Perfil Longitudinal Rio Cañete.
Figura N°28:	Parámetros Geomorfológicos. Cuenca Rio Cañete.
Figura N°29:	Curva Hipsométrica Rio Pisco.

- Figura N°30: Perfil Longitudinal Rio Pisco.
- Figura N°31: Parámetros Geomorfológicos. Cuenca Rio Pisco.
- Figura N°32: Curva Hipsométrica Rio Ica.
- Figura N°33: Perfil Longitudinal Rio Ica.
- Figura N°34: Parámetros Geomorfológicos. Cuenca Rio Ica.
- Figura N°35: Curva Hipsométrica Rio Grande.
- Figura N°36: Perfil Longitudinal Rio Grande.
- Figura N°37: Parámetros Geomorfológicos. Cuenca Rio Grande.
- Figura N°38: Cuenca y Sub Cuenca Rio Nepeña.
- Figura N°39: Cuenca y Sub Cuenca Rio Casma.
- Figura N°40: Cuenca y Sub Cuenca Rio Huarmey.
- Figura N°41: Cuenca y Sub Cuenca Rio Pativilca
- Figura N°42: Cuenca y Sub Cuenca Rio Chancay-Huaral.
- Figura N°43: Cuenca y Sub Cuenca Rio Rímac.
- Figura N°44: Cuenca y Sub Cuenca Rio Cañete .
- Figura N°45: Cuenca y Sub Cuenca Rio Pisco.
- Figura N°46: Cuenca y Sub Cuenca Rio Ica.
- Figura N°47: Cuenca y Sub Cuenca Rio Grande.
- Figura N°48: Esquema Hidráulico Proyecto Chinecas.
- Figura N°49: Esquema Hidráulico Proyecto Tambo Caracocha.
- Figura N°50: Índices Anuales del Vector y de las estaciones (Brunet Moret).-Zona 2.
- Figura N°51: Suma de los Índices anuales del Vector y de las Estaciones.-Zona 2
- Figura N°52: Índices Anuales del Vector y de las estaciones (Brunet Moret).-Zona 3.
- Figura N°53: Suma de los Índices anuales del Vector y de las Estaciones.-Zona 3.
- Figura N°54: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 1.
- Figura N°55: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 1.
- Figura N°56: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 1.
- Figura N°59: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 2.
- Figura N°60: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 2.
- Figura N°61: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 2.
- Figura N°62: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas. Zona 3.

- Figura N°63: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas. Zona 3.
- Figura N°64: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas. Zona 3.
- Figura N°65: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas. Zona 3.
- Figura N°66: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 3
- Figura N°67: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 3.
- Figura N°68: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 3.
- Figura N°69: Histograma de precipitación Máxima en 24 Horas.-Zona 3.
- Figura N°70: Relación de Precipitación – Altitud.-Zona 1.
- Figura N°71: Relación de Precipitación – Altitud.-Zona 2.
- Figura N°72: Relación de Precipitación – Altitud.-Zona 3.
- Figura N°73: Histograma de Precipitación Anual. Zona 1.
- Figura N°74: Histograma de Precipitación Anual.-Zona 2.
- Figura N°75: Histograma de Precipitación Anual.-Zona 3.
- Figura N°76: Histograma de Precipitación Anual.-Zona 3.
- Figura N°77: Histograma de Precipitación Anual.-Zona 3.
- Figura N°78: Hidrograma de Caudales Máximos Diarios (R.Nepeña, R.Casma, R.Huarmey, R.Pativilca, R.Chancay-Huaral).
- Figura N°79: Hidrograma de Caudales Máximos Diarios R.Rímac, R.Cañete, R.Pisco, R. Ica, R. Grande).
- Figura N°80: Histograma Rio Nepeña. Estación San Jacinto.
- Figura N°81: Histograma Rio Casma. Estación Tutuma.
- Figura N°82: Histograma Rio Huarmey. Estación Pte. Huamba.
- Figura N°83: Histograma Rio Pativilca Estación Yonanpampa Larga.
- Figura N°84: Histograma Rio Huaral Estación Santo Domingo.
- Figura N°85: Histograma Rio Rímac Estación Chosica.
- Figura N°86: Histograma Rio Cañete Estación Sosci.
- Figura N°87: Hidrograma Rio Pisco Estación Letrayocc.
- Figura N°88: Hidrograma Rio Ica Estación La Achirana.
- Figura N°89: Hidrograma Rio Palpa Estación Pte. Carretera Grande.
- Figura N°90: Curva de Duración Rio Nepeña Estación San Jacinto.
- Figura N°91: Curva de Duración Rio Casma Estación Tutuma.

- Figura N°92: Curva de Duración Río Huarmey Estación Huamba.
- Figura N°93: Curva de Duración Río Pativilca Estación Yonanpampa Larga.
- Figura N°94: Curva de Duración Río Huaral estación Santo Domingo.
- Figura N°95: Curva de Duración Río Rímac Estación Chosica.
- Figura N°96: Curva de Duración Río Cañete Estación Socsi.
- Figura N°97: Curva Duración Río Pisco Estación Letrayocc.
- Figura N°98: Curva de Duración Río Ica estación La Achirana.
- Figura N°99: Curva de Duración Río Grande Estación Puente Carretera Grande.
- Figura N°100: Perfiles de lluvia máxima en 24 Horas.
- Figura N°101: Modelo de Cuenca del Río Nepeña.
- Figura N°102: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Río Nepeña.
- Figura N°103: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Río Nepeña.
- Figura N°104: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Río Nepeña.
- Figura N°105: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Río Nepeña.
- Figura N°106: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Río Nepeña.
- Figura N°107: Modelo de Cuenca del Río Casma.
- Figura N°108: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Río Casma.
- Figura N°109: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Río Casma.
- Figura N°110: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Río Casma.
- Figura N°111: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Río Casma.
- Figura N°112: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Río Casma.
- Figura N°113: Modelo de Cuenca del Río Huarmey.
- Figura N°114: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Río Huarmey.
- Figura N°115: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Río Huarmey.
- Figura N°116: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Río Huarmey.
- Figura N°117: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Río Huarmey.
- Figura N°118: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Río Huarmey.
- Figura N°119: Modelo de Cuenca del Río Pativilca.
- Figura N°120: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Río Pativilca.
- Figura N°121: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Río Pativilca.
- Figura N°122: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Río Pativilca.

- Figura N°123: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Rio Pativilca.
- Figura N°124: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Rio Casma.
- Figura N°125: Modelo de Cuenca del Rio Chancay Huaral.
- Figura N°126: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Rio Chancay Huaral.
- Figura N°127: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Rio Chancay Huaral.
- Figura N°128: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Rio Chancay Huaral.
- Figura N°129: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Rio Chancay Huaral.
- Figura N°130: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Rio Chancay Huaral.
- Figura N°131: Modelo de Cuenca del Rio Rímac.
- Figura N°132: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Rio Rímac.
- Figura N°133: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Rio Rímac.
- Figura N°134: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Rio Rímac.
- Figura N°135: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Rio Rímac.
- Figura N°136: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Rio Rímac.
- Figura N°137: Modelo de Cuenca del Rio Cañete.
- Figura N°138: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Rio Cañete.
- Figura N°139: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Rio Cañete.
- Figura N°140: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Rio Cañete.
- Figura N°141: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Rio Cañete.
- Figura N°142: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Rio Cañete.
- Figura N°143: Modelo de Cuenca del Rio Pisco.
- Figura N°144: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Rio Pisco.
- Figura N°145: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Rio Pisco.
- Figura N°146: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Rio Pisco.
- Figura N°147: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Rio Pisco.
- Figura N°148: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Rio Pisco.
- Figura N°149: Modelo de Cuenca del Rio Ica.
- Figura N°150: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Rio Ica.
- Figura N°151: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Rio Ica.
- Figura N°152: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Rio Ica.
- Figura N°153: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Rio Ica.

- Figura N°154: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Rio Ica.
- Figura N°155: Modelo de Cuenca del Rio Grande.
- Figura N°156: Hidrograma de Avenidas Tr=25 años, Cuenca del Rio Grande.
- Figura N°157: Hidrograma de Avenidas Tr=50 años, Cuenca del Rio Grande.
- Figura N°158: Hidrograma de Avenidas Tr=75 años, Cuenca del Rio Grande.
- Figura N°159: Hidrograma de Avenidas Tr=100 años, Cuenca del Rio Grande.
- Figura N°160: Hidrograma de Avenidas Tr=200 años, Cuenca del Rio Grande.
- Figura N°161: Relación Caudal-Area, a nivel de Valle. Tr=25 años.
- Figura N°162: Relación Caudal-Area, a nivel de Valle. Tr=50 años.
- Figura N°163: Relación Caudal-Area, a nivel de Valle. Tr=75 años.
- Figura N°164: Relación Caudal-Area, a nivel de Valle. Tr=100 años.
- Figura N°165: Relación Caudal-Area, a nivel de Valle. Tr=200 años.
- Figura N°166: Relación caudales Valle vs Cuenca Alta, Tr=25 años.
- Figura N°167: Relación caudales Valle vs Cuenca Alta, Tr=50 años.
- Figura N°168: Relación caudales Valle vs Cuenca Alta, Tr=75 años.
- Figura N°169: Relación caudales Valle vs Cuenca Alta, Tr=100 años.
- Figura N°170: Relación caudales Valle vs Cuenca Alta, Tr=200 años.

ESTUDIO DE MÁXIMAS AVENIDAS EN LAS CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO

PRESENTACION Y RESUMEN

Hidrológicamente, la cuenca funciona como un gran colector que recibe las precipitaciones y las transforma en escurrimiento. Esta acción es función de las características físicas que influyen en el comportamiento hidrológico de la cuenca. A la fecha se ha comprobado que algunos índices y características tienen influencia en la respuesta hidrológica de la misma y por ello, son punto de partida de los análisis hidrológicos que se realizan en la cuenca.

Existe una estrecha correspondencia entre el régimen hidrológico y las características físicas de una cuenca, por lo cual el conocimiento de éstos reviste una gran utilidad práctica, ya que al establecer relaciones y comparaciones de generalización de ellos con datos hidrológicos conocidos, pueden determinarse indirectamente valores hidrológicos en secciones de interés práctico donde falten datos o donde por razones de índole fisiográfica o económica no sea posible la instalación de estaciones hidrométricas.

I.- ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCION

En las últimas décadas se ha venido manifestando la necesidad de determinar con mayor exactitud las disponibilidades de los recursos naturales, las técnicas más adecuadas para su aprovechamiento, como así también las normas para su conservación y utilización racional. En el caso de los Recursos Hídricos, la justificación de estudios de evaluación de los recursos hídricos deriva de la escasez del agua en ríos de la costa, del uso desmedido del mismo y del incremento de la demanda. La planificación y gestión de los recursos hídricos a nivel de cuenca exige conocer no solo el medio físico y la cantidad de agua disponible, sino también el balance hídrico integral de la cuenca.

En las ciencias de la tierra ha sido reconocida la dependencia de la geomorfología en la interacción de la geología, el clima y el movimiento del agua sobre la tierra. Esta interacción es de gran complejidad y puede ser simulada a través de la modelación hidrológica. La cuenca, vista como un sistema hidrológico, utiliza ecuaciones que gobiernan el flujo de agua, las cuales relacionan variables de estado, de entrada/salida y parámetros físicos de la cuenca.

Los modelos hidrológicos necesitan información fisiográfica, las cuales influyen profundamente en el comportamiento hidrológico de la cuenca y por ello, son punto de partida de los análisis hidrológicos que se realicen en la cuenca.

El presente estudio de Evaluación de Máximas Avenidas en las Cuencas de la Zona Centro de la Vertiente del Pacífico permitirá plantear los programas de prevención y mitigación por estos fenómenos. En la Fig. N°1 se muestra la zona de estudio.

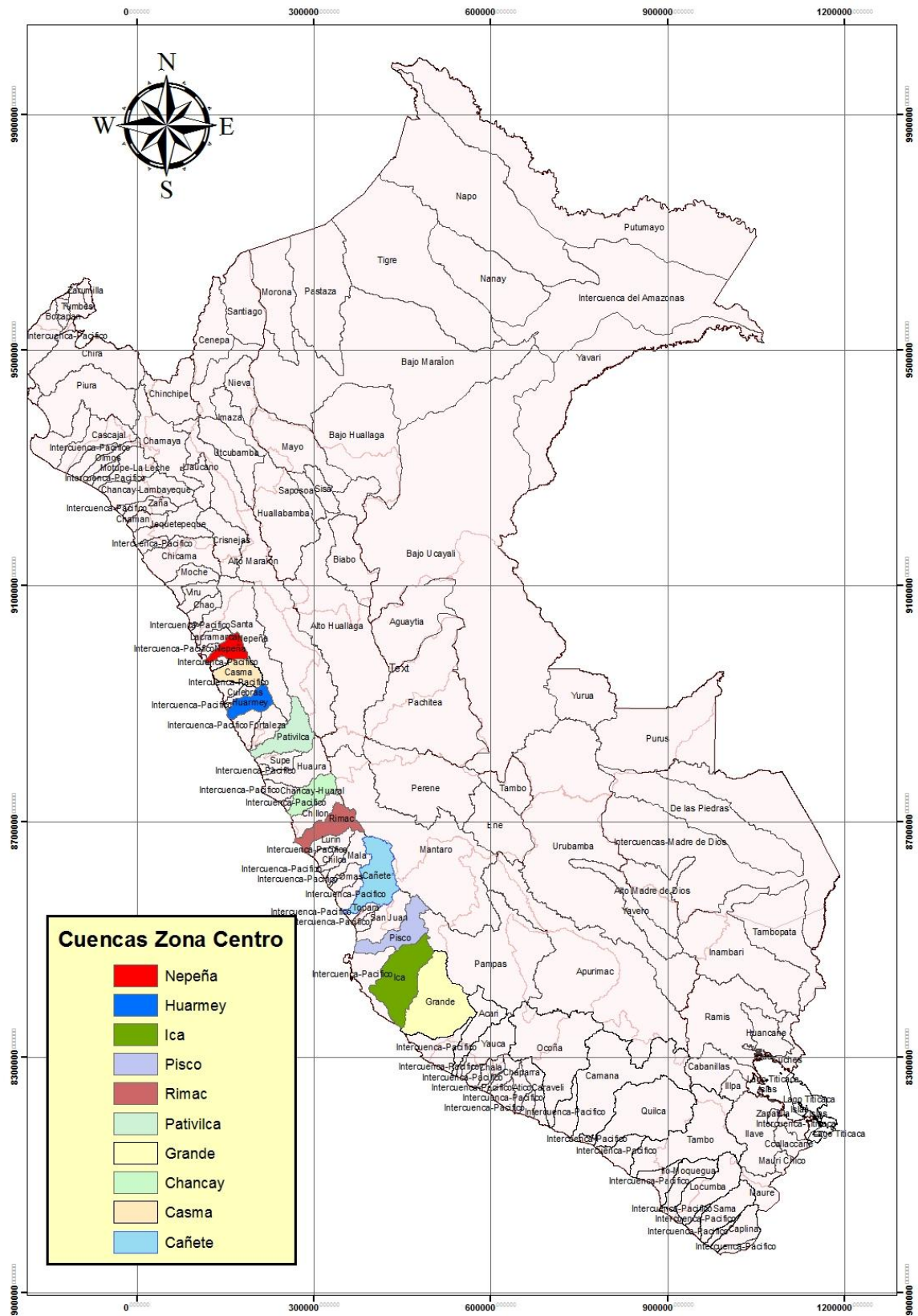


Fig. N°1: Ubicación de las cuencas en estudio

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los ríos de la vertiente del Pacífico del país, se caracterizan por presentar una variabilidad estacional marcada, entre los meses de verano e invierno; siendo los meses de verano, período de avenidas, donde se presentan los mayores caudales de agua, mientras que en períodos de invierno, período de estiaje, se presentan los menores caudales.

Por otro lado, el comportamiento hidrológico de las cuencas del Pacífico durante el Fenómeno El Niño/Oscilación Sur (ENOS), ha sido muy variable respecto a su intensidad. Los Niños Extraordinarios del 82/83 y 97/98 si tuvieron un impacto generalizado en toda la vertiente, creando condiciones de exceso hídrico que provocaron desastres, y siendo estos más acentuados en la zona norte.

Asimismo, conforme al Artículo 119º de la Ley 29338, la Autoridad Nacional del Agua, conjuntamente con los Consejos de Cuenca respectivos, fomentan programas integrales de control de avenidas, desastres naturales o artificiales y prevención de daños por inundaciones o por otros impactos del agua y sus bienes asociados, promoviendo la coordinación de acciones estructurales, institucionales y operativos necesarias.

Es así, que se vuelve de gran importancia, el conocimiento del comportamiento hidrológico, en los períodos de avenidas, a fin de promover las medidas preventivas necesarias, delimitar los cauces de los ríos, fajas marginales, y como línea base para evaluar los posibles efectos del cambio climático sobre los eventos extremos.

En este sentido, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) viene implementando, la elaboración de Estudios de Evaluación de Máximas Avenidas con el objeto de evaluar el comportamiento de estos procesos, a fin de plantear los programas de prevención y mitigación por estos fenómenos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Describir, evaluar y cuantificar los procesos hidrológicos en períodos de avenidas en las cuencas de la vertiente del Pacífico en la Zona Centro del país.

1.3.2 Específico

- Evaluación de los estudios existentes de máximas avenidas.
- Evaluación del comportamiento de las precipitaciones y transformación lluvia-caudal en la cuenca y sub-cuencas.
- Determinación de caudales máximos para diferentes períodos de retorno.

1.4 METODOLOGIA DE TRABAJO

1.4.1 Actividades Preliminares

Revisión y evaluación de informes, estudios, expedientes técnicos, etc., elaborados por la ANA, para los ríos en las cuencas a evaluar; asimismo, los elaborados por las diversas instituciones como: Proyectos Especiales, Gobiernos Regionales, INRENA, INDECI, etc.

1.4.2 Trabajos de Campo

Reconocimiento de las características geomorfológicas de la cuenca, cobertura vegetal y otros.

1.4.3 Trabajos de Gabinete

Para lograr los objetivos planteados, se desarrollarán las siguientes actividades, los cuales se detallaran a través de gráficos y cuadros concisos sobre caudales máximos en los ríos principales de las cuencas evaluadas.

- Descripción y Evaluación de las metodologías empleadas en los estudios realizados para el cálculo de caudales máximos para: diseños de infraestructura hidráulica, análisis de vulnerabilidades y otros. Asimismo consolidar la información procesada en cuadros detallados por cuencas.
- Descripción detallada de los procesos climatológicos que originan la ocurrencia de los caudales máximos en la zona evaluada y de los factores que influyen en la magnitud de los caudales máximos.
- Descripción detallada de los efectos del Fenómeno del Niño en la zona evaluada.
- Descripción de los factores que influyen en la magnitud de los caudales máximos.
- Presentar gráfica y tubularmente las series de caudales máximos históricos.
- Presentar gráfica y tubularmente las series de precipitaciones máximas anuales en 24 h.
- Evaluación cualitativa de las series presentadas y descripción detallada de la metodología empleada en base a la información hidrológica disponible.
- Evaluación estadística de las series presentadas (descriptores estadísticos, determinación de la distribución de frecuencias que mejor se ajusta en las cuencas de estudio, evaluación de tendencias, curvas de caudales máximos para diferentes periodos de retorno, efecto de las obras de regulación, etc.), con y sin Fenómeno del Niño.
- Descripción de las principales características morfológicas, longitud, pendientes, forma, anchos, material de composición del cauce, etc.

- Los resultados del desarrollo de las actividades se detallaran a través de gráficos y cuadros concisos sobre caudales máximos en los ríos principales de las cuencas evaluadas.

1.5 INFORMACIÓN BÁSICA

1.5.1 Recopilación de información básica

Se ha recopilado información proporcionada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), consistente en precipitación diaria y caudales diarios de las estaciones ubicadas en el ámbito del estudio. Así también se cuenta con unidades hidrográficas de las cuencas en formato Arc Gis.

1.5.2 Información Hidrometeorológica

Se cuenta con información meteorológica e hidrológica medidas en estaciones provenientes principalmente del SENAMHI.

Se ha identificado para cada cuenca estaciones meteorológicas e hidrográficas, que serán utilizadas en el análisis de máximas avenidas.

1.5.3 Información Cartográfica

Se cuenta con información de unidades hidrográficas en formato ARC GIS.

II. EVALUACIÓN DE ESTUDIOS EXISTENTES

Se han revisado los siguientes estudios:

- Características Fisiográficas de las cuencas de la Vertiente del Pacífico, elaborado por la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua.
- También se cuenta con el Estudio Hidrológico-Meteorológico en la Vertiente del Pacífico del Perú con fines de Evaluación y Pronóstico del Fenómeno del Niño para Prevención y Mitigación de Desastres, elaborado por la Asociación BCEOM-SOFI CONSULT S.A.- ORSTOM, para el Ministerio de Economía y Finanzas en noviembre de 1999.
- Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Casma, elaborado por la Administración Técnica del Distrito de Riego Casma-Huarmey, Intendencia de Recursos Hídricos, Instituto Nacional de Recursos Naturales, del Ministerio de Agricultura, Diciembre del 2007.
- Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chancay-Huaral, Informe Hidrológico, elaborado por la Administración Técnica del Distrito de Riego Chancay-Huaral, Dirección General de Aguas y Suelos (DGAS),

Instituto Nacional de Recursos Naturales, del Ministerio de Agricultura, Diciembre del 2001

- Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Cañete, Informe Hidrológico, elaborado por la Administración Técnica del Distrito de Riego Mala-Omas-Cañete, Dirección General de Aguas y Suelos (DGAS), Instituto Nacional de Recursos Naturales, del Ministerio de Agricultura, Diciembre del 2001
- Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Pisco, Informe Hidrológico, elaborado por la Administración Técnica del Distrito de Riego Chincha-Pisco, Intendencia de Recursos Hídricos, Instituto Nacional de Recursos Naturales, del Ministerio de Agricultura, Julio del 2003.
- Balance Hidrológico de la Cuenca Integral del Río Ica elaborado por Eduardo Chavarry Velarde, para la Administración Técnica del Distrito de Riego Ica, Dirección General de Aguas y Suelos (DGAS), Instituto Nacional de Recursos Naturales, del Ministerio de Agricultura.
- Análisis Estadístico de Máximas Avenidas en Ríos de la Costa Peruana, elaborado por Mario Aguirre Núñez y Víctor Leandro Silva. DGA, INRENA, Ministerio de Agricultura.

III. DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGNOSTICO DE LAS CUENCAS

3.1 UBICACIÓN Y DEMARCACIÓN DE LA CUENCA

3.1.1 Ubicación Geográfica

Geográficamente las diez cuencas de la Zona Centro se ubican entre los paralelos 9° 00' y 14° 30' de latitud sur y los meridianos 75° 00' y 78° 30' de longitud oeste. Altitudinalmente se extienden desde el nivel del mar hasta la línea de las cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes llegando a una altura aproximada de 4,500 msnm.

Políticamente la Cuenca del Río Nepeña forma parte de las provincias de Santa, Huaylas y Yungay del departamento de Ancash.

Políticamente la Cuenca del Río Casma forma parte de las provincias de Casma, Yungay, Carhuaz y Huaraz del departamento de Ancash.

Políticamente la Cuenca del Río Huarmey forma parte de las provincias de Huarmey, Recuay y Aija del departamento de Ancash.

Políticamente la Cuenca del Río Pativilca forma parte de las provincias de Barranca y Cajatambo del departamento de Lima y de las provincias de Ocros y Bolognesi del departamento de Ancash.

Políticamente la Cuenca del Río Chancay-Huaral forma parte de la provincia de Huaral del departamento de Lima.

Políticamente la Cuenca del Río Rímac forma parte de las provincias de Lima y Huarochirí del departamento de Lima.

Políticamente la Cuenca del Río Cañete forma parte de las provincias de Cañete y Yauyos del departamento de Lima.

Políticamente la Cuenca del Río Pisco forma parte de las provincias de Pisco, Huaytará y Castrovirreyna del departamento de Ica.

Políticamente la Cuenca del Río Ica forma parte de las provincias de Ica y Huaytará del departamento de Ica.

Políticamente la Cuenca del Río Grande forma parte de las provincias de Nazca, Palpa, Huaytará y Lucanas.

En el cuadro N°1 se muestra la ubicación geográfica de las cuencas en estudio.

Cuadro N°1: Ubicación Geográfica de las cuencas hidrográficas.-Zona Centro			
Cuenca	Departamento	Provincia	Distrito
Nepeña	Ancash	Santa, Huaylas, Yungay	Varios
Casma	Ancash	Casma, Yungay, Carhuaz, Huaraz	Varios
Huarmey	Ancash	Huarmey, Aija, Recuay	Varios
Pativilca	Lima, Ancash	Barranca, Cajatambo, Ocros, Bolognesi	Varios
Chancay-Huaral	Lima	Huaral	Varios
Rímac	Lima	Lima, Huarochirí	Varios
Cañete	Lima	Cañete, yauyos	Varios
Pisco	Ica, Huancavelica	Pisco, Huaytará, Castrovirreyna	Varios
Ica	Ica, Huancavelica	Ica, Huaytará	Varios
Grande	Ica, Huancavelica	Nazca, Palpa, Huaytará, Lucanas	Varios

3.1.2 Demarcación Hidrográfica

Hidrográficamente la cuenca del Río Nepeña limita por él:

Norte : con la cuenca del Río Lacramarca.

Sur : con la cuenca del Río Casma.
Este : con la cuenca del Río Santa.
Oeste : con el Océano Pacífico.

Hidrográficamente la cuenca del Río Casma limita por él:

Norte : con la cuenca del Río Nepeña.
Sur : con la cuenca del Río Culebras.
Este : con la cuenca del Río Santa.
Oeste : con el Océano Pacífico.

Hidrográficamente la cuenca del Río Huarmey limita por él:

Norte : con la cuenca del Río Casma.
Sur : con la cuenca del Río Fortaleza.
Este : con la cuenca del Río Santa.
Oeste : con el Océano Pacífico.

Hidrográficamente la cuenca del Río Pativilca limita por él:

Norte : con la cuenca del Río Culebras.
Sur : con la cuenca del Río Huaura.
Este : con la cuenca del Río Santa.
Oeste : con el Océano Pacífico.

Hidrográficamente la cuenca del Río Chancay-Huaral limita por él:

Norte : con la cuenca del Río Huaura.
Sur : con la cuenca del Río Chillón.
Este : con la cuenca del Río Mantaro.
Oeste : con el Océano Pacífico.

Hidrográficamente la cuenca del Río Rímac limita por él:

Norte : con la cuenca del Río Chillón.
Sur : con la cuenca del Río Lurín.
Este : con la cuenca del Río Mantaro.
Oeste : con el Océano Pacífico.

Hidrográficamente la cuenca del Río Cañete limita por él:

Norte : con la cuenca de los Ríos Mala y Omas.
Sur : con la cuenca del Río Chincha.
Este : con la cuenca del Río Mantaro.
Oeste : con el Océano Pacífico.

Hidrográficamente la cuenca del Río Pisco limita por él:

Norte : con la cuenca del Río Chincha.
Sur : con la cuenca del Río Ica.
Este : con la cuenca del Río Pampas.
Oeste : con el Océano Pacífico.

Hidrográficamente la cuenca del Río Ica limita por él:

Norte : con la cuenca del Río Pisco.
Sur : con la cuenca del Río San José.
Este : con la cuenca del Río Pampas.
Oeste : con el Océano Pacífico.

Hidrográficamente la cuenca del Río Grande limita por él:

Norte : con la cuenca del Río Ica.
Sur : con la cuenca del Río Jahuary.
Este : con la cuenca del Río Pampas.
Oeste : con el Océano Pacífico.

3.2 COBERTURA VEGETAL

Las cuencas en estudio por su ubicación geográfica, presentan una cobertura vegetal característica, así en el valle presentan una cobertura combinada entre el desierto costero y tierras agrícolas sostenidas por el riego artificial. En la parte media de la cuenca, donde la lluvia comienza a ser importante, se mantiene una agricultura de secano con cultivos propios de la zona como maíz, papa, habas, etc.; en la parte alta de las cuencas la cobertura se caracteriza por la presencia de bofedales, pastos y lagunas.

En general se pueden describir cinco coberturas vegetales diferenciadas, siendo la de mayor extensión las planicies costeras y estribaciones andinas que ocupan aproximadamente el 50% del área de las cuencas.

- Cultivos agrícolas.
- Planicies costeras y estribaciones andinas sin vegetación.
- Matorrales y cultivos agropecuarios.
- Pajonales y cultivos de puna.
- Herbazal de tundra.
- Lagos y lagunas.

3.2.1 Tierras con Agricultura

Cultivos agrícolas (Cua)

Se encuentra localizada, en los valles costeros bajo riego. Los principales cultivos son: maíz amarillo duro, maíz amiláceo, maíz morado, melón, papayo, plátano, sandía, ají, cebolla de cabeza, espárrago, maíz choclo, tomate, zapallo, arveja, frejol, frijol canario, frijol castilla, lenteja, pallar, camote, papa, oca, yuca, maíz chala, algodón y picuya.

3.2.2 Otras tierras

Planicies costeras y estribaciones andinas sin vegetación. Son áreas con ausencia de vegetación, conformadas por las planicies del desierto costero y las primeras estribaciones andinas.

3.2.3 Tierras con matorrales

Matorrales/cultivos agropecuarios (Ma/Cuap)

Los matorrales se diferencian según el piso altitudinal que ocupan. En las porciones inferiores, el matorral es carácter xerofítico a base de asociaciones arbustivas que pierden completamente su follaje durante el periodo seco del año, a excepción del monte ribereño. Se incluyen en este matorral algunas suculentas (cactáceas) y herbáceas de vida efímera. Los arbustos más comunes que tipifican a este matorral son: “Huanarpo” *Jatropha* sp, “Chilca” *Baccharis* sp, *Tillandsia* sp, “cabuya” *Agave americana*, etc., en el grupo de cactáceas se presenta *tarixanthocereus* sp, *haagocereus* sp y *Trchocereus* sp; como matorral ribereño están el carrizo *prhagmytes* sp y el molle *schinus molle*.

A continuación del matorral xerofítico se encuentran comunidades arbustivas con follaje caducifolio y comunidades con follaje siempre verde, siendo las más comunes las siguientes: “Chilca” *Baccharis* sp, “Chamana” *Dodonea viscosa*, “huarumo” *Tecoma sambucifolia*, “retama” *Spartiun junceun*, “agave” *Agave Americana*, *Puya* spp, etc. En este matorral se incluyen algunas especies arbóreas que se encuentran en forma dispersa en algunos sectores, especialmente en las áreas influenciadas por los cultivos, tales como: “huarango” *Acasia macracantha*, “molle” *Shinus molle* y “tara” *caesalpinea spinosa*. Finalmente, en los límites superiores el matorral tiene follaje siempre verde, siendo representado por las siguientes especies: “huarumo” *Tecoma* sp, “manzanita” *Hesperomeles* sp, “mutuy” *Senna* sp, “roque” *Colletía spinosisima*, “chilca” *Baccharis* sp, “tiri” *Miconia* sp, etc.

Este matorral constituye una fuente energética (leña) para los pobladores del campo y al mismo tiempo es un refugio para la fauna silvestre. Así mismo, el estrato herbáceo que tapiza los suelos, está constituido por gramíneas perennes, pastos, que sirve de sustento al ganado.

3.2.4 Tierras con herbazales

Pajonal/Césped de Puna (Pj/Cp)

Este tipo de cobertura agrupa dos tipos de asociaciones de herbáceas, el tipo pajonal de puna y el tipo “césped o grass, pegadas al piso. Las especies que tipifican al césped de puna son las siguientes: *Stipa obtusa*, *calamagrostis spp*, *Stipa – hans-meyeri* y *Festuca weberbahueri*. En las áreas con mayor humedad en el suelo prosperan las especies *Juncus arcticus*, *Calamagrostis spp*, *Carex spp*, *Gentiana sedifolia*, *Gentianell spp*, *Castilleja spp* y *Werneria spp*.

En esta unidad vegetación también existe inclusiones de comunidades arbustivas, tales como: *Baccharis tricuneata*, *Lupinuss aff. Tarapacensis*, *Chuiriraga espinosa* y *Senecio sp*.

Herbazal de tundra (Ht)

Se localiza sobre los 4500 y 4900 msnm. El relieve es abrupto, producto del intenso modelaje glaciar, con gran cobertura de rocas.

Algunas de las especies de bofedal y del tipo de césped de puna se repite en el herbazal de tundra, pero con menor desarrollo, así por ejemplo, es dominante la especie *Oreobolus obtusangulatus*, *Distichia muscoides*, *Alchemilla diplophylla*, *Calamagrostis sp*, *Lisipomiaa montioides* y *Ourisia muscosa*.

3.2.5 Cuerpos de Agua

Lagunas

Ocupan una superficie que representa el 0,1% del área de las cuencas.

3.3 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

3.3.1 Generalidades

Las características físicas de una cuenca son elementos que tienen una gran importancia en el comportamiento hidrológico de la misma. Dichas características físicas se clasifican en dos tipos según su impacto en el drenaje: las que condicionan el volumen de escurrimiento como el área y el tipo de suelo de la cuenca, y las que condicionan la velocidad de respuesta como el orden de corriente, la pendiente, la sección transversal, etc.

Existe una estrecha correspondencia entre el régimen hidrológico y dichos elementos por lo cual el conocimiento de éstos reviste gran utilidad práctica, ya que al establecer relaciones y comparaciones de generalización de ellos con datos hidrológicos conocidos, pueden determinarse indirectamente valores hidrológicos en secciones de interés práctico donde falten datos o donde por razones de índole fisiográfica o económica no sea factible la instalación de estaciones hidrométricas.

Al iniciar un estudio geomorfológico se debe empezar por la ubicación de los puntos donde existan en los ríos las estaciones de aforo, para así tener un

estudio completo de las variables coexistentes en la cuenca: tanto en las excitaciones y el sistema físico, como en las respuestas del sistema de la hoya hidrográfica.

Toda cuenca en estudio debe estar delimitada en cuanto a su río principal tanto aguas abajo como aguas arriba. Aguas abajo idealmente por la estación de aforo más cercana a los límites de la cuenca en que se está interesado. (Siendo el punto de la estación el punto más bajo en el perfil del río y en el borde de la cuenca de interés). Aguas arriba por otra estación que sea el punto más alto en el perfil del río donde se incluya el área en estudio, o por las cabeceras del río si es el caso del estudio de la cuenca desde el nacimiento.

Área de la cuenca (A).

El área de la cuenca es probablemente la característica geomorfológica más importante para el diseño. Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

Longitud, perímetro y ancho.

La longitud, L , de la cuenca puede estar definida como la distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corta la línea de contorno de la cuenca. Ver Fig. N°2.

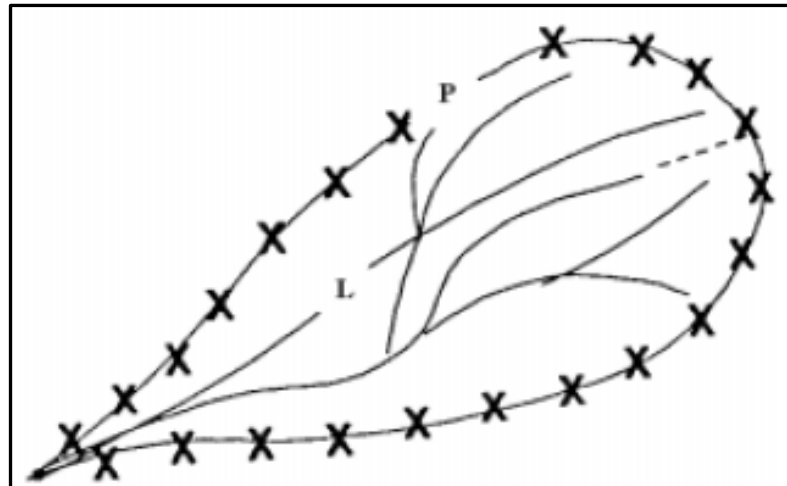


Fig.N°2: Longitud y perímetro de una cuenca

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea de divorcio de la hoya es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula P .

El ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L) y se designa por la letra W. De forma que:

—

3.3.2 Parámetros de Forma

- **Coefficiente de Compacidad.**

Está definido como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área A de la cuenca hidrográfica:

—

Donde R es el radio del círculo equivalente en área a la cuenca. Por la forma como fue definido: $K \geq 1$. Obviamente para el caso $K = 1$, obtenemos una cuenca circular.

La razón para usar la relación del área equivalente a la ocupada por un círculo es porque una cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir avenidas superiores, dada su simetría. Sin embargo, este índice de forma ha sido criticado pues las cuencas en general tienden a tener la forma de pera.

Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similaridad con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación (FAO, 1985):

Rango	Forma
1,00 – 1,25	Redonda a oval redonda (compacta).
1,25 – 1,50	Oval redonda a oval oblonga.
1,50 – 1,75	Oval oblonga a rectangular oblonga.
>1,75	Casi rectangular (alargada).

- **Factor de Forma de Horton**

La forma de la cuenca es la configuración geométrica de la cuenca tal como está proyectada sobre el plano horizontal. Tradicionalmente se ha considerado que la forma de la cuenca tiene influencia en el tiempo de concentración de las aguas al punto de salida de la cuenca, ya que modifica el hidrograma y las tasas de flujo máximo, por lo que para una misma superficie y una misma tormenta, los factores mencionados se comportan de forma diferente entre una cuenca de forma redondeada y una alargada. En la Fig. N°3 se observa varias forma de cuencas con la misma área y diferentes formas ante una lámina de igual precipitación.

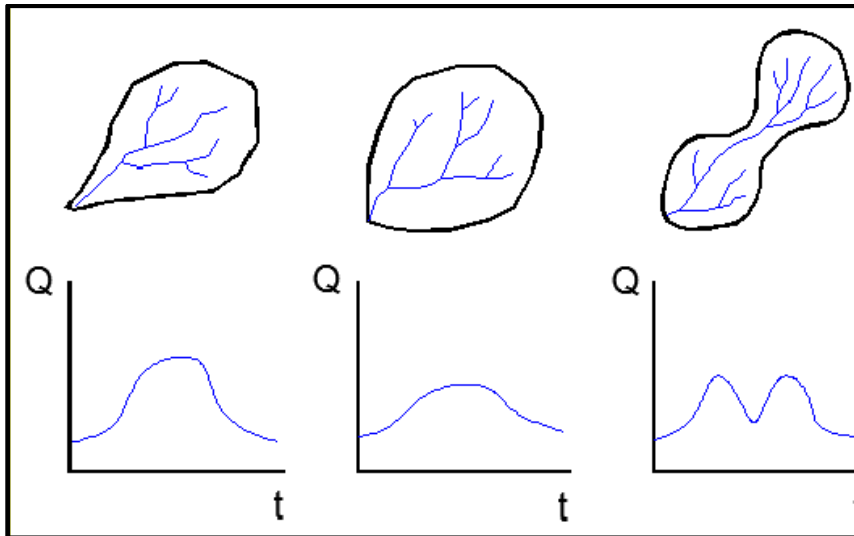


Fig.Nº3: Hidrogramas según la forma de la cuenca

La forma de la cuenca afecta los hidrogramas de caudales máximos, por lo que se han hecho numerosos esfuerzos para tratar de cuantificar este efecto por medio de un valor numérico. Horton sugirió un factor adimensional de forma K_f como índice de la forma de una cuenca:

—

Factor de Forma	Tipo de forma
1,00	Cuadrado con salida central.
0,79	Circular o redonda.
0,50	Cuadrado con salida lateral.
0,40 y 0,50	Oval.
<0,30	Rectangular alargada.

Los elementos utilizados para el cálculo del factor de forma de Horton se muestran en la Fig. Nº4.

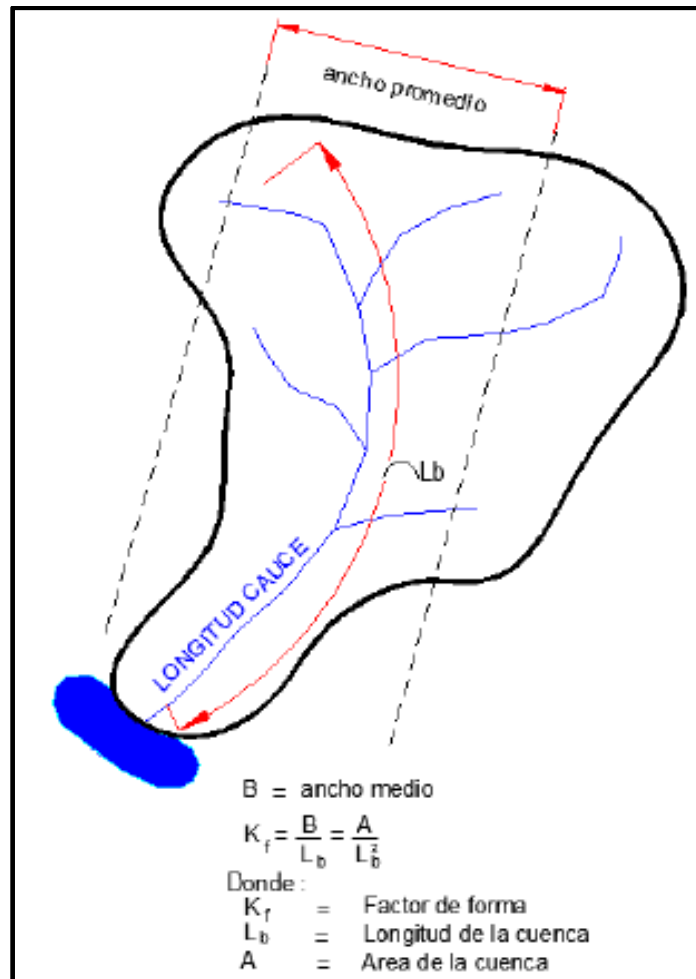


Fig.Nº4: Elementos utilizados en el factor de forma de Horton

3.3.3 Parámetros de Relieve

- **Pendiente Media de la Cuenca**

La pendiente media de la cuenca constituye un elemento muy importante en el estudio de ésta, pues influye en el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto del cauce, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce. Para calcularla se emplea el criterio de J.W. Alvord; otro método para calcular la pendiente de la cuenca, es a partir del MDT con un SIG.

Criterio de ALVORD

La obtención de la pendiente de la cuenca esta basada en la obtención previa de las pendientes existentes entre las curvas de nivel cada 50 metros, trabajando con la faja definida por las líneas medias que pasan entre las curvas de nivel. Para una de ellas la pendiente esta determinada tal como se muestra en la Fig. Nº5.

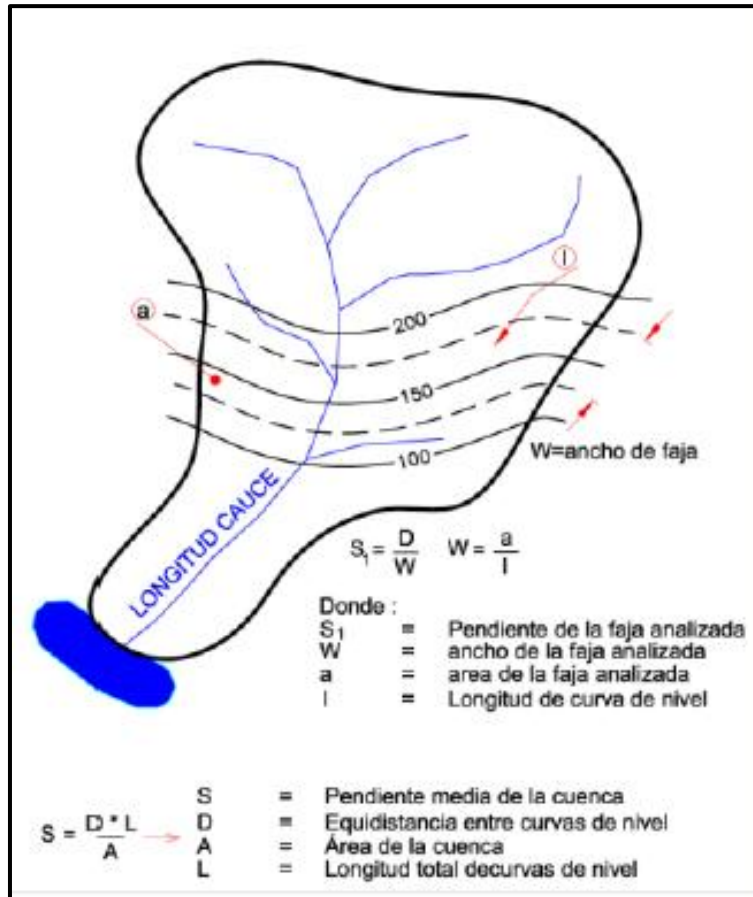


Fig.Nº5: Determinación de la pendiente.

Donde:

S = Pendiente media de la cuenca.

D = Equidistancia entre curvas de nivel en, km.

A = Área de la cuenca, en km^2 .

L = Longitud total de todas las curvas de nivel en, km.

Como orden de magnitud se pueden admitir los siguientes valores:

Pendiente media (%)	Tipo de terreno
2	Llano.
5	Suave.
10	Accidentado medio.
15	Accidentado.
25	Fuertemente accidentado.
50	Escarpado.
>50	Muy escarpado.

- **Curva Hipsométrica**

Esta curva representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. También podría verse como la variación media del relieve de la cuenca.

La curva hipsométrica se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en Km^2 o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros.

Normalmente se puede decir que los dos extremos de la curva tienen variaciones abruptas. Una curva hipsométrica de concavidad hacia arriba, indica una cuenca con valles extensos y cumbres escarpadas y lo contrario indicaría valles profundos y sabanas planas. Es posible convertir la curva hipsométrica en función adimensional, usando en lugar de valores totales en los ejes, valores relativos, dividiendo la altura y el área por sus respectivos valores máximos. Las curvas hipsométricas también han sido asociadas con las edades de los ríos de las respectivas cuencas. Ver Fig. N°6.

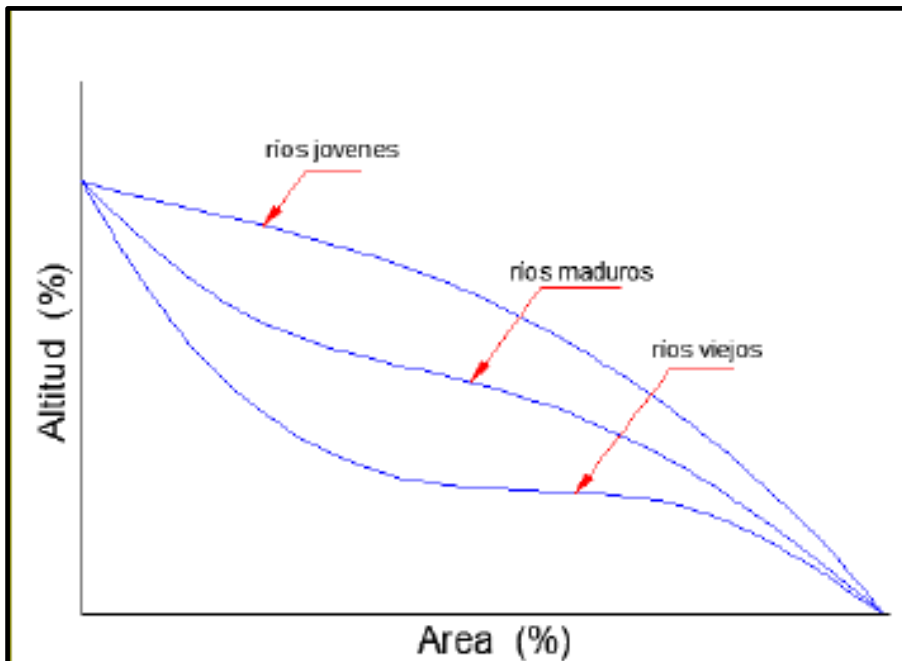


Fig.N°6: Curvas hipsométricas características.

- **Altitud Media de la Cuenca**

La altura o elevación media de la cuenca tiene importancia principalmente en zonas montañosas, pues nos da una idea de la climatología de la región, basándonos en un patrón general climático de la zona. La elevación promedio está referida al nivel del mar. La elevación media de la cuenca se obtiene a partir de la curva hipsométrica, que equivale a la cota correspondiente al 50% del área de la cuenca tal como se muestra en la Fig. N°7.

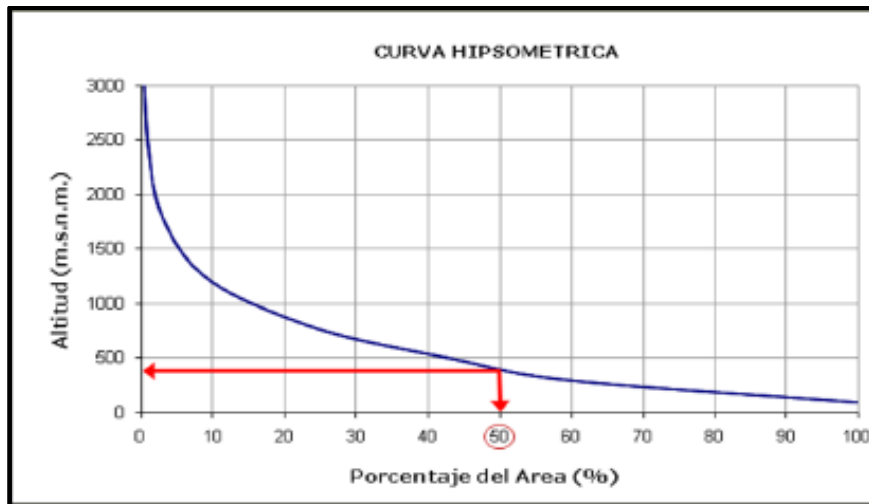


Fig.Nº7: Curva hipsométrica.

3.3.4 Parámetros de Drenaje

La forma en que estén conectados los ríos en una cuenca determinada, influye en la respuesta de ésta a un evento de precipitación. Se han desarrollado una serie de parámetros que tratan de cuantificar la influencia de la forma del drenaje en la escorrentía superficial directa. El orden de los ríos es uno de ellos. Uno de los criterios para determinar el orden de los ríos en una cuenca es el definido por el modelo de STRAHLER. Según este modelo se toman como canales de primer orden todos aquellos que no tengan afluentes. Cuando se unen dos canales de primer orden forman un canal de segundo orden y así sucesivamente.

El valor del orden del río principal 1, en la boca de la cuenca da una idea de la magnitud del drenaje de la cuenca.

Los controles geológicos y climatológicos (externos) influyen en el valor de 1, mientras que los factores "internos" determinan el modelo de corrientes para un número de orden de cauces dado.

Índices de Horton.

La idea de Horton de cuantificar las propiedades geomorfológicas de una cuenca lo llevó a deducir ciertas relaciones que se conocen como los números o índices de Horton. Los principales son:

Relación de bifurcación de los ríos de la cuenca.

Después de optar por un modelo de ordenación de los ríos de una cuenca, es posible definir la relación de bifurcación, R_b , como el resultado de dividir el número de ríos de un orden dado entre el número de ríos del orden inmediatamente superior:

Donde:

N_n =es el número de canales de orden n .

N_{n+1} es el número de canales de orden $n+1$.

El valor "medio" de bifurcación, R_b , de una cuenca se determina mediante la pendiente de la recta que resulta de graficar el logaritmo decimal del número de corrientes de cada orden en el eje de las ordenadas y el orden de las corrientes en el eje de las abscisas por medio de un ajuste de mínimos cuadrados. El valor "medio" se toma como el antilogaritmo de la pendiente de la recta ajustada a las parejas de valores.

Por lo general el rango de variación de R_b está entre 3 y 5 con una moda cercana a 4. Por estudios hechos se ha encontrado que el valor R_b no está correlacionado significativamente con el relieve y las variables hidrológicas de la cuenca. Esta es la razón por la cual los valores de R_b se han tomado como una variable aleatoria.

- **Relación de longitudes de corriente L.**

Relaciona la longitud promedio de las corrientes de orden i (L_i) a la relación de la longitud de la corriente (r_i) y la longitud promedio de las corrientes de primer orden (L_1) así:

La relación de longitud de la corriente se define como el promedio de la longitud de las corrientes de cualquier orden sobre la longitud promedio de las corrientes de orden inmediatamente inferior.

- **Relación de áreas.**

Relaciona el área de las cuencas de orden i (A_i), el área de las cuencas de orden 1 (A_1) y la relación de área de corrientes (ra) así:

La relación de área de corrientes, ra es la relación del área promedio de las corrientes de un orden i , sobre el área promedio de las corrientes de orden inmediatamente inferior.

- **Densidad de drenaje.**

Está definida como la relación, Dd. entre la longitud total a lo largo de todos los canales de agua de la cuenca en proyección horizontal y la superficie total de la cuenca:

—

Donde:

$\sum li$ = longitud total de todos los canales de agua en km

A = área en km²

li = longitud de cada cauce

Para las unidades citadas, se han encontrado valores mínimos de Dd del orden de 7, valores promedios en el rango de 20 a 40 y valores máximos del orden de 400.

Valores bajos de Dd generalmente están asociados con regiones de alta resistencia a la erosión, muy permeables y de bajo relieve. Valores altos fundamentalmente son encontrados en regiones de suelos impermeables, con poca vegetación y de relieve montañoso.

El valor inverso de Dd significa un promedio del número de unidades cuadradas que se necesita para mantener un caudal de una unidad de longitud. Por esta razón: 1/Dd suele ser llamada constante de mantenimiento de un río.

Se presenta las características fisiográficas de las cuencas en estudio y un resumen en el Cuadro N°2.

Cuadro N°2: Características Fisiográficas de las Cuencas										
Característica	Area (Km2.)	Perímetro (Km.)	Altitud media de la cuenca (msnm)	Longitud del cauce (Km.)	Pendiente del cauce (%)	Pendiente Media cuenca (%)	Coeficiente de compacidad	Factor de Forma	Rectángulo equivalente	
									Lado mayor (Km.)	Lado menor (Km.)
Nepeña	1878,29	246,96	2067	54,47	1,74	45,21	1,60	0,43	105,71	17,77
Casma	2973,97	283,71	2099	84,5	2,69	44,39	1,46	0,45	116,28	25,58
Huarmey	2232,96	267,3	2182	79,46	3,62	44,2	1,58	0,35	114,08	19,57
Pativilca	4577,24	441,37	3366	126,5	2,09	57,68	1,83	0,29	197,51	23,17
Chancay-Huaral	3046,37	327,83	2727	89,77	3,15	48,8	1,66	0,35	142,54	21,37
Rímac	3485,36	419,59	2979	58,06	1,88	47,34	1,99	0,34	191,6	18,19
Cañete	6017,34	524,88	3686	158,92	2,01	12,42	1,89	0,34	237,06	25,38
Pisco	4208,75	497,68	3027	106,96	1,64	39,33	2,15	0,24	230,59	18,25
Ica	7301,88	525,44	1641	180,36	0,96	27,95	1,72	0,29	231,13	31,59
Grande	10991,27	609,04	2123	140,11	1,36	32,27	1,63	0,56	262,68	41,84

- **Características Fisiográficas Cuenca Nepeña**

Esta cuenca tiene un área de 1 878 Km², una altitud media de 2 067 msnm y una pendiente media en el orden de 45% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro. Ver Fig. N°8 y Fig.N°9.

El Factor de Forma determinado es 0,43 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,60 que corresponde a cuencas de forma oval oblonga a rectangular oblonga. Ver Fig. N°10.

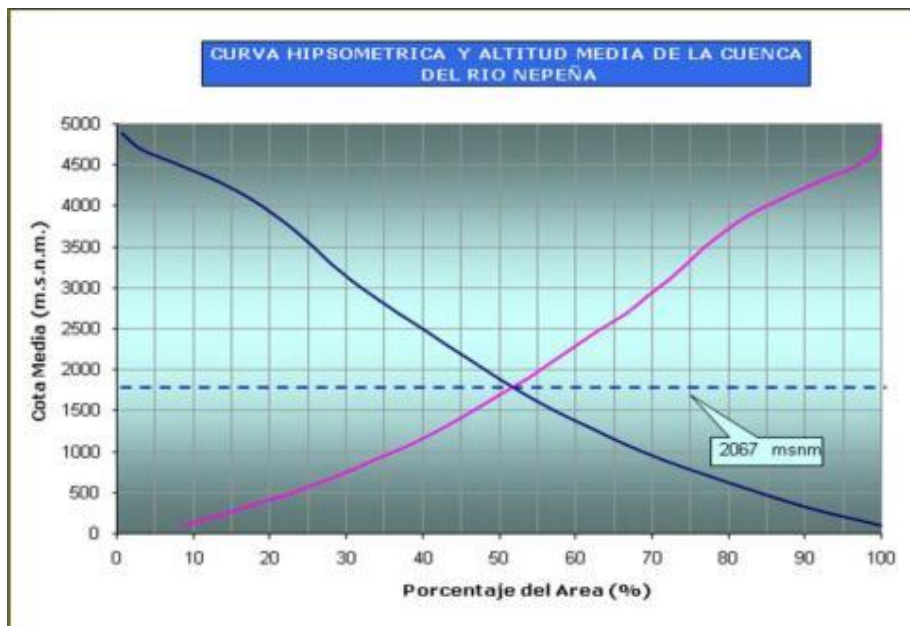


Fig. N°8: Curva hipsométrica Río Nepeña

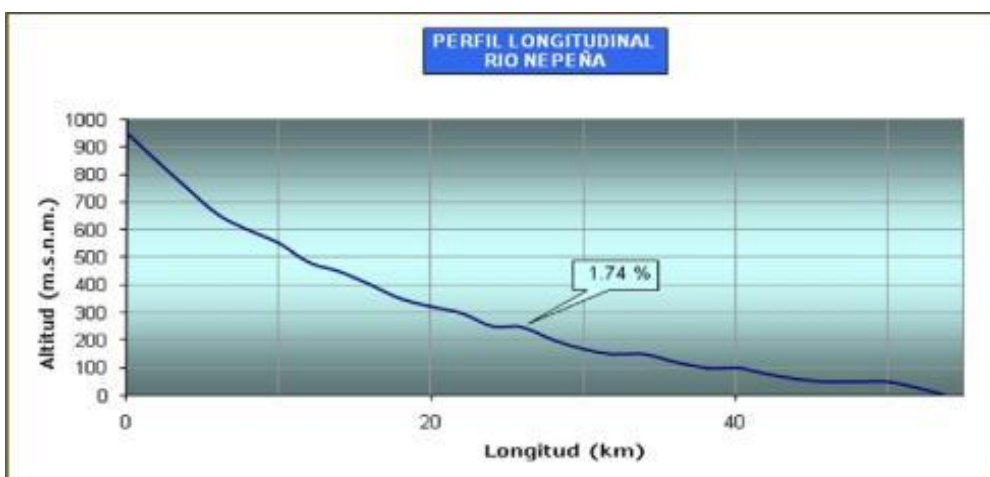


Fig. N°9: Perfil Longitudinal Río Nepeña

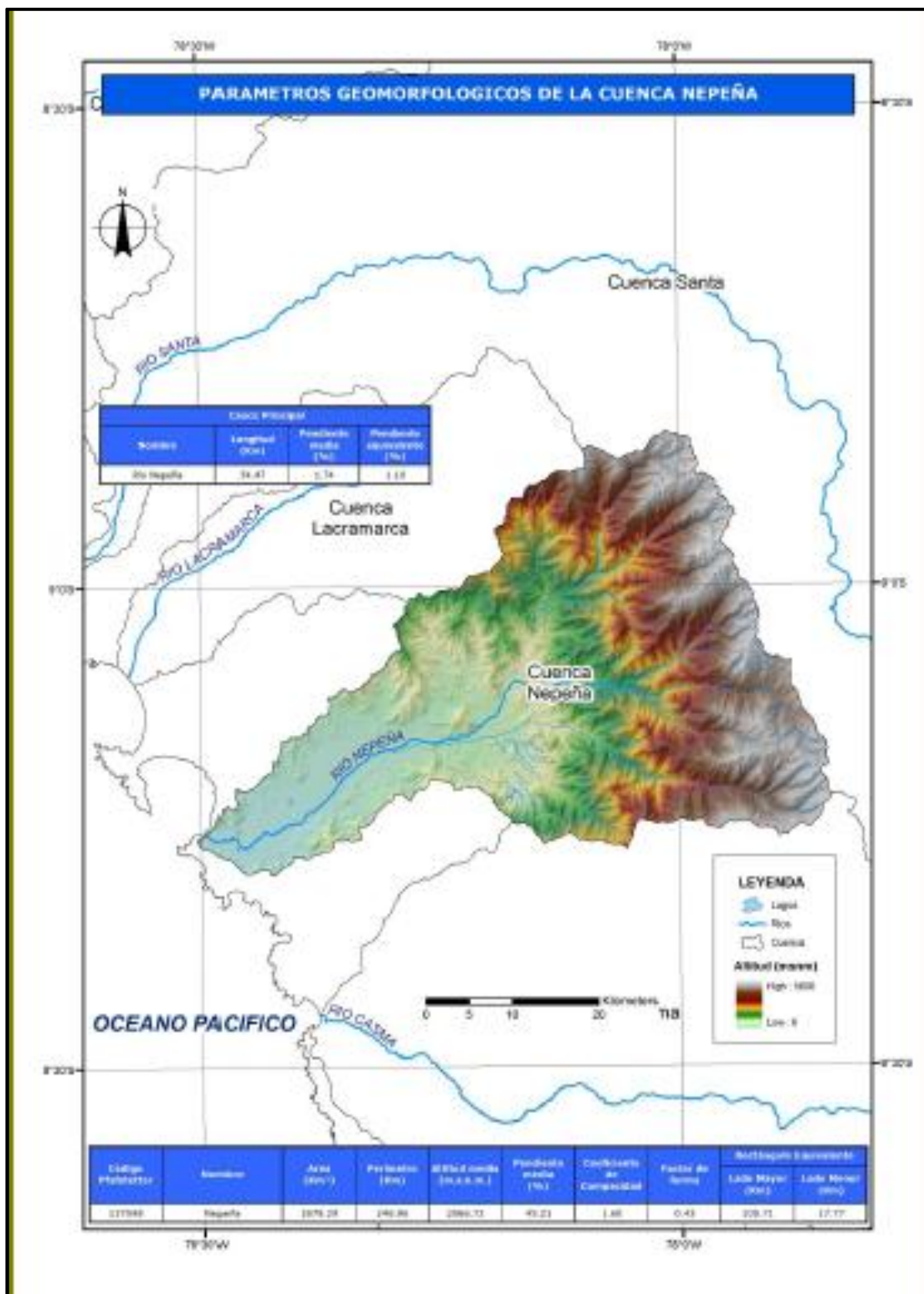
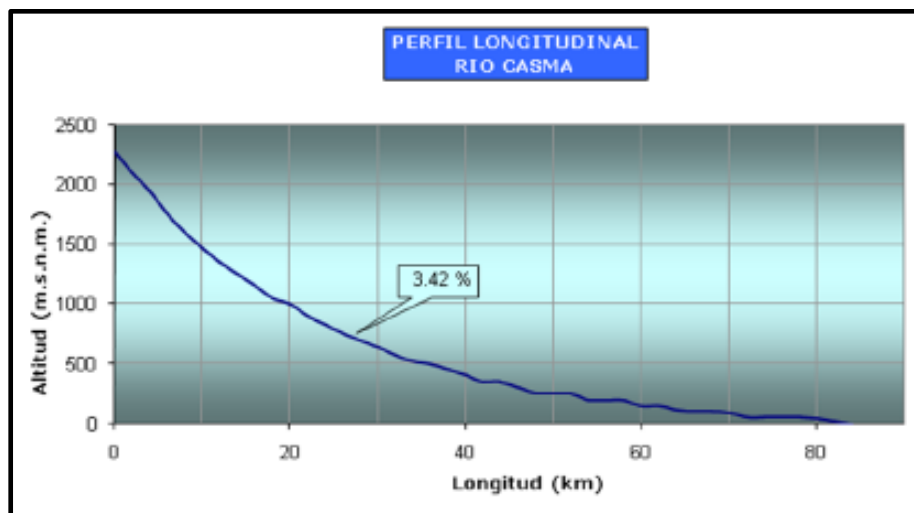
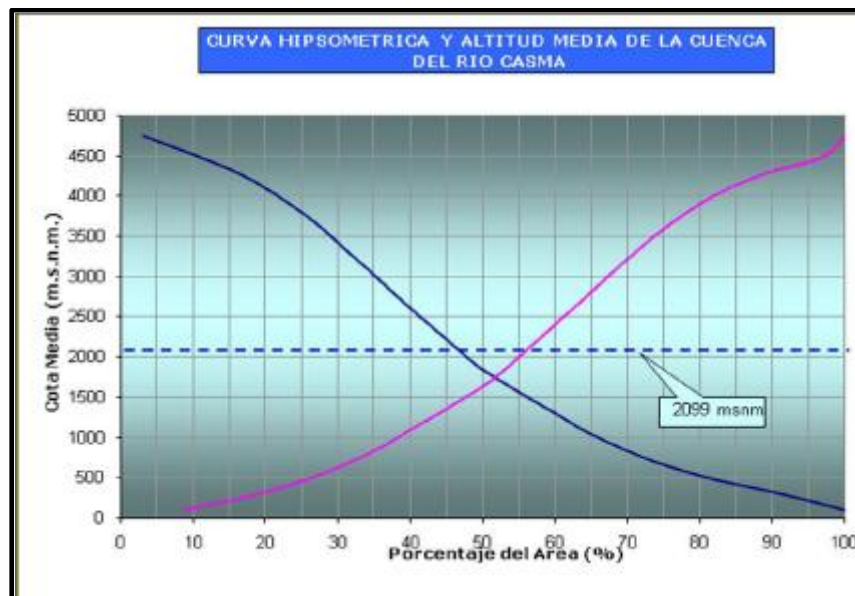


Fig. N°10: Parámetros geomorfológicos Cuenca Río Nepeña.

- **Características Fisiográficas Cuenca Casma**

Esta cuenca tiene un área de 2 974 Km², una altitud media de 2 099 m.s.n.m. y una pendiente media de la cuenca del orden de 44,39% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro. Ver Fig. N°11 y Fig.N°12.

El Factor de Forma determinado es 0,45 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,46 y que corresponden a cuencas de forma alargada (ver mapa de parámetros). Ver Fig. N°13.



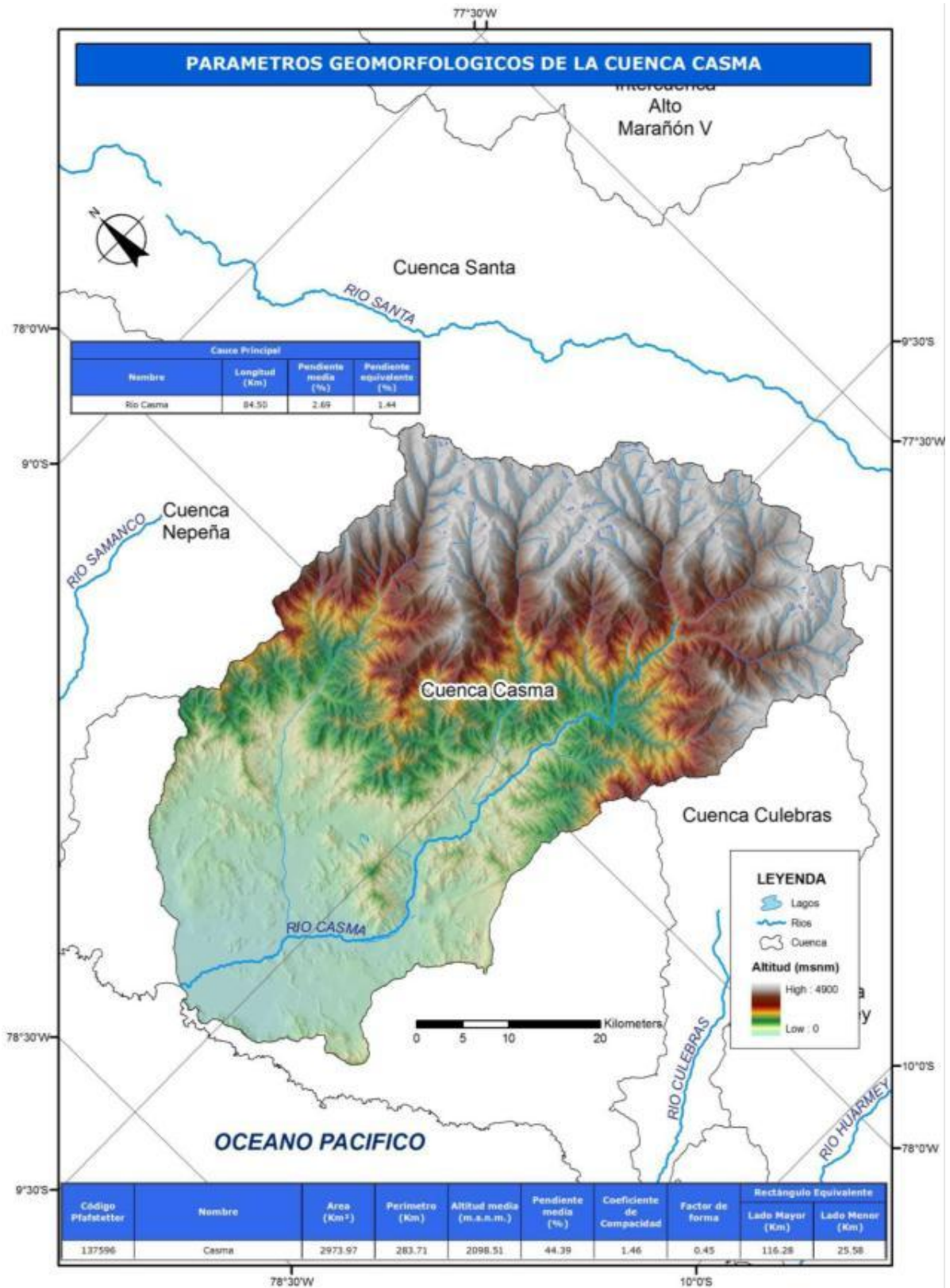


Fig. N°13: Parámetros geomorfológicos Cuenca Río Casma.

Características Fisiográficas Cuenca Huarmey

Esta cuenca tiene un área de 2 233 Km², una altitud media de 2 182 msnm. y una pendiente media en el orden de 44% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro. Ver Fig. N°14 y Fig.N°15.

El Factor de Forma determinado es 0,35 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,58 y que corresponden a cuencas de forma oval oblonga a rectangular oblonga (ver mapa de parámetros). Ver Fig. N°16.

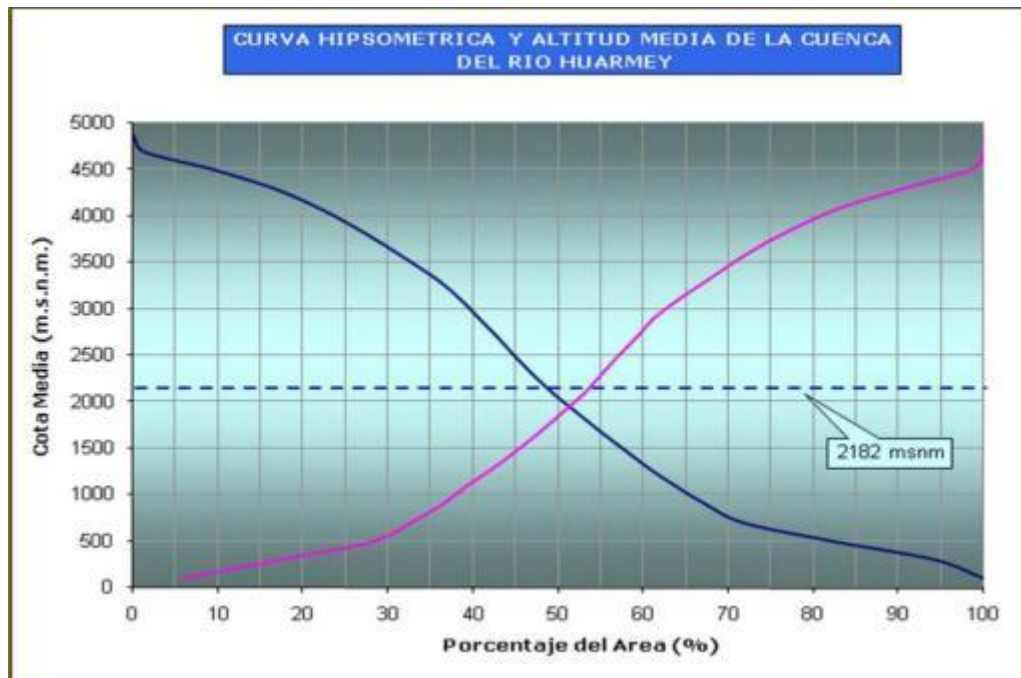


Fig. N°14: Curva hipsométrica Río Huarmey

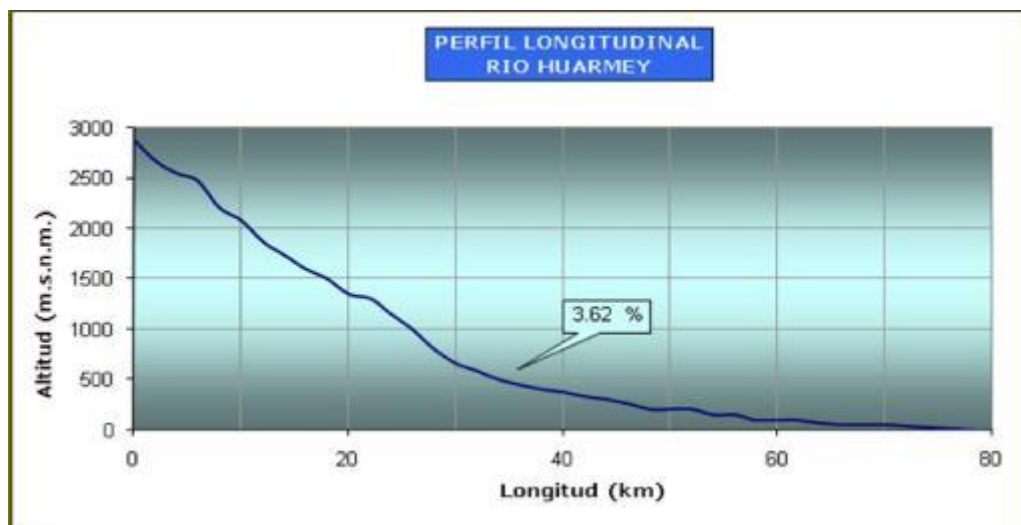


Fig. N°15: Perfil longitudinal Río Huarmey.

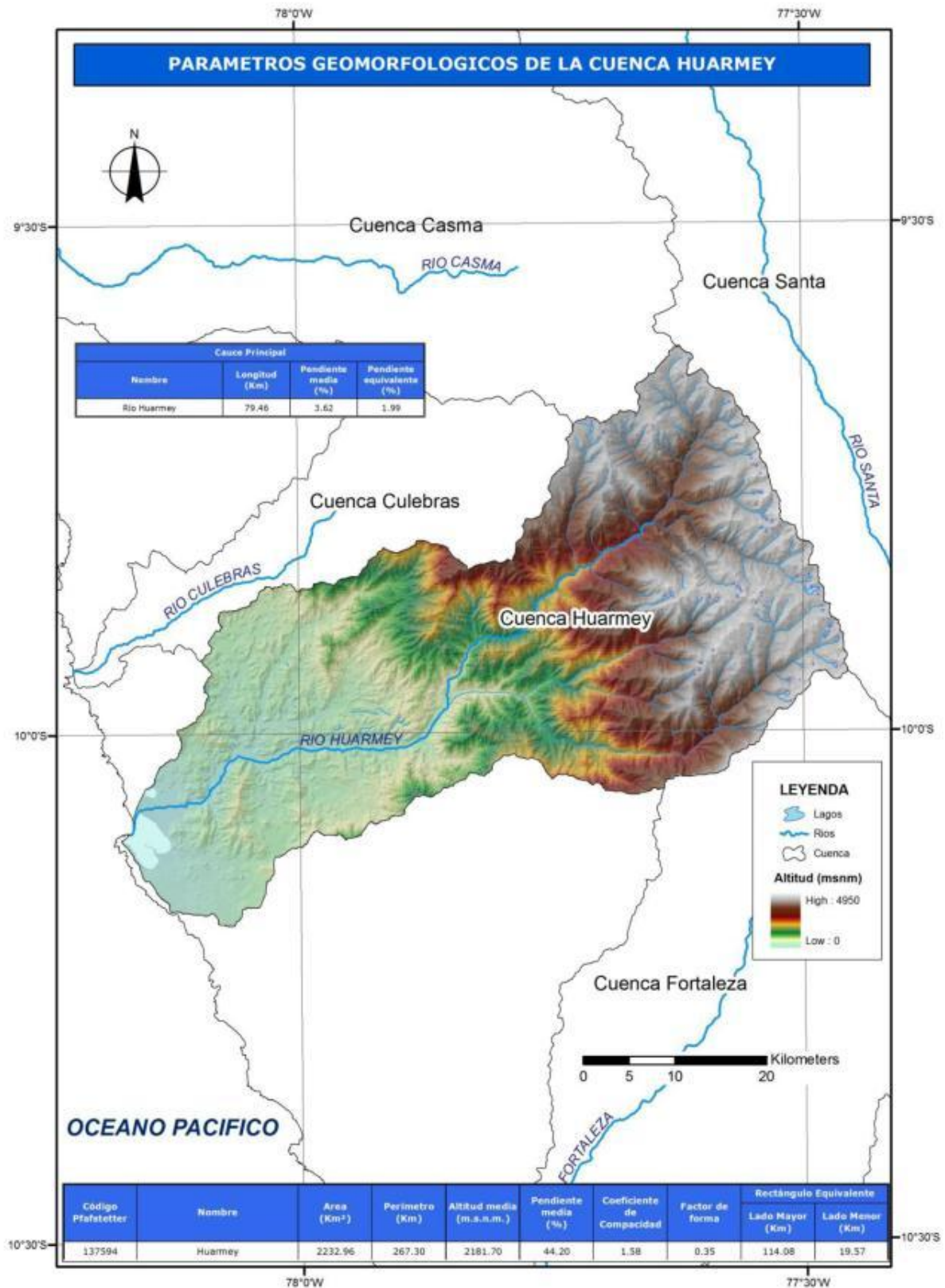
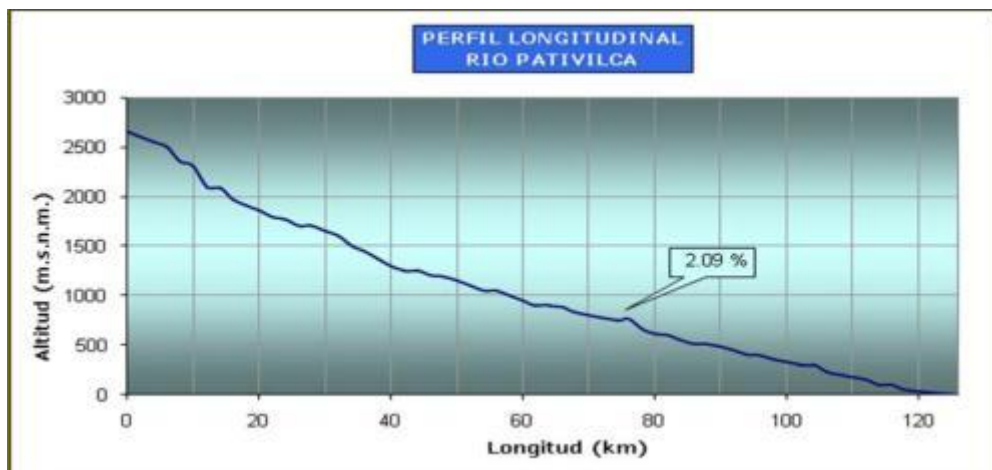
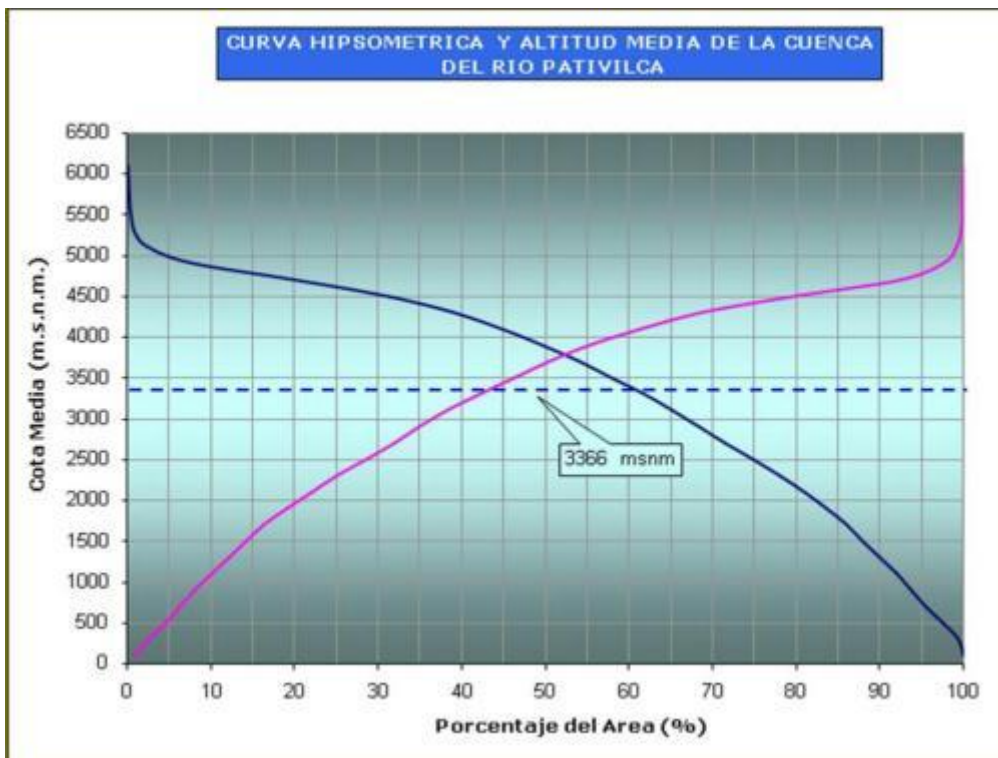


Fig. N°16: Parámetros geomorfológicos Cuenca del Río Huarvey.

