

ANEJO Nº 2. HIDROLOGÍA Y CAUDALES DE DISEÑO

INDICE

1. **INTRODUCCIÓN Y OBJETO**
2. **METODOLOGÍA EMPLEADA**
3. **ESTUDIO HIDROLÓGICO**
 - 3.1. **Revisión de los parámetros hidrológicos de los modelos HEC-1 del P.I.P.I.P.V.**
 - 3.2. **Determinación de la duración de lluvia crítica asociada a cada subcuenca y punto de desagüe**
 - 3.3. **Construcción de el modelo de simulación hidrológica HEC-1 requeridos en este proyecto para los distintos periodos de retorno y duraciones de lluvia de 24 horas, a partir de los modelos existentes**
 - 3.4. **Conversión del modelo HEC-1 de la cuenca del ríos Nervión e Ibaizabal corregido a la nueva versión del modelo matemático HEC-HMS 2.2.2.**
 - 3.5. **Simulación con el programa HEC-HMS 2.2.2. y obtención de los caudales circulantes para los distintos periodos de retorno analizados.**
 - 3.6. **Comparación de resultados**
 - 3.7. **Conclusión**

APÉNDICE 1. ESQUEMA DE LA SIMULACIÓN

APÉNDICE 2. PRECIPITACIONES Y HIETOGRAMAS

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Cabe señalar que en los estudios anteriores realizados no existe una uniformidad en el tratamiento de los parámetros hidrológicos para determinar el caudal de diseño que debe utilizarse en el dimensionamiento hidráulico de las obras de protección, a pesar de haberse adoptado de forma común en todos ellos un periodo de retorno de 500 años, que es el que se considera adecuado para obras de estas características.

Así por ejemplo, en el Plan Integral de Prevención de Inundaciones del País Vasco (1992) se estimó en 2.642 m³/seg el caudal pico del hidrograma a la altura del Barrio de La Peña asociado a un nivel de probabilidad equivalente a un periodo de retorno de 500 años, mientras que en el Proyecto Constructivo de regeneración del tramo superior de la ría de Bilbao (1999) se adoptó un valor de 2.000 m³/seg para idéntica probabilidad.

Dado el mejor conocimiento disponible hoy en día de las características hidrológicas de la cuenca y del régimen pluviométrico se ha considerado oportuno abordar como trabajo previo un nuevo Estudio Hidrológico, que se presenta en el presente anejo.

El objeto del presente estudio es obtener con un mayor nivel de precisión el valor de caudal pico para el periodo de retorno de 500 años en el inicio de la ría de Bilbao, a la altura del Barrio de La Peña. El valor obtenido es el que se utilizará como representativo de la avenida de diseño en el Anteproyecto.

Como resultado de este estudio hidrológico se han obtenido los caudales de avenida en las secciones de control establecidas para la definición de las actuaciones proyectadas. Las secciones de control en la ría son:

- Azud de la Peña. El caudal circulante por esta sección coincide con el total aguas arriba de la obra de derivación.
- Puente de San Antón.
- Descarga de la obra de derivación en Olabeaga.

2. METODOLOGÍA EMPLEADA

El estudio hidrológico incluido en este proyecto se ha realizado a partir de los modelos de simulación hidrológica recogidos en el "Estudio Hidrológico del Plan Integral de Prevención de Inundaciones de la Comunidad Autónoma del País Vasco (P.I.P.I.P.V.), realizado en 1.992, mediante el modelo de simulación HEC-1 del US Corps of Engineers.

Estos modelos fueron creados para la simulación hidrológica de subcuencas con una superficie vertiente superior a 11 Km². En estos modelos se realizaba una discretización de la cuenca vertiente obtenida a partir de los puntos de integración definidos como entradas y/o salidas de caudales al modelo.

Los trabajos realizados han comenzado por la caracterización en subcuencas de las cuencas vertientes en los puntos de control establecidos. Estas cuencas son las de los ríos Nervión e Ibaizabal.

La metodología empleada ha consistido en el análisis y revisión de los parámetros hidrológicos empleados en los modelos HEC-1 del P.I.P.I.P.V. y la posterior conversión de estos modelos coregidos a la nueva versión del programa HEC-HMS 2.2.2. del U.S. Corps of Engineers.

Analizados y convertidos estos modelos los resultados obtenidos, han sido contrastados con los resultantes de aplicar la metodología descrita en el P.H.N.III.

3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico de la ría del Nervión, ha consistido en el Análisis del Estudio Hidrológico del P.I.P.I.P.V. y su conversión al modelo actual del HEC-1, denominado HEC-HMS 2.2.2.

El estudio hidrológico del P.I.P.I.P.V. se realizó siguiendo la metodología basada en el hidrograma unitario construida a partir del modelo matemático HEC-1 del US Corps of Engineers.

Según se describe en este estudio, las simulaciones realizadas consideran los parámetros hidrológicos de las cuencas vertientes, realizando a partir de los mismos la transformación de lluvia en caudal circulante por los diferentes tramos de los ríos.

Los parámetros hidrológicos empleados en los modelos de simulación son:

- La superficie de la cuenca proyectada sobre el plano horizontal.
- La forma de dicha proyección, que se determina por la longitud de la vaguada principal.
- La pendiente de las laderas.
- Las características del suelo y su capacidad de generar escorrentía.
- El tipo de cobertura vegetal existente.

El hecho de contar en la actualidad con herramientas informáticas más potentes, junto con el hecho de que se han detectado imprecisiones en los parámetros hidrológicos empleados como datos de partida en los modelos de simulación hidrológica recogidos en el P.I.P.I.P.V., ha llevado a la revisión de los parámetros incluidos en estos modelos y a su posterior conversión a la actual versión del HEC-1 denominado HEC-HMS 2.2.2.

El proceso seguido en el análisis del Estudio Hidrológico del P.I.P.I.P.V. ha sido:

- Revisión de los parámetros hidrológicos empleados en los modelos HEC-1 del P.I.P.I.P.V.
- Determinación de las duraciones de lluvia críticas asociadas a cada subcuenca y punto de desagüe.
- Construcción de los modelos de simulación hidrológica HEC-1, para los distintos periodos de retorno y duraciones de lluvia analizadas empleando los modelos de simulación hidrológica HEC-1 recogidas en el P.I.P.I.P.V., adoptando los nuevos parámetros hidrológicos obtenidos en este anteproyecto.
- Conversión de los modelos HEC-1 de las cuencas de los ríos Nervión e Ibaizabal a la nueva versión del modelo matemático HEC-HMS 2.2.2.
- Simulación con el programa HEC-HMS 2.2.2. y obtención de los caudales circulantes para 500 años de periodo de retorno.

- Comparación de resultados.

A continuación se desarrollan cada uno de los apartados citados.

3.1. Revisión de los parámetros hidrológicos de los modelos HEC-1 del P.I.P.I.P.V.

El parámetro hidrológico incluidos en los modelos de simulación hidrológica del P.I.P.I.P.V. y revisado en este estudio ha sido la caracterización del suelo y su capacidad de generar escorrentía para los diferentes grados de saturación del mismo, adoptando la metodología recogida en el P.I.P.I.P.V. mediante la determinación del número de curva.

Los parámetros hidrológicos no revisados en este estudio son los recogidos en los modelos de simulación del P.I.P.I.P.V.

3.1.1. Análisis de las características del suelo y de su capacidad de generar escorrentía.

Parte del agua que cae en forma de lluvia se pierde no siendo capaz de generar escorrentía.

