

ANEJO Nº 4.

CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

REGISTRO EDICIÓN DE DOCUMENTOS

VERSIÓN	FECHA	OBJETO DE LA EDICIÓN	REDACTADO	REVISADO	APROBADO
00	22/01/2020		Ana Alonso Moreno	Miguel Ángel Martín	
01	12/05/2020		Ana Alonso Moreno	Miguel Ángel Martín	

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN1

2. CLIMATOLOGÍA1

2.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO 1

2.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS 2

2.3 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA..... 14

2.4 DETERMINACIÓN DE DÍAS APROVECHABLES EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS..... 24

3. DRENAJE EXISTENTE29

3.5 DRENAJE TRANSVERSAL EXISTENTE..... 29

3.6 DRENAJE LONGITUDINAL EXISTENTE 29

4. HIDROLOGÍA31

4.1 INTRODUCCIÓN 31

4.2 DEFINICIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS NATURALES 31

4.3 CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS 32

4.4 CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO 35

4.5 CAUDALES DE CÁLCULO EN LAS CUENCAS 39

5. DRENAJE40

5.1 REDES 40

5.2 DRENAJE LONGITUDINAL 42

5.3 DRENAJE TRANSVERSAL 44

APÉNDICES

- APÉNDICE 1: PLANTA DE DRENAJE EXISTENTE
- APÉNDICE 2: PLANO DE CUENCAS NATURALES
- APÉNDICE 3: AJUSTE ESTADÍSTICO PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 H
- APÉNDICE 4: CÁLCULO DE CAUDALES
- APÉNDICE 5: COMPROBACIÓN DE DRENAJE EXISTENTE
- APÉNDICE 6: JUSTIFICACIÓN HIDRÁULICA DEL DRENAJE LONGITUDINAL

1. INTRODUCCIÓN

La carretera BI-20 es un tramo del anillo metropolitano de Bilbao, siendo la circunvalación este de Bilbao y forma parte de la Red Básica de Carreteras de la Diputación de Bizkaia. Se trata de la principal vía de conexión entre Bilbao-Este y el corredor del Txorierri.

En el tramo comprendido entre el área de descanso ubicada en el Alto de Santo Domingo y el enlace Galbarriatu, registra de forma recurrente retenciones en las horas punta de la mañana, en sentido Derio. Se trata de un tramo de carril único, situado entre dos tramos desdoblados, cuyo sentido contrario dirección Bilbao ya se encuentra desdoblado.

El objeto del presente proyecto es el de mejorar la capacidad y seguridad vial de la carretera dando continuidad al segundo carril que actualmente desaparece en la salida al área de Santo Domingo y vuelve a generarse en la entrada al Enlace Galbarriatu, entre los PPK 6+800 y 8+150.

El objeto del presente Anejo es, en primer lugar, caracterizar la climatología imperante en la zona de las obras y, posteriormente, la descripción del proceso de diseño y dimensionamiento de los elementos de drenaje proyectados en el **Proyecto de Acondicionamiento de la Carretera BI-20 en el tramo P.K. 6+800-P.K. 8+150 sentido Derio**.

En el apartado de Hidrología, se incluye, un análisis de las cuencas vertientes a las obras de drenaje existentes para definir el funcionamiento del drenaje existente.

A continuación, se diseñan y verifica el dimensionamiento de los elementos que conforman la red de drenaje proyectada atendiendo a criterios de funcionalidad, durabilidad y mantenimiento prácticamente nulo. El dimensionamiento hidráulico de las obras proyectadas se ha realizado de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial.

El proceso de diseño y cálculo de la red de drenaje se ha estructurado en las siguientes fases:

- Definición e inventariado del sistema de drenaje existente en la actualidad en la zona afectada.
- Determinación de cuencas de aportación y sus características. Para ello se ha recurrido a la cartografía disponible a escala 1:5000 y 1:1000.
- Cálculo de caudales de las cuencas de aportación.
- Diseño de los elementos de drenaje necesarios para la actuación, teniendo en cuenta las redes actuales.

2. CLIMATOLOGÍA

2.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Como se ha comentado en el apartado anterior, el objetivo fundamental del estudio climático que se desarrolla a continuación es doble: por una parte se pretende caracterizar climatológicamente la zona del proyecto con el fin de facilitar la información necesaria para los estudios medioambientales que deben desarrollarse asociados a las obras del proyecto; Por otra parte, se deben estimar los datos más significativos que pudieran condicionar la planificación de las obras desde el punto de vista climático (días de heladas, vientos, etc..) que se concretarán en la estimación justificada de los días aprovechables en la ejecución de las obras.

Para ello se determinan previamente los rasgos climáticos del área de proyecto (variables climáticas principales), punto de partida de los métodos empleados en la obtención de los índices agroclimáticos.

La información meteorológica necesaria para el desarrollo del presente Anejo se ha obtenido de las siguientes publicaciones oficiales:

- “Isolíneas de coeficientes de reducción de los días hábiles de trabajo”, de la publicación de la Dirección General de Carreteras “Datos Climáticos para Carreteras” (1964).
- “Guía resumida del clima en España 1971-2000. Plan Estadístico Nacional 2001-2004”. Publicación del Ministerio de Medio Ambiente.
- “Valores normales y estadísticos de observatorios meteorológicos principales (1971-2000). Volumen I. Galicia, Asturias, Cantabria y País vasco”. Publicación del Ministerio de Medio Ambiente (2002)
- “Rosas de Vientos”. Publicación del Ministerio de Medio Ambiente (2002)

Para la realización de los estudios se han considerado los datos correspondientes a la estación meteorológica Bilbao Aeropuerto (Código: 1082; Altitud: 34m; Latitud: 43°18'10"; Longitud: 02°55'31"W), por tratarse de la estación completa del Instituto Nacional de Meteorología (INM) más próxima a la traza y contar con series completas de datos suficientemente largas (más de treinta años).

2.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

2.2.1 Descripción general del clima de la zona

La vertiente atlántica del País Vasco presenta un tipo de clima mesotérmico, moderado en cuanto a las temperaturas, y muy lluvioso. Se denomina clima templado húmedo sin estación seca, o clima atlántico.

En este clima el océano Atlántico ejerce una influencia notoria. Las masas de aire, cuyas temperaturas se han suavizado al contacto con las templadas aguas oceánicas, llegan a la costa y hacen que las oscilaciones térmicas entre la noche y el día, o entre el verano y el invierno, sean poco acusadas. El factor orográfico explica la gran cantidad de lluvias de toda la vertiente atlántica del País Vasco, entre 1.200 y más de 2.000 mm de precipitación media anual (entre 1.236 y 1.135 mm según los datos de la estación de Bilbao Aeropuerto en los períodos referenciales “normales” establecidos por la Organización Meteorológica Mundial en su Reglamento Técnico 1961-1990 y 1971-2000, obtenidos de la publicación del Ministerio de Medio Ambiente antes citada).

En cuanto a las temperaturas es de destacar una cierta moderación, que se expresa fundamentalmente en la suavidad de los inviernos. De esta forma, a pesar de que los veranos son también suaves, las temperaturas medias anuales registran en la costa los valores más altos de Euskal Herria, unos 20 °C según los datos de la publicación de referencia antes citada. Aunque los veranos sean frescos, son posibles, sin embargo, episodios cortos de fuerte calor, con subidas de temperatura de hasta 41,7 °C, especialmente durante el verano (entre julio y septiembre).

Los vientos de componentes Sur, procedentes del interior de la Península Ibérica, llegan muy deshidratados por el efecto “foehn” a la Ría de Bilbao, provocando en Bilbao los mayores valores de temperaturas (hasta 42º) y un descenso apreciable de la humedad relativa (hasta el 30%).

Los vientos que traen la lluvia son los del cuadrante NW-N-NE, con notable estancamiento contra el “laberinto montañoso” de cerros y valles. Esto determina lluvias cuantiosas, continuas y persistentes – el célebre txirimiri -, factor común a toda la franja cantábrica, donde los ríos no conocen el estiaje. Cuando el aire muy frío y seco (de origen ártico) llega hasta los Pirineos empujado por viento del NE, y no puede rebasarlos, la ola de frío escurre por su lateral occidental hacia el Mar Cantábrico, se carga de humedad y llega a provocar nevadas cerca de la costa, si bien, el número de días de nieve al año no supera los 3 de media en la estación de Bilbao Aeropuerto.

La insolación en la zona de las obras es baja (entre 1.500 y 1.600 horas anuales).

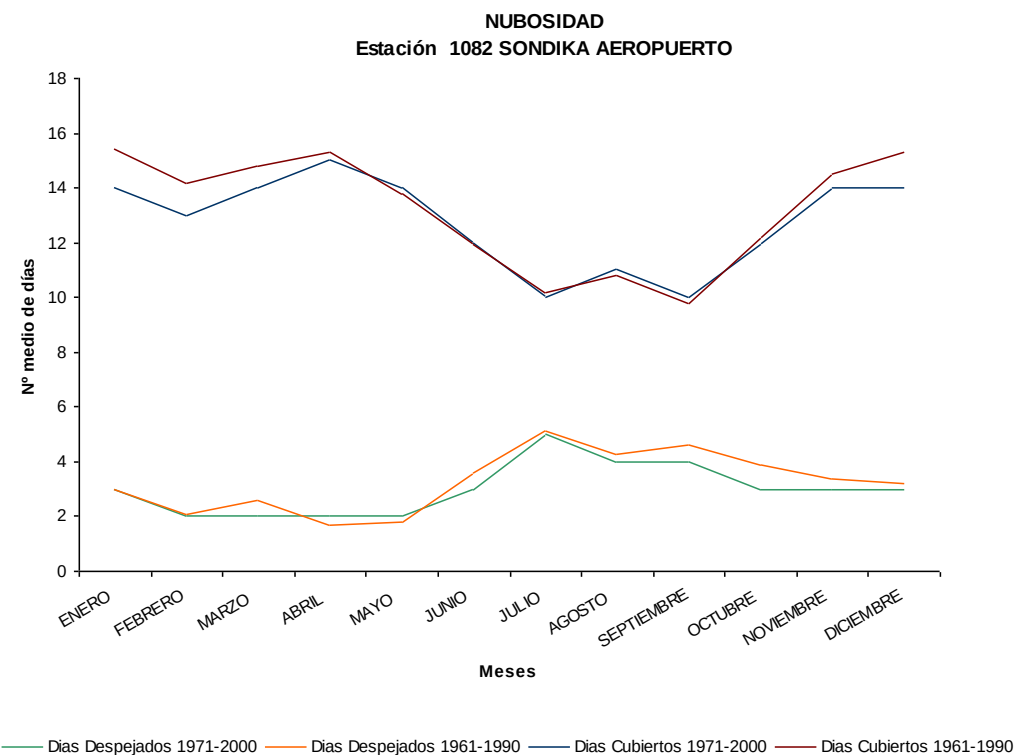
El número medio de horas de sol, estacional y anual, depende de dos factores: el factor astronómico, que se refiere a la posición de la Tierra con respecto al Sol a lo largo del año y

que viene definido por la latitud del lugar, y el factor climático, que viene definido por la mayor o menor nubosidad de la zona.

La latitud de un lugar determina las diferencias estacionales en el grado de oblicuidad de los rayos solares directos que inciden en él, así como la duración del día, que en el País Vasco es de unas 15 horas en el solsticio de verano y de unas 9 horas en el solsticio de invierno.

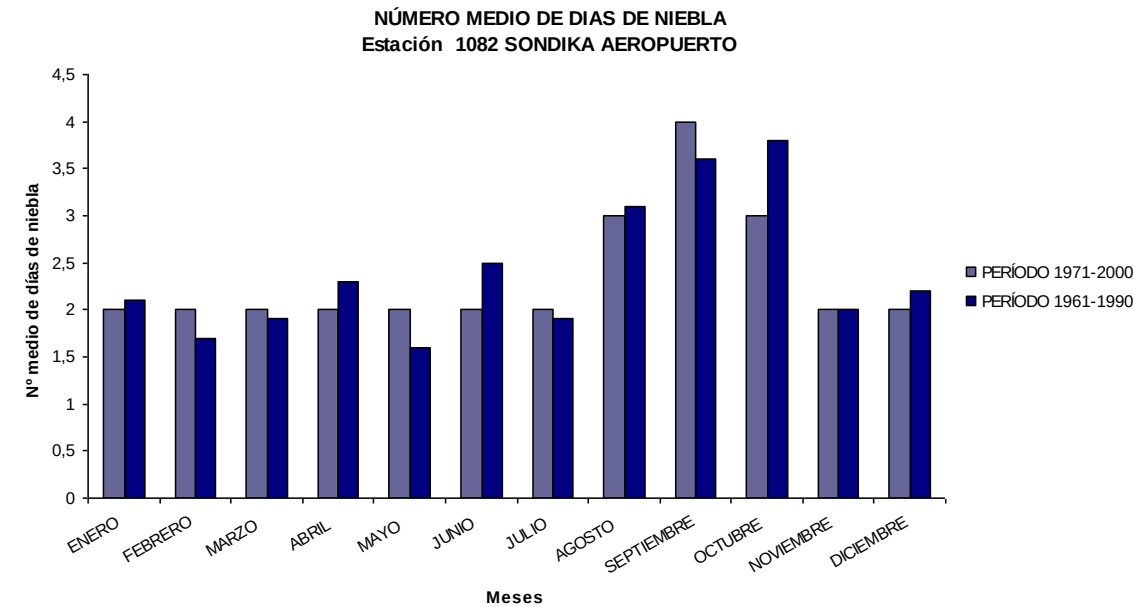
No es sencillo determinar estadísticamente la cantidad de nubosidad de un observatorio, por eso aunque la nubosidad sea un parámetro climáticamente esencial, suele a menudo pasarse por alto. Las observaciones suelen realizarse de forma subjetiva, siendo el observador el que, en determinados momentos del día determina si está cubierto, nuboso o despejado. En una observación se considera que el cielo está despejado cuando la nubosidad cubre menos de las 2 octavas partes del cielo; nuboso si está comprendido entre 2 y 6 octavas; y cubierto cuando la nubosidad es superior a 6 octavas.

La frecuencia de días en los que el cielo está despejado al mediodía suele ser bastante superior a la frecuencia de los días considerados meteorológicamente como despejados, tal como se refleja en la gráfica adjunta obtenida con los datos de la publicación de referencia, y en la que se puede observar la poca disparidad de los resultados entre los dos períodos “normales” analizados.



Las nieblas en Bilbao son muy abundantes (29 días al año de media). Existen tres meses particularmente más propensos a la aparición de la niebla en la zona de las obras: Agosto, Septiembre y Octubre. En estos meses es máximo el contraste entre la temperatura del

agua del mar y la del aire suprayacente, más cálido. La situación térmica es propensa a las inversiones de superficie, sobre todo con presiones altas, y a la formación de estratos y nieblas marinas que las brisas adentran en la costa.



Las variables climáticas principales de la zona objeto de estudio estarán fuertemente influidas por estos elementos característicos de toda la franja norte del País Vasco.

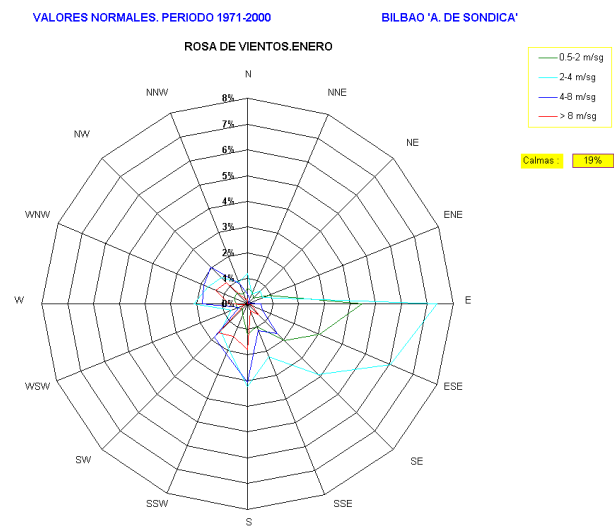
La precipitación es uno de los caracteres más definitorios del clima. Es el principal factor controlador del ciclo hidrológico de una región, así como del paisaje y usos del suelo. Se considera la lluvia desde los siguientes aspectos: volumen total, frecuencia, distribución en el tiempo e intensidad. La precipitación es muy abundante en la zona de estudio a lo largo del año, con medias altas (entre 1.236 y 1.135 mm según los datos de la estación de Bilbao Aeropuerto). Lluvea durante todo el año, pero las mayores precipitaciones se acumulan en invierno.

La intensidad de la lluvia influye notoriamente en el uso del suelo. Las lluvias violentas pueden ocasionar importantes daños, entre los que destacan la degradación de la estructura del suelo, erosiones, inundaciones, daños en cultivos, etc.

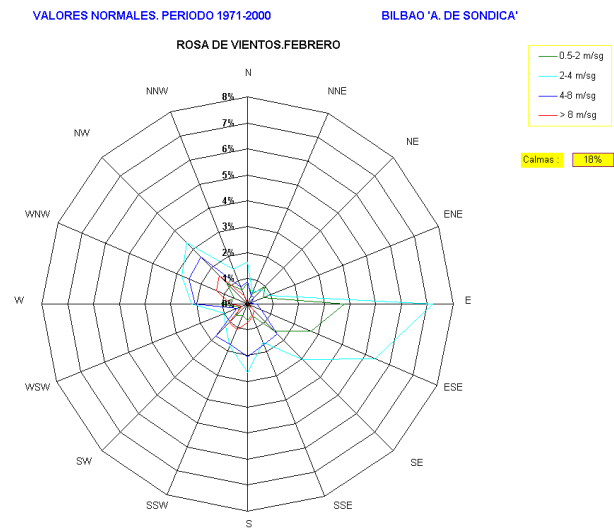
Se suele observar la máxima mensual de las precipitaciones máximas en 24 horas que se han producido durante la serie, así como la media de estas máximas. En general no se aprecian precipitaciones máximas muy altas ni una época clara de tormentas, como corresponde al clima lluvioso de esta zona. Destaca sobre todas las demás la precipitación máxima registrada en la estación pluviométrica de Bilbao Aeropuerto (253 mm el 27/08/1983), muy alejada del resto de los registros. Esta se corresponde con las inundaciones de Agosto del año 1.983 que provocaron en Bilbao graves daños humanos y materiales.