- **Características Fisiográficas Cuenca Pativilca**

Esta cuenca tiene un área de 4 577 Km², una altitud media de 3 366 msnm y una pendiente media en el orden de 58% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven. Ver Fig. N°17 y Fig.N°18.

El Factor de Forma determinado es 0,29 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,83 y que corresponden a cuencas de forma alargada (ver mapa de parámetros).Ver Fig. N°19.



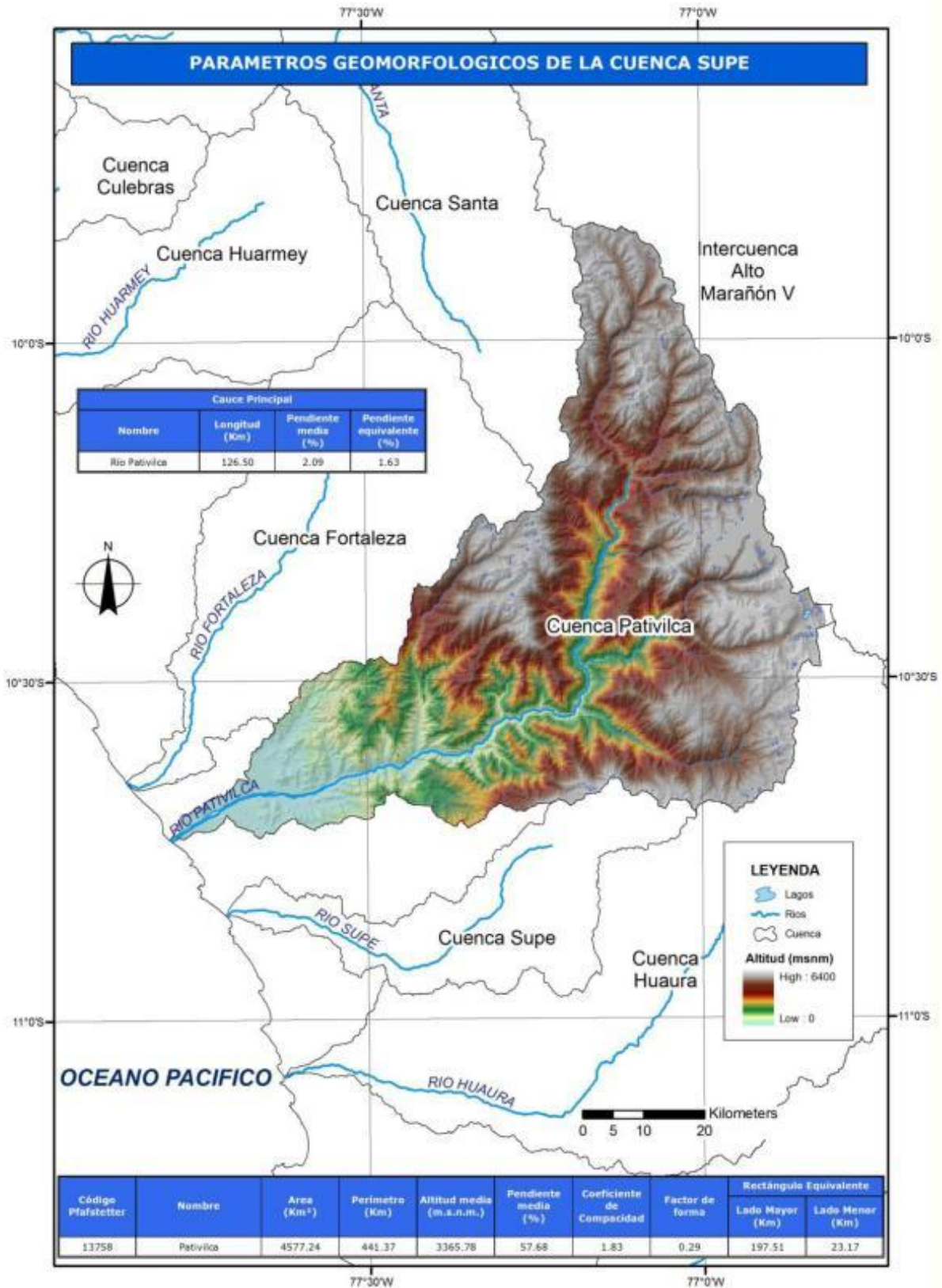


Fig. N°19: Parámetros geomorfológicos Cuenca Río Pativilca.

- **Características Fisiográficas Cuenca Chancay-Huaral**

Esta cuenca tiene un área de 3 046 Km², una altitud media de 2 727 msnm. y una pendiente media en el orden de 49% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven. Ver Fig. N°20 y Fig. N°21

El Factor de Forma determinado es 0,35 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,66 y que corresponden a cuencas de forma oval oblonga a rectangular oblonga (ver mapa de parámetros). Ver Fig. N°22

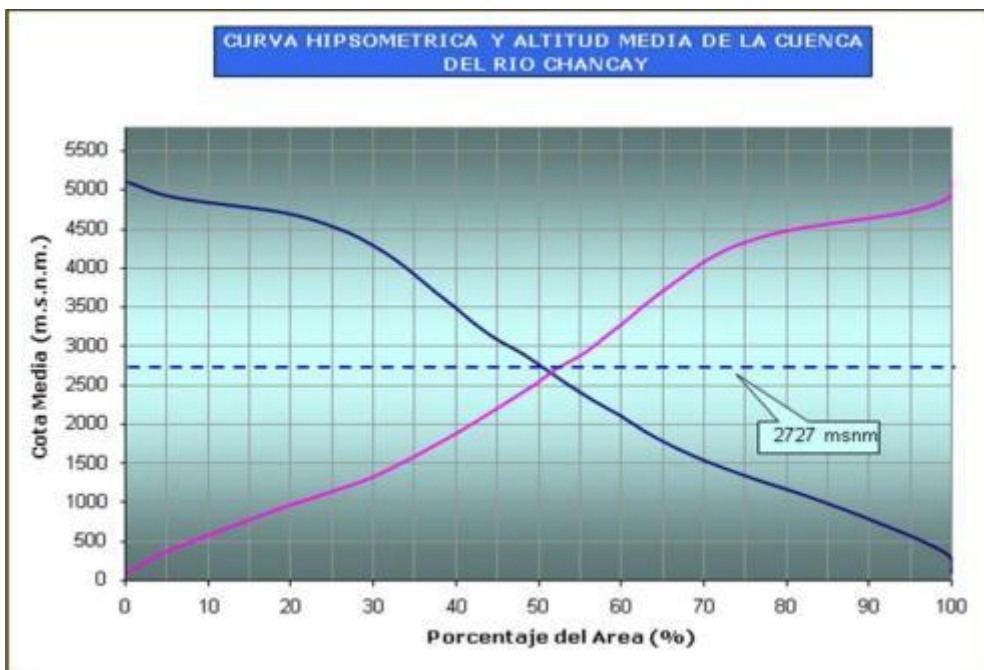


Fig. N°20: Curva hipsométrica Río Chancay-Huaral.

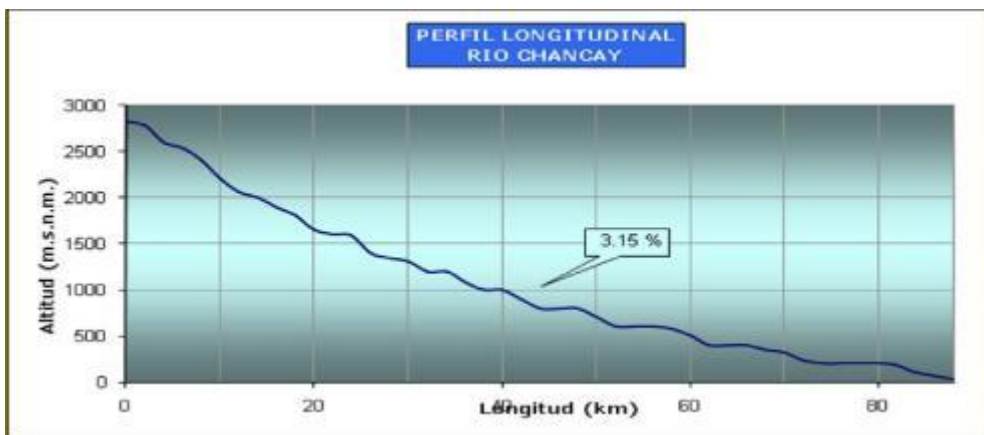


Fig. N°21: Perfil longitudinal Río Chancay-Huaral.

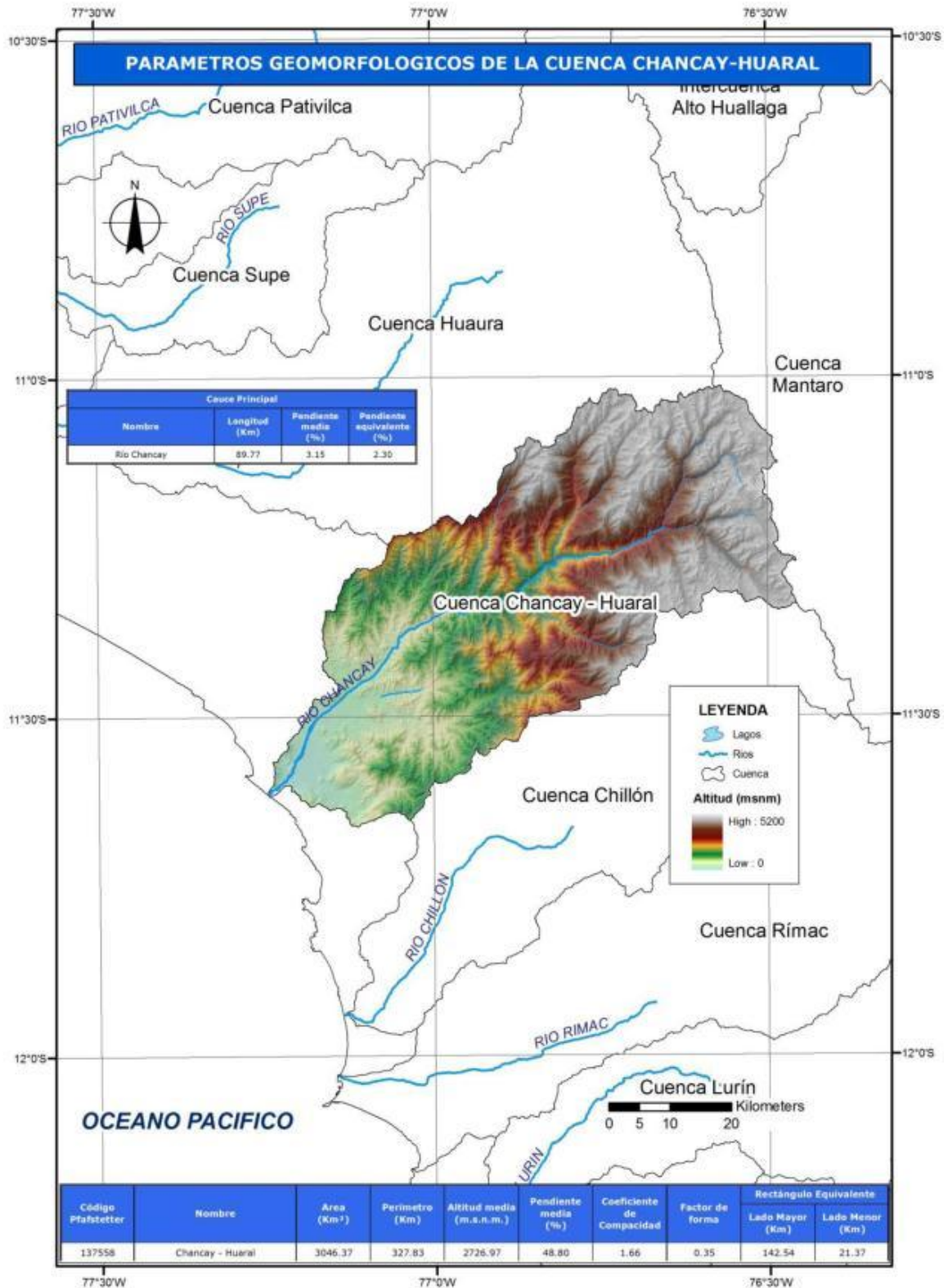


Fig. N°22: Parámetros geomorfológicos. Cuenca Río Chancay-Huaral.

- **Características Fisiográficas Cuenca Rímac**

Esta cuenca tiene un área de 3 485 Km², una altitud media de 2 979 msnm y una pendiente media en el orden de 47% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven. Ver Fig.Nº23 y Fig.Nº24.

El Factor de Forma determinado es 0,34 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,99 y que corresponden a cuencas de forma alargada (ver mapa de parámetros).Ver Fig. Nº25.

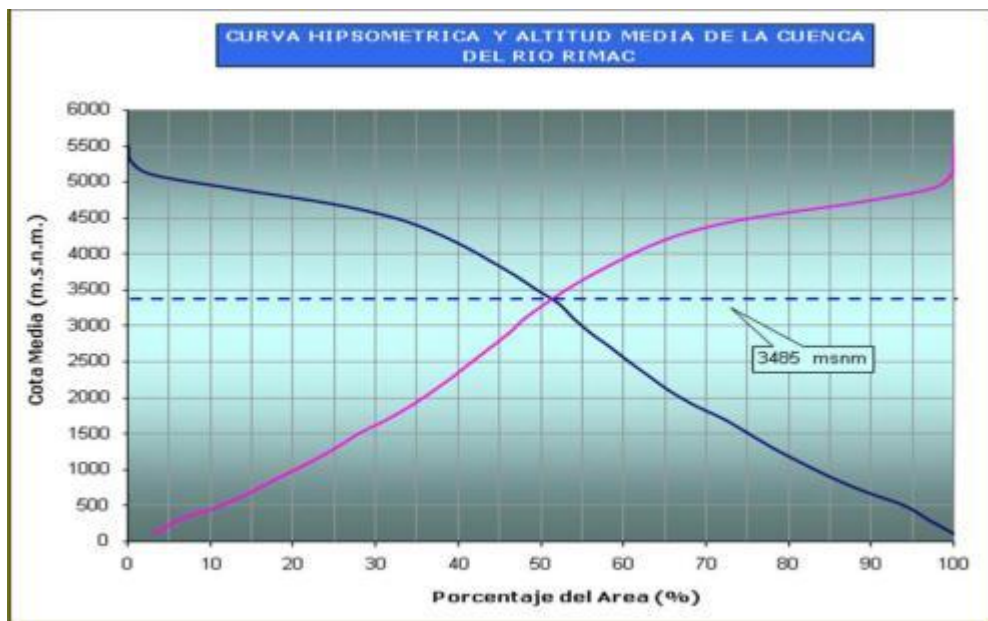


Fig. Nº23: Curva hipsométrica Río Rímac.

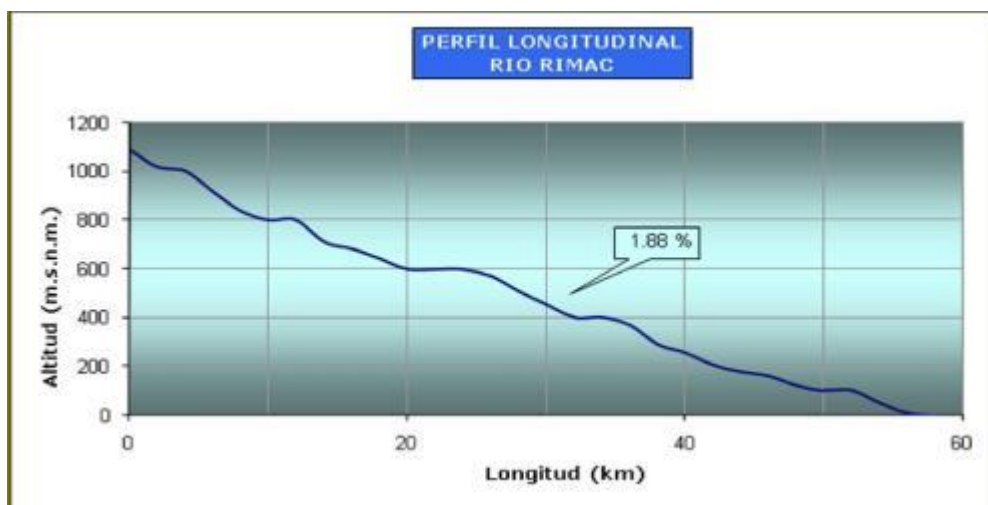


Fig. Nº24: Perfil longitudinal Río Rímac.

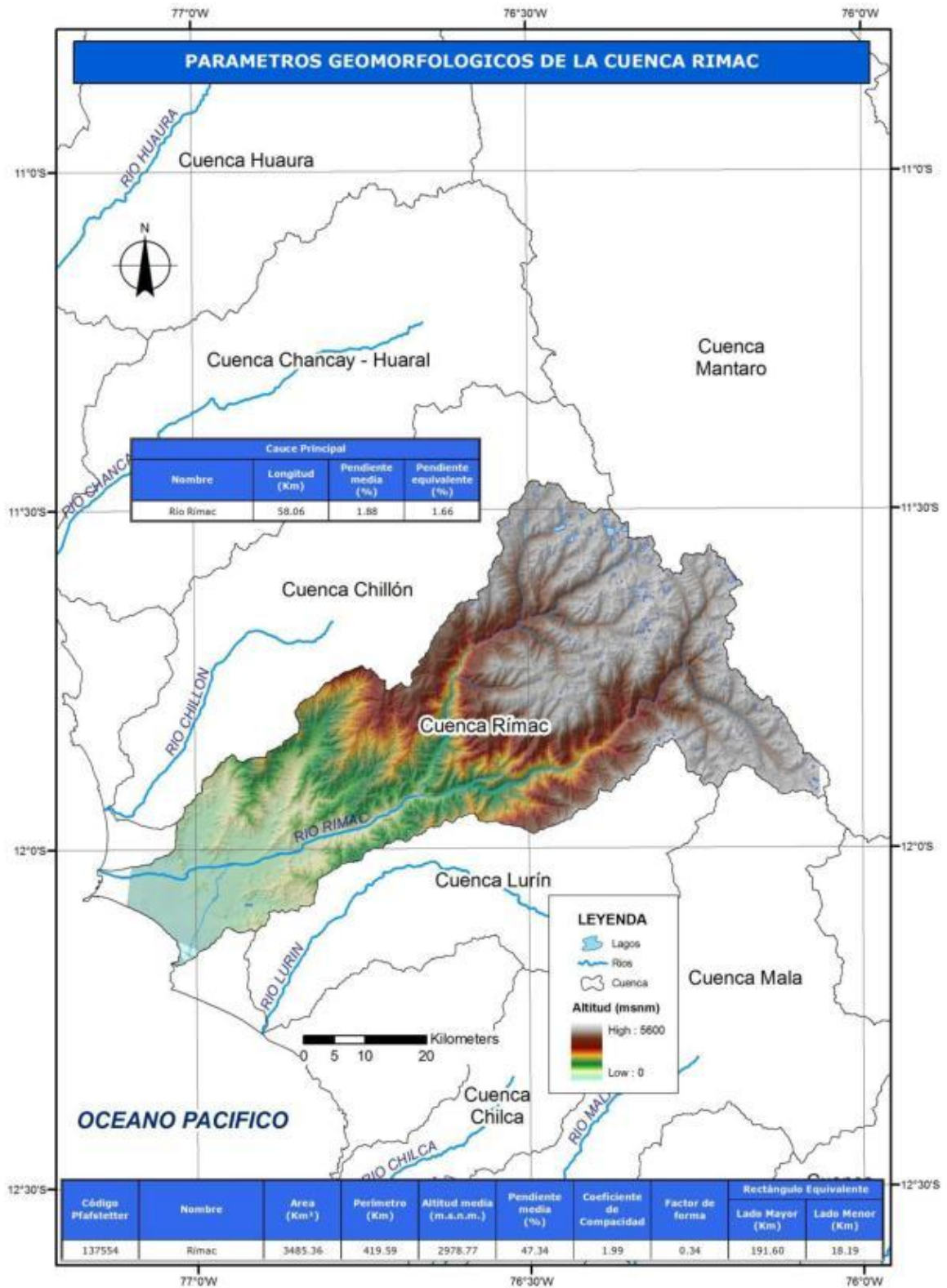


Fig. N°25: Parámetros geomorfológicos. Cuenca Río Rímac.

- **Características Fisiográficas Cuenca Cañete**

Esta cuenca tiene un área de 6 017 Km², una altitud media de 3 686 msnm y una pendiente media en el orden de 12% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven. Ver Fig. N°26 y Fig.N°27.

El Factor de Forma determinado es 0,34 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,89 y que corresponden a cuencas de forma alargada (ver mapa de parámetros). Ver Fig. N°28.

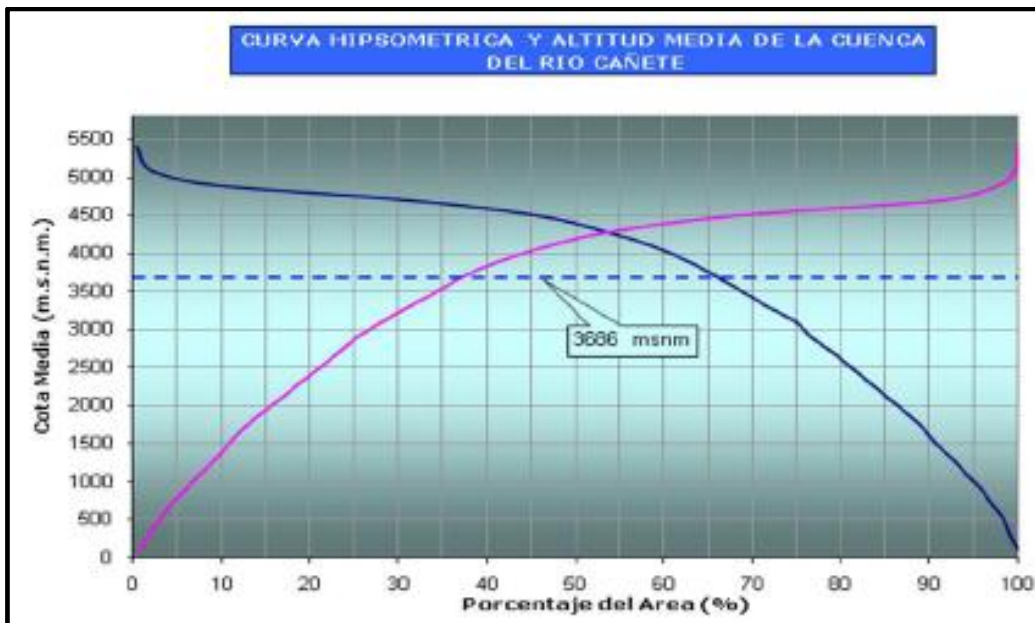


Fig. N°26: Curva hipsométrica Río Cañete.

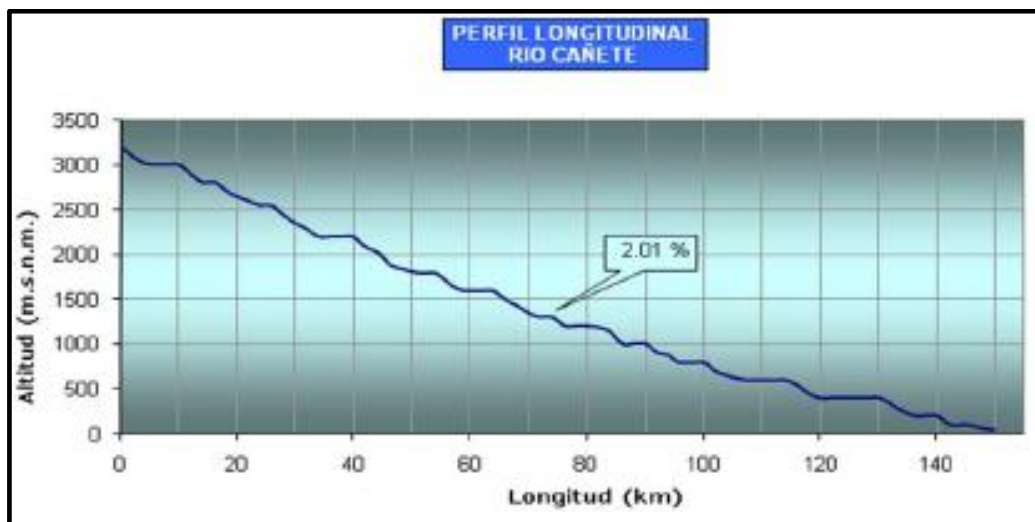


Fig. N°27: Perfil longitudinal Río Cañete.

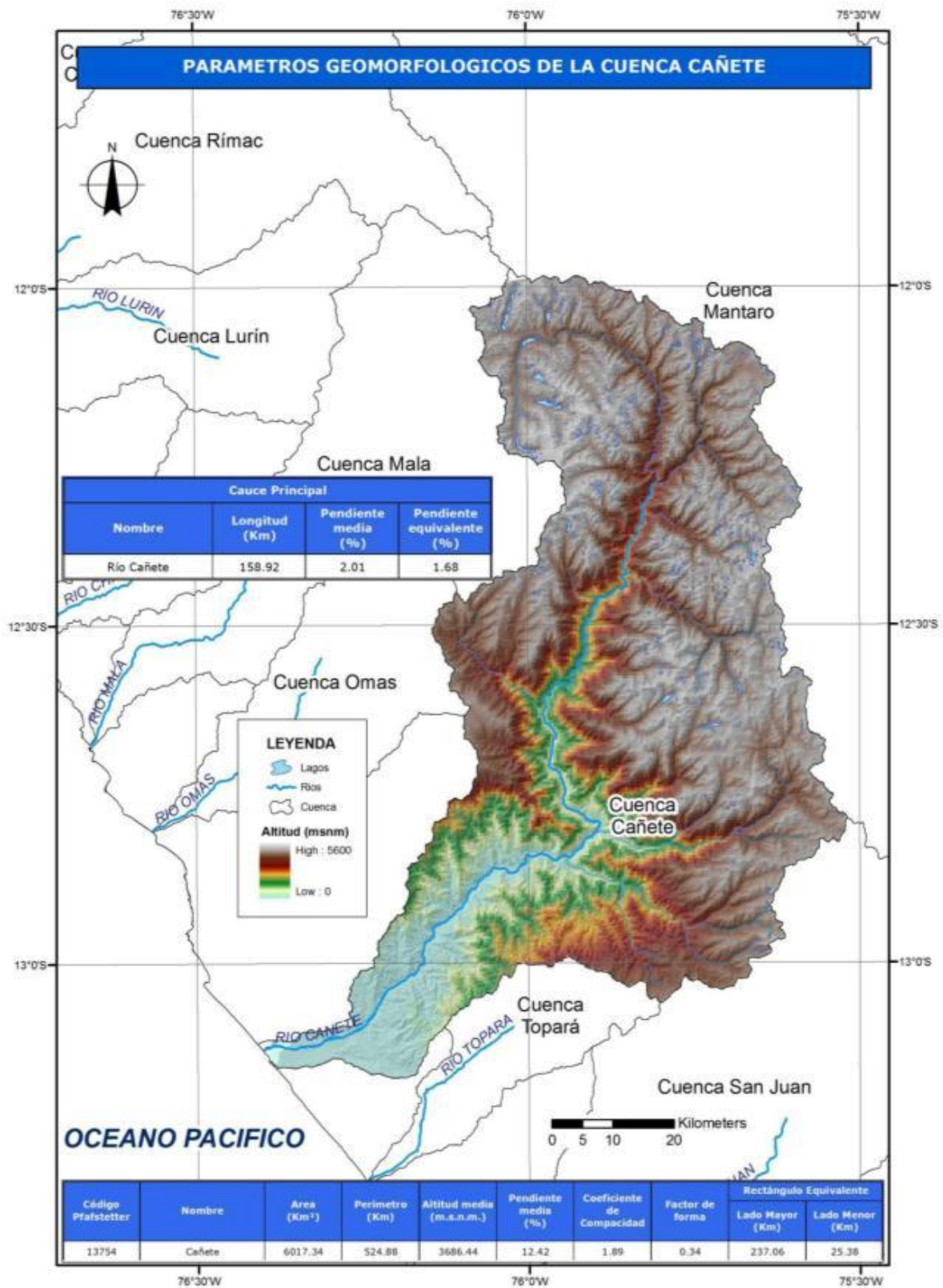
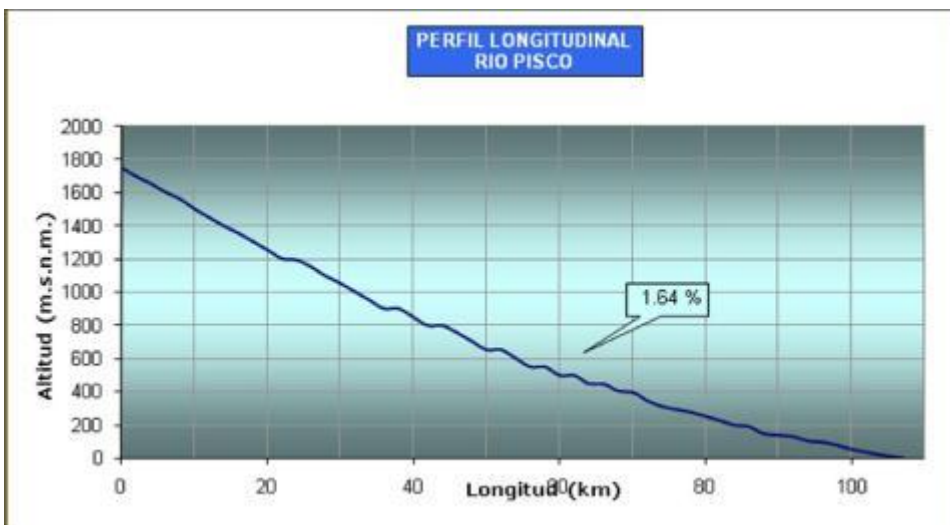
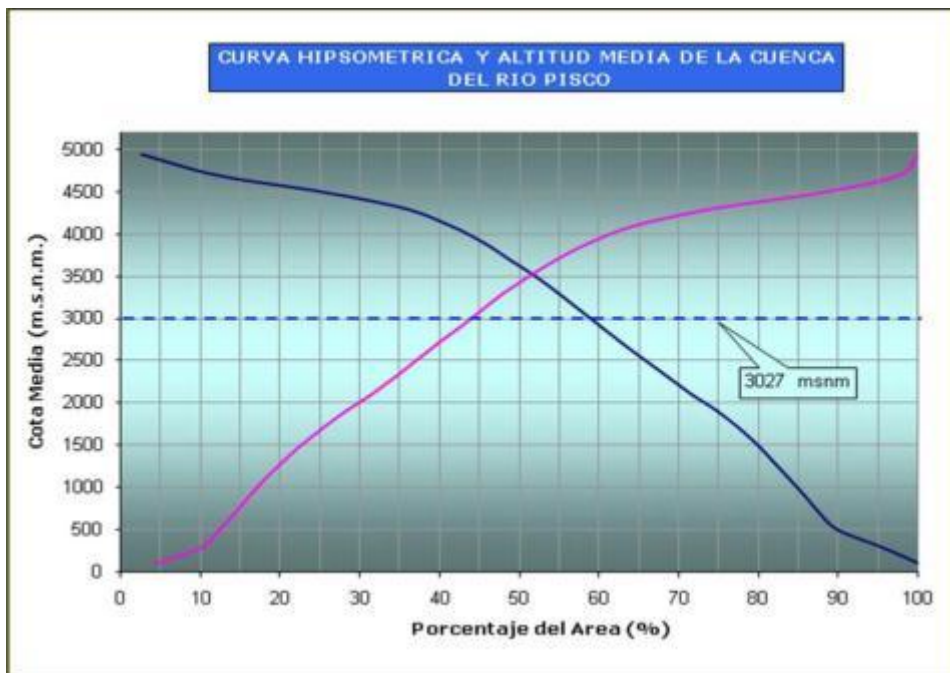


Fig. N°28: Parámetros geomorfológicos. Cuenca Río Cañete.

- **Características Fisiográficas Cuenca Pisco**

Esta cuenca tiene un área de 4 209 Km², una altitud media de 3 027 msnm y una pendiente media en el orden de 39% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven. Ver Fig. N°29 y Fig.N°30.

El Factor de Forma determinado es 0,24 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 2,15 y que corresponden a cuencas de forma alargada (ver mapa de parámetros). Ver Fig. N°31.



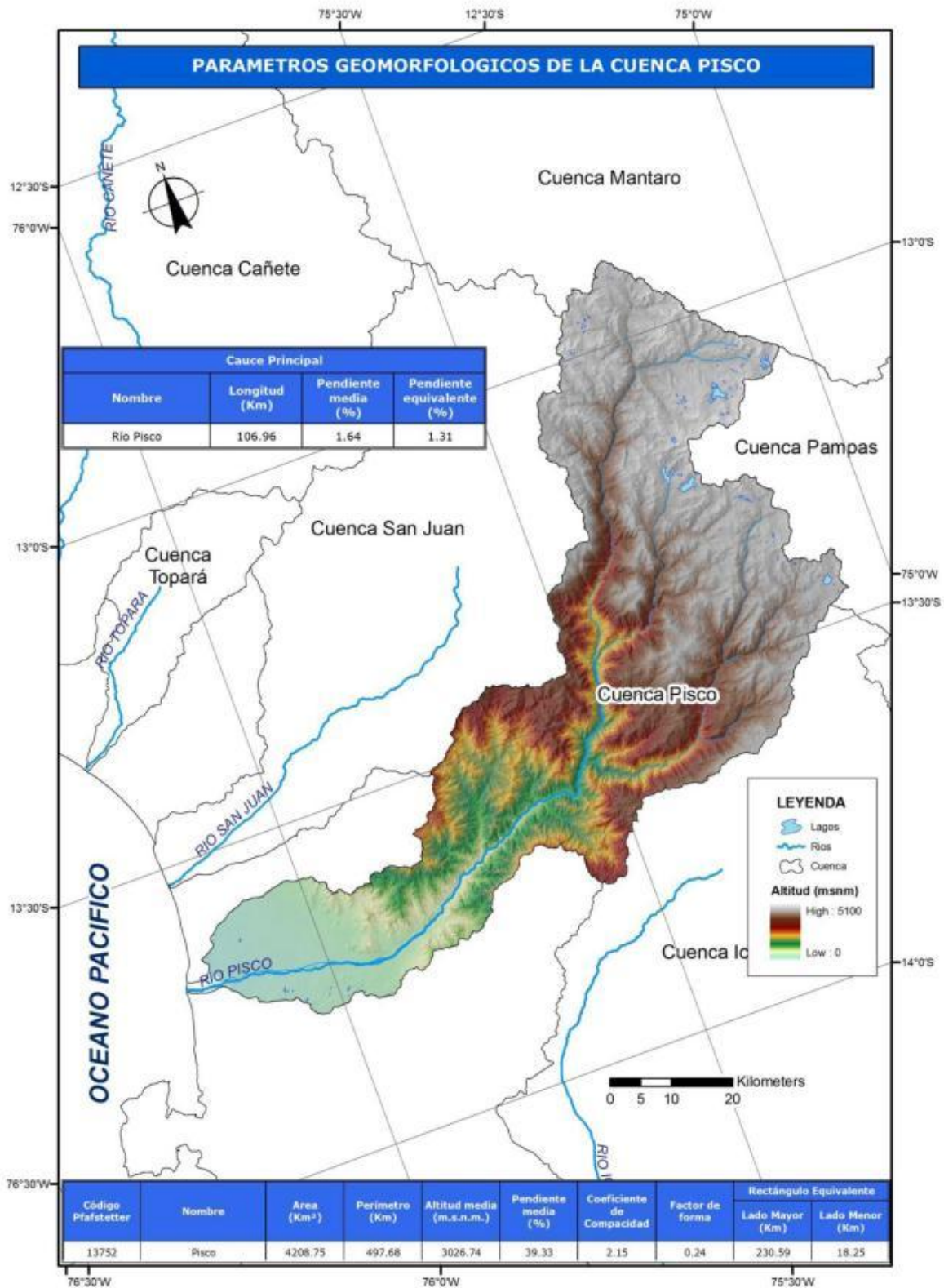


Fig. N°31: Parámetros geomorfológicos. Cuenca Río Pisco.

- **Características Fisiográficas Cuenca Ica**

Esta cuenca tiene un área de 7 302 Km², una altitud media de 1 641 msnm y una pendiente media en el orden de 28% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro. Ver Fig. N°32 y Fig.N°33.

El Factor de Forma determinado es 0,29 el cual es menor que 0,30 y nos estaría indicando que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,72 y que corresponden a cuencas de forma alargada (ver mapa de parámetros). Ver Fig. N°34.

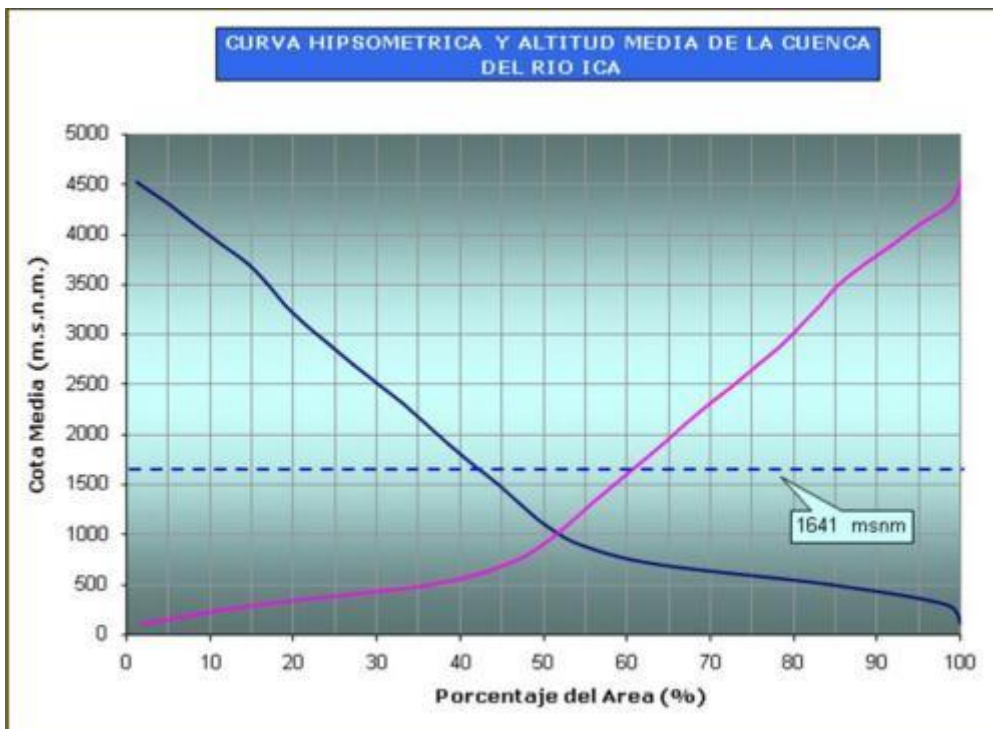


Fig. N°32: Curva hipsométrica Río Ica.

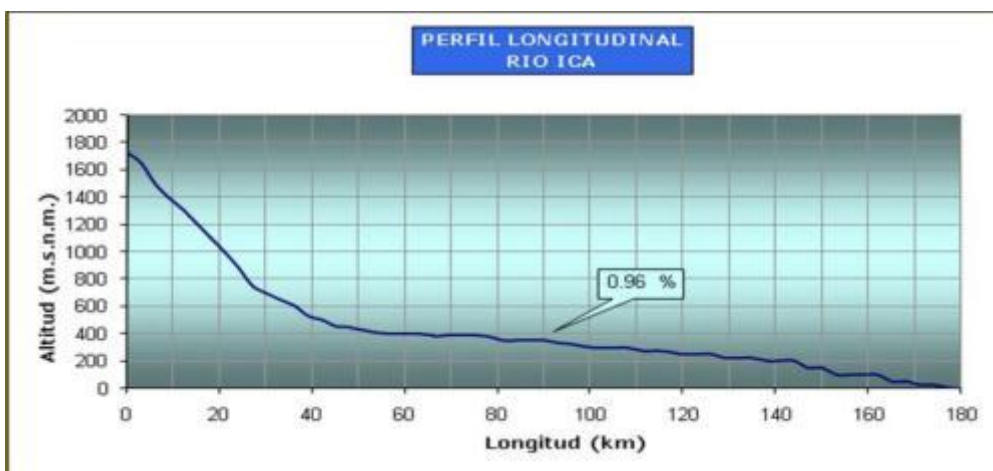


Fig. N°33: Perfil longitudinal Río Ica.

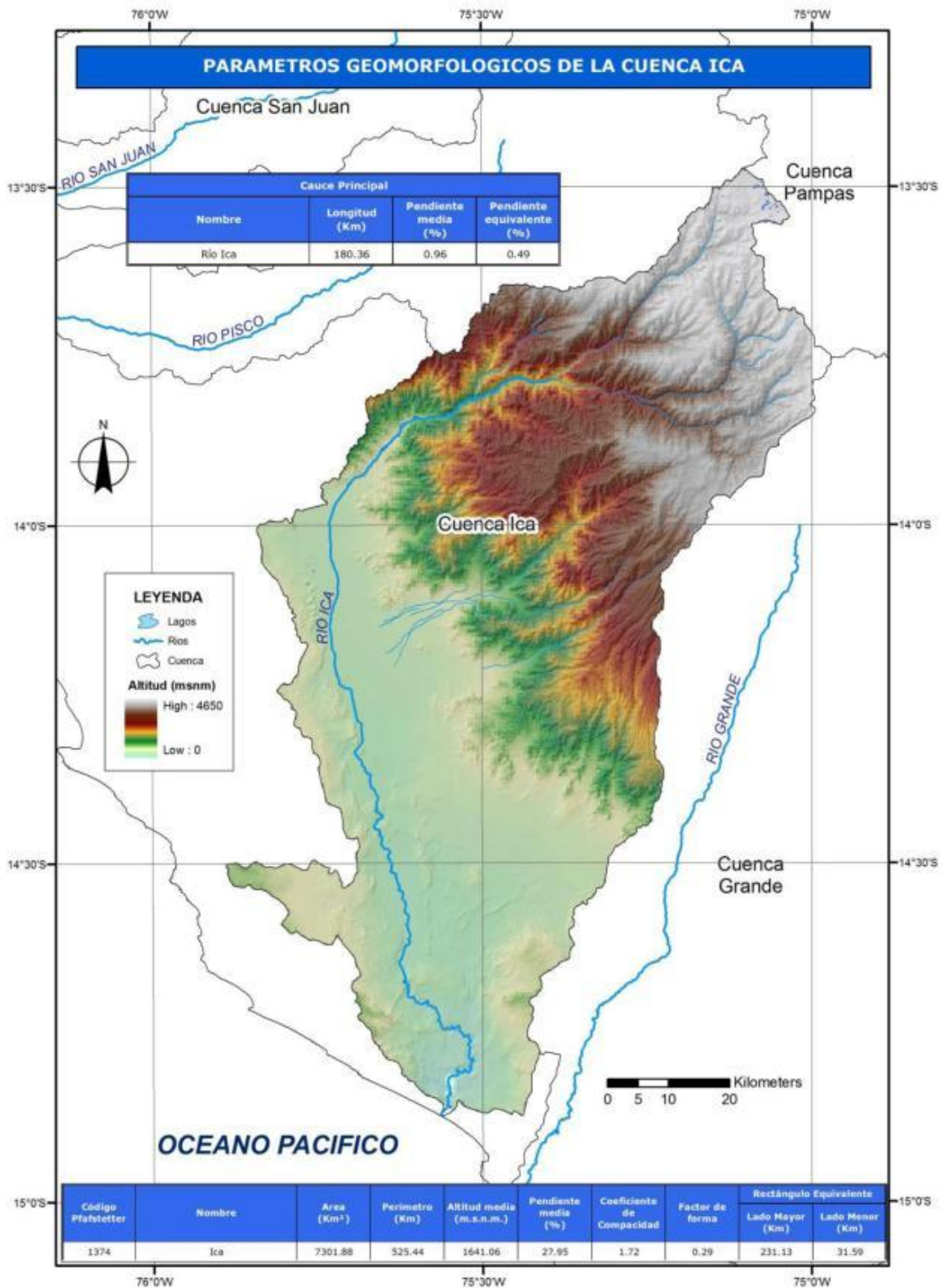


Fig. N°34: Parámetros geomorfológicos. Cuenca Río Ica.

- **Características Fisiográficas Cuenca Grande**

Esta cuenca tiene un área de 10 991 Km², una altitud media de 2 123 msnm y una pendiente media en el orden de 32% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven. Ver Fig. N°35 y Fig.N°36.

El Factor de Forma determinado es 0,56 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,63 y que corresponden a cuencas de forma oval oblonga a rectangular oblonga (ver mapa de parámetros). Ver Fig. N°37.

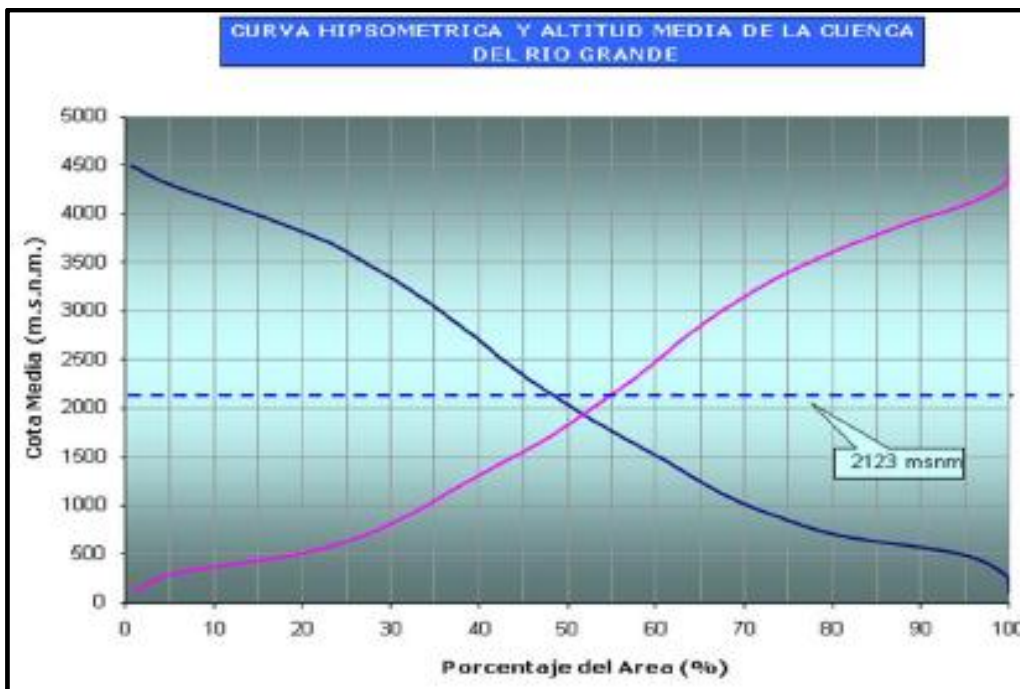


Fig. N°35: Curva hipsométrica Río Grande

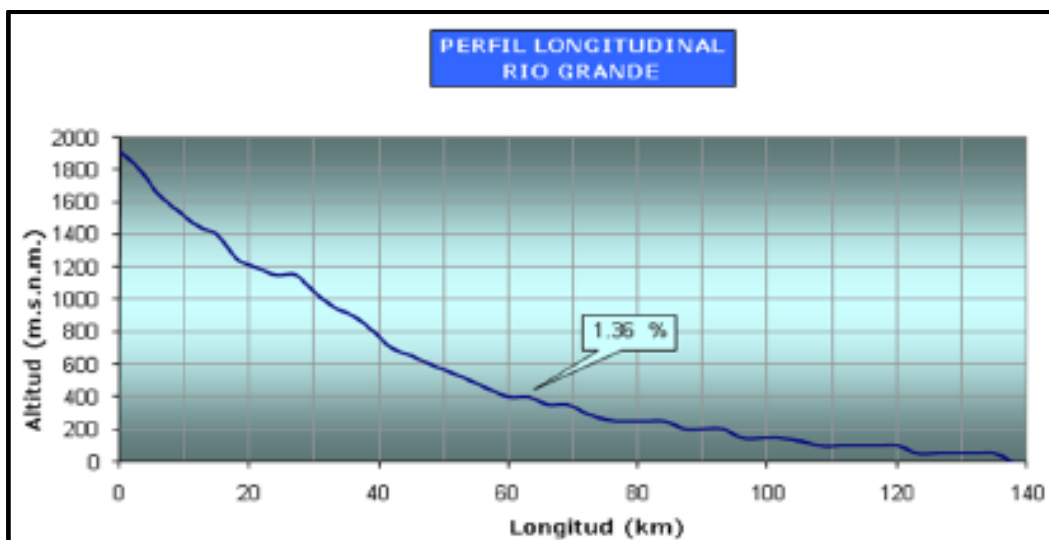


Fig. N°36: Perfil longitudinal Río Grande.

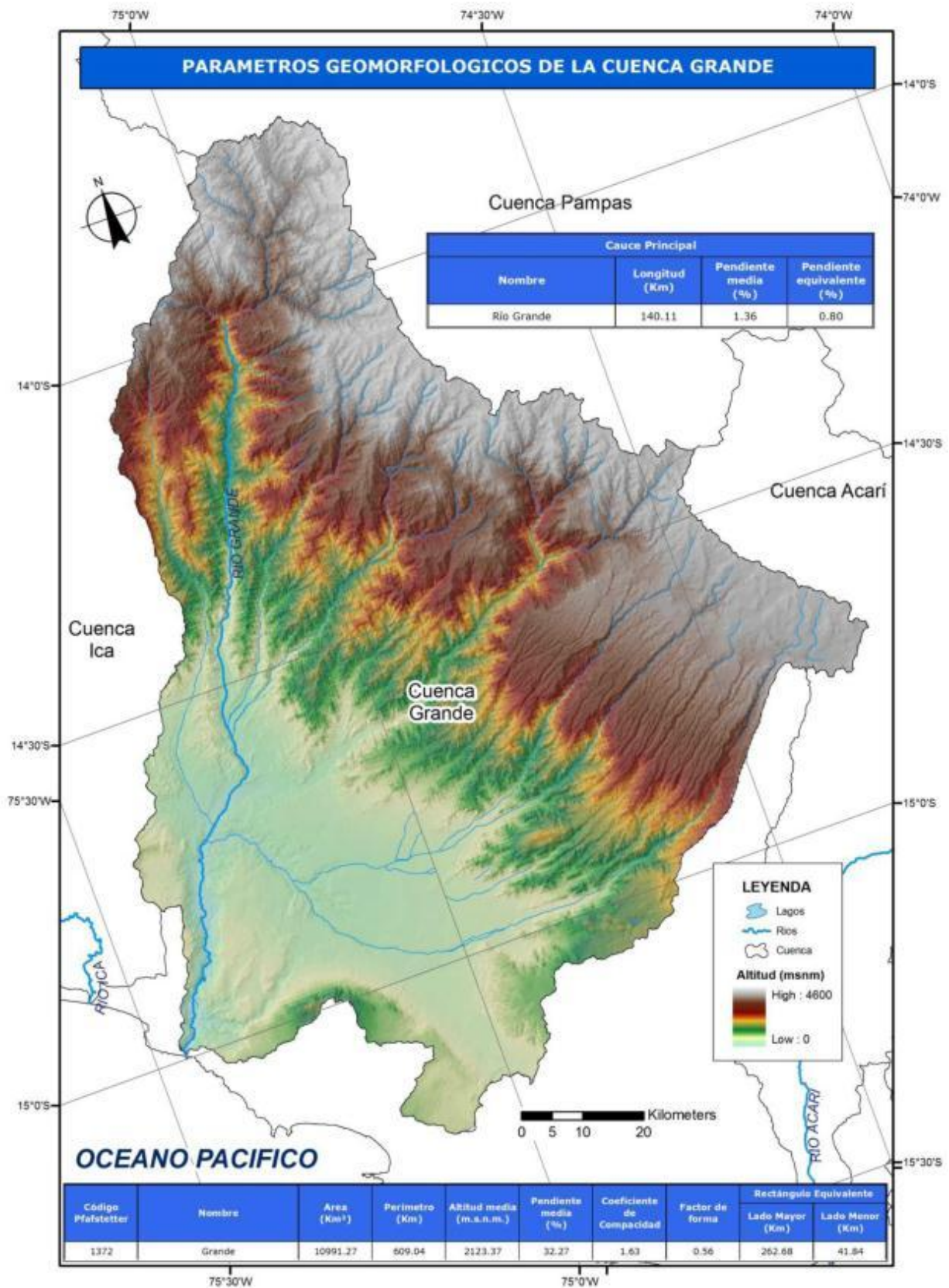


Fig. N°37: Parámetros geomorfológicos. Cuenca Río Grande.

3.4 HIDROGRAFIA DE LAS CUENCAS

3.4.1 Descripción general de las cuencas.

Las cuencas en estudio se ubican en la región central del país, abarcando los departamentos de Ancash, Lima e Ica, todas pertenecen a la vertiente del Pacífico.

En el Cuadro N°3 se muestra las características fisiográficas de las cuencas.

Cuadro N°3: Características fisiográficas de las cuencas				
Características	Rango	Clase	%	Comentario
Superficie (km ²)	0 - 250	pequeña.	0	De las 10 cuencas estudiadas, dos son consideradas como medianas y ocho son grandes.
	250 - 2 500	mediana.	20	
	> 2 500	grande.	80	
Pendiente de la cuenca (%)	1-15	accidentado.	10	Una cuenca presenta pendiente fuerte, siete de ellas tienen pendiente escarpada y una tiene pendiente muy escarpada.
	15 - 30	fuertemente accidentado.	10	
	30 - 50	escarpado.	70	
	> 50	muy escarpado.	10	
Elevación media (msnm)	0 - 1 000	baja.	0	Una de las cuencas tiene una elevación mediana y nueve de ellas tienen una elevación alta.
	1 000 - 2 000	mediana.	10	
	> 2 000	alta.	90	
Compacidad	1.00 - 1.50	oval redonda.	10	Una cuenca tiene una forma oval redonda, cinco de ellas tienen forma rectangular oblonga y cuatro de ellas tiene forma alargada.
	1.50 - 1.75	rectangular oblonga.	50	
	> 1.75	alargada.	40	
Factor de Forma	≤ 0.30	buen respuesta.	30	Tres de las cuencas tienen buena respuesta a las crecidas y siete de ellas tienen regulara respuesta a las crecidas.
	> 0.30	regular respuesta.	70	
Longitud del cauce (km ²)	0 - 50	corto.	0	Cinco de las cuencas tienen una longitud de cauce mediano y cinco de ellas tienen longitud de cauce largo.
	50 - 100	mediano.	50	
	> 100	largo.	50	
Pendiente del cauce (%)	0 - 1	baja.	10	una de las cuencas tiene una pendiente del cauce baja, cuatro de ellas tienen pendiente de cauce mediana y cinco tienen pendiente de cauce alta.
	1 - 2	mediana.	40	
	> 2	alta.	50	

- **Cuenca Nepeña**

Esta cuenca tiene un área de 1 878 km², una altitud media de 2 067 msnm y una pendiente media en el orden de 45% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro.

El Factor de Forma determinado es 0,43 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,60 y que corresponden a cuencas de forma oval oblonga a rectangular oblonga.

- **Cuenca Casma**

Esta cuenca tiene un área de 2 974 km², una altitud media de 2 099 msnm y una pendiente media en el orden de 44% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro.

El Factor de Forma determinado es 0,45 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de

Compacidad determinado es 1,46 y que corresponden a cuencas de forma alargada.

- **Cuenca Huarmey**

Esta cuenca tiene un área de 2 233 km², una altitud media de 2 182 msnm y una pendiente media en el orden de 44% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro.

El Factor de Forma determinado es 0,35 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,58 y que corresponden a cuencas de forma oval oblonga a rectangular oblonga.

- **Cuenca Pativilca**

Esta cuenca tiene un área de 4 577 km², una altitud media de 3 366 msnm y una pendiente media en el orden de 58% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven.

El Factor de Forma determinado es 0,29 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,83 y que corresponden a cuencas de forma alargada.

- **Cuenca Chancay-Huaral**

Esta cuenca tiene un área de 3 046 km², una altitud media de 2 727 msnm y una pendiente media en el orden de 49% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven.

El Factor de Forma determinado es 0,35 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,66 y que corresponden a cuencas de forma oval oblonga a rectangular oblonga.

- **Cuenca Rímac**

Esta cuenca tiene un área de 3 485 km², una altitud media de 2 979 msnm y una pendiente media en el orden de 47% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven.

El Factor de Forma determinado es 0,34 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de

Compacidad determinado es 1,99 y que corresponden a cuencas de forma alargada.

- **Cuenca Cañete**

Esta cuenca tiene un área de 6 017 km², una altitud media de 3 686 msnm y una pendiente media en el orden de 12% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven.

El Factor de Forma determinado es 0,34 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,89 y que corresponden a cuencas de forma alargada.

- **Cuenca Pisco**

Esta cuenca tiene un área de 4 209 km², una altitud media de 3 027 msnm y una pendiente media en el orden de 39% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven.

El Factor de Forma determinado es 0,24 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 2,15 y que corresponden a cuencas de forma alargada.

- **Cuenca Ica**

Esta cuenca tiene un área de 7 302 km², una altitud media de 1 641 msnm y una pendiente media en el orden de 28% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río maduro.

El Factor de Forma determinado es 0,29 el cual es menor que 0,30 y nos estaría indicando que esta cuenca tiene buena respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,72 y que corresponden a cuencas de forma alargada.

- **Cuenca Grande**

Esta cuenca tiene un área de 10 991 km², una altitud media de 2 123 msnm y una pendiente media en el orden de 32% y de acuerdo a la curva hipsométrica mostrada corresponde a un río joven.

El Factor de Forma determinado es 0,56 lo cual nos estaría indicando que esta cuenca tiene regular respuesta a las crecidas, asimismo el Coeficiente de Compacidad determinado es 1,63 y que corresponden a cuencas de forma oval oblonga a rectangular oblonga.

3.4.2 Principales Afluentes de la cuenca.

Los mapas y subcuencas de las cuencas en estudio, se han trabajado en ARC GIS y se utilizarán en el modelamiento de la cuenca con el HMS. En los mapas se incluyen la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio.

- **Cuenca Nepeña**

En la cuenca del río Nepeña se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig.Nº38.

Alto Nepeña: Formado por los ríos Ticlla y Colcap.

Medio Alto Nepeña: formado por los ríos Uchupacancha y Chaclancayo que dan origen al río Chumbe.

Medio Nepeña: Formado por los ríos Chumbe y los que constituyen el Medio Alto Nepeña.

Medio Bajo Nepeña: Formado por los ríos Loco y Tambari., que se unen a los ríos del Medio Nepeña.

Bajo Nepeña: Formado por todos los ríos anteriores y que finalmente toma el nombre de Río Samanco.

- **Cuenca Casma**

En la cuenca del río Casma se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig. Nº39.

:

Alto Casma: Formado por el río Chacchan.

Medio Alto Casma: Formado por los ríos Chacchan, Pira y Vado.

Medio Casma: Formado por el río Akrun y la Qda. Victoria, más los ríos del Medio Alto Casma.

Medio Bajo Casma: Formado por los ríos Tomeque y Yaután, que se unen a los ríos del Medio Casma, constituyendo el Río Grande.

Bajo Casma: Formado por los ríos Grande y Sechín, formando el Río Casma.

- **Cuenca Huarmey**

En la cuenca del río Huarmey se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig. N°40.

- Alto Huarmey: Formado por el río La Merced y Qda. Santiago.
- Medio Alto Huarmey: Formado por el río Mallqui y los ríos formados integrantes del Alto Huarmey.
- Medio Huarmey: Formado por los ríos Aija y Malva y Cotaparaco, más los ríos del Medio Alto Huarmey.
- Medio Bajo Huarmey: Es la continuación de los ríos anteriores...
- Bajo Huarmey: Formado por los ríos del Medio Bajo Huarmey, a los que se les une la quebrada Carcar Gargar.

- **Cuenca Pativilca**

En la cuenca del río Pativilca se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig. N°41.

- Alto Pativilca: Donde se ubican las estaciones meteorológicas Milpo y Chiquian. Se encuentran los ríos Llamac, Achin y Tingo.
- Medio Alto Pativilca: Formado por el río Rapay y los que integran el Alto Pativilca.
- Medio Pativilca: Formado por los ríos Gorgor y la Qda. Ancamayo, más los ríos del Medio Alto Pativilca.
- Medio Bajo Pativilca: Formado por los ríos Huanchay y Arhuar, que se unen a los ríos del Medio Pativilca.
- Bajo Pativilca: Es la continuación del Río Pativilca luego de pasar la parte media baja.

- **Cuenca Chancay-Huaral**

En la cuenca del río Chancay se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig. N°42.

- Alto Huaral: Donde se ubican los ríos Vichaycocha y Chicriny la Qda.Tambo.
- Medio Alto Huaral: Formado por el río Carac y los ríos que integran el Alto Huaral.
- Medio Huaral: Formado por los ríos Anasmayo y Chacur, más los ríos del Medio Alto Huaral, formando el Río Chancay.
- Medio Bajo Huaral: Formado por el Río Chancay al que se unen los ríos Lumbra y los del Medio Huaral.
- Bajo Huaral: Es la continuación del Chancay al que se le une el Río Seco

- **Cuenca Rímac**

En la cuenca del río Rímac se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig. N°43.

Alto Rímac:	Donde se ubican los ríos Blanco y Qda.Parac.
Medio Alto Rímac:	Formado por el río Chinchán y los ríos que integran el Alto Rímac.
Medio Rímac:	Formado por el Río Santa Eulalia y Canchacalla, formando el Río Rímac.
Medio Bajo Rímac:	Es la continuación del Río Rímac, luego de pasar por la localidad de Chosica.
Bajo Rímac:	Es la continuación del Rímac, hasta su desembocadura al mar.

- **Cuenca Cañete**

En la cuenca del río Cañete se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig. N°44.

Alto Cañete:	Donde se ubican el Río Caneje. En este sector se ubican la mayor cantidad de lagunas.
Medio Alto Cañete:	Formado por el río Caneje y Chichicocha, formando el Río Cañete.
Medio Cañete:	Formado por los ríos Cañete y Andahuasi y la Qda.Huancarcocha.
Medio Bajo Cañete:	Es la continuación del Río Cañete, al que se le unen los ríos Caca y Huangascar.
Bajo Cañete:	Es la continuación del Cañete, hasta su desembocadura al mar.

- **Cuenca Pisco**

En la cuenca del río Pisco se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig. N°45.

Alto Pisco:	Donde se encuentra el Río Santa Ana, por la localidad de Villa de Armas
Medio Alto Pisco:	Es la continuación del Río Santa Ana donde adopta el nombre de Río Chiris.
Medio Pisco:	Formado por los ríos Chiris y Santiago.
Medio Bajo Pisco:	Continúa el Río Chiris al que se le une el río Huaytará.
Bajo Pisco:	Es la continuación del Río Chiris que adopta el nombre de Pisco, hasta su desembocadura al mar.

- **Cuenca Ica**

En la cuenca del río Ica se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig. N°46.

Alto Ica:	Donde se ubican los ríos Olaya y Tambo para formar el Río Santiago.
Medio Alto Ica:	Formado por los ríos Tambillas y Cocharcas, formando el Río Ica.
Medio Ica:	Está constituido por la continuación del Río Ica y el aporte de la Qda, Huancamayo, hasta la localidad de Ocucaje.
Medio Bajo Ica:	Es la continuación del Río Ica, al que se le une la Qda. Gramonal.
Bajo Ica:	Es la continuación del Ica, hasta su desembocadura al mar.

- **Cuenca Grande**

En la cuenca del río Grande se puede identificar las siguientes zonas, ver Fig. N°47.

Alto Grande:	Formando por los ríos Ronday y Condorsencca, formando el Río Yanahuanca.
Medio Alto Grande:	Formado por los ríos Yanahuanca, Vizcas y Palpa.
Medio Grande:	Formado por los ríos que vienen del Medio Alto Grande al que se les une el Río Ingenio.
Medio Bajo Grande:	Formado por los ríos que vienen del Medio Grande, al que se le une la Qda. Mariccarenga.
Bajo Grande:	Formado por los ríos que vienen del Medio Bajo al que se le une la Qda.Usaca, hasta su desembocadura al mar.

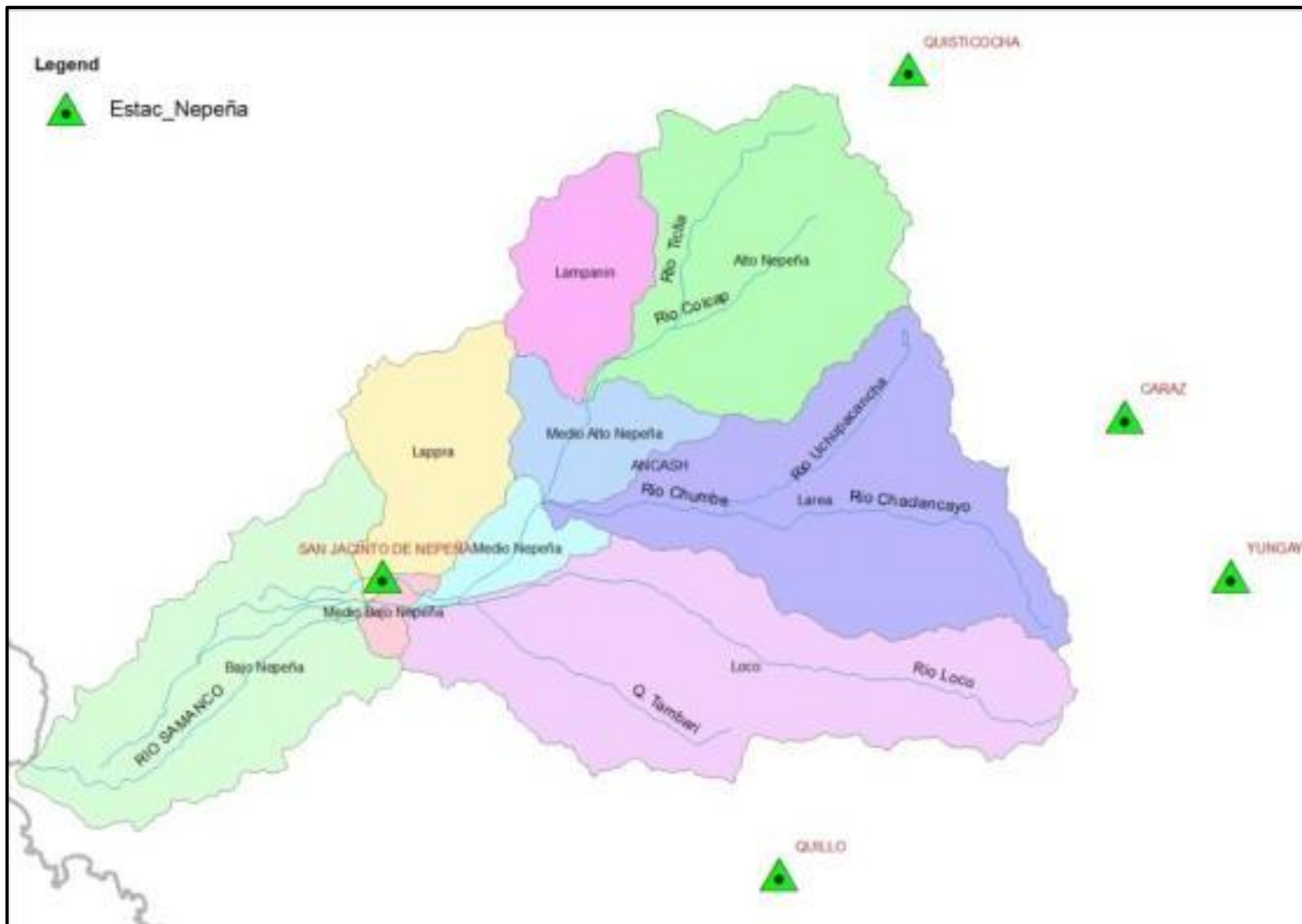


Fig. N°38: Cuenca y subcuencas Río Nepeña

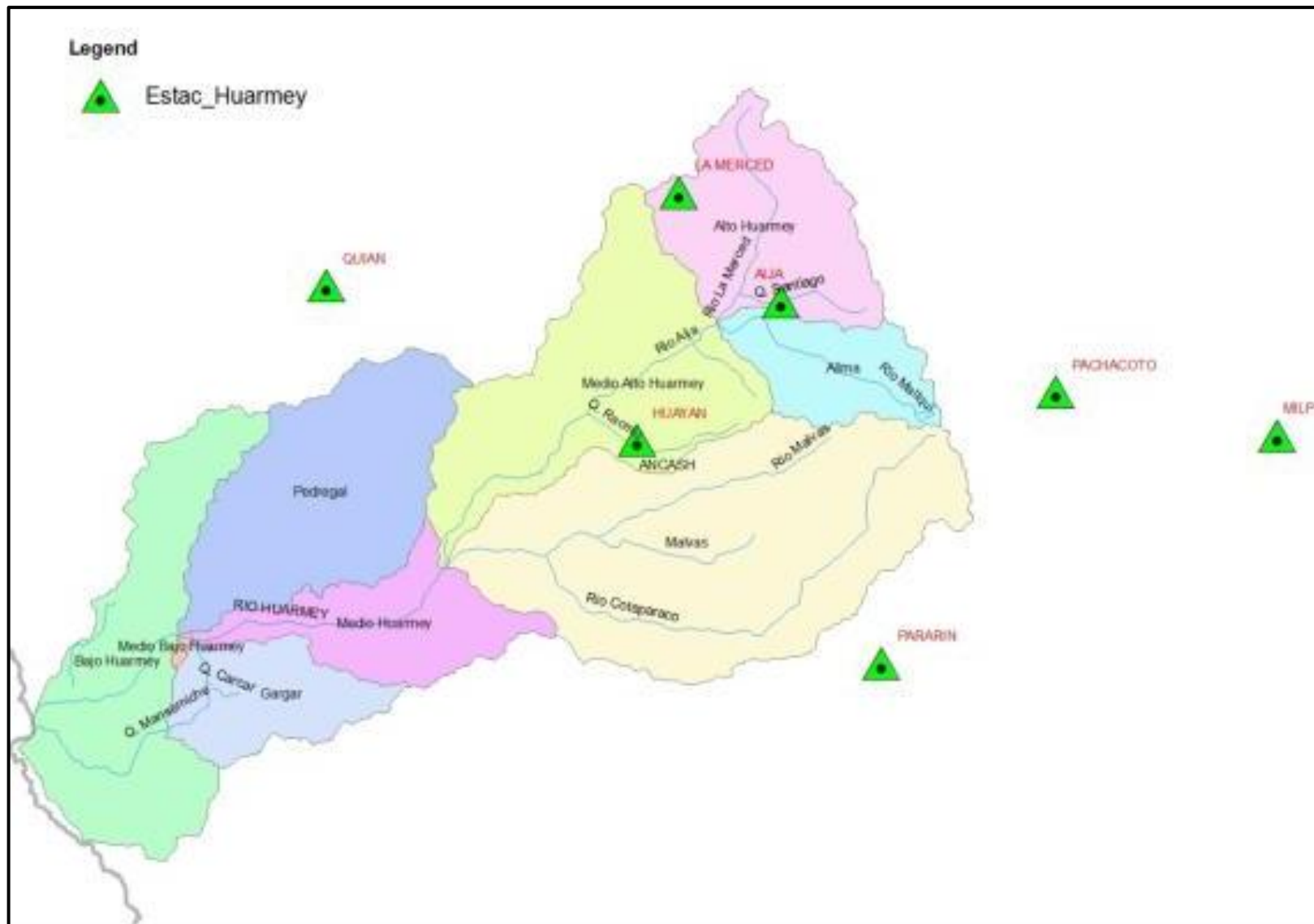


Fig. N°40: Cuencas y subcuencas Río Huarmey.

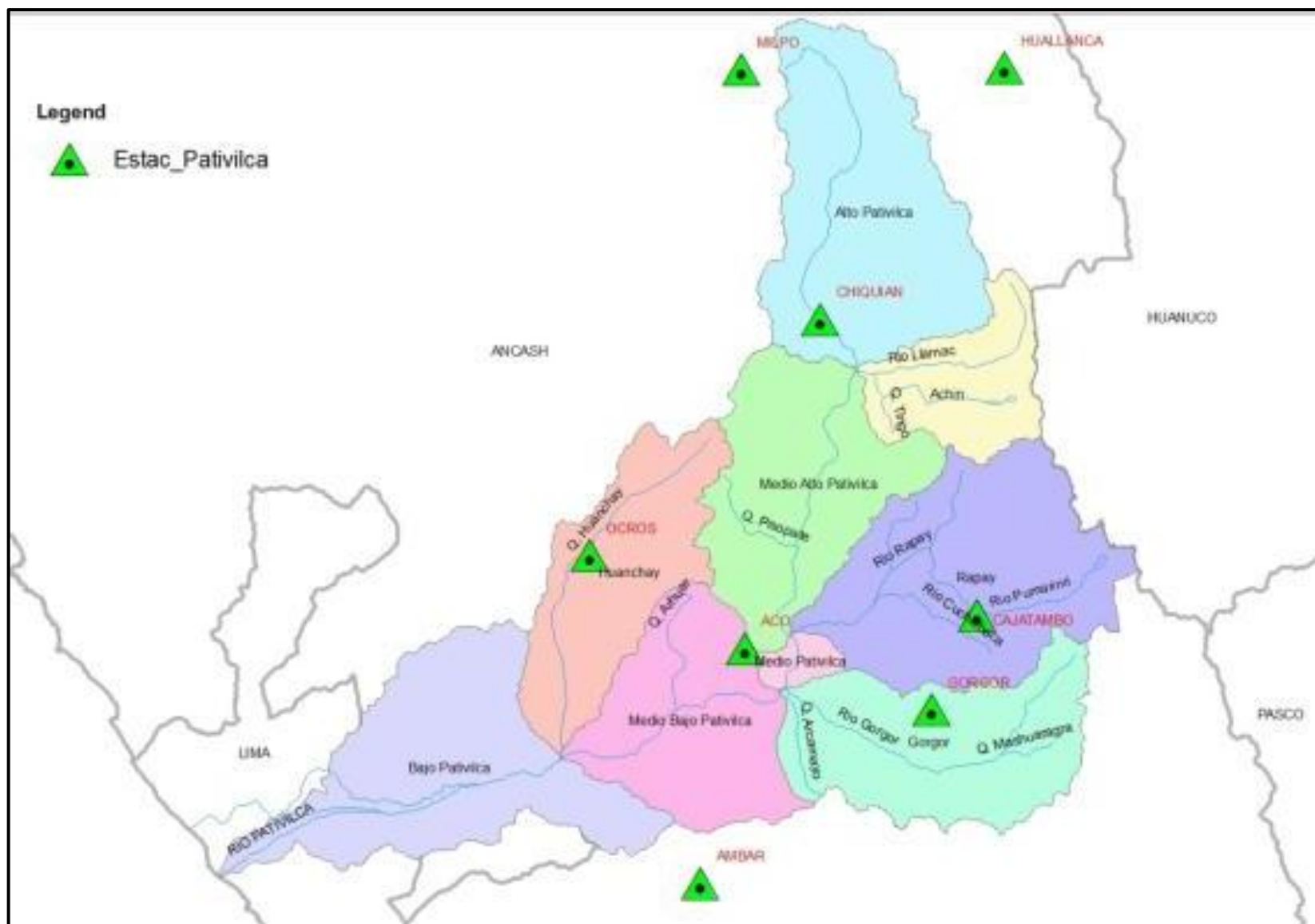


Fig. N°41; Cuencas y subcuencas Río Pativilca.