Dentro de las pérdidas que se producen en el agua precipitada y que no se incorporan a la formación del hidrograma las más importantes son las debidas a la infiltración.

El método utilizado para evaluar las pérdidas en el Estudio Hidrológico del P.I.P.I.P.V. es el del Soil Conservation Service (S.C.S.) del Departamento de Interior de U.S.A.

Este método considera unas pérdidas iniciales y una variación de éstas decreciente en el tiempo, y tendiendo hacia un valor constante.

En este método la forma de definir la capacidad de escorrentía se hace mediante el denominado número de curva N, cuyo valor se obtiene a partir de:

- El tipo de suelo, clasificado por su capacidad de infiltración.
- El tipo de cobertura vegetal.
- La influencia de la cobertura vegetal sobre la infiltración y retención.

El número de curva y por tanto la capacidad de producción de escorrentía, varía en función del grado de humectación en que se encuentra la cuenca en el momento en el que se produce la lluvia.

El método considera tres condiciones iniciales en función del grado de humedad del suelo al comienzo del aguacero:

- Condición I o situación seca
- Condición II o situación normal
- Condición III o situación de humectación previa

Aplicando la metodología propuesta por el S.C.S. se obtiene el número de curva para cada cuenca asociado a la condición de prehumectación II.

La obtención del número de curva siguiendo la metodología del S.C.S. para la condición de prehumectación tipo II recogida en el Estudio Hidrológico del P.I.P.I.P.V., no ha sido revisada en este estudio por haberse considerado aceptable.

El Estudio Hidrológico del P.I.P.I.P.V., considera la condición de prehumectación II para los aguaceros de periodos de retorno, de 5 y 10 años, y la tipo III para la avenida de 1.000 años de periodo de retorno, interpolando los demás periodos mediante un ajuste logarítmico. En este estudio la obtención de los números de curva para la Condición III a partir de los valores obtenidos para la Condición II se obtienen mediante una tabla de conversión dada según se menciona en este estudio por el S.C.S.

En la revisión de este estudio se ha empleado la formulación recogida en el libro “Hidrología Aplicada”, Vente Chow, mediante la cual se determinan los números de curva para las condiciones de prehumectación tipo I y III mediante las siguientes expresiones:

$$N(I) = \frac{4,2 \cdot N(II)}{10 - 0,058 \cdot N(II)}$$

$$N(III) = \frac{23N(II)}{10 + 0,13N(II)}$$

Al igual que en el estudio hidrológico del P.I.P.I.P.V., en este estudio se ha considerado la condición de prehumectación II para los periodos de retorno de 5 y 10 años, y la tipo III para la avenida de 1.000 años de periodo de retorno, interpolando los demás periodos de retorno mediante un ajuste logarítmico.

Los valores de los números de curva finalmente obtenidos se muestran en la tabla que se incluye a continuación:

SUBCUENCA	Nº DE CURVA SCS						
	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500	T=1000
IBS1	74,46	74,46	76,96	78,85	80,74	85,13	87,02
IBS2	71,50	71,50	74,23	76,30	78,36	83,16	85,23
IBS3	76,44	76,44	78,78	80,54	82,31	86,42	88,18
IBS4	71,66	71,66	74,38	76,44	78,49	83,27	85,33
IBS5	77,99	77,99	80,19	81,86	83,53	87,40	89,07
IBS1-1	71,71	71,71	74,43	76,48	78,53	83,30	85,36
IBS2-1	73,85	73,85	76,40	78,33	80,25	84,73	86,66
IBS3-1	71,34	71,34	74,08	76,16	78,24	83,05	85,13
IBS4-1	74,29	74,29	76,80	78,70	80,61	85,02	86,92
IBS5-1	73,16	73,16	75,76	77,73	79,70	84,27	86,24
IBS6-1	76,52	76,52	78,85	80,61	82,37	86,47	88,23
IBS7-1	72,80	72,80	75,43	77,42	79,41	84,03	86,03
IBI1	77,95	77,95	80,16	81,83	83,50	87,38	89,05
IBS1-2	73,10	73,10	75,71	77,68	79,65	84,23	86,21
IBS2-2	75,38	75,38	77,80	79,64	81,47	85,73	87,57
IBS6	72,67	72,67	75,31	77,31	79,31	83,95	85,95
IBS7	69,28	69,28	72,18	74,37	76,56	81,65	83,84
IBS8	71,62	71,62	74,34	76,40	78,46	83,24	85,30
IBI2	76,04	76,04	78,41	80,20	82,00	86,16	87,95
IBS9	70,91	70,91	73,69	75,79	77,89	82,76	84,86
IBS10	71,93	71,93	74,63	76,67	78,71	83,45	85,49
IBS11	76,98	76,98	79,27	81,00	82,74	86,76	88,49
IBS12	73,06	73,06	75,67	77,65	79,62	84,21	86,18
IBS13	73,42	73,42	76,00	77,96	79,91	84,45	86,40
ISE1-3	71,95	71,95	74,65	76,69	78,73	83,47	85,51
IBS1-3	73,05	73,05	75,66	77,64	79,61	84,20	86,18
IBS2-3	72,76	72,76	75,39	77,39	79,38	84,01	86,00
IBS3-3	71,35	71,35	74,09	76,17	78,24	83,06	85,14
IBS4-3	68,43	68,43	71,39	73,62	75,86	81,06	83,29
IBI1-3	73,75	73,75	76,31	78,24	80,17	84,66	86,60
IBS5-3	71,73	71,73	74,44	76,50	78,55	83,32	85,37
IBS6-3	72,31	72,31	74,98	77,00	79,02	83,71	85,73

SUBCUENCA	Nº DE CURVA SCS						
	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500	T=1000
IBS7-3	76,28	76,28	78,63	80,41	82,19	86,31	88,09
IS1-3A	72,35	72,35	75,02	77,03	79,05	83,73	85,75
II1-3A	73,13	73,13	75,74	77,71	79,68	84,25	86,23
IS2-3A	73,75	73,75	76,31	78,24	80,17	84,66	86,60
IS3-3A	71,63	71,63	74,35	76,41	78,47	83,25	85,31
IBI2-3	66,81	66,81	69,88	72,20	74,52	79,92	82,24
IBS8-3	71,58	71,58	74,31	76,37	78,43	83,22	85,28
IBS9-3	70,23	70,23	73,06	75,20	77,33	82,30	84,44
IBS14	74,66	74,66	77,14	79,02	80,90	85,26	87,14
IBS15	70,61	70,61	73,41	75,53	77,64	82,56	84,68
IBI3	77,91	77,91	80,12	81,79	83,47	87,35	89,03
ISE1-4	70,33	70,33	73,15	75,28	77,42	82,37	84,50
IBS1-4	74,78	74,78	77,25	79,12	81,00	85,34	87,21
IBI4	73,9	73,9	76,44	78,37	80,29	84,76	86,69
IBS1-5	72,77	72,77	75,40	77,40	79,39	84,01	86,01
IS1-5A	74,41	74,41	76,91	78,81	80,70	85,10	86,99
IS2-5A	73,09	73,09	75,70	77,67	79,65	84,23	86,20
IBI1-5	72,96	72,96	75,58	77,56	79,54	84,14	86,12
IBS16	77,22	77,22	79,49	81,21	82,93	86,91	88,63
IBS17	73,04	73,04	75,65	77,63	79,61	84,19	86,17
IBS18	74,11	74,11	76,64	78,55	80,46	84,90	86,81
NES1	76,69	76,69	81,92	81,92	81,92	81,92	88,33
NES2	74,46	74,46	80,11	80,11	80,11	80,11	87,02
NES3	73,39	73,39	79,23	79,23	79,23	79,23	86,38
NES4	73,33	73,33	79,18	79,18	79,18	79,18	86,35
NES5	75,54	75,54	80,99	80,99	80,99	80,99	87,66
NEI1D	76,49	76,49	81,76	81,76	81,76	81,76	88,21
NEI1I	76,10	76,10	81,44	81,44	81,44	81,44	87,99
NES6	72,56	72,56	78,55	78,55	78,55	78,55	85,88
NES7	78,33	78,33	83,24	83,24	83,24	83,24	89,26
NEI2D	78,80	78,80	83,62	83,62	83,62	83,62	89,53
NEI2I	81,50	81,50	85,78	85,78	85,78	85,78	91,02
NES8	77,52	77,52	82,59	82,59	82,59	82,59	88,80