2.2.2 Datos recopilados

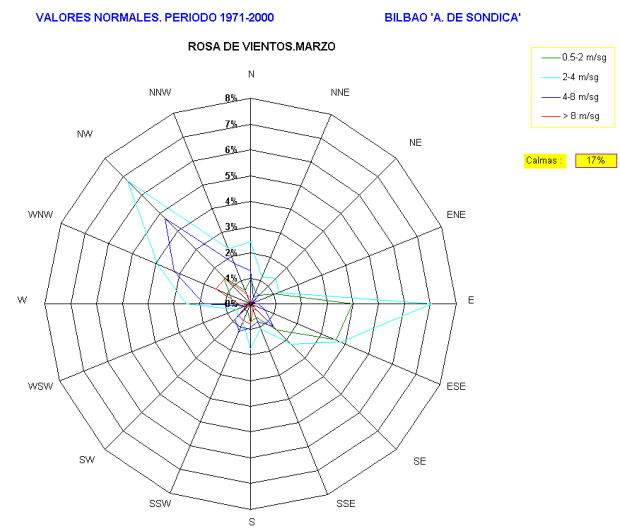
En las páginas adjuntas se incluyen las tablas con el resumen de los datos obtenidos de la publicación "Guía resumida del clima en España 1971-2000. Plan Estadístico Nacional 2001-2004" (Ministerio de Medio Ambiente) y las rosas de viento de la publicación del Ministerio de Medio Ambiente correspondientes a la estación de Bilbao Aeropuerto, realizadas a partir de los datos de la serie entre los años 1971 y 2000.



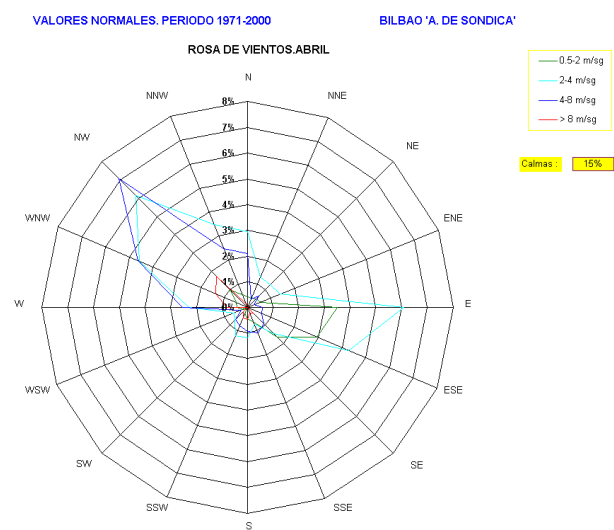
Enero



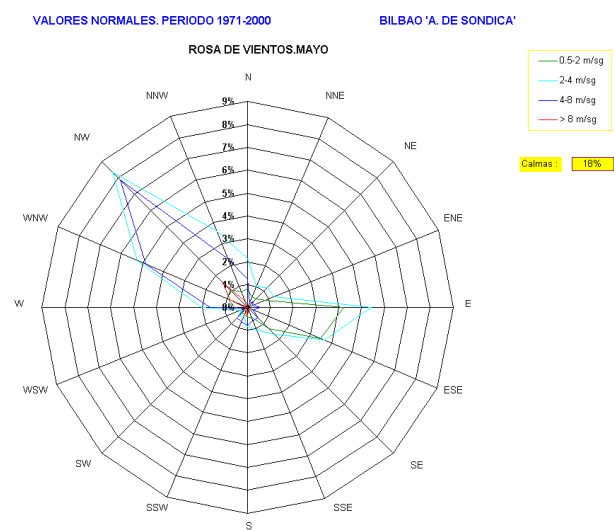
Febrero



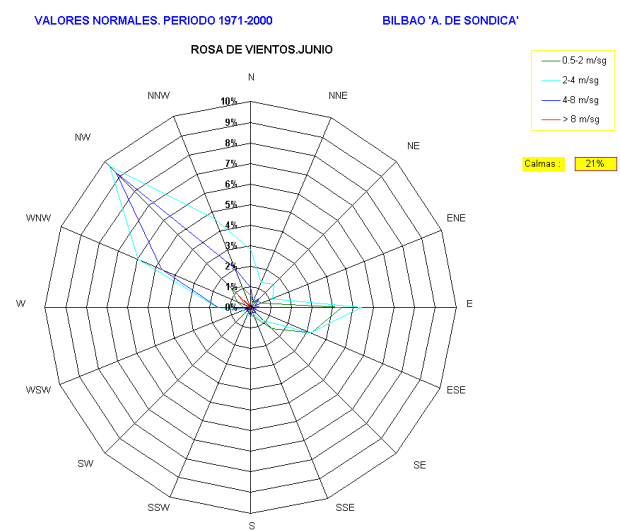
Marzo



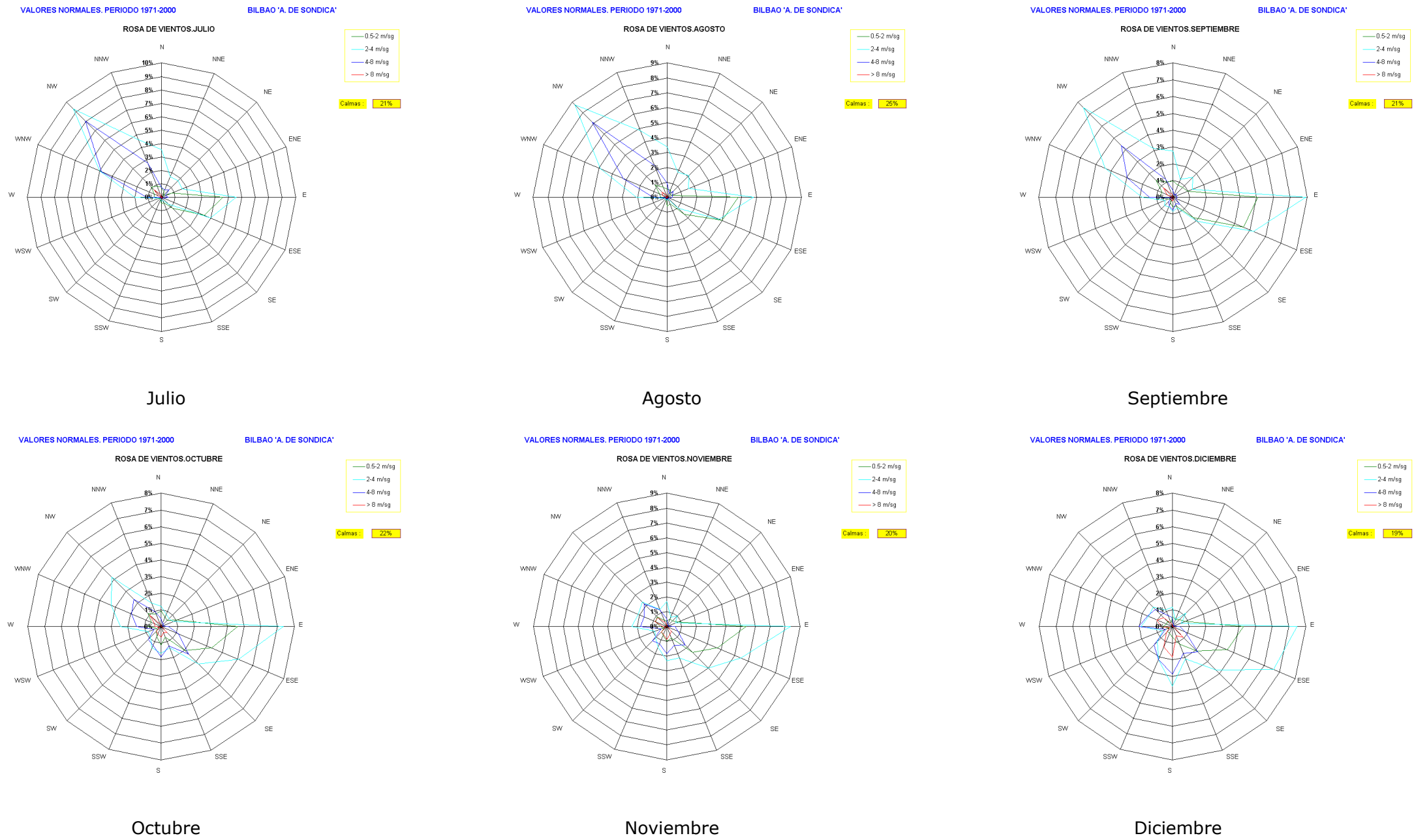
Abril



Mayo

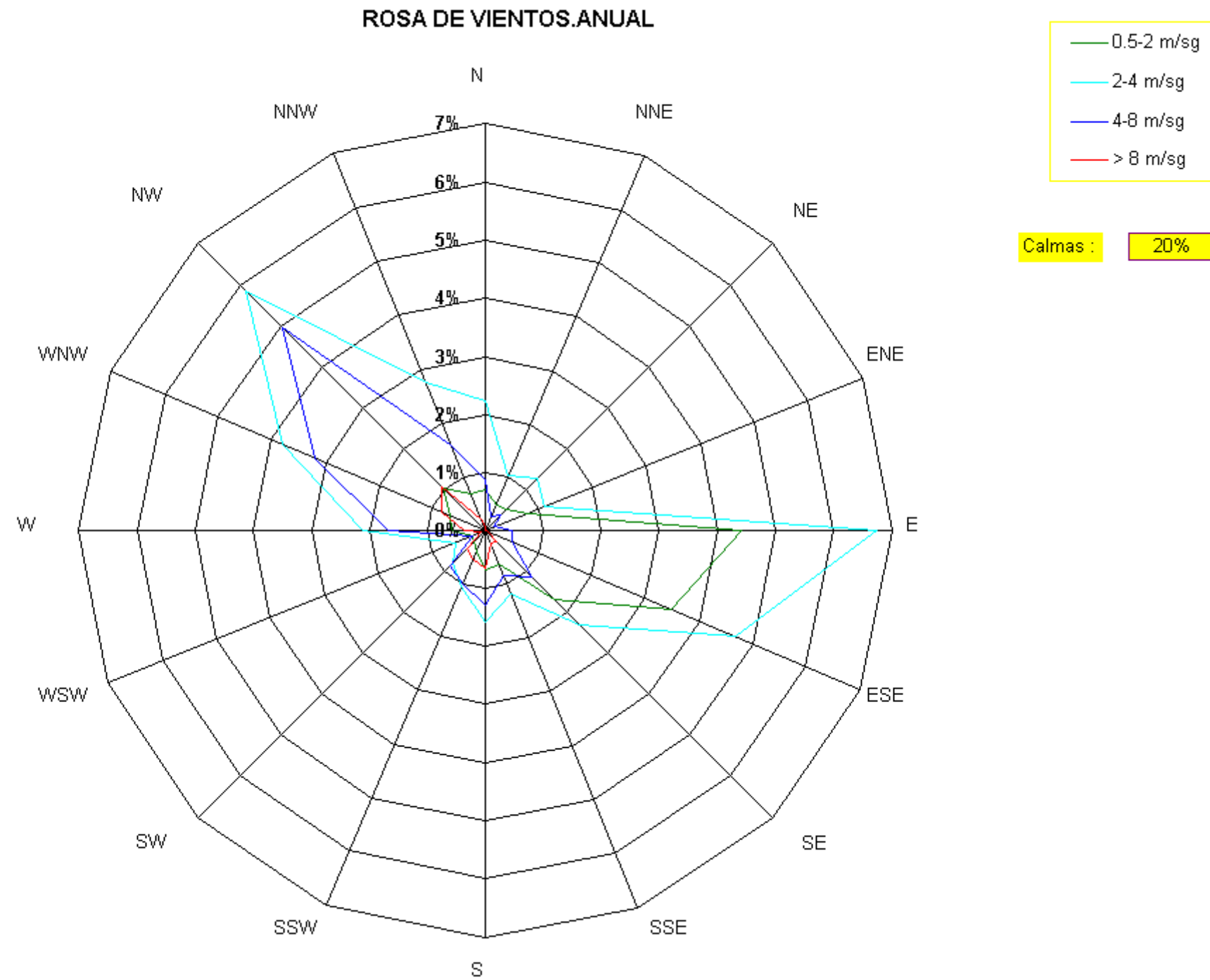


Junio



VALORES NORMALES. PERIODO 1971-2000

BILBAO 'A. DE SONDICA'



Indicativo	1082
Nombre estación	BILBAO 'AEROPUERTO SONDICA'
Latitud geográfica (Norte)	43°18'10"
Longitud geográfica	02°55'31"W
Indicativo sinóptico	8025

	Mes	Altitud (m)	Presión media mensual/anual en la estación (hPa)	Presión media mensual/anual reducida al nivel del mar (hPa)	Temperatura media mensual/anual (°C)	Temperatura media mensual/anual mas alta (°C)	Temperatura media mensual/anual mas baja (°C)	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias mas alta (°C)	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias mas baja (°C)	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias mas alta (°C)	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias mas baja (°C)	Temperatura máxima en el mes/año (°C)	Fecha de la temperatura máxima absoluta	Temperatura mínima en el mes/año (°C)	Fecha de la temperatura mínima absoluta
PERÍODO 1961-1990	1	34	1.016,00		8,90	12,90	4,80							22,20		-7,60	
	2	34	1.013,70		9,60	14,00	5,30							26,80		-8,60	
	3	34	1.014,80		10,40	15,30	5,50							29,80		-5,00	
	4	34	1.012,50		11,80	16,40	7,10							31,20		-0,80	
	5	34	1.013,10		14,60	19,60	9,60							35,00		1,20	
	6	34	1.014,80		17,30	22,40	12,30							39,20		3,00	
	7	34	1.015,60		19,70	25,00	14,40							40,40		7,80	
	8	34	1.014,70		19,80	25,10	14,60							40,30		7,20	
	9	34	1.014,80		18,80	24,40	13,20							41,70		3,80	
	10	34	1.014,00		16,00	21,00	11,00							33,40		2,20	
	11	34	1.014,30		11,80	16,10	7,50							27,30		-6,20	
	12	34	1.015,60		9,50	13,40	5,70							24,60		-7,40	
	Año	34	1.014,50		14,00	18,80	9,20							41,70		-8,60	
PERÍODO 1971-2000	1	34	1.016,80	1.021,60	9,00	12,20	6,00	13,20	16,10	9,80	4,70	8,20	1,80	23,40	06/01/1999	-6,60	09/01/1985
	2	34	1.015,50	1.020,30	9,80	13,30	7,50	14,50	18,70	11,60	5,10	7,90	2,60	26,80	23/02/1990	-5,70	25/02/1993
	3	34	1.015,20	1.019,90	10,80	13,50	6,80	15,90	18,90	11,20	5,70	8,40	2,50	29,80	31/03/1980	-2,80	11/03/1973
	4	34	1.011,90	1.016,60	11,90	14,70	10,00	16,80	20,60	14,30	7,10	9,00	4,80	31,20	22/04/1984	-1,20	22/04/1991
	5	34	1.012,10	1.016,80	15,10	17,40	12,10	20,10	23,80	15,90	10,10	11,80	8,20	36,00	30/05/1996	1,20	01/05/1976
	6	34	1.014,60	1.019,20	17,60	19,70	15,10	22,60	25,60	19,80	12,60	13,70	10,40	38,20	26/06/1986	3,60	02/06/1975
	7	34	1.014,90	1.019,50	20,00	22,20	17,60	25,20	27,80	22,70	14,80	17,60	12,20	40,40	08/07/1982	8,00	08/07/1978
	8	34	1.014,20	1.018,80	20,30	22,10	17,90	25,50	27,90	22,80	15,20	17,60	12,90	40,30	16/08/1986	7,80	21/08/1972
	9	34	1.014,00	1.018,60	18,80	22,10	15,40	24,40	28,90	21,10	13,20	15,40	9,80	41,70	07/09/1988	3,80	28/09/1972
	10	34	1.013,40	1.018,10	15,80	19,00	11,70	20,80	25,00	14,80	10,80	13,80	8,40	33,40	02/10/1985	1,50	24/10/1991
	11	34	1.015,10	1.019,90	12,00	15,40	9,50	16,40	19,10	13,40	7,60	11,60	5,30	27,30	08/11/1985	-6,20	23/11/1988
	12	34	1.015,80	1.020,60	10,00	14,00	6,60	14,00	18,40	10,30	6,00	9,70	2,40	24,60	09/12/1978	-4,20	21/12/1990
	Año	34	1.014,40	1.019,10	14,30	15,50	12,90	19,10	21,10	17,50	9,40	10,70	8,30	41,70	07/09/1988	-6,60	09/01/1985

Tabla 1 de 3

Indicativo	1082
Nombre estación	BILBAO 'AEROPUERTO SONDICA'
Latitud geográfica (Norte)	43°18'10"
Longitud geográfica	02°55'31"W
Indicativo sinóptico	8025

	Mes	Precipitación mensual/anual media (mm)	Precipitación mensual/anual máxima (mm)	Precipitación mensual/anual mínima (mm)	Precipitación diaria máxima en el mes/año (mm)	Fecha de la precipitación diaria máxima	Humedad relativa media (%)	Tensión de vapor media mensual/anual (hPa)	Recorrido del viento medio mensual/anual (km)	Dirección de la racha de viento máxima en el mes/año (Grados)	Velocidad de la racha de viento máxima en el mes/año (km/h)	Fecha de la racha de viento máxima en el mes/año
PERÍODO 1961-1990	1	130,00	327,00		56,00		73		8.773,00		148,00	
	2	108,00	351,00		58,00		70		8.047,00		133,00	
	3	100,00	211,00		58,00		70		7.851,00		115,00	
	4	129,00	260,00		92,00		72		8.617,00		112,00	
	5	92,00	215,00		66,00		71		6.891,00		94,00	
	6	65,00	196,00		100,00		72		6.354,00		105,00	
	7	51,00	192,00		61,00		73		6.484,00		84,00	
	8	89,00	627,00		253,00		75		5.977,00		101,00	
	9	75,00	239,00		144,00		74		5.800,00		112,00	
	10	111,00	383,00		66,00		74		6.953,00		112,00	
	11	152,00	350,00		62,00		74		7.353,00		126,00	
	12	135,00	312,00		68,00		74		8.582,00		130,00	
	Año	1.236,00	1.571,00		253,00		73		87.682,00		148,00	
PERÍODO 1971-2000	1	126,00	327,00	6,00	56,00	24/01/1982	72	8,40	7.412,00	290,00	133,00	29/01/1978
	2	97,00	238,00	20,00	51,00	19/02/1973	70	8,60	6.611,00	230,00	133,00	11/02/1974
	3	94,00	211,00	12,00	84,00	24/03/1991	70	9,10	6.852,00	180,00	115,00	02/03/1978
	4	124,00	260,00	10,00	92,00	03/04/1989	71	10,10	7.886,00	250,00	112,00	30/04/1983
	5	90,00	215,00	27,00	66,00	19/05/1977	71	12,50	6.696,00	320,00	90,00	07/05/1997
	6	64,00	196,00	5,00	100,00	12/06/1977	72	15,10	6.183,00	240,00	105,00	23/06/1986
	7	62,00	192,00	6,00	68,00	16/07/1997	73	17,40	6.125,00	310,00	76,00	25/07/1995
	8	82,00	627,00	9,00	253,00	26/08/1983	74	18,00	5.575,00	300,00	104,00	19/08/1992
	9	74,00	200,00	0,00	64,00	29/09/1991	73	15,80	5.789,00	320,00	95,00	25/09/1974
	10	121,00	432,00	13,00	85,00	06/10/1992	73	13,00	6.354,00	200,00	112,00	15/10/1987
	11	141,00	341,00	10,00	62,00	19/11/1979	74	10,50	6.491,00	140,00	126,00	06/11/1982
	12	116,00	224,00	14,00	66,00	20/12/1984	73	9,10	7.255,00	290,00	130,00	02/12/1976
	Año	1.195,00	1.571,00	825,00	253,00	26/08/1983	72	12,30	79.174,00	290,00	133,00	29/01/1978