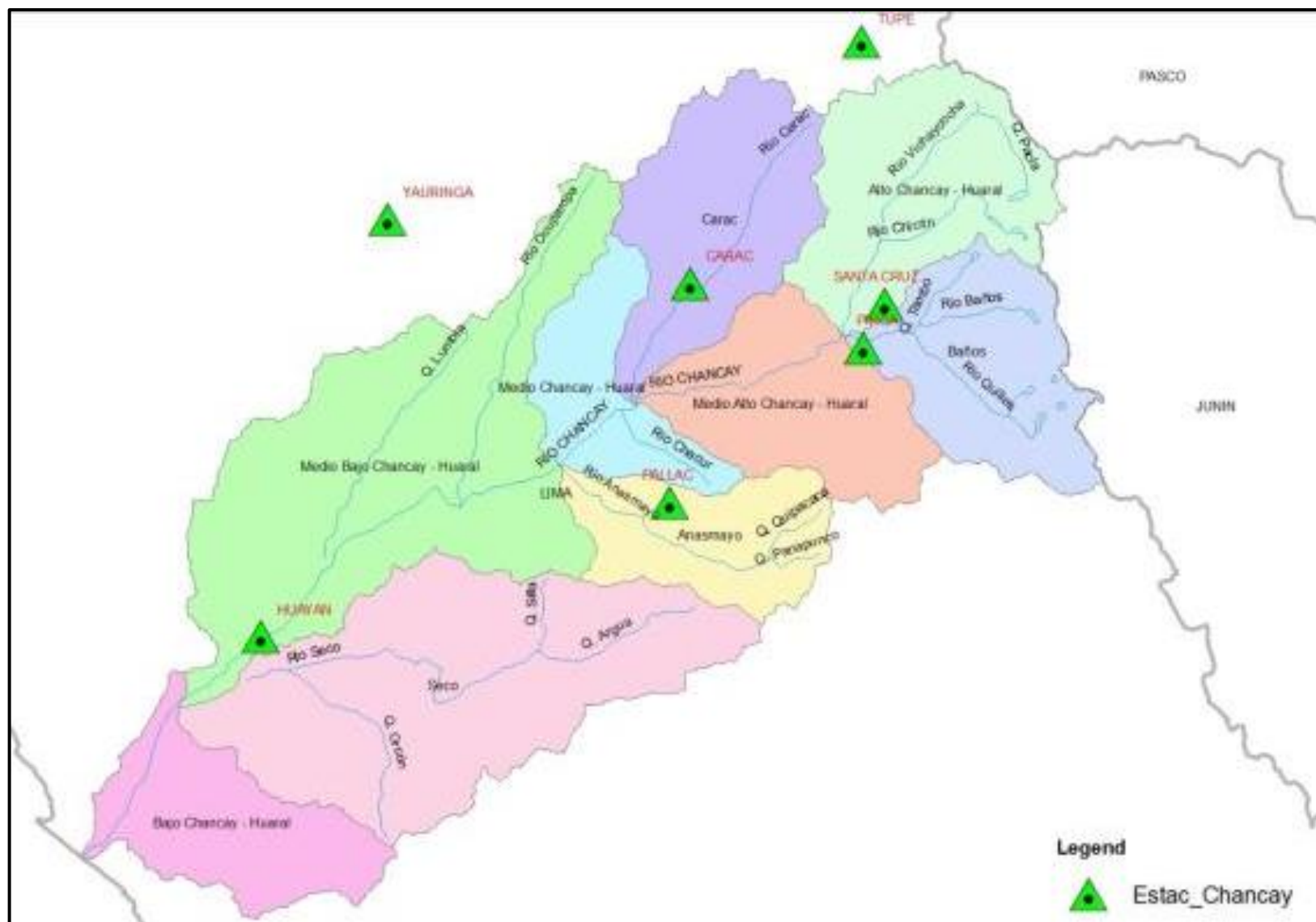


Fig. N°42: Cuencas y subcuencas Río Chancay-Huaral.

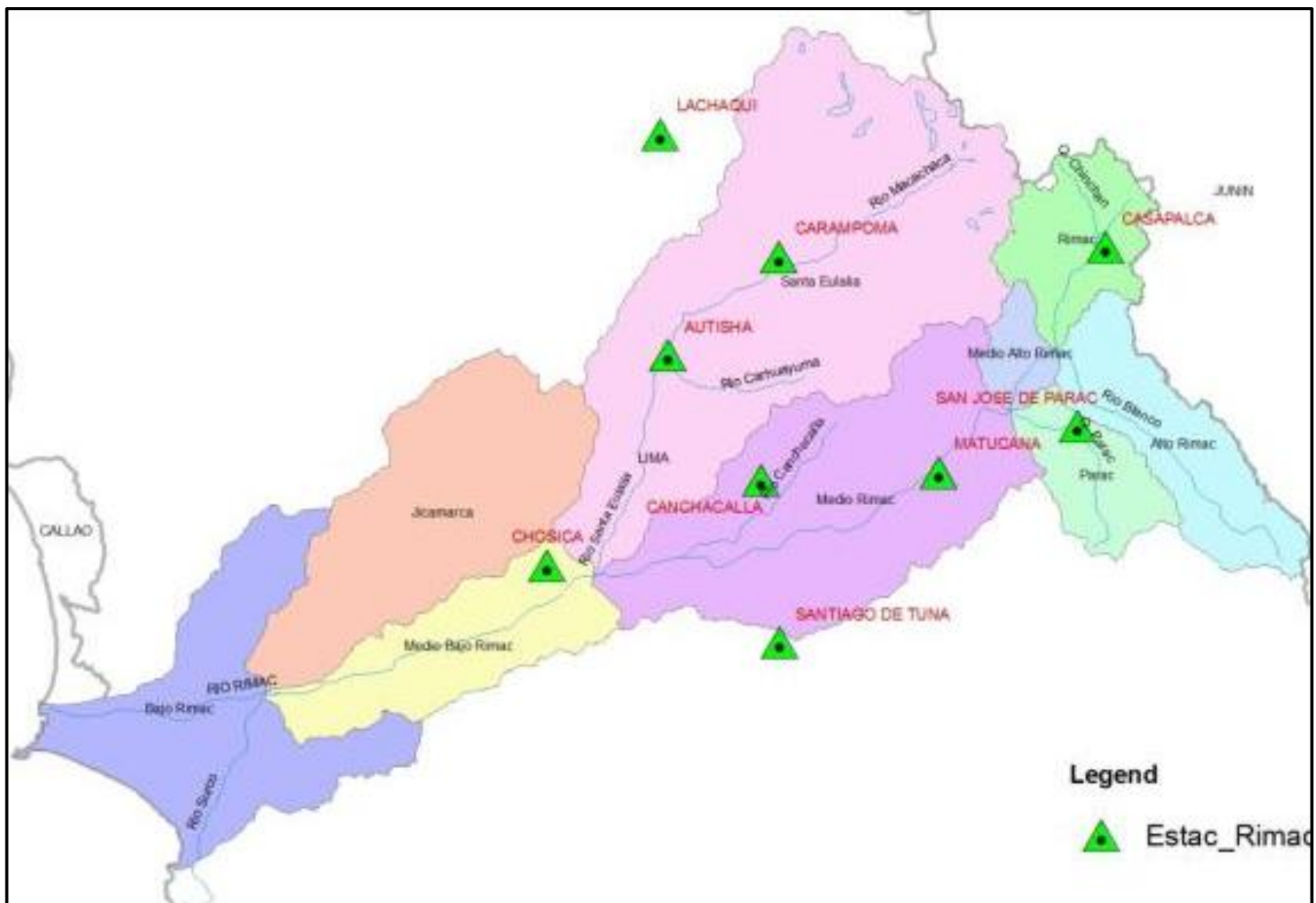


Fig. N°43: Cuencas y subcuencas Río Rímac.

Fig. N°45: Cuenca y subcuencas Río Pisco.

Fig. N°46: Cuenca y subcuencas Río Ica.

Fig. N°47: Cuenca y subcuencas Río Grande.

IV. INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA

4.1 INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA EN LOS CURSOS PRINCIPALES

Cuencas Río Nepeña y Casma

En estas dos cuencas existe el proyecto Hidráulico Chinecas, que capta las aguas del Río Santa, por la margen izquierda, mediante las bocatomas La Huaca y La Víbora. Este proyecto se viene ejecutando por etapas y está contemplada la construcción de canales para llegar hasta Casma. Ver Fig. N°48.

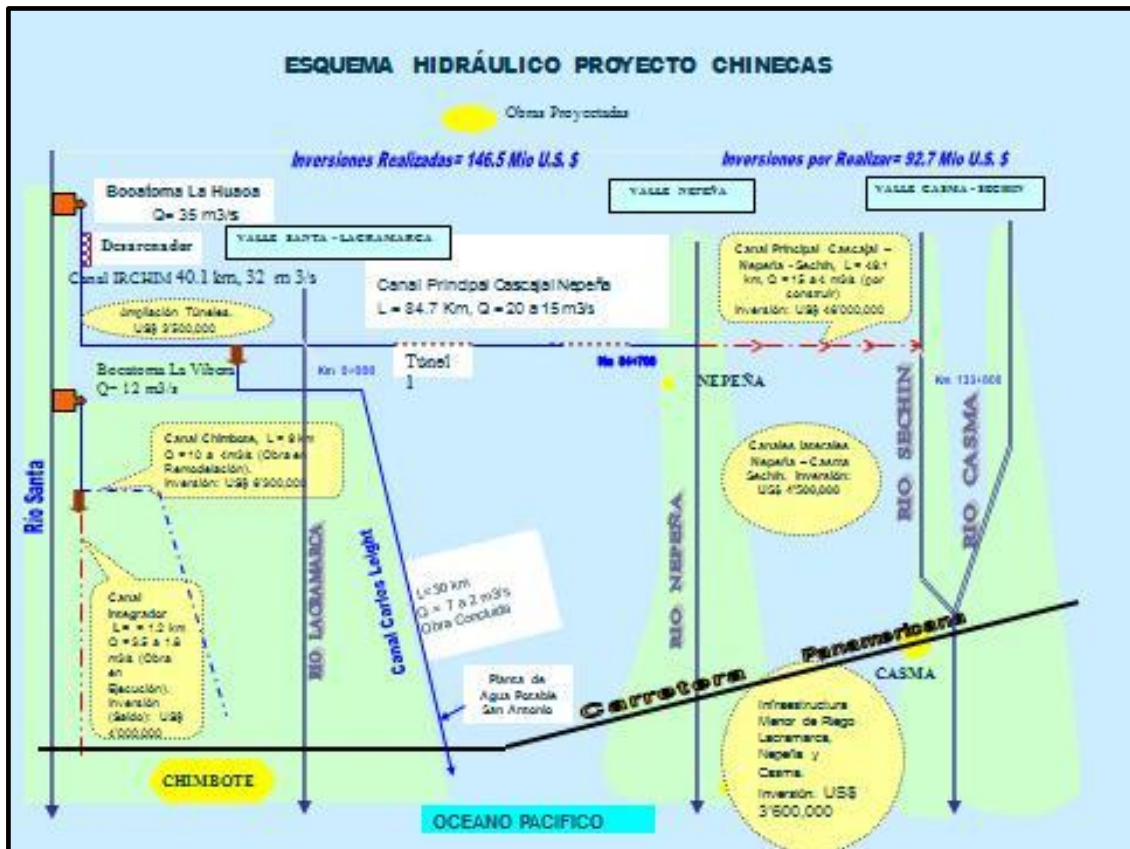


Fig. N°48 Esquema hidráulico Proyecto Chinecas.

Cuenca Río Huarmey

En esta cuenca no existe un proyecto hidráulico para regular sus aguas, la infraestructura existente consistente en canales principales y secundarios, para el aprovechamiento de la agricultura existente.

Sin embargo cuenta con 32 lagunas sin represar que adecuadamente gestionadas servirían para el desarrollo del valle de Huarmey. Además cuenta con un potencial de agua subterránea que actualmente no está siendo aprovechada.

Cuenca Río Pativilca.

En esta cuenca existen numerosas lagunas en la parte alta que le proporcionan a la cuenca un caudal sostenido. Algunas lagunas son aprovechadas para la generación de energía como Viconga.

En la parte baja del valle se han desarrollado irrigaciones que se abastecen del río mediante una infraestructura hidráulica consistente en canales principales y secundarios.

Cuenca del Río Chancay-Huaral

Esta cuenca que nace en los Andes Occidentales, en el nevado de Raura al noroeste de la provincia de Canta, cuenta con las lagunas de Verdococha, Acoscocha, Lichicocha, localizadas al pie del glaciar Alcoy que le proporcionan a la cuenca un caudal sostenido. Algunas lagunas son aprovechadas para la generación de energía eléctrica.

En la parte baja del valle se han desarrollado la agricultura mediante una infraestructura hidráulica consistente en canales principales y secundarios.

Cuenca del Río Rímac

En la cuenca del Río Rímac se han desarrollado numerosos proyectos, tanto mineros, como para abastecimiento de energía y agua potable para la ciudad de Lima es la cuenca más importante del país porque abastece de agua al 30% de la población.

Las lagunas del Sistema Marcapomacocha y de la cuenca del Río Santa Eulalia son reguladas para el abastecimiento de energía y agua potable para la ciudad de Lima.

Cuenca del río Cañete

Las aguas de la cuenca del río Cañete, además de ser utilizadas para la agricultura, son utilizadas también para uso piscícola, energético, uso recreativo y poblacional

Los proyectos contemplados más importantes son el del Platanal y de la Irrigación Topará.

En el valle se utiliza la infraestructura de canales principales y secundarios para el abastecimiento de agua para la agricultura.

Cuenca del Río Pisco

En la subcuenca Chiris del Río Pisco, se ubica la mayor cantidad de lagunas (56 fuentes, que representa el 60.9% del total), mientras que en las subcuencas Huaytará y Santuario se presenta 20 y 12 lagunas (21.7% y 13%) respectivamente.

La mayor frecuencia de lagunas (29.4%) tiene un espejo de agua entre los 10 mil y 20 mil m², seguida de la frecuencia 22.8% (21 fuentes) entre los 5 mil y 10 mil m².

Las lagunas con un área mayor a los 500 mil m² son sólo 5 (5.4%), y son las correspondiente a los almacenamientos regulados de Pultoc Grande (0.97 Km²), Agnococha (3.46 Km²), Pacococha (2.03 Km²), San Francisco (2.72 Km²) y Pocchalla.

El valle de Pisco se abastece mediante la infraestructura hidráulica existente consistente en canales principales y secundarios.

Cuenca del Río Ica.

En esta cuenca existe el Proyecto Hidráulico Tambo –Ccaracocha, que consiste en el mejoramiento del Sistema Choclococha y la construcción de los reservorios Ccaracocha y Tambo, para mejorar la disponibilidad de agua para el valle de Ica. Ver Fig. N°49.



Fig. N°49: Esquema hidráulico proyecto Tambo Caracocha

Cuenca del río Grande.

En esta cuenca no existe un proyecto hidráulico para regular sus aguas, la infraestructura existente consistente en canales principales y secundarios, para el aprovechamiento de la agricultura existente.

V. ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION HIDROLOGICA

En las cuencas en estudio de la Zona Centro se encuentran estaciones de lluvia ubicadas en los ámbitos de los departamentos de Ancash, Lima e Ica, sin embargo como se muestran en los planos de las cuencas, también existen estaciones meteorológicas ubicadas fuera de las cuencas pero cercanas a ellas; estas estaciones se ubican en los departamentos de Huánuco, Huancavelica, Ayacucho y Arequipa.

Como se observa en el Cuadro N°4, se reportan 73 estaciones meteorológicas que tienen períodos de registro variables, la mayoría procede desde el año 1963 con excepción de la estación Buena Vista que viene desde el año 1950. Existen muchos registros con datos discontinuos y con datos faltantes, lo cual dificulta su utilización directa.

En el sector de la Zona Centro se ubican los ríos Nepeña, Casma. Huarney, Pativilca, Huaral, Rímac, Cañete, Pisco, Ica y Grande. En ellos se ubican varias estaciones que registran caudales diarios en distintos periodos de registro. La relación de estaciones hidrométricas se muestran en el Cuadro N°5. Se observa que existen en una misma cuenca varias estaciones de medición de caudales.

Cuadro N°4: Estaciones meteorológicas ubicadas en la Zona Centro.

Item	Estaciones	Coordenadas Geograficas			Departamento	Provincia	Distrito	Periodos de Registros
		Longitud	Latitud	Altitud				
1	HIPOLITO UNANUE	77°04'00.0"	12°04'00.0"	70	LIMA	LIMA	PUEBLO LIBRE	1968-1990
2	CAÑETE	76°19'49.5"	13°04'29.2"	158	LIMA	CAÑETE	NUEVO IMPERIAL	1970-2009
3	HACIENDA BERNALES	75°57'00.0"	13°45'00.0"	250	ICA	PISCO	HUMAY	1972-2010
4	PALPA	75°11'13.0"	14°32'00.0"	300	ICA	PALPA	PALPA	1963-2010
5	LOMAS DE LACHAY	77°22'00.0"	11°22'00.0"	300	LIMA	HUAURA	HUACHO	1967-2010
6	OCUCAJE	75°40'00.0"	14°23'00.0"	330	ICA	ICA	OCUCAJE	1966-2010
7	HUAYAN	77°07'00.0"	11°27'00.0"	350	LIMA	HUARAL	HUARAL	1963-2010
8	SAN CAMILO	75°43'00.0"	14°04'00.0"	398	ICA	ICA	PARCONA	1966-2010
9	BUENA VISTA	78°12'00.0"	09°26'00.0"	419	ANCASH	CASMA	BUENA VISTA ALTA	1950-2009
10	ANDAHUASI	77°14'00.0"	11°08'00.0"	470	LIMA	HUAURA	SAYAN	1967-2008
11	COPARA	74°54'00.0"	14°58'00.0"	620	ICA	NAZCA	VISTA ALEGRE	1970-2010
12	PACARAN	76°04'00.0"	12°50'00.0"	700	LIMA	CAÑETE	PACARAN	1964-2010
13	HUAMANI	75°35'00.0"	13°50'00.0"	800	ICA	ICA	S JOSE DE LOS MOLINOS	1964-2010
14	CHOSICA	76°44'00.0"	11°56'00.0"	850	LIMA	LIMA	LURIGANCHO	1989-2010
15	QUIAN	77°57'00.0"	09°46'00.0"	876	ANCASH	HUARAZ	HUANCHAY	1965-1984
16	HUANCANO	75°37'00.0"	13°36'00.0"	1006	ICA	PISCO	HUANCANO	1964-2010
17	PAMPA BLANCA	75°06'13.0"	14°14'13.0"	1009	ICA	PALPA	RIO GRANDE	1966-2010
18	LOS CEDROS	77°49'00.0"	08°52'00.0"	1800	ANCASH	HUAYLAS	HUAYLAS	1963-1998
19	OTOCA	74°41'00.0"	14°29'00.0"	1825	A YACUCHO	LUCANAS	OTOCA	1964-1999
20	PARIACOTO	77°53'23.1"	09°33'33.8"	2000	ANCASH	HUARAZ	PARIACOTO	1980-2010
21	AMBAR	77°17'00.0"	10°45'00.0"	2100	LIMA	HUAURA	PAMPA BLANCA	1980-2010
22	AUTISHA	76°36'23.5"	11°44'06.6"	2171	LIMA	HUAROCHIRI	SAN ANTONIO	1980-2010
23	TICRAPO	75°26'00.0"	13°23'00.0"	2174	HUANCAVELICA	CASTROVIRREYNA	TICRAPO	1963-1987
24	YAUYOS	75°54'30.4"	12°29'30.4"	2327	LIMA	YAUYOS	YAUYOS	1963-2010
25	MATUCANA	76°22'40.8"	11°50'20.8"	2479	LIMA	HUAROCHIRI	MATUCANA	1964-2010
26	HUANGASCAR	75°50'01.2"	12°53'54.8"	2533	LIMA	YAUYOS	HUANGASCAR	1963-2010
27	LLAUTA	74°55'00.0"	14°14'00.0"	2550	A YACUCHO	LUCANAS	LLAUTA	1965-2010
28	CARAC	76°47'00.0"	11°11'00.0"	2600	LIMA	HUARAL	VEINTISIETE DE NOVIEMBRE	1966-2002
29	OCAÑA	74°49'00.0"	14°24'00.0"	2660	A YACUCHO	LUCANAS	OCAÑA	1965-1990
30	HUACHOS	75°32'00.0"	13°13'00.0"	2680	HUANCAVELICA	CASTROVIRREYNA	HUACHOS	1980-2010
31	COTAHUASI	72°53'27.0"	15°12'28.0"	2683	AREQUIPA	LA UNION	COTAHUASI	1963-2010
32	SANTIAGO DE CHOCORVOS	75°15'00.0"	13°50'00.0"	2700	HUANCAVELICA	HUAYTARA	SANTIAGO DE CHOCORVOS	1963-2010
33	SANTIAGO DE TUNA	76°31'00.0"	11°59'00.0"	2921	LIMA	HUAROCHIRI	SANTIAGO DE TUNA	1965-2010
34	ACO	77°14'00.0"	10°30'00.0"	3000	ANCASH	OCROS	CARHUAPAMPA	1963-1987
35	HUAC-HUAS	74°56'26.0"	14°07'55.0"	3025	A YACUCHO	LUCANAS	HUAC-HUAS	1980-2010
36	HUARAZ	77°32'00.0"	09°32'00.0"	3052	ANCASH	HUARAZ	HUARAZ	1964-1978

Cuadro N°4: Estaciones meteorológicas ubicadas en la Zona Centro.

Item	Estaciones	Coordenadas Geograficas			Departamento	Provincia	Distrito	Periodos de Registros
		Longitud	Latitud	Altitud				
37	GORGOR	77°02'00.0"	10°34'00.0"	3070	LIMA	CAJATAMBO	GORGOR	1980-2010
38	TAMBO	75°16'25.0"	13°41'28.0"	3080	HUANCAVELICA	HUAYTARA	TAMBO	1963-2010
39	HUAROCHIRI	76°14'00.0"	12°08'00.0"	3154	LIMA	HUAROCHIRI	HUAROCHIRI	1963-2010
40	AYA VIRI	76°08'00.0"	12°23'00.0"	3228	LIMA	YAUYOS	AYA VIRI	1963-2010
41	OCROS	77°24'00.0"	10°24'00.0"	3230	ANCASH	OCROS	OCROS	1965-2010
42	CORDOVA	75°10'00.0"	14°02'00.0"	3240	HUANCAVELICA	HUAYTARA	CORDOVA	1965-2010
43	COCAS	75°22'00.0"	13°16'00.0"	3246	HUANCAVELICA	CASTROVIRREYNA	COCAS	1963-1982
44	PIRCA	76°39'00.0"	11°14'00.0"	3255	LIMA	HUARAL	ATAVILLOS ALTO	1967-2010
45	HUALLANCA	76°57'00.0"	09°53'00.0"	3260	HUANUCO	DOS DE MAYO	HUALLANCA	1963-1977
46	VILLA DE ARMAS	75°33'00.0"	13°08'00.0"	3280	HUANCAVELICA	CASTROVIRREYNA	ARMA	1964-1998
47	CHIQUIAN	77°09'00.0"	10°09'00.0"	3350	ANCASH	BOLOGNESI	CHIQUIAN	1964-2010
48	CAJATAMBO	76°59'00.0"	10°28'00.0"	3350	LIMA	CAJATAMBO	CAJATAMBO	1964-2010
49	AIIA	77°36'25.1"	09°46'52.9"	3360	ANCASH	AIIA	AIIA	1961-2010
50	HUAMANTANGA	76°45'00.0"	11°30'00.0"	3392	LIMA	CANTA	HUAMANTANGA	1964-2010
51	LARAMARCA	75°02'00.0"	13°57'00.0"	3403	HUANCAVELICA	HUAYTARA	LARAMARCA	1966-1992
52	PARARIN	77°32'00.0"	10°03'00.0"	3416	ANCASH	POMABAMBA	PARARIN	1964-1996
53	CAMPOMA	76°30'55.0"	11°39'18.1"	3489	LIMA	HUAROCHIRI	CAMPOMA	1965-2010
54	MALVAS	77°39'00.0"	09°56'00.0"	3500	ANCASH	HUARMEY	MALVAS	1981-2010
55	CUSICANCHA	75°18'00.0"	13°29'00.0"	3550	HUANCAVELICA	HUAYTARA	QUITO-ARMA	1964-2010
56	PIRA	77°42'25.1"	09°34'59.7"	3570	ANCASH	HUARAZ	PIRA	1963-2010
57	HUARIOS	76°34'00.0"	11°24'00.0"	3585	LIMA	CANTA	HUARIOS	1965-2010
58	PARQUIN	76°43'00.0"	10°58'00.0"	3590	LIMA	HUAURA	SANTA LEONOR	1965-2010
59	PAMPAHUASI	74°15'00.0"	14°29'00.0"	3650	A YACUCHO	LUCANAS	LUCANAS	1962-1980
60	SAN JUAN DE HUIRPACANCHA	75°13'00.0"	13°57'00.0"	3650	HUANCAVELICA	HUAYTARA	LARAMARCA	1980-2001
61	LACHAQUI	76°37'00.0"	11°33'00.0"	3668	LIMA	CANTA	LACHAQUI	1965-2010
62	LLACLLIN	77°37'00.0"	10°04'00.0"	3800	ANCASH	POMABAMBA	LLACLLIN	1964-1996
63	VILCA	75°49'34.3"	12°06'52.6"	3864	LIMA	YAUYOS	HUANCA YA	1964-2010
64	SAN JOSE DE PARAC	76°15'29.2"	11°48'01.9"	3866	LIMA	HUAROCHIRI	SAN MATEO	1965-2010
65	CARANIA	75°52'19.7"	12°20'39.8"	3875	LIMA	YAUYOS	CARANIA	1963-2010
66	PAMPA GALERAS	74°24'00.0"	14°40'00.0"	3950	A YACUCHO	LUCANAS	LEONCIO PRADO	1963-2010
67	TOTORA	75°19'00.0"	13°07'00.0"	4100	HUANCAVELICA	CASTROVIRREYNA	CASTROVIRREYNA	1965-1988
68	PACHAMACHAY	76°50'00.0"	11°03'00.0"	4200	LIMA	HUAURA	LEONCIO PRADO	1988-2010
69	CASAPALCA	76°14'00.3"	11°38'52.0"	4214	LIMA	HUAROCHIRI	CHICLA	1987-2010
70	TANTA	76°01'00.0"	12°07'00.0"	4323	LIMA	YAUYOS	TANTA	1963-2010
71	MILPO	77°14'00.0"	09°53'00.0"	4400	ANCASH	POMABAMBA	CATAC	1980-2010
72	MINA COLQUI	76°29'00.0"	11°35'00.0"	4600	LIMA	HUAROCHIRI	HUANZA	1968-1994
73	YAURICOCHA	75°43'21.5"	12°18'59.3"	4675	LIMA	YAUYOS	ALIS	1986-2010

Cuadro N°5: Estaciones Hidrológicas ubicadas en el área de estudio.

Nombre	Río	Area Captación (km ²)	Cuenca	Dpto.	Prov.	Dist.	Alt. msnm	Año Inicio	Long.	Lat.
Toma Imperial	Cañete		Cañete	Lima	Cañete	Lunahuana	400	1926	76.22	13.00
Socsi	Cañete	5792	Cañete	Lima	Cañete	Lunahuana	330	1965	76.19	13.03
Puente Pacarán	Cañete		Cañete	Lima	Cañete	Pacarán	742	1989	76.05	12.86
Puente Catapalla			Cañete	Lima	Cañete	Lunahuana	600	1998	76.10	12.92
Puente Carretera	Casma	1752	Casma	Ancash	Casma	Casma	39	1931	78.30	9.48
Sector Tutuma	Casma	1550	Casma	Ancash	Casma	Buenavista	200	1974	78.22	9.48
Santo Domingo	Chancay	1911	Chancay-Huaral	Lima	Huaral	Huaral	697	1921	77.05	11.38
Hacienda Poctao	Casma	1342	Grande	Ancash	Casma	Yautan	809	1965	78.07	9.53
Puente Carretera	Grande		Grande	Ica	Palpa	Río Grande	355	1932	75.22	14.52
Llauta	Palpa		Grande	Ayacucho	Lucanas	Llauta	2555	2003	74.92	14.23
Huallcopa-Zurcuña	El Ingenio		Grande	Ica	Nazca	Ingenio	700	1994	74.96	14.63
Huaracco			Grande	Ica	Palpa	Río Grande	750		75.17	14.37
Puente Carretera	Huarmey	2103	Huarmey	Ancash	Huarmey	Huarmey	171	1931	78.17	10.07
Puente Huamba	Huarmey	1194	Huarmey	Ancash	Huarmey	Huarmey	550	1973	77.87	9.97
Huamaní	Ica	2119	Ica	Ica	Ica	San José de los Molinos	800	1993	75.58	13.83
La Achirana	Ica		Ica	Ica	Ica	San José de los Molinos	500	1948	75.68	13.97
Challaca	Ica		Ica	Huancavelica	Huaytara	Santiago Chocorvos	1730	2000	75.38	13.78
Alejandro Plaza García			Ica	Ica	Ica	San José de los Molinos	460	2002	75.67	13.92
Los Molinos	Ica		Ica	Ica	Ica	San José de los Molinos	460	2000	75.67	13.92
San Jacinto	Nepeña	1414	Nepeña	Ancash	Santa	Moro	250	1929	78.25	9.17
Puente Moro			Nepeña	Ancash	Santa	Moro	250	1974	78.22	9.15
Alpas	Pativilca	4114	Pativilca	Ancash	Bolognesi	Cochas	400	1935	77.50	10.62
Alpas y Tomas Altas	Pativilca		Pativilca	Ancash	Bolognesi	Cochas	500	1965	77.53	10.63
Yanapampa	Pativilca	4300	Pativilca	Ancash	Bolognesi	Cochas	800	1972	77.58	10.67
Puente Cahua	Pativilca		Pativilca	Lima	Cajatambo	Manas	1500	1994	77.35	10.60

Cuadro N°5: Estaciones Hidrológicas ubicadas en el área de estudio.

Nombre	Río	Area Captación (km ²)	Cuenca	Dpto.	Prov.	Dist.	Alt. msnm	Año Inicio	Long.	Lat.
Letrayoc	Pisco		Pisco	Ica	Pisco	Huancano	720	1972	75.72	13.65
Letrayoc II			Pisco	Ica	Pisco	Humay	430	1957	75.88	13.73
Laguna Acnococha			Pisco	Huancavelica	Castrovirreyna	Santa Ana	5100		75.18	13.10
Laguna Palcococha			Pisco	Huancavelica	Castrovirreyna	Santa Ana	4600		75.30	13.22
Sheque	Santa Eulalia		Rímac	Lima	Huarochiri	Huanza	3214	1989	76.50	11.67
Milloc	Santa Eulalia		Rímac	Lima	Huarochiri	Carampoma	4398	1994	76.35	11.57
Autisha	Santa Eulalia		Rímac	Lima	Huarochiri	San Antonio	2314	1980	76.61	11.74
Río Blanco	Rímac	224	Rímac	Lima	Huarochiri	Chicla	3550	1965	76.26	11.73
San Mateo	Rímac	422	Rímac	Lima	Huarochiri	San Mateo	3182	1968	76.30	11.76
Chosica	Rímac		Rímac	Lima	Lima	Lurigango	906	1968	76.69	11.93
Ynacoto	Rímac	2315	Rímac	Lima	Lima	Chosica	854	1955	76.70	11.92
Chacrasana	Rímac	2500	Rímac	Lima	Lima	Chosica	850	1921	76.75	11.97
Puente Los Angeles	Rímac		Rímac	Lima	Lima	Chosica	850	1948	76.75	11.97
Puente Huachipa	Rímac		Rímac	Lima	Lima	Lurigango	422	1960	76.89	12.01
Desembocadura R-1	Rímac	3551	Rímac	Lima	Callao	Callao	20	1968	77.05	12.13
Matucana			Rímac	Lima	Huarochiri	Matucana	2380	1987	76.33	11.83
Puente Palomar	Santa Eulalia		Rímac	Lima	Huarochiri	Santa Eulalia	954	1987	76.67	11.92

5.1 ANALISIS DE LA PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS.

Para el análisis de la precipitación máxima en 24 horas, previamente se hizo el análisis de la precipitación mensual y anual.

Para ello se hizo uso del software Hydraccess versión 2.1.4, desarrollado por Philippe VAUCHEL, Hidrólogo del IRD (Instituto de investigación para el desarrollo). Este software tiene incluido un módulo para el cálculo del vector regional por el método de Y. Brunet Moret. El software Hydraccess permite calcular el Vector Regional a nivel mensual y anual (análisis y corrección). Igualmente permite detectar, corregir o eliminar los errores sistemáticos de series cronológicas (fase de homogenización), luego busca las zonas climáticas homogéneas (fase de regionalización) para las cuales se genera una serie cronológica representativa de índices mensuales y anuales.

El Método del Vector Regional (MVR) consiste en elaborar, a partir de la información disponible, una estación ficticia que sea representativa de toda la zona de análisis, donde luego para cada estación se calcula un promedio extendido sobre todo el período de estudio, y para cada año, se calcula un índice. A esta serie de índices anuales se le llama Vector Regional, ya que toma en cuenta la información de una región que es climáticamente homogénea.

El vector regional es modelo simple orientado al análisis de la información pluviométrica de una región y a la síntesis de esa información. Fue desarrollado por el IRD (Instituto de investigación para el desarrollo) en los años 70 con el objetivo de homogenizar los datos pluviométricos.

Este método permite representar la información pluviométrica regional bajo la forma de índices anuales representativos de las precipitaciones en esa región y por coeficientes característicos de cada punto de observación. Así mismo es posible usar este método para otros parámetros con la condición que sean relativamente independientes entre sí de un año a otro, y que sean pseudo-proporcionales, es decir que los datos de las diferentes estaciones varíen en el mismo sentido y en proporciones casi idénticas, con variaciones ligeras debidas al ruido de fondo.

Se elaboraron dos métodos para el cálculo del Vector Regional, uno propuesto por G. Hiez y otro por Y. Brunet Moret.

El método de G. Hiez esta basado en el cálculo de la moda, mientras que el de Brunet Moret se basa en el promedio, eliminando los valores demasiado alejados del promedio.

Cada método estima una media extendida para cada estación sobre el período de trabajo y calcula los índices anuales de cada estación.

El método del vector regional consiste en elaborar, a partir de la información disponible, una estación ficticia que sea representativa de toda la zona de estudio. Para cada estación se calcula un promedio extendido sobre todo el período de estudio, y para cada año, se calcula un índice. (>1 año con superávit, <1 año deficitario). A esta serie de índices anuales se le llama Vector Regional, ya que toma en cuenta la información de una región que se supone es climáticamente homogénea.

Este método también puede aplicarse a datos mensuales, tratando separadamente cada uno de los meses del año como si se tratara de un valor anual.

Una vez elaborado el vector regional, el análisis de la información se facilita enormemente, así se puede:

- Evaluar la calidad de los datos de una estación por curvas de dobles acumuladas con los índices del vector regional.
- Analizar gráficamente y correlacionar los datos de una estación con los índices del vector regional.
- Evaluar los datos faltantes de una estación multiplicando el índice de un año del vector regional por el promedio extendido de la estación sobre el período de estudio.

La calidad del vector regional depende de la calidad de los datos de entrada. Aunque los algoritmos utilizados por los dos métodos intentan minimizar la influencia de los datos erróneos, el vector calculado al comienzo sigue contaminado por los errores que existen en los datos de las estaciones. Sólo de manera iterativa, eliminando los datos visiblemente imaginarios y corrigiendo poco a poco los errores más evidentes sobre los datos de entrada, se llegará a un vector regional de buena calidad.

Para calcular el vector se han tenido las siguientes consideraciones:

- Para el cálculo del vector regional se debe tener como mínimo 3 estaciones por año, y 3 años como mínimo por estación, por lo tanto se debe verificar esta condición y de ser necesario calcular los datos faltantes con los registros de las estaciones más confiables y con registros más largos, por correlación.
- La hipótesis principal de este método es el principio de “pseudo-proporcionalidad”, por lo cual los datos deben tener el mismo comportamiento (cantidad y variación temporal), es decir deben tener una tendencia climática regional única.

- La pseudos-proporcionalidad de una zona es medida por el valor del coeficiente de correlación media entre las estaciones y el vector correspondiente (en caso de estricta proporcionalidad este valor es igual a 1). Este coeficiente en el software Hydraccess aparece como “Correl./Vector”.
- Se ha considerado una zona como homogénea si los coeficientes de correlación anual entre el vector y la estación son superiores o iguales a 0.7; debido a que la poca densidad de la red de estaciones, no permite ser más estrictos y reducir la zona.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente descritas, se han definido 3 zonas homogéneas. Una zona árida (zona 1) correspondiente a la parte baja de la cuenca y dos zonas donde existe aporte pluviométrico (zona 2 y zona 3).

Zona 1

Esta zona corresponde a la parte baja de la cuenca, donde su característica principal es la escasez o ausencia de precipitaciones, se trata de la zona árida de la cuenca. En esta zona no se ha aplicado el método del vector regional, debido a la ausencia de precipitaciones.

Zona 2

En esta zona se ha analizado la precipitación de las estaciones: Ambar, Autisha, Carac, Cotahuasi, Huangascar, Llauta, Los Cedros, Matucana, Ocaña, Ocros, Santiago de Chocorvos, Santiago de Tuna, Ticrapo y Yauyos, las cuales cumplen con la hipótesis de pseudo-proporcionalidad, tal como se observa en el Cuadro N°4, en la columna correspondiente a “Correl. /Vector”.

Una vez identificadas las estaciones pertenecientes a esta zona homogénea, se ha calculado el vector para esta zona (se debe tener en cuenta que es un vector inicial). La representación gráfica de los índices anuales del vector y las estaciones se observa en la Fig. N°50.

La visualización de curvas de dobles acumulados entre estación y vector de una zona permite determinar si existe una mala relación entre el vector y la estación, como se observa en la Fig. N°51.

Fig.Nº50: Indices anuales del Vector y de las Estaciones (Brunet Moret).-Zona 2.

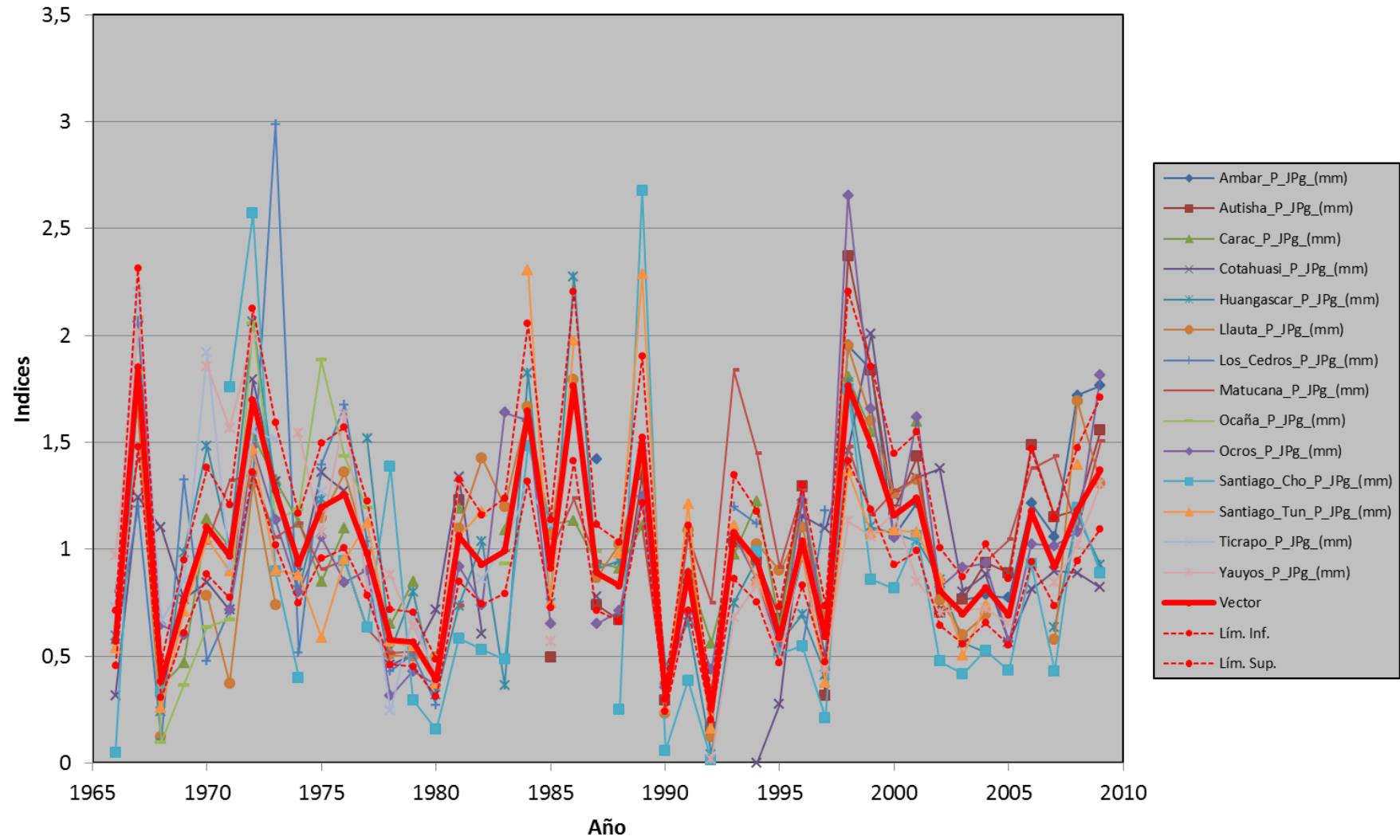
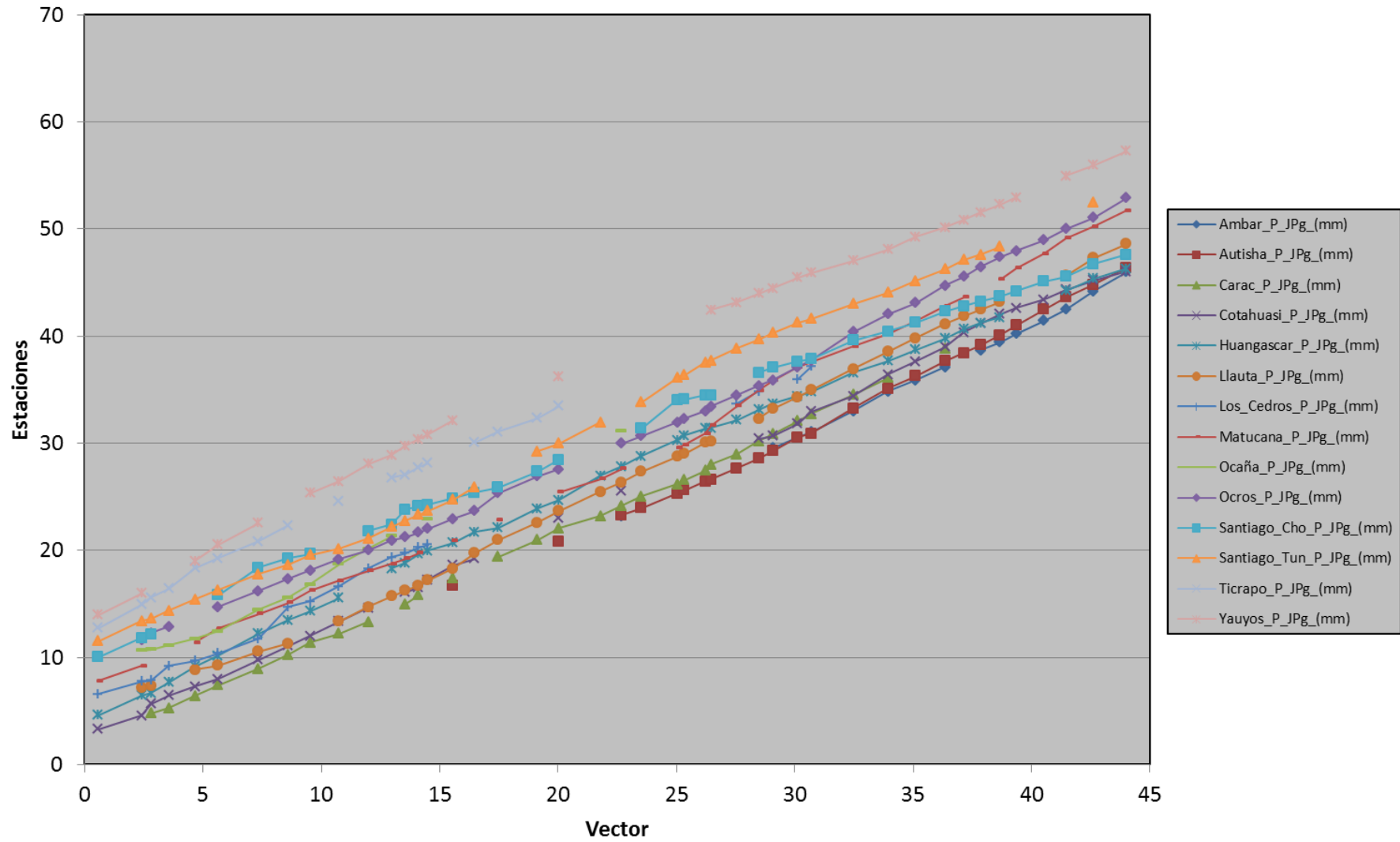


Fig.Nº51: Suma de los índices anuales del Vector y de las Estaciones.-Zona 2.



Observando el análisis de dobles acumulados y las desviaciones de los índices de las estaciones (Fig. N°50 y Fig.N°51) con respecto al vector, se puede deducir que las estaciones no presentan cambios bruscos en la serie de datos. Una vez obtenido el vector de buena calidad se pueden obtener los valores extendidos de las precipitaciones medias anuales calculadas. Finalmente las precipitaciones medias calculadas y los principales parámetros estadísticos tomados en cuenta para construir el vector se observan en el Cuadro N°6.

Cuadro N°6: Precipitación media calculada y vector calculado para la Zona 2					
Estación	Nº de años	D.E. Desvios	Correl. / Vector	Pp.media observada (mm).	Pp.media calculada (mm).
Ambar	16	103,80	0,921	227,80	203,90
Autisha	25	105,60	0,924	215,50	210,80
Carac	30	131,90	0,852	370,80	359,00
Cotahuasi	34	129,60	0,626	293,40	304,10
Huangascar	41	141,10	0,875	266,10	278,40
Llauta	38	108,40	0,865	233,50	230,90
Los_Cedros	19	104,40	0,555	155,10	158,60
Matucana	37	93,40	0,649	295,70	279,70
Ocaña	14	129,00	0,877	225,80	208,60
Ocos	41	139,90	0,859	276,30	280,00
Santiago Chocorvos	38	206,50	0,766	260,40	321,00
Santiago de Tuna	38	170,40	0,864	322,30	332,30
Ticrapo	17	122,20	0,851	255,30	238,10
Yauyos	31	158,30	0,743	331,90	332,60

Zona 3

En esta zona se han analizado la precipitación de las estaciones Aija, Ayaviri, Cajatambo, Carampoma, Carania, Casapalca, Chiquian, Cocas, Córdova, Cusicancha, Gorgor, Huac Huas, Huachos, Huallanca, Huamantanga, Huaraz, Huarochiri, Huaros, Lachaqu, Laramarca, Llacllin, Malvas, Milpo, Mina Colqui, Pachamachay, Pampa Galera, Pampahuasi, Pararin, Pira, Pirca, San Jose, San Juan, Tambo, Tanta, Totor, Vilca, Villa de Armas, Yauricocha, las cuales cumplen con la hipótesis de pseudos-proporcionalidad. La representación gráfica para la Zona 3 de los índices del vector se observan en la Fig. N°52 Las curvas de dobles acumulados para todas las estaciones se observan en la Fig. N°53 y finalmente en el Cuadro N°7 se encuentran las precipitaciones medias calculadas y los principales parámetros estadísticos tomados en cuenta para construir el vector de esta zona.

Fig.Nº 52: Indices anuales del Vector y de las Estaciones (Brunet Moret).-Zona 3.

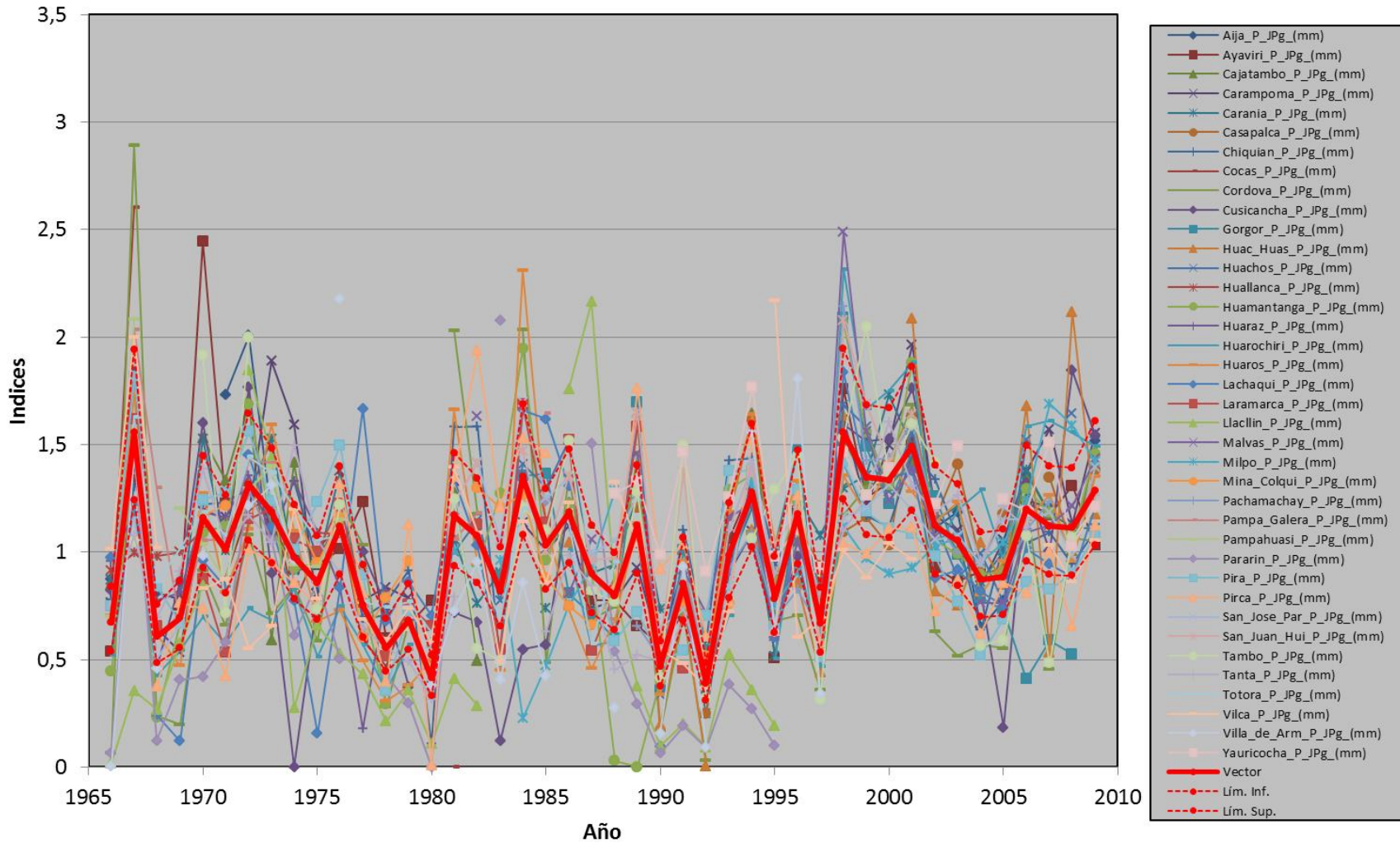
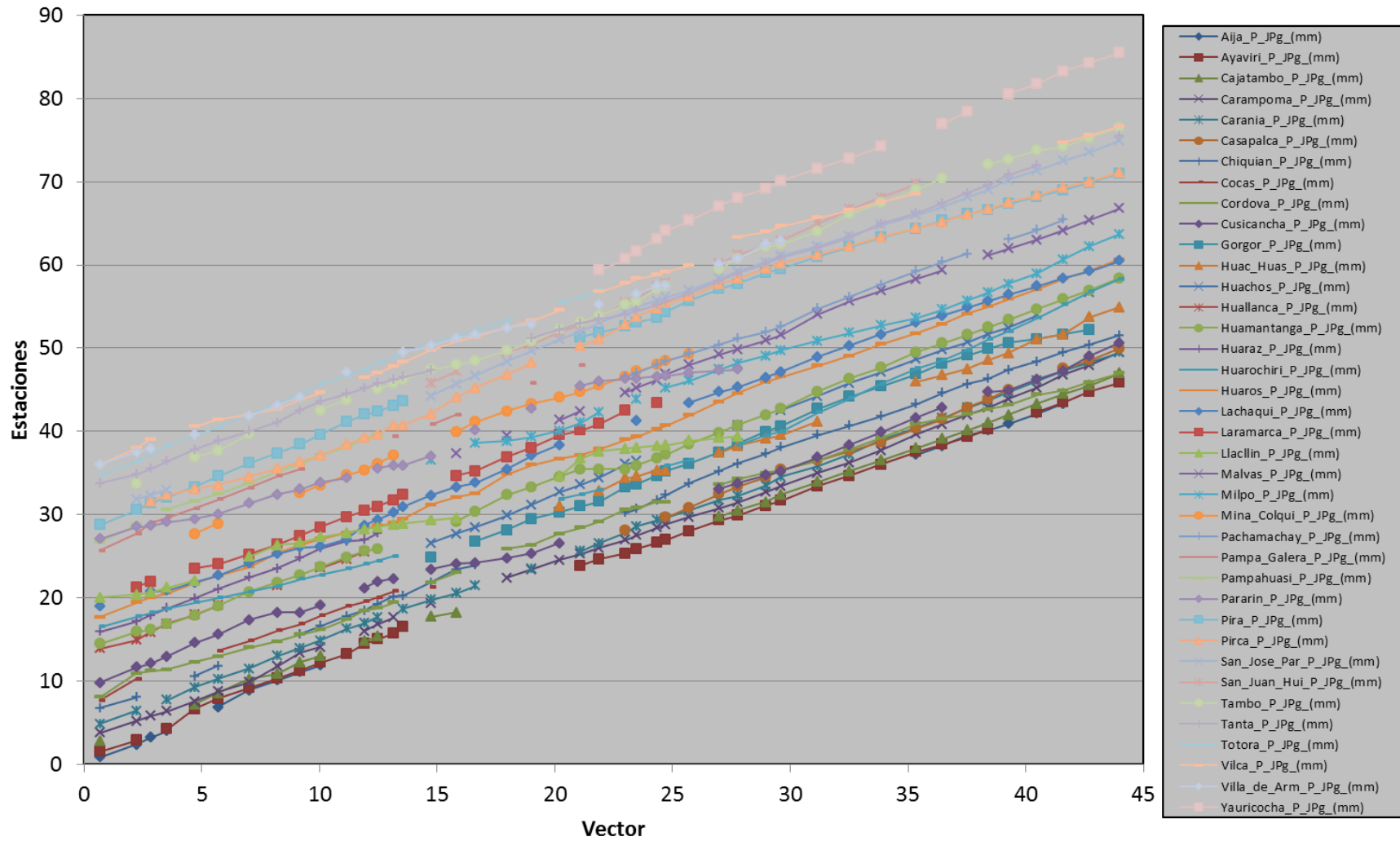


Fig.Nº53: Suma de los índices anuales del Vector y de las Estaciones.-Zona 3.



Cuadro N°7: Precipitación media calculada y vector calculado para la Zona 3					
Estación	Nº de años	D.E. Desvios	Correl. / Vector	Pp. media observada (mm).	Pp. media calculada (mm).
Aija	17	148,1	0,750	458,1	391,5
Ayaviri	36	223,4	0,721	569,2	557,9
Cajatambo	27	205,1	0,711	647,2	582,4
Carampoma	40	144,3	0,822	418,3	388,4
Carania	40	186,0	0,838	587,4	564,2
Casapalca	18	173,0	0,722	641,6	562,1
Chiquian	35	220,1	0,772	680,7	653,1
Cocas	12	346,7	0,663	521,8	552,4
Cordova	41	273,6	0,775	422,9	471,5
Cusicancha	34	190,5	0,684	367,6	372,7
Gorgor	27	243,4	0,694	579,2	567,6
Huac Huas	20	308,6	0,768	553,0	543,7
Huachos	22	158,9	0,869	474,2	411,3
Huallanca	10	87,4	0,466	1126,4	1099,0
Huamantanga	41	159,9	0,808	345,7	336,4
Huaraz	13	248,5	0,579	781,7	796,2
Huaro-chiri	34	235,6	0,784	443,8	461,7
Huaros	44	201,6	0,807	456,9	460,8
Lachaqui	38	250,1	0,721	568,3	585,9
Laramarca	22	204,7	0,780	513,6	527,1
Llacllin	26	372,0	0,438	376,4	644,2
Malvas	24	179,0	0,772	486,9	427,1
Milpo	26	391,2	0,325	1102,4	1144,1
Mina Colqui	20	186,5	0,660	693,6	743,9
Pachamachay	18	329,5	0,866	805,6	776,6
Pampa Galera	14	177,7	0,744	495,3	436,1
Pampahuasi	12	248,4	0,844	669,6	620,9
Pararin	26	530,8	0,523	595,9	965,3
Pira	38	260,9	0,750	717,0	749,5
Pirca	41	237,0	0,546	587,4	622,2
San Jose	32	162,8	0,795	605,7	566,6
San Juan	19	136,3	0,904	389,2	316,8
Tambo	36	197,6	0,710	428,9	410,8
Tanta	39	306,6	0,718	892,4	941,6
Totora	22	169,6	0,821	623,3	622,6
Vilca	35	349,7	0,370	845,2	909,9
Villa de Arma	22	386,1	0,750	546,8	664,5
Yauricocha	20	177,5	0,603	989,3	790,7

Las lluvias máximas en 24 h, agrupadas en las tres zonas, muestran una variación de acuerdo a la altitud.

En la Zona 1, que corresponde a estaciones ubicadas a altitudes menores a 2000 msnm, las lluvias varían de 0 mm a 30 mm, con excepción de la estación Los Cedros. Ver Cuadro N°8, Fig. N°54 al N°57.

Cuadro N°8: Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 1.										
Año	Precipitación Máxima en 24 h (mm)									
	Hipolito Unanue	Cañete	Hda. Bernales	Palpa	Huayan	Lomas de Lachay	Ocucaje	San Camilo	Buena Vista	Andahuasi
	70 msnm	158 msnm	250 msnm	300 msnm	350 msnm	300 msnm	330 msnm	398 msnm	419 msnm	470 msnm
1963		0,0								
1964		0,0		1,0	1,9					
1965		0,0		10,2	2,0					
1966		0,0		1,4	15,8					
1967		0,0		3,6	5,1		0,7	6,4	8,0	10,3
1968	1,0	0,0		1,6		1,3	0,3	0,9	0,0	0,7
1969	1,7	0,0		1,3	2,2	2,9	0,0	0,4	1,0	2,0
1970	16,0	3,0		2,1	14,0	11,8	6,6	3,9		1,4
1971	1,5	6,0		2,0	10,8	6,0	8,6	1,2	3,6	7,6
1972	2,0		29,5	4,6	6,0	6,2	0,0	27,2	0,5	5,8
1973	0,3	0,9	1,6	1,8	3,0			5,0	3,6	7,8
1974		2,0	0,0	17,0	4,0	3,5	0,0	12,0	0,0	1,4
1975	0,5		0,0	47,2	3,6	3,2	0,4	1,7	0,0	0,6
1976		2,0	20,8	10,0	3,0		4,8	17,3	0,0	22,2
1977	0,9	1,5	0,0	0,0	2,0		0,0	6,7	0,0	2,3
1978		1,5	0,6	0,0	1,6		0,6	14,2	0,0	0,6
1979		1,4	0,0	0,0	11,9		0,0	2,0	0,0	4,0
1980	1,0	0,2	0,0	0,0	0,6		0,3	0,8	3,6	1,2
1981	2,3	0,6		0,0	3,0			0,8	1,0	
1982	0,7	0,0			1,8			2,5	0,0	
1983	5,8	0,0	0,0		2,6			2,2	27,2	
1984	2,0	0,0	0,0		3,5	18,5		1,2	0,0	
1985	0,4		0,0		0,0			2,8	0,0	
1986	3,3	1,5	0,0		5,8		0,0	3,8	0,0	
1987		7,0	0,0				0,0	1,6	0,0	
1988	1,3	1,5	0,0		4,2		0,0	15,3	0,0	
1989	2,0	1,5	0,0		10,0		0,0	10,4	0,0	
1990	1,6	2,6	0,0		5,4		0,0	1,4	0,0	
1991			0,0		0,6		0,0	2,5	0,0	
1992					0,9				0,0	
1993		1,5	0,0		1,0	0,2	0,0		0,0	
1994		1,1	0,0		0,5	11,2	0,0	1,2	0,0	0,2
1995		1,9	0,0		1,3	3,0		3,2	0,0	0,0
1996		1,0	0,0		6,8		0,0	3,6	0,0	0,0
1997		2,2	0,0		2,0		0,0	9,0	0,0	0,0
1998		2,2	0,0		4,8	15,4	5,2	4,6	3,6	5,8
1999		3,1	0,5		5,2	4,8	2,0	0,7	5,6	0,0
2000		1,0	0,3	2,5	1,8	4,5	1,7	4,4	0,9	4,4
2001		1,3	1,3	1,0	4,8	3,7	0,5	1,7	0,0	0,5
2002			0,5	5,2	36,7	10,0	1,0	1,7	5,3	
2003		0,9	0,0	0,6	1,4	7,4	0,1	1,8	0,4	0,0
2004		2,0	0,4	1,0			2,0	1,0	1,7	0,0
2005		7,9	4,6	2,6	1,1	11,0	3,2	6,3	0,0	0,3
2006			3,2	6,8		5,0	0,6	6,2	1,5	1,2
2007				1,5		6,6	0,0	1,0	0,0	1,0
2008		4,0	5,1	9,5	1,7	9,8	3,1	14,1	2,5	
2009			1,3	0,9	2,8	7,3	1,2	2,0	4,7	

Cuadro N°8: Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 1.										
Año	Precipitación Máxima en 24 h (mm)									
	Copara	Pacarán	Huamaní	Chosica	Quian	Huancano	Pampa Blanca	Otoca	Los Cedros	Pariacoto
	620 msnm	700 msnm	800 msnm	850 msnm	876 msnm	1006 msnm	1009 msnm	1825 msnm	1800 msnm	2000 msnm
1963	1,5									
1964	1,0								35,1	
1965	0,0	2,1	1,9			0,0		0,5	57,7	
1966	0,0	2,5	0,0			9,2		6,0	22,3	
1967		8,8	25,5			27,5	18,0	26,2	31,0	
1968	0,0		0,0		20,5	3,5	2,0	6,2		
1969			1,6		6,7	9,4	8,5	8,2	72,0	
1970		20,3	33,5		10,8	13,4	5,4	14,1	15,4	
1971	0,0	6,3	1,7		5,7	9,2	5,0	11,1	20,4	
1972	0,0	4,8	18,8		10,3	13,0	13,0	25,2	51,4	
1973	5,8	6,0	2,1		10,0	10,0	11,6	12,4	91,5	
1974	5,0	2,4	4,1		2,8	6,7	15,5	19,6	16,6	
1975	0,0	3,3	23,0		12,8	3,2		20,6	20,9	
1976	0,0	0,4	12,5		0,9	16,8	21,6	19,4	72,9	
1977	0,0	0,8	0,0		7,0	4,4	7,5	14,4	40,3	
1978	0,0		0,0		6,4	5,5	13,4	10,0	10,1	
1979	0,0		0,2			3,0	5,3	10,0	21,3	
1980			0,3		0,7	8,6	3,9	9,7		
1981			0,0		6,3	4,6	7,4	18,0		10,7
1982			0,0		0,3		11,0	18,2		5,4
1983	0,0		0,0		1,2		6,6	0,8		59,3
1984			0,4				11,8	13,0		10,2
1985	0,0						6,9	28,8		9,2
1986	0,0	3,5					17,4			8,0
1987	0,0	4,8	0,0				7,0	16,7		15,9
1988	0,0	3,3					7,3	13,5		13,4
1989		6,0				0,0	14,1	18,0		16,2
1990	0,0	1,2	0,0	3,2		0,0	5,0	13,7		35,9
1991	0,0	1,5	0,0	3,7			5,8	11,5		6,5
1992		1,2		2,3						4,4
1993	0,0	3,0		2,4			8,7		29,0	13,6
1994	0,0	9,0	0,0	16,0		0,0	2,5	10,7	56,4	32,5
1995	0,0	6,2	0,0	3,0		0,0	5,1	14,2		13,3
1996	0,0	2,6	0,0	5,8		0,0	1,3	9,5	22,5	18,2
1997	0,0	3,6	0,0	0,5		0,0	5,6	6,8	110,0	10,3
1998	0,0	5,5	0,0	6,5			29,0	39,5		37,2
1999	0,0	11,2	6,2	6,5		0,0	24,9			
2000	3,2	3,8	2,5	6,0		5,4	10,6			15,5
2001		5,6	2,2	5,2		3,1	5,8			11,9
2002	0,7	5,9	3,1	30,7		9,2	9,5			49,1
2003	2,4	4,4	2,7	2,8		2,9	4,7			11,7
2004	5,8		0,0	1,6		1,4	9,4			
2005	6,7		13,0	1,2		17,0	4,6			11,7
2006	3,2	3,5	4,2	5,6		7,2	15,4			11,7
2007	0,0	2,3	0,0	7,7		0,0	3,2			7,9
2008	2,0	2,6	6,2	4,0		7,7	8,2			28,5
2009		6,0				5,6	11,3			

Fig.Nº54: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 1.

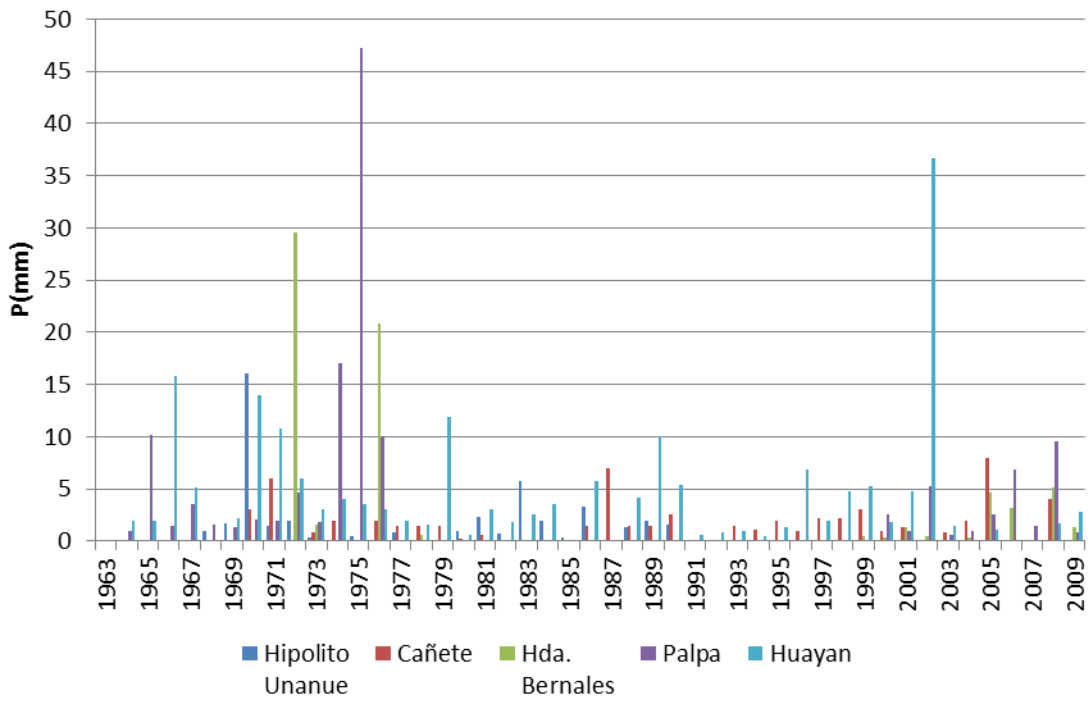


Fig. Nº55. Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 1

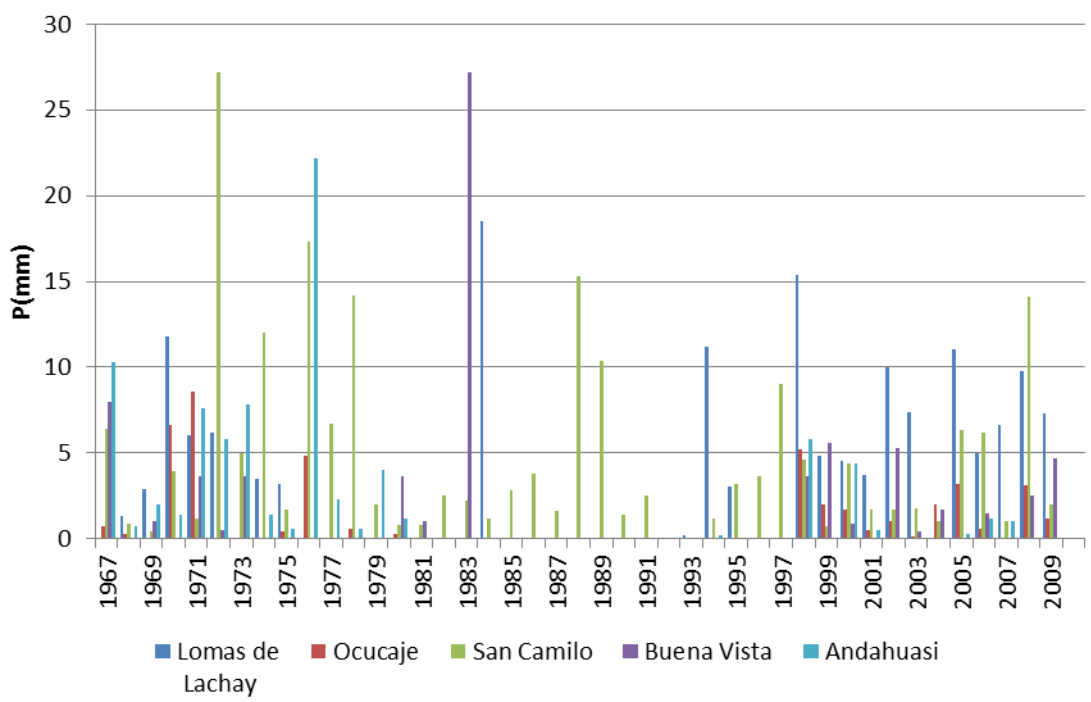


Fig. Nº56. Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 1.

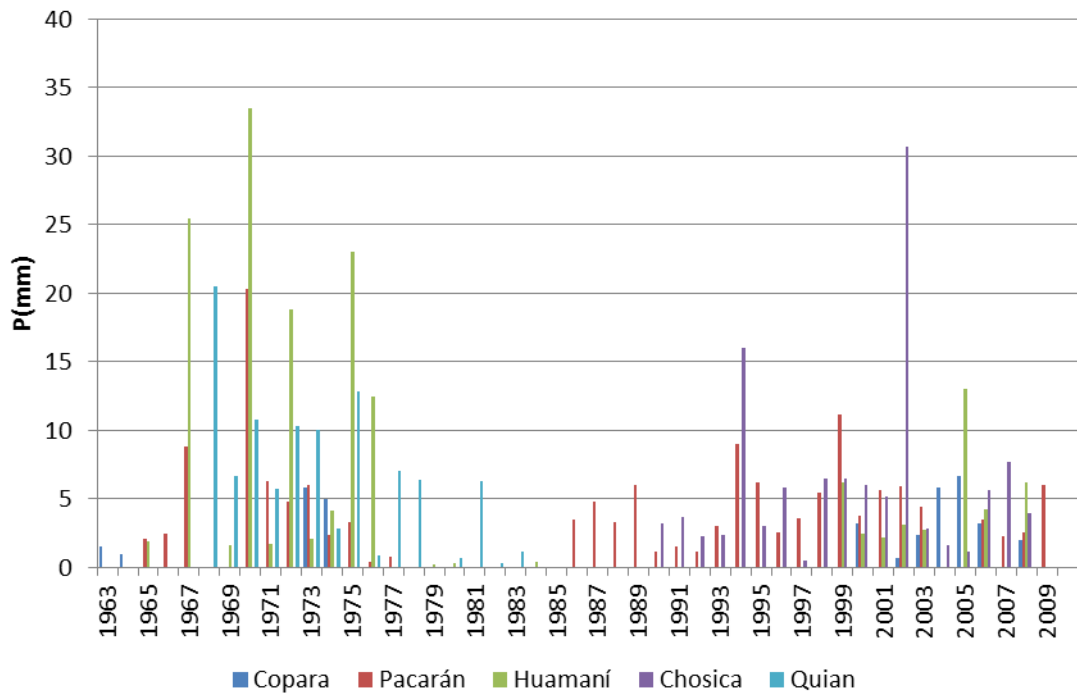
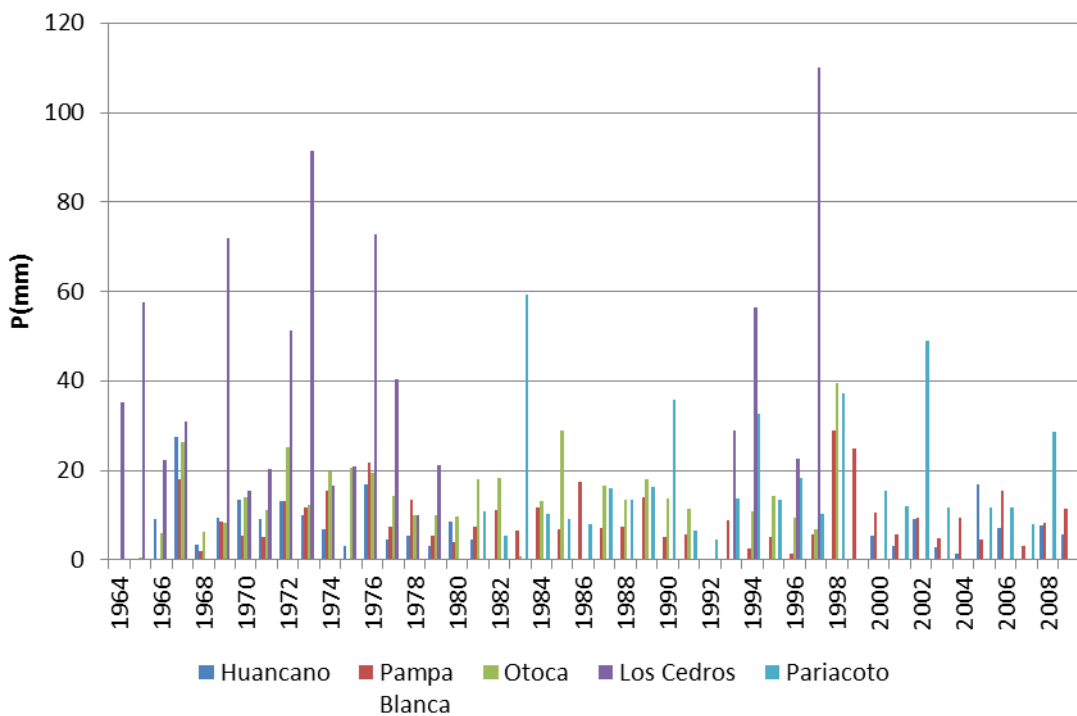


Fig. Nº57: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 1.



En la Zona 2, que corresponde a estaciones ubicadas entre los 2000 msnm a 3200 msnm, las lluvias máximas varían de 10 mm a 90 mm. Ver Cuadro N°9 y Fig.N°58 a la Fig.N°61.

Cuadro N°9: Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 2														
Año	Precipitación Máxima en 24 h. (mm)													
	Ambar	Autisha	Carac	Cotahuasi	Huangascar	Llauta	Aco	Matucana	Ocaña	Ocros	Santiago de Chocorvos	Santiago de Tuna	Ticrapo	Yauyos
	2100	2171	2600	2683	2533	2550	3000	2479	2660	3230	2700	2921	2174	2327
1964				11,8			8,8						21,5	19,5
1965				16,3	15,0		23,2	14,9			12,0		20,7	31,4
1966				17,2	25,1		12,1	17,1	13,2		12,0	42,0	12,6	23,3
1967			20,2	18,8	35,3	20,0	13,1	16,7	32,3	25,5	18,0	78,1	24,4	23,6
1968			16,0	30,1	12,9		14,1			14,5		13,5	10,0	
1969			25,8	18,2	21,3		9,1	12,0	25,7	29,4		25,1	35,8	17,4
1970			46,8	14,2	28,0	14,8	28,0	31,7	24,5	48,7	10,0	89,9	40,2	26,8
1971			15,0	17,1	19,6		8,8	23,3	12,2	20,9	25,0	36,2	28,4	33,0
1972			29,3	59,4	70,5	13,5	29,9	18,1	25,7	24,7	31,2	37,0	32,0	
1973			22,5	30,0	27,2		10,7	25,2	30,0	25,0	10,2	49,7		28,2
1974			27,0	16,0	12,7		15,2	11,9	18,8	16,2		27,7	14,0	21,5
1975			18,5	26,4	34,6	25,6	19,2	10,8	19,5	32,8		24,0	19,5	19,0
1976				22,5		18,4	13,2	15,8	19,0	15,2		20,5		20,0
1977			27,0		29,4	22,4	15,5	35,2		21,4	20,4	42,1	24,0	14,8
1978			11,2	19,2	49,8	10,5	7,8			13,4	35,0	25,3		20,1
1979				20,1	18,1	19,0	16,2		9,7	15,8	9,0	31,1	18,0	16,9
1980			20,2	26,7		13,1	14,0		11,3	20,6		20,6		15,5
1981	13,8		20,0	40,7	21,0	24,5	15,0	12,5		24,0	10,2	46,5	33,0	22,8
1982		11,2		13,2	17,2	28,7				13,5			10,9	
1983			28,6			35,1	21,9		14,6	28,7		46,3	30,0	
1984		14,0	28,0	24,3	14,9	29,3		21,5		25,0	28,8	38,6	20,8	10,0
1985			24,0		13,8	14,8	12,1	19,8	24,0	20,3		18,6	18,0	
1986			23,5	22,5	19,0	29,7	12,2	27,2			55,0	30,7		
1987	26,6	11,6	18,0	30,0	13,1	16,0				16,3				
1988			27,0		20,4	17,1		12,3		13,2		28,2		
1989	22,2	20,3	23,5		20,0	16,0		10,7		21,1	29,5	33,5		
1990		14,7	16,7		20,0	32,2		10,6		17,5		36,8		
1991		29,7	15,2		19,0	10,0		17,6		22,4		33,2		
1992			11,6					30,5						
1993		23,3	18,8		20,0			30,3		30,5		38,7		17,3
1994		11,2	16,5		24,0	12,2		15,5		10,2		14,9		31,5
1995	9,3		13,0	14,7	30,0	17,6		22,3		18,7	17,5	12,2		12,2
1996	18,6	18,4	18,5	29,8	23,0	18,0		13,6		25,9	10,2	15,7		24,3
1997	23,1	10,2	19,5	26,7	25,3	22,0				19,3	12,1	15,1		18,8
1998	18,2	22,2	28,3	26,2	33,8	40,6		21,9		22,2	13,1	30,2		14,7
1999	23,8	22,1		33,0	24,3	25,0		19,8		20,2	19,2	19,6		19,9
2000	25,0		20,7	26,6	30,6	12,5		14,3		15,5	26,6	17,9		12,9
2001		14,1	22,3	22,8	12,8	24,3		16,2		19,5	24,3	13,5		13,3
2002	61,0	16,4		27,5	24,8	21,5				18,8	17,3	15,4		11,6
2003	9,4	25,5		18,0	15,0	9,9		19,5		12,7	16,7	14,0		14,4
2004	12,4	14,4		25,7	17,7	16,9		18,0		25,7	35,0	11,7		14,2
2005	12,5	11,7		11,0				21,5		10,7	35,6			13,6
2006	13,0	30,8		13,5	25,1	37,9		14,3		19,0	29,5			
2007	12,1	27,8		25,4	14,6	28,6		16,6		14,5	14,0	10,5		19,8
2008	18,5	16,9		17,4	24,0	20,0		16,5		19,4	26,9			19,9
2009	25,4	19,3		11,8	14,8	18,2		23,1		39,0	16,5	38,0		15,1

Fig. Nº58: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 2.