SUBCUENCA	Nº DE CURVA SCS						
	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500	T=1000
NESI3D	90,00	90,00	92,42	92,42	92,42	92,42	95,39
NESI3I	82,67	82,67	86,70	86,70	86,70	86,70	91,65
NES9	76,05	76,05	81,40	81,40	81,40	81,40	87,96
NESI4D	74,32	74,32	79,99	79,99	79,99	79,99	86,94
NESI4I	81,24	81,24	85,57	85,57	85,57	85,57	90,88
NES10	71,43	71,43	77,61	77,61	77,61	77,61	85,19
NES11	71,81	71,81	77,93	77,93	77,93	77,93	85,42
NESE1-1	75,56	75,56	81,00	81,00	81,00	81,00	87,67
NES1-1	74,26	74,26	79,94	79,94	79,94	79,94	86,90
NES2-1	75,96	75,96	81,33	81,33	81,33	81,33	87,90
NES3-1	75,12	75,12	80,64	80,64	80,64	80,64	87,41
NESI1-1D	76,94	76,94	82,12	82,12	82,12	82,12	88,47
NESI1-1I	74,50	74,50	80,14	80,14	80,14	80,14	87,05
NES12	71,20	71,20	77,42	77,42	77,42	77,42	85,04
NES13	72,32	72,32	78,35	78,35	78,35	78,35	85,73
NES14	72,23	72,23	78,27	78,27	78,27	78,27	85,68
NES15	70,45	70,45	76,80	76,80	76,80	76,80	84,58
NES1-2	76,78	76,78	81,99	81,99	81,99	81,99	88,38
NES2-2	73,16	73,16	79,04	79,04	79,04	79,04	86,24
NEI1-2D	70,00	70,00	76,42	76,42	76,42	76,42	84,29
NEI1-2I	70,48	70,48	76,82	76,82	76,82	76,82	84,59
NES3-2	71,21	71,21	77,43	77,43	77,43	77,43	85,05
NEI2-2D	70,00	70,00	76,42	76,42	76,42	76,42	84,29
NEI2-2I	70,67	70,67	76,98	76,98	76,98	76,98	84,71
NES4-2	72,08	72,08	78,15	78,15	78,15	78,15	85,59
NES5-2	73,74	73,74	79,52	79,52	79,52	79,52	86,59
NES6-2	74,08	74,08	79,80	79,80	79,80	79,80	86,80
NES7-2	74,34	74,34	80,01	80,01	80,01	80,01	86,95
NES8-2	72,15	72,15	78,21	78,21	78,21	78,21	85,63
NES1-2A	73,77	73,77	79,54	79,54	79,54	79,54	86,61
NES2-2A	72,05	72,05	78,13	78,13	78,13	78,13	85,57
NES9-2	73,44	73,44	79,27	79,27	79,27	79,27	86,41
NES10-2	71,54	71,54	77,70	77,70	77,70	77,70	85,25

SUBCUENCA	Nº DE CURVA SCS						
	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=500	T=1000
NEI5D	75,67	75,67	81,09	81,09	81,09	81,09	87,74
NEI5I	72,56	72,56	78,55	78,55	78,55	78,55	85,88
NES16	70,75	70,75	77,05	77,05	77,05	77,05	84,76
NEI6D	72,80	72,80	78,74	78,74	78,74	78,74	86,03
NEI6I	72,56	72,56	78,55	78,55	78,55	78,55	85,88
NESE1-3	71,91	71,91	78,01	78,01	78,01	78,01	85,48
NES1-3	71,00	71,00	77,26	77,26	77,26	77,26	84,92
NEI7D	76,50	76,50	81,77	81,77	81,77	81,77	88,22
NEI7I	78,78	78,78	83,61	83,61	83,61	83,61	89,52
NES1-4	71,04	71,04	77,29	77,29	77,29	77,29	84,94
NES2-4	70,88	70,88	77,16	77,16	77,16	77,16	84,84
NES17	75,28	75,28	80,78	80,78	80,78	80,78	87,51
NES18	71,76	71,76	77,89	77,89	77,89	77,89	85,39
NEI8D	76,24	76,24	81,56	81,56	81,56	81,56	88,07
NEI8I	78,32	78,32	83,24	83,24	83,24	83,24	89,26
NES19	74,47	74,47	80,11	80,11	80,11	80,11	87,03
NEI9D	80,08	80,08	84,65	84,65	84,65	84,65	90,24
NEI9I	90,00	90,00	92,42	92,42	92,42	92,42	95,39
NES20	71,94	71,94	78,03	78,03	78,03	78,03	85,50

3.2. Determinación de la duración de lluvia crítica asociada a cada subcuenca y punto de desagüe

Se denomina duración de lluvia crítica a la necesaria para conseguir el máximo caudal en una sección de desagüe. En el Estudio Hidrológico del P.I.P.I.P.V. se determinó como 1,5 veces el tiempo de concentración asociado a cada subcuenca.

En este estudio se han revisado los tiempos de concentración de las subcuencas del Nervión y del Ibaizabal en los puntos de control establecidos, adaptándose una duración de la lluvia crítica de 24 horas coincidente con la adoptada en el P.I.P.I.P.V.

3.3. Construcción de el modelo de simulación hidrológica HEC-1 requeridos en este proyecto para los distintos periodos de retorno y duraciones de lluvia de 24 horas, a partir de los modelos existentes

El modelo de simulación empleado en este anteproyecto obtenido a partir de los existentes en el Estudio Hidrológico del P.I.P.I.P.V. ha sido el del río Nervión hasta la confluencia con el río Asua, para una duración de 27 horas.

Se ha creado un modelo de la cuenca completa del río Nervión para una duración de lluvia de 27 horas, que aparece incluido en el Estudio Hidrológico de P.I.P.I.P.V.

El esquema de simulación utilizado en este modelo se recoge en el Apéndice 1 de este estudio.

Para cada periodo de retorno analizado se han modificado los parámetros hidrológicos que presentan diferencias entre los valores recogidos en el P.I.P.I.P.V. y los obtenidos en este estudio.

Además como trabajo previo a la conversión al modelo HEC-HMS de los ficheros HEC-1 del P.I.P.I.P.V. corregidos, una discretización de los hietogramas correspondientes recogidos en el Estudio Hidrológico del P.I.P.I.P.V. coincidente con un intervalo de simulación de 10 minutos, propuesto por la Dirección de Aguas del Gobierno Vasco para la revisión de los Estudios Hidrológicos del P.I.P.I.P.V.