Tabla 2 de 3

Indicativo	1082
Nombre estación	BILBAO 'AEROPUERTO SONDICA'
Latitud geográfica (Norte)	43°18'10"
Longitud geográfica	02°55'31"W
Indicativo sinóptico	8025

	Mes	Número medio mensual/anual de horas de sol	Número medio mensual/anual de días de temperatura media $\geq 18^{\circ}\text{C}$	Número medio mensual/anual de días de temperatura máxima $\leq 0^{\circ}\text{C}$	Número medio mensual/anual de días de temperatura máxima $\geq 25^{\circ}\text{C}$	Número medio mensual/anual de días de temperatura máxima $\geq 30^{\circ}\text{C}$	Número medio mensual/anual de días de helada	Número medio mensual/anual de días de temperatura mínima $\leq -5^{\circ}\text{C}$	Número medio mensual/anual de días de temperatura mínima $\geq 18^{\circ}\text{C}$	Número medio mensual/anual de días de precipitación apreciable	Número medio mensual/anual de días de precipitación $\geq 1\text{ mm}$	Número medio mensual/anual de días de precipitación $\geq 5\text{ mm}$	Número medio mensual/anual de días de precipitación $\geq 10\text{ mm}$	Número medio mensual/anual de días de precipitación $\geq 30\text{ mm}$	Número medio mensual/anual de días de nieve	Número medio mensual/anual de días de granizo	Número medio mensual/anual de días de tormenta	Número medio mensual/anual de días de niebla	Número medio mensual/anual de días despejados	Número medio mensual/anual de días nubosos	Número medio mensual/anual de días cubiertos	Número medio mensual/anual de días de insolación $\geq 0.8^{\circ}$ insolación teórica	Número medio mensual/anual de días de insolación $\leq 0.2^{\circ}$ insolación teórica	Número medio mensual/anual de días de velocidad del viento $\geq 55\text{ km/h}$	Número medio mensual/anual de días de velocidad del viento $\geq 91\text{ km/h}$
PERÍODO 1961-1990	1	77					4				17				1	1	1	2	3	13	15				
	2	90					3				15				1	1	1	2	2	12	14				
	3	117					2				16				0	1	1	2	3	14	15				
	4	117					0				17				0	1	2	2	2	13	15				
	5	157					0				17				0	0	3	2	2	15	14				
	6	170					0				12				0	0	3	3	4	15	12				
	7	188					0				11				0	0	3	2	5	16	10				
	8	174					0				12				0	0	3	3	4	16	11				
	9	151					0				11				0	0	2	4	5	16	10				
	10	125					0				13				0	0	1	4	4	15	12				
	11	89					1				15				0	1	1	2	3	12	15				
	12	71					3				16				1	1	1	2	3	13	15				
	Año	1.525					13				172				3	5	21	29	39	168	158				
PERÍODO 1971-2000	1	86	0	0	0	0	4	0	0	16	13	7	4	1	1	1	1	2	3	14	14	2	16	10	1
	2	97	0	0	0	0	2	0	0	15	11	7	4	0	1	1	1	2	2	13	13	2	13	8	1
	3	128	1	0	1	0	2	0	0	15	11	6	3	0	0	1	1	2	2	15	14	2	13	7	0
	4	128	1	0	1	0	0	0	0	17	13	8	4	0	0	1	2	2	2	13	15	2	13	6	0
	5	160	6	0	6	1	0	0	0	16	12	5	3	0	0	1	3	2	2	15	14	3	12	4	0
	6	173	12	0	8	2	0	0	0	12	8	4	2	0	0	0	2	2	3	15	12	3	11	2	0
	7	188	25	0	15	4	0	0	3	11	7	3	2	0	0	0	3	2	5	16	10	4	10	1	0
	8	179	26	0	17	3	0	0	4	12	8	4	2	0	0	0	3	3	4	17	11	4	9	2	0
	9	157	17	0	12	4	0	0	1	12	9	4	2	0	0	0	2	4	4	16	10	3	9	2	0
	10	123	8	0	6	1	0	0	1	14	11	6	4	1	0	0	2	3	3	16	12	3	12	6	0
	11	93	2	0	0	0	1	0	0	15	12	8	5	1	0	1	1	2	3	13	14	3	14	6	1
	12	78	1	0	0	0	3	0	0	16	12	7	4	1	0	1	1	2	3	15	14	2	17	8	1
	Año	1.584	98	0	66	14	11	0	10	173	128	69	39	6	2	7	24	29	35	179	151	33	150	63	6

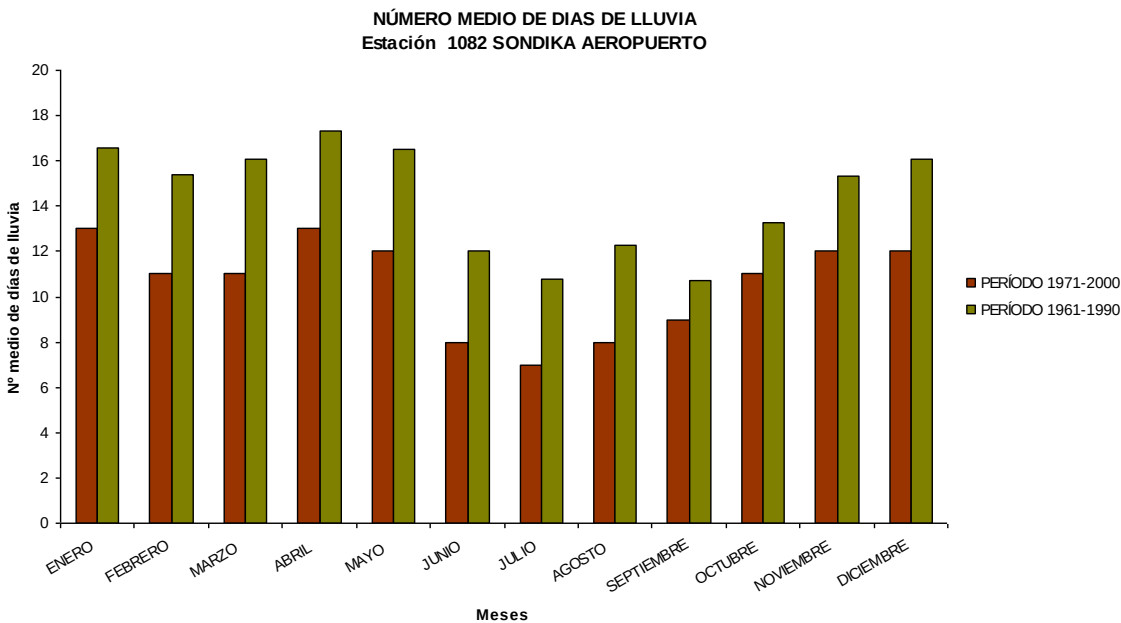
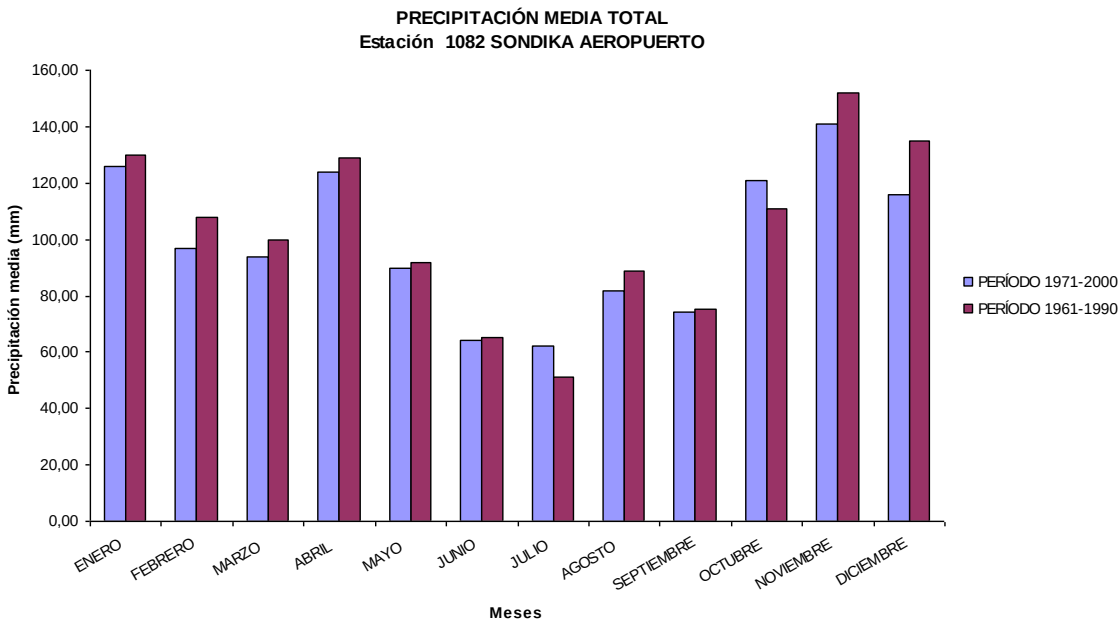
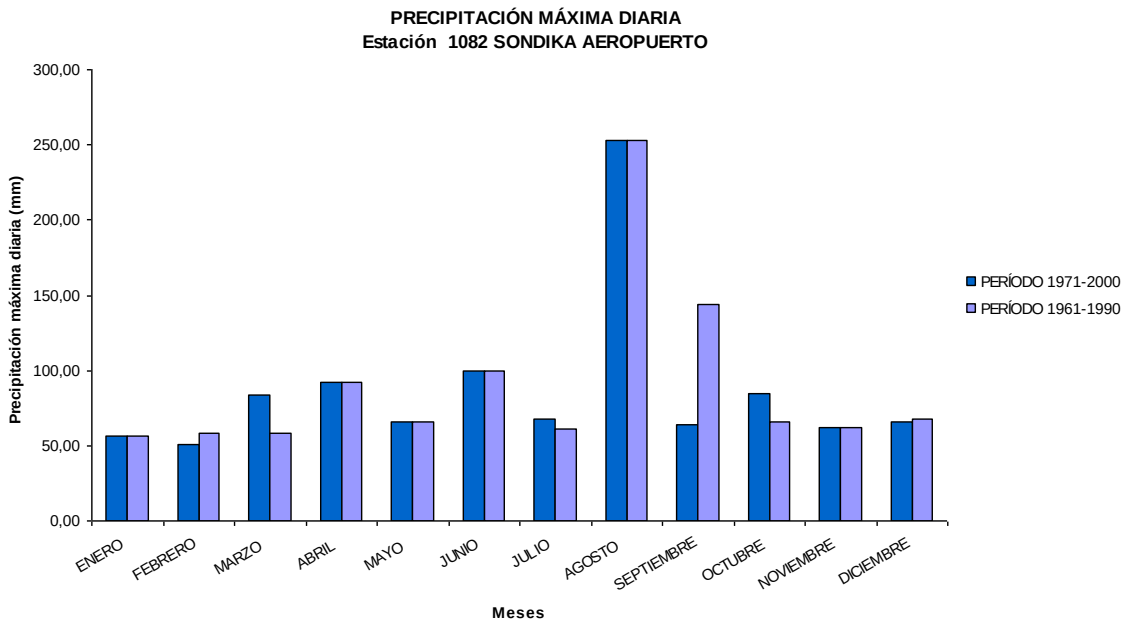
Tabla 3 de 3

2.2.3 Pluviometría

Partiendo de los datos de las tablas anteriores se han elaborado una serie de gráficos con los que mejor comprender el régimen pluviométrico de la zona de las obras.

La precipitación comprende el agua que cae procedente de las nubes, cualquiera que sea su forma. En climas como el que se encuentra la traza objeto del proyecto, la práctica totalidad de las precipitaciones son en forma de lluvia. Aunque se podría desestimar las que se producen en forma de granizo y nieve, la frecuencia de aparición de estos fenómenos es muy escasa (8 ó 9 días al año entre ambos fenómenos, frente a los 130-170 días de lluvia) y, de todas formas, por la forma de obtención de los datos en las estaciones pluviométricas, los valores de estas precipitaciones también quedan reflejados en las tablas del apartado anterior.

En los dos períodos “normales” analizados, la precipitación máxima se registró el 26 de Agosto de 1.983 (esta fecha se incluye en ambos períodos), en el que se alcanzó el valor de 253 mm, y que dio lugar a grandes inundaciones en toda el área de Bilbao.



A la vista de las gráficas anteriores, se deduce el régimen lluvioso general de la zona, sin período seco durante al año (como media no hay menos de 6 días de lluvia al mes),

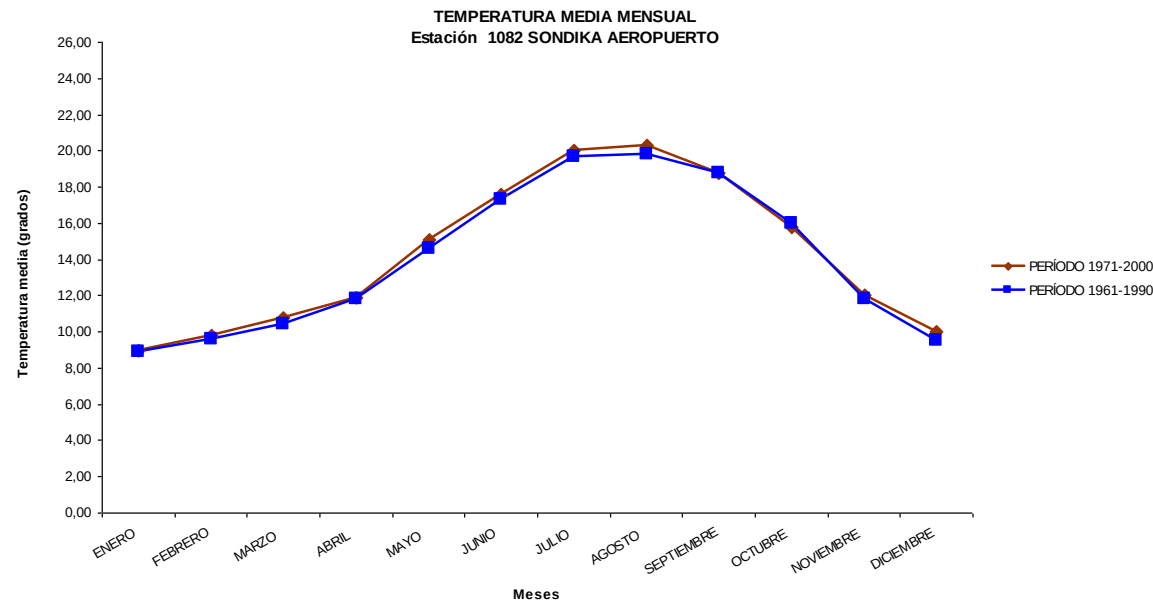
produciéndose las mayores precipitaciones en los meses de enero, abril, noviembre y diciembre, con valores próximos a los 140 mm, y las mínimas en los meses de estiaje, sobre todo en el mes de julio, aunque con valores cercanos a los 60 mm.

De la observación conjunta de las tres gráficas anteriores se deduce que las precipitaciones máximas diarias suelen tener un origen tormentoso, pues se producen en los meses de estiaje, cuando la precipitación media es menor, así como el número de días de lluvia.