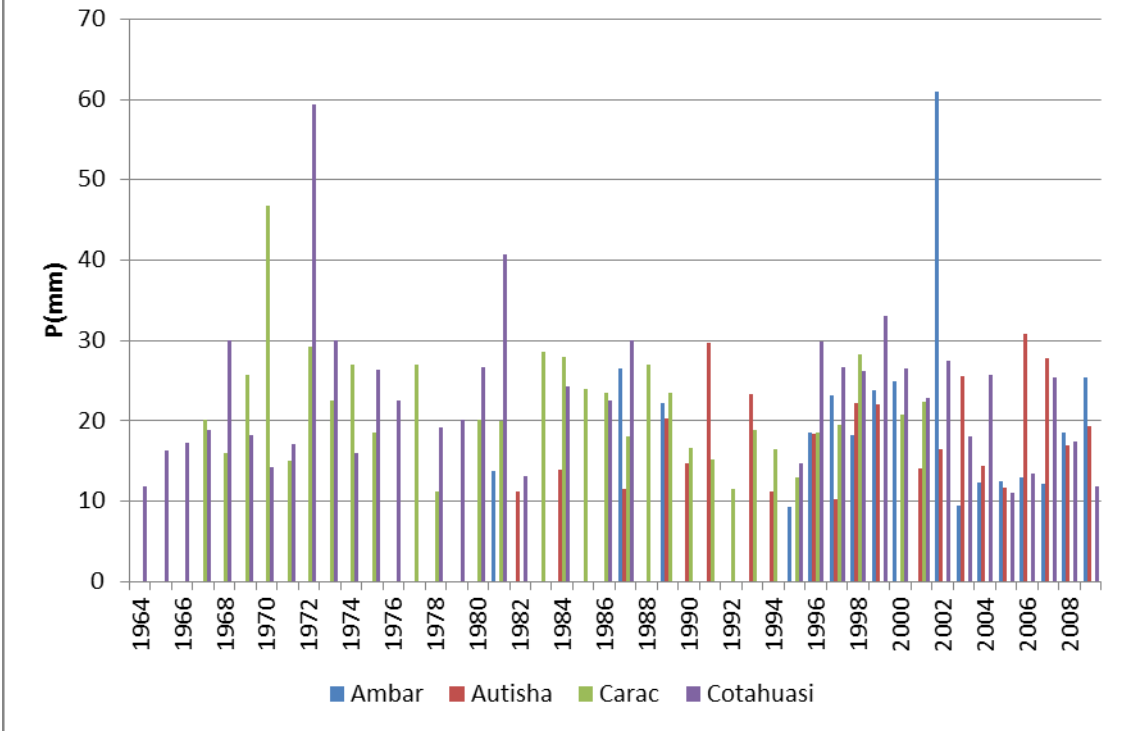


Fig. Nº59: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 2.

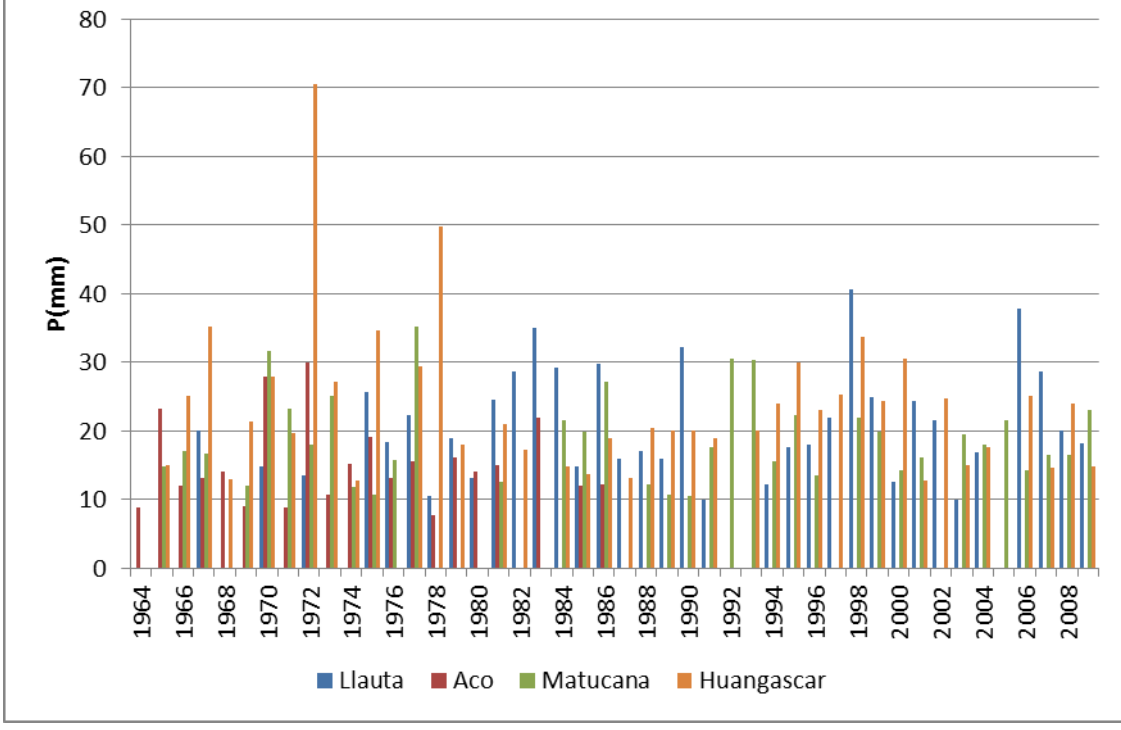


Fig. Nº60: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 2.

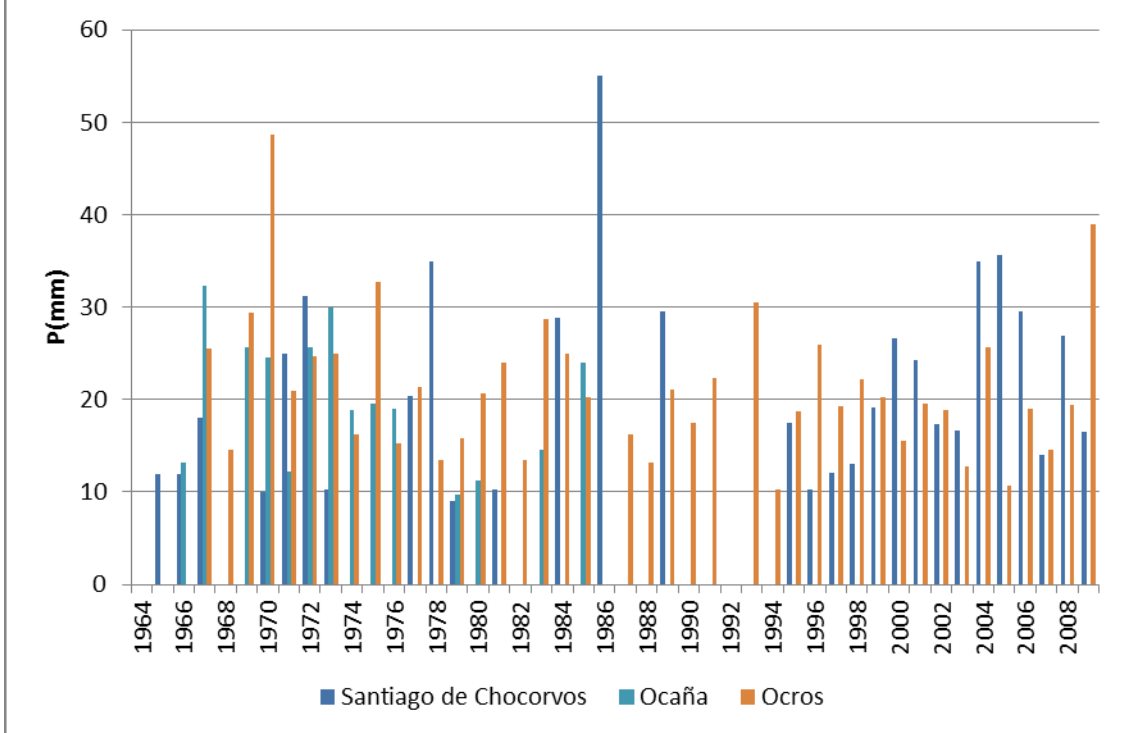
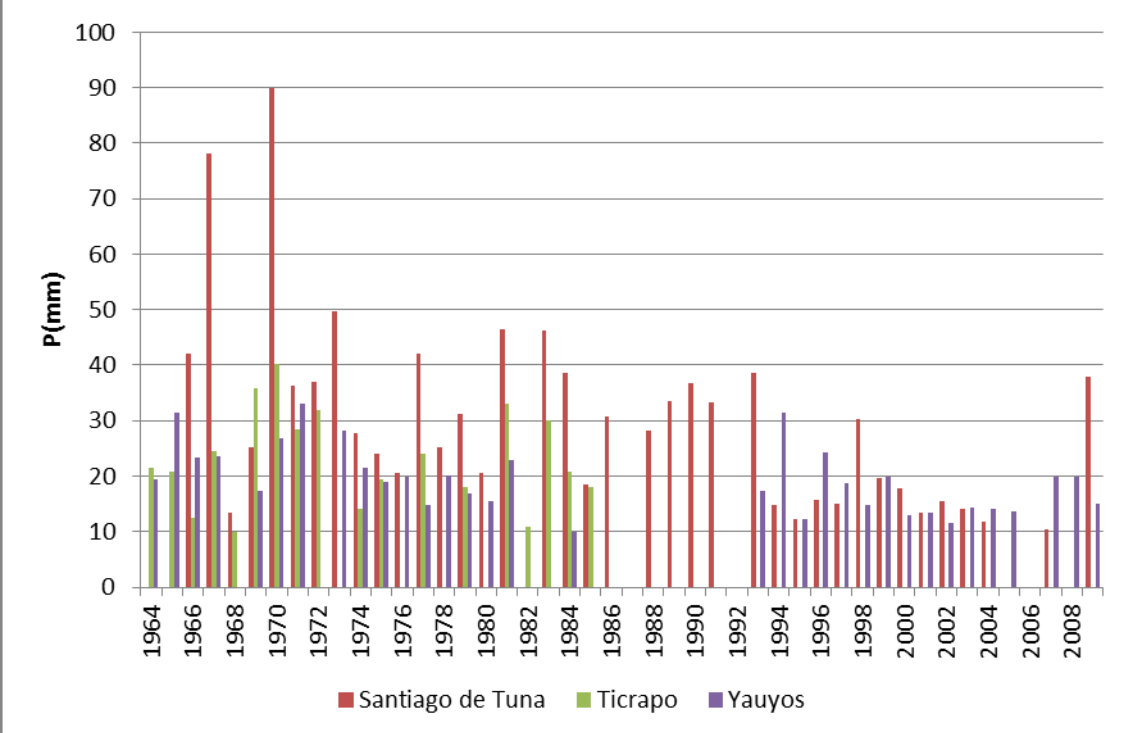


Fig. Nº61: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 2.



En la Zona 3, se encuentran las estaciones ubicadas entre los 2800 msnm a 4600 msnm, las lluvias máximas varían de 10 mm a 70 mm., sin embargo en esta zona, no hay mucha variación entre los registros de las estaciones. Ver Cuadro N°10 y Fig. N°62 a la Fig.N°69.

Cuadro N°10. Precipitación Máxima en 24 h.- Zona 3										
Año	Precipitación Máxima en 24 h (mm)									
	Aija	Ayaviri	Cajatambo	Carampoma	Carania	Casapalca	Chiquian	Cocas	Cordova	Cusicancha
	3360	3328	3350	3489	3875	4214	3350	3246	3240	3550
1964	12,5	12,0								
1965	23,5	13,0			44,3		29,9	21,6	10,1	
1966	18,6	28,5	31,2	10,6	25,0		41,3	20,2	13,5	18,7
1967	21,3			22,2	18,6		30,6	36,0	82,8	23,5
1968	15,8	19,7	22,6	15,5					20,8	12,3
1969	13,4	33,5		21,3	29,3				17,4	23,0
1970		29,9	27,9	30,2	16,8		20,6	22,1	40,9	25,3
1971	27,4	22,7	38,2	30,4	18,0		29,2	29,4	32,3	28,6
1972	34,6	33,0	38,2	27,5	20,1			30,8	20,4	26,9
1973	24,0	37,6	22,0	32,6	22,6		23,0	36,8	18,5	13,1
1974	16,7	30,5	21,0	28,2	16,8		21,0	20,6	11,0	
1975	21,4	34,8		17,0	16,0		25,5	22,4	11,7	
1976		16,1	17,2		19,3		30,0	21,4	23,3	
1977		34,4	20,5	23,8	17,4		15,5	20,6	28,6	24,2
1978		33,4	20,0	14,8			25,5	16,2	21,3	20,0
1979		11,2			15,1		23,0	27,4		
1980				20,6	17,1		29,0		12,2	19,0
1981			13,0		17,5		38,2		30,8	20,0
1982					15,6		30,0			10,1
1983				31,2	16,6		24,2		20,0	
1984				20,8					70,7	20,0
1985				21,4					17,5	11,0
1986		32,7	13,0	33,3	20,0				34,6	
1987		31,9		22,7	20,9				35,4	
1988		23,8		31,5	33,1	27,0	29,0		21,6	
1989		39,4		19,6	24,4	20,0	21,0		33,1	
1990		25,6		25,6	26,0		18,5		16,7	
1991		27,4		23,3	12,4		19,5		23,1	21,0
1992		29,9		19,2	15,1	14,7	16,7			
1993		29,7		22,4	16,0	26,1	29,1			29,0
1994		30,2	34,0	17,9	14,1	23,2	22,4		14,3	17,8
1995		30,2	28,9	15,1	13,5	30,5	23,0		40,2	14,3
1996		24,6	24,7	17,2	16,1	21,0	24,0		26,0	10,8
1997		46,2	29,9	15,7	14,6	19,5	20,0		26,3	22,2
1998		32,4	35,8	24,1	14,1	31,0	24,0		27,5	42,0
1999		23,1	26,7	15,5	15,6	18,4	18,0		33,5	25,7
2000	20,1	35,4	19,9	15,2	27,0	14,8	16,6		30,3	20,1
2001	17,2	24,0	26,2	17,4	14,9	16,5	28,0		51,3	28,4
2002	13,6	28,7	29,1	21,2	17,7	22,8	14,5		31,0	
2003	19,0	18,2	20,0	18,3	18,9	29,3	11,5		23,5	18,9
2004	10,2		23,6	14,8	21,4	17,8	15,5		30,0	
2005	16,1	21,0	21,5	16,3	20,5		12,0		28,4	12,4
2006	12,8	26,5	29,7	24,1	30,1	18,8	12,0		73,8	27,7
2007	12,1	34,2	25,7	18,6	23,4	26,3	15,5		23,5	18,8
2008		30,4	22,4	17,5	21,9	18,5	14,0		34,9	20,6
2009	13,0	27,3	30,9	18,7	20,5	19,5	12,0		19,0	19,2

Cuadro N°10. Precipitación Máxima en 24 h.- Zona 3										
Año	Precipitación Máxima en 24 h (mm)									
	Gorgor	Huachos	Huac-Huas	Huallanca	Huamantang	Huaraz	Huaro-chiri	Huaros	Lachaqui	Laramarca
	3070	2860	3025	3260	3392	3052	3154	3585	3668	3403
1964				42,0			21,0			
1965				18,0	43,5	29,5	19,0	31,5	34,6	
1966				35,0	17,6	33,1	18,5	31,4	29,7	
1967				24,0	21,6	32,2	20,6	27,9		55,0
1968				29,0		16,2	9,8	13,0	17,3	
1969				35,8	11,4	25,2	17,2	20,0	18,9	30,0
1970				25,4	20,2	30,3	12,2	25,0	59,5	70,2
1971					10,7	28,6	17,8	20,5	18,8	23,7
1972				28,0	19,2	44,6	14,6	19,7	40,7	30,7
1973				25,0	11,4	29,5	19,2	44,4	22,4	39,6
1974					12,3	49,7	13,8	15,2	19,4	26,6
1975				31,5	12,2	50,1	9,8	17,1	19,3	30,3
1976				26,5	10,4	30,6	10,2	18,4	28,3	49,3
1977					11,8	23,1	13,2	31,5	65,0	35,3
1978							9,2	12,1	18,9	17,5
1979							11,2	18,7	29,6	26,5
1980	23,1	33,2						26,5	27,1	
1981		20,8			12,6			24,4	55,9	50,5
1982	22,1	25,8						20,5	31,7	34,2
1983	20,1	19,9			12,1			18,0	21,4	24,5
1984	32,0	29,2			16,6			31,8	36,9	48,4
1985	30,1	25,5	23,9				10,2	31,5	40,9	36,8
1986	18,6	28,5					10,6	18,0		33,7
1987	16,1	20,1	40,1				9,6	16,8		27,6
1988	19,2	33,5	28,7				12,4	12,0		24,5
1989	29,2	19,8	34,0					18,1	22,7	46,7
1990	11,5	23,2			14,2			14,7	19,2	
1991	16,2		28,7		18,4			17,6		20,2
1992	22,3				19,4		10,5	11,7	20,0	
1993	18,2		33,5		22,8			21,0	20,3	
1994	21,7	26,1	33,6		22,0			26,4	30,9	
1995	30,7		45,2		29,6		22,3	25,0	17,1	
1996	19,8	25,4	24,1		19,5		20,7	23,6	17,7	
1997	24,5	16,2	29,6		17,8		22,5	20,9	24,8	
1998	48,9	38,5			33,6		38,6	20,5	26,8	
1999	19,8	41,6			25,4		28,7	23,0	22,6	
2000	23,8	20,5	22,3		27,5		29,4	22,3	19,5	
2001	33,3	23,8	50,0		19,4		24,8	24,4	26,2	
2002	22,3	37,0	31,7		47,5		20,7	19,2	23,3	
2003	19,9	15,2	29,1		27,3		25,1	19,1	21,5	
2004	16,9	44,2	71,0		25,1		30,0	13,5	21,2	
2005		28,6	44,3		23,0		18,6	20,0	16,5	
2006		25,6	60,0		20,6		22,8	17,5	19,4	
2007	15,7		21,4		19,5		28,2	19,6	23,6	
2008		23,8	50,8		15,3		22,4	14,9	25,7	
2009	21,1		31,4		30,9		38,5	22,4	27,9	

Cuadro N°10. Precipitación Máxima en 24 h.- Zona 3										
Año	Precipitación Máxima en 24 h (mm)									
	Llacllin	Malvas	Milpo	Mina Colqui	Pachamacha	Pampa Galeras	Pampahuasi	Pararin	Parquin	Pira
	3800	3500	4400	4600	4200	3950	3650	3416	3590	3570
1963							46,5			
1964							29,1			
1965	29,2					50,2	47,0	40,3		42,5
1966						15,3	25,5	10,4	31,2	34,0
1967	15,0					33,2		48,7		29,9
1968	15,4					27,1	40,9	20,2		32,8
1969	21,7			21,6		28,5	39,5	22,3		23,0
1970				24,9		22,9	32,6	17,2	19,5	29,8
1971	23,3			32,5		30,8	28,6	22,2	22,9	31,7
1972	35,2					30,4	27,0	51,9	26,2	25,5
1973	32,5			36,7		39,7	32,0	33,3	23,3	12,5
1974	18,5			19,8		26,4	25,0	23,4	23,4	12,5
1975	24,5			18,4			59,0	33,3	28,3	40,8
1976	17,0			14,4		26,5	50,6		25,5	15,8
1977	31,2			12,0			24,0	30,2	25,8	11,7
1978	16,2			16,0		51,0	20,0	25,1	44,8	18,4
1979	24,0					17,5		26,5	22,4	33,8
1980	12,9			17,4					16,5	24,2
1981	16,0		19,2			28,8		30,0	21,9	
1982				16,4		32,9			35,3	
1983			30,0	16,4				65,3	31,7	
1984			16,6	18,4		36,3			35,5	12,1
1985		23,0	24,7	18,6		42,6		33,3	33,8	
1986	38,0	19,5	11,5	12,8					19,0	20,5
1987	35,0	27,5	18,1	9,6				36,0	24,6	20,0
1988	20,0		21,6	13,8	15,4			20,0	20,9	14,8
1989	11,2	38,9		13,5	17,3			9,4	21,3	18,3
1990		17,0	12,1	10,7	15,3				23,4	17,3
1991		20,0		12,3	15,2				17,2	13,7
1992		21,1	16,8		13,8				22,8	12,6
1993	13,0	24,0	33,5	13,0	15,5			16,3	22,0	20,8
1994		17,8	31,6		16,5				28,8	21,1
1995		10,0	28,2		12,7				19,2	17,5
1996		24,5	33,2		15,1				50,2	29,3
1997		17,6	25,4		17,8				23,2	23,0
1998		50,8	44,8		19,0				20,3	26,2
1999		32,7	40,8		18,2				34,5	34,2
2000		35,0	41,0		17,4				21,8	31,0
2001		18,2	28,4		16,8				24,4	24,1
2002			55,6		17,0				26,0	54,7
2003			24,6							22,2
2004		12,8	29,5		16,0				22,6	24,0
2005		16,0	28,2		15,1				17,2	20,1
2006		20,4	43,2		19,4				30,2	30,7
2007		21,6	39,4		19,3				24,0	24,3
2008		39,0	53,8						23,4	24,0
2009		36,2	37,2		19,4				28,0	26,8

Cuadro N°10. Precipitación Máxima en 24 h.- Zona 3									
AÑOS	Precipitación Máxima en 24 h. (mm)								
	Pirca	San Jose de Parac	San Juan de Huiparcancha	Tambo	Tanta	Totora	Vilca	Villa de Armas	Yauricocha
	3255	3866	3650	3080	4323	4100	3864	3280	4675
1964					25,4		17,6		
1965				35,0	34,5		21,5		
1966					26,6	15,0	33,7	12,2	
1967		24,0			28,0	24,0	40,5	59,6	
1968	10,4	10,0			23,7	20,0	24,9		
1969	14,8	17,0		20,0	33,0	22,0			
1970	17,8			18,7	37,9	23,0	22,2	24,9	
1971	11,6			18,2	24,5	21,0	26,1		
1972	19,8			30,7	26,1	27,0	25,7	29,6	
1973	19,3				18,2	25,0	22,3	42,4	
1974	12,3			21,0	19,3	22,0	31,3	36,0	
1975	11,6			42,4	15,1	19,0			
1976	16,9				17,5	20,0	27,5	38,0	
1977	16,7			20,5	16,4	25,0	22,3		
1978	12,1			32,0	16,3	20,0	22,2		
1979	17,4			20,4	11,7	25,0	22,0		
1980	14,4			21,2	14,4	35,0	24,9	43,0	
1981	20,8	42,0	27,9	25,6	13,1	29,0	29,9	35,2	
1982	18,2	28,5	40,4	15,7		29,0	27,4	30,0	
1983	20,2	27,7		35,0		24,0	12,3	11,8	
1984	18,6	29,1	29,5	40,0	11,3	37,0	31,7	11,8	
1985	17,6	24,3	22,0	30,0	12,4		24,4	20,8	
1986		25,0	22,3	30,0	18,0	27,0			
1987	19,6	21,2	17,0	20,0	16,8	13,0	30,1	19,0	37,6
1988	17,1	22,9	20,0	17,0	13,8		22,9	20,0	28,8
1989	19,9	15,8	42,0	36,7	13,9		20,3		26,1
1990	19,1	14,6	20,5	29,0	15,8		12,4	20,0	30,8
1991	12,6	18,4	15,0	40,0	11,5		20,2	28,0	24,0
1992	15,8	12,4			16,0		10,4		21,5
1993	20,0	19,7			41,6		67,2	26,0	40,5
1994	17,4	25,4	20,0	22,0	26,4		45,7	21,4	21,8
1995	15,9	28,8	37,1	43,2	27,0		45,5	28,4	20,2
1996	23,5	17,8	23,5	42,0	31,7		15,0	48,6	16,6
1997	43,8	18,1	22,3	30,0	27,4		26,8	30,4	28,2
1998	25,2	18,8	31,1	40,0	41,8		20,4		27,6
1999	27,1	28,4	33,2	23,0	24,5		16,0		24,4
2000	23,2	28,9	22,9	26,0	28,9		23,8		58,6
2001	24,5	23,5	20,2	16,0	22,7				
2002	12,5	19,9			28,2				25,8
2003	19,7	26,6		22,0	28,0				
2004	18,1	18,1		16,0	32,9		27,0		41,3
2005	12,4	23,4		27,0	22,0				30,4
2006	29,2	23,6		38,0	29,5				26,2
2007	22,3	24,4		16,5			35,7		29,0
2008	16,8	23,5		26,0			23,8		15,4
2009	22,7	22,7		38,0	69,2		29,8		26,9

Fig. N°62: Histograma de precipitación máxima en 24 h.-Zona 3.

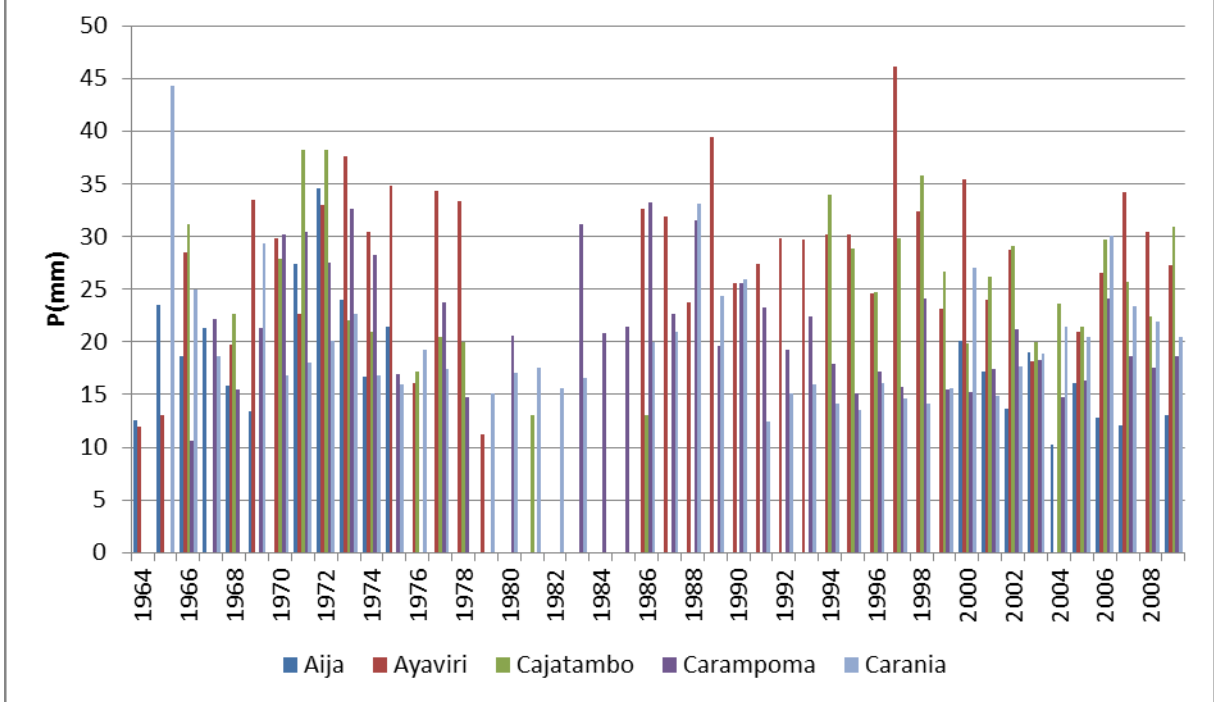


Fig. N°63 : Histograma de precipitación máxima en 24 h.-Zona 3.

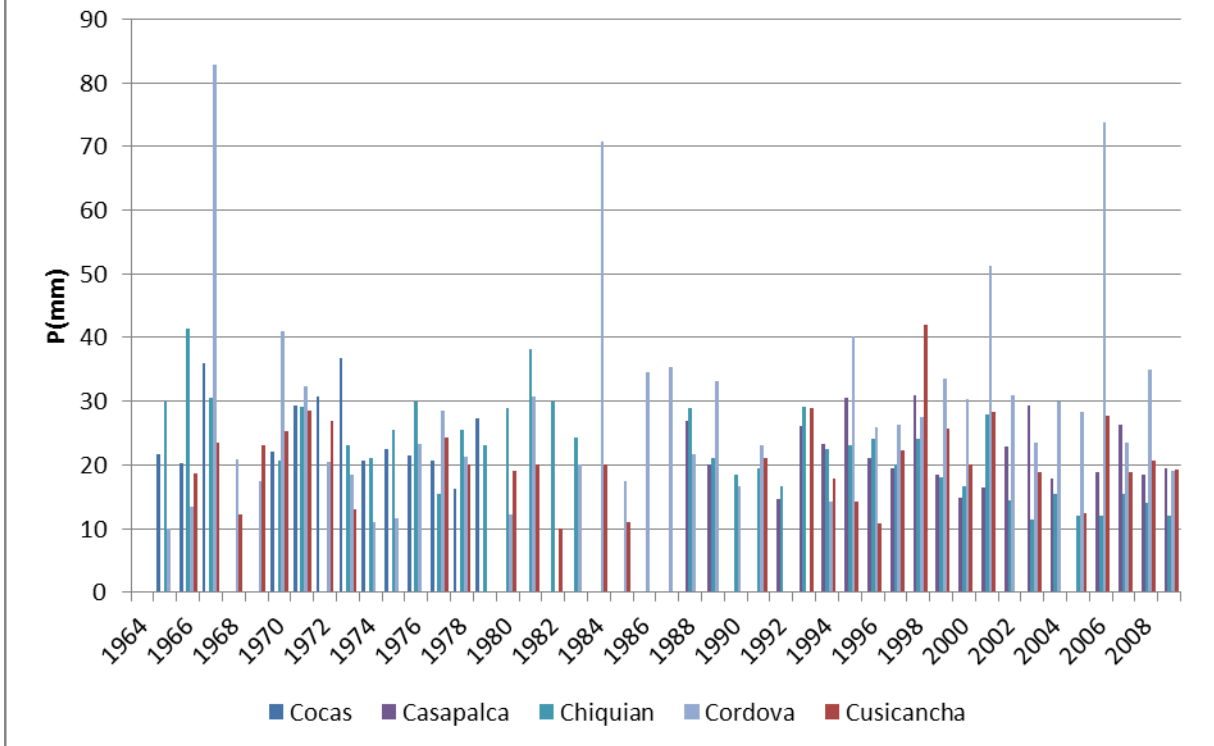


Fig. N°64 : Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 3.

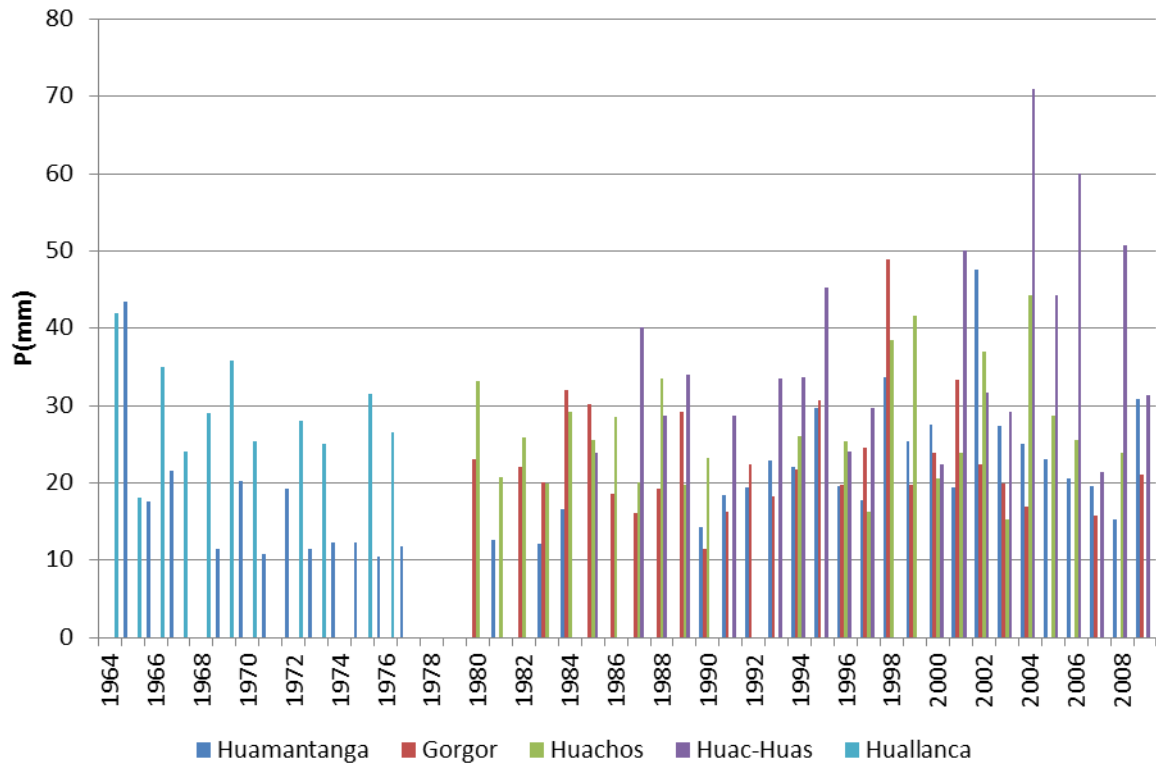


Fig. N°65: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 3.

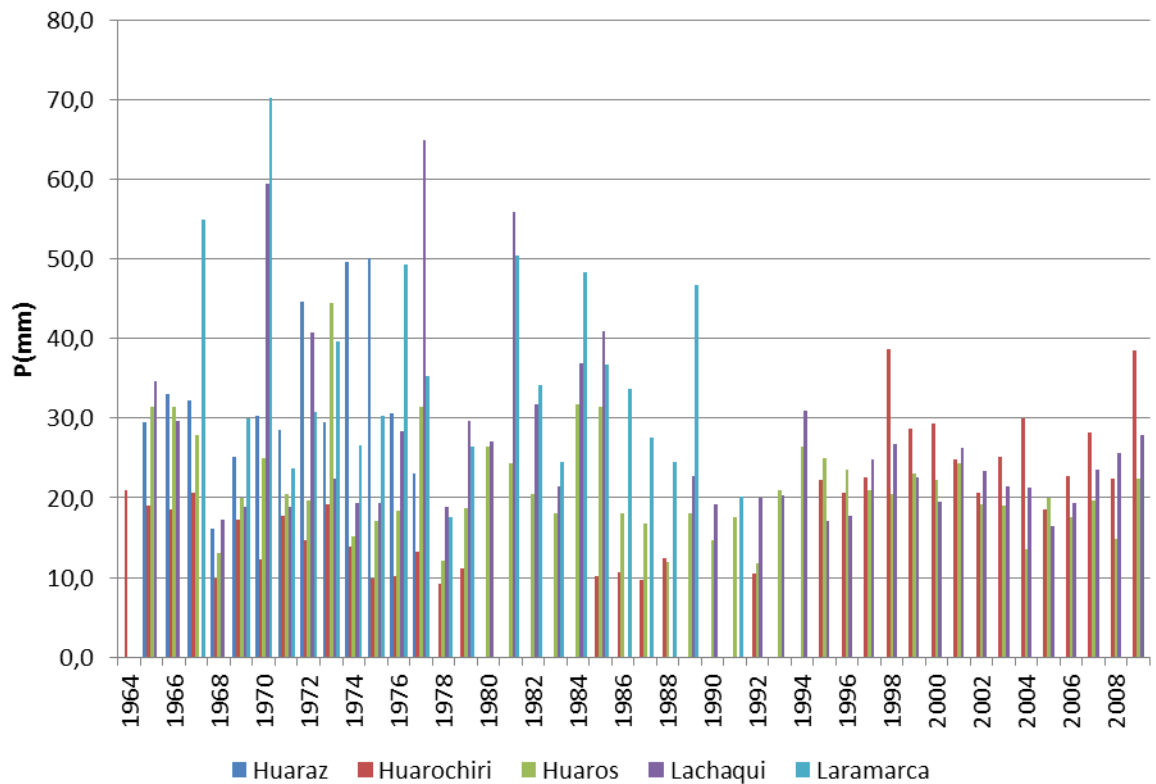


Fig.Nº66: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 3.

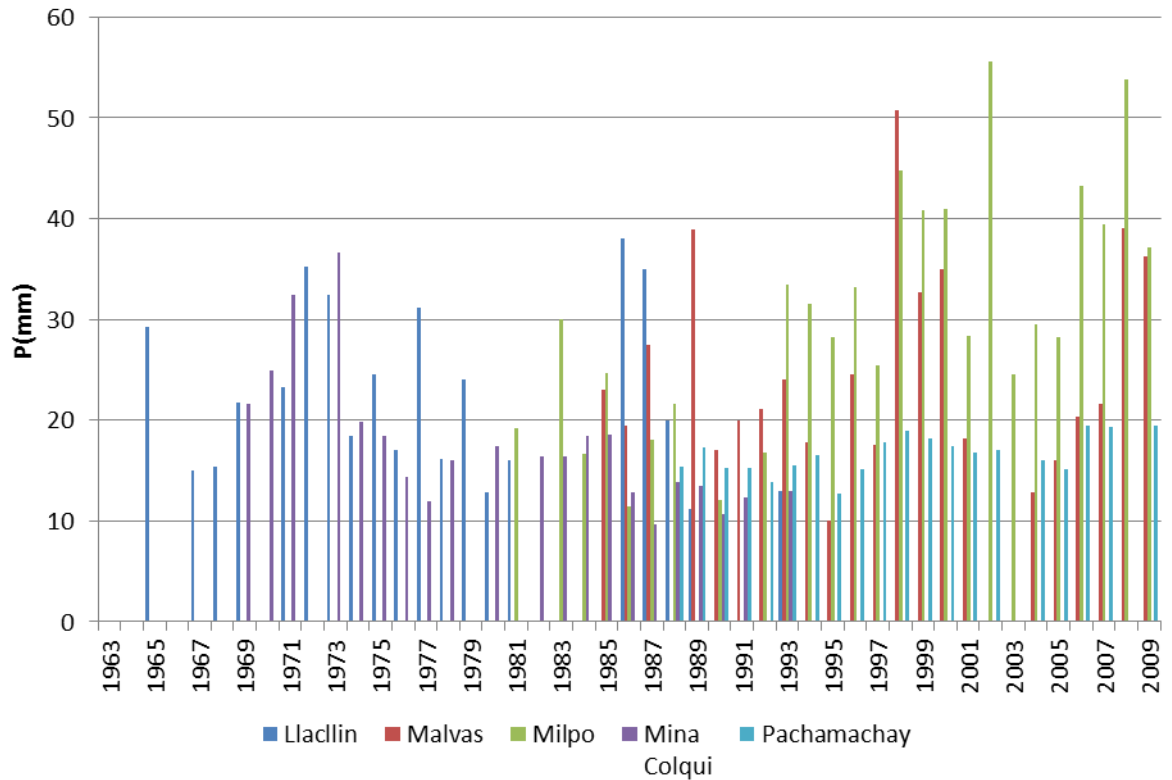


Fig. Nº67: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 3.

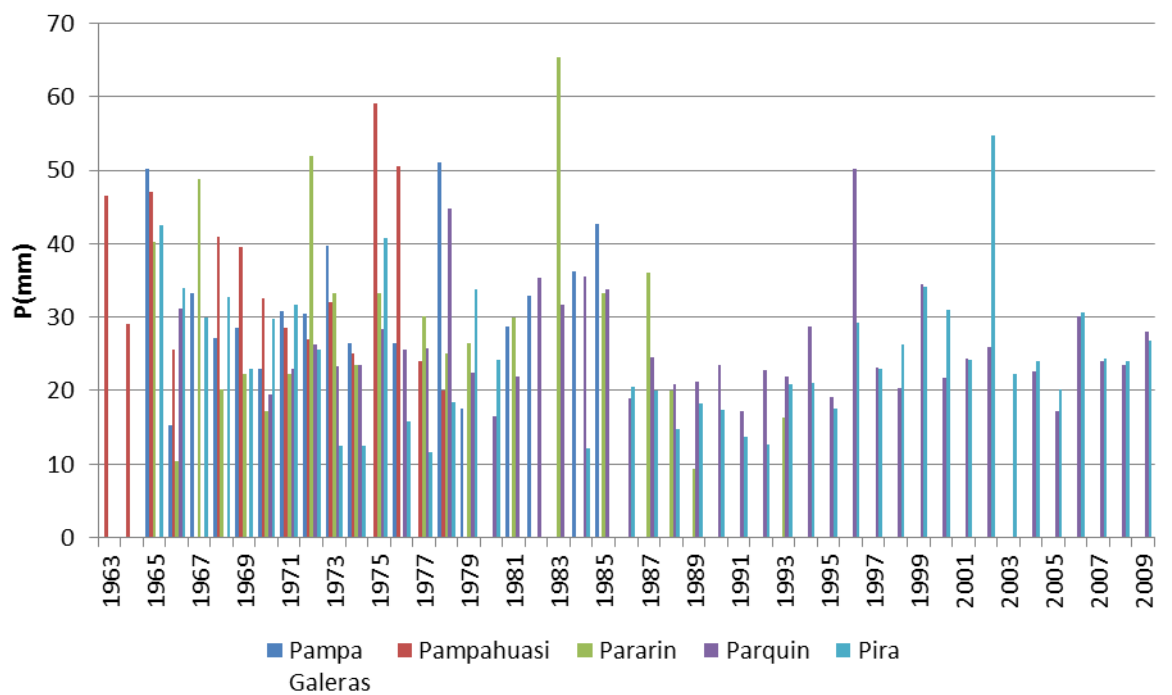


Fig. N°68: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 3.

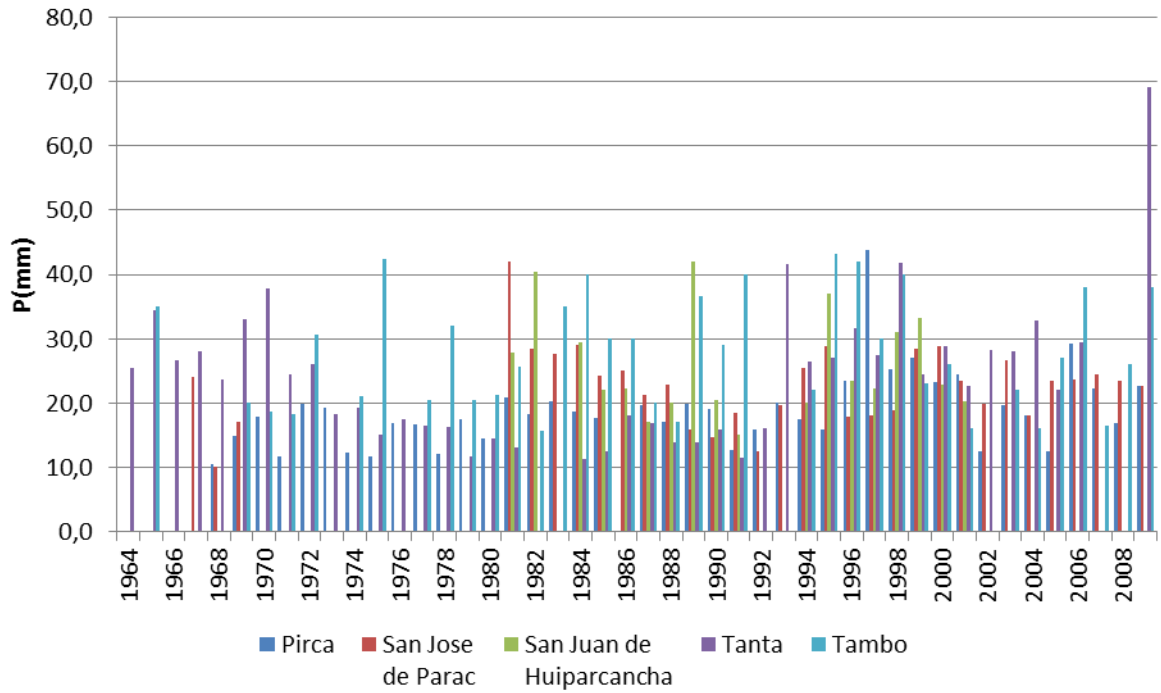
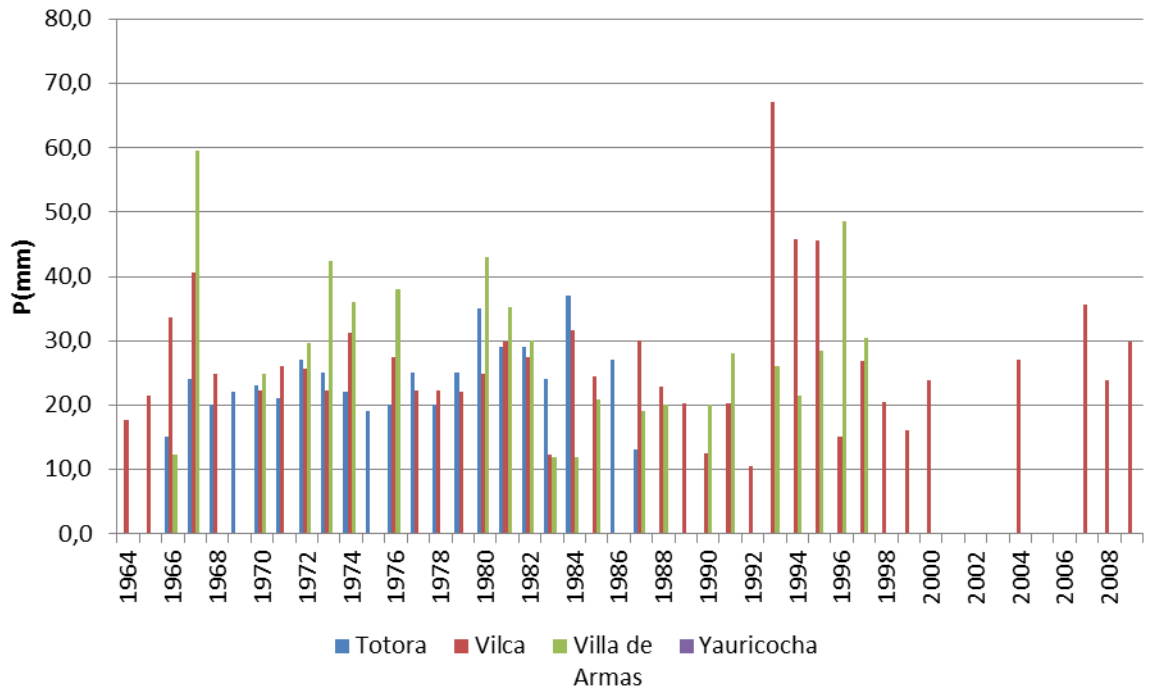


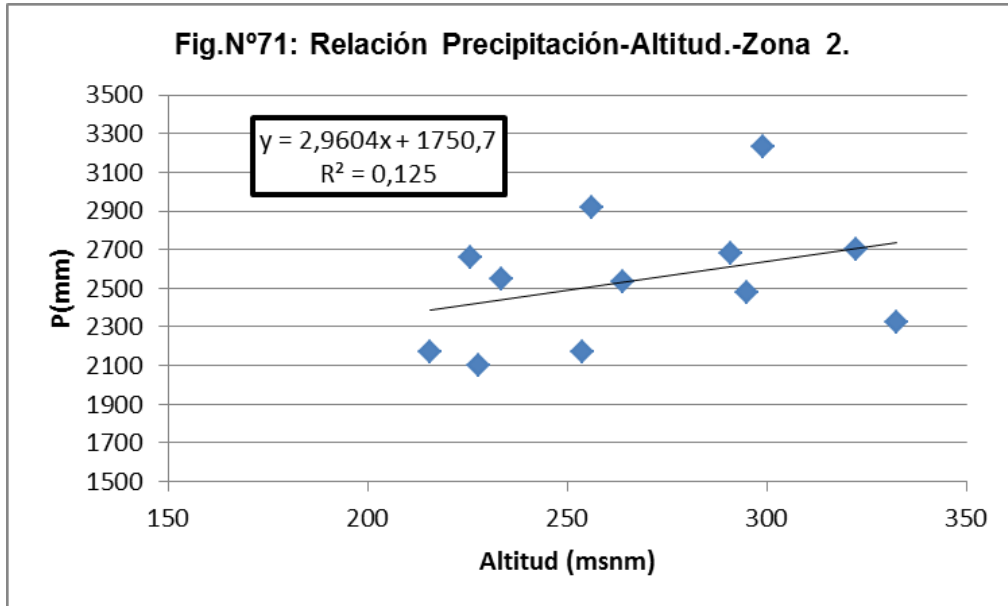
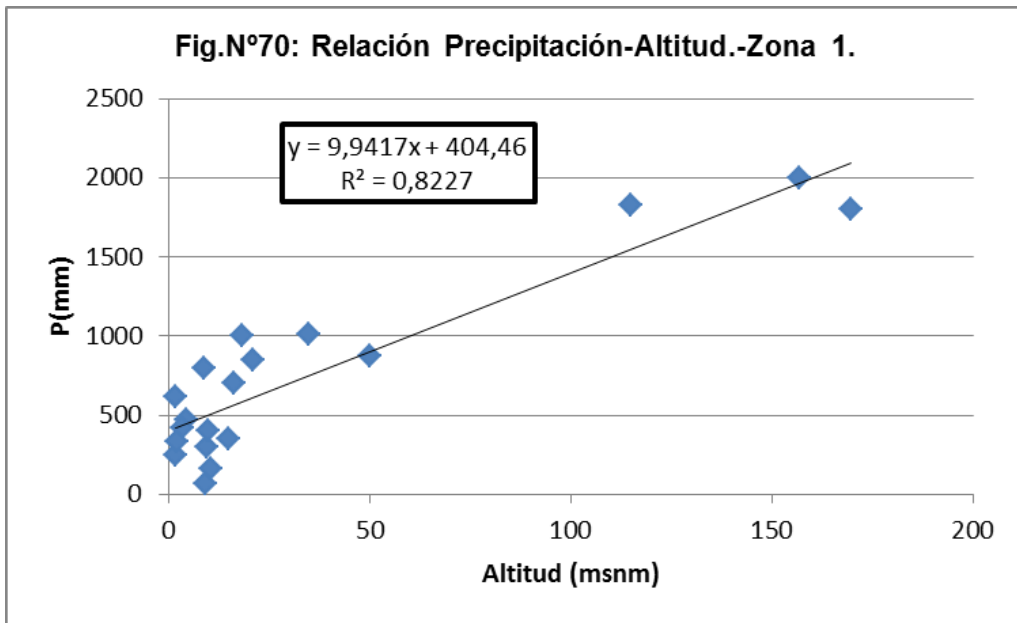
Fig. N°69: Histograma de Precipitación Máxima en 24 h.-Zona 3.

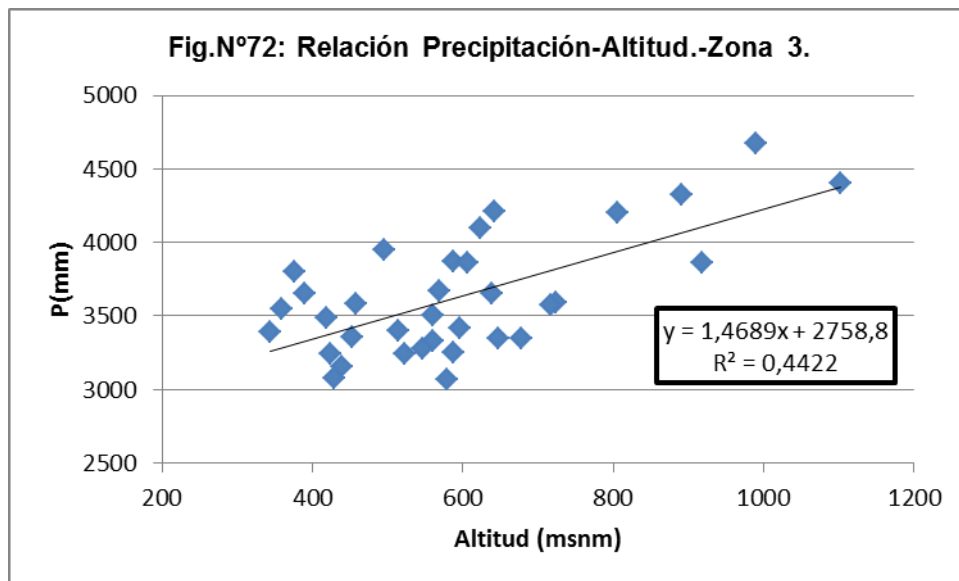


5.2 VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA PRECIPITACION.

5.2.1 Variabilidad Espacial

Existe una relación directa entre la precipitación pluvial anual y la altitud, que varían de acuerdo a la zona. Así en la Zona 1, la relación es más marcada que en las zonas 2 y 3, tal como se observa en las Fig. N° 70, N°71 y N°72.





5.2.2 Variabilidad temporal

La precipitación total anual presenta poca variación entre las estaciones de cada Zona, tal como se puede observar en los histogramas correspondientes. Para su presentación las estaciones han sido agrupadas en Zona 1, Zona 2 y Zona 3, tal como se muestra en la Fig. N°73 al N°77.

5.3 ANALISIS DE INFORMACION DE CAUDALES MAXIMOS REGISTRADOS

Los caudales máximos diarios en las cuencas de interés, han sido graficados, mostrando el hidrograma de caudales; en ellos se pueden observar bastante variabilidad como es el caso de las estaciones Santo Domingo en el Río Huaral y Puente Carretera en el Río Grande.

Existe mucha variabilidad en los datos de descargas máximas, debido principalmente a que la información es tomada muchas veces por estimación. Existe mucha deficiencia en la toma de información en las estaciones hidrométricas, así como también en las estaciones que no tienen las condiciones para realizar los aforos correctamente.

En el Río Huarmey se ha seleccionado la estación Huamba en vez de la estación Puente Huarmey, por cuanto la estación Huamba se ubica por encima de los canales de derivación.

En el caso del Río Cañete, se ha seleccionado a la estación Socsí, que presenta mayores años de registro que la estación Imperial.

Los caudales máximos se muestran en el cuadro N°11 y los hidrogramas en las Fig. del N°78 al N°89.

Fig.Nº73: Histograma Precipitación Anual.- Zona 1

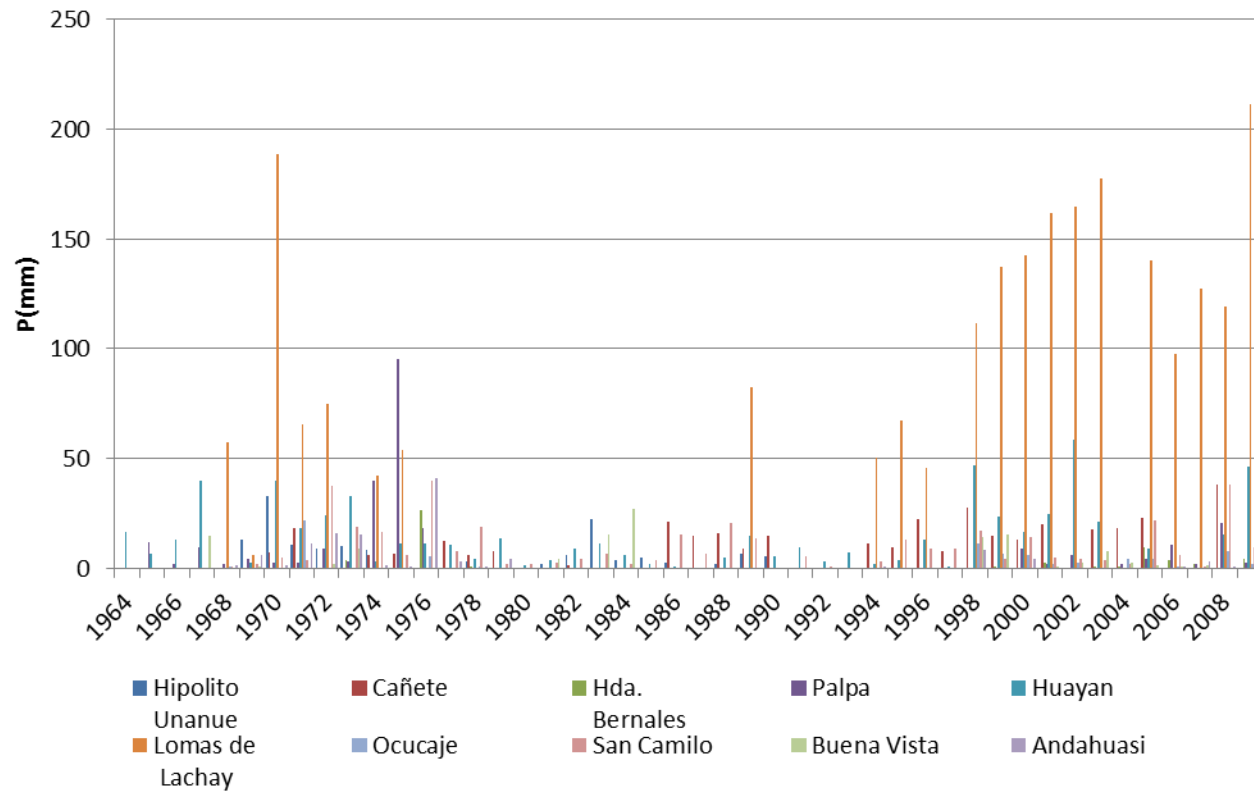


Fig.Nº74: Histograma Precipitación Anual (mm)

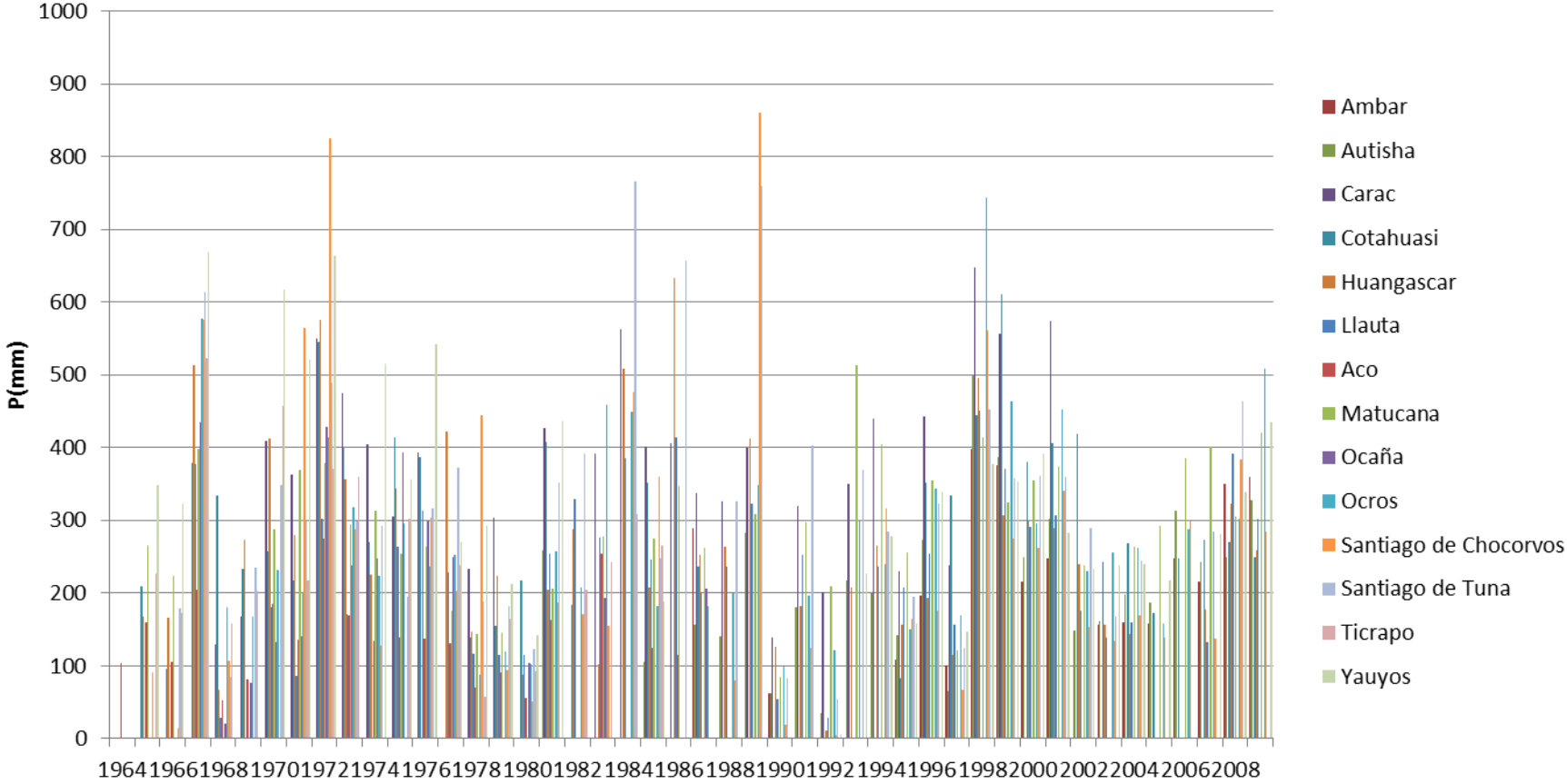


Fig.75: Histograma Precipitación Total Anual (mm).- Zona 3

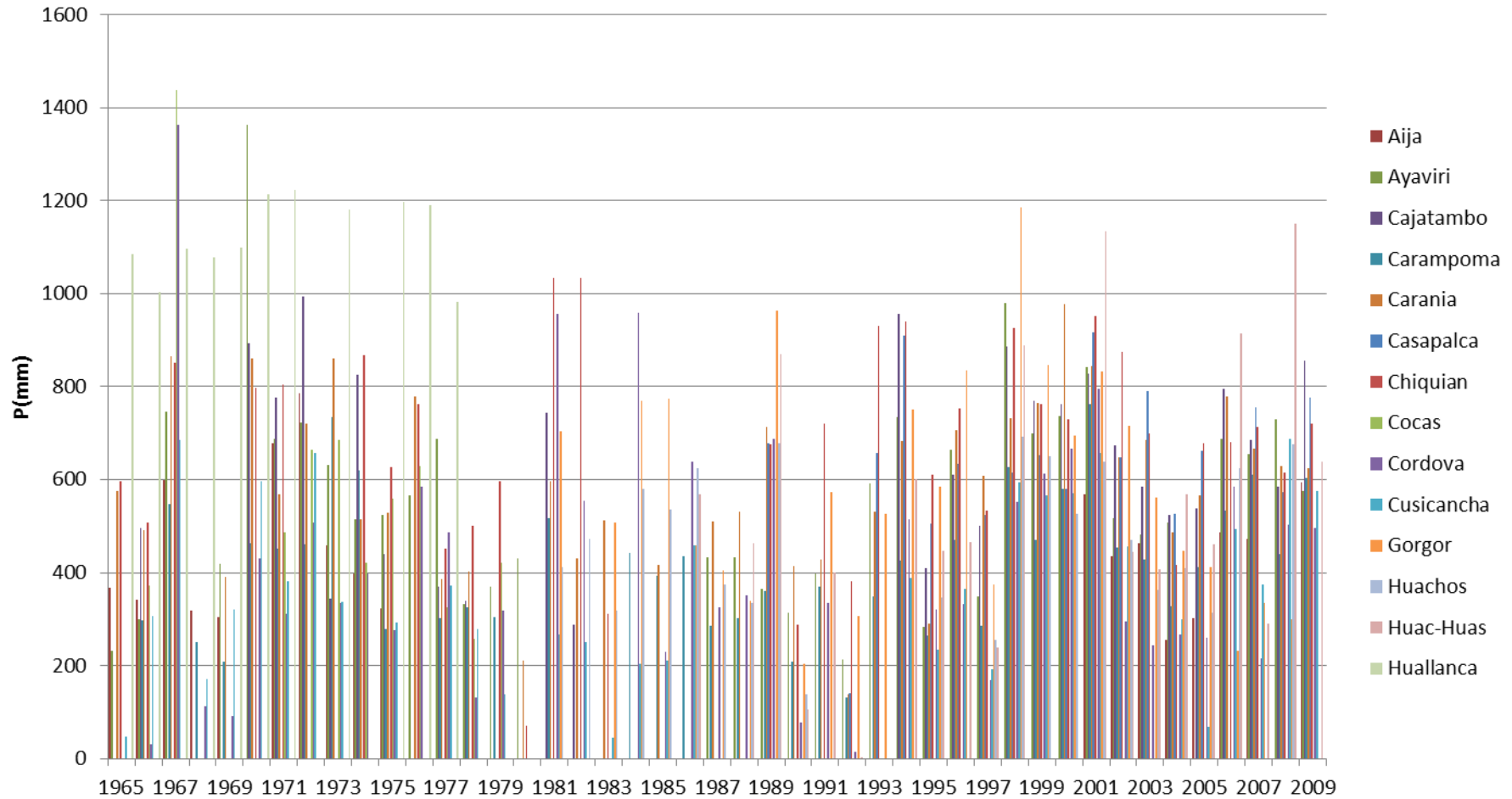


Fig.76: Histograma Precipitación Total Anual (mm).- Zona 3

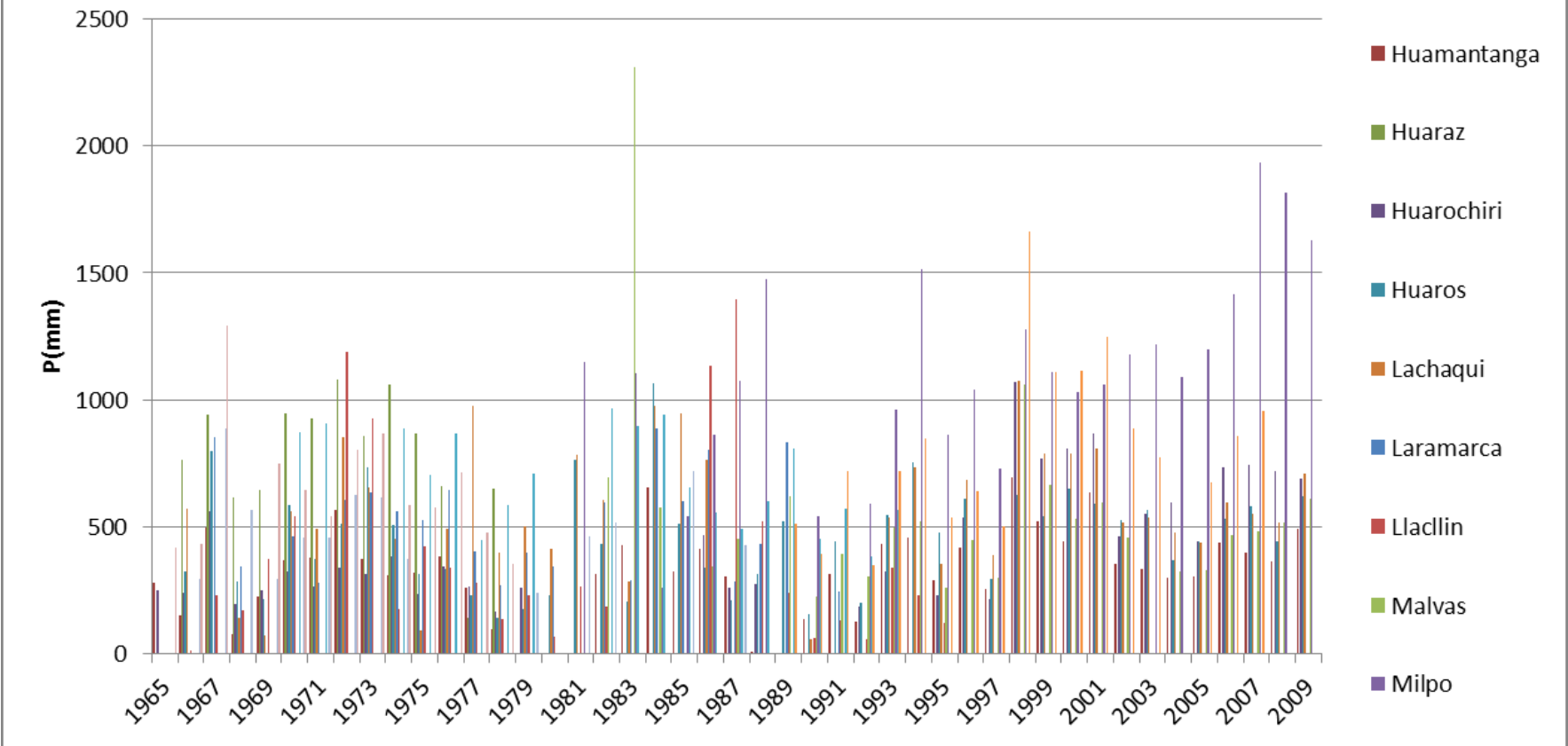
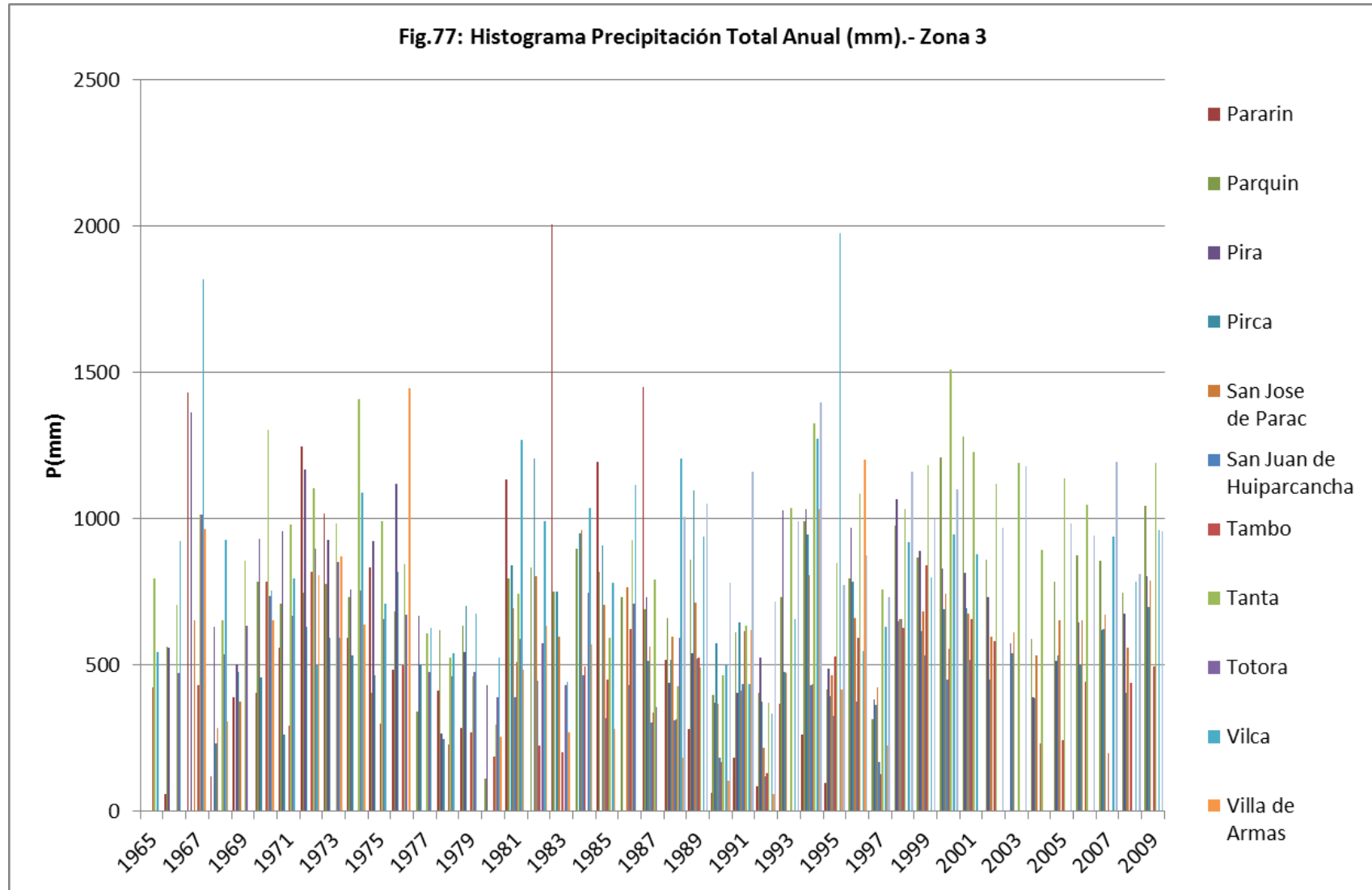


Fig.77: Histograma Precipitación Total Anual (mm).- Zona 3



Cuadro N°11: Descargas máximas diarias (m3/s)										
Año	R.Nepeña	R.Casma	R.Huarmey	Pativilca	R.Huaral	R.Rimac	R.Cañete	R.Pisco	R.Ica	R.Grande
	San Jacinto	Sector Tutuma	Pte. Huamba	Yonanpampa Larga	Santo Domingo	Chosica	Socsi	Letrayocc	La Achirana	Pte. Carretera Grande
1960	21,0	75,0	34,3		67,1	77,4		312,9	69,1	60,0
1961	40,0	135,0	42,0		101,4	70,5		272,0	177,0	80,0
1962	43,0	70,0	80,0		116,0	84,1		423,1	115,6	60,0
1963	24,0	70,0	50,0		123,1	92,2		231,8	150,2	120,0
1964	12,0	30,0	40,0		98,0	78,8		238,4	59,3	18,0
1965	17,0	78,0	90,0		180,2	108,1		162,4	70,3	70,0
1966	11,0	13,0	10,0		61,0	100,6		192,3	83,3	30,0
1967	80,0	65,0	45,0		400,6	100,5		521,9	146,6	112,5
1968	2,7	25,0	4,3		37,5	46,4		184,2	45,8	26,6
1969	12,0	20,0			106,1	75,6		132,9	79,5	15,9
1970	60,0	120,0			158,8	124,8		454,3	117,4	67,8
1971	40,0	105,0	100,0		83,2	109,1		194,4	55,0	62,8
1972	160,0	140,0	150,0		484,2	135,9		509,9	114,0	70,0
1973	40,0	50,0			172,1	141,3		293,6	146,1	125,0
1974	50,0	50,0	80,0		143,2	84,2	326,0	194,7	103,4	55,0
1975	50,0	50,0	72,0		97,3	111,3	298,0	141,9	150,3	45,0
1976	10,0	60,0	85,0	130,7	125,4	90,5	332,0	237,6	187,7	65,0
1977	22,0	40,0	40,0	216,1	115,5	125,0	249,0	218,0	169,6	35,0
1978	3,5	19,3	6,0	63,2	64,8	86,8	216,0	80,3	37,6	
1979	50,0	84,5	14,5	254,0	90,1	84,8	182,8	213,1	78,6	11,0
1980	15,0	33,4	6,0	72,0	78,7	72,3	100,1	91,2	53,2	11,0
1981	34,5	43,6	45,0	353,1	142,5	116,3	257,1	252,0	126,9	30,9
1982	21,0	32,0	40,0	159,8	81,0	99,2	172,0	274,0	132,9	50,0
1983	150,0	80,0	70,0	808,4	120,0	64,6	228,0	256,2	86,6	13,2

Cuadro N°11: Descargas máximas diarias (m3/s)										
Año	R.Nepeña	R.Casma	R.Huarmey	Pativilca	R.Huaral	R.Rimac	R.Cañete	R.Pisco	R.Ica	R.Grande
	San Jacinto	Sector Tutuma	Pte. Huamba	Yonampampa Larga	Santo Domingo	Chosica	Socsi	Letrayocc	La Achirana	Pte. Carretera Grande
1984	80,0	47,0	100,0	517,8	116,6	110,7	425,5	482,6	99,9	123,8
1985	8,0	25,8	20,0	65,0	73,2	94,3	165,6	200,5	229,6	
1986	12,0	33,9		169,8	70,0	99,0	370,5	355,0	151,2	120,0
1987	35,0	22,5	40,0	174,6	80,0	82,9	487,3	146,2	67,8	47,5
1988	15,0	20,0	33,0	99,2	52,0	90,2	420,3	369,0	101,5	63,5
1989	4,3	34,0	12,3	207,9	110,9	92,7	377,0	247,5	98,7	85,0
1990	5,0	13,0	32,5	87,5	28,9	63,6	189,0	49,4		17,0
1991	10,2	40,0	3,5	125,6	72,0	95,3	372,0	320,0		25,5
1992	1,0	7,0	16,0	102,5	28,5	38,5	164,3	47,8		3,3
1993	12,0	80,0	45,0	351,6	78,3		390,0	118,0		
1994		80,0	9,5	307,7	65,9	90,5	550,0	312,5		61,0
1995	9,0	15,0	60,0	120,2		62,9	500,0	336,0		1,5
1996		100,0	119,0	343,2	125,4	70,6	310,0	190,0	141,0	86,0
1997	40,0	60,0	270,0	174,3		67,4	182,7	150,0	54,3	
1998	232,5	180,0		509,5		67,7	310,7		233,4	72,3
1999	125,0			379,6	120,0	75,8	318,2	355,0	166,8	197,5
2000	70,0	120,0		340,0	112,4	106,1	322,0	215,0	101,5	
2001	70,0	65,0		409,4	165,1	82,3		228,0		123,5
2002				333,7	97,5		274,0	300,0	155,4	32,5
2003				128,3	158,5		195,0	186,0	67,3	43,0
2004	4,4	9,2		117,7	61,2	49,0		215,0	60,6	27,6
2005		19,5			92,7		250,0	137,5	66,8	10,3
2006					114,7	64,7	285,0		118,1	136,3
2007					128,3			235,0		33,5