Los nuevos hietogramas se han obtenido a partir de la distribución porcentual de la lluvia recogida en el Estudio del P.I.P.I.P.V. En este estudio la distribución porcentual de la lluvia se efectuaba en 5 intervalos. El porcentaje asociado a cada intervalo se obtenía dividiendo la duración de la lluvia analizada en cada caso entre los 5 intervalos considerados.

A continuación se recoge el proceso adoptado para la obtención del hietograma asociado a la lluvia de 27 horas analizada.

Hietograma de duración 27 horas

- Intervalo de distribución de precipitación acumulada en los modelos HEC-1: 324 minutos.
- Porcentajes de la distribución de precipitación acumulada para cada intervalo en los modelos HEC-1:

De 0 a 324 minutos: 20,36 %

De 324 a 648 minutos: 41,93 %. Porcentaje parcial: $41,93 - 20,36 = 21,57$ %

De 648 a 972 minutos: 64,15 %. Porcentaje parcial: $64,15 - 41,93 = 22,22$ %

De 972 a 1296 minutos: 84,86 %. Porcentaje parcial: $84,86 - 64,15 = 20,71$ %

De 1296 a 1620 minutos: 100 %. Porcentaje parcial: $100 - 84,86 = 15,14 \%$

Con el modelo HEC-HMS se discretiza cada intervalo de 324 minutos en intervalos de 10 minutos. Los porcentajes parciales de distribución de precipitaciones pasan a ser los siguientes:

$$\text{De 0 a 320 minutos: } \frac{20,36}{324} \times 10 = 0,628$$

$$\text{Transición de 320 a 330 min.: } \frac{(0,628 \times 4 + 0,665 \times 6)}{10} = 0,652$$

$$\text{De 330 a 640 minutos: } \frac{21,57}{324} \times 10 = 0,666$$

$$\text{Transición de 640 a 650 min.: } \frac{(0,665 \times 8 + 0,685 \times 2)}{10} = 0,671$$

$$\text{De 650 a 970 minutos: } \frac{22,22}{324} \times 10 = 0,686$$

$$\text{Transición de 970 a 980 min.: } \frac{(0,685 \times 2 + 0,639 \times 8)}{10} = 0,650$$

$$\text{De 980 a 1290 minutos: } \frac{20,71}{324} \times 10 = 0,639$$

$$\text{Transición de 1290 a 1300 min.: } \frac{(0,639 \times 6 + 0,467 \times 4)}{10} = 0,571$$

$$\text{De 1300 a 1620 minutos: } \frac{15,14}{324} \times 10 = 0,467$$

3.4. Conversión del modelo HEC-1 de la cuenca del río Nervión e Ibaizabal corregido a la nueva versión del modelo matemático HEC-HMS 2.2.2.

Los ficheros HEC-1 corregidos son directamente importados a la nueva versión del modelo HEC-HMS.

Una vez importados se han realizado las siguientes modificaciones sobre algunos campos de estos modelos:

- En los tramos de rutado los campos "Bottom width or Diameter" y "Side slope" se han rellenado con los valores 0 y 1 respectivamente, según las recomendaciones del manual.
- En las cuencas kársticas se adopta un número de curva de valor 99, al ser el máximo que admite el modelo.
- El caudal de salida de los embalses incluidos en el modelo no se importa automáticamente, por lo este valor se ha introducido manualmente.

Para cada uno de los embalses, los caudales de salida introducidos en el modelo han sido:

Embalse de Maroño (NEE1-1)

ELEVATION (m)	STORAGE (1000 m ³)	OUTFLOW (m ³ /s)
315	2008	0
315,5	2096	0
316	2184	3,55
316,5	2272	15,45
317	2360	32,01
317,5	2448	52,16
318	2536	75,34
318,5	2625	101,20
319	2713	129,48
319,5	2801	160

Los caudales de salida se han calculado a partir de la fórmula para vertederos.

$$Q_{\text{vert}} = 1,8 * l_1 * h_1^{1,5} + 1,7 * l_2 * h_2^{1,5} = 1,8 * 12 * h_1^{1,5} + 1,7 * 170,25 * h_2^{1,5}$$

Siendo h_1 la altura de lámina de agua con respecto a la cresta del aliviadero, l_1 la longitud del aliviadero (12 metros), h_2 la altura de lámina de agua con respecto a la cresta de la presa y l_2 la longitud de ésta (170,25 metros).

Embalse de Zollo (NEE1-3)

ELEVATION (m)	STORAGE (1000 m ³)	OUTFLOW (m ³ /s)
239	305	0
239,5	321,9	2,07
240	338,8	30,45
240,5	352	75,59

La fórmula de vertido en este caso ha sido.

$$Q_{\text{vert}} = 1,8 * l_1 * h_1^{1,5} + 1,7 * l_2 * h_2^{1,5} = 1,8 * 36,4 * h_1^{1,5} + 1,7 * 89,6 * h_2^{1,5}$$

Siendo h_1 la altura de lámina de agua con respecto a la cresta del aliviadero, l_1 la longitud del aliviadero (36,4 metros), h_2 la altura de lámina de agua con respecto a la cresta de la presa y l_2 la longitud de ésta (89,6 metros).

Embalse de Undúrraga (IBE1-3)

ELEVATION (m)	STORAGE (1000 m ³)	OUTFLOW (m ³ /s)
212	1703,80	0
212,5	1780,00	0
213	1856,20	5,09
213,5	1932,40	14,40
214	2008,60	26,45
214,5	2084,80	165,14
215	2161,00	408,82
215,5	2237,20	721,31

Los caudales de salida se han calculado a partir de la fórmula para vertederos.

$$Q_{\text{vert}} = 1,8 * l_1 * h_1^{1,5} + 1,7 * l_2 * h_2^{1,5} = 1,8 * 8 * h_1^{1,5} + 1,7 * 207 * h_2^{1,5}$$

Siendo h_1 la altura de lámina de agua con respecto a la cresta del aliviadero, l_1 la longitud del aliviadero (8 metros), h_2 la altura de lámina de agua con respecto a la cresta de la presa y l_2 la longitud de ésta (207 metros).

Embalse de Lekubaso (IBE1-4)

ELEVATION (m)	STORAGE (1000 m ³)	OUTFLOW (m ³ /s)
152,93	147,50	0
153,18	150,00	0
153,43	152,50	6,75
153,68	155,00	19,09
153,93	157,50	49,21
154,18	160,00	93,97
154,43	162,50	148,90
154,68	165,00	212,25

La fórmula de vertido en este caso ha sido.

$$Q_{\text{vert}} = 1,8 * l_1 * h_1^{1.5} + 1,7 * l_2 * h_2^{1.5} = 1,8 * 3 * h_1^{1.5} + 1,7 * 66,50 * h_2^{1.5}$$

Siendo h_1 la altura de lámina de agua con respecto a la cresta del aliviadero, l_1 la longitud del aliviadero (3 metros), h_2 la altura de lámina de agua con respecto a la cresta de la presa y l_2 la longitud de ésta (66,50 metros).

3.5. Simulación con el programa HEC-HMS 2.2.2. y obtención de los caudales circulantes para los distintos periodos de retorno analizados.

Para la obtención de los caudales para los distintos periodos de retorno se ha realizado una simulación hidrológica con el modelo HEC-HMS 2.2.2. correspondiente a dicho tramo.