2.2.4 Temperaturas

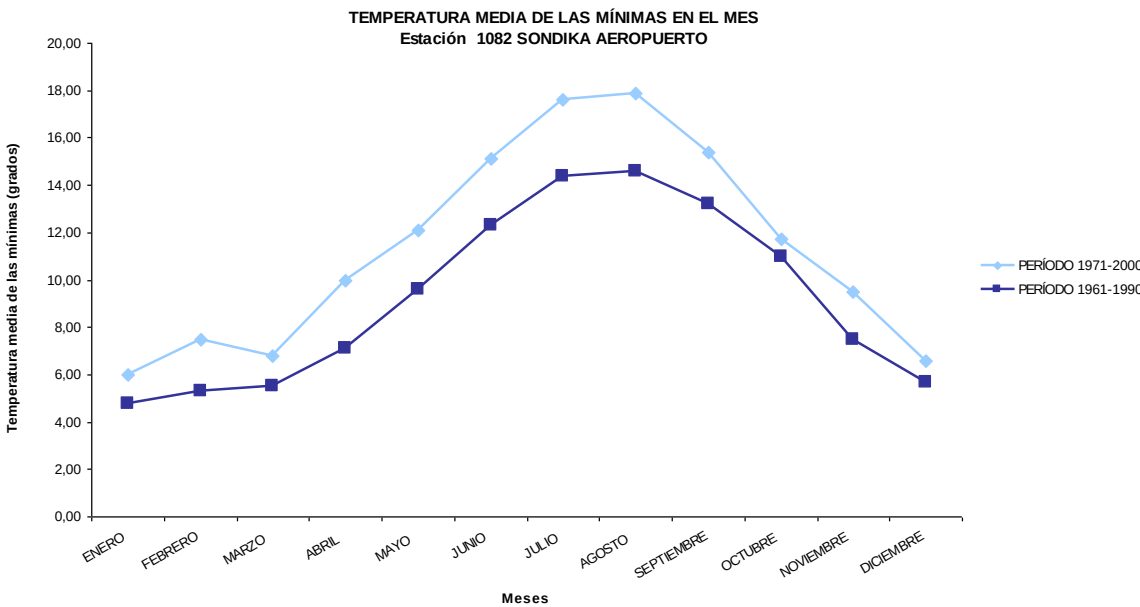
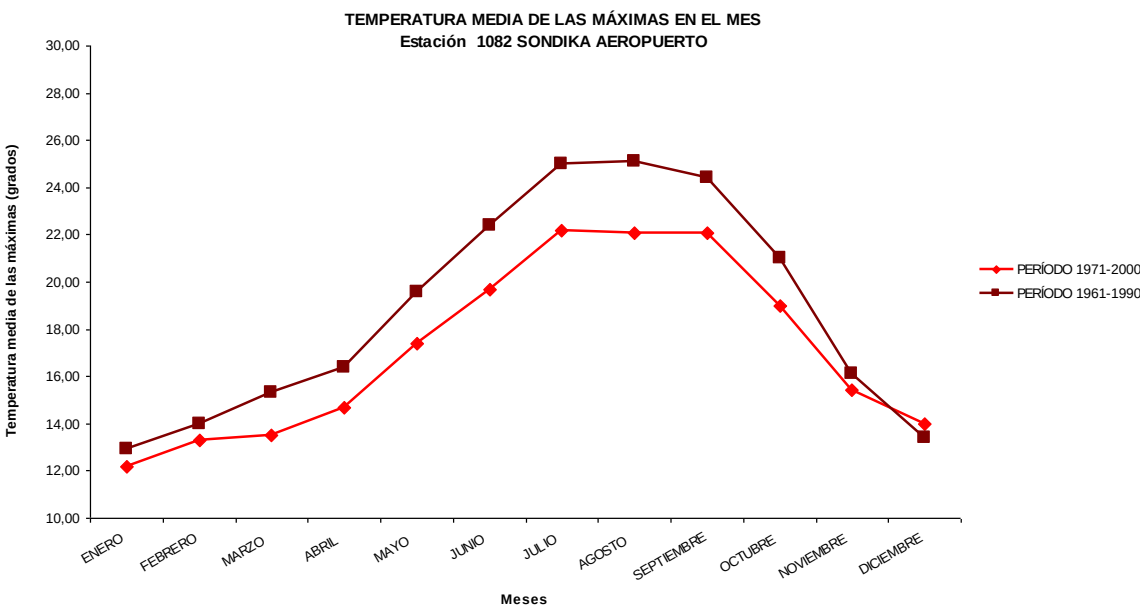
Partiendo de los datos de las tablas del apartado 2.2.2 se han elaborado una serie de gráficos con los que mejor comprender el régimen termométrico de la zona de las obras.

Según los datos de esas tablas, se deduce una temperatura media anual en el área de 14,0-14,3 °C, siendo su distribución la que representa el gráfico siguiente:



El máximo térmico se centra en los meses de verano con temperaturas medias en torno a los 20 °C en Julio, Agosto y Septiembre que descienden de una manera gradual hasta el mínimo anual de los escasos 9 °C de temperatura media en el mes de Enero, mes en el que se inicia un nuevo ascenso de forma continua, sin que se produzcan máximas ni mínimas secundarias en todo el ciclo anual de las temperaturas medias.

A la vista de los valores y las gráficas de la temperaturas medias de las máximas y mínimas en el mes, se puede decir que la oscilación térmica media no es muy fuerte en cada mes, pues no supera los 10,6 °C detectados en el período “normal” entre 1961-1990.

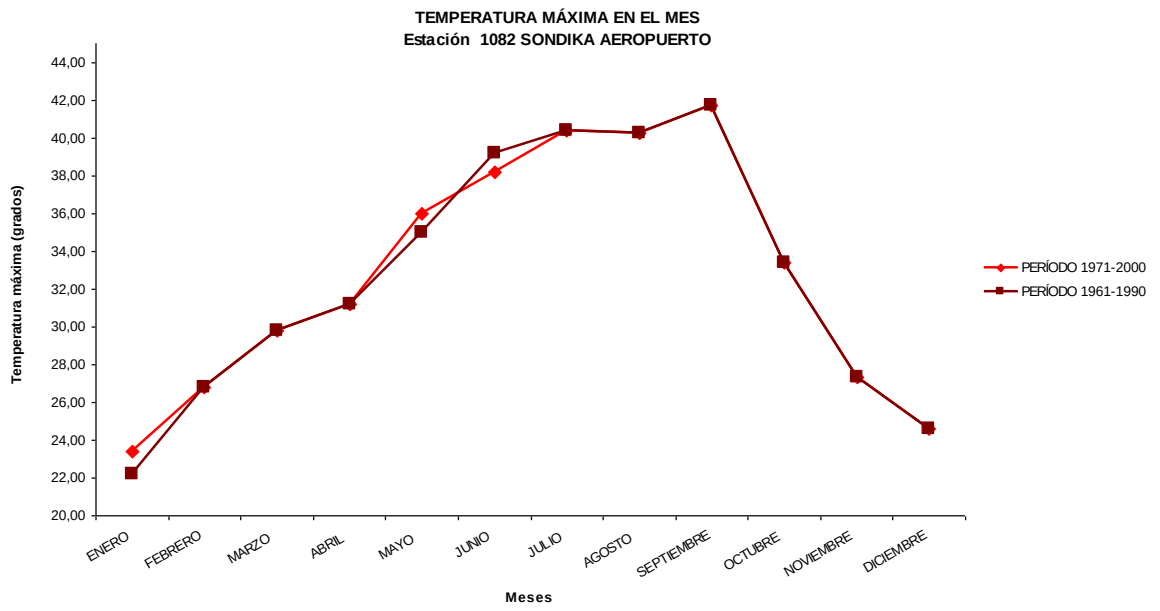
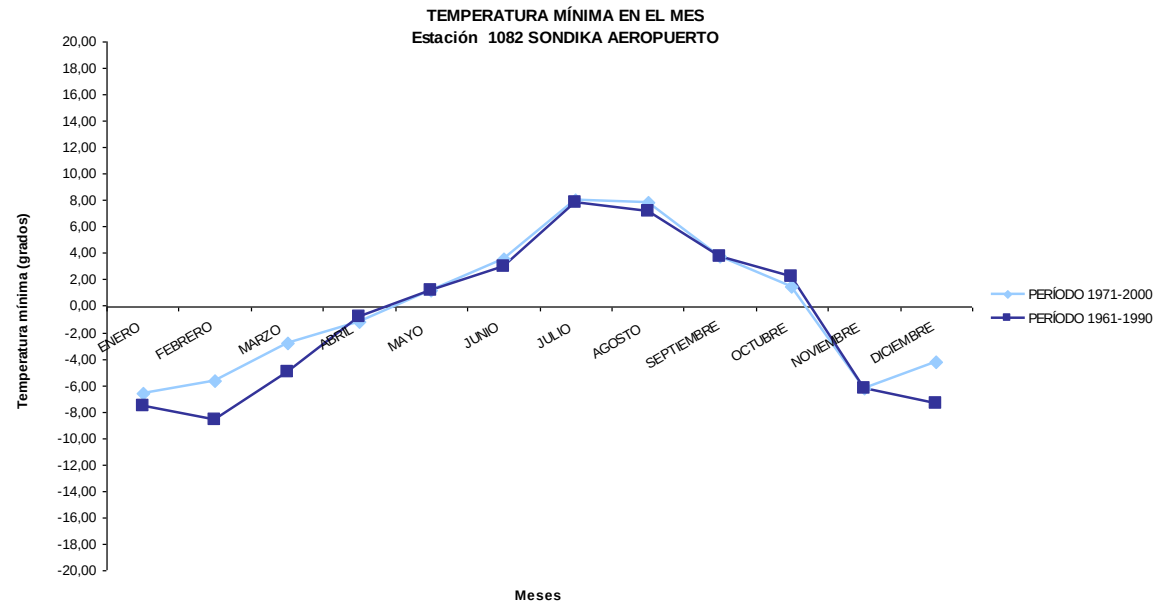


La media anual de las temperaturas máximas varía entre los valores de 18,8 °C y 15,5 °C dependiendo del período normal que se consulte (1961-1990 el primer valor y 1971-2000 el segundo), lo que apunta a la modificación general del clima motivado por el cambio climático, en el que, si bien los valores medios se mantienen, las temperaturas se suavizan disminuyendo los valores medios extremos. La media mensual de las temperaturas máximas varía entre los 25,1 °C de Agosto y los 12,2 °C en Enero.

La media anual de las temperaturas mínimas varía entre los valores de 9,2 °C y 12,9 °C dependiendo del período normal que se consulte (1961-1990 el primer valor y 1971-2000 el segundo), oscilando la media mensual mínima de los 4,7 °C de Enero a los 17,9 °C de Agosto.

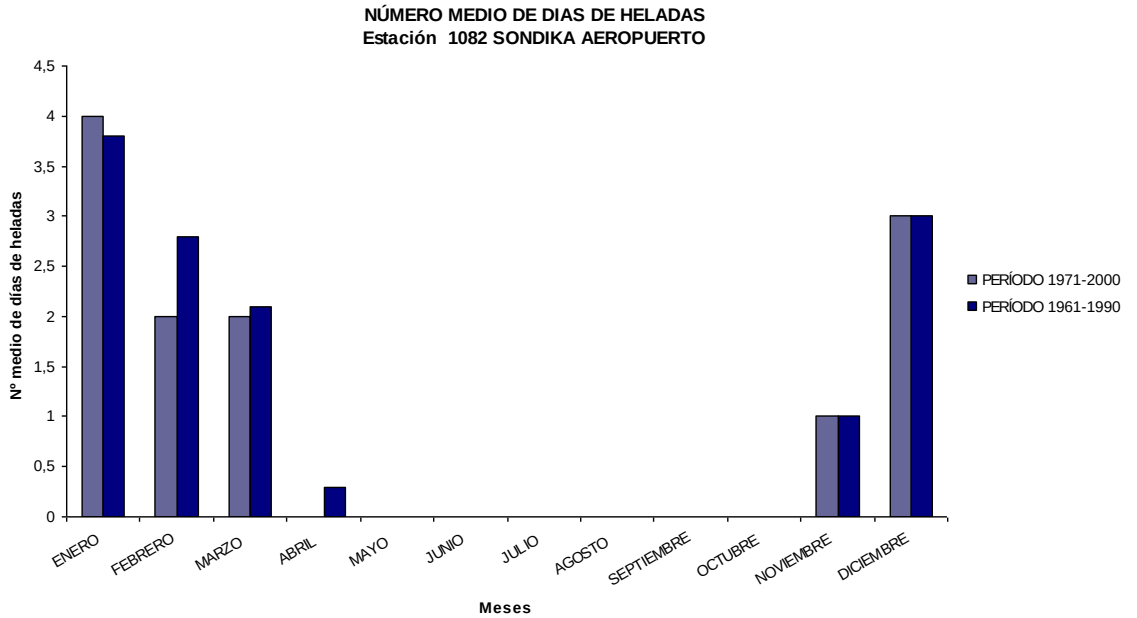
A la vista de estos datos y teniendo en cuenta las oscilaciones de la temperatura media mensual entre las épocas de verano - invierno, se puede decir que el clima en la zona de proyecto es fresco en verano y templado en invierno, ya que la temperatura media más fría es de unos 5 °C. apenas se registran temperaturas inferiores a los 0º durante los meses de más fríos, tal como se desprende del gráfico adjunto con el nº de días de heladas.

En lo referente a temperaturas extremas, según los datos recopilados, se puede citar como máxima absoluta los 41.7 °C del 7 de Septiembre de 1.988 y como temperatura mínima absoluta los -8,6 °C del mes de febrero, aunque se desconoce el año, con lo que la oscilación extrema es importante.



Se considera como día de helada aquél en que el termómetro instalado en la garita meteorológica (a 1,5 m. sobre el suelo) registra una temperatura de cero grados Celsius o más baja.

Según los datos recogidos en las tablas anteriores, el número medio de días de helada en la zona tiene un valor medio entre 11 y 13 días al año, repartidos entre los meses de noviembre a marzo, aunque alguna helada también pudiera acontecer en el mes de abril.

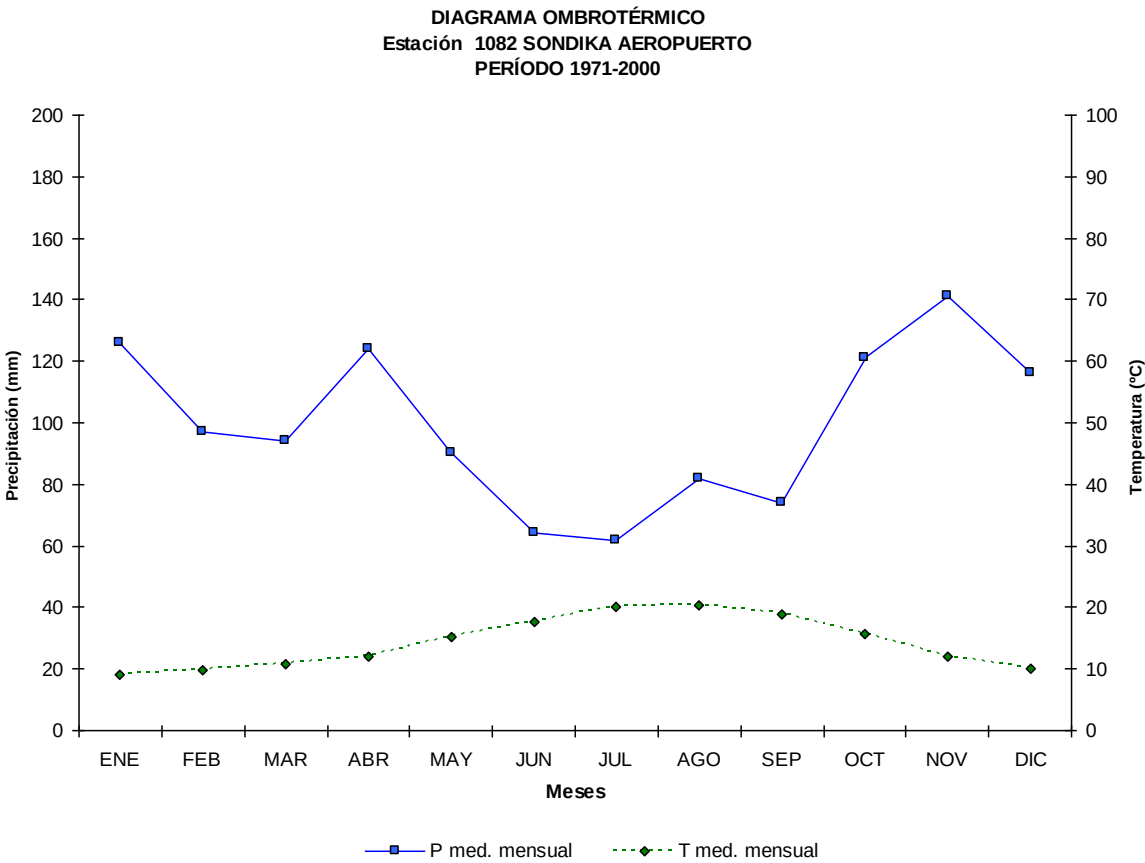
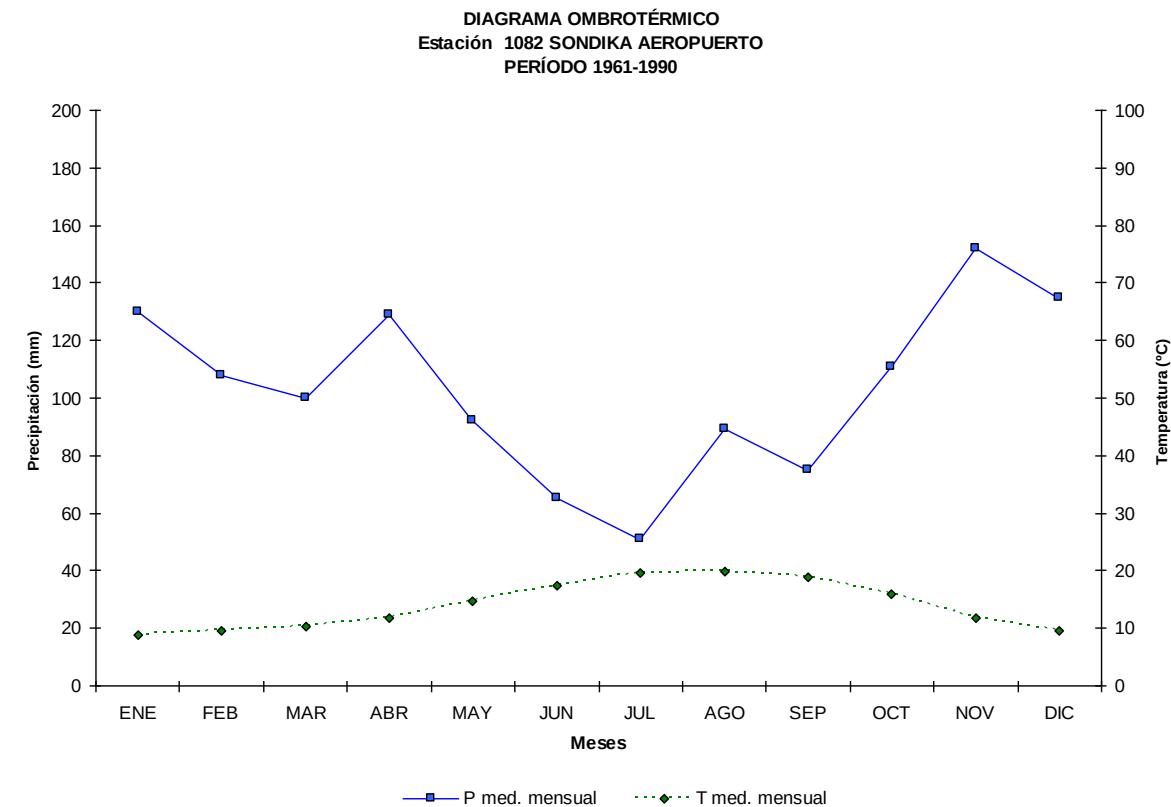


2.2.5 Diagrama ombrotérmico

A partir de los valores medios mensuales de precipitación y de temperaturas, se presenta el diagrama ombrotérmico o de Gaussen, en el que no se aprecian situaciones de sequía, entendidas como las situaciones en las que la precipitación media mensual (mm) es menor que la temperatura media mensual (°C).