Fig.Nº78: Hidrograma de caudales máximos diarios

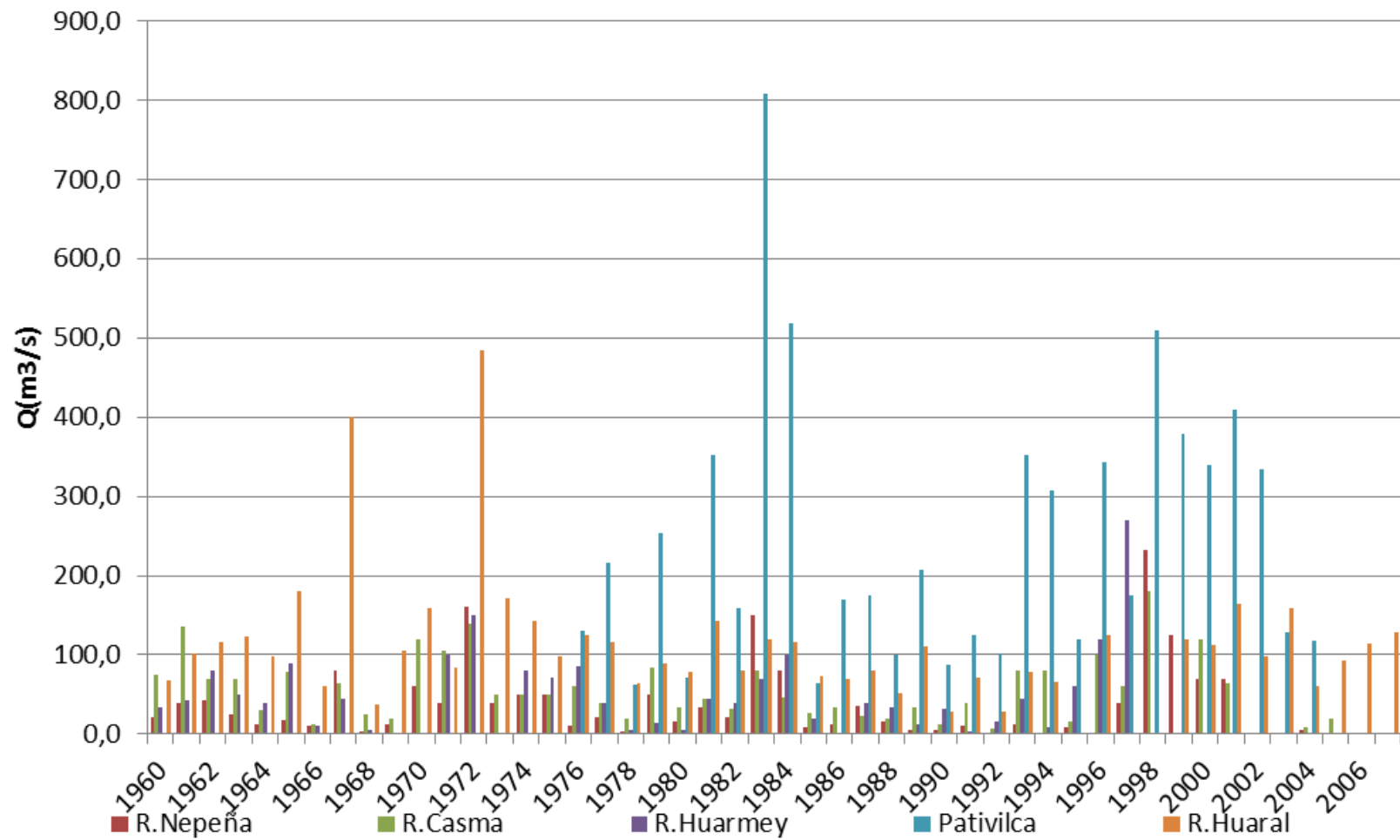
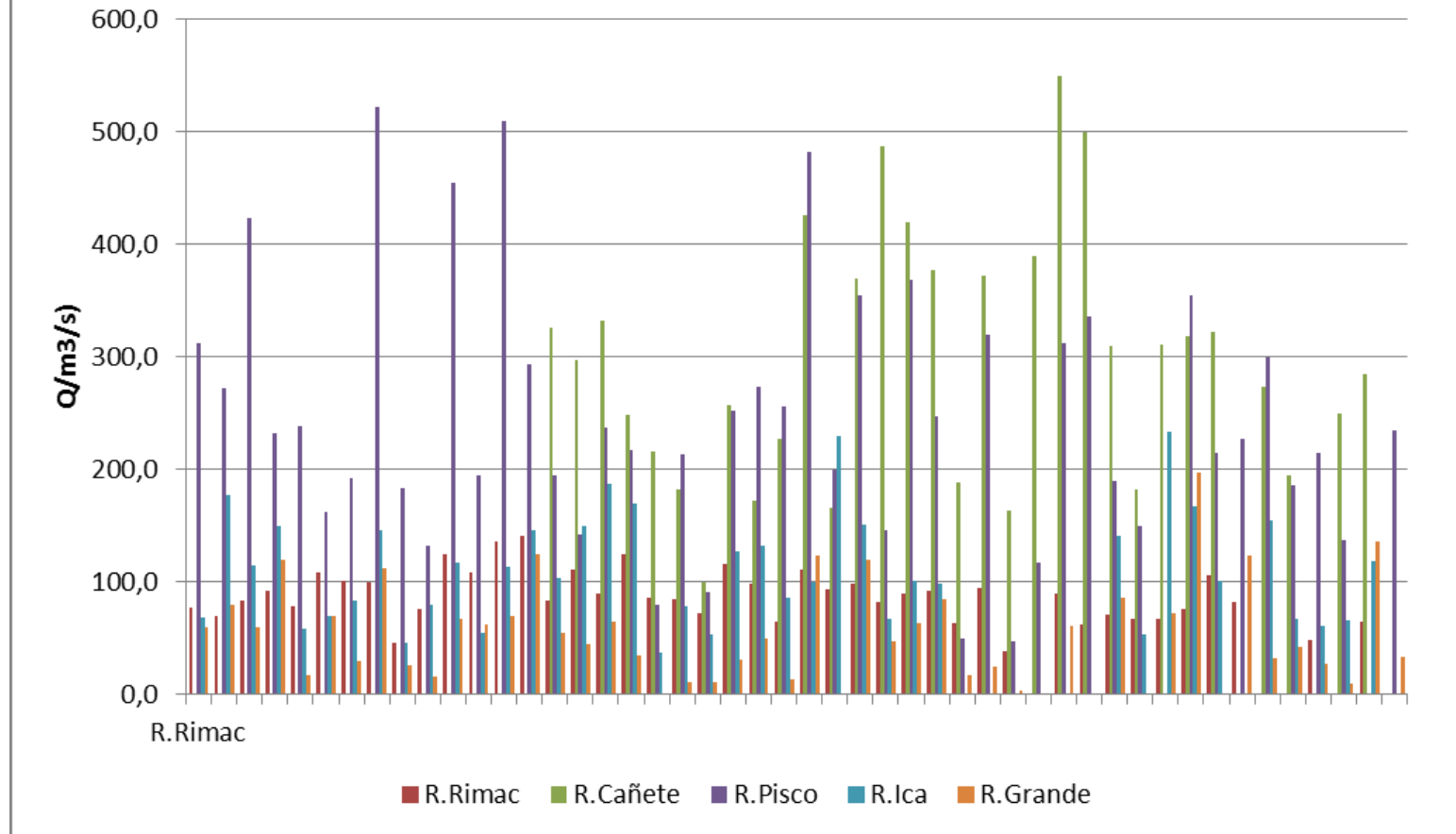
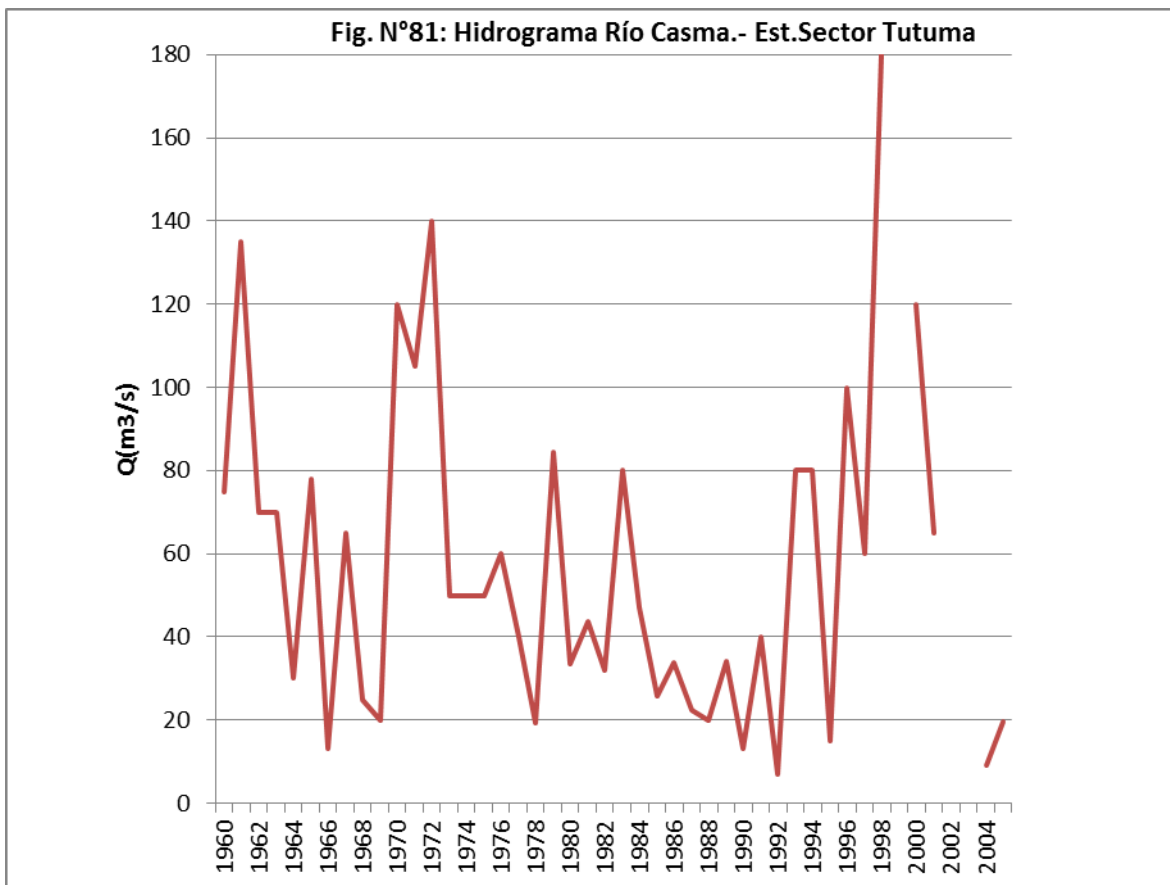
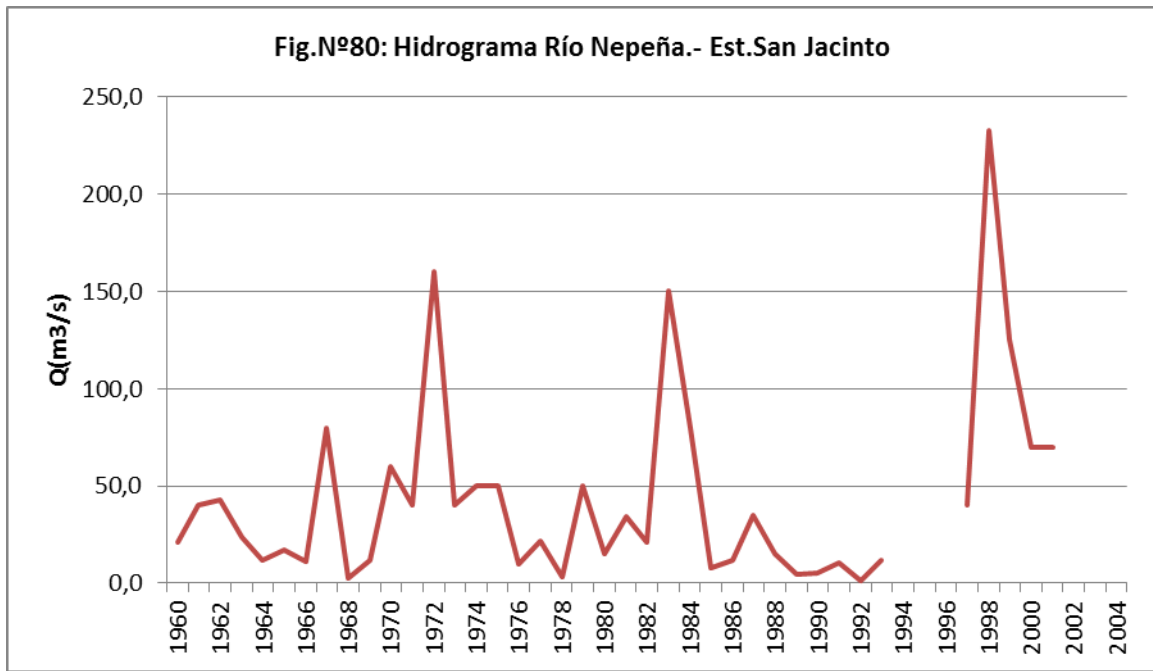
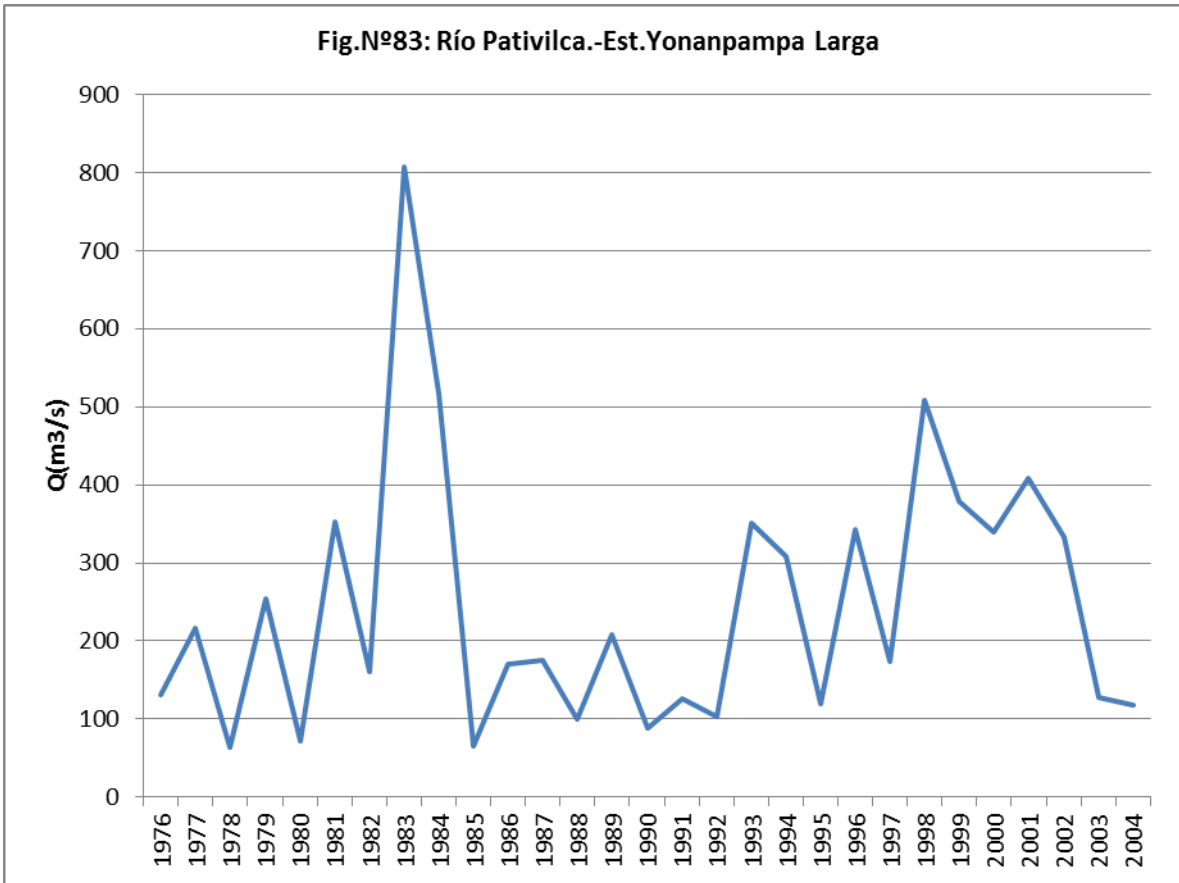
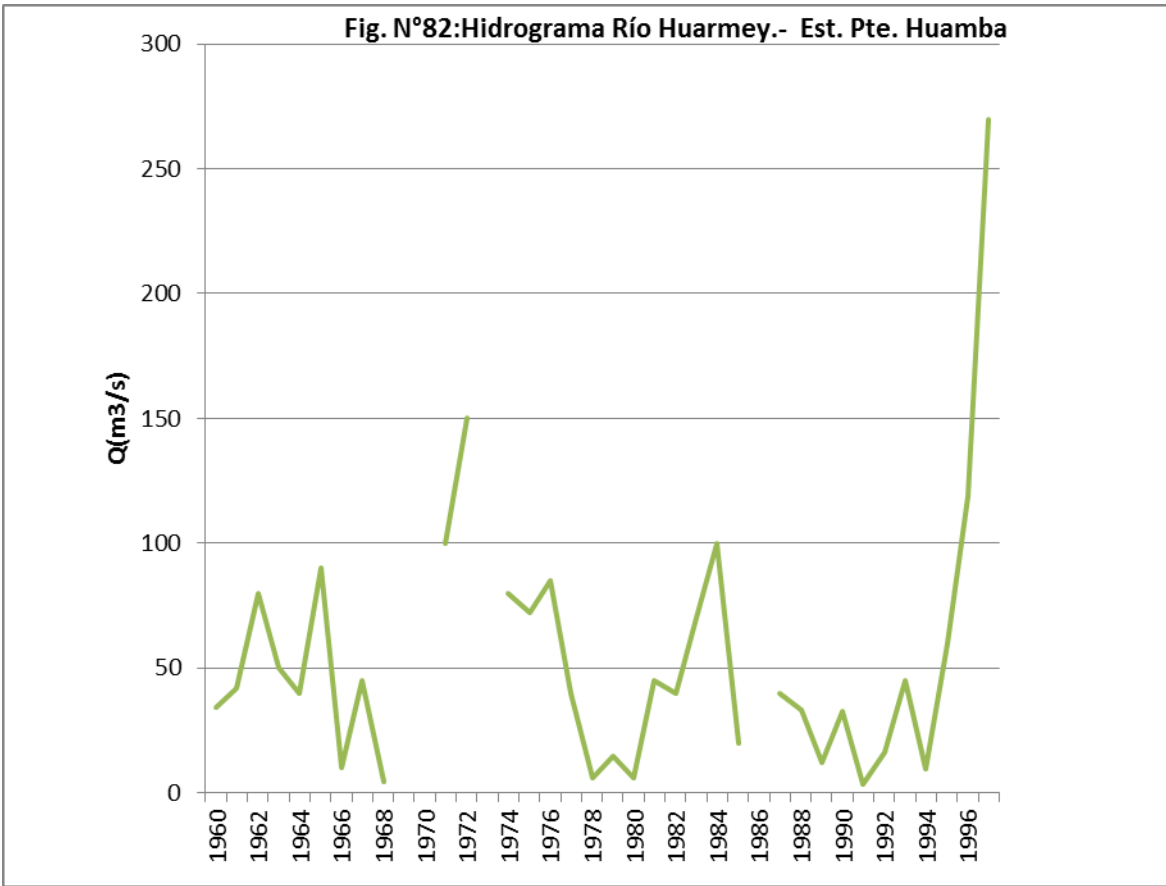
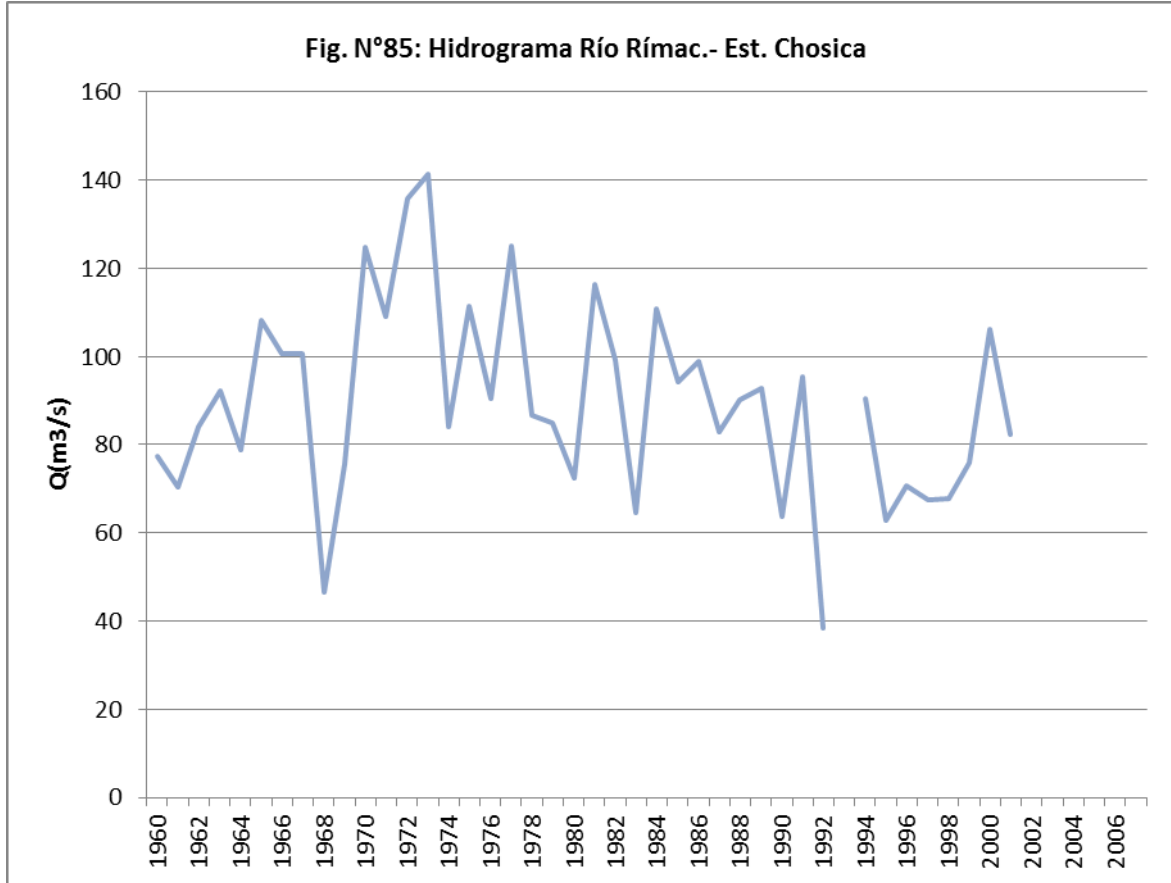
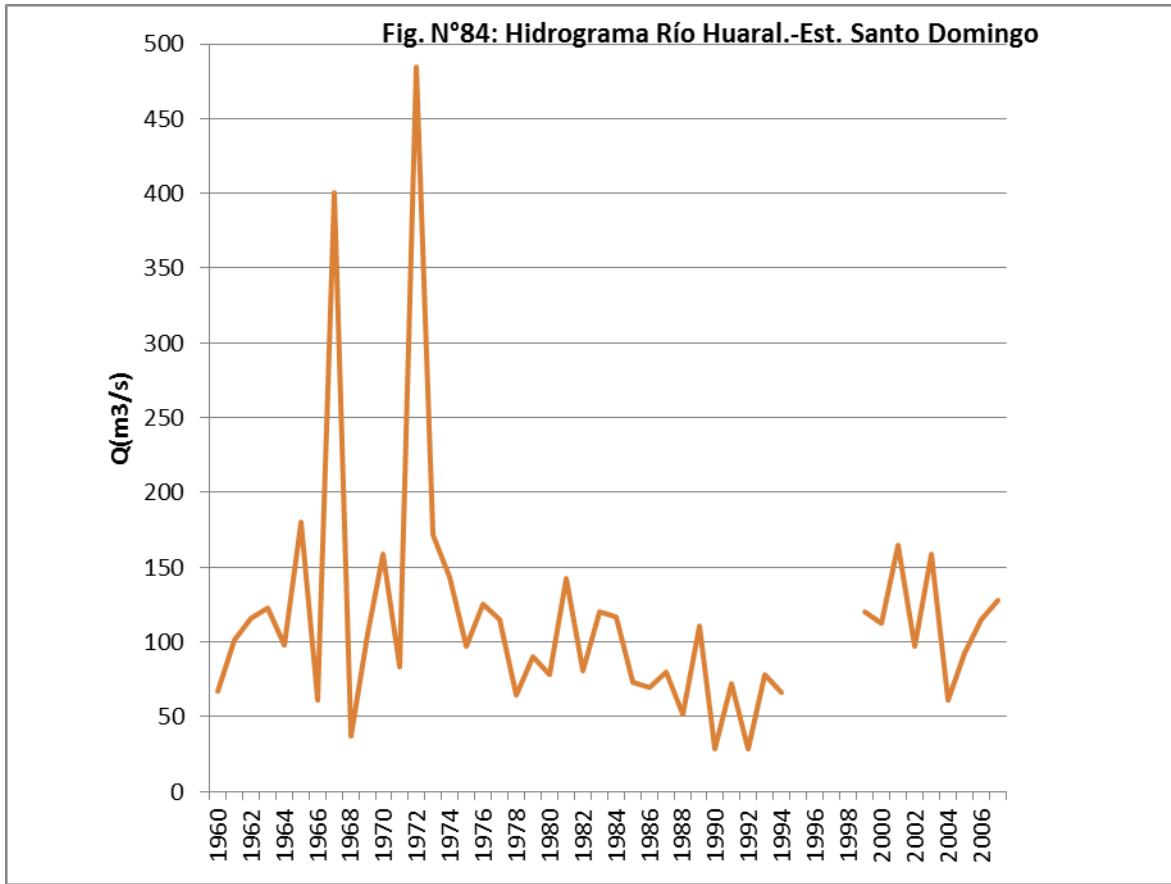


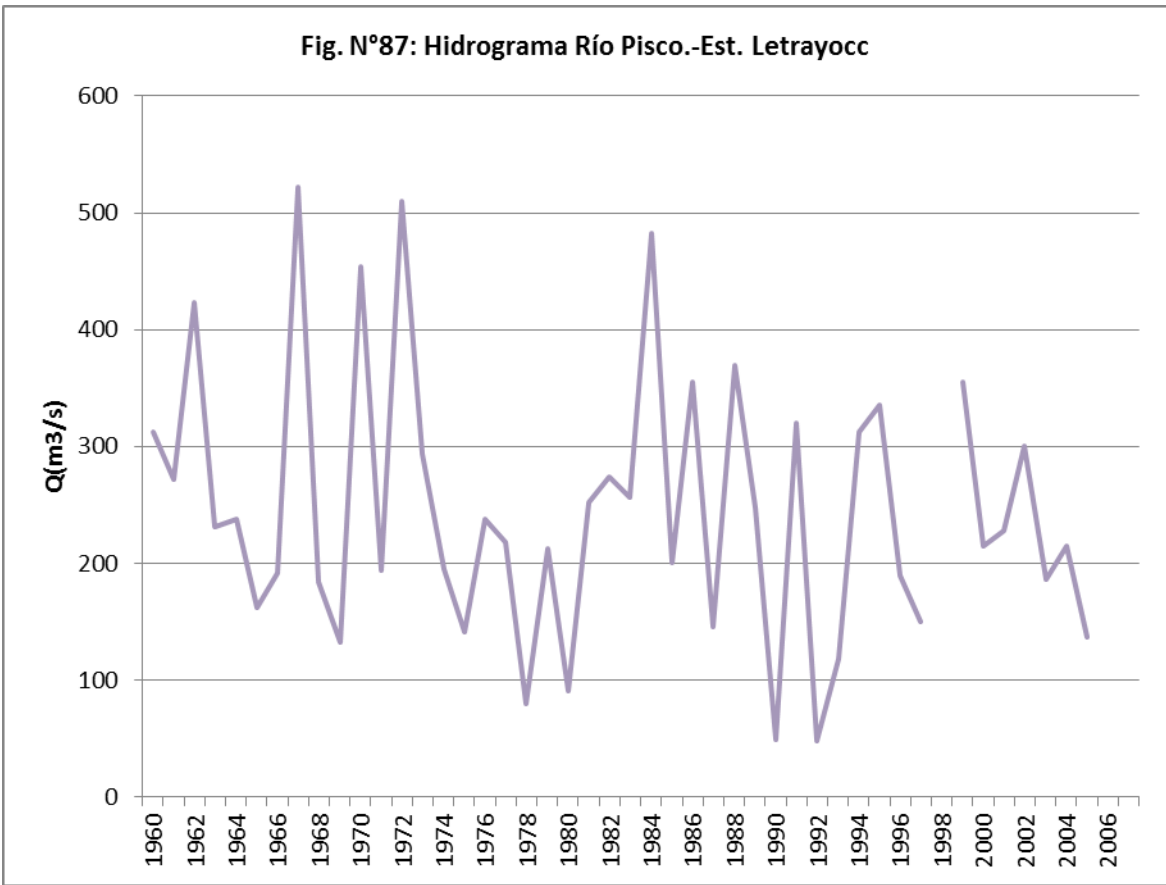
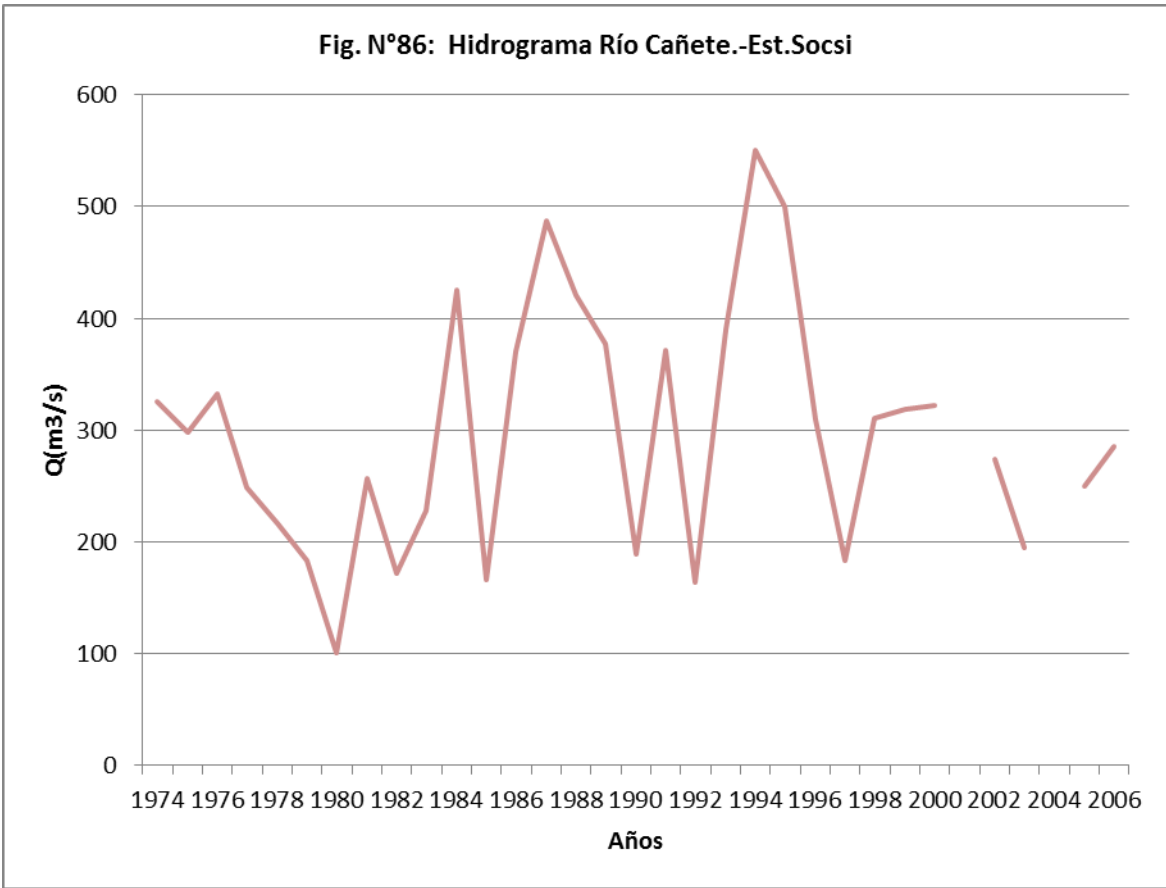
Fig.Nº79:Hidrograma de caudales máximos diarios

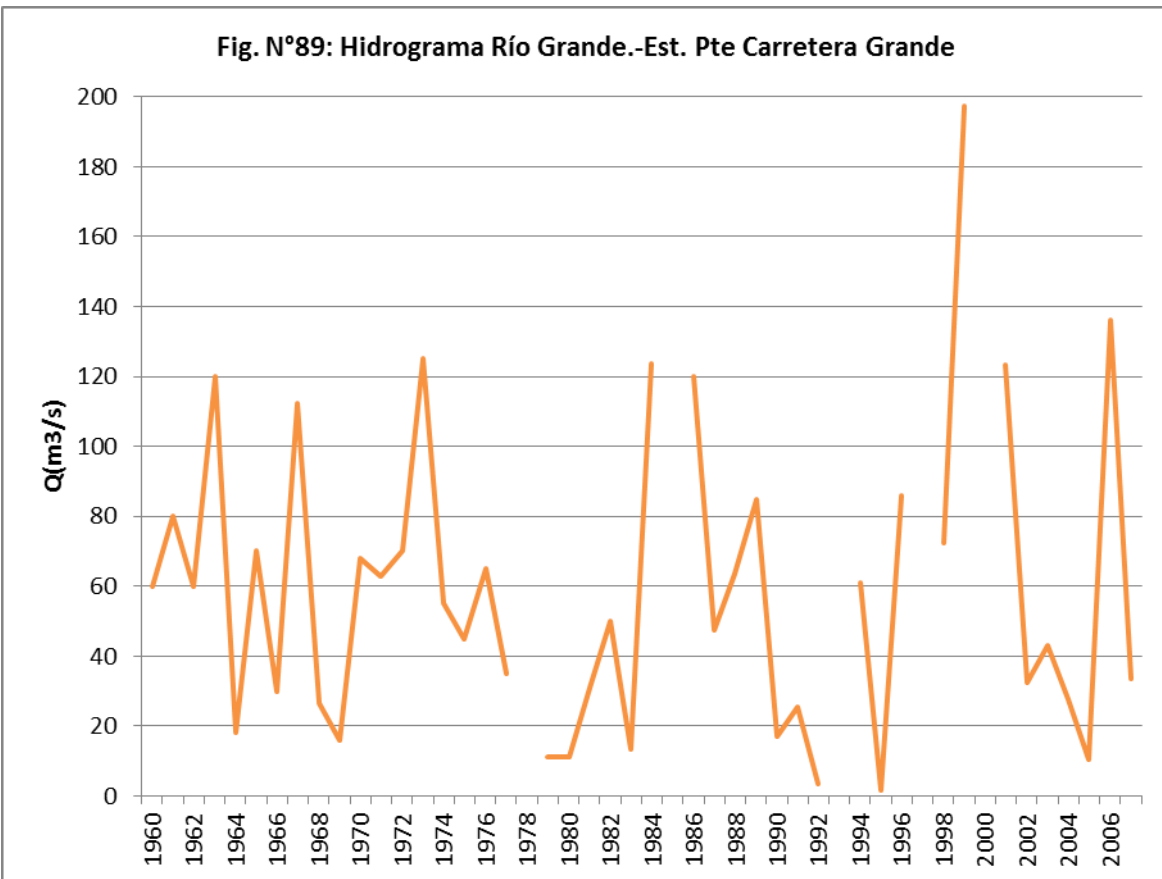
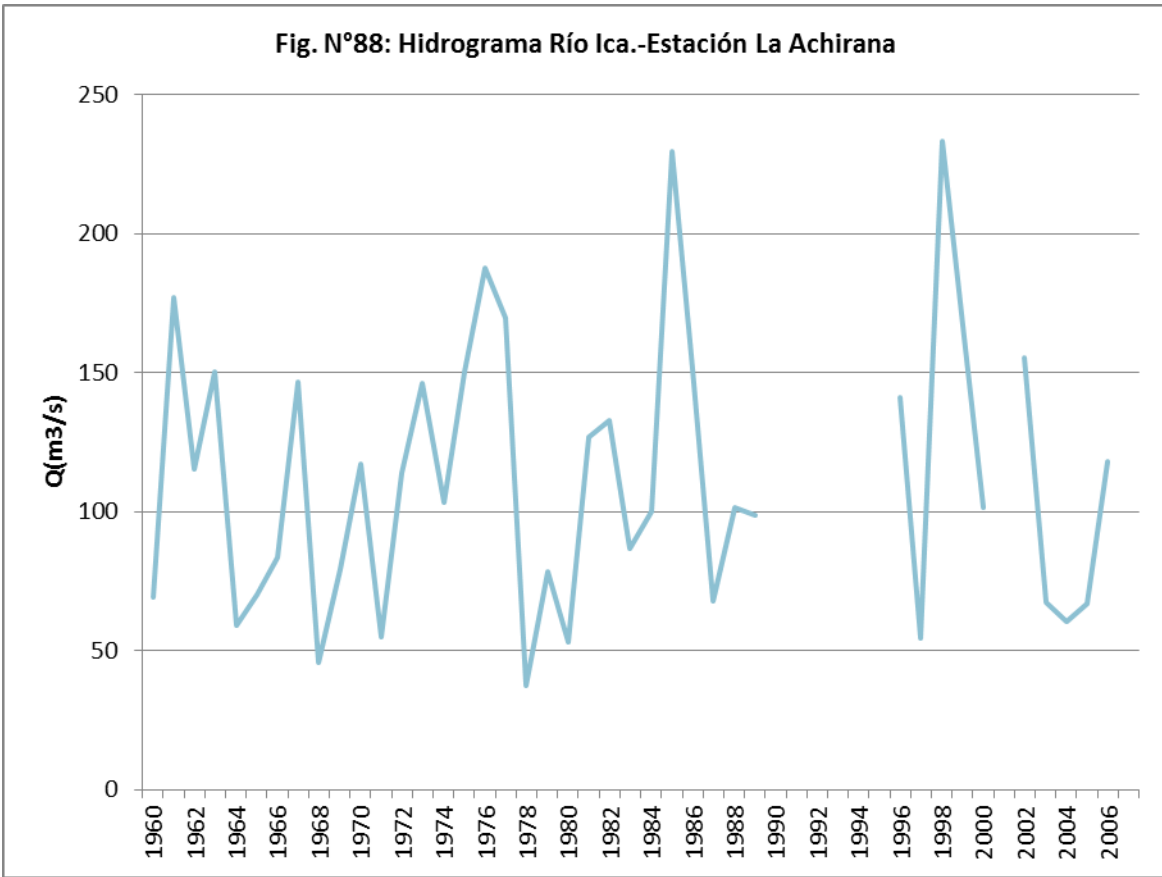












5.4 ANÁLISIS DE AÑOS HUMEDOS

Para identificar los años secos y húmedos se puede considerar el promedio normal de las precipitaciones para cada cuenca, diferenciando como años secos aquellos que se encuentran con valores anuales bajo la precipitación normal y, años húmedos, los que presentaban valores superiores a ésta. Como los caudales son respuesta de las precipitaciones, el análisis de años húmedos se va a realizar sobre la base de los caudales medios anuales.

Para ello se elaboraran las curvas de duración para cada serie de caudales medios anuales de los ríos. Para identificar los años húmedos se tomará el siguiente criterio:

- Año seco cuando el caudal sea menor o igual al 75% de probabilidad de ocurrencia, esto es, $P(X \leq x) = 75\%$
- Año húmedo cuando el caudal sea mayor o igual al 25% de probabilidad de ocurrencia, esto es $P(X \geq x) = 25\%$
- Año normal, cuando el caudal sea mayor o igual al 75% de probabilidad de ocurrencia pero menor al 25% de probabilidad de ocurrencia, esto es $P(X \geq x) = 75\%$ y $P(X \leq x) = 25\%$.

En el Cuadro N°12 se muestra los años húmedos para cada río de acuerdo a los criterios anteriormente citados. En el Cuadro N°13 se muestran los caudales medios anuales de los ríos y en las Fig. N°90 al N°98 las curvas de duración.

Por ejemplo para el Río Nepeña, se consideran como años húmedos, a aquellos cuyo caudal medio anual sea mayor o igual a 3.460 m³/s. y hay once años húmedos.

Cuadro N°12: Análisis de años húmedos.		
Río	Caudal (m ³ /s) con $P(X \geq x) = 25\%$ (1)	N° años húmedos
R.Nepeña	3,460	11
R.Casma	7,233	11
R.Huarmey	7,516	11
R.Pativilca	39,360	8
R.Huaral	18,440	13
R.Rímac	29,235	12
R.Cañete	66,470	10
R.Pisco	31,060	13
R.Ica	11,620	13
R.Grande	5,473	12

(1): Caudal mayor a este valor es considerado como húmedo

Cuadro N°13: Caudales medios anuales (m ³ /s)										
Año	R.Nepeña	R.Casma	Río Huarmey	R.Pativilca	R.Huaral	R.Rímac	Río Cañete	R.Pisco	R.Ica	R.Grande
	Area (Km ²)									
	1878,29	2973,97	2232,96	4577,24	3046,37	3485,36	6017	4208,75	7301,88	10991,27
	San Jacinto	Tutuma	Pte. Huamba	Yonanpampa Larga	Santo Domingo	Chosica	Socsi	Letrayoc	La Achirana	Pte.Carretera Grande
1960	1,512	3,390	2,882		12,250	19,670		18,550	2,621	1,285
1961	2,899	6,716	6,336		21,240	25,200		42,620	9,861	6,776
1962	3,709	6,676	8,500		16,980	24,560		32,220	8,922	5,042
1963	1,970	4,487	5,632		22,150	28,660		35,240	12,090	8,824
1964	1,448	2,927	3,492		18,180	23,380		15,270	6,612	1,258
1965	1,276	3,795	4,137		18,080	20,000		13,350	5,564	1,863
1966	0,882	0,821	0,654		10,470	22,090		17,430	4,780	0,829
1967	3,287	5,183	4,468		29,520	29,120		52,710	15,010	7,625
1968	0,144	0,590	0,168		8,248	18,920	17,040	15,200	6,464	1,300
1969	0,531	0,585	0,001		13,730	21,450	47,860	16,030	4,708	0,230
1970	1,900	7,047	5,561		18,230	27,320	130,000	25,490	8,736	3,780
1971	3,026	6,761	7,249		15,910	29,350	31,740	24,670	7,365	2,127
1972	4,991	11,610	7,565		33,470	31,300	76,130	44,720	11,620	6,130
1973	3,401	6,742	13,620		25,220	41,970	86,090	31,060	14,900	6,911
1974	2,725	4,596	5,801		20,250	30,720	47,200	24,680	9,519	5,186
1975	2,941	6,732	9,329	12,370	13,640	26,000	41,460	16,590	9,969	3,479
1976	0,865	7,606	5,381	23,010	15,400	27,810	56,160	21,700	10,880	4,681
1977	1,677	6,769	5,588	28,730	15,290	25,090	41,220	17,380	9,962	2,275
1978	0,150	2,247	0,918	7,763	10,030	24,130	37,260	8,187	3,575	0,683
1979	1,833	4,255	1,698	19,130	11,290	25,050	36,620	13,090	3,814	0,466
1980	0,564	2,860	0,179	7,863	9,479	22,010	28,330	8,212	2,623	0,352
1981	2,155	6,099	5,070	26,930	19,370	30,400	51,580	20,600	8,773	1,959
1982	1,284	3,845	1,601	17,640	14,520	27,820	45,820	17,790	9,394	3,701
1983	17,170	9,761	5,197	57,860	17,860	23,120	38,670	15,070	2,700	0,488

Cuadro N°13: Caudales medios anuales (m3/s)										
Año	R.Nepeña	R.Casma	Río Huarmey	R.Pativilca	R.Huaral	R.Rímac	Río Cañete	R.Pisco	R.Ica	R.Grande
	Area (Km2)									
	1878,29	2973,97	2232,96	4577,24	3046,37	3485,36	6017	4208,75	7301,88	10991,27
	San Jacinto	Tutuma	Pte. Huamba	Yonanpampa Larga	Santo Domingo	Chosica	Socsi	Letrayoc	La Achirana	Pte.Carretera Grande
1984	8,457	8,375	8,392	50,310	17,960	34,480	98,880	51,720	10,060	5,658
1985	0,605	4,433	1,147	8,353	12,460	27,290	40,630	22,470	9,980	2,140
1986	1,942	4,477	1,997	16,690	18,440	34,640	87,020	41,850	13,500	7,569
1987	2,787	3,544	2,258	18,490	14,850	28,810	49,390	16,710	5,037	1,441
1988	1,314	5,296	1,733	17,310	13,130	27,770	45,650	23,010	6,668	4,701
1989	0,982	8,820	7,697	37,700	18,280	31,670	70,410	32,640	11,480	7,013
1990	1,247	2,100	1,668	9,721	7,165	17,950	26,820	6,383	4,731	0,393
1991	1,624	1,843	1,199	10,790	10,020	23,580	49,610	16,550	5,325	1,316
1992	0,014	0,523	0,094	10,650	5,184	15,210	22,520	4,165	2,361	0,034
1993	1,756	8,491	2,875	39,170	13,400	26,570	72,410	22,650	7,412	1,147
1994	8,468	10,110	9,937	40,220	16,760	33,500	90,470	32,210	29,010	5,288
1995	0,848	2,454	1,237	16,910	8,571	20,510	49,850	33,140	16,580	0,030
1996	3,990	13,270	6,432	28,500	14,570	26,210	66,710	26,100	9,640	4,821
1997	1,026	2,960	5,228	14,710	12,270	20,480	32,460	10,940	5,548	1,163
1998	17,600	21,290	41,590	80,840	23,540	27,980	66,350	59,600	9,450	7,206
1999	6,385	8,239	22,660	42,920	16,640	26,870	46,570	26,120	11,620	10,550
2000	6,731	9,255	10,320	39,360	17,680	32,240	62,140	27,920	12,100	0,015
2001	7,889	6,032	10,790	56,090	24,420	33,680	80,700	30,620	20,480	8,098
2002	3,577	6,126	3,761	40,350	16,570	26,500	59,270	28,620	10,500	2,363
2003	2,071	5,891	7,466	19,670	20,660	25,880	58,660	25,240	7,887	3,075
2004	0,147	1,091	2,118	15,820	11,240	21,140	34,360	18,020	7,177	1,134
2005	0,714	1,382		34,510	13,280	20,990	32,320	16,410	5,825	0,833
2006					16,810	26,520	54,370	32,930	11,810	4,552
2007					19,650	29,080	53,330	28,010	21,440	2,705
2008			8,261		14,300	35,030	48,460	23,240	24,240	14,460
2009					23,560		49,590	27,350	0,115	

Fig.Nº90 Curva de Duración Río Nepeña.- Est.San Jacinto

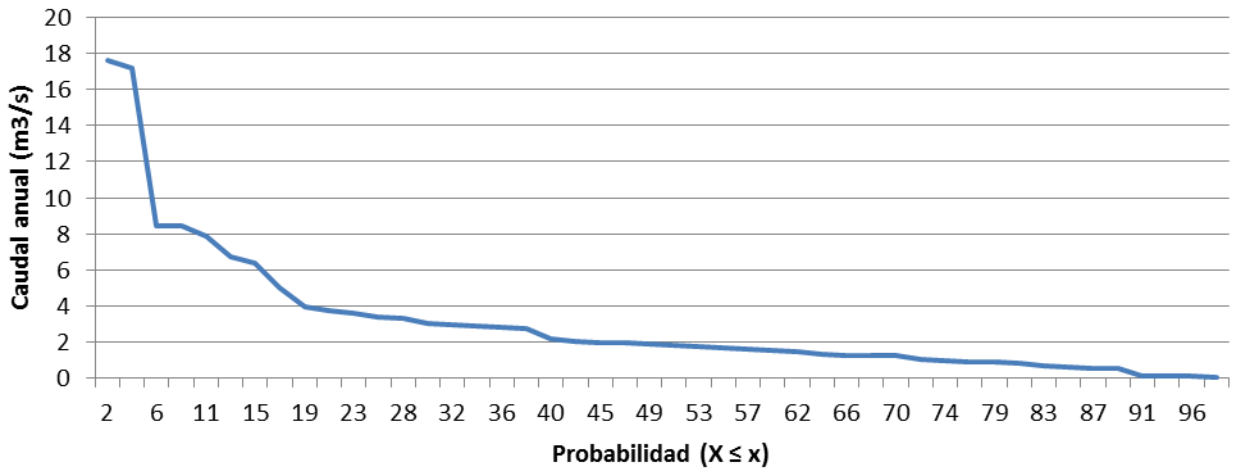


Fig.Nº91 Curva de Duración Río Casma.- Est.Tutuma

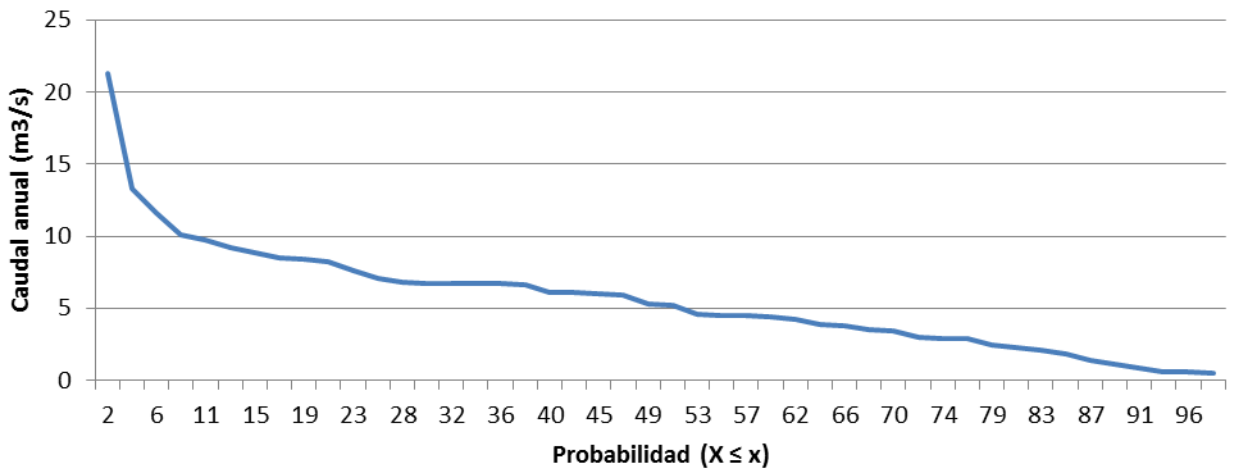


Fig.Nº92 Curva de Duración Río Huarmey.- Est.Huamba

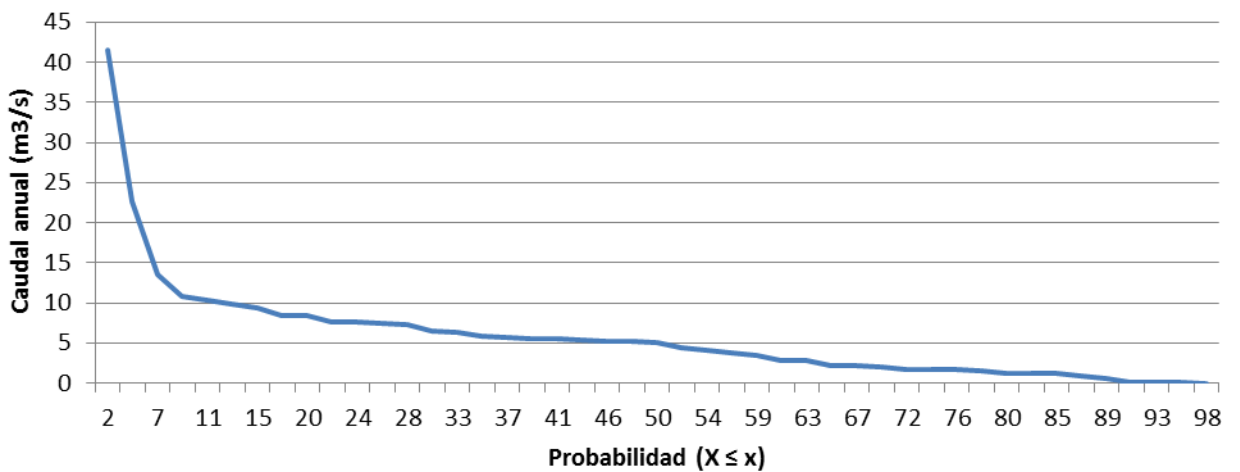


Fig.Nº93 Curva de Duración Río Pativilca.- Est.Yonanpampa Larga

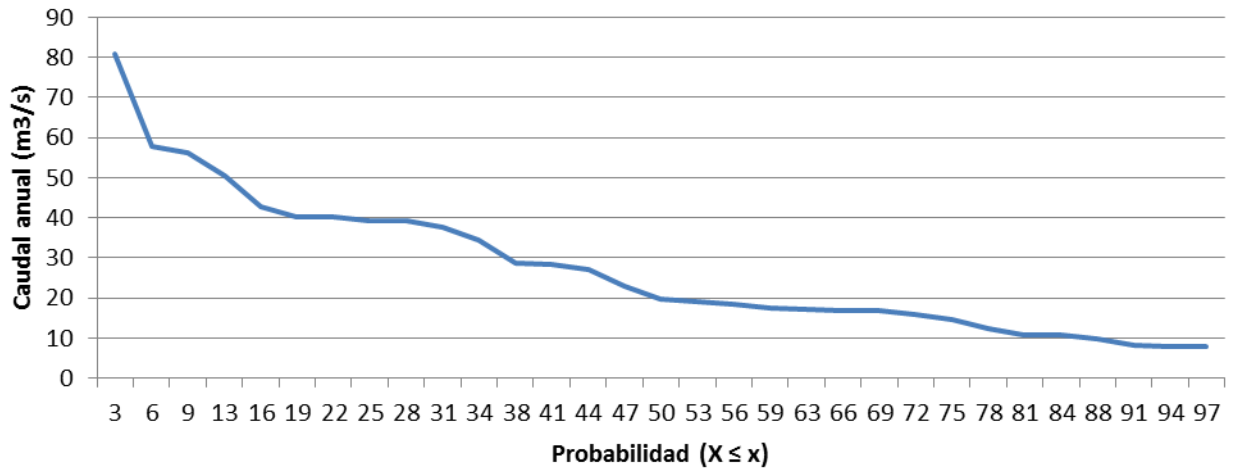


Fig.Nº94 Curva de Duración Río Huaral.- Est.Santo Domingo

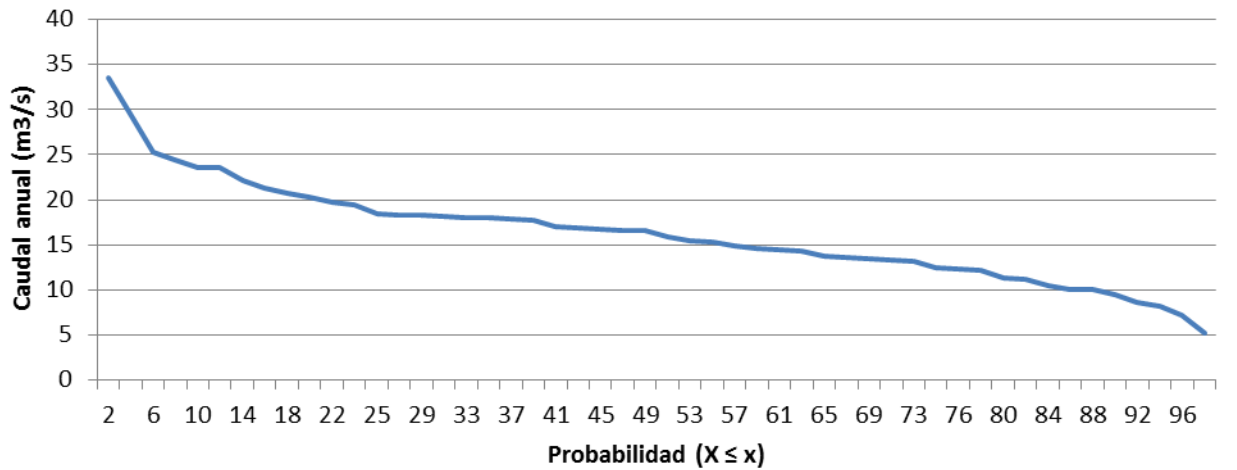


Fig.Nº95 Curva de Duración Río Rímac.- Est.Chosica

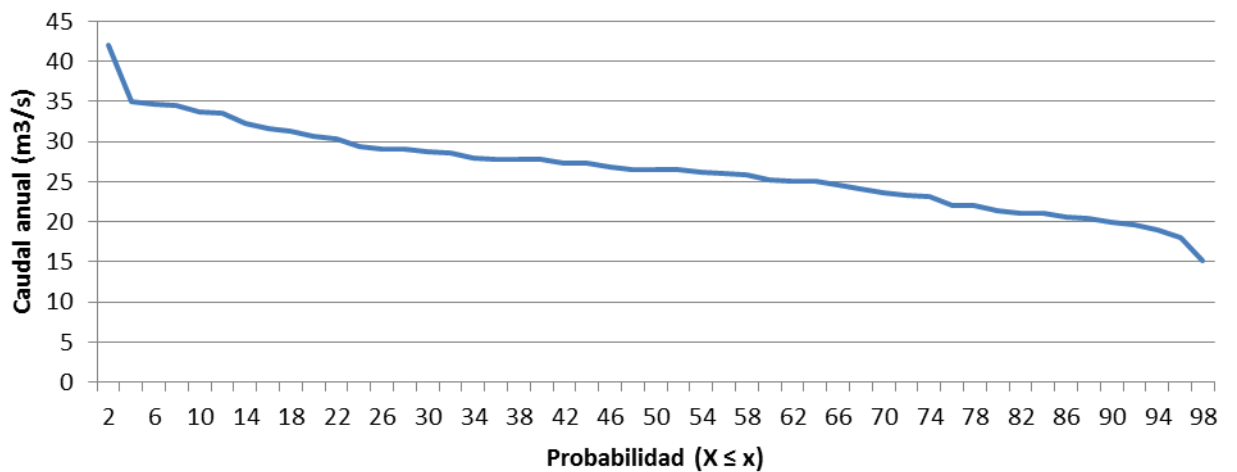


Fig.Nº96 Curva de Duración Río Cañete.- Est.Socsi

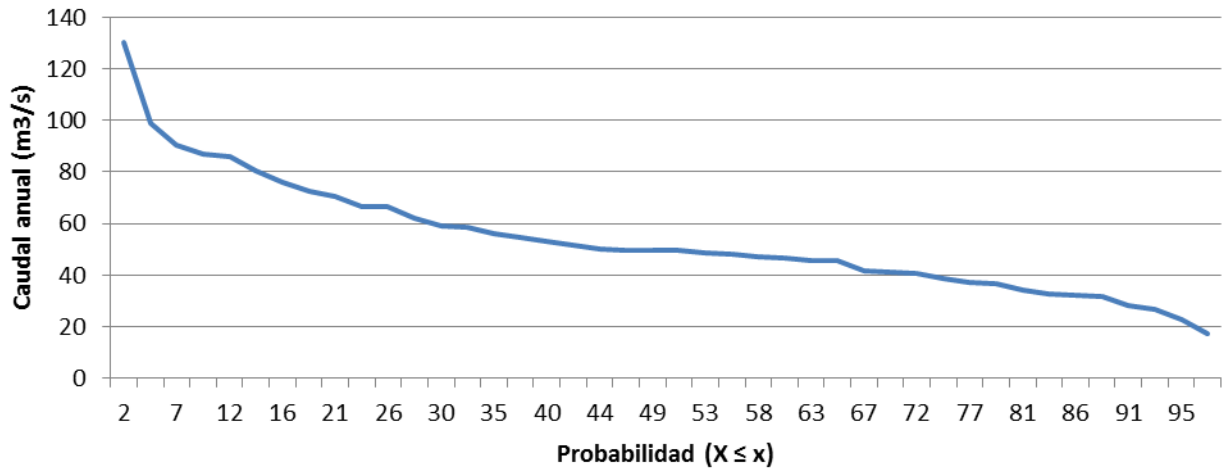


Fig.Nº97 Curva de Duración Río Pisco.- Est.Letrayoc

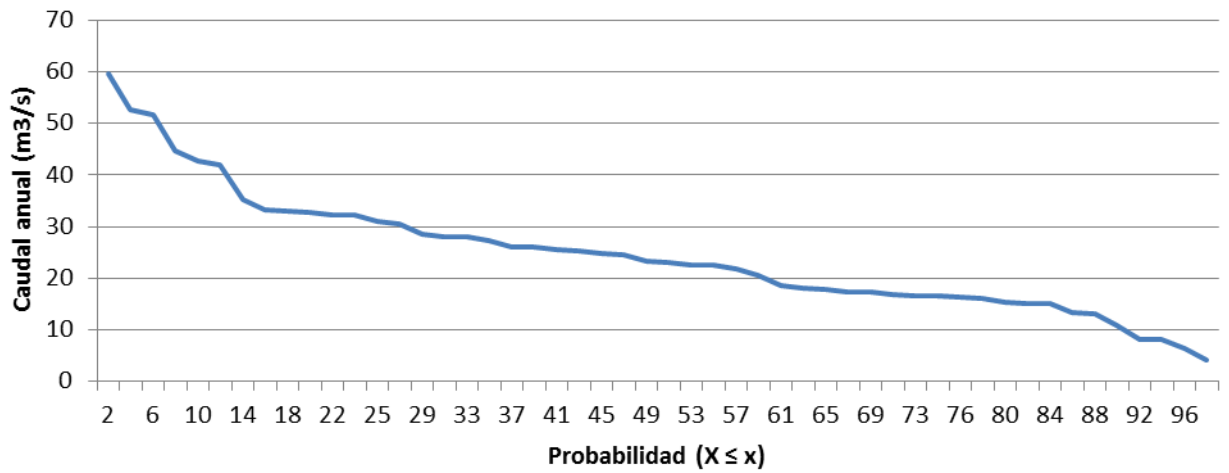
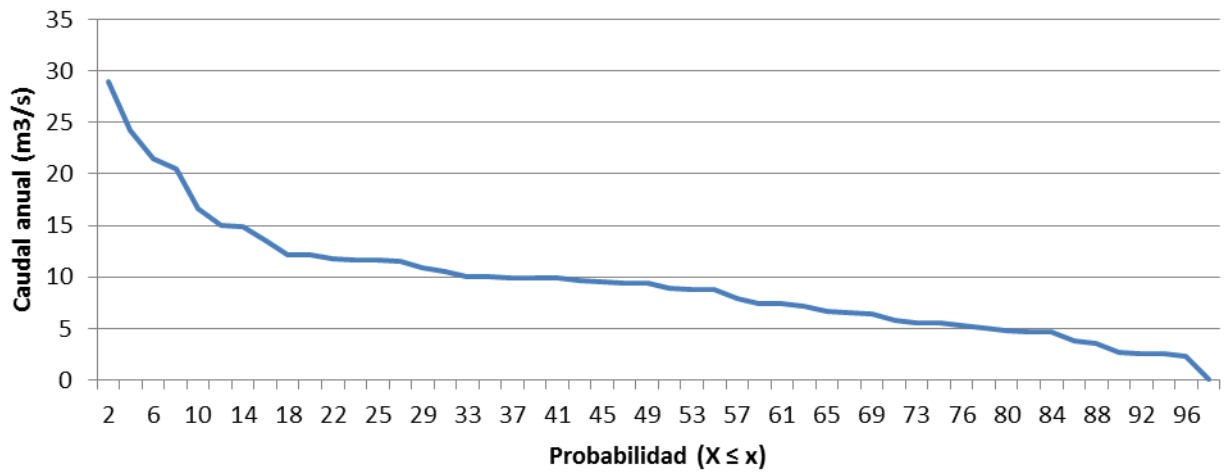
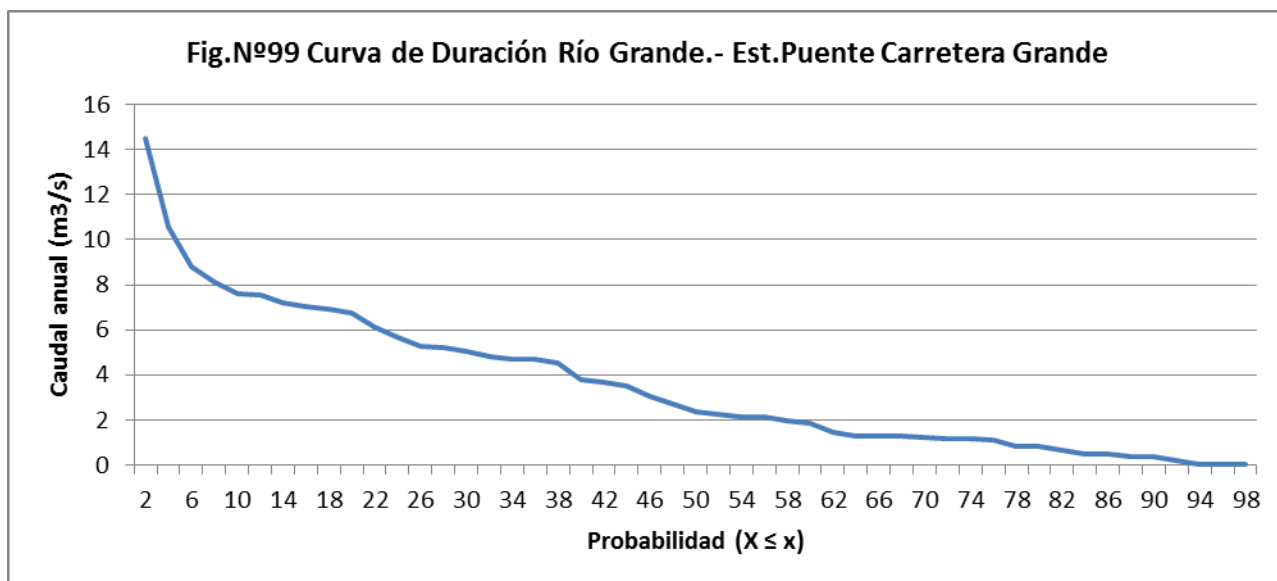


Fig.Nº98 Curva de Duración Río Ica.- Est.La Achirana





VI. EVENTOS HIDROLOGICOS EXTREMOS EN LAS CUENCAS

6.1 ANALISIS DE MAXIMAS AVENIDAS EN EL VALLE

6.1.1 Ajuste de Funciones de Probabilidad.

El comportamiento de las variables aleatorias discretas o continuas se describe con la ayuda de Distribuciones de Probabilidad.

Cada espacio muestra tiene su función de distribución o de densidad de probabilidad, que normalmente no se conoce a priori.

Debido a que el caudal es una variable aleatoria continua, cuyo dominio por definición es:

Siempre habrá una probabilidad no nula de que se presente un caudal menor o igual que un valor cualquiera en este rango, no importa que tan pequeño o grande sea dicho valor.

De aquí surge la necesidad de usar una fórmula que asigne una probabilidad no nula a cualquier evento. Esta ecuación puede ser:

Donde: m es el número de orden y n es el número total de datos.

Esta ecuación sitúa la probabilidad exactamente en el centro del intervalo. Otra ecuación muy utilizada en hidrología es la siguiente:

El período de retorno (T) del m -ésimo evento de los n registrados es entonces:

En el presente caso se van a determinar caudales máximos para los períodos de retorno de 25, 50, 75, 100 y 200 años.

Una vez que se designa un período de retorno al caudal de diseño, generalmente es necesario, para conocer el caudal de diseño, hacer extrapolaciones a partir de los caudales máximos anuales registrados, pues rara vez este período de retorno es menor al período de datos.

6.1.2 Función de Distribución de Probabilidad

En la estadística existen muchas funciones de distribución de probabilidad teóricas; de hecho, existen tantas como se quiera y obviamente no es posible probarlas todas para un problema particular. Por lo tanto, es necesario escoger, de esas funciones, las que se adapten mejor al problema bajo análisis.

Entre las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología se tienen las siguientes:

- Normal
- Log Normal
- Pearson Tipo III
- Log Pearson Tipo III
- Gumbel

Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Donde μ y σ son los parámetros de la distribución. Que determinan la forma de la función $f(x)$ y su posición en el eje x .

Es posible demostrar que μ y σ son respectivamente la media y la desviación estándar de la población y pueden estimarse como la media y la desviación estándar de los datos.

$$\bar{x} = \mu + \sigma z$$

Para resolver la ecuación se recurre a la variable estandarizada, que normalmente está distribuida con media cero y desviación estándar unitaria.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Distribución log Normal

En esta distribución los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente. La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left[\frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right]^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

Donde α y β son los parámetros de la distribución, se deduce que Donde α y β son respectivamente la media y la desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria.

Distribución Pearson Tipo III

La función de densidad de probabilidad es la siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left[\frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right]^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

Donde:

$\alpha_1, \beta_1, \delta_1 =$ parámetros de la función

$\Gamma(\beta_1) =$ función Gamma.

Los parámetros $\alpha_1, \beta_1, \delta_1$ se evalúan a partir de los datos de intensidades observadas (en este caso estimadas a partir de la lluvia máxima en 24 horas), mediante el siguiente sistema de ecuaciones.

$$\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1$$

$$S^2 = \alpha_1^2 \beta_1$$

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}}$$

Donde:

\bar{x} = es la media de los datos

S^2 = variancia de los datos

γ = coeficiente de sesgo, definido como:
$$\gamma = \frac{\sum \frac{(x_i - \bar{x})^3}{S^3}}{n}$$

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}} \left(\frac{x-\delta_1}{\alpha_1} \right)^{\beta_1-1} dx$$

Sustituyendo

$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1}$, la ecuación anterior se escribe como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int_0^y y^{\beta_1-1} e^{-y} dy$$

Esta última ecuación es una función de distribución chi cuadrada con $2\beta_1$ grados de libertad y también $\chi^2 = 2y$, es decir:

$$F(y) = F(\chi^2 | \nu) = F\chi^2(2y | 2\beta_1)$$

La función chi cuadrado se encuentra en tablas estadísticas.

Distribución Log Pearson Tipo III

Si se toman los logaritmos de la variable aleatoria y suponiendo que estos se comportan según la distribución Pearson Tipo III, se tiene la función Log Pearson Tipo III. Para la solución se sigue el mismo procedimiento que la distribución Pearson Tipo III.

Distribución Gumbel

Supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene "n" eventos. Si se selecciona el máximo "x" de los "n" eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que "n" aumenta, la función de distribución de probabilidad de "x" tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\beta)} e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Donde α y β son los parámetros de la función.

Los parámetros α y β , se estiman para muestras muy grandes, como:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se tiene:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - u_y / \alpha$$

Los valores de μ_y y σ_y se encuentran en tablas.

6.1.3 Determinación de Caudales Máximos para diferentes períodos de retorno.

Las descargas máximas de las doce estaciones fueron ajustadas a las distribuciones Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel, para ello se recurrió al software de cómputo, SMADA Versión 6.0.

Los resultados se muestran en el Anexo: Funciones de Distribución de Probabilidad de Caudales.

Prueba de bondad de ajuste.

Para saber que distribución teórica se ajustó mejor a los datos de intensidades calculadas, se aplicó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov.

Consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_0(X_m)$ y la estimada $F(X_m)$.

$$D = \max |F_0(x_m) - F(x_m)|$$

con un valor crítico "d" que depende del número de datos y del nivel de significación seleccionado.

Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula

Los valores del nivel de significación α que se usan normalmente son del 10%, 5% y 1%.

El valor de α , en la teoría estadística, es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula

H_0 = La función de distribución de probabilidad es $D(\alpha, \beta, \dots)$, cuando en realidad es cierta, es decir de cometer un error tipo I

La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_0(x_m) = 1 - \frac{m}{n+1}$$

Donde “m” es el número de orden del dato X_m en una lista de mayor a menor y “n” es el número total de datos.

De acuerdo a esta prueba de ajuste, los datos observados se ajustan a todas las distribuciones analizadas, sin embargo los datos se ajustan mejor a una determinada distribución por tener el menor valor de D.

Los resultados del análisis de Kolmogorov se muestran en el Anexo: Prueba de Kolmogorov para caudales, un resumen se muestra en el Cuadro N°14. Se observa que los caudales máximos se ajustan mejor a las funciones probabilísticas Log Pearson Tipo III y Gumbel.

Cuadro N° 14: Río, Estación y Distribución de mejor ajuste		
Río	Estación	Distribución
R.Nepeña	San Jacinto	Log Pearson Tipo III
R.Casma	Sector Tutuma	Log Pearson Tipo III
R.Huarmey	Pte. Huamba	Log Pearson Tipo III
Pativilca	Yonanpampa Larga	Gumbel
R.Huaral	Santo Domingo	Gumbel
R.Rimac	Chosica	Log Pearson Tipo III
R.Cañete	Socsi	Gumbel
R.Pisco	Letrayocc	Gumbel
R.Ica	La Achirana	Gumbel
R.Grande	Pte. Carretera Grande	Gumbel

6.1.4 Resultados

Un resumen de los resultados de la determinación de los caudales para diferentes períodos de retorno, en las cuencas en estudio a nivel de valle, se muestran en el Cuadro N°15.

Cuadro N°15: Caudales para diferentes períodos de retorno a nivel de valle							
Cuenca	Estación	Distribución	Caudal (m ³ /s)				
			25 años	50 años	75 años	100 años	200 años
R.Nepeña	San Jacinto	Log Pearson Tipo III	232,36	328,45	410,70	451,88	609,06
R.Casma	Sector Tutuma	Log Pearson Tipo III	183,29	235,30	242,10	245,48	364,88
R.Huarmey	Pte. Huamba	Log Pearson Tipo III	217,98	279,53	326,10	349,41	428,34
Pativilca	Yonanpampa Larga	Gumbel	520,19	598,00	649,50	675,23	752,18
R.Huaral	Santo Domingo	Gumbel	271,88	313,61	341,20	355,01	396,28
R.Rimac	Chosica	Log Pearson Tipo III	128,88	138,90	140,10	140,67	145,37
R.Cañete	Socsi	Gumbel	530,97	596,10	634,70	653,98	715,03
R.Pisco	Letrayocc	Gumbel	470,84	530,69	565,50	590,11	649,30
R.Ica	La Achirana	Gumbel	211,99	238,55	256,10	264,91	291,18
R.Grande	Pte. Carretera Grande	Gumbel	152,54	175,84	191,30	198,96	222,00

6.2 ANALISIS DE MAXIMAS AVENIDAS EN LA CUENCA ALTA

Las avenidas máximas en la cuenca fueron calculadas utilizando el modelo de precipitación-escorrentía HEC-HMS. Un aspecto importante en este modelo es la determinación de la precipitación, favorablemente en el ámbito de la zona de estudio existen 73 estaciones pluviométrica que permiten cuantificar valores representativos para las cuencas en estudio. Previamente los datos de precipitación máxima en 24 horas serán ajustadas a las funciones de distribución Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel, que fueron las funciones a las que se ajustaron mejor los caudales máximos.

6.2.1 Ajuste de Funciones de Probabilidad

Las precipitaciones máximas en 24 horas de las 73 estaciones fueron ajustadas a las distribuciones Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel, para ello se recurrió al software de cómputo, SMADA Versión 6.0.

Los resultados se muestran en el Anexo: Funciones de Distribución de Probabilidad de Precipitaciones Máximas en 24 h. En el Cuadro N°16 se presentan un resumen de los valores de precipitación máxima en 24 h para diferentes períodos de retorno.

Los resultados del análisis de Kolmogorov se muestran en el Anexo: Prueba de Kolmogorov para precipitaciones máximas en 24 h.

Con los valores de precipitación máxima para los periodos de retorno seleccionados, se elaboraron mapas de isoyetas para cada cuenca, utilizando el Método de Interpolación de Isoyetas, existiendo los métodos de interpolación Inversa de la distancia y el de Kriging.

a) Método de la inversa de la distancia: Este método considera que en un punto cualquiera de la cuenca el valor de la precipitación en ese punto

depende de los valores observados en el conjunto de las estaciones de la cuenca, donde cada estación tiene una influencia dependiente de la inversa de su distancia a este punto, elevada a una potencia, usualmente igual a 2. Con este sistema, las estaciones más cercanas tendrán mayor influencia que las estaciones más lejanas.

Este método de interpolación es más fino y especializado y el trazo de isolíneas es en forma circular, al igual que el método de los polígonos de Thiessen no toma en cuenta un gradiente espacial.

b) Método de Kriging: Este método consiste en establecer para cada punto de la grilla un variograma que evalúa la influencia de las estaciones próximas en función de su distancia al punto y de su rumbo. El Kriging es así el único método que puede tomar en cuenta un eventual gradiente espacial de la información, por lo tanto tiene como ventaja una interpolación de mejor calidad con menor sesgo y adicionalmente por tomar en cuenta un gradiente espacial de variación de valores puede realizar extrapolaciones más consistentes.

Entonces, cuando las estaciones son mal repartidas, y es necesario hacer en ciertas zonas de la cuenca extrapolación y no interpolación, es preferible utilizar éste método. Una de sus principales desventajas del método es que se necesita una buena comprensión del método y un mayor tiempo de cálculo.

Luego de un análisis de los métodos de interpolación antes descritos se optó para el trazo de la Isoyetas, el método de Kriging por ser el método más consistente.

Para ello se ha utilizado el software del Arc Gis 9.3 para la interpolación, los mapas de Isoyetas se muestran en el Anexo: Mapa de isoyetas de precipitación máxima en 24 h.

Con los mapas de isoyetas, y utilizando el software del Arc Gis 9.3, se obtienen los valores de precipitación máxima en 24 horas para los períodos de retorno de 25, 50, 75, 100 y 200 años para cada subcuenca, de las 10 cuencas en estudio, tal como se muestra en los cuadros del N°17 al N°26.