La duración de la lluvia empleada para determinar los caudales circulantes para los periodos de retorno analizados en el punto de control ha sido de 27 horas.

Los caudales obtenidos para 500 años de periodo de retorno se recogen en las tabla que se adjuntan a continuación.

Pto. de integración	P.I.P.I.P.V. (Corregido)
P-1	92.091
P-2	125.190
P-3	162.490
P-4	177.370
P-5	190.290
P-6	214.640
P-7	236.060
P-8	258.920
P-9	395.640
P-10	434.790
P-11	458.850
P-12	955.560
P-13	978.190
P-14	983.440
P-15	993.100
P-16	1127.000
P-17	1139.800

Pto. de integración	P.I.P.I.P.V. (Corregido)
P-18	1153.900
P-19	1167.200
P-20	1172.400
P-21	2446.600
P-22	2471.800
P-23	2510.200
P-24	2511.200

3.6. Comparación de resultados

Finalmente se ha realizado un análisis comparativo de los resultados obtenidos para los diferentes tramos de los ríos analizados y los distintos periodos de retorno considerados según:

- El Estudio Hidrológico del P.I.P.I.P.V.
- El Estudio Hidrológico corregido del P.I.P.I.P.V. incluido en este estudio.
- El Plan Hidrológico Norte III.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Pto. de integración	Área	P.I.P.I.P.V. (Hec-1)	P.I.P.I.P.V. (Corregido)	PHN III
P-1	44.540	208.830	92.091	214.969
P-2	59.590	281.260	125.190	264.085
P-3	76.590	363.920	162.490	315.352
P-4	82.560	395.450	177.370	332.536
P-5	87.770	422.730	190.290	347.236
P-6	97.370	376.980	214.640	373.673
P-7	105.970	412.950	236.060	396.712
P-8	115.520	451.520	258.920	421.664
P-9	176.320	683.530	395.640	568.571
P-10	195.040	751.150	434.790	610.608
P-11	206.860	792.190	458.850	636.540
P-12	409.550	1188.230	955.560	1031.606
P-13	420.670	1217.000	978.190	1051.328
P-14	423.110	1223.230	983.440	1055.635
P-15	428.650	1261.090	993.100	1065.387

Pto. de integración	Área	P.I.P.I.P.V. (Hec-1)	P.I.P.I.P.V. (Corregido)	PHN III
P-16	489.450	1431.380	1127.000	1170.116
P-17	495.640	1447.090	1139.800	1180.557
P-18	502.660	1071.540	1153.900	1192.353
P-19	509.310	1484.210	1167.200	1203.482
P-20	511.780	1489.120	1172.400	1207.605
P-21	1011.580	2578.760	2446.600	1954.828
P-22	1023.530	2603.760	2471.800	1971.124
P-23	1042.530	2642.030	2510.200	1996.920
P-24	1044.150	2619.670	2511.200	1999.113

3.7. Conclusión

Se concluye del estudio hidrológico que el valor de caudal pico para el periodo de retorno de 500 años en el inicio de la ría de Bilbao, a la altura del Barrio de La Peña es de **2.510 m³/s** y siendo este el valor que se utilizará como representativo de la avenida de diseño en el Anteproyecto.

APÉNDICE 1. ESQUEMA DE LA SIMULACIÓN

1. ESQUEMA DE SIMULACIÓN

SUBCUENCA	DESCRIPCIÓN
IBS1	Subcuenca IBS1
IBT1	Rutado IBS1 hasta P1
IBS2	Subcuenca S2
P1	Punto de integración P1
IBT2	Rutado de P1 a P2
IBS3	Subcuenca IBS3
IBS4	Subcuenca IBS4
P2	Punto de integración P2
IBT3	Rutado de P2 a P3
IBS5	Subcuenca IBS5
P3	Punto de integración P3
IBS1-1	Subcuenca IBS1-1
IBT1-1	Rutado de IBS1-1 a P1-1
IBS2-1	Subcuenca IBS2-1
P1-1	Punto de integración P1-1
IBT2-1	Rutado de P1-1 hasta P2-1
IBK1	Subcuenca kárstica IBK1
IBTK1	Rutado del BK1 hasta P2-1
IBS3-1	Subcuenca IBS3-1
IBS4-1	Subcuenca IBS4-1
P2-1	Punto de integración P2-1
IBT3-1	Rutado de P2-1 a P3-1
IBS5-1	Subcuenca IBS5-1
IBS6-1	Subcuenca IBS6-1
P3-1	Punto de integración P3-1
IBT4-1	Rutado de P3-1 hasta P4-1
IBS7-1	Subcuenca IBS7-1
P4-1	Punto de integración P4-1
PT1	Punto de integración PT1
IBT4	Rutado de PT1 hasta P4
IBI1	Intercuenca IBI1

SUBCUENCA	DESCRIPCIÓN
P4	Punto de integración P4
IBS1-2	Subcuenca IBS1-2
IBK2	Subcuenca kárstica IBK2
IBKT2	Rutado de IBK2
IBK3	Subcuenca kárstica IBK3
IBKT3	Rutado de IBK3
IBK5	Subcuenca kárstica IBK5
IBKT5	Rutado de IBK5
P1-2	Punto de integración P1-2
IBT1-2	Rutado de P1-2 hasta P2-2
IBS2-2	Subcuenca IBS2-2
P2-2	Punto de integración P2-2
PT2	Punto de integración PT2
IBT5	Rutado de PT2 a P5
IBS6	Subcuenca IBS6
IBS7	Subcuenca IBS7
IBS8	Subcuenca IBS8
P5	Punto de integración P5
IBT6	Rutado de P5 hasta P6
IBI2	Intercuenca IBI2
P6	Punto de integración P6
IBT7	Rutado de P6 hasta P7
IBS9	Subcuenca IBS9
IBS10	Subcuenca IBS10
P7	Punto de integración P7
IBT8	Rutado de P7 hasta P8
IBS11	Subcuenca IBS11
IBS12	Subcuenca IBS12
P8	Punto de integración P8
IBT9	Rutado de P8 hasta P9
IBS13	Subcuenca IBS13
P9	Punto de integración P9
ISE1-3	Subcuenca IBSE1-3

SUBCUENCA	DESCRIPCIÓN
IBE1-3	Embalse de Undurraga
IBT1-3	Rutado de Qembalse hasta P1-3
IBS1-3	Subcuenca IBS1-3
IBS2-3	Subcuenca IBS2-3
P1-3	Punto de integración P1-3
IBT2-3	Rutado de P1-3 hasta P2-3
IBS3-3	Subcuenca IBS3-3
IBS4-3	Subcuenca IBS4-3
P2-3	Punto de integración P2-3
IBT3-3	Rutado de P2-3 hasta P3-3
IBI1-3	Intercuenca IBI1-3
IBS5-3	Subcuenca IBS5-3
P3-3	Punto de integración P3-3
IBT4-3	Rutado de P3-3 hasta P4-3
IBS6-3	Subcuenca IBS6-3
P4-3	Punto de integración P4-3
IBT5-3	Rutado de P3-3 hasta P4-3
IBS7-3	Subcuenca IBS7-3
P5-3	Punto de integración P5-3
IBS1-3A	Subcuenca IBS1-3A
IT1-3A	Rutado IBT1-3A de IBS1-3A hasta P1-3A
IBI1-3A	Intercuenca IBI1-3A
IBS2-3A	Subcuenca IBS2-3A
P1-3A	Punto de integración P1-3A
IT2-3A	Rutado IBT2-3A de P1-3A hasta P2-3A
IS3-3A	Subcuenca IBS3-3A
P2-3A	Punto de integración P2-3A
PT1-3	Punto de integración PT1-3
IBT6-3	Rutado de PT1-3 hasta P6-3
IBI2-3	Intercuenca IBI2-3
IBS8-3	Subcuenca IBS8-3
IBK4	Subcuenca kárstica IBK4
P6-3	Punto de integración P6-3