Para la representación gráfica de estos datos, se elige una escala de precipitaciones en mm, doble que la de temperaturas en °C, según la hipótesis de Gaussen (1954-1955), de equivalencia entre 2 mm de precipitación y 1 °C de temperatura. En la gráfica así creada, la época de sequía queda definida como aquellos meses en los que la curva de las temperaturas medias supera la curva de las precipitaciones medias.

En nuestro caso en particular se han realizado los diagramas ombrotérmicos de las dos series “normales” de las que se dispone, con el fin de contrarrestar resultados. En dichas figuras se diferencia la época de menores precipitaciones, centrada en los meses de verano, donde se producen las temperaturas más altas, y el período más húmedo coincidentes con temperaturas más bajas.



2.2.6 Otras variables climáticas

Humedad relativa, insolación y nubosidad

La humedad relativa media es prácticamente constante según los datos estudiados, con valores próximos al 70% para todos los meses del año.

La insolación, que se mide en horas de sol despejado, tiene una media para la estación de Bilbao Aeropuerto entre 1.520 y 1.584 horas anuales, un valor bastante reducido.

Si se tienen en cuenta también los datos de días despejados y nubosos (35-39 y 168-179 al año respectivamente) puede deducirse que estamos en una zona muy húmeda y de cielos cubiertos durante la mayor parte del año.

Vientos

El recorrido medio anual del viento es de 87.682-79.174 km, dependiendo del período “normal” considerado, de lo que se deduce un recorrido medio diario de unos 217-240 km), situándose el

valor máximo en el mes de enero, con 8.773 km (283 km diarios de media). Cabe destacar que en todos los meses se registra algún día con rachas de viento superiores a 76 km/h, y que las rachas máximas suelen darse en los meses de enero y febrero.

A la vista de las rosas de viento de la estación de Bilbao Aeropuerto, los vientos dominantes son de dirección Este o Noroeste

2.3 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

2.3.1 Índices de caracterización climática

Con objeto de caracterizar el clima imperante en la zona afectada por el proyecto se procede a la determinación de los índices comúnmente aceptados para tal cometido; en concreto, se trata de los índices fitoclimáticos (que pretenden cuantificar la influencia del clima sobre las comunidades vegetales) como el **índice de aridez de Martonne**, el **termopluviométrico de Dantín-Revenga** y el de **pluviosidad de Lang**. Para estos casos, se toman los valores medios anuales de precipitaciones y temperaturas obtenidos en las tablas de datos del apartado 2.2 anterior. Se analizan los datos del período “normal” entre los años 1971 y 2000.

Índice de aridez de Martonne

El índice de aridez de Martonne se define mediante la siguiente expresión:

$$I_a = \frac{P}{(T + 10)}$$

donde:

I_a: Índice de aridez anual

P: Precipitación media anual (mm)

T: Temperatura media anual (°C)

Este índice se puede expresar mensualmente como:

$$i_a = \frac{12 \times p}{(t_m + 10)}$$

siendo:

i_a: Índice de aridez mensual

p: Precipitación media mensual (mm)

t_m: Temperatura media mensual (°C)

La existencia de aridez se denota, tanto a nivel anual como mensual, cuando el valor del índice es inferior a 20. Los tipos de zonas que se distinguen para los rangos de variación de este índice son los siguientes:

I _a	TIPO DE ZONA
0-5	Desiertos
5-10	Semidesiertos
10-20	Semiárida tipo mediterráneo
20-30	Subhúmeda
30-60	Húmeda
>60	Perhúmeda

En el caso de la zona de estudio, utilizando los valores de la estación de Bilbao Aeropuerto, se obtienen los siguientes resultados:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Precipitación media (mm)	126,00	97,00	94,00	124,00	90,00	64,00	62,00	82,00	74,00	121,00	141,00	116,00	1.195,00
Temperatura media (°C)	9,00	9,80	10,80	11,90	15,10	17,60	20,00	20,30	18,80	15,80	12,00	10,00	14,30
Índice de aridez	79,58	58,79	54,23	67,95	43,03	27,83	24,80	32,48	30,83	56,28	76,91	69,60	49,18

Con estos resultados, la zona se encuentra dentro del tipo **“HÚMEDA”**, y no se presentan situaciones de aridez. En los meses de junio y julio la zona se puede considerar Subhúmeda.

Índice termopluviométrico de Dantín-Revenge

En la misma línea de la clasificación anterior y dado que parece un contrasentido llamar "índice de aridez" a un número que es más pequeño cuanto más grande es la aridez, los geógrafos españoles J. Dantín Cereceda y A. Revenge Carbonell proponen un "índice termopluviométrico".

La expresión que lo define es la siguiente:

I_tp = 100 x T/P

siendo:

I_tp = Índice termopluviométrico

T = Temperatura media anual en °C

P = Precipitación media anual en mm.

Los tipos de zonas asociadas a los rangos de este índice son las que aparecen a continuación:

I_TP	TIPO DE ZONA
0-2	Húmeda
2-3	Semiárida
3-6	Árida
> 6	Subdesértica

En el caso que nos ocupa:

I_tp = 100 x 14,3/1.195 = 1,2

por lo que pertenece a la zona "HÚMEDA".

Índice de pluviosidad de Lang

Se define mediante la siguiente expresión:

L = P/T

donde:

L =Índice de pluviosidad de Lang

P =Precipitación media anual en mm.

T=Temperatura media anual en °C

Para este índice, las zonas se delimitan por lo siguientes valores:

I_p	TIPO DE ZONA
0-20	Desierta
20-40	Árida
40-60	Húmeda de estepa y sabana
60-100	Húmeda de bosques claros
100-160	Húmeda de grandes bosques
>160	Perhúmeda con prados y tundras

Para la zona de proyecto:

L = 1.195/14,3 = 83,57

Como los valores del índice se encuentran entre 40 y 60, la zona estará incluida dentro de zona "HÚMEDA DE BOSQUES CLAROS"

2.3.2 Clasificación de Köppen

A continuación se procede a caracterizar el clima de la región del proyecto por el método elaborado por Köppen, que consiste en realizar, a partir de valores característicos de temperaturas y precipitaciones, sucesivas discriminaciones en grupos y subgrupos climáticos y una tercera subdivisión que matiza el tipo de verano, invierno o periodo seco. En los cuadros siguientes aparecen los valores necesarios para la clasificación:

Valores característicos de la temperatura

Característica	T	t ₁	t ₉	t ₁₀	t ₁₂
Estación de Bilbao Aeropuerto	14,3	9,0	17,6	18,8	20,3

donde:

- T: Temperatura media anual (°C)
- t₁: Temperatura media del mes más frío (°C)
- t₁₂: Temperatura media del mes más cálido (°C)
- t_i: Temperatura media del mes que ocupa el lugar i en la ordenación creciente de dichos valores (°C)

Valores característicos de la precipitación

Característica	P	P _m	P _{F6}	P _{C6}	P _{FM}	P _{Fm}	P _{CM}	P _{Cm}
Estación de Bilbao Aeropuerto	119,50	8,20	69,8	49,3	14,10	9,40	12,10	6,20

donde:

- P: Precipitación media anual (cm)
- P_m: Precipitación media del mes más cálido (cm)
- P_{F6}: Suma de precipitación media de los seis meses más fríos (cm)
- P_{C6}: Suma de precipitación media de los seis meses más cálidos (cm)
- P_{FM}: Máximo de la precipitación media de los seis meses más fríos (cm)
- P_{Fm}: Mínimo de la precipitación media de los seis meses más fríos (cm)
- P_{CM}: Máximo de la precipitación media de los seis meses más cálidos (cm)

P_{Cm}: Mínimo de la precipitación media de los seis meses más cálidos (cm)

La división de las tres categorías de la clasificación climática de Köppen, se realiza en función de los valores característicos anteriores y según los siguientes criterios:

GRUPO CLIMÁTICO:

A- Tropical lluvioso: t₁ > 18

B- Seco: P < 2*T y P_{F6} > 0,7 * P

P < 2*T + 28 y P_{F6} > 0,7 * P

P < 2*T + 14

C- Templado húmedo: -3 °C < t₁ < 18 °C y t₁₂ > 10 °C

D- Frío: t₁ ≤ -3 °C y t₁₂ > 10 °C

E- Polar: t₁₂ < 10 °C

SUBGRUPO CLIMÁTICO

s- Veranos secos (grupo A, C o D): P_{FM} > 3 * P_{CM}

w- Inviernos secos (grupo A, C o D): P_{CM} > 10 * P_{FM}

f- Sin estación seca: P_m ≥ 6 (grupo A)

ni s ni w (grupo C o D)

m- Monzón (grupo A): 10 - 0,4 * P ≤ P_m ≤ 6

W- Desierto (grupo B): P_{F6} > 0,7 * P y P < T

P_{C6} > 0,7 * P y P ≤ T + 14

P uniforme y P ≤ T + 7

S- Estepa (grupo B) :	$P_{F6} > 0,7 * P$	y	$T \leq P \leq 2*T$
	$P_{C6} > 0,7 * P$	y	$T + 14 \leq P \leq 2*T + 28$
	P uniforme	y	$T + 7 \leq P \leq 2*T + 14$
T- Tundra (grupo E):	$0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$		
E- Hielo perpetuo (grupo E):	$T < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$		

SUBDIVISIÓN CLIMÁTICA

- a- Veranos calurosos (grupo C o D): $t_{12} > 22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b- Veranos cálidos (grupo C o D): $t_9 > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $t_{12} < 22\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c- Veranos cortos y frescos (grupo C o D): $t_{10} > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y menos de cuatro meses $T > 10^{\circ}\text{C}$
- d- Inviernos muy fríos (grupo D): $t_1 < -38\text{ }^{\circ}\text{C}$
- e- Seco y caluroso (grupo B): $T > 18\text{ }^{\circ}\text{C}$
- f- Seco y frío (grupo B): $T < 18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Aplicando los anteriores criterios, resulta que la zona de proyecto se puede clasificar:

Grupo climático: la zona corresponde al grupo **C- Templado húmedo** ya que cumplen las siguientes condiciones: $-3\text{ }^{\circ}\text{C} < t_1 (9\text{ }^{\circ}\text{C}) < 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $t_{12} (20,3\text{ }^{\circ}\text{C}) > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Subgrupo climático: se cumplen las características para pertenecer al subgrupo **f- Sin estación seca**, ya que no son cumple con los criterios de los subgrupos s y w

Subdivisión climática: como $t_9 (17,6\text{ }^{\circ}\text{C}) > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que $t_{12} (20,3\text{ }^{\circ}\text{C}) < 22\text{ }^{\circ}\text{C}$, por lo que corresponde a la subdivisión climática **b- Veranos cálidos**.

Por lo tanto, según la clasificación climática de Köppen se trata de un clima “**Cfb, TEMPLADO HÚMEDO, SIN ESTACIÓN SECA y VERANOS CÁLIDOS**”.

2.3.3 Clasificación climática de Papadakis

Introducción

El método de clasificación de Papadakis caracteriza el clima desde un punto de vista agrológico, utilizando fundamentalmente parámetros basados en valores extremos de las variables climatológicas, a diferencia de otros tipos de clasificaciones que utilizan valores medios.

Según esta metodología los límites de separación entre los distintos tipos climáticos se corresponden con los que se verifican naturalmente para determinados cultivos. A este respecto resultan especialmente relevantes los siguientes factores: calor estival, frío invernal, nivel de aridez y distribución anual de la misma.

El procedimiento de Papadakis consiste en encuadrar las características climáticas de la zona analizada en un tipo de invierno y un tipo de verano, a partir de los cuales se establece el régimen térmico correspondiente. Por otra parte, en función de las precipitaciones y el balance de agua en el suelo se determina el régimen hídrico; finalmente, en función de los tipos de régimen térmico e hídrico obtenidos se establece la unidad y subunidad climática a que corresponden.

Tipos de invierno y verano

La determinación del tipo de invierno y de verano se realiza a partir de una serie de parámetros indicadores correspondientes a las condiciones limitativas de determinados cultivos, clasificados según sus limitaciones de calor o rigor (heladas).

Tanto los tipos de invierno como los de verano están ordenados de más cálidos o más fríos; en caso de que las condiciones de una zona supongan que sea muy fresca para un tipo, no cumpliendo alguna condición, y muy cálida para el siguiente tipo, superando alguna condición, se establece su clasificación en el segundo tipo.

En los cuadros que se incluyen a continuación se caracterizan los tipos de invierno y de verano considerados en la clasificación de Papadakis.

CLASIFICACIÓN DE PAPADAKIS. TIPOS DE INVIERNO				
TIPO		T _{mf}	t _{mf}	t _{Mf}
Ecuatorial				
Ec		> 7	> 18	
Tropical				
Tp cálido		> 7	13 a 18	> 21
tP medio		> 7	8 a 13	> 21
tp fresco		> 7		< 21
Citrus				
Ct		- 2,5 a 7		> 21
Ci tropical		- 2,5 a 7	> 8	10 a 21
Avena				
Av cálido		-10 a -2,5	>- 4	> 10
av fresco		> - 10		5 a 10
Triticum				
Tv avena-trigo		-29 a -10		> 5
Ti cálido		> -29		0 a 5
ti fresco		> -29		< 0
Primavera				
Pr más cálido		< -29		> -17,8
pr más fresco		< -29		< -17,8
Siendo: T _{mf} : Valor medio de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío (°C) t _{mf} : Temperatura mínima media del mes más frío (°C) t _{Mf} : Temperatura máxima media del mes más frío (°C)				

CLASIFICACIÓN DE PAPADAKIS. TIPOS DE VERANO					
TIPO	Duración de la estación libre de heladas	t _{Mi}	t _{Mc}	t _{mc}	t _{m2c}
Gossypium (algodón)					
G (más cálido)	N _m > 4,5	t _{M6} > 25	> 33,5		
g (menos cálido)	N _m > 4,5	t _{M6} > 25	< 33,5	> 20	
Cafeto (café): c	N _m = 12	t _{M6} > 21	< 33,5	< 20	
Oryza (arroz): O	N _m > 4	25 > t _{M6} > 21			
Maize (maíz): M	N _d > 4,5	t _{M6} > 21			
Triticum (trigo)					
T (más cálido)	N _d > 4,5	t _{M6} < 21			
		t _{M4} > 17			
t (menos cálido)	2,5 < N _d < 4,5	t _{M4} > 17			
Polar cálido (taiga): P	N _d < 2,5	t _{M4} > 10			5
Polar frío (tundra): p	N _d < 2,5	t _{M2} > 6			
Frígido					
F (desértico subglacial)		t _{M2} < 6		> 0	
f (helada permanente)				< 0	
Andino-alpino					
A (alpino bajo)	N _d < 2,5	t _{M4} > 10			
	N _n > 1				
a (alpino alto)	N _n < 1	t _{M4} > 10			
Siendo:					
N _m : Número de meses mínimo (T _{mfi} >7°C) (estación mínima libre de heladas)					
N _d : Número de meses disponibles T _{mfi} >2°C) (estación disponible libre de heladas)					
N _n : Número de meses medio (T _{mfi} >0°C) (estación media libre de heladas)					
t _{Mi} : Temperatura máxima media de los i meses más cálido (°C)					
t _{Mc} : Temperatura máxima media del mes más cálido (°C)					
t _{mc} : Temperatura mínima media del mes más cálido (°C)					
t _{m2c} : Temperatura mínima media de los dos meses más cálidos (°C)					

En el caso concreto de la zona de la zona de las obras objeto de este proyecto, los valores asociados a los parámetros que se deben tener en cuenta para la determinación del tipo de invierno, son los siguientes:

CARACTERÍSTICA	Valor anual
Valor medio de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío (°C) T_{mf}	1,8
Temperatura mínima media del mes más frío (°C) t_{mf}	4,7
Temperatura máxima media del mes más frío (°C) t_{Mf}	13,2

Por lo tanto, el **tipo de invierno** es el denominado **Ci, Citrus**, ya que se verifica:

$-2,5 < T_{mf} < 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$

t_{Mf} de 10 a 21 °C

Por lo que respecta al tipo de verano, se obtienen los siguientes valores consultando los datos disponibles:

CARACTERÍSTICA	Valor anual
Número de meses mínimo ($T_{mf} > 7^{\circ}\text{C}$) (estación mínima libre de heladas) N_m	6
Número de meses disponibles ($T_{mf} > 2^{\circ}\text{C}$) (estación disponible libre de heladas) N_d	11
Número de meses medio ($T_{mf} > 0^{\circ}\text{C}$) (estación media libre de heladas) N_h	12
Media de las temp. máximas medias de los 6 meses más cálidos t_{M6} (°C)	23,10
Media de las temp. máximas medias de los 4 meses más cálidos t_{M4} (°C)	24,43
Media de las temp. máximas medias de los 2 meses más cálidos t_{M2} (°C)	25,35
Temperatura máxima media del mes más cálido t_{Mc} (°C)	25,50
Temperatura mínima media del mes más cálido t_{mc} (°C)	15,20
Temperatura mínima media de los dos meses más cálidos t_{m2c} (°C)	15,00

Luego se deduce que el **tipo de verano** que corresponde es **O- Oryza (arroz)**, ya que:

$N_m > 4$ meses y $25 \text{ meses} > t_{M6} > 21$ meses

También cumple con el tipo de verano **M-Maize (maiz)**, ya que:

$N_d > 4,5$ meses y $t_{M6} > 21$ meses

Régimen térmico

Una vez determinados los tipos de invierno y de verano que corresponden a la zona analizada, se obtiene directamente el tipo de régimen térmico que se deduce de la combinación de los mismos, a partir de la relación de equivalencias que se recoge en el siguiente cuadro.