Cuadro N°16: Precipitación Máxima en 24 h para diferentes períodos de retorno.							
N°	Estación	Distribución	Período de Retorno				
			25 años	50 años	75 años	100 años	200 años
1	Aco	Gumbel Tipo 1	29,46	33,20	35,35	36,91	40,61
2	Aija	Pearson Tipo 3	31,10	34,89	37,06	38,66	42,44
3	Ambar	Log Pearson Tipo 3	44,58	53,04	58,25	62,21	72,15
4	Andahuasi	Pearson Tipo 3	14,77	19,70	22,74	25,03	30,72
5	Autisha	Gumbel Tipo 1	33,27	37,19	39,44	41,08	44,96
6	Ayaviri	Gumbel Tipo 1	43,59	47,72	50,09	51,83	55,91
8	Cajatambo	Gumbel Tipo 1	40,05	43,90	46,10	47,71	51,51
9	Cañete	Log Pearson Tipo 3	6,10	7,31	8,02	8,54	9,80
10	Carac	Log Pearson Tipo 3	35,76	39,76	42,10	43,85	48,05
11	Carampoma	Pearson Tipo 3	32,56	35,08	36,47	37,47	39,77
12	Carania	Log Pearson Tipo 3	32,64	36,68	39,12	40,96	45,52
13	Casapalca	Gumbel Tipo 1	34,21	37,45	39,31	40,67	43,87
14	Chiquian	Gumbel Tipo 1	37,29	41,22	43,47	45,12	49,00
15	Chosica	Log Pearson Tipo 3	21,29	28,14	32,62	36,12	45,33
16	Cocas	Log Pearson Tipo 3	40,93	45,88	48,86	51,11	56,66
17	Copara	Gumbel Tipo 1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
18	Córdova	Log Pearson Tipo 3	65,44	79,37	88,20	95,00	112,59
19	Cotahuasi	Gumbel Tipo 1	42,26	47,39	50,33	52,47	57,54
20	Cusicancha	Pearson Tipo 3	34,57	37,95	39,85	41,22	44,40
21	Gorgor	Gumbel Tipo 1	39,65	44,32	46,99	48,94	53,55
22	Hda. Bernales.	Log Pearson Tipo 3	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
23	Hipólito Unanue	Log Pearson Tipo 3	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
24	Huachos	Pearson Tipo 3	42,69	46,83	49,16	50,86	54,82
25	Huac- Huas	Log Pearson Tipo 3	69,15	80,87	88,22	93,86	108,32
26	Huallanca	Pearson Tipo 3	42,24	45,25	46,92	48,12	50,88
27	Huamani	Log Pearson Tipo 3	40,07	54,82	64,22	71,43	89,73
28	Huamantanga	Gumbel Tipo 1	38,87	43,69	46,46	48,48	53,25
29	Huancano	Gumbel Tipo 1	21,30	24,73	26,69	28,13	31,52
30	Huangascar	Log Pearson Tipo 3	45,36	53,11	57,88	61,50	70,61
31	Huaraz	Gumbel Tipo 1	59,60	66,68	70,74	73,71	80,71
32	Huarochiri	Gumbel Tipo 1	35,92	40,25	42,74	44,55	48,84
33	Huaros	Log Pearson Tipo 3	34,41	37,87	39,86	41,31	44,79
34	Huayan	Log Pearson Tipo 3	18,85	27,08	33,00	37,88	51,95
35	Lachaqui	Gumbel Tipo 1	50,35	56,52	60,06	62,64	68,74
36	Laramarca	Gumbel Tipo 1	65,60	73,52	78,06	81,37	89,20
37	Llaclín	Gumbel Tipo 1	42,36	47,58	50,58	52,76	57,93
38	Llauta	Gumbel Tipo 1	37,59	41,98	44,50	46,33	50,67
39	Lomas de Lachay	Gumbel Tipo 1	17,57	20,36	21,97	23,14	25,90
40	Los Cedros	Pearson Tipo 3	102,33	119,72	129,72	137,03	154,34
41	Malvas	Log Pearson Tipo 3	48,10	55,08	59,23	62,32	69,87
42	Matucana	Gumbel Tipo 1	31,97	35,44	37,43	38,88	42,32
43	Milpo	Gumbel Tipo 1	56,41	63,28	67,23	70,11	76,91
44	Mina Colqui	Gumbel Tipo 1	33,48	37,67	40,07	41,82	45,96
45	Ocaña	Gumbel Tipo 1	39,23	44,50	47,52	49,72	54,93
46	Ocos	Gumbel Tipo 1	36,51	40,66	43,04	44,77	48,87

Cuadro N°16: Precipitación Máxima en 24 h para diferentes períodos de retorno.							
N°	Estación	Distribución	Período de Retorno				
			25 años	50 años	75 años	100 años	200 años
47	Ocucaje	Log Pearson Tipo 3	11,34	16,10	19,40	22,06	29,44
48	Otoca	Gumbel Tipo 1	33,56	37,84	40,29	42,08	46,31
49	Pacarán	Gumbel Tipo 1	12,55	14,64	15,83	16,70	18,76
50	Pachamachay	Log Pearson Tipo 3	20,00	20,53	20,80	20,99	21,39
51	Palpa	Log Pearson Tipo 3	16,13	25,14	32,27	38,47	58,02
52	Pampa Blanca	Log Pearson Tipo 3	22,87	26,52	28,59	30,09	33,58
53	Pampa Galeras	Pearson Tipo 3	56,32	62,76	66,46	69,15	75,52
54	Pampahuasi	Gumbel Tipo 1	64,72	71,92	72,47	80,15	87,81
55	Pararín	Gumbel Tipo 1	60,31	68,39	73,05	76,45	84,53
56	Pariacoto	Pearson Tipo 3	48,75	59,23	65,41	69,98	81,01
57	Parquín	Pearson Tipo 3	41,28	46,18	49,04	51,15	56,20
58	Pira	Log Pearson Tipo 3	44,19	49,41	52,41	54,60	59,81
59	Pirca	Pearson Tipo 3	30,81	34,00	35,84	37,17	40,33
60	Quián	Pearson Tipo 3	18,59	21,93	23,84	25,25	28,55
61	San Camilo	Pearson Tipo 3	17,69	22,25	24,96	26,98	31,88
62	San José de Parac	Pearson Tipo 3	34,74	37,53	39,08	40,20	42,77
63	San Juan de Huirpa	Log Pearson Tipo 3	45,01	50,95	54,53	57,21	63,86
64	Santiago de Chocorvos	Gumbel Tipo 1	45,03	51,15	54,66	57,23	63,28
65	Santiago de Tuna	Gumbel Tipo 1	65,27	74,60	79,94	83,85	93,07
66	Tambo	Gumbel Tipo 1	45,91	50,73	53,50	55,52	60,29
67	Tanta	Gumbel Tipo 1	46,16	52,01	55,36	57,81	63,58
68	Ticrapo	Gumbel Tipo 1	44,32	49,92	53,14	55,48	61,02
69	Totora	Pearson Tipo 3	35,09	37,58	38,96	39,94	42,20
70	Vilca	Pearson Tipo 3	49,51	57,26	61,82	65,20	73,32
71	Villa de Armas	Gumbel Tipo 1	57,28	64,73	69,01	72,13	79,50
72	Yauricocha	Pearson Tipo 3	49,84	57,05	61,31	64,45	72,04
73	Yauyos	Log Pearson Tipo 3	32,39	35,93	37,97	39,48	43,09

Cuadro N°17: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Casma							
DrainID	NAME	RIOS	PP_25	PP_50	PP_75	PP_100	PP_200
121	Sechin	R20	30,03	35,99	39,55	42,13	48,25
122	Yautan	R120	51,56	61,51	67,45	71,82	82,31
132	Alto Casma	R300	57,61	66,48	71,74	75,56	84,71
147	Bajo Casma	R380	2,05	2,34	2,52	2,61	2,82
165	Pira	R670	50,79	57,33	61,11	63,86	70,40
175	Medio Alto Casma	R680	49,23	57,54	62,45	66,06	74,75
176	Medio Bajo Casma	R490	9,76	12,16	13,57	14,62	17,13
187	Medio Casma	R570	44,65	54,22	59,93	64,17	74,47
198	Vado	R970	40,04	45,13	48,06	50,19	55,24

Cuadro N°18: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Nepeña							
<i>DrainID</i>	<i>NAME</i>	<i>RIOS</i>	<i>PP_25</i>	<i>PP_50</i>	<i>PP_75</i>	<i>PP_100</i>	<i>PP_200</i>
57	Lampanin	R160	67,00	78,70	85,47	90,35	101,90
58	Alto Nepeña	R170	78,44	92,13	100,05	105,80	119,40
64	Larea	R280	67,68	79,61	86,62	91,68	103,64
69	Medio Alto Nepeña	R240	57,49	67,59	73,49	77,71	87,69
75	Medio Nepeña	R320	44,18	51,95	56,52	59,73	67,38
79	Loco	R350	46,33	54,71	59,67	63,22	71,62
91	Bajo Nepeña	R480	20,84	24,39	26,53	27,91	31,29

Cuadro N°19: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Huarmey							
<i>DrainID</i>	<i>NAME</i>	<i>RIOS</i>	<i>PP_25</i>	<i>PP_50</i>	<i>PP_75</i>	<i>PP_100</i>	<i>PP_200</i>
31	W310	R20	35,62	39,58	41,83	43,47	47,33
33	W330	R50	43,08	48,60	51,82	54,19	59,87
35	W350	R110	32,39	37,01	39,72	41,74	46,65
36	W360	R130	21,35	24,64	26,26	27,63	30,98
38	W380	R80	48,01	54,95	59,08	62,14	69,64
47	W470	R220	27,72	31,79	33,79	35,50	39,74
48	W480	R190	21,17	24,71	26,17	27,65	31,44
49	W490	R210	21,24	24,75	26,22	27,69	31,44
51	W510	R230	25,18	29,15	30,90	32,56	36,77
55	W550	R250	21,01	24,59	26,05	27,55	31,42

Cuadro N°20: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Pativilca							
<i>DrainID</i>	<i>NAME</i>	<i>RIOS</i>	<i>PP_25</i>	<i>PP_50</i>	<i>PP_75</i>	<i>PP_100</i>	<i>PP_200</i>
70	W700	R20	41,73	45,98	48,39	50,14	54,29
71	W710	R310	33,38	36,70	38,57	39,35	42,52
72	W720	R90	36,55	39,56	41,21	41,61	44,53
83	W830	R180	39,21	42,72	44,68	45,77	49,22
94	W940	R190	34,17	38,17	40,45	42,08	46,04
97	W970	R360	32,89	37,04	39,38	41,09	45,25
103	W1030	R500	35,14	40,62	43,69	46,19	52,06
105	W1050	R370	40,37	45,21	48,26	50,39	55,33
123	W1230	R620	40,04	46,40	50,29	53,35	60,11

Cuadro N°21: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Chancay-Huaral							
<i>DrainID</i>	<i>NAME</i>	<i>RIOS</i>	<i>PP_25</i>	<i>PP_50</i>	<i>PP_75</i>	<i>PP_100</i>	<i>PP_200</i>
43	W430	R20	27,91	36,80	38,30	39,07	42,23
45	W450	R60	24,74	34,18	35,20	36,12	38,65
46	W460	R80	29,27	32,72	34,32	35,18	37,91
51	W510	R130	33,67	37,34	39,60	41,28	45,03
55	W550	R180	33,25	37,40	40,99	43,32	48,84
57	W570	R300	24,30	29,99	36,39	40,27	50,23
59	W590	R250	37,06	40,96	44,23	46,55	51,71
67	W670	R280	25,84	32,56	37,07	41,04	52,24
68	W680	R350	13,67	21,01	25,10	28,35	39,33

Cuadro N°22: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Rímac							
<i>DrainID</i>	<i>NAME</i>	<i>RIOS</i>	<i>PP_25</i>	<i>PP_50</i>	<i>PP_75</i>	<i>PP_100</i>	<i>PP_200</i>
40	W400	R120	33,92	37,17	39,03	40,39	43,59
44	W440	R20	31,89	35,50	37,56	39,04	42,57
47	W470	R150	32,28	35,21	36,78	37,82	40,42
48	W480	R190	35,29	38,81	40,66	42,40	45,60
50	W500	R250	33,88	38,07	40,56	42,37	46,67
53	W530	R180	33,41	37,22	39,00	41,00	43,96
54	W540	R280	19,65	24,43	26,59	29,02	36,37
55	W550	R270	41,96	47,23	50,34	52,60	57,78
63	W630	R310	20,96	26,59	30,23	32,99	40,79
66	W660	R340	6,63	8,60	9,80	10,71	13,68

Cuadro N°23: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Cañete							
<i>DrainID</i>	<i>NAME</i>	<i>RIOS</i>	<i>PP_25</i>	<i>PP_50</i>	<i>PP_75</i>	<i>PP_100</i>	<i>PP_200</i>
93	W930	R20	47,77	54,70	58,74	61,72	68,87
94	W940	R110	51,77	59,67	64,34	67,81	76,16
105	W1050	R240	39,51	44,95	48,20	50,61	56,53
108	W1080	R290	42,70	48,72	52,30	54,98	61,55
137	W1370	R480	49,70	57,23	61,76	65,21	73,64
142	W1420	R600	32,03	37,49	40,81	43,35	49,63
148	W1480	R660	50,30	58,44	63,38	67,13	76,43
149	W1490	R690	21,63	25,41	27,68	29,40	33,58
170	W1700	R420	31,72	35,20	37,19	38,66	42,18
182	W1820	R830	10,71	12,66	13,81	14,65	16,75
180	W1800	R550	32,90	37,82	40,75	42,97	48,42

Cuadro N°24: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Pisco							
DrainID	NAME	RIOS	PP_25	PP_50	PP_75	PP_100	PP_200
56	W560	R20	42,05	45,84	47,93	49,61	53,21
63	W630	R50	36,95	39,88	41,15	42,05	44,35
68	W680	R200	39,44	43,63	46,13	47,91	52,40
74	W740	R160	37,32	40,83	43,42	45,44	49,63
82	W820	R280	37,27	42,08	44,75	46,83	51,52
83	W830	R240	22,21	24,67	26,18	27,29	29,74
84	W840	R220	35,74	39,22	41,06	42,39	45,53
85	W850	R400	25,16	30,12	33,26	35,58	41,23
96	W960	R450	3,15	3,79	4,20	4,51	5,27

Cuadro N°25: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Ica							
DrainID	NAME	RIOS	PP_25	PP_50	PP_75	PP_100	PP_200
112	W1120	R40	44,92	46,99	50,85	52,18	55,65
113	W1130	R20	49,94	52,29	56,79	58,49	62,69
124	W1240	R260	42,33	56,47	65,22	71,94	88,89
134	W1340	R440	22,17	28,80	32,89	36,00	43,82
177	W1770	R560	7,04	9,85	11,79	13,35	17,73
178	W1780	R710	19,37	27,71	33,84	38,94	54,10
179	W1790	R970	6,15	10,54	14,01	17,00	26,57
220	W2200	R670	35,65	46,54	53,42	58,72	72,39
190	W1900	R750	13,56	20,33	25,35	29,55	42,10
198	W1980	R980	5,96	11,29	15,77	19,74	32,89
201	W2010	R1030	3,81	7,95	11,55	14,78	25,92

Cuadro N°26: Precipitación máxima en 24 horas.- Cuenca del Río Grande							
DrainID	NAME	RIOS	PP_25	PP_50	PP_75	PP_100	PP_200
149	W1490	R20	69,27	76,80	81,13	84,32	92,10
170	W1700	R530	39,49	46,52	50,73	53,83	61,41
179	W1790	R320	42,85	47,91	50,48	52,83	57,58
187	W1870	R250	33,62	38,41	41,28	43,37	48,55
197	W1970	R550	34,29	39,17	42,12	44,25	49,63
204	W2040	R620	24,38	27,58	29,71	30,89	34,36
210	W2100	R690	14,51	22,57	29,01	34,63	52,35
213	W2130	R740	18,23	23,32	27,11	30,15	39,35
215	W2150	R720	23,22	30,57	35,64	39,74	51,42
216	W2160	R760	10,30	17,75	23,85	29,25	46,55
220	W2200	R770	8,20	14,93	20,52	25,47	41,54
225	W2250	R830	6,64	11,90	16,29	20,21	32,91
226	W2260	R780	17,24	19,09	20,33	20,86	22,47
247	W2470	R1090	4,34	5,49	6,35	7,01	8,99
248	W2480	R910	10,23	13,47	15,96	17,98	24,12
268	W2680	R1320	3,14	6,78	10,02	12,94	23,11
277	W2770	R1260	0,02	0,17	0,35	0,56	1,53

6.2.2 Características Físicas de las Microcuencas

Las subcuencas de las cuencas en estudio han sido trabajadas en GIS, de donde se obtuvieron sus características físicas, como área, longitud del cauce, pendiente del cauce y otros parámetros que ha permitido efectuar el tránsito. El valor de la curva número (CN) fue obtenida de la cobertura y del conocimiento del uso actual de las cuencas. Los resultados se muestran en los Cuadros del N°27 al N°36.

Cuadro N°27: Características de las subcuencas.-Río Nepeña						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
57	Lampanin	R160	113,70	1794,25	0,079699	62
58	Alto Nepeña	R170	331,12	3501,10	0,184513	65
64	Larea	R280	349,62	741,90	0,180618	65
69	Medio Alto Nepeña	R240	73,16	4458,45	0,064821	62
75	Medio Nepeña	R320	48,47	10566,58	0,021577	60
79	Loco	R350	447,83	4135,93	0,019584	60
91	Bajo Nepeña	R480	146,49	738,75	0,008122	55

Cuadro N°28: Características de las subcuencas.-Río Casma						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
121	Sechin	R20	735,42	3400,34	0,177924	77
122	Yautan	R120	344,03	2895,41	0,118809	82
132	Alto Casma	R300	178,08	4905,11	0,131292	70
147	Bajo Casma	R380	73,79	16199,67	0,010803	71
165	Pira	R670	162,35	5786,37	0,095051	70
175	Medio Alto Casma	R680	4,21	2141,45	0,080319	70
176	Medio Bajo Casma	R490	484,42	1206,93	0,073741	78
187	Medio Casma	R570	489,99	3803,95	0,079128	80
198	Vado	R970	163,76	11144,44	0,075912	70

Cuadro N°29: Características de las subcuencas.-Río Huarmey						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
31	W310	R20	231,04	10981,35	0,065566	84
33	W330	R50	120,32	15107,01	0,075395	84
35	W350	R110	363,29	7261,40	0,182885	81
36	W360	R130	311,97	25144,54	0,035714	81
38	W380	R80	612,72	13978,68	0,117822	82
47	W470	R220	158,43	458,62	0,065414	80
48	W480	R190	4,11	1543,35	0,007127	80
49	W490	R210	0,41	894,76	0,010059	73
51	W510	R230	110,66	9038,32	0,020026	81
55	W550	R250	292,61	9719,26	0,015536	77

Cuadro N°30: Características de las subcuencas.-Río Pativilca						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
70	W700	R20	748,90	4705,43	0,068644	85
71	W710	R310	574,49	7999,92	0,090001	85
72	W720	R90	282,91	2176,04	0,044117	84
83	W830	R180	735,31	3152,21	0,060592	85
94	W940	R190	474,39	9073,97	0,083425	82
97	W970	R360	48,48	8209,08	0,020222	85
103	W1030	R500	492,55	790,86	0,158055	79
105	W1050	R370	560,80	1195,21	0,073627	85
123	W1230	R620	501,55	3267,35	0,046215	79

Cuadro N°31: Características de las subcuencas.-Río Chancay-Huaral						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
43	W430	R20	323,69	2359,98	0,145764	85
45	W450	R60	295,67	15426,08	0,118371	85
46	W460	R80	268,06	7673,70	0,092003	85
51	W510	R130	266,02	8294,35	0,195434	85
55	W550	R180	167,13	5261,37	0,157564	85
57	W570	R300	693,69	3798,07	0,055818	85
59	W590	R250	202,87	21644,99	0,104274	82
67	W670	R280	621,30	12415,58	0,039064	85
68	W680	R350	221,55	21807,82	0,024532	82

Cuadro N°32: Características de las subcuencas.-Río Rímac						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
40	W400	R120	170,76	13754,99	0,056489	79
44	W440	R20	643,13	2391,78	0,085710	85
47	W470	R150	57,08	8391,66	0,043615	80
48	W480	R190	232,50	24770,63	0,035203	78
50	W500	R250	434,35	6252,07	0,196095	77
53	W530	R180	129,36	12438,63	0,089881	78
54	W540	R280	488,68	22527,15	0,048297	80
55	W550	R270	635,25	1928,50	0,133264	79
63	W630	R310	256,70	38755,33	0,016643	79
66	W660	R340	182,88	13911,80	0,014592	76

Cuadro N°33: Características de las subcuencas.-Río Cañete						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
93	W930	R20	943,54	6254,80	0,026220	90
94	W940	R110	446,45	2688,93	0,064338	90
105	W1050	R240	363,75	4960,92	0,173153	90
108	W1080	R290	419,01	2989,38	0,037131	90
137	W1370	R480	619,04	14854,25	0,028611	85
142	W1420	R600	30,45	6995,24	0,018870	85
148	W1480	R660	517,63	11033,70	0,080571	85
149	W1490	R690	448,93	848,43	0,119043	85
170	W1700	R420	911,53	7140,25	0,171843	90
182	W1820	R830	730,99	6248,78	0,086737	85
180	W1800	R550	593,66	1219,05	0,107460	85

Cuadro N°34: Características de las subcuencas.-Río Pisco						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
56	W560	R20	227,03	6638,59	0,043835	85
63	W630	R50	301,09	1358,04	0,047127	85
68	W680	R200	593,85	2992,67	0,075184	85
74	W740	R160	476,21	11176,54	0,055205	85
82	W820	R280	247,81	6475,76	0,161217	85
83	W830	R240	317,60	5146,23	0,070926	80
84	W840	R220	895,31	27642,95	0,038997	85
85	W850	R400	343,36	4158,81	0,091372	79
96	W960	R450	590,85	3606,17	0,077645	80

Cuadro N°35: Características de las subcuencas.-Río Ica						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
112	W1120	R40	474,88	35171,64	0,044382	85
113	W1130	R20	842,51	2583,67	0,043736	85
124	W1240	R260	908,17	7498,26	0,067749	78
134	W1340	R440	1018,90	28218,07	0,042845	72
177	W1770	R560	750,36	8107,34	0,008881	74
178	W1780	R710	965,16	6776,21	0,009445	76
179	W1790	R970	595,95	12454,52	0,002168	79
220	W2200	R670	1697,10	10137,58	0,064611	76
190	W1900	R750	459,60	5833,19	0,010629	75
198	W1980	R980	119,35	15376,46	0,011511	73
201	W2010	R1030	289,45	5874,87	0,032511	79

Cuadro N°36: Características de las subcuencas.-Río Grande						
Dren	Nombre	Río	Area (Km2)	RivLen (m)	River S (m/m)	CN
149	W1490	R20	927,91	5747,12	0,031668	80
170	W1700	R530	948,76	1241,53	0,109542	76
179	W1790	R320	947,40	2232,24	0,147833	80
187	W1870	R250	566,49	9459,92	0,098098	77
197	W1970	R550	855,11	6760,31	0,086978	78
204	W2040	R620	1051,50	5935,73	0,061324	80
210	W2100	R690	145,92	3653,87	0,024631	80
213	W2130	R740	810,28	3536,00	0,071267	79
215	W2150	R720	660,50	5948,33	0,018156	80
216	W2160	R760	73,08	8468,42	0,005314	78
220	W2200	R770	29,61	4812,62	0,004571	79
225	W2250	R830	378,12	14997,89	0,014002	75
226	W2260	R780	1158,10	774,97	0,006452	81
247	W2470	R1090	707,13	10774,12	0,080749	78
248	W2480	R910	777,04	13762,14	0,023398	75
268	W2680	R1320	455,98	1577,07	0,019023	79
277	W2770	R1260	617,04	7087,90	0,012133	77

6.2.3 Modelo Precipitación-Escorrentía

Las avenidas máximas, en la cuenca alta fueron calculadas utilizando el modelo HEC-HMS. Los valores calculados luego fueron calibrados con los valores de máximas avenidas calculados en el valle.

El modelo HEC-HMS, de dominio público, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers), surge como evolución del conocido y ampliamente utilizado HEC-1, con varias mejoras con respecto a éste, entre las que destaca la interface gráfica de usuario que facilita las labores de preproceso y postproceso y la posibilidad mediante HEC GeoHMS de conectar con el sistema de información geográfica ArcGIS. La aplicación incluye un modelo precipitación - escorrentía para la estimación de avenidas.

El programa permite:

- Cálculo hidrológico de crecidas.
- Visualización gráfica de datos y resultados.
- Ejecutable en entorno Microsoft Windows.

El programa consta de tres partes principales: 1) Modelo de Cuencas, 2) Modelo Meteorológico y 3) Especificaciones Técnicas. En la primera parte en el

modelo de cuencas se especifica las características físicas de las cuencas; en la segunda, se introduce los datos pluviométricos y en la tercera, los tiempos computacionales.

6.2.3.1 Modelo de Cuencas

Es la representación física de la cuenca que es construido mediante la conexión de una serie de elementos hidrológicos, de modo que formen una red que refleje el movimiento real del agua en la cuenca. El proceso de cálculo se realiza desde los elementos situados aguas arriba hacia aguas abajo.

La mayoría de los elementos hidrológicos requieren parámetros para que el programa pueda modelar el proceso hidrológico representado por el elemento. Los tres elementos fundamentales son: subcuenca, tramo de tránsito y confluencia.

Es la parte más importante del programa donde se define las características hidrológicas, geomorfológicas de las cuencas y los métodos de cálculo. El procesamiento geométrico se desarrollo a partir de la información radar SRTM y la aplicación del software Arc Gis 9.3 y de su extensión HEC-GeoHMS con el cual se ha conseguido exportar los datos de la cuenca al programa HEC HMS, aplicando en forma secuencial los siguientes pasos:

Fill links

Flow direction

Flow acumulation

Stream definition

Stream segmentation

Watershed deliniation

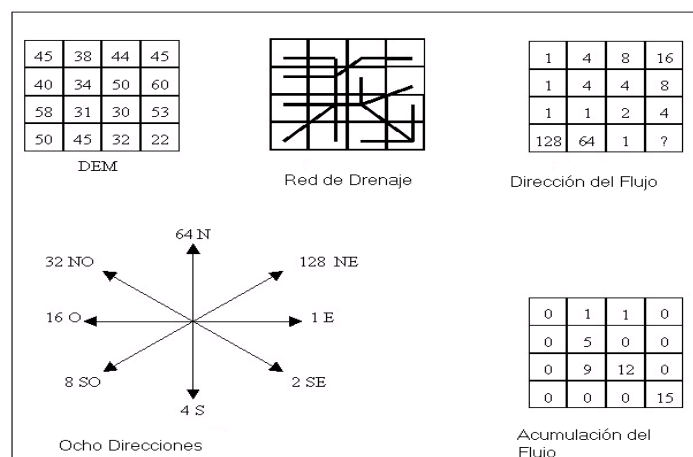
Watershed polygon

processing

Stream segment

processing

Watershed agregation



El resultado final es el proyecto en HEC HMS en donde se observa que las cuencas en estudio quedan subdivididas en subcuencas como resultado de la aplicación de las herramientas de la extensión de HEC GeoHMS.

Para la modelización del proyecto resultante en HEC HMS se realizó en tres etapas diferentes: método de la determinación de pérdidas, método de la transformación de escorrentía y método del flujo base.

6.2.3.2 Determinación de pérdidas (Loss Determination)

El término pérdida se refiere a la cantidad de lluvia infiltrada en la tierra. HEC-HMS emplea los métodos más comunes para calcular las pérdidas (como el initial/constant, CN de SCS, CN gridded SCS y el Green y Ampt) y provee una opción de abatimiento de la humedad para simular en los períodos de tiempo extendidos.

El método de cálculo elegido es el Método del Número de Curva del Soil Conservation Service (SCS) para las pérdidas por infiltración, ya que está basado únicamente en un parámetro el Número de Curva.

Para la estimación de los valores de Número de Curva de las subcuencas fueron calculadas a partir de los planos de cobertura vegetal, mapa de uso de suelo y el mapa de pendientes. Los datos de vegetación se obtuvieron a partir de la imagen Landsat TM, con datos de uso de suelo y el plano de pendientes se desarrollo a partir del modelo de elevación digital (DEM).

La pendiente de la cuenca tiene una importante correlación con la infiltración del escurrimiento superficial, la humedad del suelo. Es uno de los factores físicos que controla el flujo sobre el terreno y tiene una influencia directa en la magnitud de las avenidas y crecidas.

6.2.3.3 Transformación-escorrentía (Runoff Transformation)

El módulo Runoff transformation convierte el exceso de precipitación en la cuenca y subcuenca a escorrentía directa en la salida. HEC-HMS permite determinar la transformación de la escorrentía usando métodos agregados o distribuidos.

En el método agregado, la cantidad de escorrentía es determinada usando hidrogramas unitarios – como son Clark, Snyder o SCS – o métodos de onda cinemática. En un método distribuido (como el Modified Clark) las subcuencas son divididas en mallas o celdas y los excesos de lluvia de cada celda se transitan hasta la salida de la subcuenca.

El método de cálculo elegido es el Método Snyder Unit Hydrograph para el proceso de transformación, basado en los parámetros de entrada el T_p Retardo estándar de Snyder y el C_p coeficiente de almacenamiento; tomando en cuenta las características del cauce y de la microcuencas, como parámetros de cálculo del hidrograma, lo cual hace que sea más representativa.

6.2.3.4 Flujo Base

En este método el cálculo elegido es el Método de Recesión Constante que es empleada para obtener el drenaje desde almacenamientos naturales de las cuencas. Los parámetros de entrada están en función del Q_t el flujo base, Q_0 es el flujo base inicial en el tiempo cero y K constante de recesión que representa de acuerdo al componente del flujo, para la constante de recesión se utilizo el valor de 0.6 por ser un flujo superficial.

6.2.3.5 Tránsito en cauces (Channel Routing)

Las técnicas de tránsito se ocupan del movimiento del flujo de escurrimiento desde las salidas de la subcuenca hasta la salida de la cuenca. Las opciones de HEC-HMS para el tránsito son: Muskingum, la Onda Cinemática y los métodos de Muskingum-Cunge. El tránsito del flujo en cauces es un proceso de calculo del hidrograma de salida hacia el final aguas abajo del cauce, dado el hidrograma de ingreso al inicio del tramo aguas arriba.

El método de cálculo elegido para los tránsitos en el cauce y para los Reachs se utilizo el Método de Muskingum.

El método Muskingum esta basado en la ecuación de continuidad y la relación de almacenamientos, caudales de ingreso y de salida. El método asume estos volúmenes de almacenamiento en el canal en un instante de tiempo como una función lineal ponderado al caudal de ingreso y de salida, el cual esta expresado en la siguiente ecuación:

$$S = K \left[I + (x - 1) O \right]$$

Donde, S es el almacenamiento, I y O son los caudales de ingreso y salida al inicio y final del intervalo de tiempo, x y K son parámetros de Muskingum. x es un factor de ponderación que varía entre 0 a 1,0 representando la relativa importancia del caudal de ingreso sobre el de la salida y K representa el tiempo de viaje en el cauce. K es nada más que el tiempo promedio de flujo en el cauce que es la proporción de longitud del cauce y la velocidad media en el cauce. La salida (O_2) al final de un intervalo de tiempo se relaciona con el ingreso (I_2) del final del Δt , el ingreso del inicio del ingreso del siguiente Δt (I_1) y la salida al inicio del Δt (O_1) por la siguiente ecuación:

$$O_2 = C_1 I_2 + C_2 I_1 + C_3 O_1$$

Donde, si, Δt es el intervalo de tiempo de análisis, entonces,

$$C_1 = \frac{0.5\Delta t - Kx}{K - Kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_2 = \frac{0.5\Delta t + Kx}{K - Kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_3 = \frac{K - Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t}$$

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1$$

Cuando uno de los canales es determinado largo, este se sub-divide en varios sub tramos. Esta subdivisión de cauces es recomendable para los cauces largos donde se quiere evitar la inestabilidad numérica. Aquí los cauces largos se refieren a esos donde falla la condición: $K/3 < \Delta t < K$. Una vez que el cauce es determinado largo, es dividido en subcanales

$$n = \text{int} \left[\frac{L}{3\Delta t V} \right] + 1$$

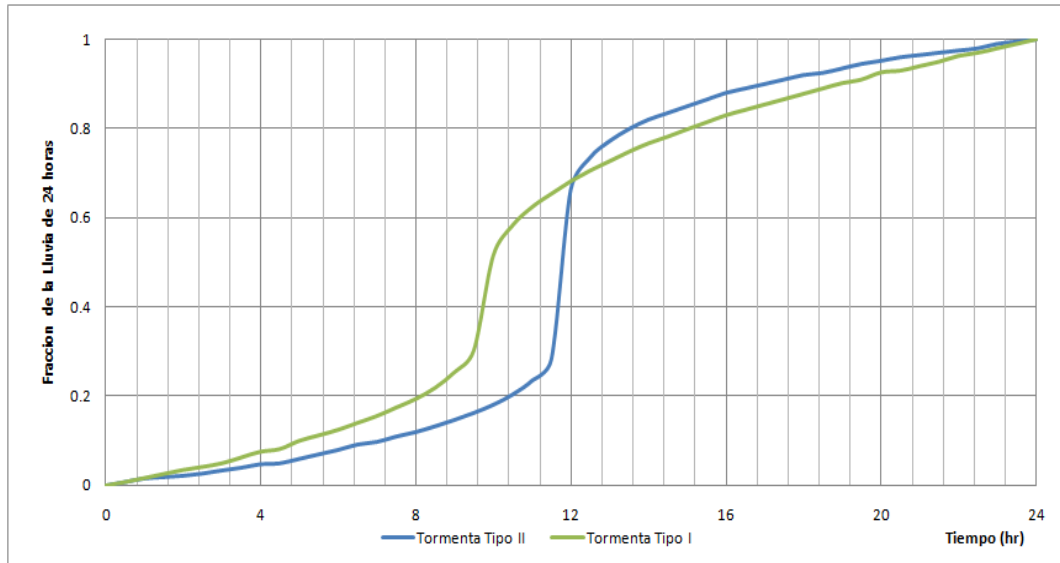
Donde n es el número de subcanales, L es la longitud del cauce, Δt es el intervalo de tiempo de análisis, V es la velocidad promedio del flujo en el cauce.

6.2.3.6 Modelo meteorológico

El análisis de los datos meteorológicos es realizado a través del modelo meteorológico, que incluye los datos de precipitación, evapotranspiración y derretimiento nival. Con el modelo meteorológico lo que se hace es asignar el valor de precipitación que le corresponde a cada subcuena y como se distribuye en el tiempo, descontando las pérdidas por evapotranspiración y añadiendo los posibles aportes procedentes del derretimiento nival. Para el Modelo Meteorológico se utilizó el Método Specified Hyetograf para la precipitación.

Para la obtención de los Hietogramas se ha realizado previamente la estimación de valores de las precipitaciones diarias a partir de los planos de Isoyetas a diferentes periodos de retorno y la aplicación del método de Análisis de Eventos de Tormenta clasificándolos en cuatro tormentas de 24 horas de duración de Tipo I, IA, II y III. En este modelo meteorológico se aplicó el método de Análisis de Eventos de Tormentas el Tipo I corresponde al clima marítimo del pacífico con inviernos húmedos y veranos secos como se muestra en la Fig. N°101; para la obtener la tormenta en cualquier punto solo basta multiplicar la precipitación máxima e 24 horas por las ordenadas del perfil seleccionado.

Fig. N°100 Perfiles de Lluvia máxima en 24 horas



Fuente: U.S.Soil Conservation Service

6.2.3.7 Especificaciones de control

Las especificaciones de control especifica el intervalo de tiempo temporal de cálculo y la duración total de la simulación que incluyen las horas de inicio y fin de la simulación. En este proyecto se ha definido un intervalo de calculo de 30 minutos.

6.2.3.8 Resultados de la simulación

Lo que se pretende obtener a partir de las precipitaciones es el caudal pico a la salida de cada cuenca y también en cada una de las unidades hidrográficas que comprende la cuenca para los diferentes periodos de retorno.

Para la simulación de las cuencas se hizo la combinación de los parámetros de un modelo de cuenca, un modelo meteorológico y de las especificaciones de control. El área total de las cuencas esta subdividido en microcuenas desde la parte superior hasta el punto de interés (estación de aforo) y el cauce en tramos, las cuales están codificados por números y letras como es el caso para la microcuenas (W) y cauce (R), cuyos códigos han sido definidos automáticamente por el Geo Hms.

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Nepeña – Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Nepeña se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo San Jacinto como se muestra en la Fig. N°101 y los resultados en las Fig.N°102 a Fig.N°106.

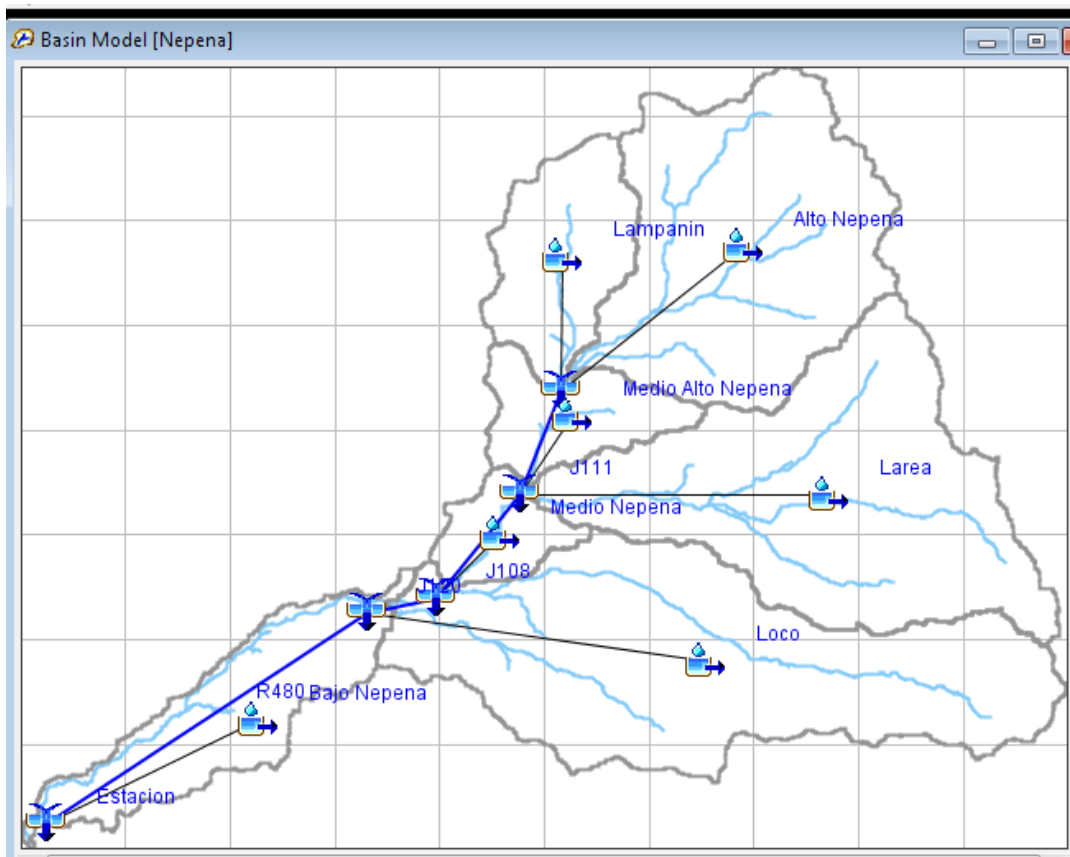


Fig.Nº101: Modelo de Cuenca del Río Nepeña.

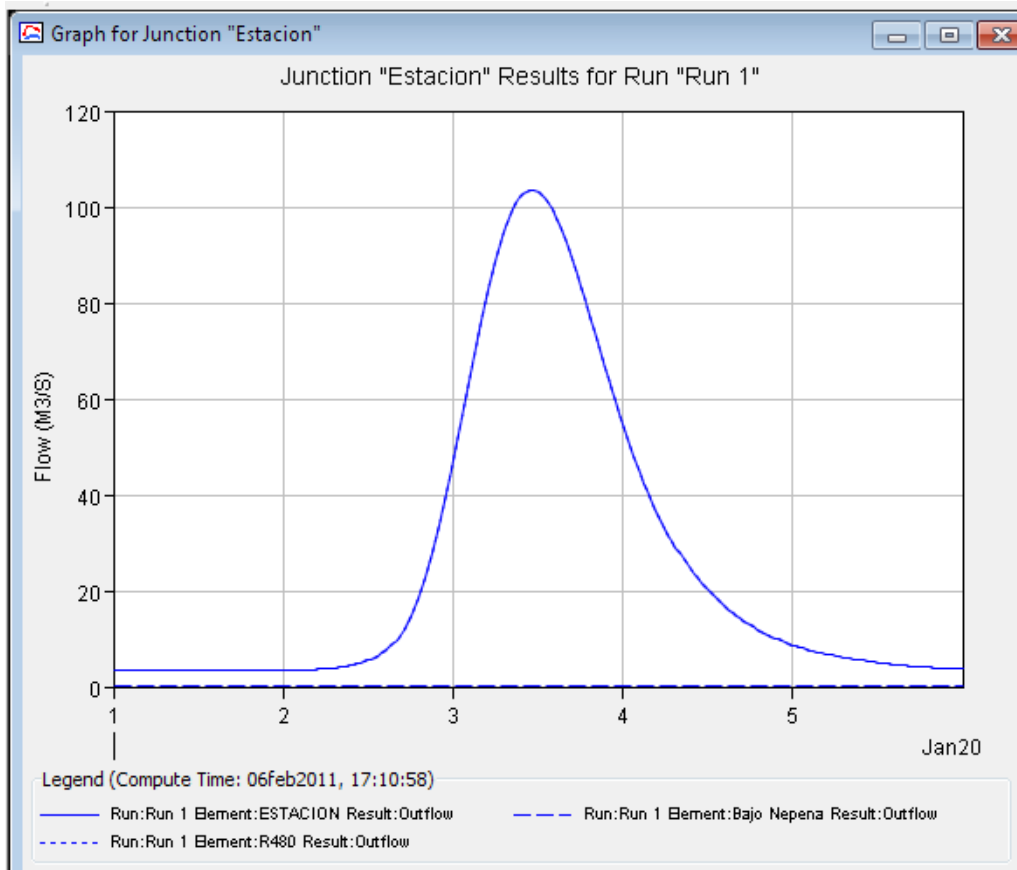


Fig.Nº102: Hidrograma de Avenidas, Tr=25 años, Cuenca del Río Nepeña.

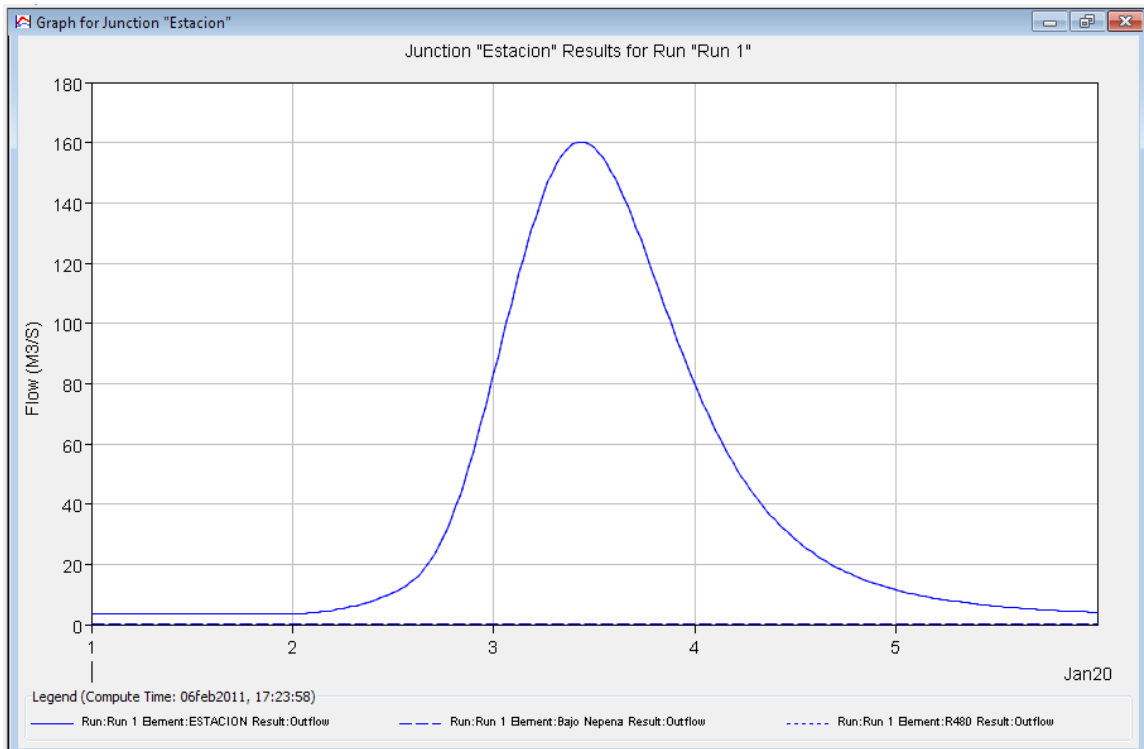


Fig.Nº103: Hidrograma de Avenidas, Tr=50 años, Cuenca del Río Nepeña.

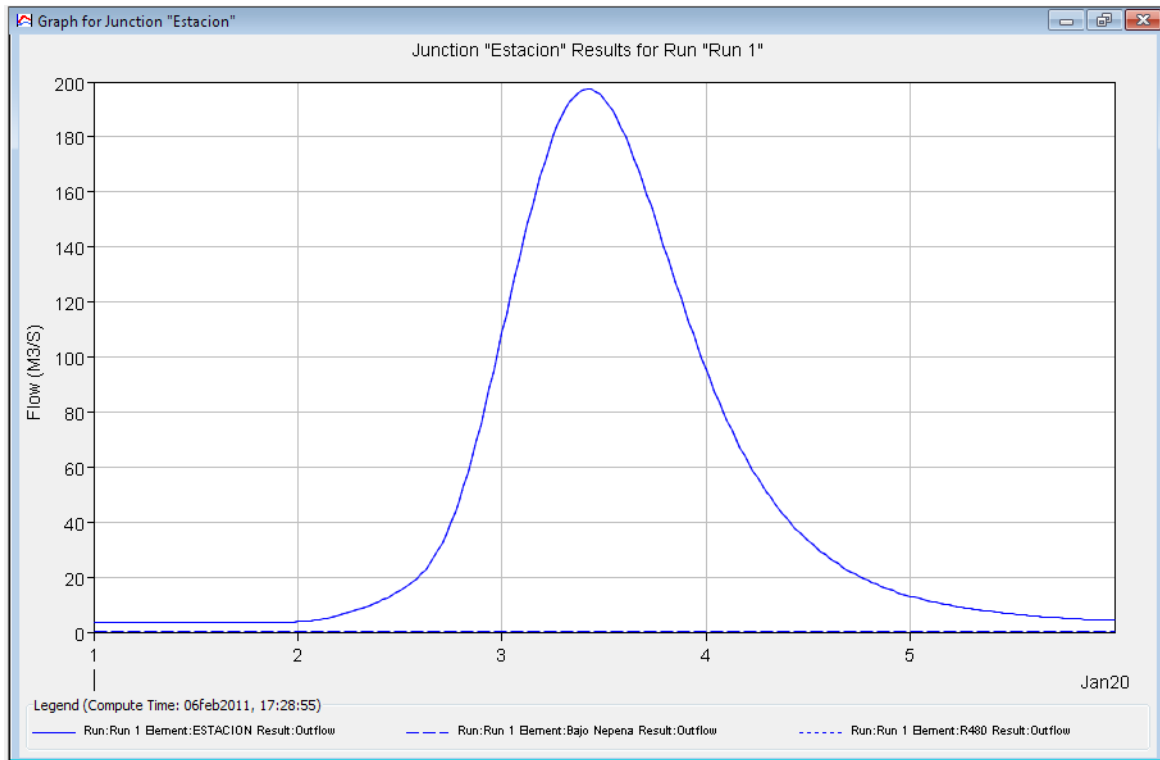


Fig.Nº104: Hidrograma de Avenidas, Tr=75 años, Cuenca del Río Nepeña.

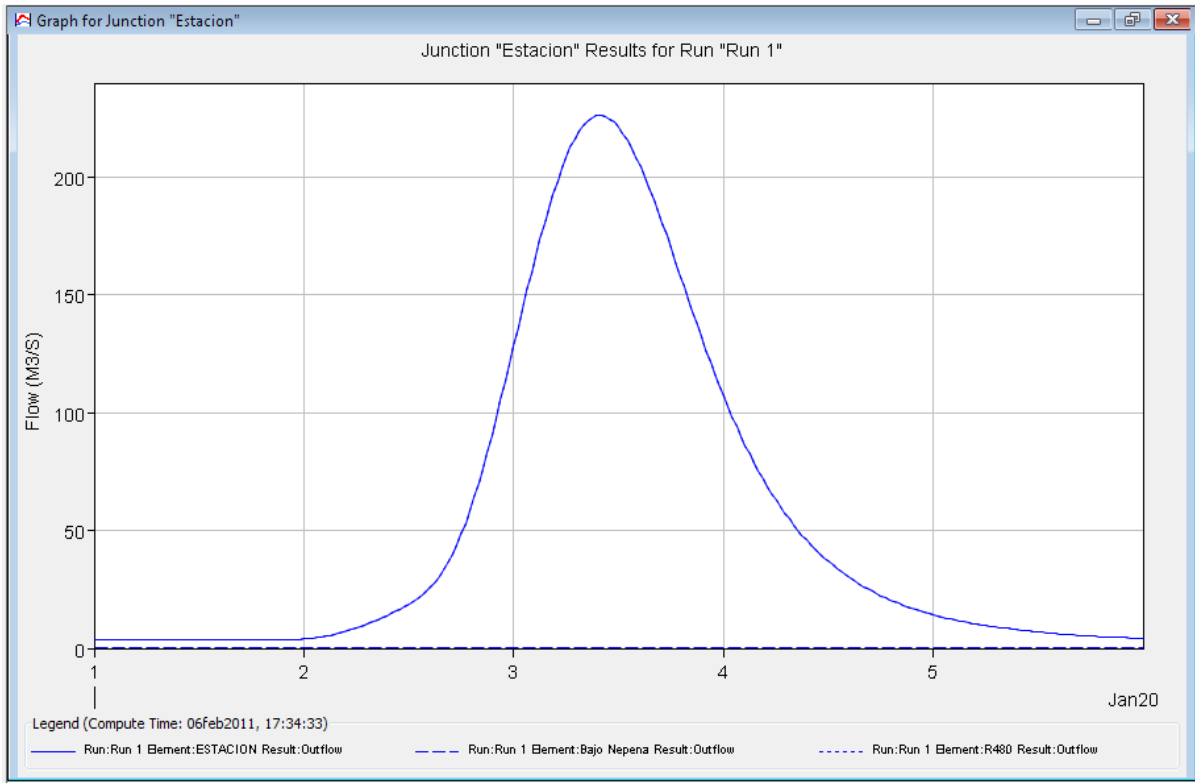


Fig.Nº105: Hidrograma de Avenidas, $T_r=100$ años, Cuenca del Río Nepeña.

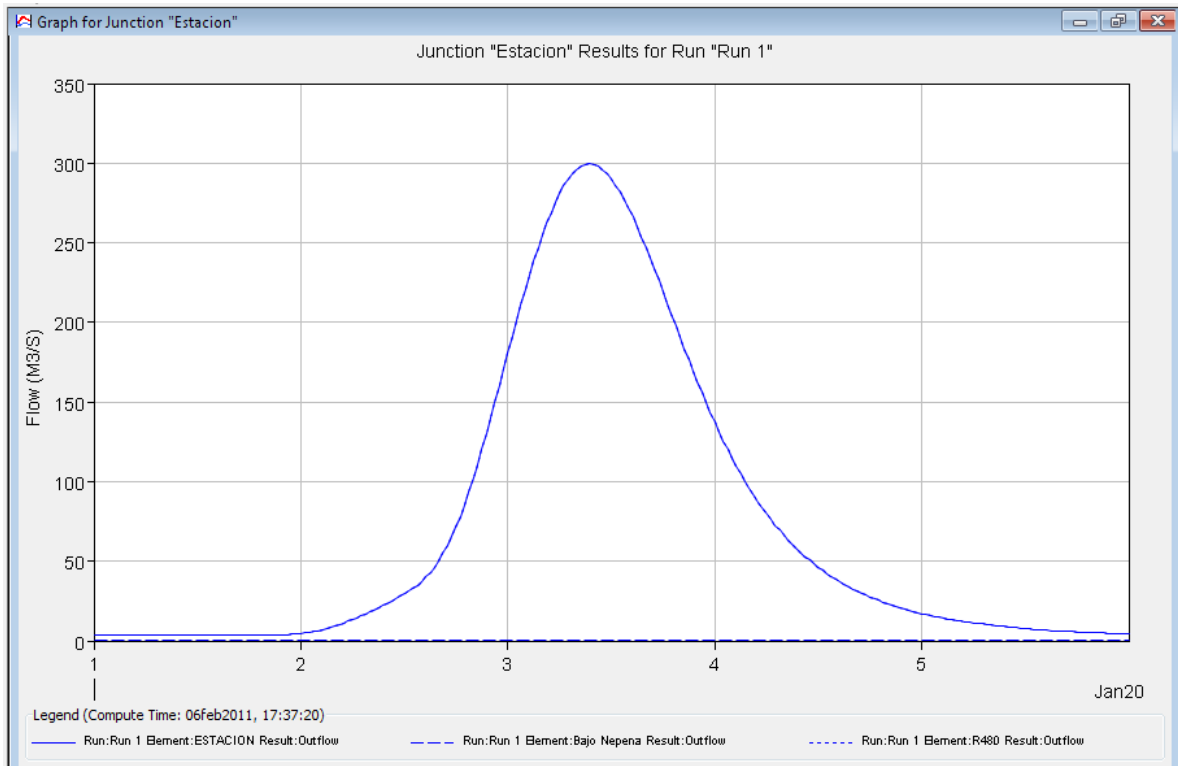


Fig.Nº106: Hidrograma de Avenidas, $T_r=200$ años, Cuenca del Río Nepeña.

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Casma – Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Casma se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo Sector Tutuma como se muestra en la Fig. N°107 y los resultados en las Fig.N°108 a Fig.N°112.

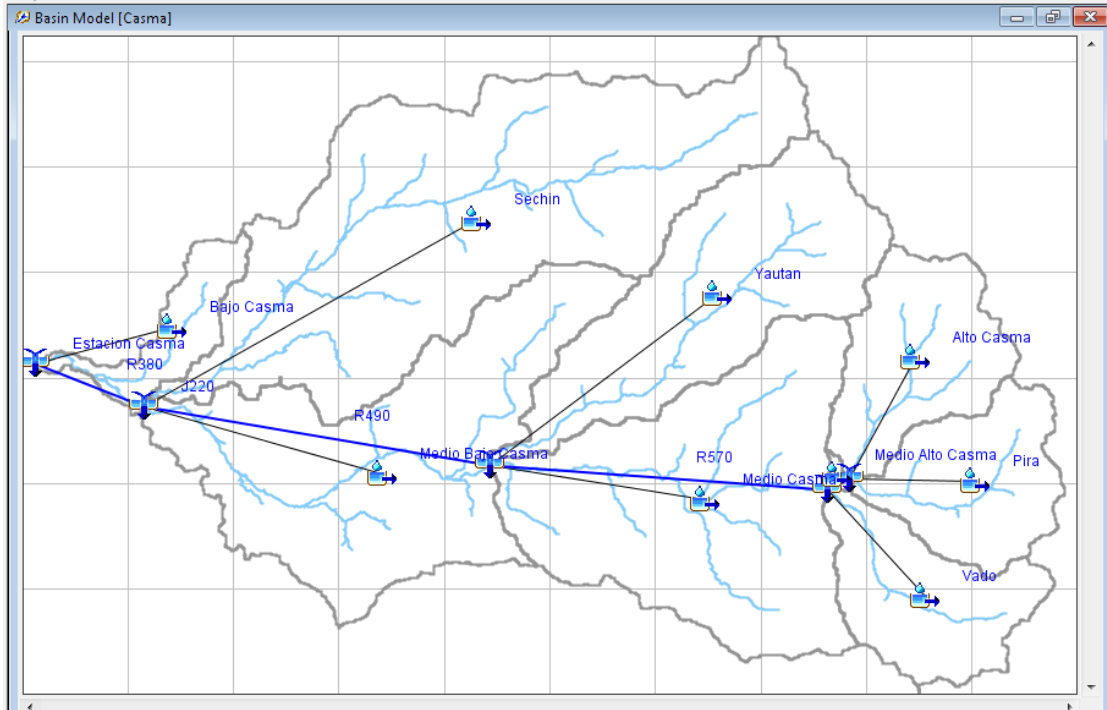


Fig.N°107: Modelo de Cuenca del Río Casma.

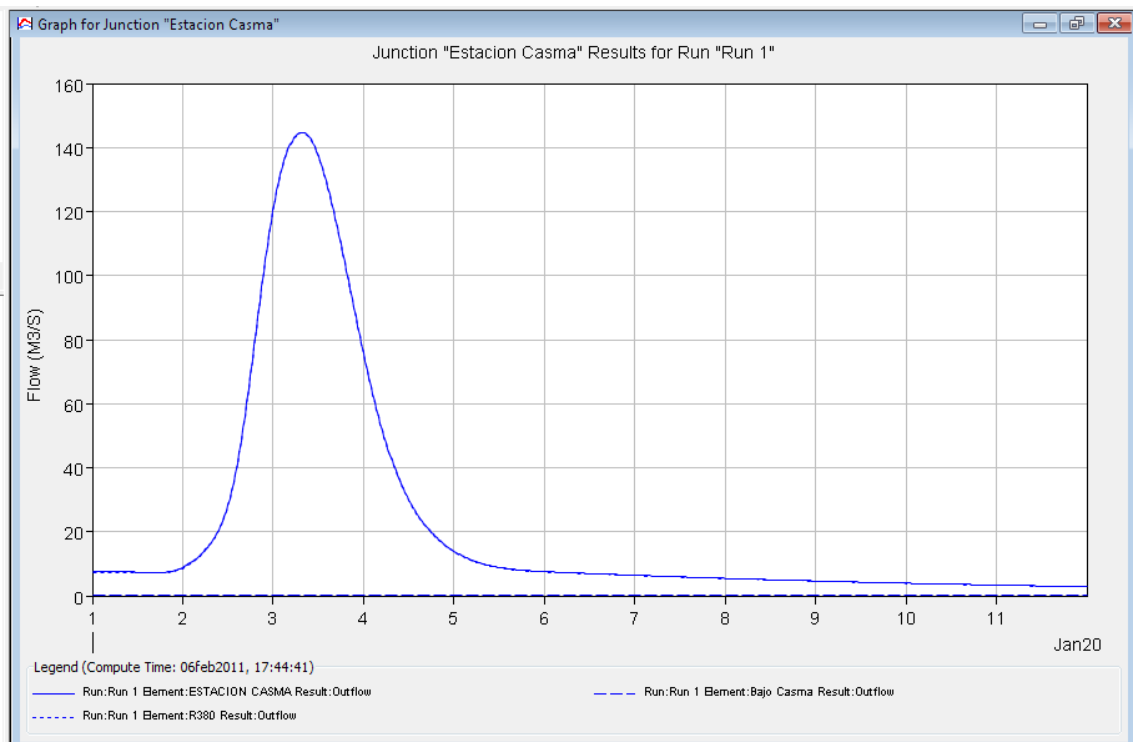


Fig.N°108: Hidrograma de Avenidas, Tr=25 años, Cuenca del Río Casma.

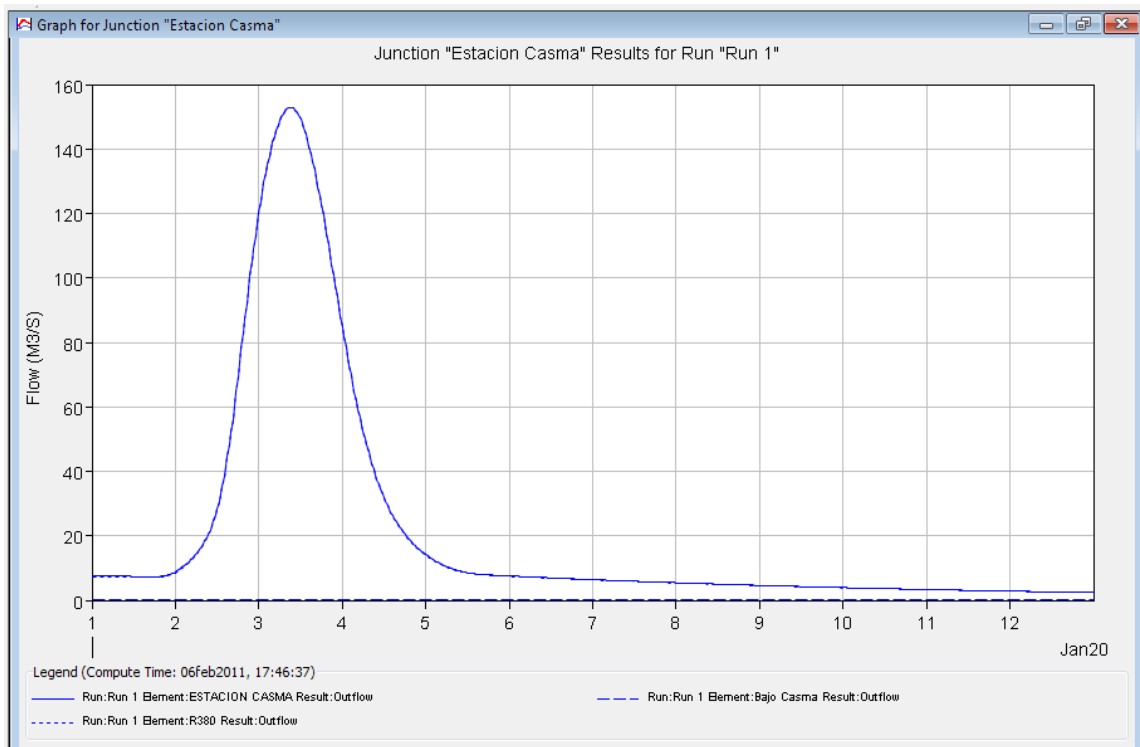


Fig.Nº109: Hidrograma de Avenidas, Tr=50 años, Cuenca del Río Casma.

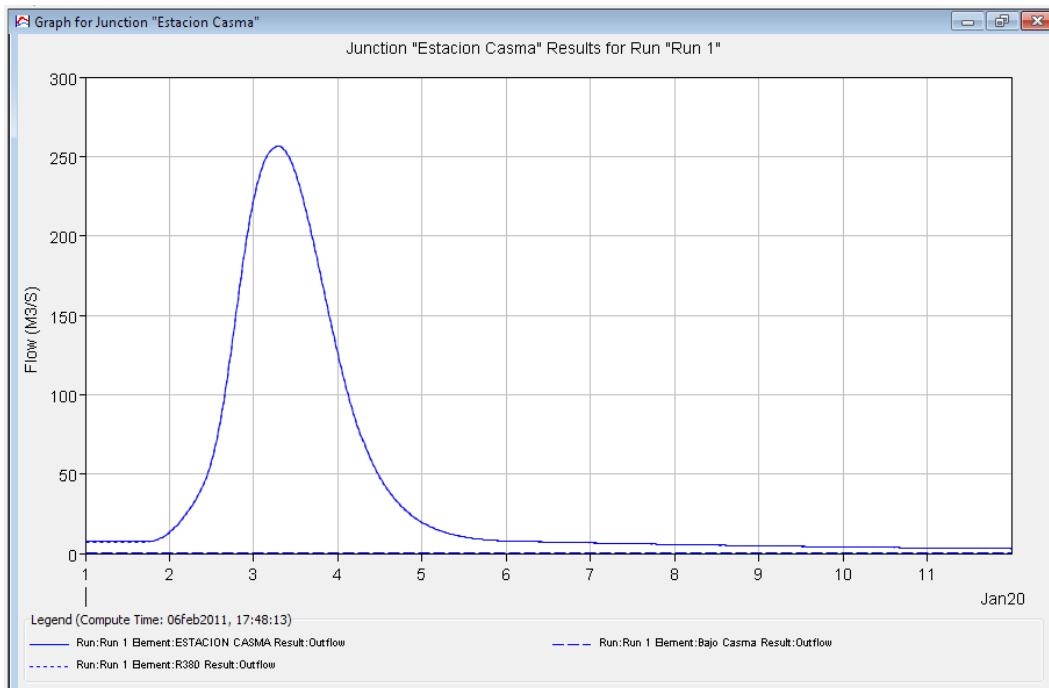


Fig.Nº110: Hidrograma de Avenidas, Tr=75 años, Cuenca del Río Casma.

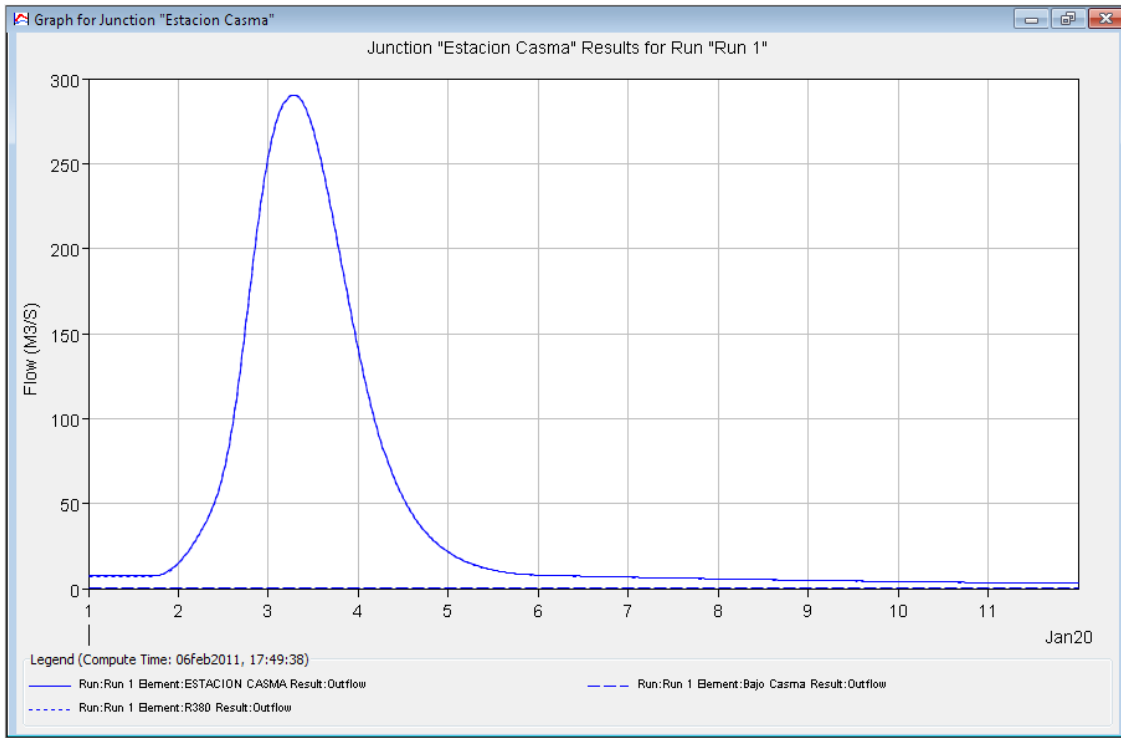


Fig.Nº111: Hidrograma de Avenidas, Tr=100 años, Cuenca del Río Casma.

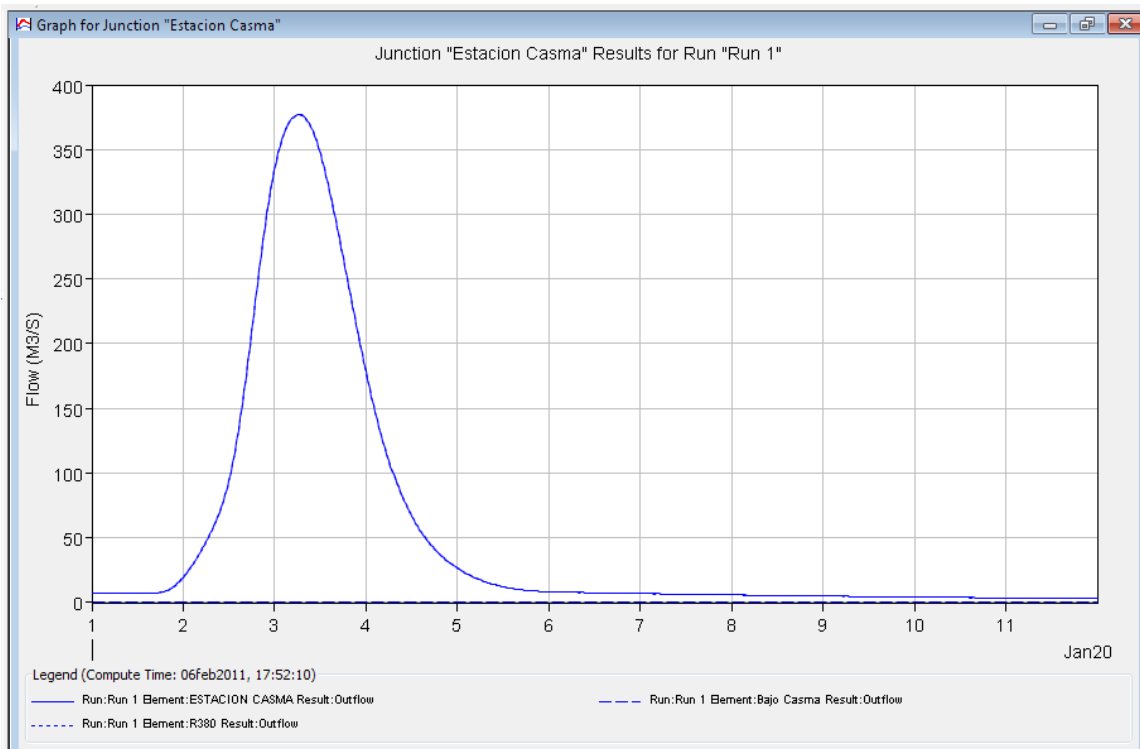


Fig.Nº112: Hidrograma de Avenidas, Tr=200 años, Cuenca del Río Casma.

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Huarmey – Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Huarmey se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo Huamba como se muestra en la Fig. N°113 y los resultados en las Fig.N°114 a Fig.N°118.

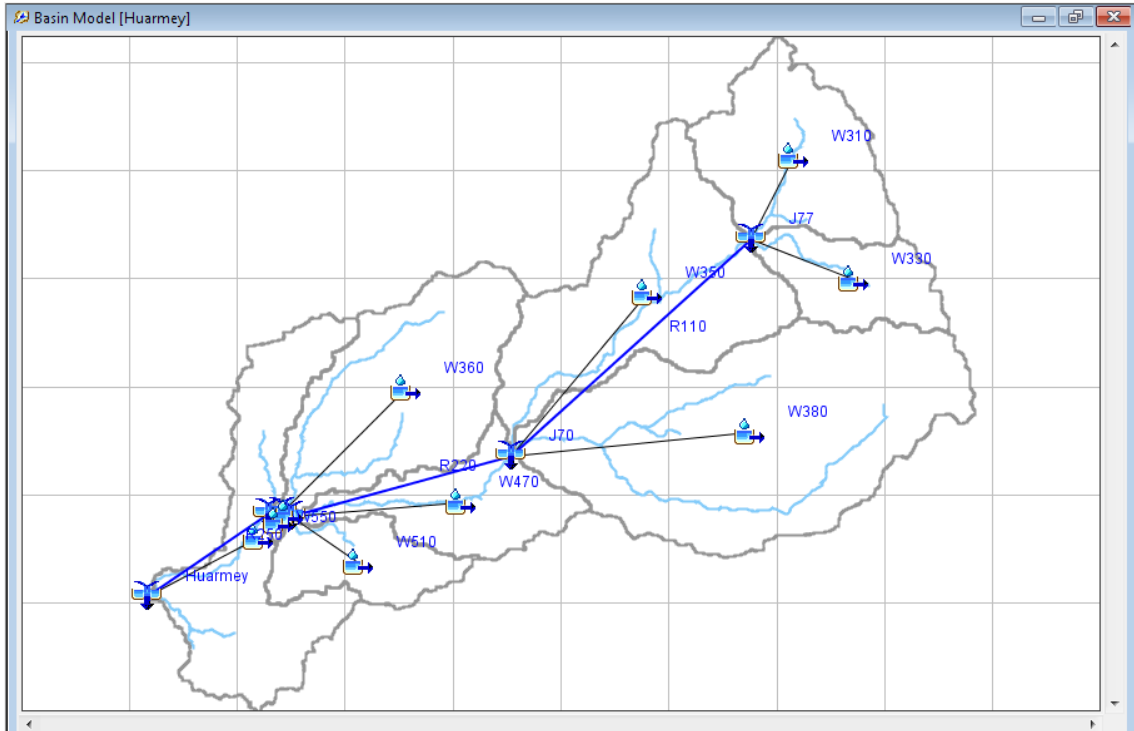


Fig.N°113: Modelo de Cuenca del Río Huarmey.

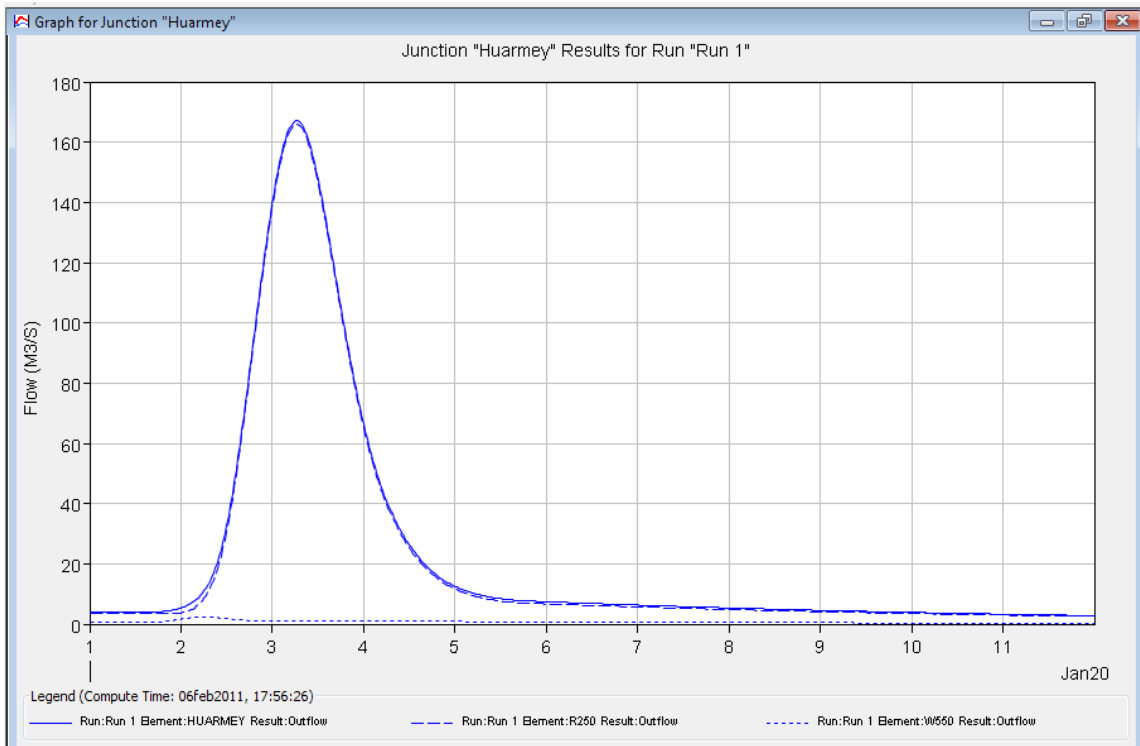


Fig.N°114: Hidrograma de Avenidas, Tr=25 años, Cuenca del Río Huarmey.

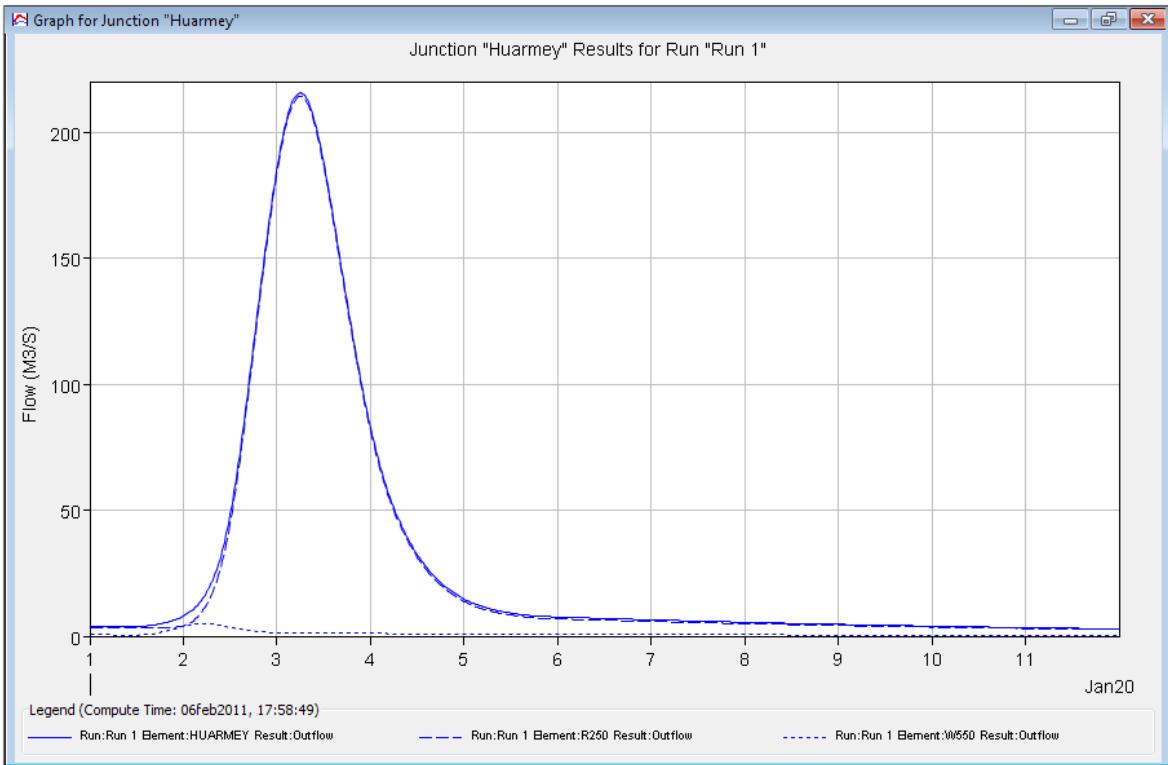


Fig.Nº115: Hidrograma de Avenidas, Tr=50 años, Cuenca del Río Huarmey.