SUBCUENCA	DESCRIPCIÓN
IBT7-3	Rutado de P6-3 hasta P7-3
IBS9-3	Subcuenca IBS9-3
P7-3	Punto de integración P7-3
PT3	Punto de integración PT3- Confluencia con afluente 3
IBT10	Rutado de PT3 hasta P10
IBS14	Subcuenca IBS14
IBS15	Subcuenca IBS15
P10	Punto de integración P10
IBT11	Rutado de P10 hasta P11
IBI3	Intercuenca IBI3
P11	Punto de integración P11
IBSE1-4	Subcuenca IBSE1-4
IBE1-4	Embalse de Lekubaso
IBT1-4	Rutado de Qembalse hasta P1-4
IBS1-4	Subcuenca IBS1-4
P1-4	Punto de integración P1-4
PT4	Punto de integración PT4 – Confluencia con afluente 4
IBT12	Rutado de PT4 hasta P12
IBI4	Intercuenca IBI4
P12	Punto de integración P12
IBS1-5	Subcuenca IBS1-5
IBS1-5A	Subcuenca IBS1-5A
IT1-5A	Rutado de IBT1-5A – de IBS1-5A hasta P1-5A
IS2-5A	Subcuenca IBS2-5A
P1-5A	Punto de integración P1-5A
PT1-5	Punto de integración PT1-5
IBT1-5	Rutado de PT1-5 hasta P1-5
IBI1-5	Intercuenca IBI1-5
P1-5	Punto de integración P1-5
PT5	Punto de integración PT5 – Confluencia con afluente 5
IBT13	Rutado de PT5 hasta P13
IBS16	Subcuenca IBS16
IBS17	Subcuenca IBS17

SUBCUENCA	DESCRIPCIÓN
P13	Punto de integración P13
IBT14	Rutado de P13 hasta P14
IBS18	Subcuenca IBS18
P14	Punto de integración P14
PNI	Punto de integración PNI – Confluencia Nervión-Ibaizabal
IBT14	Rutado de P13 hasta P14
IBS18	Subcuenca IBS18
P14	Punto de integración P14
PNI	Punto de integración PNI – Confluencia Nervión-Ibaizabal
NES1	Subcuenca NES1
NET1	Rutado de NES1 hasta P1
NES2	Subcuenca NES2
NES3	Subcuenca NES3
P1	Punto de integración P1. Suma de NET1, NES2 y NES3
NET2	Rutado de P1 hasta P2
NES4	Subcuenca NES4
NES5	Subcuenca NES5
P2	Punto de integración P2. Suma de NET2, NES4 y NES5
NET3	Rutado de P2 hasta P3
NEI1	Intercuenca NEI1
NES6	Subcuenca NES6
P3	Punto de integración P3. Suma de NET3, NEI1 y NES6
NET4	Rutado de P3 hasta P4
NES7	Subcuenca NES7
P4	Punto de integración P4. Suma de NET4 y NES7
NET5	Rutado de P4 hasta P5
NEI2	Intercuenca NEI2
NES8	Subcuenca NES8
P5	Punto de integración P5. Suma de NET5, NEI2 y NES8
NET6	Rutado de P5 hasta P6
NESI3	Intercuenca NESI3
NES9	Subcuenca NES9
P6	Punto de integración P6. Suma de NET6, NEI3 y NES9

SUBCUENCA	DESCRIPCIÓN
NET7	Rutado de P6 hasta P7
NESI4	Intercuenca NESI4
NES10	Subcuenca NES10
P7	Punto de integración P7. Suma de NET7, NET4 y NES10
NET8	Rutado de P7 hasta P8
NES11	Subcuenca NES11
P8	Punto de integración P1. Suma de NET8 y NES11
NESE1-1	Subcuenca NESE1-1
NEE1-1	Embalse de Maroño
NES1-1	Subcuenca NES1-1
P1-1	Punto de integración P1. Suma de NESE1-1 y NES1-1
NET1-1	Rutado de P1-1 hasta P2-1
NES2-1	Subcuenca NES2-1
NES3-1	Subcuenca NES3-1
P2-1	Punto de integración P2-1. Suma de NET1-1, NES2-1 y NES3-1
NET2-1	Rutado de P2-1 hasta P3-1
NESI1-1	Subcuenca NESI1-1
P3-1	Punto de integración P3-1. Suma de NET2-1 y NEI1-1
PT1	Punto de integración PT1. Confluencia del afluente Izoria
NET9	Rutado de P8 hasta P9
NES12	Subcuenca NES12
NES13	Subcuenca NES13
P9	Punto de integración P9. Suma de NET9, NES12 y NES13
NET10	Rutado de P9 hasta P10
NES14	Subcuenca NES14
P10	Punto de integración P10. Suma de NET10 y NES14
NET11	Rutado de P10 hasta P11
NES15	Subcuenca NES15
P11	Punto de integración P11
NES1-2	Subcuenca NES1-2, afluente
NES2-2	Subcuenca NES2-2, afluente
P1-2	Punto de integración P1-2. Suma de NES1-2 y NES2-2
NET1-2	Rutado de P1-2 hasta P2-2

SUBCUENCA	DESCRIPCIÓN
NEI1-2	Intercuenca NEI1-2
NES3-2	Subcuenca NES3-2
P2-2	Punto de integración P2-2. Suma de NET1-2, NEI1-2 y NES3-2
NET2-2	Rutado de P2-2 hasta P3-2
NEI2-2	Intercuenca NEI2-2
NES4-2	Subcuenca NES4-2
P3-2	Punto de integración P3-2. Suma de NET2-2, NEI2-2 y NES4-2
NET3-2	Rutado de P3-2 hasta P4-2
NES5-2	Subcuenca NES5-2
NES6-2	Subcuenca NES6-2
P4-2	Punto de integración P4-2. Suma de NET3-2, NES5-2 y NES6-3
NET4-2	Rutado P4-2 hasta P5-2
NES7-2	Subcuenca NES7-2
P5-2	Punto de integración P5-2. Suma de NET4-2 y NES7-2
NET5-2	Rutado P5-2 hasta P6-2
NES8-2	Subcuenca NES8-2
NEK1	Subcuenca Karstica NEK1
NETK1	Rutado NEK1 hasta P1-2A
NETKT1B	Rutado
NEK2	Subcuenca Karstica NEK2
NETK2	Rutado NEK1 hasta P2-2A
NETKT2B	Rutado
NES1-2A	Subcuenca NES1-2A
P1-2A	Punto de integración P1-2A. Suma de NEK1, NEK2 y NESI-2A
NT1-2A	Rutado P1-2A hasta P6-2
NES2-2A	Subcuenca NES2-2A
P6-2	Punto de integración P6-2. Suma de NT1-2A, NES2-2A, NET5-2 y NET8-2
NET6-2	Rutado P6-2 hasta P7-2
NES9-2	Subcuenca NES9-2
P7-2	Punto de integración P1. Suma de NET1, NES2 y NES3
NET7-2	Rutado P7-2 hasta P8-2
NES10-2	Subcuenca NES10-2
P8-2	Punto de integración P8-2. Suma de NET7-2 y NES10-2