EQUIVALENCIA DE LOS RÉGIMENES TÉRMICOS CON LOS TIPOS DE INVIERNO Y VERANO		
RÉGIMEN TÉRMICO	TIPO DE INVIERNO	TIPO DE VERANO
Ecuatorial:		
EQ (cálido)	Ec	G
Eq (semicálido)	Ec	g
Tropical:		
TR (cálido)	Tp	G
Tr (semicálido)	Tp	g
tR (cálido con invierno fresco)	tP	G, g
tt (fresco)	tp	O, g
Tierra templada:		
Tt (tierra templada)	Tp, tP, tp	c
tt (tierra templada fresca)	tp	T
Tierra fría:		
TF (tierra fría baja) (1)	Ct o más frío	g
Tf (tierra fría media) (1)	Ci o más frío	O, M
tf (tierra fría alta) (1)	Ci o más frío	T, t

EQUIVALENCIA DE LOS RÉGIMENES TÉRMICOS CON LOS TIPOS DE INVIERNO Y VERANO		
RÉGIMEN TÉRMICO	TIPO DE INVIERNO	TIPO DE VERANO
Andino:		
An (bajo) (1)	Ti o más suave	A

an (alto) (1)	Ti o más suave	a
aP (taiga andina) (1)	Ti o más suave	P
ap (tundra andina) (1)	Ti o más suave	p
aF (desierto subglacial andino) (1)	Ti o más suave	F
Subtropical:		
Ts (semitropical)	Ct	G, g
SU (subtropical cálido)	Ci, Av	G
Su (subtropical semicálido) (2)	Ci	g
Marítimo:		
Mm (supermarítimo) (3)	Ci	T
MA (marítimo cálido) (3)	Ci	O, M
Ma (marítimo fresco) (3)	av	T
ma (marítimo frío) (3), (4)	av, Ti	P
mp (tundra marítima) (3)	Ti	p
mF (desierto subglacial marítimo) (3)	Ti	F
Templado:		
TE (cálido) (TE ₁ , TE ₂)	Tv, av, Av	M, O
Te (fresco)	ti, Ti	T
te (frío)	ti, Ti	t

EQUIVALENCIA DE LOS RÉGIMENES TÉRMICOS CON LOS TIPOS DE INVIERNO Y VERANO		
RÉGIMEN TÉRMICO	TIPO DE INVIERNO	TIPO DE VERANO
Pampeano - Patagoniano:		
PA (pampeano) (3), (5)	Av	M
Pa (patagoniano) (3)	Tv, av, Av	t
pa (patagoniano frío) (3), (6)	Ti, av	P

Continental:		
CO (cálido) (7)	Av o más frío	g, G
Co (semicálido)	Ti o más frío	M, O
co (frío)	pr, Pr	t
Polar:		
Po (taiga)	ti o más frío	P
po (tundra)	ti o más frío	p
Fr (desértico subglacial)	ti o más frío	F
fr (hielo permanente)	ti o más frío	f
Alpino:		
Al (bajo) (3)	Pr, Ti, ti	A
al (alto) (3)	Pr, Ti, ti	a

- (1) El mes con la evapotranspiración potencial más elevada es anterior o es el del solsticio de verano.
- (2) No puede ser TF.
- (3) El mes con la evapotranspiración potencial más elevada es posterior (cuatro meses como máximo) al solsticio de verano y el régimen de humedad no es monzónico.
- (4) Estación libre de heladas disponible > 2,5 meses.
- (5) Media de las máximas de los seis meses más cálidos > 25°.
- (6) Estación libre de heladas disponible < 2,5 meses.
- (7) No se incluye la combinación de invierno Av con verano G.

Se comprueba así que el **régimen térmico** es **Tf (TIERRA FRÍA MEDIA)**

Régimen de humedad

La clasificación del régimen de humedad se basa en el concepto de aridez y su distribución anual, definiéndose para su determinación los siguientes índices:

Índice de humedad anual: $I_{ha} = P_a / ETP_a$

Índice de humedad mensual: $I_{hm} = P_m / ETP_m$

Agua de lavado: $L_n = \Sigma (P_m - ETP_m)$ cuando $I_{hm} > 1$

Siendo P_a y P_m la precipitación media anual y mensual (mm), respectivamente, y ETP_a y ETP_m la evapotranspiración media anual y mensual (mm).

La clasificación del régimen de humedad se hace atendiendo a lo siguiente:

$I_{hm} > 1$	mes húmedo
$I_{hm} = 0,5 \text{ a } 1$	mes intermedio
$I_{hm} < 0,5$	mes seco

Los regímenes de humedad considerados en la clasificación de Papadakis, en función de los índices anteriores, son los que se definen a continuación:

HÚMEDO

Se caracteriza por ausencia general de meses secos, $I_{ha} > 1$ y $L_n > 20 \%$ ETP_a .

Se subdivide en:

- Siempre húmedo (HU): Todos los meses son húmedos.
- Húmedo (Hu): Uno o más meses son intermedios.

MEDITERRÁNEO

Se encuentra en latitudes superiores a 20° y está caracterizado por presentar una precipitación invernal superior a la estival.

Se subdivide en:

- Mediterráneo húmedo (ME): $L_n > 20 \%$ ETP_a y/o $I_{ha} > 0,88$
- Mediterráneo seco (Me): $L_n < 20 \%$ ETP_a , I_{ha} de 0,22 a 0,88 y en uno o más meses el agua disponible es igual a la ETP, con un valor medio de las temperaturas máximas superior a 15°C .
- Mediterráneo semiárido (me): Demasiado seco para ser Me.

MONZÓNICO

Ni Húmedo, ni Desértico. El I_{hm} en Julio-Agosto es mayor que en Abril-Mayo. Julio y Agosto deben ser húmedos si lo son dos meses de invierno, en caso contrario el régimen es Estepario o Isohigro-semiárido.

ESTEPARIO

Ninguno de los anteriores. Se caracteriza por la ausencia de primaveras secas: la precipitación combinada de los tres meses de primavera cubre más que la ETP correspondiente. La latitud debe ser superior a 20° , en caso contrario el régimen es Monzónico.

DESÉRTICO

Todos los meses en que el valor medio de las temperaturas máximas es superior a 15°C son secos. $I_{ha} < 0,22$.

ISOHIGRO-SEMIÁRIDO

Demasiado seco para estepario. Demasiado húmedo para desértico. Ni mediterráneo ni monzónico.

CARACTERÍSTICA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Temperatura media de las máximas ($^\circ\text{C}$)	13,2	14,5	15,9	16,8	20,1	22,6	25,2	25,5	24,4	20,8	16,4	14,0	19,1
Precipitación media mensual (mm)	126,0	97,0	94,0	124,0	90,0	64,0	62,0	82,0	74,0	121,0	141,0	116,0	1195,0
Evapotranspiración potencial (mm)	22,9	26,6	37,9	47,3	75,6	95,4	116,6	110,4	87,4	60,9	35,0	25,6	741,6
Índice de humedad I_h	5,5	3,6	2,5	2,6	1,2	0,7	0,5	0,7	0,8	2,0	4,0	4,5	1,6
Agua de lavado L_n	103,1	173,5	229,6	306,3	320,7	-	-	-	-	60,1	166,1	256,5	1615,9

Luego se deduce que el **régimen de humedad se corresponde con un Hu (HÚMEDO)**, ya que $L_n > 20\%$ ETP_a , $I_{ha} > 1$ y los meses de junio a septiembre son intermedios.

Tipo climático

Finalmente, la determinación del tipo climático se efectúa directamente a partir del régimen térmico y del régimen de humedad resultantes mediante la relación de equivalencias definida por Papadakis que se recoge a continuación.

CLASIFICACIÓN DE PAPADAKIS. TIPOS CLIMÁTICOS		
TIPO CLIMÁTICO	RÉGIMEN TÉRMICO	RÉGIMEN HÍDRICO
TROPICAL	EQ, Eq, TR, Tr, tR, tr, Tt, tt	HU, Hu, MO, Mo, mo
Ecuatorial húmedo semi-cálido	Eq	Hu, MO (Ih>1)
Tropical húmedo semi-cálido	Tr	Hu, MO (Ih>1)
Ecuatorial-tropical seco semi-cálido	Eq, Tr	MO, Mo (Ih<1)
Ecuatorial-tropical cálido	EQ,TR	MO, Mo
Ecuatorial-tropical semi-árido	EQ, Eq, TR, Tr	mo
Tropical fresco	tr	HU, Hu, MO, Mo
TIERRA TEMPLADA HÚMEDA	Tt, tt	HU, Hu, MO
Tierra templada seca	Tt, tt	Mo, mo
Tropical cálido de invierno fresco	Tr	HU, Hu, MO, Mo, mo
TIERRA FRÍA	TF, Tf, tf, An, an, aP, ap, aF	HU, Hu, MO, Mo, mo
Tierra fría semi-tropical	TF (invierno Ct)	HU, Hu, MO, Mo, mo
Tierra fría baja	TF (invierno Ci, Av)	HU, Hu, MO, Mo, mo
Tierra fría media	Tf	HU, Hu, MO, Mo, mo
Tierra fría alta	tf	HU, Hu, MO, Mo, mo
Andino bajo	An	HU, Hu, MO, Mo, mo
Andino alto	an	HU, Hu, MO, Mo, mo
Andino de taiga	aP	HU, Hu
Andino de tundra	ap	HU, Hu, MO, Mo, mo
Andino de desierto sub-glacial	af	HU, Hu, MO, Mo, mo

CLASIFICACIÓN DE PAPADAKIS. TIPOS CLIMÁTICOS		
TIPO CLIMÁTICO	RÉGIMEN TÉRMICO	RÉGIMEN HÍDRICO
DESÉRTICO	Cualquiera	da, de, di, do
Desierto tropical cálido	EQ, TR, tR	da, de, di, do
Desierto subtropical cálido	Ts, SU	da, de, di, do
Desierto tropical fresco	Eq, Tr, tr	da, de, di, do
Desierto subtropical fresco	Su, MA, Mm	da, de, di, do
Desierto de tierras altas de bajas latitudes	Tf, tt, TF, Tf, tf, An, an	da, do
Desierto continental	CO, Co, co, te	da, de, di, do
Desierto pampeano	PA, TE	da, de, di, do
Desierto patagoniano	Pa, pa	da, de, di, do
SUBTROPICAL	Ts, SU, Su	HU, Hu, MO, Mo, mo
Subtropical húmedo	SU, Su	HU, Hu
Subtropical monzónico	SU, Su	MO, Mo, mo (con primavera seca)
Semi-tropical cálido	Ts (verano G)	
Semi-tropical semi-cálido	Ts (verano g)	HU, Hu, MO, Mo, mo
Semi-tropical semi-mediterráneo	SU, Su	MO, mo (no seca la primavera)
PAMPEANO	PA, Pa, pa, TE, MA, Ma, ma, SU, Su	St, si, MO, mo; y me con Pa, pa, Te, Ma
Pampeano típico	PA	St
Pampeano de tierras altas	Pa	St
Pampeano subtropical	SU, su	St
Pampeano marítimo	TE, MA, Mm, Ma	St
Peri-pampeano monzónico	PA	Mo, mo
Peri-pampeano semiárido	PA, TE, SU, Su	si
Pradera patagoniana	Pa, pa, ma	St
Patagoniano semi-árido	Pa, pa, Ma, TE	mo, si, me

CLASIFICACIÓN DE PAPADAKIS. TIPOS CLIMÁTICOS		
TIPO CLIMÁTICO	RÉGIMEN TÉRMICO	RÉGIMEN HÍDRICO
MEDITERRÁNEO	Cualquiera (Pa-pa-TE-Ma con me es PAMPEANO)	ME, Me, me
Mediterráneo subtropical	SU, Su	ME, Me
Mediterráneo marítimo	MA, Mm	ME, Me
Mediterráneo marítimo fresco	Ma	ME
Mediterráneo tropical	tr	ME, Me
Mediterráneo templado	TE	ME, Me
Mediterráneo templado fresco	Te, te, Po, Pa, pa	ME, Me
Mediterráneo continental	CO, Co, co	ME, Me
Mediterráneo semiárido subtropical	SU, Su, Tr, tr, MA	me
Mediterráneo semiárido continental	CO, Co, co, TE, Te, te	me
MARÍTIMO	Mm, MA, Ma, ma, TE, Te, te, Pa, pa	HU, Hu
Marítimo cálido	MA, Mm	HU, Hu
Marítimo fresco	Ma	HU, Hu
Marítimo frío	ma	HU, Hu
Marítimo polar	mp, mF	HU, Hu
Templado cálido	TE	HU, Hu
Templado fresco	Te	HU, Hu
Templado frío	te	HU, Hu
Patagoniano húmedo	Pa, pa	HU, Hu
CONTINENTAL HÚMEDO	CO, Co, co	HU, Hu, MO
Continental cálido	CO	HU, Hu, Mo
Estepario semi-cálido	Co	HU, Hu, MO
Continental frío	co	HU, Hu, MO

CLASIFICACIÓN DE PAPADAKIS. TIPOS CLIMÁTICOS		
TIPO CLIMÁTICO	RÉGIMEN TÉRMICO	RÉGIMEN HÍDRICO
ESTEPARIO	CO, Co, co, Te, te, Po. Po con invierno Pr y St (ó Po y si) es ESTEPARIO, el resto es POLAR	St, si, Mo, mo
Estepario cálido	CO	St
Estepario semi-cálido	Co	St
Estepario frío	co	St
Estepario templado	te, Te	St
Estepario polar	Po (invierno Pr)	St
Continental semi-árido	CO, Co, co, te, Po	si
Continental monzónico seco	Co, Co, co	Mo, mo
POLAR	Po, po, Fr, fr, Al, al. (Po con HU, Hu, MO, Mo, St)	Cualquiera
Taiga	Po	HU, Hu, MO, Mo, St (con invierno pr)
Tundra	po	Cualquiera
Desierto sub-glacial	Fr	Cualquiera
Hielo permanente	fr	Cualquiera
Alpino	Al, al	Cualquiera

Se obtiene de esta manera, que el tipo climático correspondiente a la zona de estudio es el denominado **“TIERRA FRÍA MEDIA”**.

2.4 DETERMINACIÓN DE DÍAS APROVECHABLES EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

La determinación del número de días aprovechables en las actividades más significativas de la obra objeto de estudio, se ha realizado de acuerdo con las recomendaciones de la publicación “Datos climáticos para carreteras. Isolíneas de coeficientes de reducción de los días de trabajo”, (M.O.P. 1964).

Se define como día trabajable para cada actividad, en cuanto al clima, el día en que la precipitación y la temperatura ambiente son inferior y superior, respectivamente, a los límites.

Se define como temperatura límite del ambiente para la ejecución de riegos, tratamientos superficiales o por penetración, y mezclas bituminosas, aquella que se acepta normalmente como límite por debajo del cual no pueden ponerse en obra dichas unidades. En este estudio se toma como temperatura límite de puesta en obra de riegos, tratamientos superficiales o por penetración, la de 10° C, y para mezclas bituminosas la de 5 °C.

Se define como temperatura límite del ambiente para la manipulación de materiales naturales húmedos 0 °C.

Se establecen dos valores de la precipitación límite diaria: 1 mm por día y 10 mm por día. El primer valor limita el trabajo en ciertas unidades sensibles a una pequeña lluvia, y el segundo limita el resto de los trabajos. Se entiende que en general, con precipitación diaria superior a 10 mm, no puede realizarse ningún trabajo sin protecciones especiales.

Para el cálculo de los coeficientes se tiene en cuenta los datos de la estación del INM consultada, y los mapas de isolíneas de reducción de los días de trabajo publicados por el MO.P. Estos mapas de isolíneas se han utilizado para obtener los coeficientes de reducción τ_m y τ'_m que dependen del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es mayor a 10 y a 5 °C respectivamente, datos que no se poseen en los ficheros del INM.

— **Coeficiente de reducción por condiciones climáticas durante los trabajos**

Para calcular el número de días trabajables útiles en las distintas clases de obra, se establecen unos coeficientes de reducción, a aplicar al número de días laborables de cada mes.

$$\eta_m = \frac{N^\circ \text{ de días del mes } m \text{ de temperatura mínima } > 0^\circ C}{N^\circ \text{ de días del mes } m}$$

Se define al coeficiente de reducción por helada η_m como el cociente del número de días del mes, en que la temperatura mínima es superior a 0° C, al número de días del mes.

Se define el coeficiente de reducción por temperatura límite de riegos, tratamientos superficiales o por penetración τ_m , como el cociente del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 10 °C, al número de días al mes.

$$\tau_m = \frac{N^\circ \text{ de días del mes } m \text{ de temperatura a las 9 de la mañana es } > 10^\circ C}{N^\circ \text{ de días del mes } m}$$

Se define el coeficiente de reducción por temperatura límite de mezclas bituminosas τ'_m como el cociente del número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 5° C, al número de días al mes.

$$\tau'_m = \frac{N^\circ \text{ de días del mes } m \text{ de temperatura a las 9 de la mañana es } > 5^\circ C}{N^\circ \text{ de días del mes } m}$$

Se define el coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo λ_m como el cociente del número de días en que la precipitación es inferior a 10 mm, al número de días del mes.

$$\lambda_m = \frac{N^\circ \text{ de días del mes } m \text{ con precipitación } < 10 \text{ mm}}{N^\circ \text{ de días del mes } m}$$

Se define el coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo λ'_m como el cociente del número de días en que la precipitación es inferior a 1 mm, al número de días del mes.

$$\lambda'_m = \frac{N^\circ \text{ de días del mes } m \text{ con precipitación } < 1 \text{ mm}}{N^\circ \text{ de días del mes } m}$$

— **Coeficiente de reducción por días festivos**

El cálculo de los días festivos se realiza en función del calendario laboral de la zona, que se incluye a continuación.

Se consideran las fechas de las fiestas nacionales y de las Comunidades Autónomas para el año 2020 publicadas en el BOP, del 27 de noviembre de 2019 para el sector de la construcción de Bizkaia.

ENERO / URTARRILA 152 h. L M X J V S D F.E. C.H. C.H. 4 5 F.E. 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	FEBRERO / OTSAILA 160 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29	MARZO / MARTXOA 160 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 F.E. C.H. 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
ABRIL / APIRILA 120 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 F.E. F.E. 11 12 F.T.H. C.H. C.H. C.H. C.H. 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	MAYO / MAIATZA 160 h. L M X J V S D F.E. 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	JUNIO / EKAINA 176 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
JULIO / UZTAILA 168 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 C.H. F.E. 26 27 28 29 30 F.T.H.	AGOSTO / ABUZTUA 160 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 C.H. F.E. 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	SEPTIEMBRE / IRAILA 176 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
OCTUBRE / URRIA 168 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 F.E. 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	NOVIEMBRE / AZAROA 168 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	DICIEMBRE / ABENDUA 120 h. L M X J V S D 1 2 3 4 5 6 C.H. F.E. 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 F.S. F.E. 26 27 C.H. C.H. C.H. F.S.