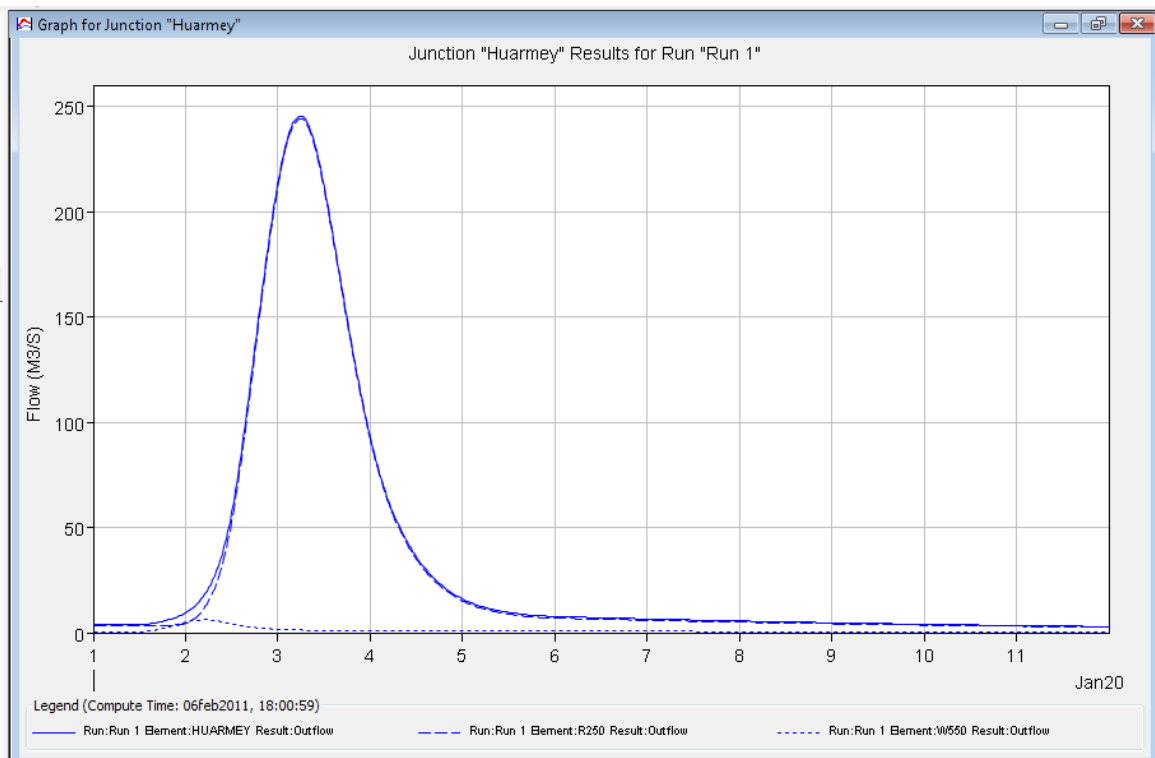


Fig.Nº116: Hidrograma de Avenidas, Tr=75 años, Cuenca del Río Huarmey.

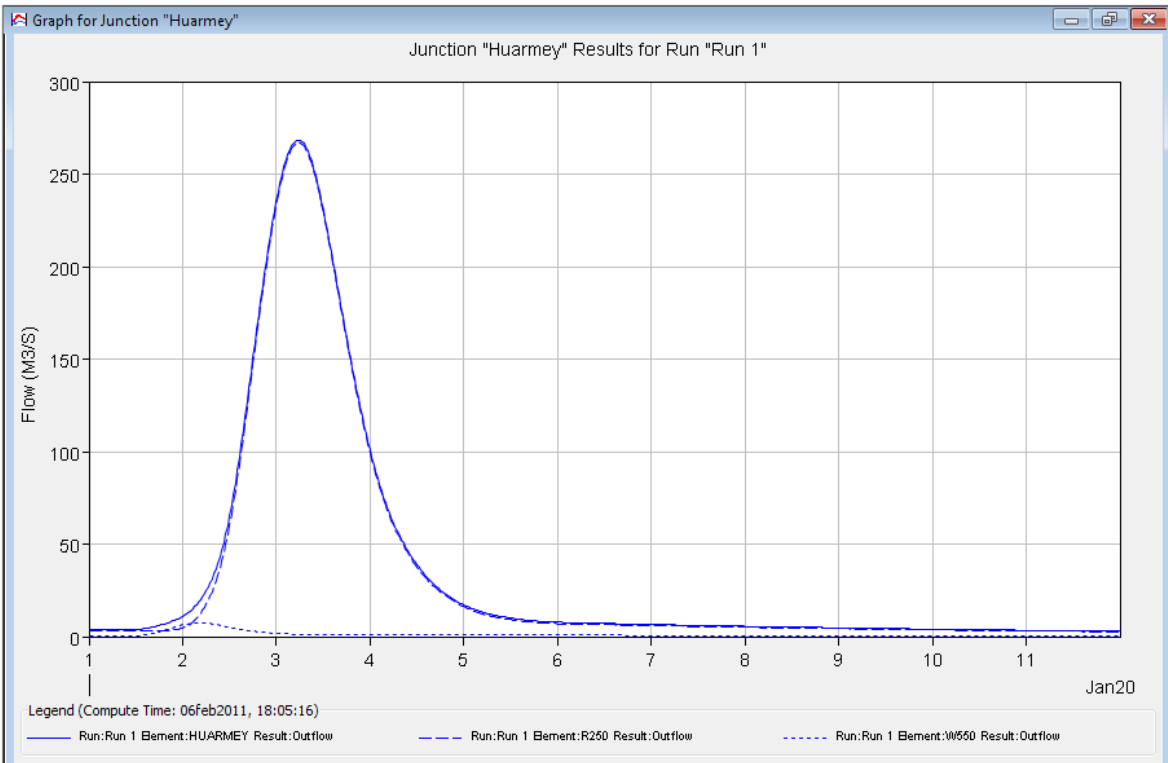


Fig.Nº117: Hidrograma de Avenidas, Tr=100 años, Cuenca del Río Huarmey.

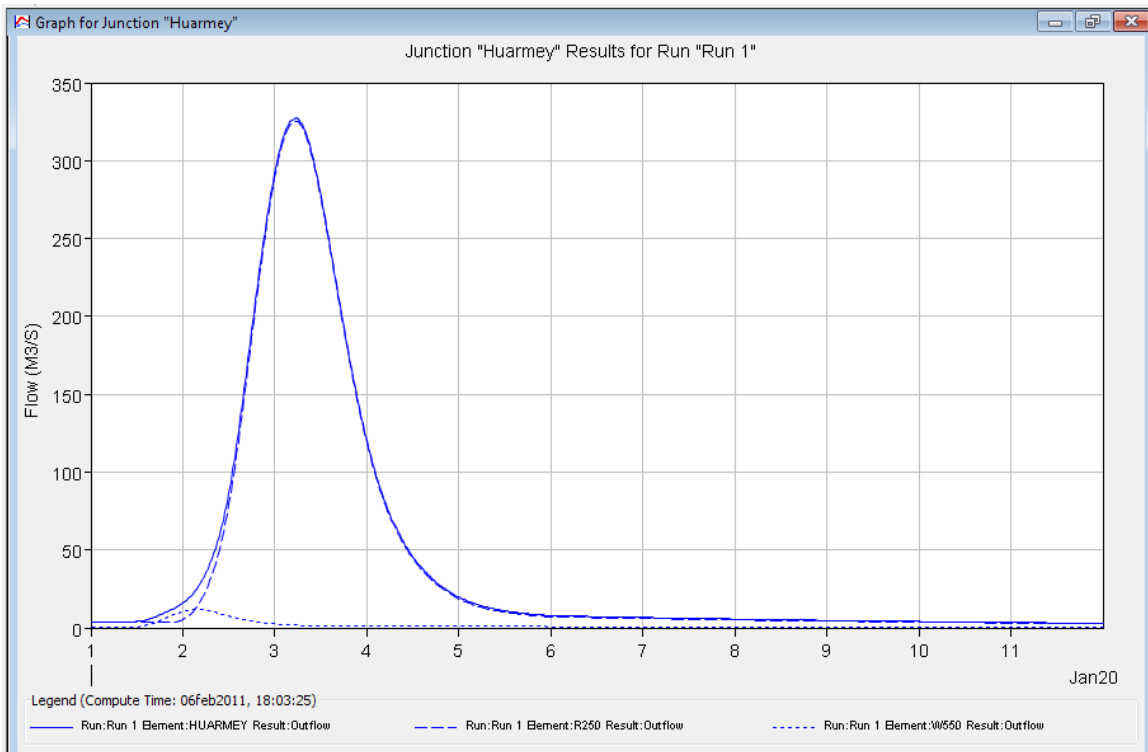


Fig.Nº118: Hidrograma de Avenidas, Tr=200 años, Cuenca del Río Huarmey.

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Pativilca – Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Pativilca se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo Yonapampa Larga como se muestra en la Fig. N°119 y los resultados en las Fig.N°120 a Fig.N°124.

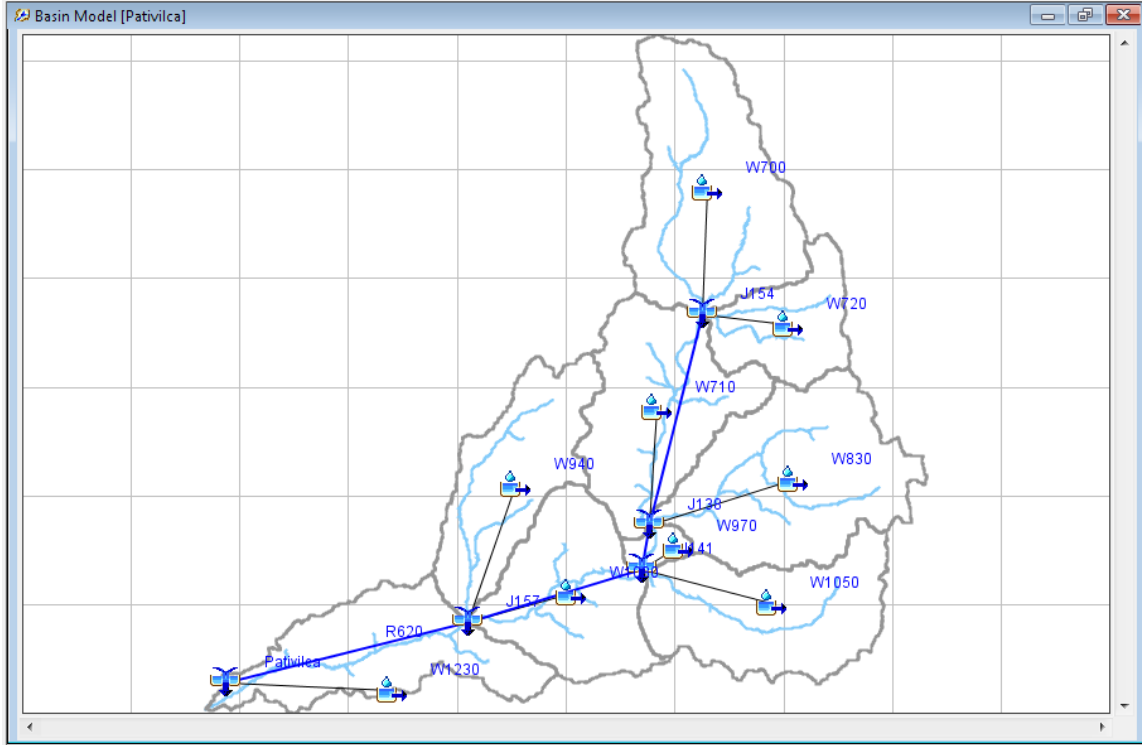


Fig.N°119: Modelo de Cuenca del Río Pativilca.

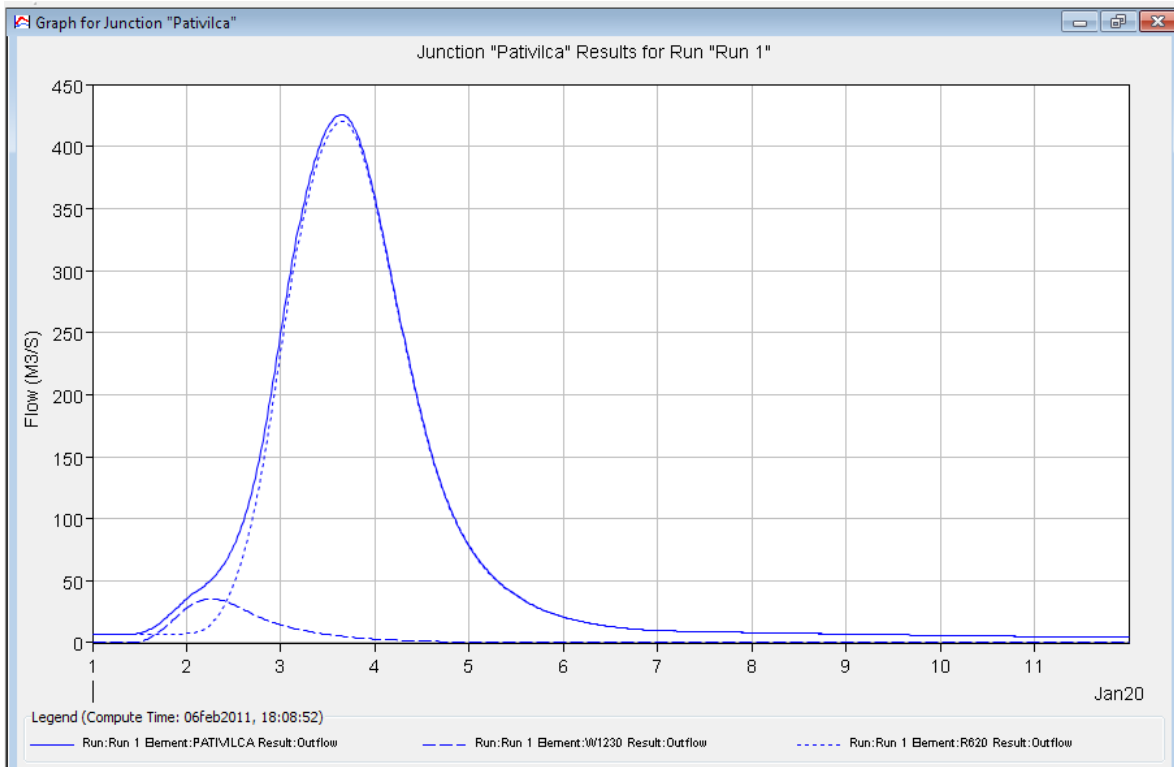


Fig.N°120: Hidrograma de Avenidas, Tr=25 años, Cuenca del Río Pativilca

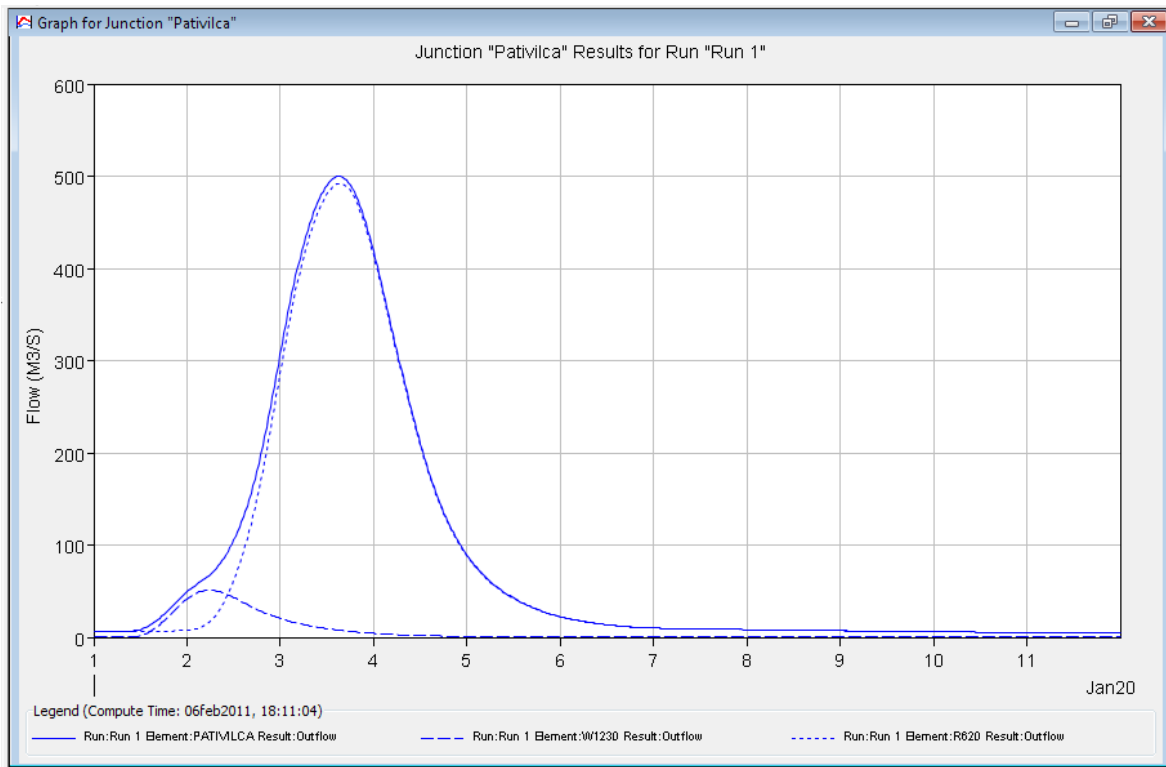


Fig.Nº121: Hidrograma de Avenidas, Tr=50 años, Cuenca del Río Pativilca

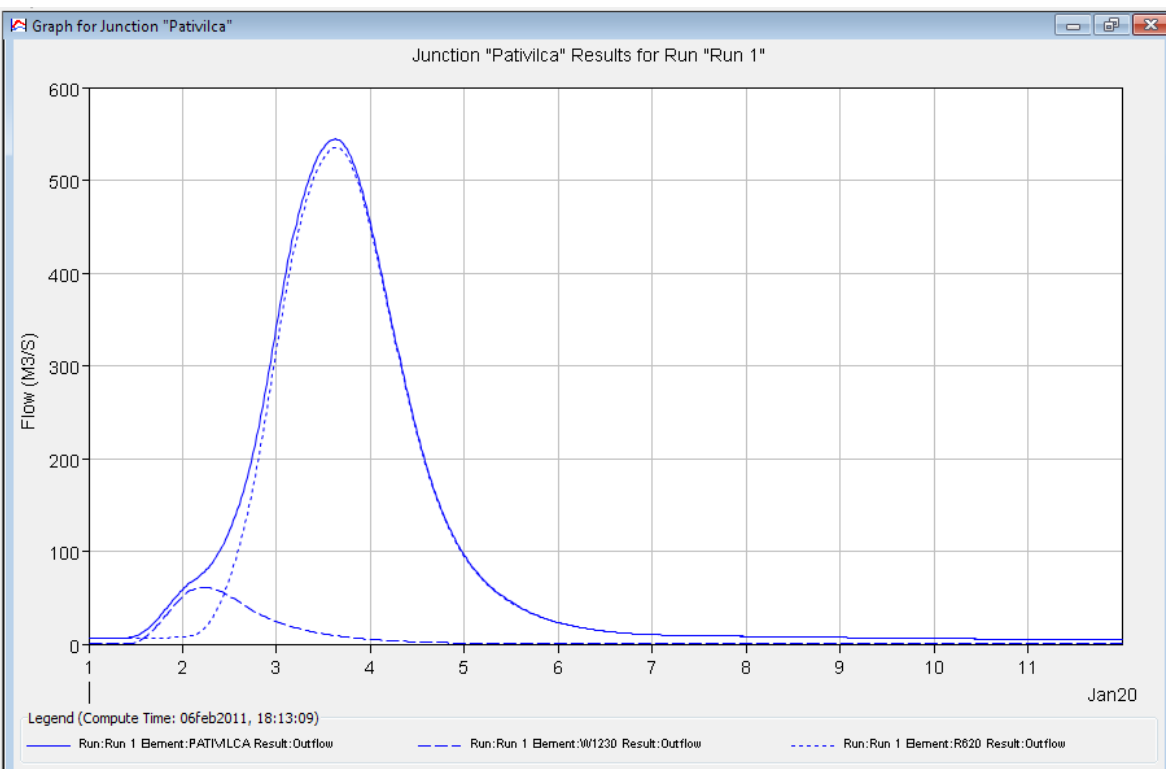


Fig.Nº122: Hidrograma de Avenidas, Tr=75 años, Cuenca del Río Pativilca

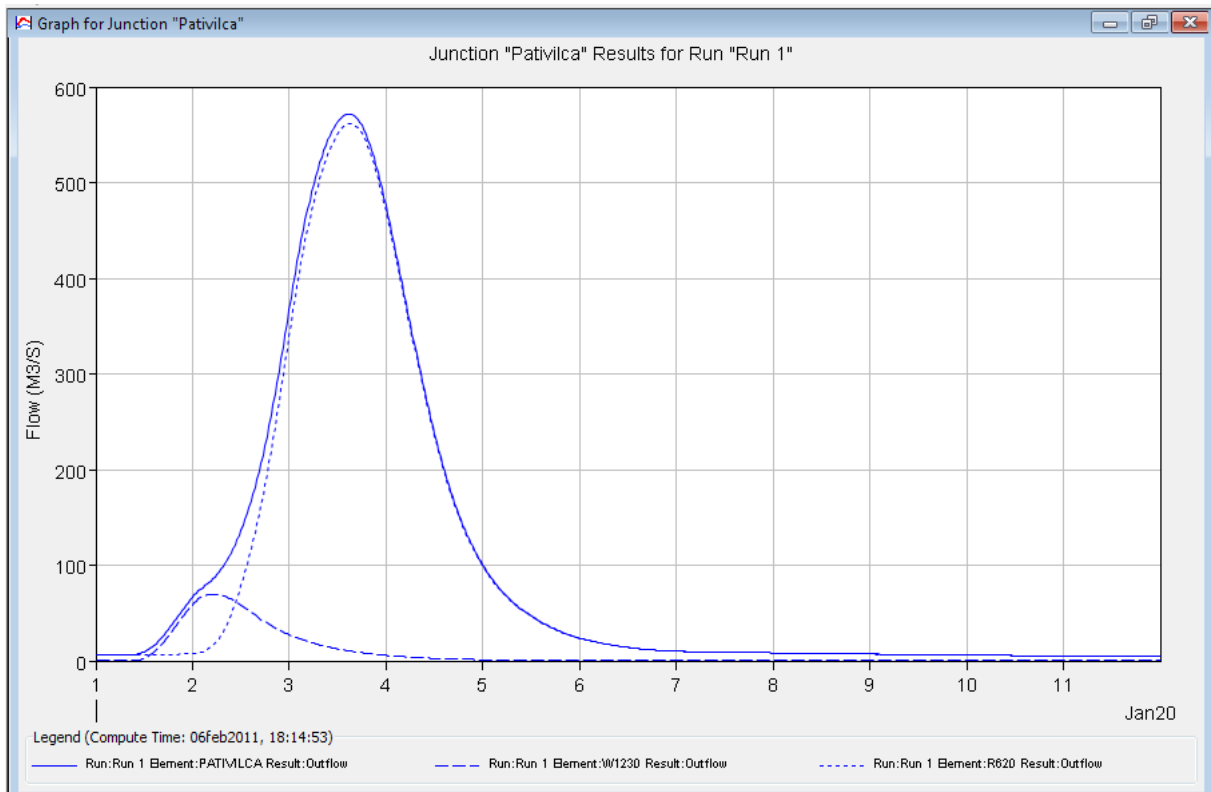


Fig.Nº123: Hidrograma de Avenidas, Tr=100 años, Cuenca del Río Pativilca

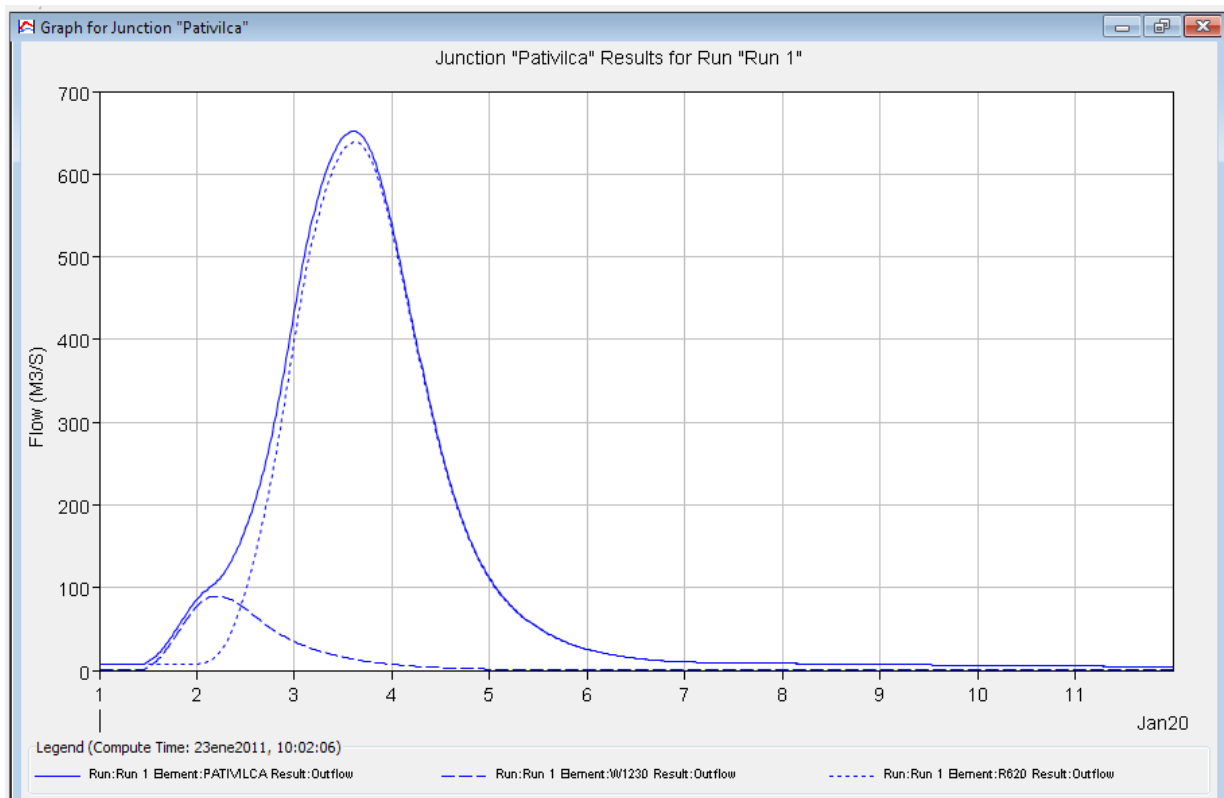


Fig.Nº124: Hidrograma de Avenidas, Tr=200 años, Cuenca del Río Pativilca

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Chancay-Huaral – Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Chancay-Huaral se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo Santo Domingo como se muestra en la Fig. N°125 y los resultados en las Fig.N°126 a Fig.N°130.

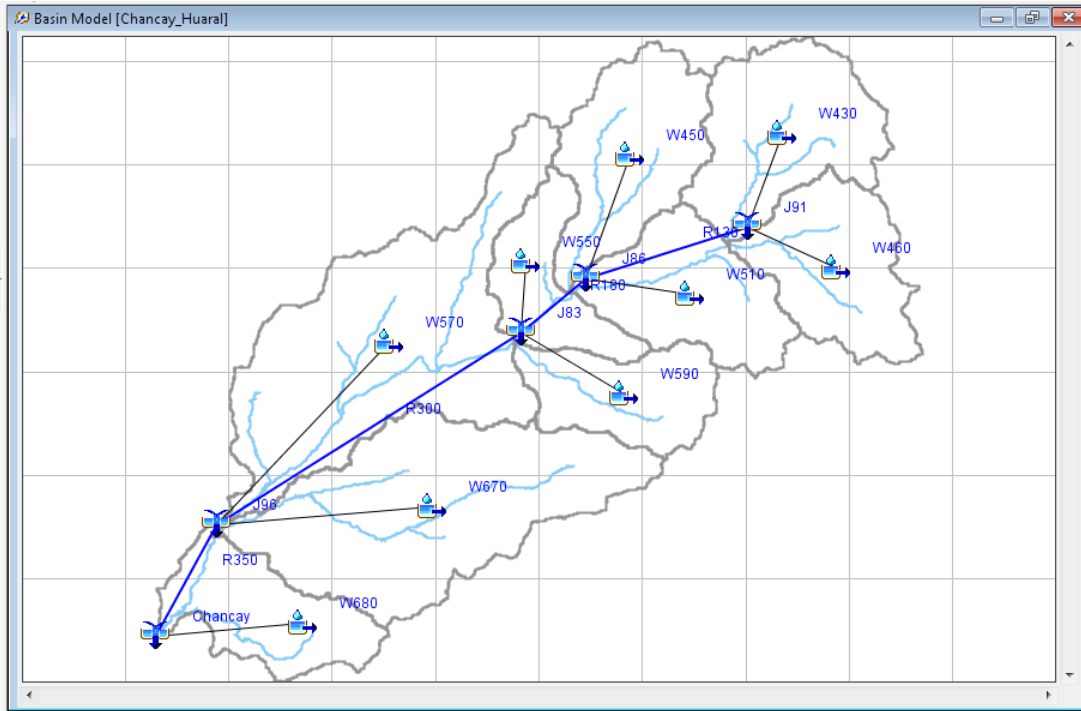


Fig.N°125: Modelo de Cuenca del Río Chancay-Huaral.

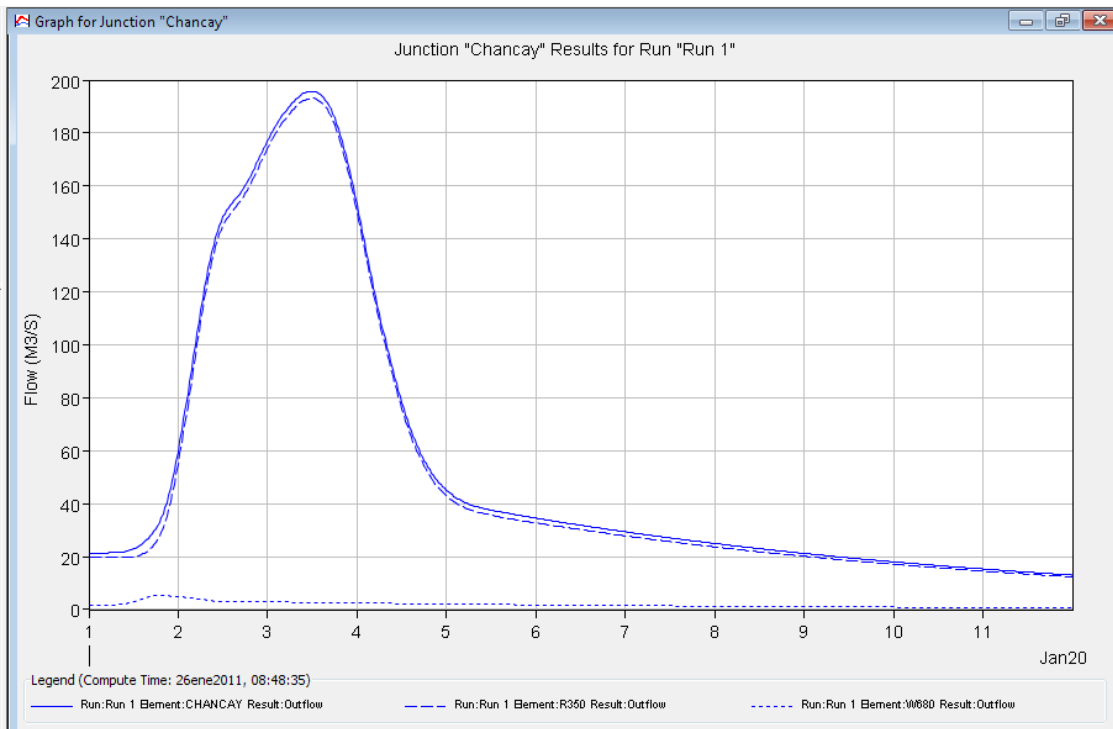


Fig.N°126: Hidrograma de Avenidas, $T_r=25$ años, Cuenca del Río Chancay-Huaral.

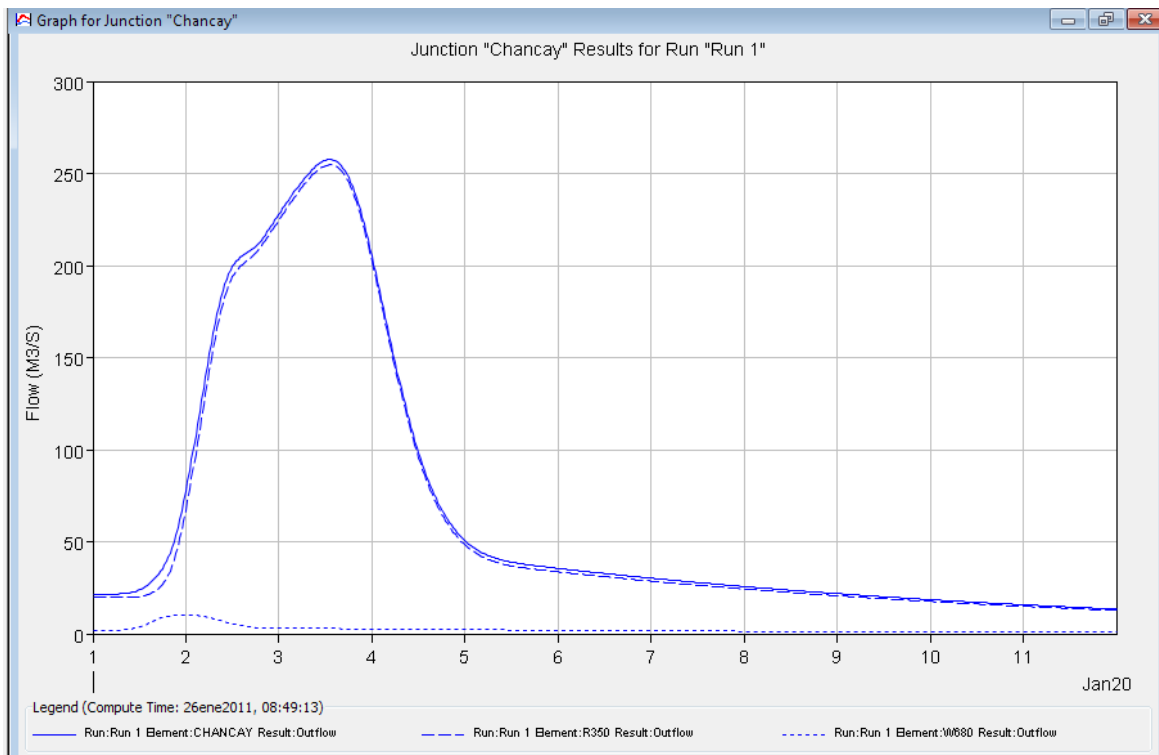


Fig.Nº127: Hidrograma de Avenidas, Tr=50 años, Cuenca del Río Chancay-Huaral.

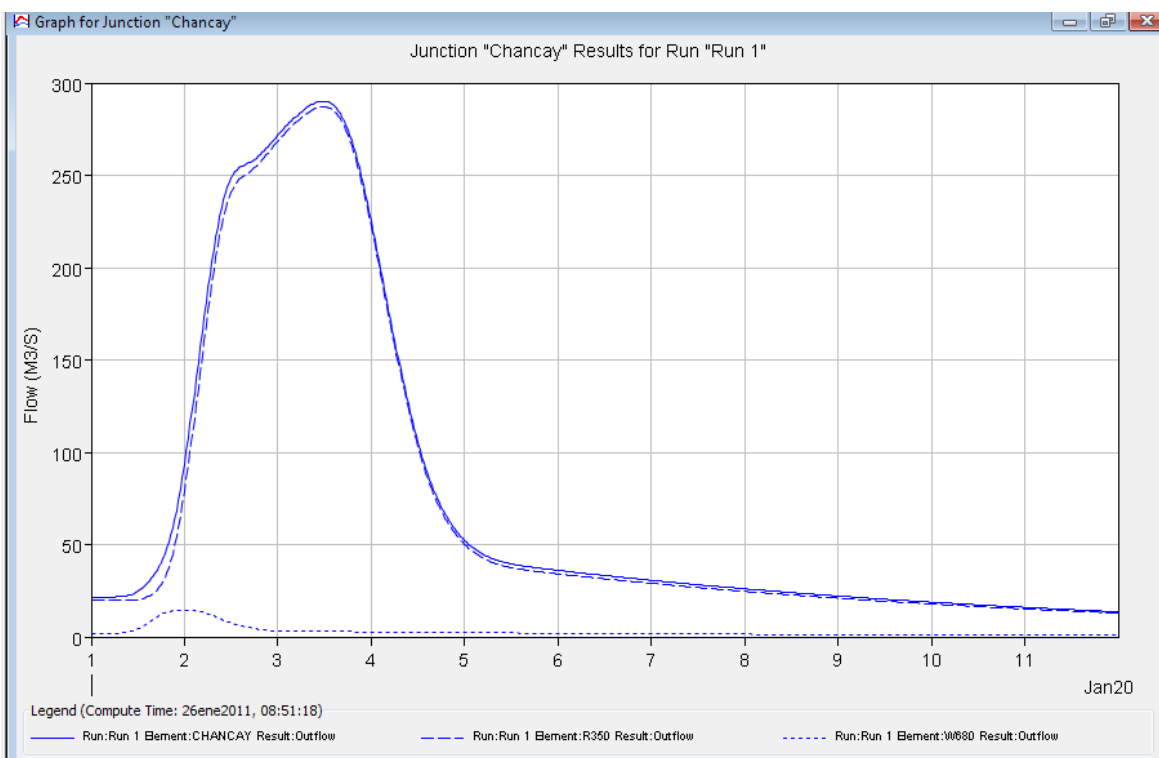


Fig.Nº128: Hidrograma de Avenidas, Tr=75 años, Cuenca del Río Chancay-Huaral.

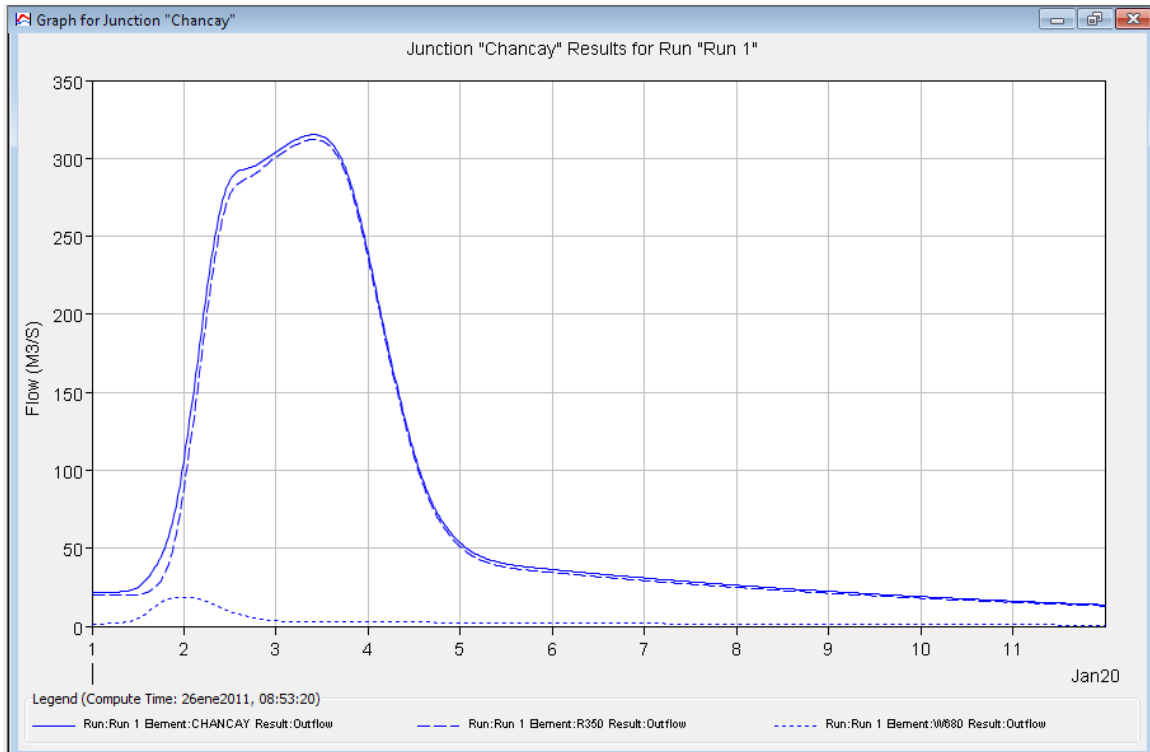


Fig.Nº129: Hidrograma de Avenidas, $T_r=100$ años, Cuenca del Río Chancay-Huaral.

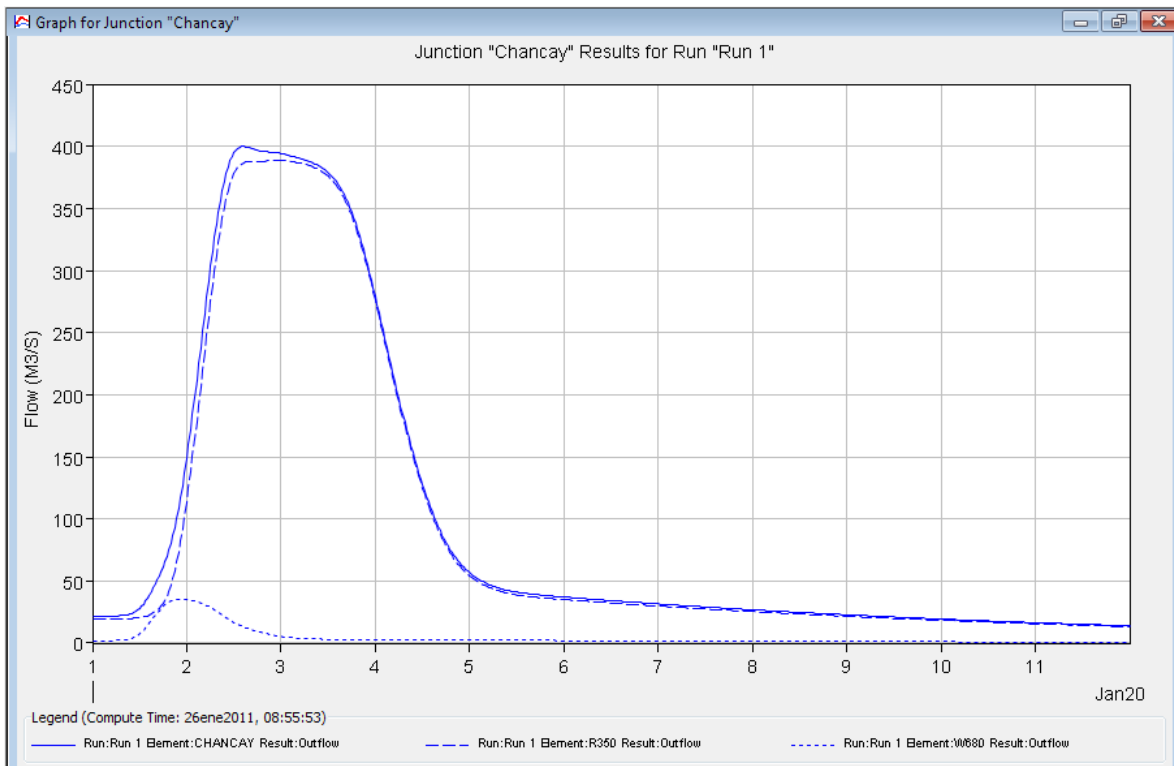


Fig.Nº130: Hidrograma de Avenidas, $T_r=200$ años, Cuenca del Río Chancay-Huaral.

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Rímac – Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Rímac se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo Chosica se muestra en la Fig. N°131 y los resultados en las Fig.N°132 a Fig.N°136.

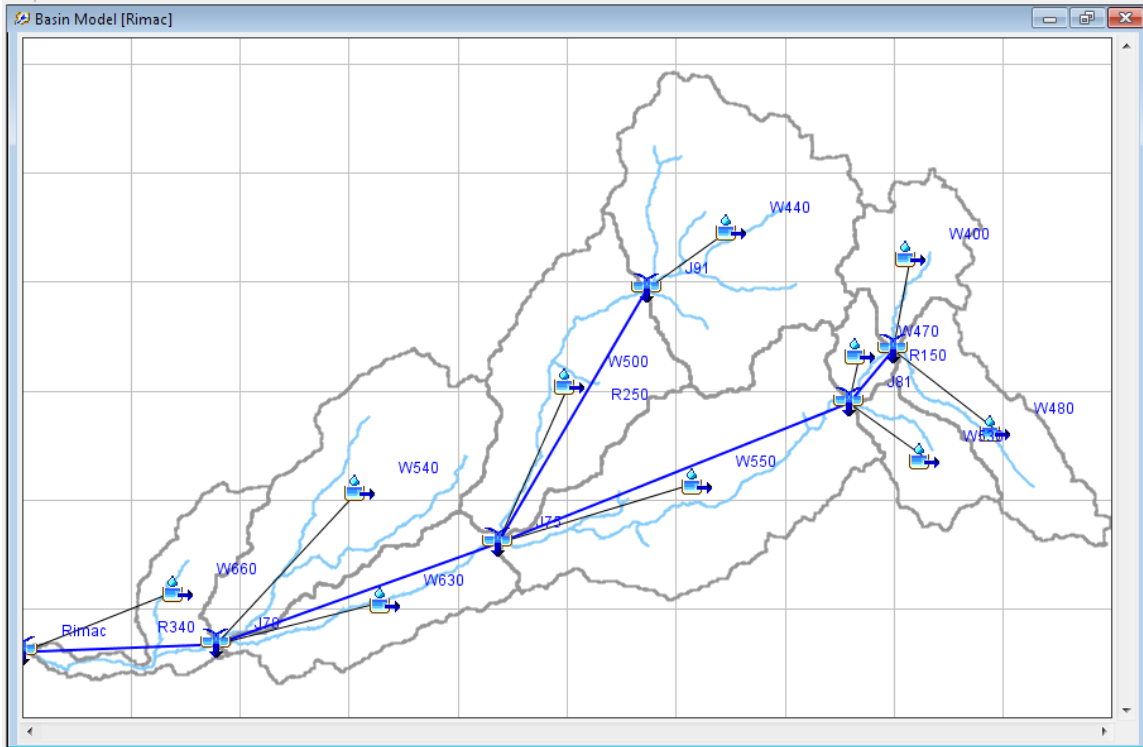


Fig.N°131: Modelo de Cuenca del Río Rímac.

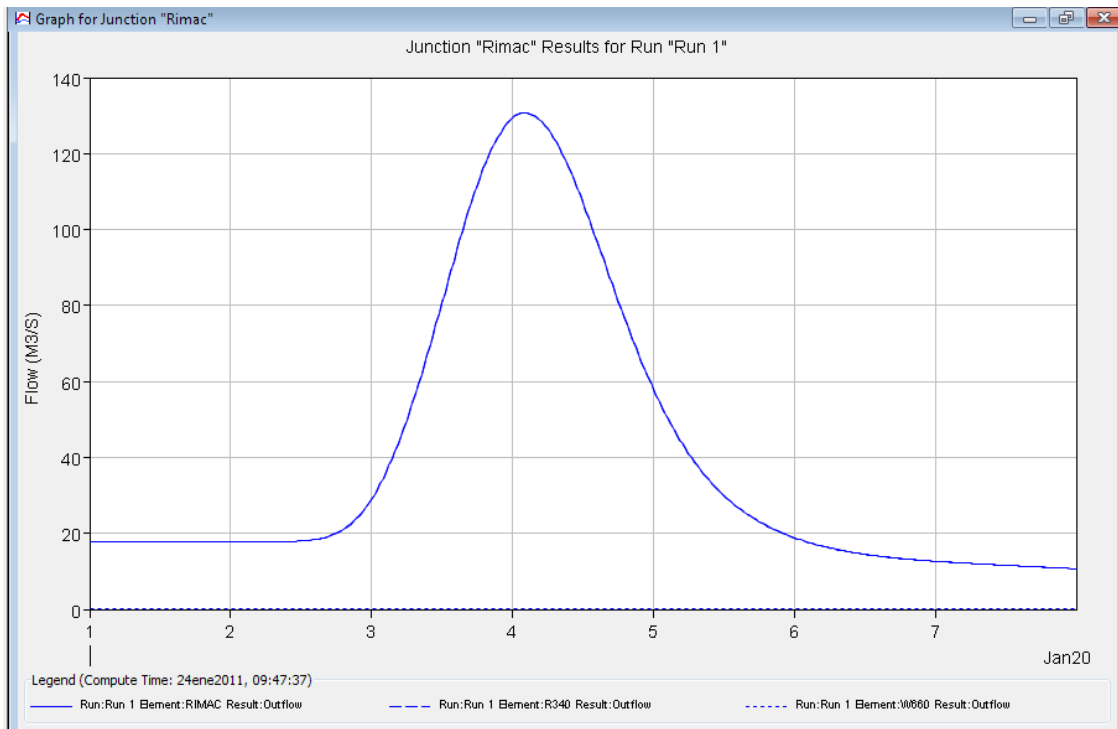


Fig.N°132: Hidrograma de Avenidas, Tr=25 años, Cuenca del Río Rímac.

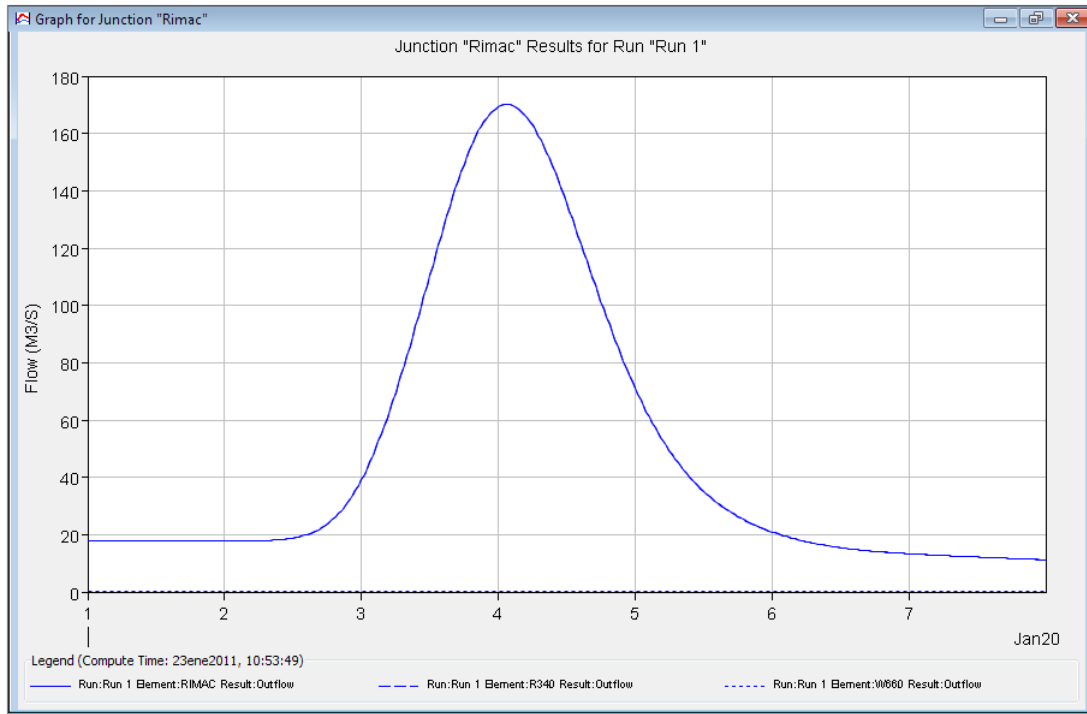


Fig.Nº133: Hidrograma de Avenidas, Tr=50 años, Cuenca del Río Rímac.

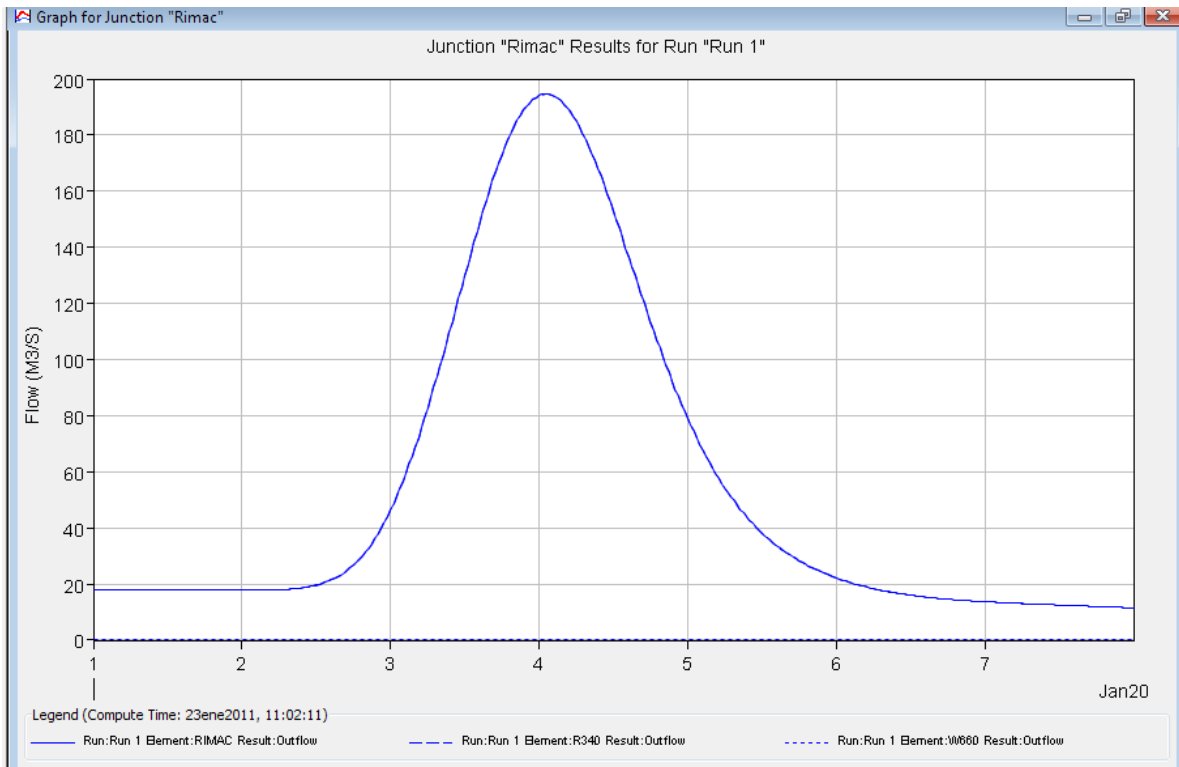


Fig.Nº134: Hidrograma de Avenidas, Tr=75 años, Cuenca del Río Rímac.

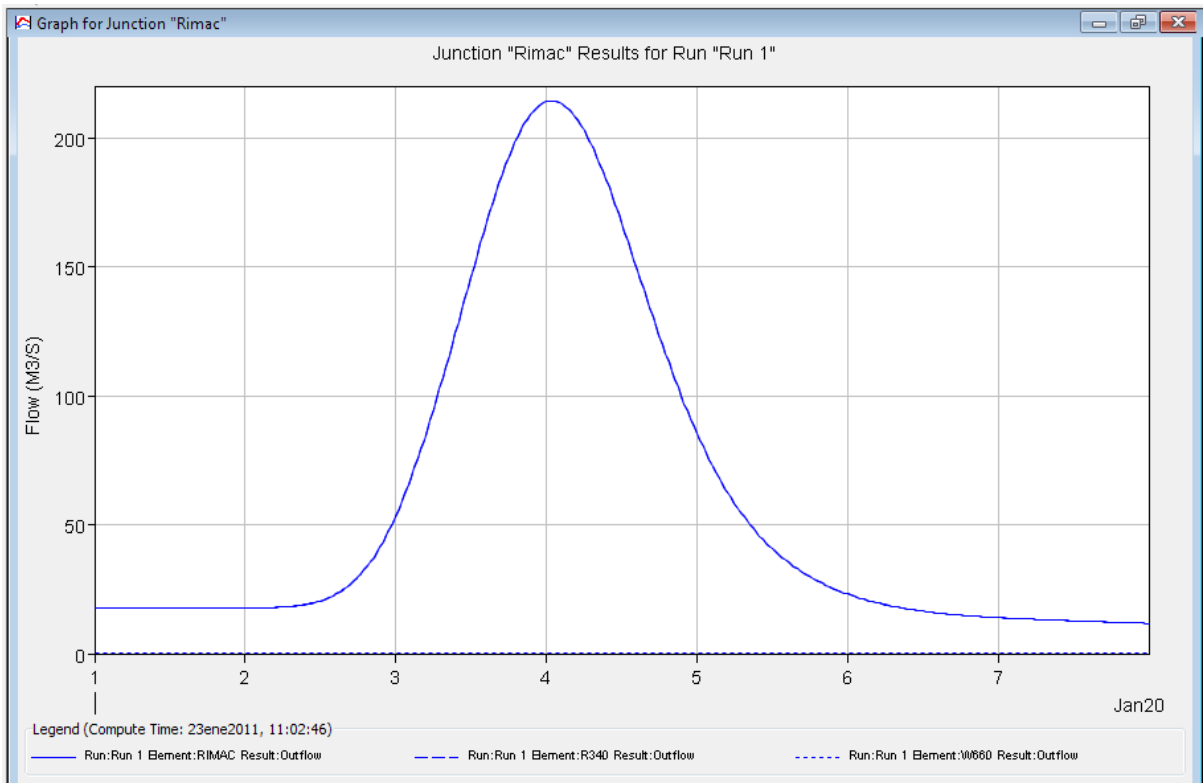


Fig.Nº135: Hidrograma de Avenidas, Tr=100 años, Cuenca del Río Rímac.

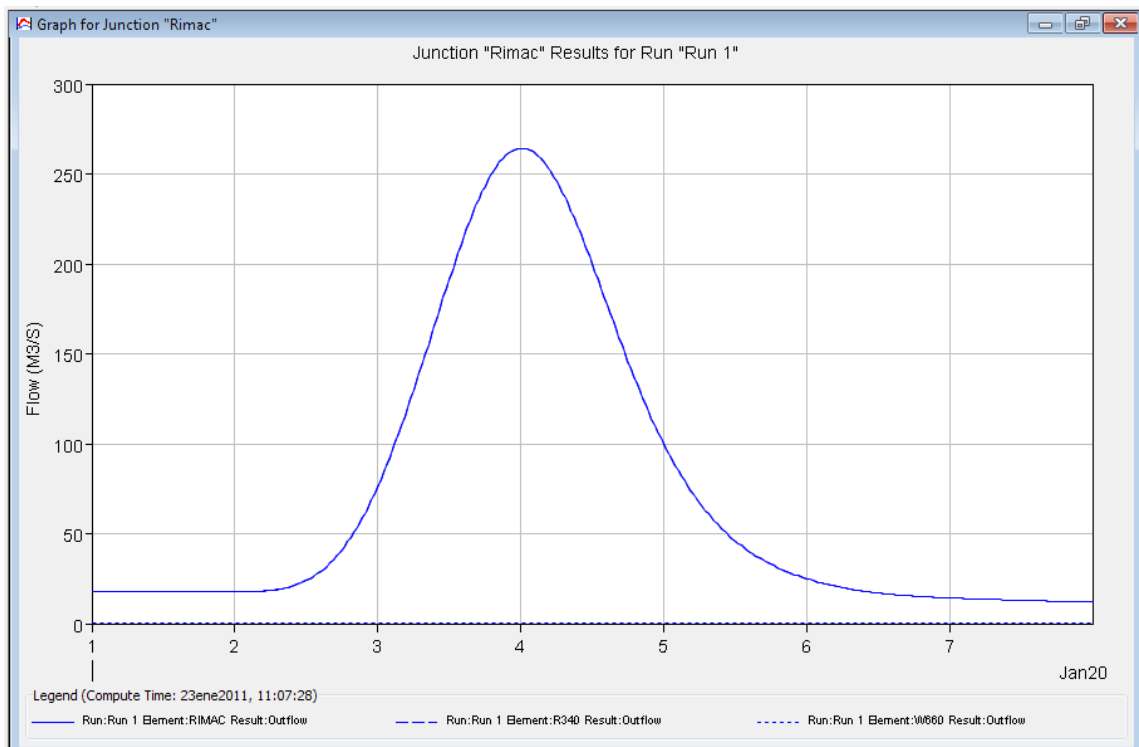


Fig.Nº136: Hidrograma de Avenidas, Tr=200 años, Cuenca del Río Rímac.

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Cañete – Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Cañete se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo Socsí se muestra en la Fig. N°137 y los resultados en las Fig.N°138 a Fig.N°142.

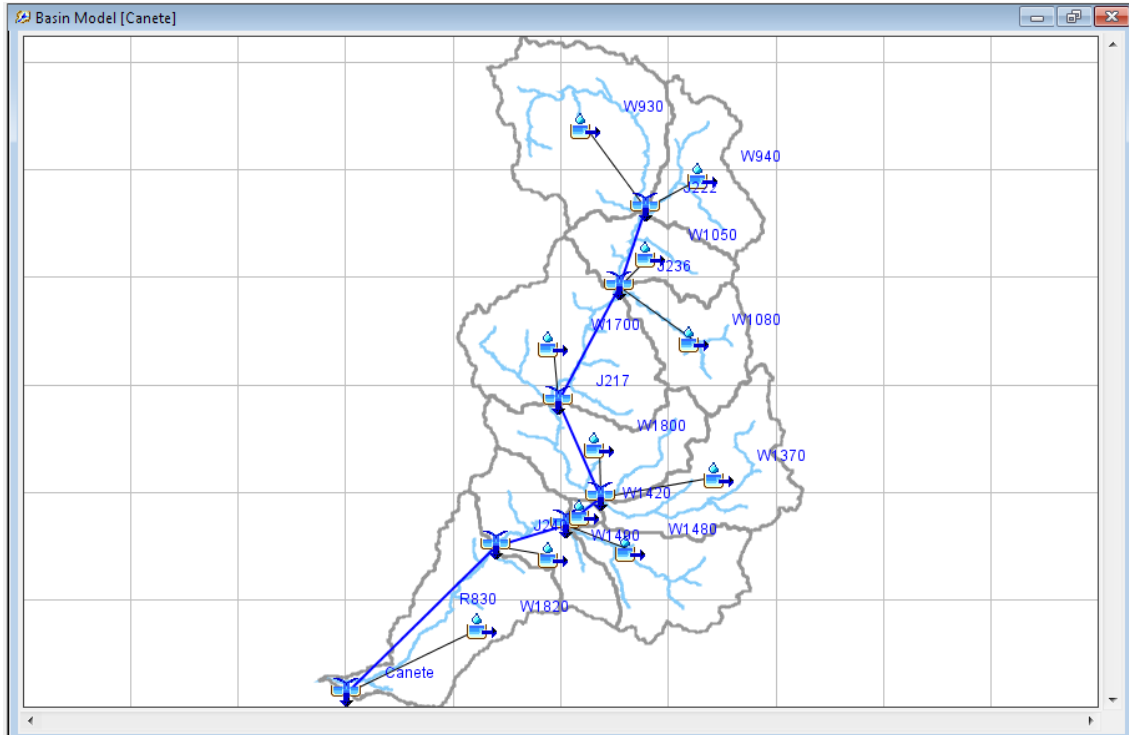


Fig.N°137: Modelo de Cuenca del Río Cañete.

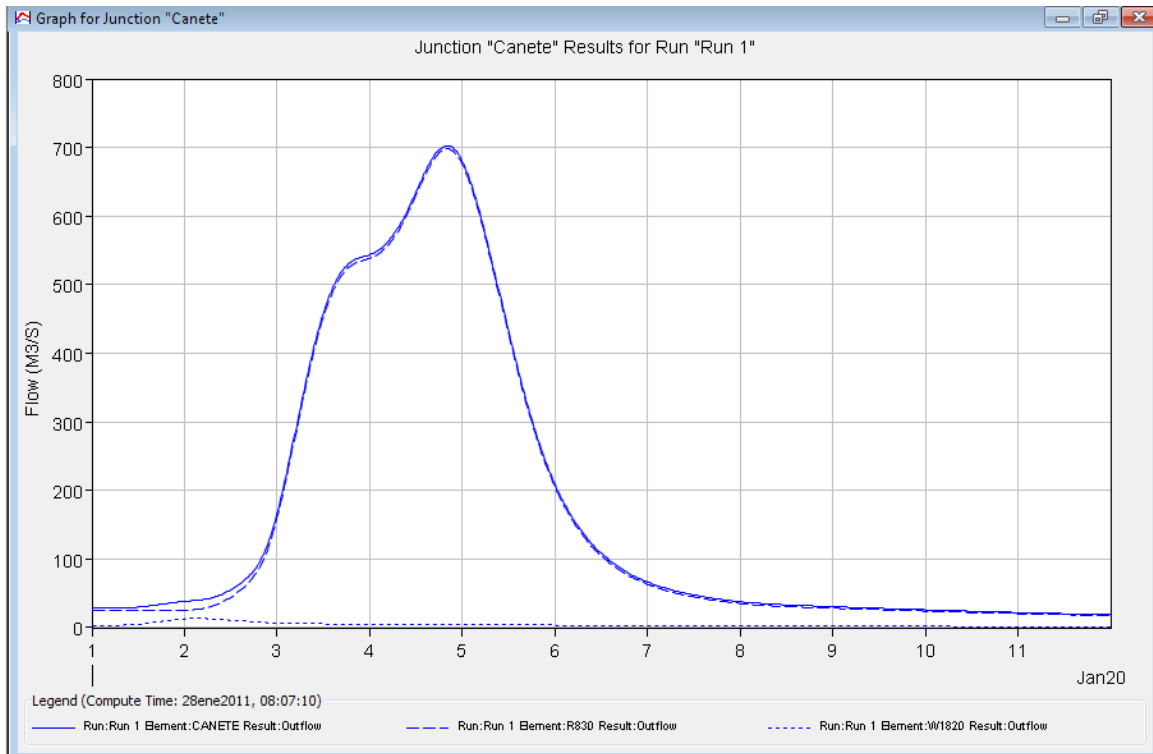


Fig.N°138: Hidrograma de Avenidas, Tr=25 años, Cuenca del Río Cañete.

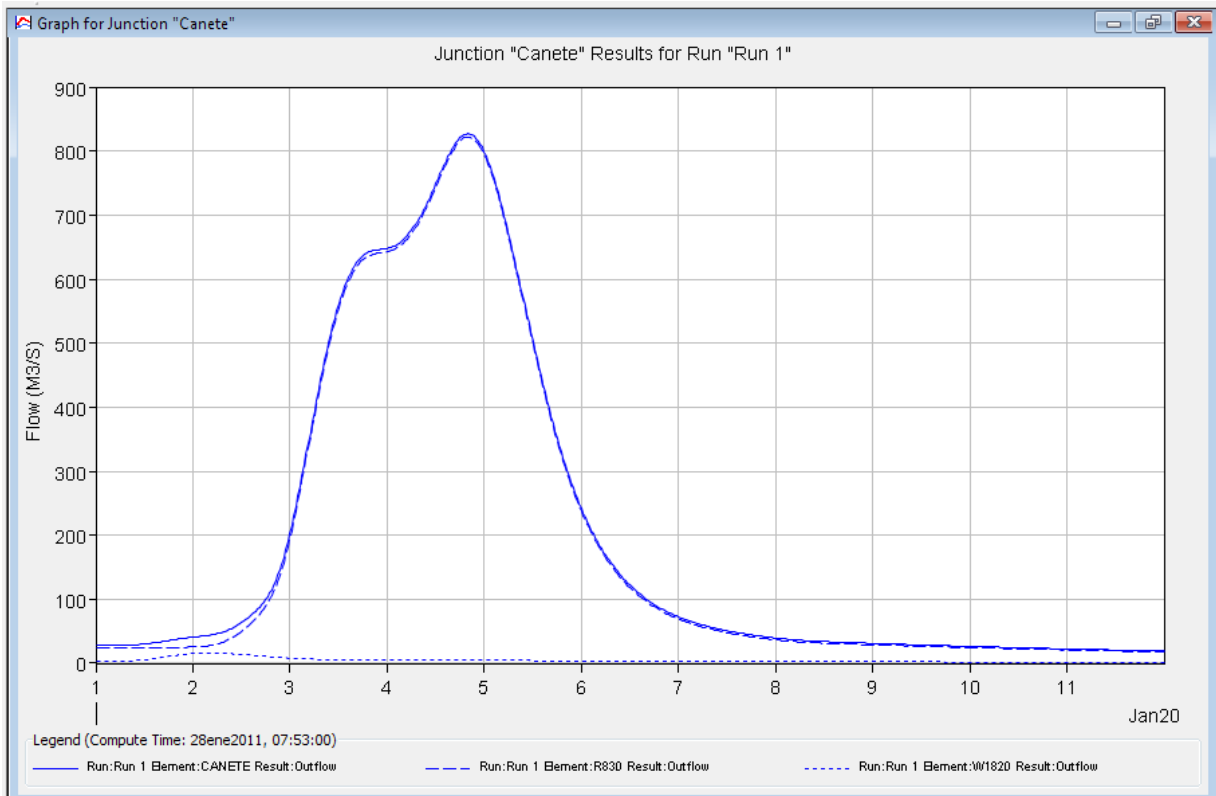


Fig.Nº139: Hidrograma de Avenidas, Tr=50 años, Cuenca del Río Cañete.

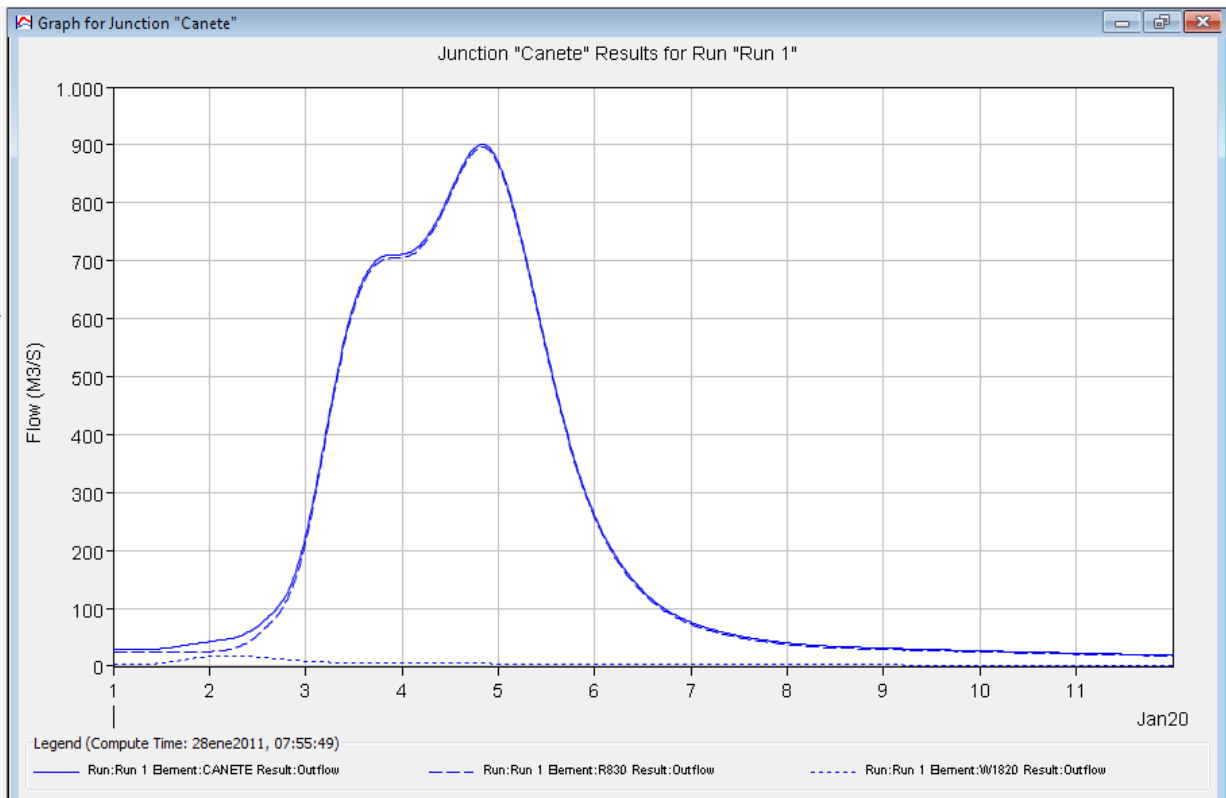


Fig.Nº140: Hidrograma de Avenidas, Tr=75 años, Cuenca del Río Cañete.

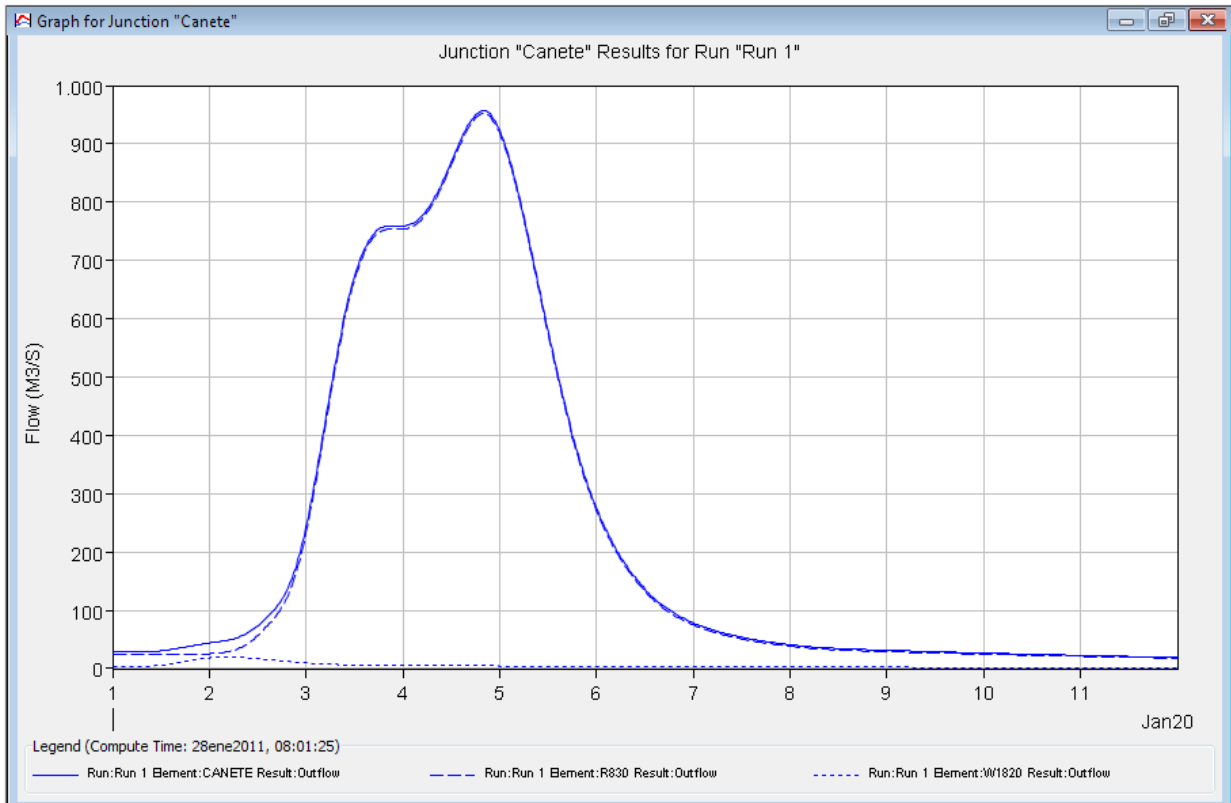


Fig.Nº141 Hidrograma de Avenidas, Tr=100 años, Cuenca del Río Cañete.

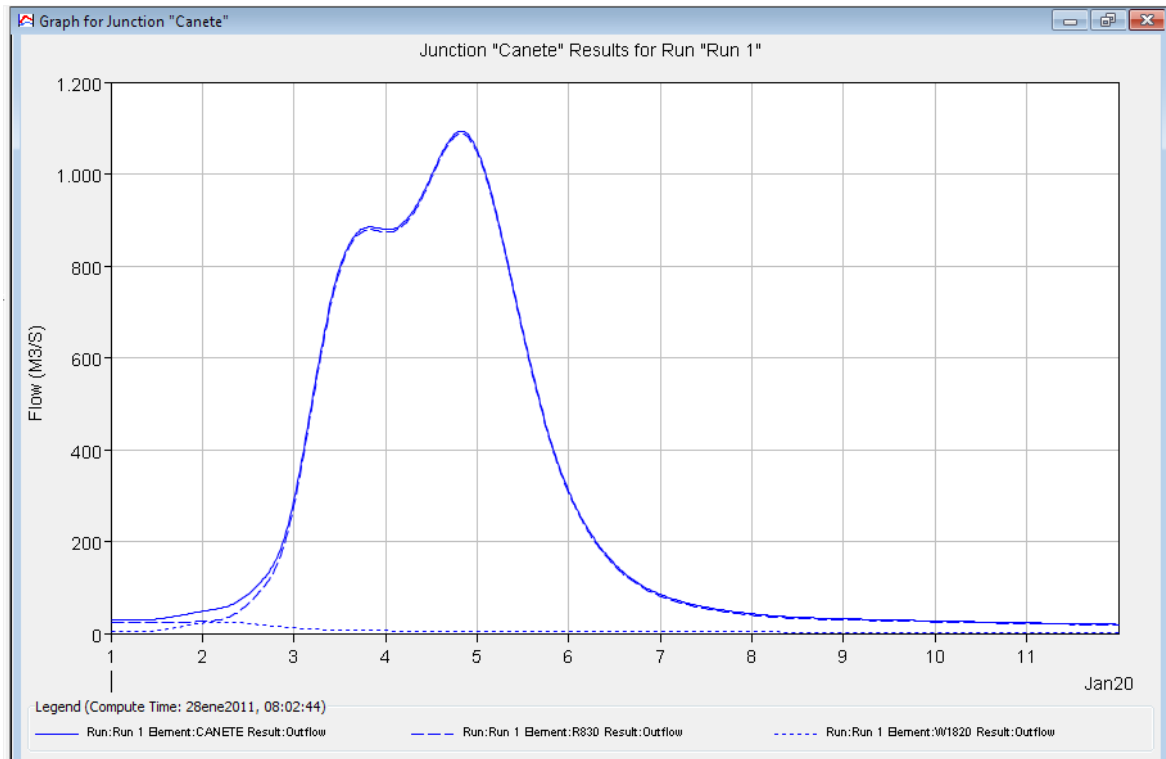


Fig.Nº142: Hidrograma de Avenidas, Tr=200 años, Cuenca del Río Cañete.

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Pisco – Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Pisco se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo Letrayoc se muestra en la Fig. N°143 y los resultados en las Fig.N°144 a Fig.N°148.