SUBCUENCA	DESCRIPCIÓN
PT2	Punto de integración PT2. Suma de P8-2 y P11. Confluencia del arroyo
NET12	Rutado PT2 hasta P12
NEI5	Intercuenca NEI5
P12	Punto de integración P12. Suma de NET12 y NEI5
NET13	Rutado P12 hasta P13
NES16	Subcuenca NES16
P13	Punto de integración P13. Suma de NET13 y NES16
NET14	Rutado P13 hasta P14
NEI6	Intercuenca NEI6
P14	Punto de integración P14. Suma de NET14 y NEI6
NESE1-3	Subcuenca NESE1-3
NEE1-3	Embalse de Zollo
NET1-3	Rutado Qembalse a P1-3
NES1-3	Subcuenca NES1-3
P1-3	Punto de integración P1-3. Suma de NET1-3 y NES1-3
PT3	Punto de integración PT3. Confluencia del arroyo
NET15	Rutado PT3 hasta P15
NEI7	Intercuenca NEI7
P15	Punto de integración P15. Suma de NET15 y NEI7
NES1-4	Subcuenca NES1-4. Afluente
NET1-4	Rutado NES1-4 hasta P1-4
NES2-4	Subcuenca NES2-4. Afluente
P1-4	Punto de integración P1-4. Suma de NET1-4 y NES2-4
PT4	Punto de integración PT4. Confluencia del arroyo
NET16	Rutado PT4 hasta P16
NES17	Subcuenca NES17
NES18	Subcuenca NES18
P16	Punto de integración P16. Suma de NET16, NES17 y NES18
NET17	Rutado P16 hasta P17
NEI8	Intercuenca NEI8
NES19	Subcuenca NES19
P17	Punto de integración P17. Suma de NET17, NES8 y NES19
NET18	Rutado P17 hasta P18

SUBCUENCA	DESCRIPCIÓN
NEI9	Intercuenca NEI9
NES20	Subcuenca NES20
P18	Punto de integración P18. Suma de NET18, NEI9 y NES20
NET19	Rutado P18 hasta P19
NES21	Subcuenca NES21
P19	Punto de integración P19. Suma de NET19 y NES21
NET20	Rutado P19 hasta P20
NES22	Subcuenca NES22
P20	Punto de integración P20. Suma de NET20 y NES22
NET21	Rutado P20 hasta P21
NES23	Subcuenca NES23
P21	Punto de integración P21. Suma de NET21 y NES23
NET22	Rutado P21 hasta P22
NES24	Subcuenca NES24
P22	Punto de integración P22. Suma de NET22 y NES24
NET23	Rutado P22 hasta P23
NES25	Subcuenca NES25
P23	Punto de integración P23. Suma de NET23 y NES25
NET24	Rutado P23 hasta P24
NES26	Subcuenca NES26
P24	Punto de integración P24. Suma de NET24 y NES26

APÉNDICE 2. PRECIPITACIONES Y HIETOGRAMAS

ÍNDICE

1. **TABLAS DE PRECIPITACIONES**
 - 2.1. **Precipitaciones de 24 horas**
2. **DISCRETIZACIÓN DE HIETOGRAMAS**
 - 3.1. **Discretización del hietograma de duración de lluvia de 27 horas**

1. TABLA DE PRECIPITACIONES

1.1. Precipitaciones de 24 horas

SUBCUENCA	PRECIPITACIÓN (mm) para lluvias de 24 horas						
	T=5 años	T=10 años	T=25 años	T=50 años	T=100 años	T=500 años	T=1000 años
IBS1	118	147	162	177	206	260	285
IBS2	118	147	162	177	206	260	285
IBS3	118	147	157	177	221	251	270
IBS4	133	172	187	197	246	290	319
IBS5	113	147	172	182	221	270	300
IBS1-1	113	130	147	152	172	211	226
IBS2-1	113	130	147	165	172	197	207
IBK1	123	147	157	172	197	246	270
IBS3-1	113	130	147	165	172	197	207
IBS4-1	123	147	157	172	197	246	270
IBS5-1	113	147	157	147	172	197	207
IBS6-1	123	147	172	182	201	256	275
IBS7-1	113	130	147	165	197	221	231
IBI1	113	147	172	182	216	265	295
IBS1-2	147	167	187	197	221	270	295
IBK2	123	147	172	182	201	256	275
IBK3	128	147	177	197	221	265	295
IBK5	147	167	187	197	221	270	295
IBS2-2	123	147	152	177	221	251	275
IBS6	123	147	177	192	221	265	295
IBS7	128	162	187	197	236	285	310
IBS8	128	147	177	197	221	265	295
IBI2	128	143	172	187	211	260	280
IBS9	113	138	172	177	197	246	270
IBS10	113	138	167	172	192	241	265
IBS11	113	138	167	172	192	236	265
IBS12	113	128	162	167	187	231	260
IBS13	108	128	162	167	187	236	260
IBSE1-3	133	157	172	177	221	270	285
IBS1-3	123	147	167	172	216	265	285

SUBCUENCA	PRECIPITACIÓN (mm) para lluvias de 24 horas						
	T=5 años	T=10 años	T=25 años	T=50 años	T=100 años	T=500 años	T=1000 años
IBS2-3	133	157	172	177	216	265	285
IBS3-3	113	147	167	172	211	260	280
IBS4-3	123	147	172	172	216	260	280
IBI1-3	113	143	167	172	206	251	270
IBS5-3	118	143	167	172	206	251	270
IBS6-3	108	133	162	167	197	241	265
IBS7-3	113	133	162	172	197	241	265
IBS1-3A	123	147	172	172	221	270	285
IBI1-3A	118	147	172	177	211	256	275
IBS2-3A	123	147	172	192	216	260	280
IBS3-3A	113	138	167	197	201	246	265
IBI2-3	113	133	162	172	197	241	265
IBS8-3	108	128	157	167	192	231	256
IBK4	123	147	172	192	216	260	280
IBS9-3	108	133	162	172	192	236	260
IBS14	103	123	157	162	182	226	256
IBS15	103	123	157	162	182	226	251
IBI3	103	123	157	162	182	226	251
IBSE1-4	98	123	147	157	177	221	251
IBS1-4	98	123	147	157	177	221	251
IBI4	98	123	152	157	177	221	251
IBS1-5	108	123	157	162	182	226	256
IBS1-5A	108	123	162	167	182	226	256
IBS2-5A	108	123	162	167	182	226	256
IBI1-5	98	123	152	157	177	221	251
IBS16	93	123	147	152	172	216	241
IBS17	93	123	147	152	172	211	231
IBS18	88	123	147	165	172	197	226
NES1	93	107	127	137	166	205	244
NES2	98	107	137	141	166	210	254
NES3	102	112	146	163	176	215	268
NES4	107	122	151	171	185	219	273