— **Cálculo de los días aprovechables para cada actividad**

Por tratarse de fenómenos con probabilidad independiente, como el trabajo ha de suspenderse cuando concorra una de varias condiciones adversas, se aplican reiteradamente los coeficientes de reducción correspondientes. El coeficiente de reducción de los días laborables del equipo al efecto de cada actividad es:

Hormigones hidráulicos: $C_m = \eta_m * \lambda_m$

Explanaciones: $C_m = \eta_m * (\lambda_m + \lambda'_m) / 2$

Producción de áridos: $C_m = \lambda_m$

Riegos y tratamientos superficiales: $C_m = \tau_m * \lambda'_m$

Mezclas bituminosas: $C_m = \tau'_m * \lambda'_m$

Para el cálculo de los coeficientes η_m , λ_m y λ'_m , se utilizan los datos de la estación consultada. Los coeficientes τ_m , τ'_m , se han obtenido de los “Mapas de isolíneas de coeficientes de reducción de los días de trabajo” editados por la Dirección General de Carreteras, debido a que no se pueden obtener de los datos suministrados por el INM.

— **Cálculo de los días trabajables netos**

En el cálculo de los días realmente trabajables de cada mes intervienen dos factores de reducción:

- Los días festivos que son variables lo largo del año y la localidad, su coeficiente puede obtenerse en cada caso según el calendario laboral, habida cuenta de circunstancias extraordinarias (trabajo en días festivos en caso de urgencias, etc.).
- Los días de climatología adversa para cada clase de obra.

Aunque en principio el producto de estos dos coeficientes parciales proporciona el coeficiente total de reducción para la transformación de días-calendario en días-trabajables (para cada mes y clase de obra) hay que considerar que en los días festivos la climatología puede ser adversa, por lo que se aplica el criterio siguiente:

Si C_f representa para un mes determinado el coeficiente de reducción de días festivos, y C_m el coeficiente de reducción climatológico para una clase de obra determinada, $(1-C_m)$ representa la probabilidad de que un día cualquiera del mes presente climatología adversa para dicha clase de obra, y $(1-C_m)*C_f$ la probabilidad de que un día laborable presente una climatología adversa. El coeficiente de reducción total será por lo tanto: $C_t = 1 - (1-C_m)*C_f$.

Aplicando la fórmula anterior para cada mes y actividad, se obtienen los coeficientes de reducción de la tabla de la página siguiente:

DIAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
nº días n	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
festivos f	12	9	11	15	11	8	10	11	8	10	9	16
laborables (1)	19	20	20	15	20	22	21	20	22	21	21	15

Fórmula	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
$\eta m = \text{nº días} > 0^{\circ}\text{C} / \text{nº días al mes}$	0,871	0,929	0,936	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,967	0,904
$Tm = \text{nº días} > 10^{\circ}\text{C} / \text{nº días al mes}$	0,300	0,300	0,400	0,500	0,930	1,000	1,000	1,000	1,000	0,800	0,500	0,300
$T`m = \text{nº días} > 5^{\circ}\text{C} / \text{nº días al mes}$	0,770	0,700	0,750	0,850	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900	0,850
$\lambda m = \text{nº días} < 10 \text{ mm} / \text{nº días al mes}$	0,871	0,858	0,904	0,867	0,904	0,934	0,936	0,936	0,934	0,871	0,834	0,871
$\lambda`m = \text{nº días} < 1 \text{ mm} / \text{nº días al mes}$	0,581	0,608	0,646	0,567	0,613	0,734	0,775	0,742	0,700	0,646	0,600	0,613

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hormigones $Cm = \eta m \lambda m$	0,759	0,797	0,846	0,867	0,904	0,934	0,936	0,936	0,934	0,871	0,806	0,787
Explanaciones $Cm = Nm(\lambda \ni m + \lambda m) / 2$	0,632	0,681	0,725	0,717	0,759	0,834	0,856	0,839	0,817	0,759	0,693	0,671
Áridos $Cm = \lambda m$	0,871	0,858	0,904	0,867	0,904	0,934	0,936	0,936	0,934	0,871	0,834	0,871
Riegos y tratamiento $Cm = Tm \lambda`m$	0,174	0,182	0,258	0,284	0,570	0,734	0,775	0,742	0,700	0,517	0,300	0,184
Mezcla bituminosas $Cm = T`m \lambda`m$	0,447	0,426	0,485	0,482	0,613	0,734	0,775	0,742	0,700	0,646	0,540	0,521
Coef. Reductor por festivos $Cf = (n - f) / n$	0,710	0,714	0,613	0,533	0,710	0,667	0,645	0,645	0,700	0,710	0,667	0,452

CLASE DE OBRA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hormigones	0,829	0,855	0,906	0,929	0,932	0,956	0,959	0,959	0,954	0,908	0,871	0,904
Explanaciones	0,739	0,772	0,832	0,849	0,829	0,889	0,907	0,896	0,872	0,829	0,796	0,851
Áridos	0,908	0,899	0,941	0,929	0,932	0,956	0,959	0,959	0,954	0,908	0,889	0,942
Riegos y tratamientos	0,414	0,416	0,545	0,618	0,695	0,823	0,855	0,834	0,790	0,657	0,533	0,631
Mezclas bituminosas	0,608	0,590	0,684	0,724	0,725	0,823	0,855	0,834	0,790	0,749	0,693	0,784

DÍAS TRABAJABLES													
CLASE DE OBRA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Hormigones	16	16	18	14	19	21	20	19	21	19	18	13	214
Explanaciones	15	15	16	13	17	19	19	18	19	18	16	13	198
Áridos	17	18	19	14	19	21	20	19	21	19	19	14	220
Riegos y tratamientos	9	9	10	10	14	18	18	17	17	14	11	9	156
Mezclas bituminosas	13	12	13	11	15	18	18	17	17	16	14	12	176

3. DRENAJE EXISTENTE

Mediante el levantamiento topográfico y la inspección visual realizada en sucesivas visitas de campo se ha realizado un inventario del drenaje existente y en uso en la zona objeto del proyecto.

En general, el drenaje existente presenta un estado de conservación aceptable y sólo será necesario proyectar elementos nuevos dónde las afecciones de la ampliación sean inevitables.

3.5 DRENAJE TRANSVERSAL EXISTENTE

El drenaje transversal se compone principalmente de caños de hormigón de diferentes diámetros. Generalmente disponen una arqueta de entrada y una boquilla de salida, o bien boquilla de entrada y salida.

A continuación, se incluye el listado de obras de drenaje transversal existente con los datos geométricos más relevantes.

3.6 DRENAJE LONGITUDINAL EXISTENTE

En cuanto al drenaje longitudinal, se basa fundamentalmente en cunetas de distintos tamaños que recogen el agua de la plataforma, los taludes y el terreno vertiente hacia la traza y la conducen hasta los puntos de desagüe natural del terreno o hacia las obras de drenaje transversal.

También se localizan colectores de recogida de plu

viales que complementan a las cunetas.

En la parte final del tramo, se localiza un caz longitudinal que evita que la escorrentía de una calzada escurra hacia la contraria.

En el apéndice 1 se incluye un plano de definición del drenaje existente identificado. En el apartado de observaciones se indica el grado de afección por la actuación en la calzada. La actuación proyectada en cada una se recoge en el apartado 5.3.

RELACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE EXISTENTES									
EJE	PK	SECCIÓN	DIAMETRO (m)	ENTRADA		SALIDA		LONGITUD (m)	OBSERVACIONES
				Margen	Elemento de Entrada	Margen	Elemento de Salida		
1	0+247	Alcantarilla	2,00 x 1,50 m	Derecha	Boquilla de hormigón	Izquierda	Boquilla de hormigón	115 m	No se afecta
1	0+512	Circular	Caño 550 mm	Derecha	Arqueta	Izquierda	Boquilla de hormigón	50 m	Se afecta. Necesaria prolongación o sustitución
1	0+656.7	Circular	Caño 1.200 mm	Derecha	Boquilla de hormigón	Izquierda	Boquilla de hormigón	18 m	Se afecta. Necesaria prolongación o sustitución
1	0+881.91	Circular	Caño 800 mm	Derecha	Boquilla de hormigón	Izquierda	Boquilla de hormigón	22 m	Se afecta. Necesaria prolongación o sustitución
1	1+153.27	Circular	2 Caños 900 mm	Derecha	Boquilla de hormigón	Izquierda	Boquilla de hormigón	32 m	Se afecta. Necesaria prolongación o sustitución
11	0+131.567	Circular	Caño 600 mm	Derecha	Arqueta de hormigón	Izquierda	Arqueta y bajante prefabricada	23,5 m	Se afecta. Necesaria prolongación o sustitución
7	0+133.888	Circular	Caño900	Derecha	Boquila de hormigón	Izquierda		60 m	Se afecta. Necesaria prolongación o sustitución

4. HIDROLOGÍA

4.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta parte del Anejo es analizar las condiciones hidrológicas del tramo a proyectar, definir las cuencas naturales vertientes a la autovía y realizar el cálculo de los caudales de escorrentía a considerar en el diseño posterior del drenaje. Para ello se ha seguido el procedimiento que se describe a continuación:

- Definición de las cuencas hidrológicas naturales.
- Cálculo de las precipitaciones máximas.
- Cálculo de los coeficientes de escorrentía en cada división homogénea de la cuenca. Para la determinación de las zonas homogéneas dentro de las cuencas se han considerado las siguientes características:
 - Pendientes del terreno.
 - Usos de la tierra según los criterios recogidos en la Instrucción de Drenaje 5.2-IC aprobada por la Orden FOM/298/2016.
 - Grupos de suelo, definidos también siguiendo los criterios de la citada Instrucción.
 - Cálculo de la precipitación de diseño It, expresada en mm/h.
- Cálculo de los caudales de diseño para cada cuenca definida siguiendo la metodología de la Instrucción de Drenaje 5.2-IC aprobada por la Orden FOM/298/2016.

4.2 DEFINICIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS NATURALES

Para la determinación de las cuencas hidrológicas naturales que vierten hacia la carretera se ha empleado la cartografía oficial a escala 1:5.000 descargada del servicio Web de la Diputación Foral de Bizkaia. Una vez recibida la cartografía específica de este proyecto, a escala 1:2.000, se han verificado, ajustado y complementado las cuencas definidas en la fase anterior, sobre todo en las proximidades de la traza. También se han tenido en cuenta la presencia del drenaje existente actualmente, pues como se explicará posteriormente, el criterio ha sido el mantenimiento y mejora de las condiciones hidrológicas de la carretera actual, por lo que se han respetado, ampliado o complementado las obras de drenaje existente.

Se definen las cuencas hidrológicas con respecto a la autovía como el lugar geométrico de los puntos que en caso de un aguacero, vierten sus aguas en el punto situado en la cota más baja de la cuenca, en su intersección con la autovía, donde se dispondrán los elementos de drenaje necesarios para pasar esos caudales de una margen a la otra de la autovía, sin que produzca daños en la misma.

La delimitación de las cuencas principales se ha realizado mediante programas CAD, a través de los cuales se ha determinado el desnivel máximo de la cuenca y la longitud del

cauce principal. A partir de estos datos se ha podido determinar el tiempo de concentración de cada una de las cuencas.

También se han definido varias cuencas secundarias, tal como define la nueva Instrucción 5.2-IC, que se detectan con las curvas de nivel disponibles en la cartografía empleada.

En el Apéndice nº 6 "Planos", se adjuntan los planos con el trazado de las 40 cuencas (primarias y secundarias) definidas sobre la topografía empleada.

Los parámetros físicos definidos para cada cuenca y el procedimiento seguido para su obtención han sido:

- Superficie: por planimetría sobre la cartografía en la que aparezca representada toda la cuenca.
- Cota máxima: por identificación sobre la cartografía en la que aparezca la cuenca.
- Cota mínima: por identificación sobre la cartografía en la que aparezca la cuenca.
- Desnivel: diferencia entre cotas máximas y mínimas.
- Longitud del cauce: por medición con programas de CAD, sobre la cartografía en la que aparezca representada toda la cuenca.
- Pendiente: cociente entre el desnivel y la longitud, por aplicación de la fórmula

$$J = (Z1 - Z2/L) * 100$$

Siendo:

Z1: Máxima cota del curso principal

Z2: Mínima cota del curso principal

L: Longitud del curso principal en km

J: Pendiente del curso principal en m/m.

Los parámetros de cada una de las cuencas se reproducen en la siguiente tabla:

ID CUENCA	Tipo de Cuenca	Superficie		Cota Máx	Cota Mín	Long. Cauce (m)	Pendiente
		(m²)	(ha)				m/m
1	Secundaria	16.815,00	1,682	270,00	245,00	146,0	0,171
2	Principal	283.549,14	28,355	381,00	235,00	789,0	0,185
3	Secundaria	41.534,75	4,153	270,00	210,00	380,0	0,158
4	Principal	98.612,01	9,861	300,00	203,00	544,3	0,178

ID CUENCA	Tipo de Cuenca	Superficie		Cota Máx	Cota Mín	Long. Cauce (m)	Pendiente
		(m²)	(ha)				m/m
5	Secundaria	27.092,70	2,709	245,00	188,00	316,0	0,180
6	Principal	181.888,13	18,189	346,00	160,00	900,9	0,206
7	Principal	67.579,00	6,758	235,00	140,00	514,8	0,185
2,1	Secundaria	4.811,00	0,481	271,22	238,38	98,0	0,335
3,1	Secundaria	7.668,00	0,767	255,00	221,00	102,0	0,333
4,1	Secundaria	18.196,00	1,820	225,00	195,00	254,0	0,118
5,1	Secundaria	9.481,00	0,948	215,00	187,00	106,0	0,264
6,1	Secundaria	60.360,00	6,036	275,00	157,00	259,0	0,456
7,1	Secundaria	7.936,00	0,794	183,00	148,21	118,0	0,295

4.3 CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS

El objeto de esta parte del estudio es el de fijar las máximas intensidades de lluvia previsible, tanto sobre la calzada como sobre las cuencas interceptadas por el trazado, para los diferentes períodos de retorno considerados.

Con este fin se han buscado las estaciones más próximas a la zona de estudio. Dado lo puntual de la actuación se ha seleccionado la estación Bilbao Aeropuerto del AEMET, al ser la más representativa por localización y con una serie de datos lo suficientemente larga para su análisis. Las estaciones de la agencia vasca de meteorología no disponen de datos anteriores al 2003.

ESTACION	IND	AÑO INICIO	AÑO FIN	AÑOS COMPLETOS	AÑOS INCOMPLETOS
Bilbao Aeropuerto	1082	1947	2019	69	3

En el Apéndice Nº 3 se encuentran los ajustes estadísticos por Gumbel y SQRT-Et_{máx} para dicha estación pluviométrica.

Una vez realizados los ajustes estadísticos sobre las precipitaciones máximas facilitadas por la AEMET, se ha procedido a contrastar sus resultados con los obtenidos aplicando la metodología de la publicación "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" de la DGC.

4.3.1 Distribución de Gumbel

La distribución de Gumbel es un modelo universalmente aceptado en la distribución de variables aleatorias que sean extremos (máximos o mínimos de un determinado fenómeno que se produce en el tiempo).

Si n es el número anual de valores diarios independientes de un elemento meteorológico o hidrológico y E_x el número medio anual de valores diarios que exceden el valor x, la probabilidad de que un valor diario exceda a x es $\frac{E_x}{n}$, mientras que la probabilidad de que sea menor será $1 - \left(\frac{E_x}{n}\right)$.

La probabilidad F(x), en tanto por uno, de que el máximo anual sea menor que x vendrá dada por:

$$F(x) = \left(1 - \frac{E_x}{n}\right) * n,$$

y si n es lo bastante grande:

$$F(x) \rightarrow e^{-E_x}.$$

Si se hace

$$y = -\ln E_x,$$

se tiene:

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

Así, se define la variable reducida de la siguiente forma:

$$y = -\ln \left(\ln \left(\frac{1}{F(x)} \right) \right)$$

Expresando la probabilidad en términos del periodo de retorno T(x), que para un valor particular de x es "el intervalo medio, expresado en años, en que el valor extremo alcanza o supera a x una vez solamente". La relación entre la probabilidad F(x) y el periodo de retorno T(x) viene dada por:

$$T(x) = \frac{1}{1 - F(x)}$$

Si se define la variable reducida como: $y = -\alpha(x - \beta)$; donde α y β son unos parámetros que pueden calcularse a partir de la serie de valores extremos x .

Así pues, con los datos de los máximos anuales de la precipitación máxima en 24 h se ha ajustado una función de distribución teórica tipo Gumbel, para la estación seleccionada.

La función de distribución de Gumbel tiene la forma:

$$f(x) = \exp\left(-\exp\left(\frac{x - \mu}{\alpha}\right)\right)$$

siendo "a" y "Xo" parámetros relacionados con la media $\bar{X}$ y la desviación típica.

Para la realización del ajuste de Gumbel se ha hecho uso de la aplicación CHAC, (versión 5.06), desarrollada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. El mes del inicio del año hidrológico es octubre, que corresponde con el inicio del año hidrológico en España.

Los cálculos completos realizados en los ajustes en el Apéndice nº 3 del presente Anejo.

4.3.2 Distribución S.Q.R.T.máx

La ley SQRT-ET_{máx}, es uno de los escasos modelos de ley desarrollados específicamente para el análisis de máximas lluvias diarias y tiene la característica de conducir a resultados más conservadores que los obtenidos mediante la ley de Gumbel. Esta ley utiliza funciones de distribución con dos parámetros, se ajusta por el método de máxima verosimilitud y presenta una gran estabilidad ante nuevos datos.

Tiene la expresión siguiente:

$$F(x) = \exp\left[-\lambda(1 + \sqrt{\beta x})\exp(-\sqrt{\beta x})\right] \quad (x \geq 0) \quad (1)$$

siendo:

- $F(x)$ = probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una determinada tormenta.
- X = precipitación máxima correspondiente a un período.
- β y λ = parámetro de escala y frecuencia respectivamente. Estos parámetros definen la ley y deben ser ajustados a los datos existentes

La función logarítmica de máxima verosimilitud L , tiene la expresión siguiente:

$$L = \sum_{i=1}^N \ln f(x_i) \quad (2)$$

donde $f(x)$ es la función de densidad, obtenida derivando la función de distribución (1) y añadiendo un factor corrector para condicionarla a valores no negativos de la variable x .

$$f(x) = \frac{\lambda}{1 - \exp(-\lambda)} * \frac{\beta}{2} * \exp(-\sqrt{\beta x}) F(x) \quad x \geq 0$$

Los valores de λ y β son aquellos que maximizan la función logarítmica (2).