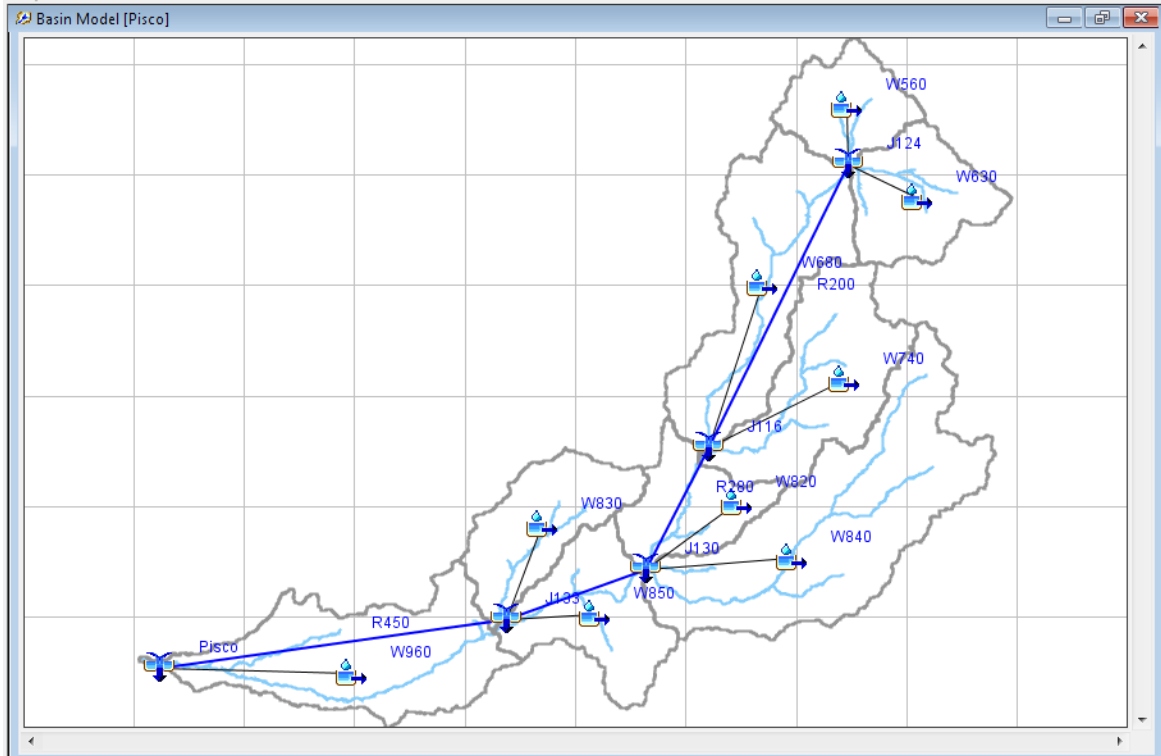


Fig.N°143: Modelo de Cuenca del Río Pisco.

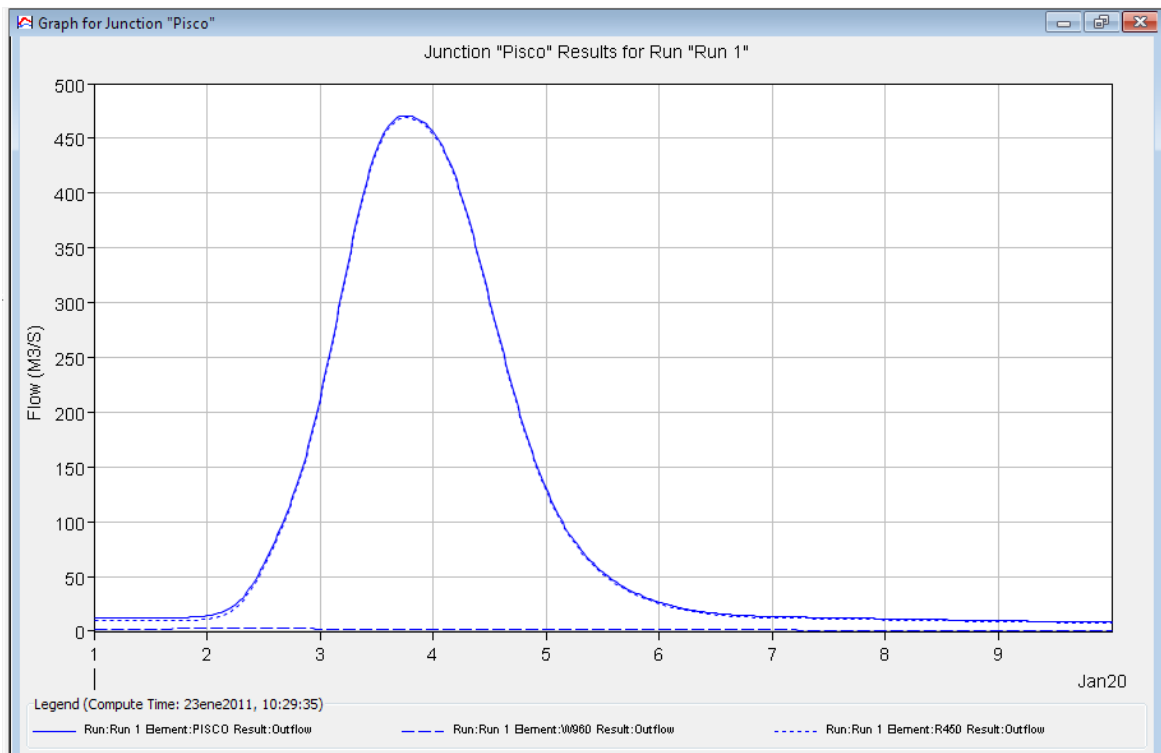


Fig.N°144: Hidrograma de Avenidas, Tr=25 años, Cuenca del Río Pisco.

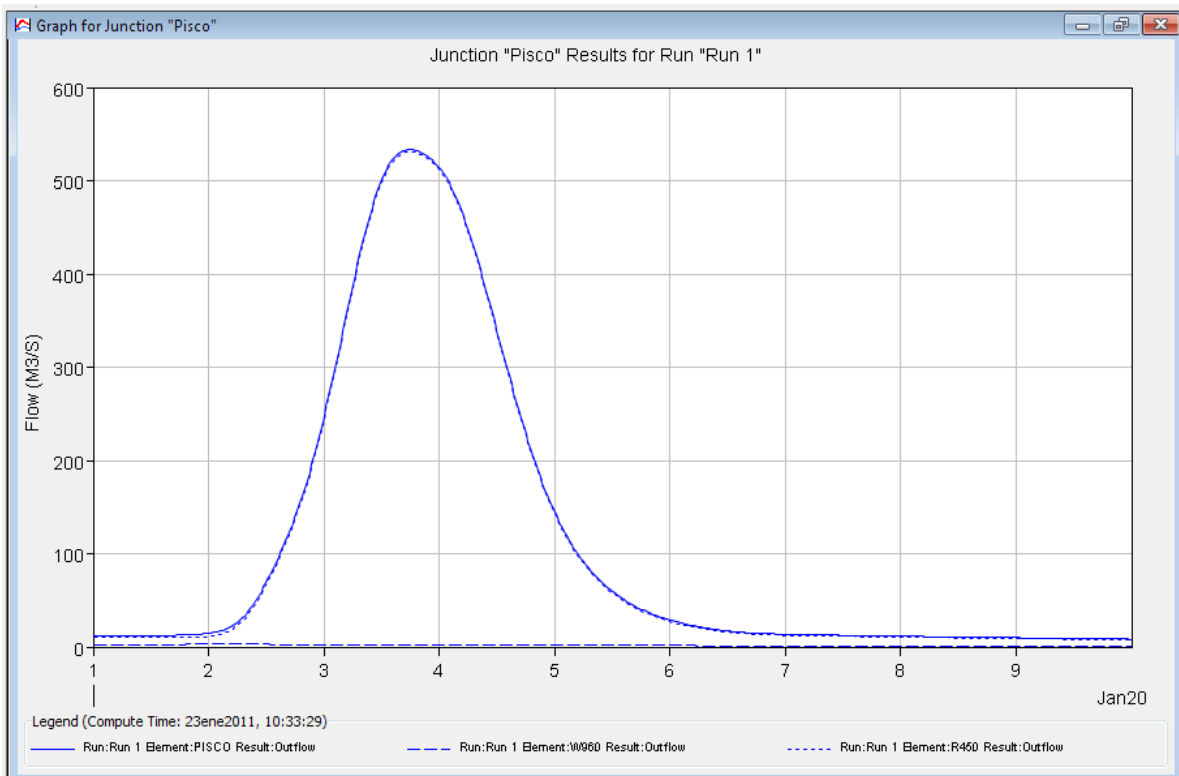


Fig.Nº145: Hidrograma de Avenidas, Tr=50 años, Cuenca del Río Pisco.

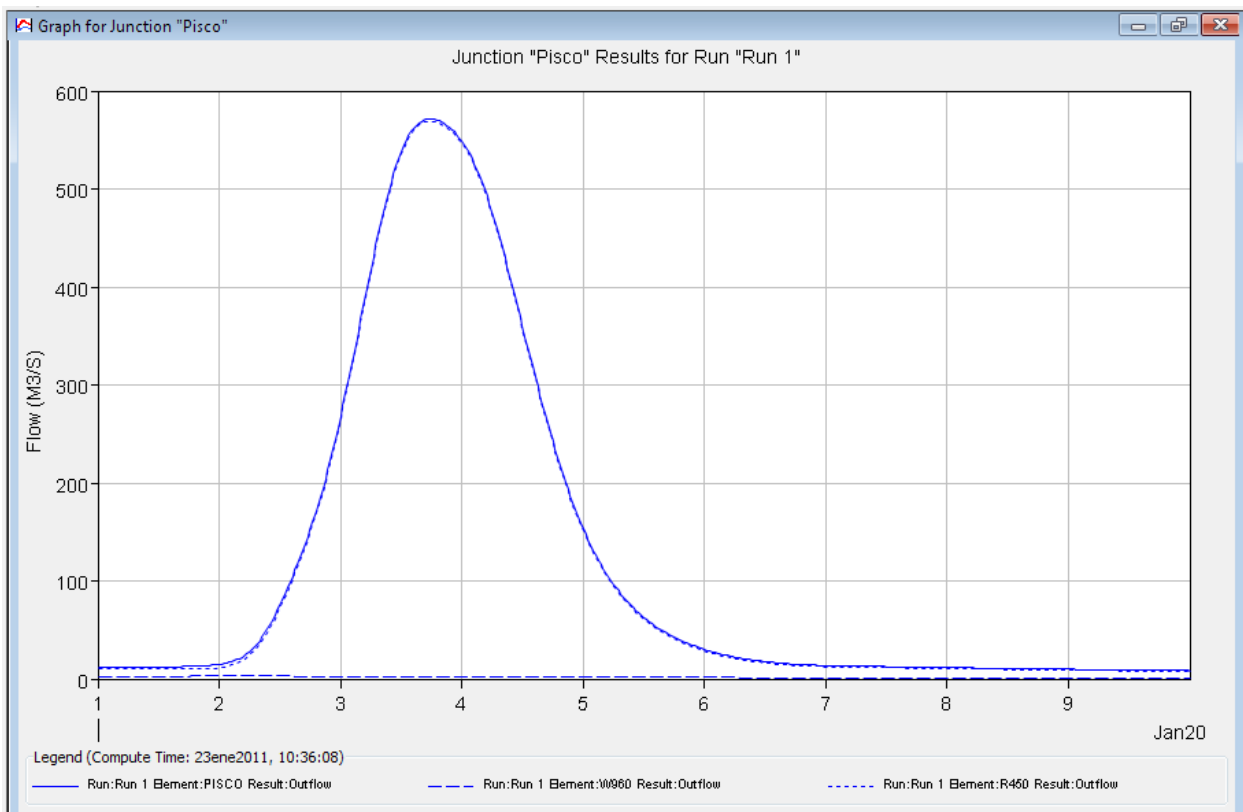


Fig.Nº146: Hidrograma de Avenidas, Tr=75 años, Cuenca del Río Pisco.

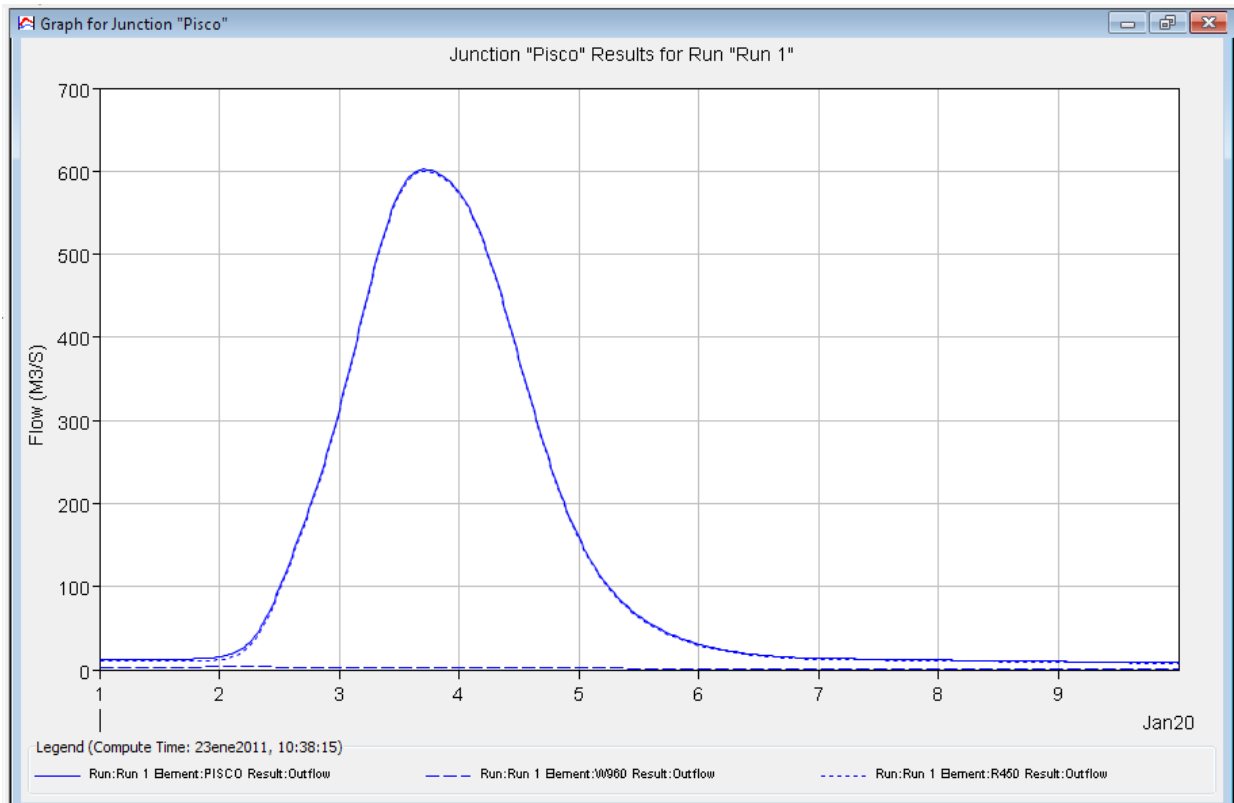


Fig.N°147: Hidrograma de Avenidas, Tr=100 años, Cuenca del Río Pisco.

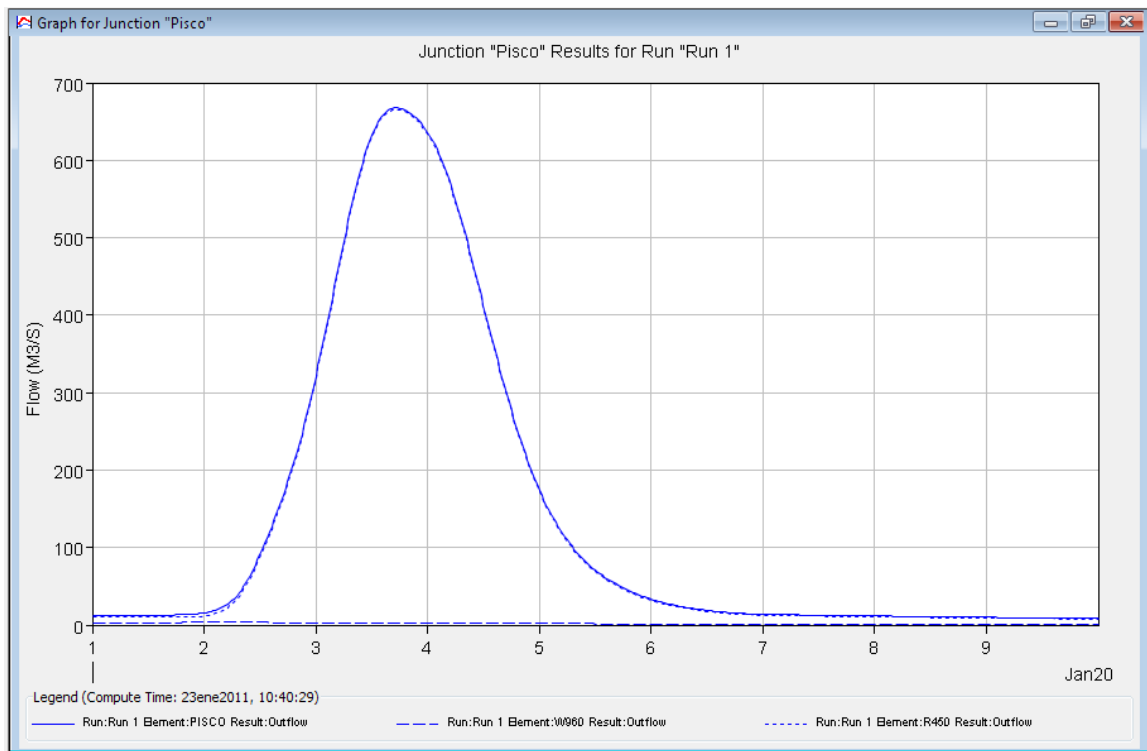


Fig.N°148: Hidrograma de Avenida, Tr=200 años.-Cuenca del Río Pisco.

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Ica– Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Ica se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo La Achirana como se muestra en la Fig. N°149 y los resultados en las Fig.N°150 a Fig.N°154.

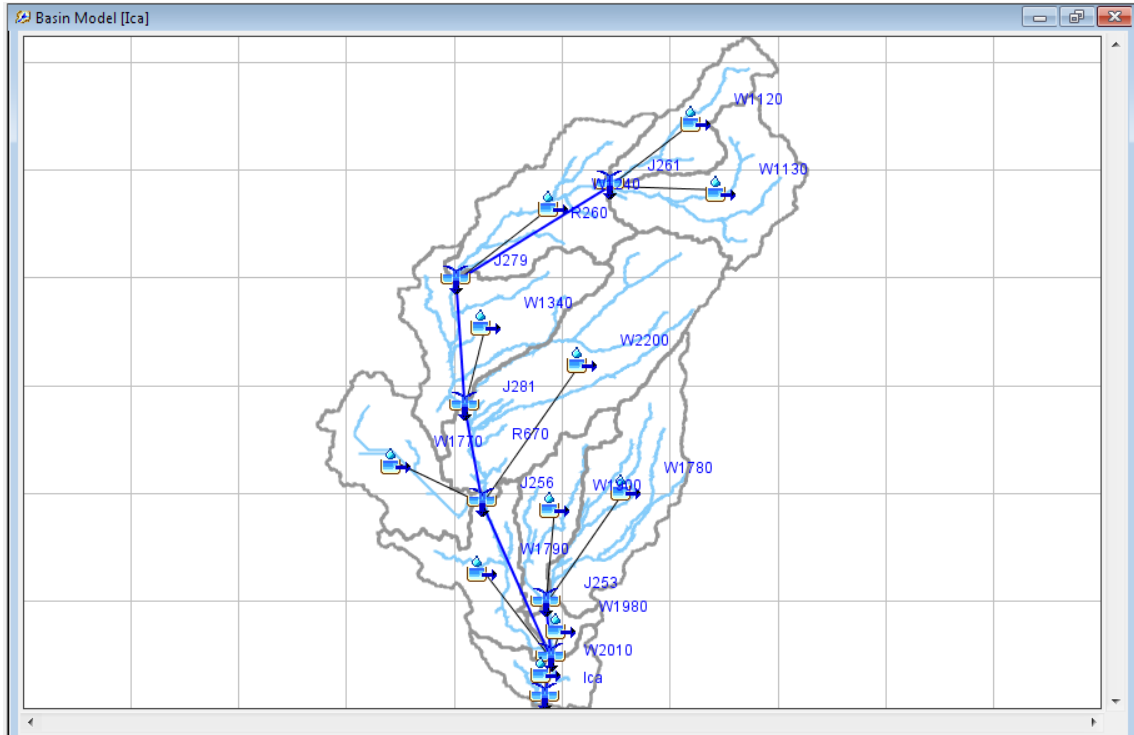


Fig.N°149: Modelo de Cuenca del Río Ica.

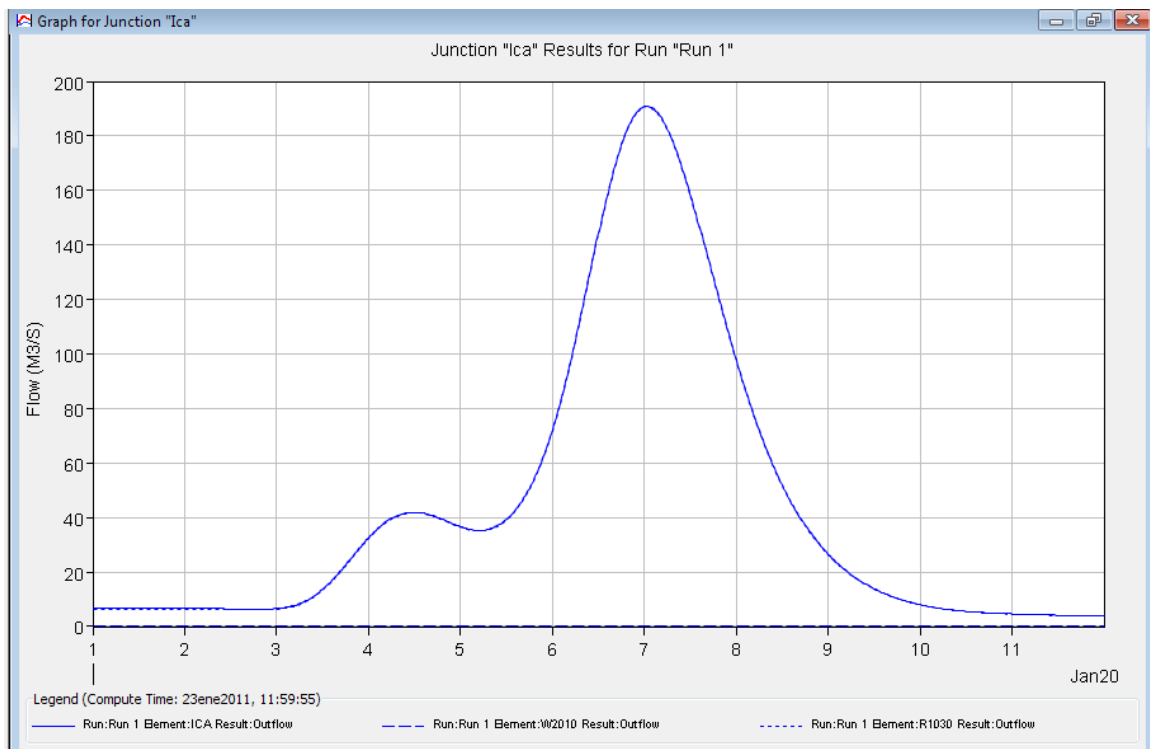


Fig.N°150: Hidrograma de Avenida, Tr=25 años.-Cuenca del Río Ica.

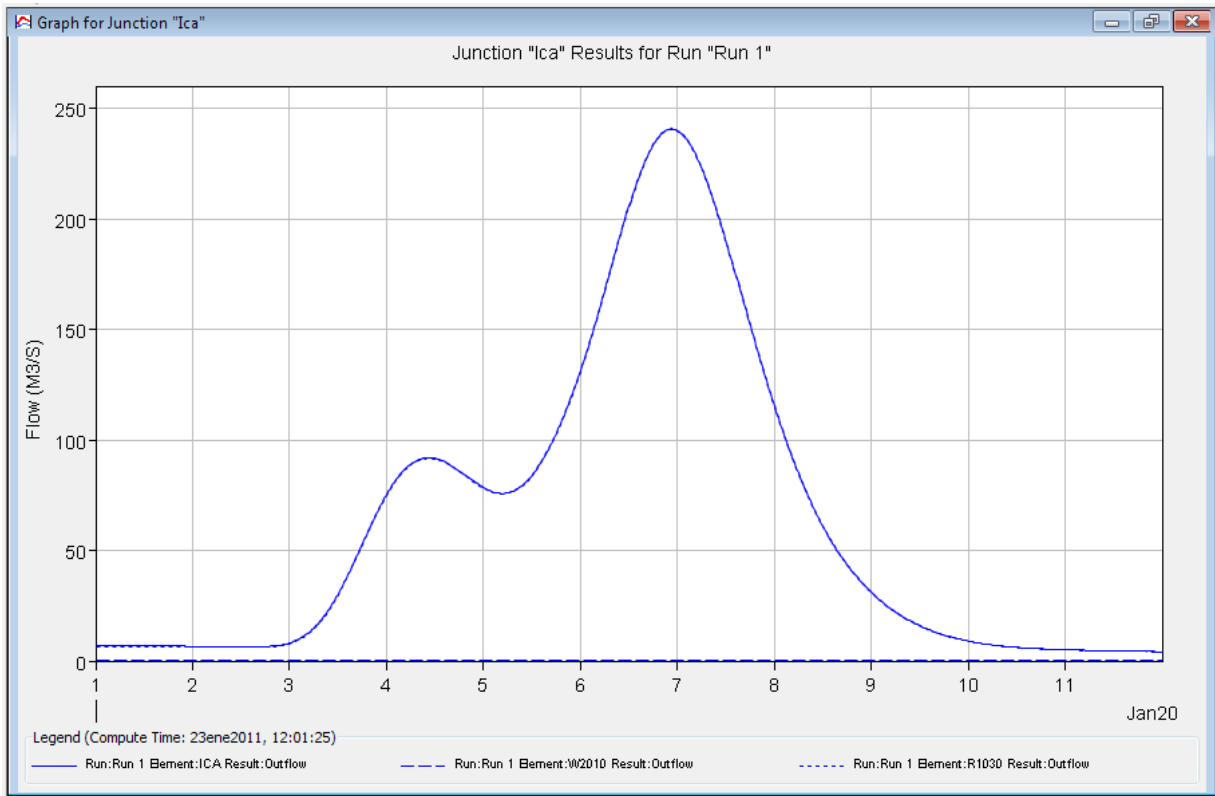


Fig.Nº151: Hidrograma de Avenida, Tr=50 años.-Cuenca del Río Ica.

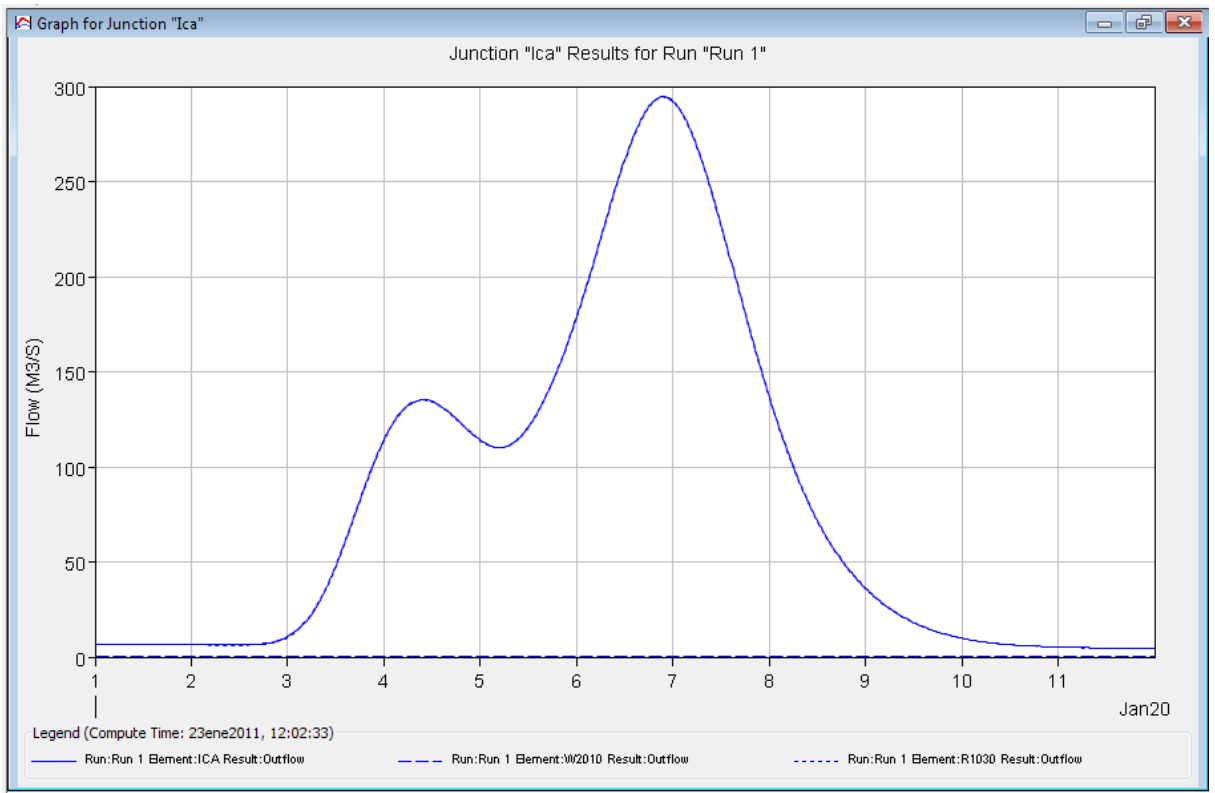


Fig.Nº152: Hidrograma de Avenida, Tr=75 años.-Cuenca del Río Ica.

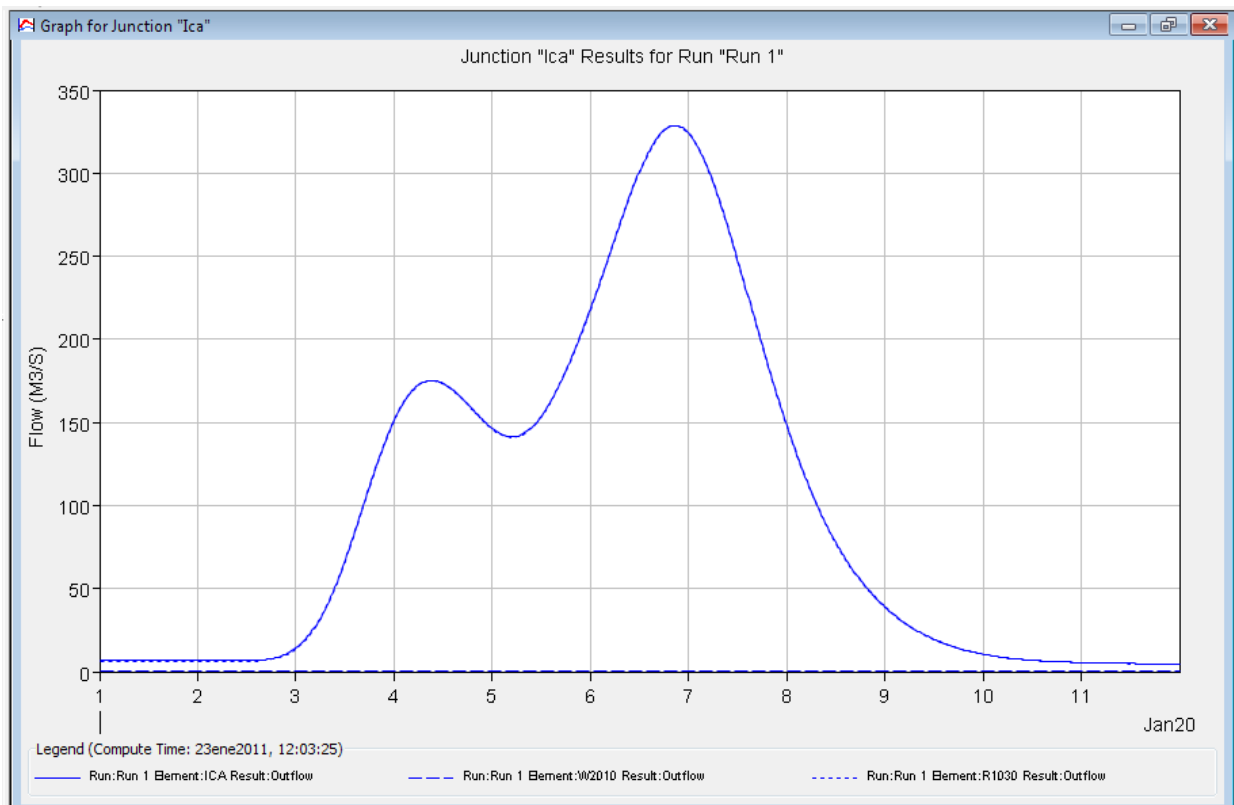


Fig.Nº153: Hidrograma de Avenida, Tr=100 años.-Cuenca del Río Ica.

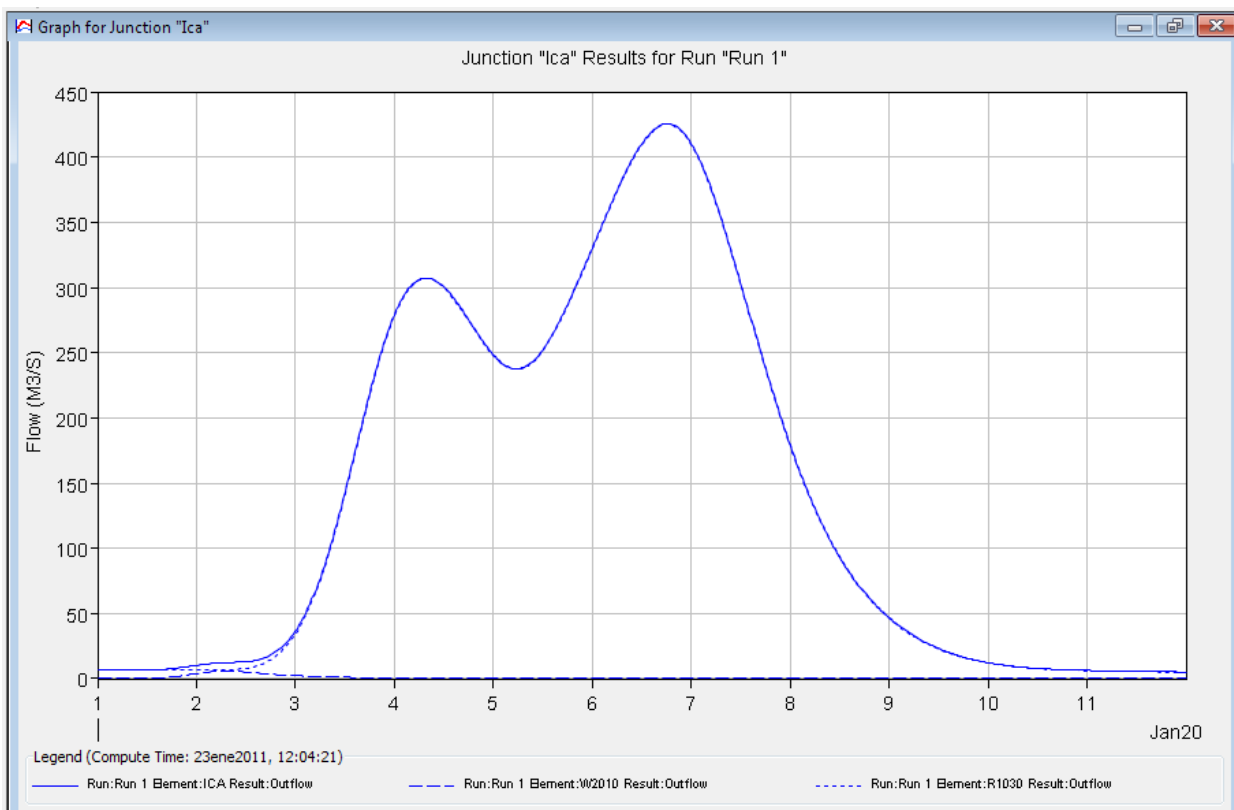


Fig.Nº154: Hidrograma de Avenida, Tr=200 años.-Cuenca del Río Ica.

Modelamiento hidrológico de la Cuenca del Río Grande– Hec Hms

Para el modelamiento de la cuenca del Río Grande se hizo el modelo de cuenca hasta la estación de aforo Puente Carretera Grande como se muestra en la Fig. N°155 y los resultados en las Fig.N°156 a Fig.N°160.

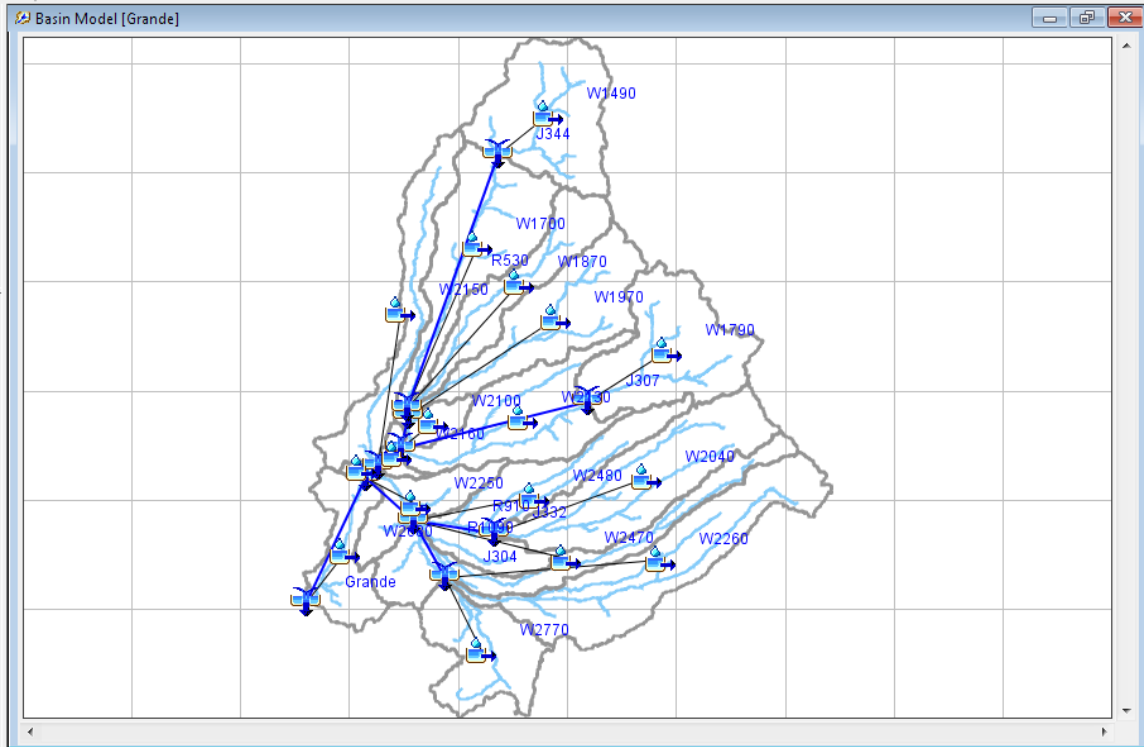


Fig.N°155: Modelo de Cuenca del Río Grande.

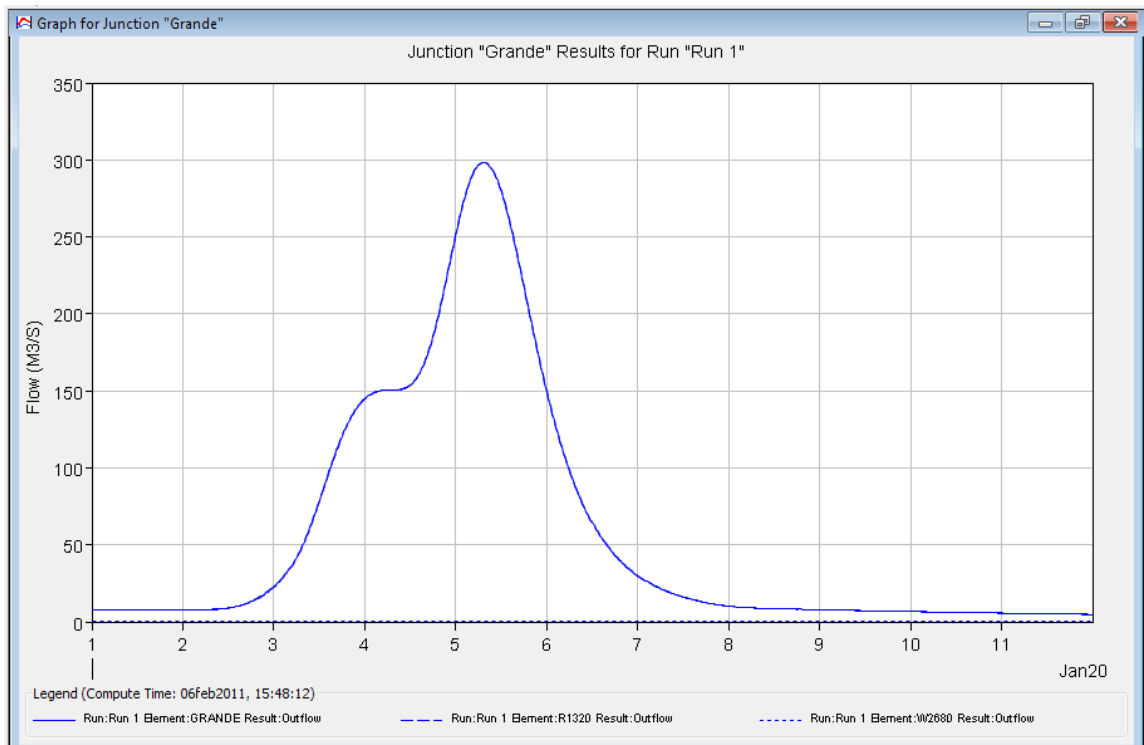


Fig.N°156: Hidrograma de Avenida, Tr=25 años.-Cuenca del Río Ica.

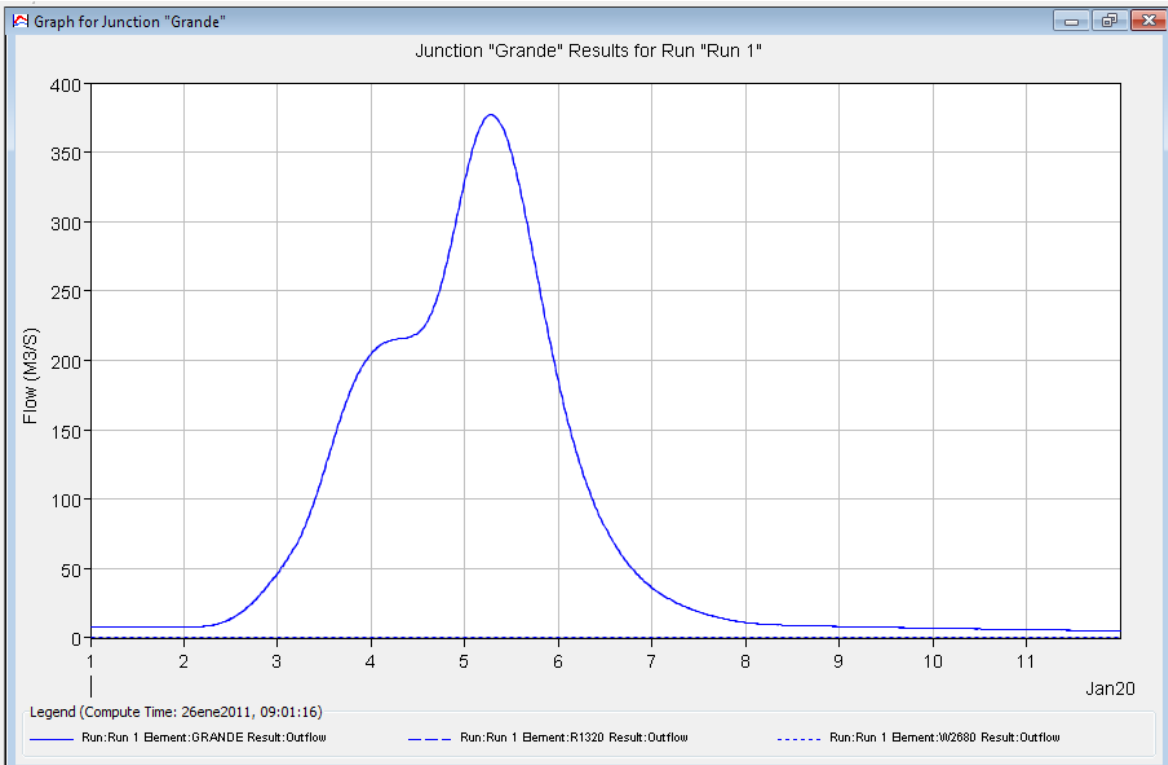


Fig.Nº157: Hidrograma de Avenida, Tr=50 años.-Cuenca del Río Ica.

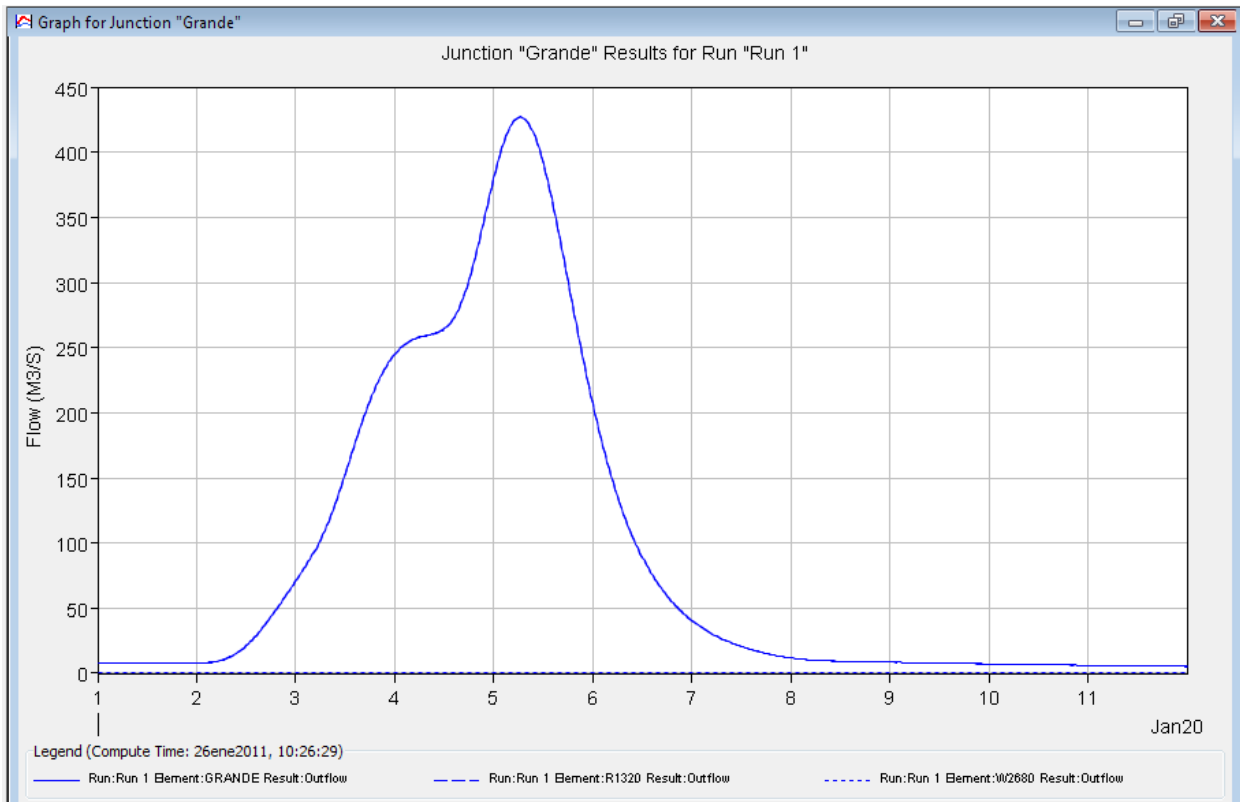


Fig.Nº158 Hidrograma de Avenida, Tr=75 años.-Cuenca del Río Ica.

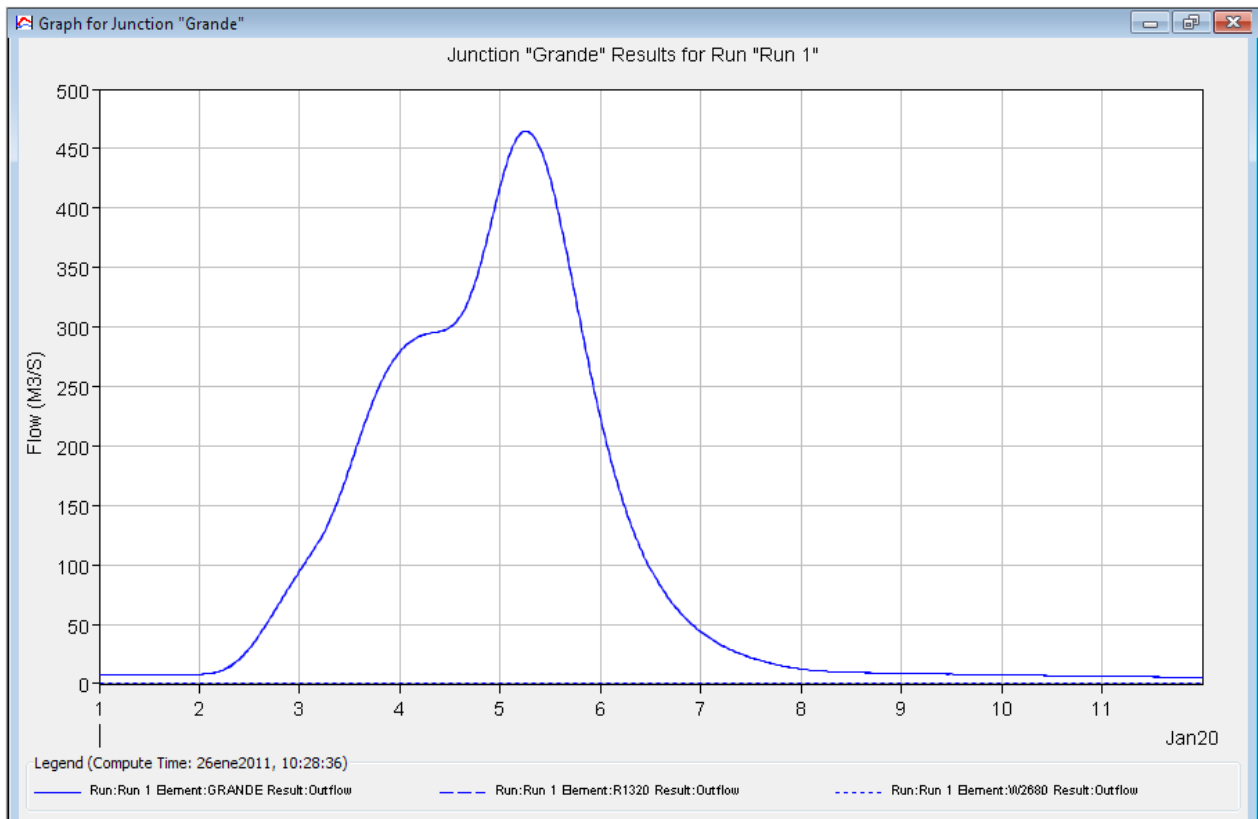


Fig.Nº159: Hidrograma de Avenida, Tr=100 años.-Cuenca del Río Ica.

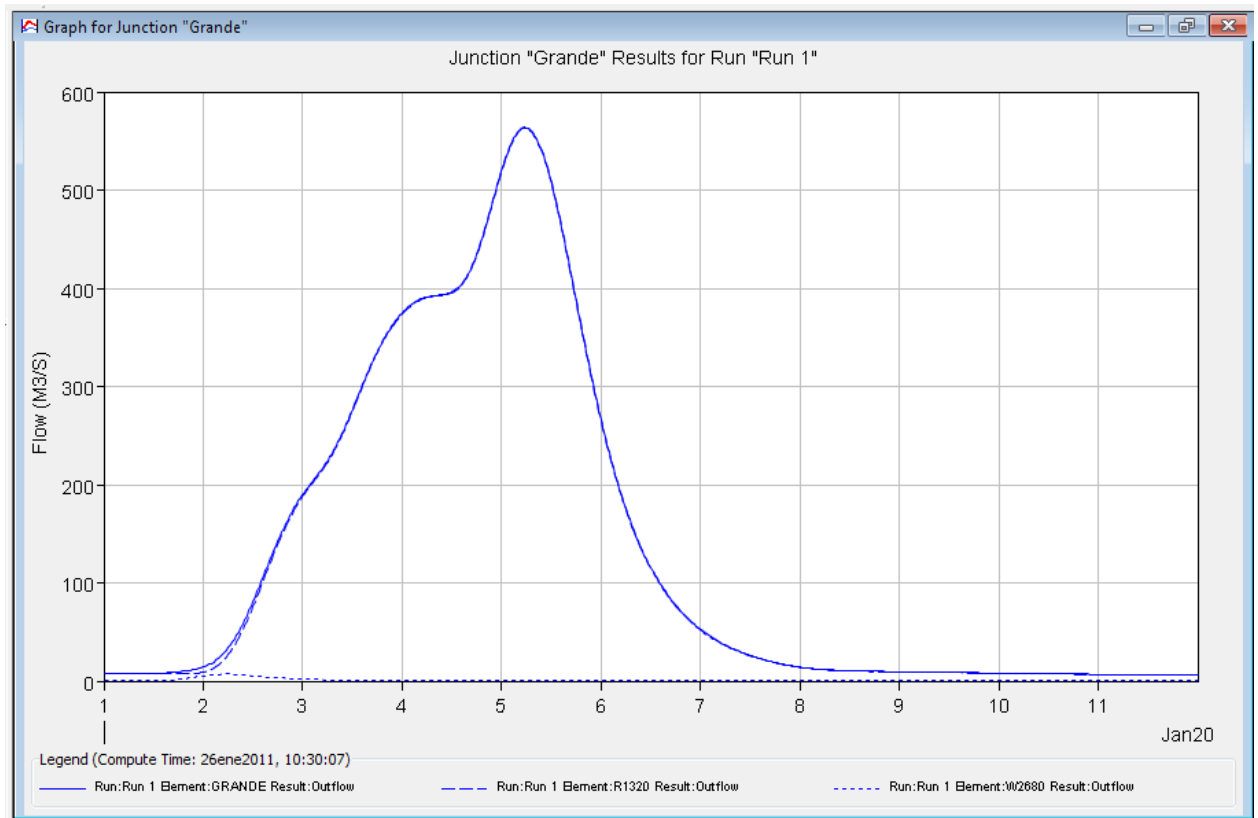


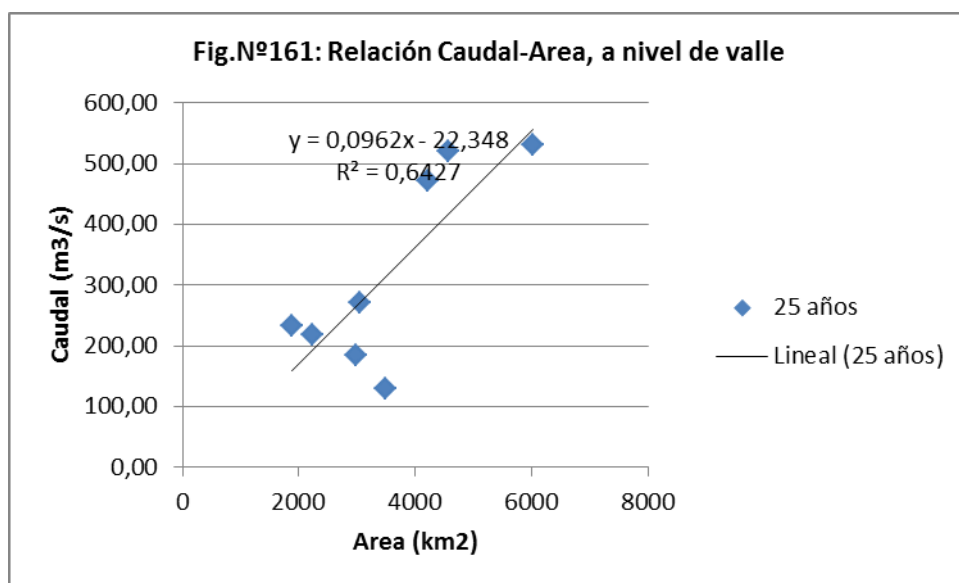
Fig.Nº160: Hidrograma de Avenida, Tr=200 años.-Cuenca del Río Ica.

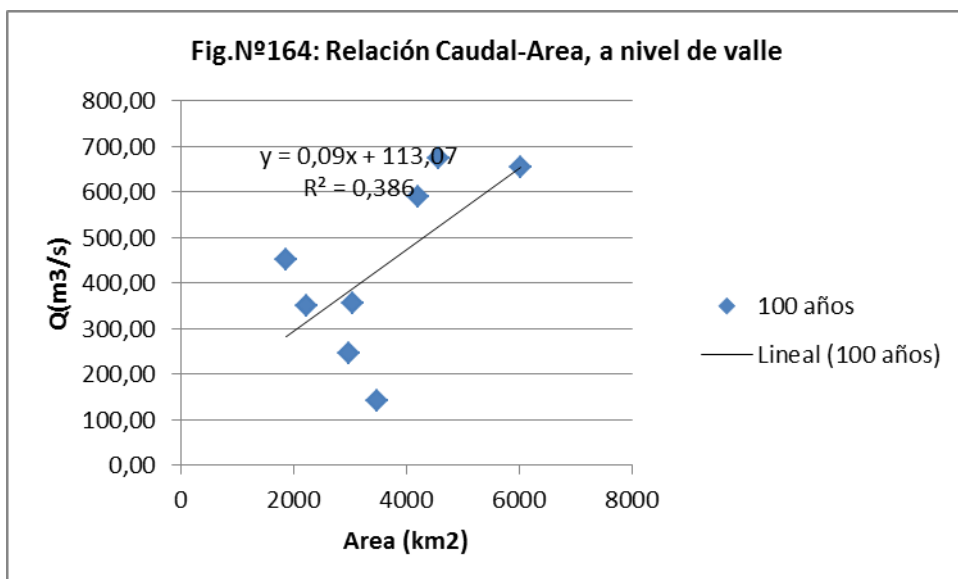
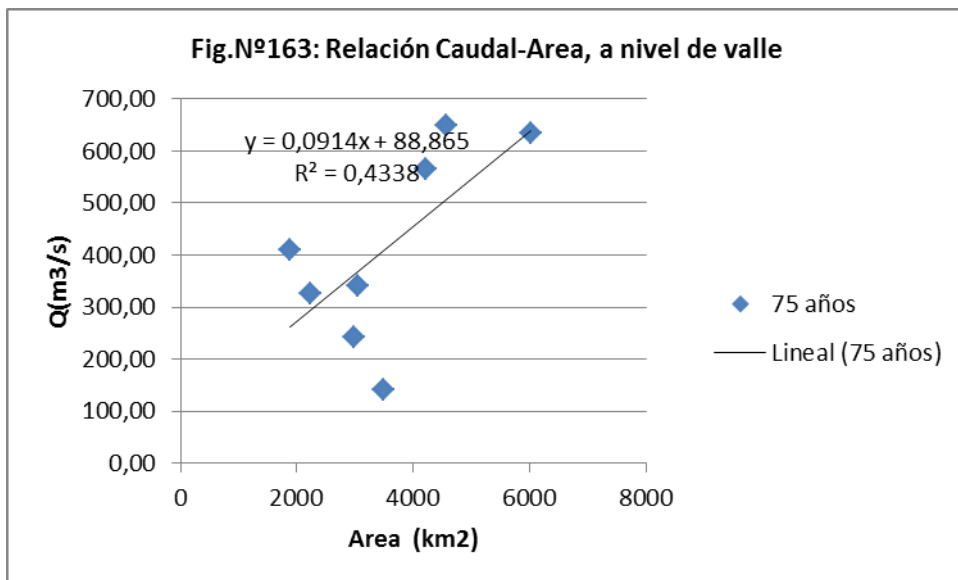
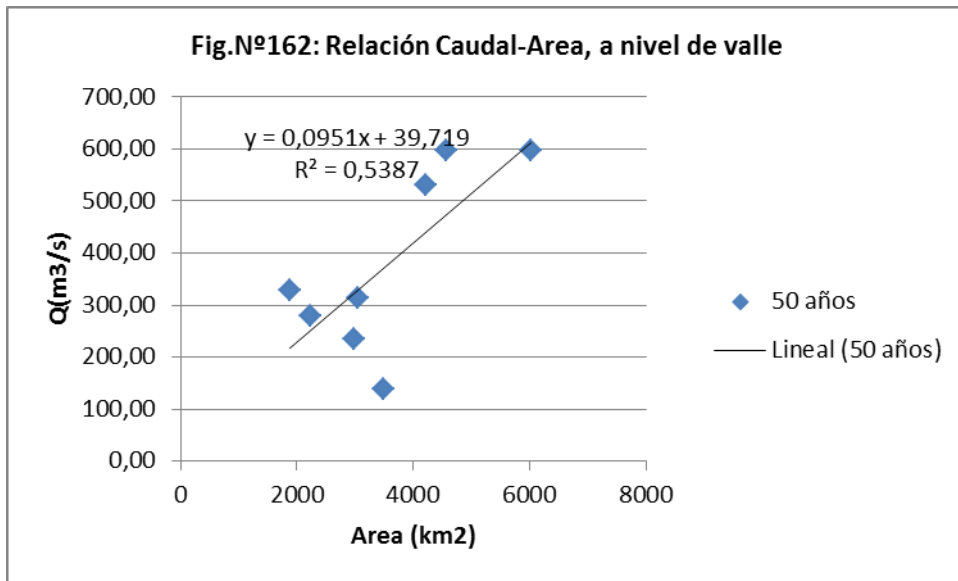
Los resultados se muestran en el Anexo: Reportes Modelamiento HEC-HMS.
Un resumen se presenta en el Cuadro N°37.

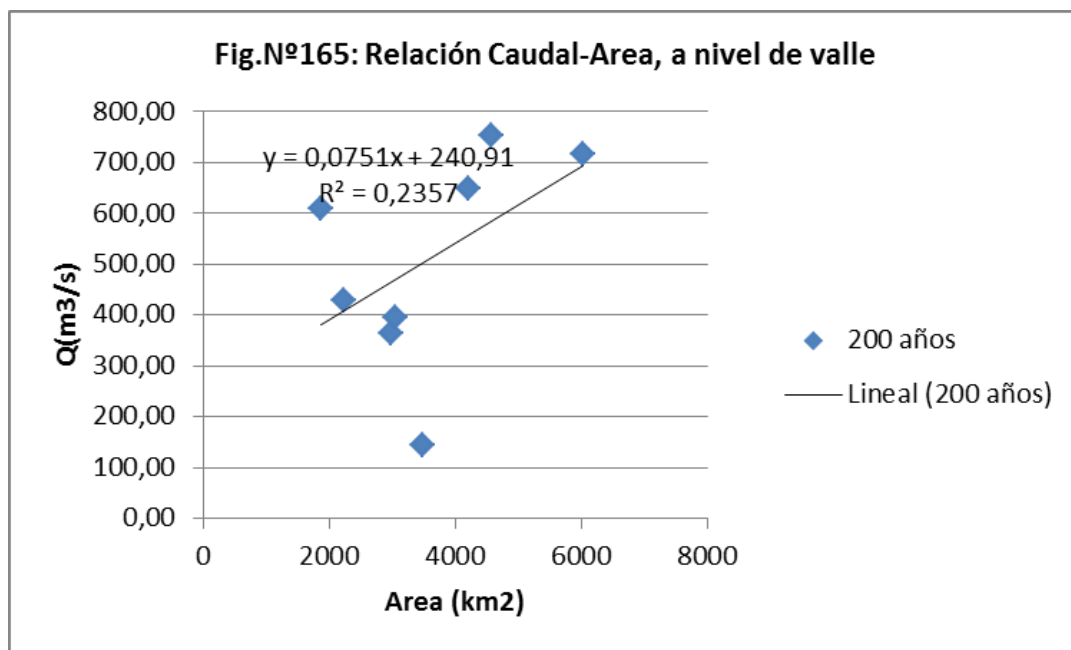
Cuadro N°37: Caudales para diferentes períodos de retorno.- Cuenca Alta					
Cuenca	Caudal (m3/s)				
	25 años	50 años	75 años	100 años	200 años
R.Nepeña	103,50	160,20	197,50	226,20	299,40
R.Casma	144,80	152,90	256,10	290,40	377,10
R.Huarmey	167,10	215,50	245,30	268,40	327,20
Pativilca	425,50	499,70	544,20	571,90	651,90
R.Huaral	195,80	257,50	290,10	315,10	399,70
R.Rimac	130,70	170,20	194,60	214,30	264,20
R.Cañete	702,60	826,60	900,80	956,40	1092,30
R.Pisco	470,70	533,10	571,30	602,10	667,70
R.Ica	190,90	240,60	294,60	328,70	425,50
R.Grande	298,40	377,00	427,00	464,80	563,60

6.2.4 Regionalización de caudales máximos en función del área

En el Cuadro N°38 se muestran los caudales máximos estimados, tanto a nivel de valle como en la cuenca alta, así como el área de sus respectivas cuencas. En las Fig.N°161 a la Fig.N°165 se muestra la relación entre los caudales máximos y el área de la cuenca que permite plantear una regionalización de los caudales para la Zona Centro.







Cuadro N°38: Análisis comparativo de caudales máximos vs. Area						
Caudal máximo a nivel de valle (m³/s)						
Río	Area (Km²)	25 años	50 años	75 años	100 años	200 años
R.Nepeña	1878,29	232,36	328,45	410,70	451,88	609,06
R.Casma	2973,97	183,29	235,30	242,10	245,48	364,88
R.Huarmey	2232,96	217,98	279,53	326,10	349,41	428,34
Pativilca	4577,24	520,19	598,00	649,50	675,23	752,18
R.Huaral	3046,37	271,88	313,61	341,20	355,01	396,28
R.Rimac	3485,36	128,88	138,90	140,10	140,67	145,37
R.Cañete	6017	530,97	596,10	634,70	653,98	715,03
R.Pisco	4208,75	470,84	530,69	565,50	590,11	649,30
R.Ica	7301,88	211,99	238,55	256,10	264,91	291,18
R.Grande	10991,27	152,54	175,84	191,30	198,96	222,00
Caudal máximo en la Cuenca Alta (m³/s)						
Río	Area (Km²)	25 años	50 años	75 años	100 años	200 años
R.Nepeña	1878,29	103,50	160,20	197,50	226,20	299,40
R.Casma	2973,97	144,80	152,90	256,10	290,40	377,10
R.Huarmey	2232,96	167,10	215,50	245,30	268,40	327,20
Pativilca	4577,24	425,50	499,70	544,20	571,90	651,90
R.Huaral	3046,37	195,80	257,50	290,10	315,10	399,70
R.Rimac	3485,36	130,70	170,20	194,60	214,30	264,20
R.Cañete	6017	702,60	826,60	900,80	956,40	1092,30
R.Pisco	4208,75	470,70	533,10	571,30	602,10	667,70
R.Ica	7301,88	190,90	240,60	294,60	328,70	425,50
R.Grande	10991,27	298,40	377,00	427,00	464,80	563,60

6.2 ANALISIS COMPARATIVO DE CAUDALES EN EL VALLE Y CUENCA ALTA

En las Fig, N°166 a Fig.N°170 se muestra la relación existente entre los caudales estimados tanto a nivel de Valle como en la Cuenca Alta, se observa un mayor ajuste a menor período de retorno.

Esta diferencia, bastante alta, entre los caudales máximos estimados se puede deber entre otras causas a lo siguiente:

Los caudales aforados en las estaciones del Valle, no muestran una buena calidad en la información, en muchos casos las estaciones de aforo no reúnen las condiciones adecuadas para la toma de la información y en otros casos los caudales son estimados y no medidos.

Los caudales estimados en la cuenca alta muestran una debilidad en la estimación de la cobertura reflejado en el valor de la curva número (CN), el modelo de precipitación escorrentía es muy sensible a la variación del valor de CN.

Otra causa a nivel de Cuenca Alta, se puede deber a la poca extensión de los registros de lluvia que conlleva a una sobre estimación del valor de la precipitación máxima en 24 horas, sobre todo para periodos de retorno altos, como se muestra en las figuras del N°166 al N°170 donde se observa una mayor dispersión a medida que aumenta el periodo de retorno.

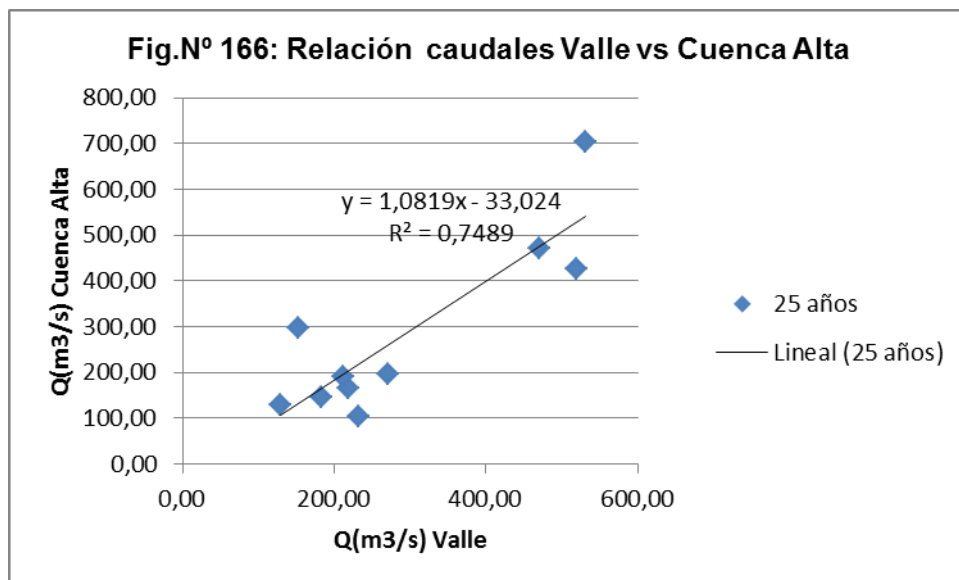


Fig.Nº 167: Relación caudales Valle vs Cuenca Alta

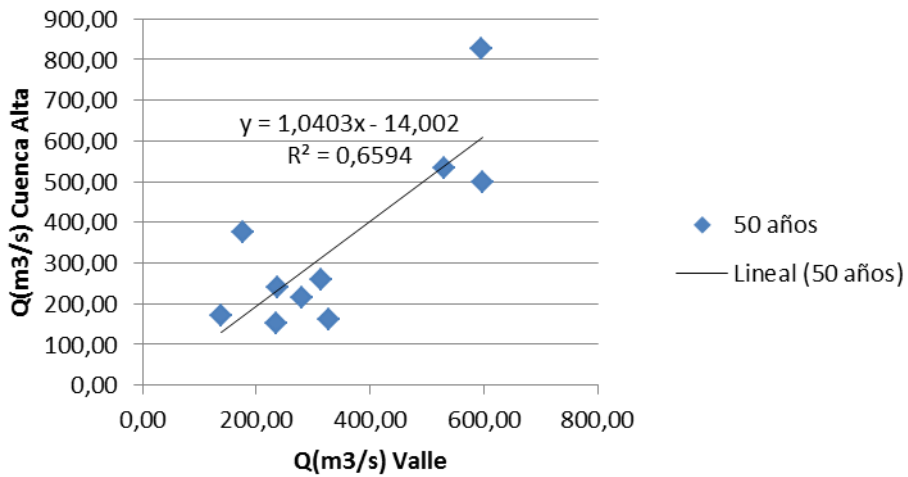


Fig.Nº 168: Relación caudales Valle vs Cuenca Alta

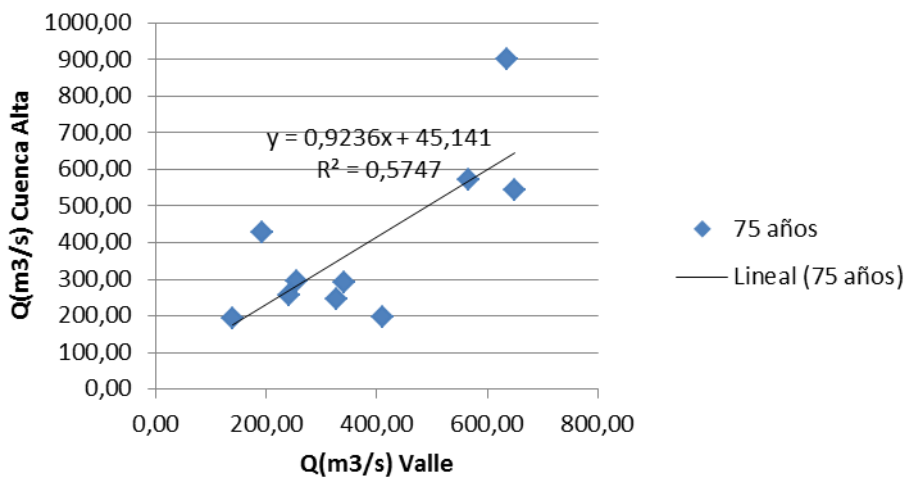
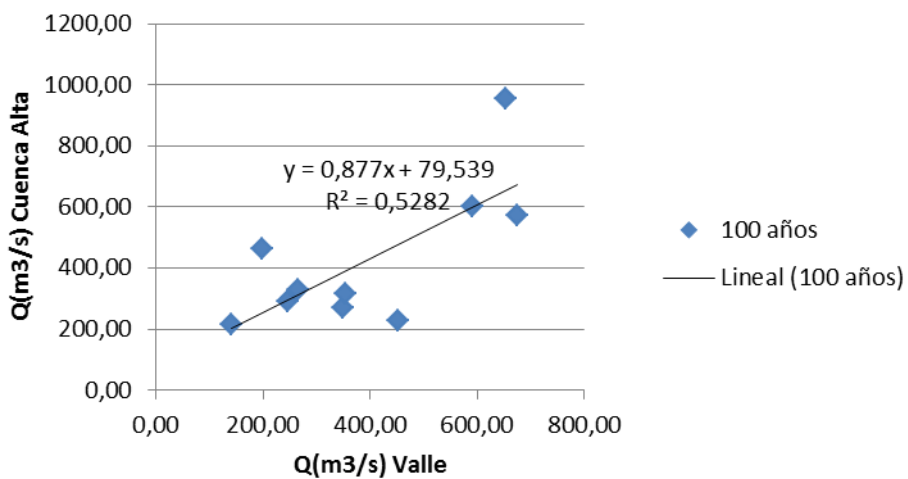
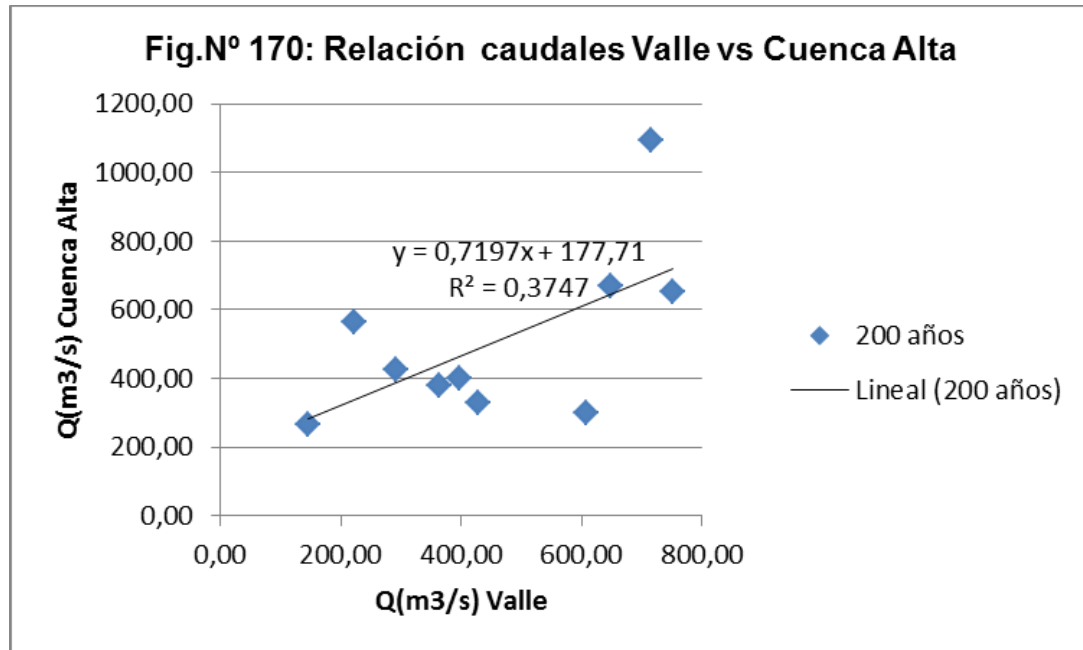


Fig.Nº 169: Relación caudales Valle vs Cuenca Alta





VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Los resultados muestran una dispersión bastante alta entre los caudales máximos estimados tanto a nivel de valle como en la cuenca alta.
- La dispersión aumenta cuanto mayor es el período de retorno. Esto se puede deber a la poca extensión de los registros de lluvia que conlleva a una sobre estimación del valor de la precipitación máxima en 24 horas.
- Los caudales máximos estimados a nivel de valle, no pueden ser tomados con certeza como referencia para la calibración del valor de CN en la cuenca. Esto debido a que no muestran una buena calidad en la información, en muchos casos las estaciones de aforo no reúnen las condiciones adecuadas para la toma de la información y en otros casos los caudales son estimados y no medidos.
- El modelo de precipitación escorrentía HEC-HMS requiere de varios parámetros, que en muchos casos tienen que ser estimados como, la determinación de las pérdidas, flujo base, entre otros.
- En muchos casos, en las subcuencas delimitadas, no existen estaciones de lluvia que permita generar una lluvia representativa para la subcuenca y que pueda ser tomada para la generación de escorrentía. El valor asumido proviene de curvas isoyetas construido sobre la base estaciones vecinas.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio específico sobre cobertura que permita proponer valores de Curva Número regionales.
- Se recomienda un estudio sobre la calidad de las estaciones de aforo existentes en la Zona Centro.
- Se recomienda proyectar estaciones de aforo en las subcuencas para contar con información de caudales que permita una calibración del valor de la Curva Número.
- Se recomienda un estudio que permita delimitar la cuenca húmeda que es la que aporta la escorrentía superficial. Esta delimitación facilitará la identificación de las subcuencas de aporte.