SUBCUENCA	PRECIPITACIÓN (mm) para lluvias de 24 horas						
	T=5 años	T=10 años	T=25 años	T=50 años	T=100 años	T=500 años	T=1000 años
NES5	107	117	151	166	180	224	273
NEI1	107	122	156	171	185	229	278
NES6	107	122	151	171	195	224	283
NES7	112	122	161	171	185	239	278
NEI2	112	122	161	171	185	239	278
NES8	112	122	156	171	185	239	278
NESI3	112	122	156	171	185	244	278
NES9	112	122	161	171	195	244	278
NESI4	112	122	156	171	190	244	278
NES10	117	122	161	171	195	249	278
NES11	117	122	151	171	190	244	273
NESE1-1	98	122	151	176	195	229	293
NES1-1	98	122	151	176	195	229	293
NES2-1	112	122	151	171	185	234	278
NES3-1	112	122	146	171	180	219	273
NEI1-1	117	122	146	171	185	234	268
NES12	117	122	146	171	176	219	263
NES13	117	122	146	166	185	234	268
NES14	112	122	146	166	171	219	244
NES15	112	122	146	166	171	219	244
NES1-2	98	112	146	163	171	210	263
NES2-2	102	122	156	156	195	229	268
NEI1-2	112	132	156	166	200	249	273
NES3-2	107	122	161	166	190	234	273
NEI2-2	112	132	166	166	200	249	273
NES4-2	117	141	166	171	210	258	283
NES5-2	117	137	161	171	205	258	278
NES6-2	112	122	171	171	200	249	273
NES7-2	132	156	156	180	215	263	283
NES8-2	117	127	185	166	195	249	268
NEK1	151	171	185	195	219	268	293
NEK2	151	171	185	195	219	268	293

SUBCUENCA	PRECIPITACIÓN (mm) para lluvias de 24 horas						
	T=5 años	T=10 años	T=25 años	T=50 años	T=100 años	T=500 años	T=1000 años
NES1-2A	151	171	185	171	219	268	293
NES2-2A	117	141	185	166	205	254	268
NES9-2	112	132	166	166	195	244	263
NES10-2	107	122	156	166	185	234	263
NEI5	107	122	146	166	171	215	244
NES16	107	122	146	166	171	215	244
NEI6	102	122	146	171	180	224	244
NESE1-3	98	122	146	171	190	234	258
NES1-3	102	122	146	171	180	224	244
NEI7	102	122	146	166	171	215	244
NES1-4	112	132	161	166	195	239	258
NES2-4	107	122	151	161	180	224	249
NES17	98	122	146	161	171	215	244
NES18	102	122	146	166	176	219	244
NEI8	93	122	146	156	171	210	229
NES19	93	122	146	156	171	210	224
NEI9	93	122	146	151	171	205	224
NES20	93	122	146	151	171	210	234
NES21	88	122	146	163	171	200	219
NES22	88	122	146	163	171	200	219
NES23	88	122	146	163	171	195	224
NES24	88	122	146	163	171	195	224

2. DISCRETIZACIÓN DE HIETOGRAMA DE 27 HORAS

2.1 Discretización del hietograma de duración de lluvia de 27 horas

DURACIÓN 27 HORAS		
TIEMPO (min)	% PARCIAL	% ACUMULADO
0	0,000	0,000
10	0,628	0,628
20	0,628	1,256
30	0,628	1,884
40	0,628	2,512
50	0,628	3,140
60	0,628	3,768
70	0,628	4,396
80	0,628	5,024
90	0,628	5,652
100	0,628	6,280
110	0,628	6,908
120	0,628	7,536
130	0,628	8,164
140	0,628	8,792
150	0,628	9,420
160	0,628	10,048
170	0,628	10,676
180	0,628	11,304
190	0,628	11,932
200	0,628	12,560
210	0,628	13,188
220	0,628	13,816
230	0,628	14,444
240	0,628	15,072
250	0,628	15,700
260	0,628	16,328
270	0,628	16,956
280	0,628	17,584

DURACIÓN 27 HORAS		
TIEMPO (min)	% PARCIAL	% ACUMULADO
290	0,628	18,212
300	0,628	18,840
310	0,628	19,468
320	0,628	20,096
330	0,652	20,748
340	0,666	21,414
350	0,666	22,080
360	0,666	22,746
370	0,666	23,412
380	0,666	24,078
390	0,666	24,744
400	0,666	25,410
410	0,666	26,076
420	0,666	26,742
430	0,666	27,408
440	0,666	28,074
450	0,666	28,740
460	0,666	29,406
470	0,666	30,072
480	0,666	30,738
490	0,666	31,404
500	0,666	32,070
510	0,666	32,736
520	0,666	33,402
530	0,666	34,068
540	0,666	34,734
550	0,666	35,400
560	0,666	36,066
570	0,666	36,732
580	0,666	37,398
590	0,666	38,064
600	0,666	38,730

DURACIÓN 27 HORAS		
TIEMPO (min)	% PARCIAL	% ACUMULADO
610	0,666	39,396
620	0,666	40,062
630	0,666	40,728
640	0,666	41,394
650	0,671	42,065
660	0,686	42,751
670	0,686	43,437
680	0,686	44,123
690	0,686	44,809
700	0,686	45,495
710	0,686	46,181
720	0,686	46,867
730	0,686	47,553
740	0,686	48,239
750	0,686	48,925
760	0,686	49,611
770	0,686	50,297
780	0,686	50,983
790	0,686	51,669
800	0,686	52,355
810	0,686	53,041
820	0,686	53,727
830	0,686	54,413
840	0,686	55,099
850	0,686	55,785
860	0,686	56,471
870	0,686	57,157
880	0,686	57,843
890	0,686	58,529
900	0,686	59,215
910	0,686	59,901
920	0,686	60,587

DURACIÓN 27 HORAS		
TIEMPO (min)	% PARCIAL	% ACUMULADO
930	0,686	61,273
940	0,686	61,959
950	0,686	62,645
960	0,686	63,331
970	0,686	64,017
980	0,650	64,667
990	0,639	65,306
1000	0,639	65,945
1010	0,639	66,584
1020	0,639	67,223
1030	0,639	67,862
1040	0,639	68,501
1050	0,639	69,140
1060	0,639	69,779
1070	0,639	70,418
1080	0,639	71,057
1090	0,639	71,696
1100	0,639	72,335
1110	0,639	72,974
1120	0,639	73,613
1130	0,639	74,252
1140	0,639	74,891
1150	0,639	75,530
1160	0,639	76,169
1170	0,639	76,808
1180	0,639	77,447
1190	0,639	78,086
1200	0,639	78,725
1210	0,639	79,364
1220	0,639	80,003
1230	0,639	80,642
1240	0,639	81,281

DURACIÓN 27 HORAS		
TIEMPO (min)	% PARCIAL	% ACUMULADO
1250	0,639	81,920
1260	0,639	82,559
1270	0,639	83,198
1280	0,639	83,837
1290	0,639	84,476
1300	0,571	85,047
1310	0,467	85,514
1320	0,467	85,981
1330	0,467	86,448
1340	0,467	86,915
1350	0,467	87,382
1360	0,467	87,849
1370	0,467	88,316
1380	0,467	88,783
1390	0,467	89,250
1400	0,467	89,717
1410	0,467	90,184
1420	0,467	90,651
1430	0,467	91,118
1440	0,467	91,585
1450	0,467	92,052
1460	0,467	92,519
1470	0,467	92,986
1480	0,467	93,453
1490	0,467	93,920
1500	0,467	94,387
1510	0,467	94,854
1520	0,467	95,321
1530	0,467	95,788
1540	0,467	96,255
1550	0,467	96,722
1560	0,467	97,189

DURACIÓN 27 HORAS		
TIEMPO (min)	% PARCIAL	% ACUMULADO
1570	0,467	97,656
1580	0,467	98,123
1590	0,467	98,590
1600	0,467	99,057
1610	0,467	99,524
1620	0,467	100,000