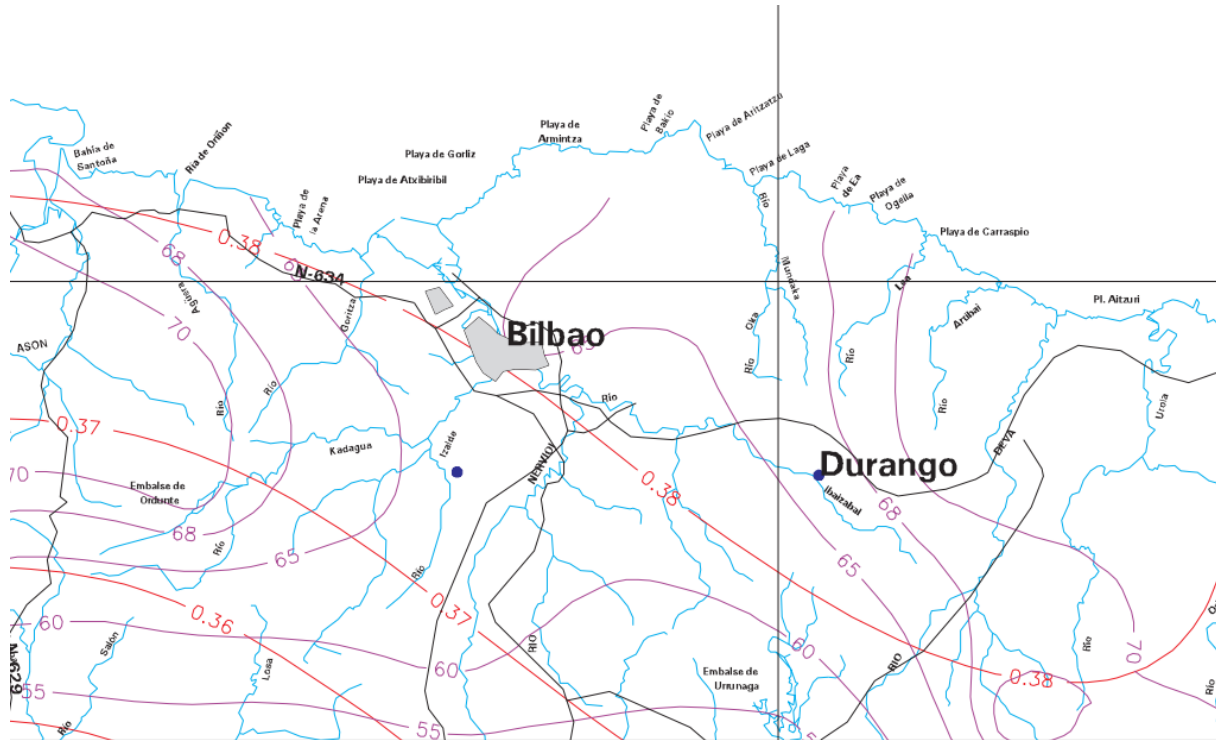
Para la realización del ajuste de SQRT-ET_{MÁX} se ha hecho uso de la aplicación CHAC, (versión 5.06), desarrollada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. El mes del inicio del año hidrológico es octubre, que corresponde con el inicio del año hidrológico en España.

Los cálculos completos realizados en los ajustes en el Apéndice nº 3 del presente anejo.

4.3.3 Método de la monografía "Máximas lluvias diarias de la España peninsular"

Para comprobar la validez de los resultados obtenidos en los dos apartados anteriores se ha empleado un método alternativo.

La Dirección General de Carreteras publicó en 1.999 las "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular", en soporte digital, basado en el "Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones máximas diarias en la España Peninsular" publicado en 1.997. Este Mapa se ha obtenido a partir de un estudio realizado por el CEDEX a nivel nacional. La función de distribución utilizada es la denominada SQRT-ET_{max} y el procedimiento seguido para la estimación regional de los cuantiles se basa en el método de momentos. A continuación, se presenta un extracto del mapa digital centrado en la zona de estudio, en el que se refleja la posición del tramo, de las cuencas vertientes, y de las estaciones consideradas en el estudio pluviométrico.



El proceso que se ha seguido para la obtención de las precipitaciones para los diferentes periodos de retorno ha sido el siguiente:

- a) Localización en los planos del punto geográfico deseado
- b) Estimación mediante las isolíneas representadas del coeficiente de variación C_v y del valor medio P_{MED} de la máxima precipitación diaria anual.
- c) Para el periodo de retorno deseado T_r y el valor de C_v se obtiene el factor de amplificación K_T de la tabla 7.1 de la publicación citada anteriormente.

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

- a) Las diferentes precipitaciones para cada periodo de retorno considerado se obtienen multiplicando el valor de P_{MED} por el K_T correspondiente.

$$P_T = K_T \times P_{MED}$$

Los valores obtenidos mediante el *Mapa de Lluvias diarias en la España Peninsular* de la Dirección General de Carreteras son siguientes:

Max Lluvias España Peninsular									
PM	C_v	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100	T=200	T=500
65	0,38	59,41	80,60	95,49	116,55	133,38	151,26	170,11	195,91

4.3.4 Máxima precipitación diaria seleccionada

A partir de los datos obtenidos por los métodos descritos, se ha adoptado como valor de precipitación de cálculo, el correspondiente al análisis pluviométrico realizado de los datos de precipitación máxima diaria en la estación de Bilbao aeropuerto, con el ajuste SQRT max.

Este procedimiento considera datos más actualizados que los del estudio del “Mapa de lluvias de la España Peninsular”. Se han adoptado los resultados del ajuste SQRT ET max, al arrojar los valores más conservadores.

	Pd (mm) para cada periodo de retorno							
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
Gumbel	63	84	97	115	128	141	153	170
SQRT-ET MAX	61	83	100	122	140	159	179	207
MaxPlu	59,41	80,6	95,49	116,55	133,38	151,26	170,11	195,91
Precipitación adoptada	61	63	100	122	140	159	179	207

4.4 CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO

En este apartado, se determinarán los caudales siguiendo el Método Racional para aquellas cuencas con una superficie menor de 50 km² sin datos de caudales máximos en ningún documento oficial.

Este método supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie.

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual Q_T , correspondiente a un periodo de retorno T , se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) * C * A * K_t}{3,6}$$

Donde:

Q_T [m³/s] Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca

$I(T, t_c)$ [mm/h] Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T , para una duración de aguacero igual al tiempo de concentración t_c .

C [adimensional] Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.

A [km²] Área de la cuenca o superficie considerada.

K_t [adimensional] Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

No obstante, en el caso más general de cuencas heterogéneas, se resuelve el cálculo de caudales mediante la división del área total, en áreas parciales de superficie A_i , que puedan considerarse homogéneas respecto a los factores influyentes en la formulación del Método Racional. En el caso estudiado en el presente Documento, la causa de la heterogeneidad se debe a la variación espacial de coeficiente de escorrentía, quedando la fórmula anteriormente indicada, sustituida por la siguiente:

$$Q_T = \frac{K_t}{3,6} * I(T, t_c) * \sum_{i=1}^n [C_i * A_i]$$

4.4.1 Tiempo de concentración

4.4.1.1 En cuencas principales:

Para las **cuencas principales**, el tiempo de concentración se calcula por el método ya descrito:

$$T_c = 0.3 * \left[\frac{L_c}{J_c^{1/4}} \right]^{0.76}$$

donde:

- T_c = Tiempo de concentración (horas)
- L_c = Longitud del curso principal (km)
- J_c = Pendiente media del curso principal (tanto por uno)

En aquellas cuencas principales de pequeño tamaño en las que el tiempo de recorrido difuso sobre el terreno sea apreciable respecto al tiempo de recorrido total, no es de aplicación la fórmula anterior, sino que hay que aplicar la fórmula correspondiente a cuencas secundarias. Se considera esta circunstancia cuando el tiempo calculado mediante la fórmula anterior sea inferior a 0,25 h.

4.4.1.2 En cuencas secundarias:

Para las **cuencas secundarias**, el tiempo de concentración es el resultado del siguiente cálculo:

$$t_{dif} = 2 * L_{dif}^{0.408} * n_{dif}^{0.312} * J_{dif}^{-0.209}$$

donde:

- t_{dif} = Tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno (minutos)
- n_{dif} = Coeficiente de flujo difuso
- L_{dif} = Longitud de recorrido en flujo difuso (m)
- J_{dif} = Pendiente media (tanto por uno)

Valores de coeficiente de flujo difuso n_{dif}

Cobertura del terreno		n_{dif}
Pavimentado o revestido		0,015
	Sin vegetación	0,050
No pavimentado ni revestido	Con vegetación escasa	0,120
	Con vegetación media	0,320
	Con vegetación densa	1,000

El valor que se debe considerar se obtiene de la tabla siguiente:

t_{dif} (min)	T_c (minutos)
≤ 5	5
$5 \leq t_{dif} \leq 40$	t_{dif}
≥ 40	40

En este proyecto, para el flujo difuso se ha considerado siempre una cobertura con vegetación escasa.

4.4.2 Intensidad de Precipitación

La intensidad de precipitación $I(T, t_c)$ correspondiente a un periodo de retorno T , y a una duración de aguacero t , a emplear en la estimación de caudales por el Método Racional, se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$I(T, t_c) = I_d * F_{int}$$

Donde:

$I(T, t_c)$ [mm/h] Intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno T y a una duración de aguacero t_c .

I_d [mm/h] Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T .

F_{int} [adimensional] Factor de Intensidad

La intensidad media diaria de precipitación corregida (I_d) correspondiente al periodo de retorno T , se obtiene mediante la fórmula:

$$I_d = \frac{P_d * K_A}{24}$$

Donde:

I_d [mm/h] Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T .

P_d [mm] Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T .

K_A [adimensional] Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca, que tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda la superficie. Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1$$

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

4.4.3.1.1 Umbral de escorrentía P0

Representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i * \beta$$

Donde:

P0 [mm] Umbral de escorrentía

P0i [mm] Valor inicial del umbral de escorrentía

β (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

El valor del umbral de escorrentía P_0^i se obtiene analizando la combinación de tipología de suelo, uso de suelo y pendiente de terreno. Para analizar estos factores se ha partido de la cartografía 5000 completada con la información obtenida de la imagen satelital de Google Earth, para obtener los datos de usos de suelo y pendiente, y de estudios geológicos realizados en la zona con anterioridad.

Se incluye a continuación una vista de la fotografía aérea donde se pueden ver los usos de suelo en las cuencas a analizar.



Mayoritariamente son bosques con alguna edificación aislada en las zonas más próximas a la BI 20. Las pendientes son generalmente superiores al 3%.

El terreno está formado por materiales que podrían englobarse dentro del grupo C recogido por la norma de drenaje 5.2-I.C (infiltración lenta y drenaje imperfecto).

Conjugando los tres análisis anteriores, y teniendo en cuenta los valores del umbral de escorrentía inicial de la tabla 2.3 de la Instrucción 5.2-IC, se han considerado los siguientes valores:

4.4.3.1.2 Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

El valor de β , coeficiente corrector del umbral de escorrentía se estima de distinta manera en función de si estamos calculado drenaje transversal de la carretera (β^{DT}) o drenaje perteneciente a vías de servicio (β^{PM}).

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) * F_T$$

$$\beta^{PM} = \beta_m * F_T$$

Donde:

β^{DT} = Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera

β^{PM} = Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de vías de servicio, ramales y caminos

β_m = Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

F_T = Factor función de periodo de retorno.

Δ_{50} = Desviación respecto a valor medio: intervalo de confianza correspondiente al 50%

Estos valores se establecen en la norma según la siguiente distribución regional, siendo la zona 13 la correspondiente al proyecto.



FIGURA 2.9.- REGIONES CONSIDERADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

De acuerdo con esto el factor corrector del umbral de escorrentía en la zona de estudio es el siguiente, para cada periodo de retorno:

Región	Valor medio β_m	Δ_{50}	$F_T (T)$							
			2	5	10	25	50	100	200	500
13	0,6	0,15	0,74	0,9	1,02	1,15	1,27	1,34	1,47	1,55
β^{PM}			0,44	0,54	0,61	0,69	0,76	0,80	0,88	0,93
β^{DT}			0,33	0,41	0,46	0,52	0,57	0,60	0,66	0,70

4.4.3.1.3 Coeficiente de Uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

El último coeficiente o factor del método racional que falta por analizar es el Coeficiente de Uniformidad en la distribución temporal de la precipitación dentro de la cuenca. Este factor responde a la fórmula:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

Donde:

K_t = Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

t_c (horas) = Tiempo de concentración de la cuenca

4.5 CAUDALES DE CÁLCULO EN LAS CUENCAS

Con todos los factores del método racional analizados, se procede a evaluar los caudales de cálculo en las cuencas analizadas.

Dado que el drenaje diseñado utiliza elementos del drenaje longitudinal para encauzar la escorrentía de varias cuencas a las obras de drenaje transversal se estudia el coeficiente corrector del umbral de escorrentía tanto para el caso de que la escorrentía de las cuencas incida directamente en la autovía como indirectamente a través de ramales, caminos y/o vías de servicio.

El resultado final de este cálculo se refleja en el apéndice 4

5. DRENAJE

El drenaje de las aguas superficiales se compone de diversos elementos, cada uno de los cuales cumple una función diferente dentro del esquema general.

El sistema de drenaje se divide en redes, entendiéndose como red el conjunto de elementos de drenaje que conducen aguas que comparten el mismo punto final de vertido a cauces naturales.

5.1 REDES

De acuerdo con los criterios indicados se han diseñado un total de seis (6) redes de drenaje, quedando en ellas incluidos todos los elementos de drenaje longitudinal (cunetas y colectores), así como de drenaje transversal (caños y bajantes), necesarios para la recogida y conducción de las aguas de escorrentía de las cuencas naturales y superficies de calzada que se generan, hasta los puntos de desagüe que tienen lugar en los puntos de vertido existentes.

Todas las redes proyectadas son adaptaciones de las existentes, no modificándose en ningún caso el punto de vertido ni la naturaleza de las aguas.

— -Red 1

- **Eje 1, desde el Pk 0+060 -0+155 margen derecha**

En esta zona actualmente existe una cuneta triangular de 0.17 m de profundidad y una anchura de 1 m. Debajo de la cuneta existe drenaje profundo. Entre las dos calzadas hay un caz que recoge la escorrentía de la calzada izquierda.

La ampliación de la calzada por la margen derecha supone la reposición de la cuneta existente, que se desagua al mismo punto donde lo hace actualmente (tubo de 250 mm). La sección de la nueva cuneta proyectada es de 1 m de ancho y 0.5 m de profundidad. Se ha comprobado la capacidad de la cuneta que desagua la subcuenca 2.1. La actuación no supone incremento significativo de caudal por lo que no se proyecta ninguna actuación adicional.

— -Red 2

- **Eje 2, desde pk 0+150 -0+250 margen derecha**

Actualmente en la margen derecha existe una pequeña cuneta revestida. La nueva vía de servicio proyectada en esta zona se proyecta con una cuneta triangular de 1 m de ancho

y 0.5 m de profundidad que, al igual que la cuneta existente, drenará el caudal procedente del terreno adyacente, subcuenca 3.1.

Se ha comprobado su capacidad. Su desagüe se produce a una arqueta y mediante tubo 400 a la margen izquierda de la vía de servicio.

- **Eje 1 desde PK 0+210-0+290 entre calzada derecha y vía de servicio.**

Se ha proyectado una cuneta en tierras situada entre las barreras. A esta cuneta se desagua un tubo de 300 procedente de la margen derecha (PK 0+284 del eje 1 rejilla).

A partir del PK 0+290 y hasta el Pk 0+375 se proyecta un colector 400 con una pendiente de 8 % hasta el 0+340 donde se colocarán sumideros con rejilla cada 25 m en el lado de la vía de servicio.

En este punto (Pk 0+375) se conectan el tubo de 400 mm de desagüe del caz existente entre calzadas, requiere que se prolongue, y el tubo de 400 procedente de la cuneta del eje 2 margen derecha (PK 0+250 nuevo)

- **Eje 1 desde Pk 0+375 -0+517**

En este tramo la vía de servicio y la calzada se separan en alzado (la vía de servicio está más alta que la calzada). En la margen derecha de la calzada se continúa el colector 400 colocando rejillas cada 20 m para captar el caudal de la calzada derecha hasta desaguar en la entrada de la nueva obra de drenaje de 1800 mm (Pk 517.229), de manera análoga a como se desagua la escorrentía de esta zona: actualmente todo el caudal recogido por la cuneta y colectores situados entre la calzada principal y la vía de acceso a la gasolinera se desagua por el tubo transversal de 550 existente.

La pendiente de este nuevo tubo es de 5,9 %

Entre la calzada existente y los nuevos carriles proyectados en la margen derecha se proyecta un caz de 200. Se desagua al colector de la margen derecha y de ahí a la entrada de la nueva obra de drenaje (a semejanza de como lo hace en la actualidad)

En la vía de servicio se reponen los sumideros situados a ambos lados de la misma.

— -Red 3

- **Eje 1 desde Pk 0+517-0+656.69 entre calzada derecha y vía de servicio.**

En la margen derecha de la vía de servicio se proyecta una cuneta con sección 1 m de ancho y 0.5 m de calado máximo que desagua la subcuenca 4.1 hasta la ampliación de la obra de drenaje existente.

Entre la calzada y la vía de servicio se proyecta colector con rejillas cada 20 m. Entre la nueva calzada y la existente se proyecta un caz de 200. Ambos se desaguan a la obra de drenaje a ampliar 0+656.69 m.

— **-Red 4**

• **Eje 1 desde 0+656.69 a 0+881.91**

A lo largo de la margen derecha de la vía de servicio hasta el Pk 0+735 se proyecta una cuneta triangular con la misma sección que se ha descrito en los apartados anteriores.

A partir de este Pk el caudal se entuba y se vuelve a conducir por cuneta hasta desagüe en la obra de drenaje del Pk 0+881.91.

En la margen derecha de la calzada derecha, entre ésta y la vía de servicio, se proyecta un colector con sumideros situados cada 20 m. A partir del pk 0+780 se continua mediante un caz de 200 mm pues calzada y vía de servicio se encuentran situadas a la misma cota.

En la margen derecha de la calzada izquierda se proyecta un caz longitudinal de 200 y 300 en función del caudal.

El desagüe de ambos sistemas de drenaje longitudinal se produce mediante tubo transversal de 400 mm a la salida de la obra de drenaje del pk 0+881.91

— **-Red 5**

• **Eje 1 desde 0+881.91 a 1+153.27**

En la margen derecha de la vía de servicio se proyecta una cuneta longitudinal que se desagua a través de cuneta de pie de terraplén a la entrada de la obra de drenaje 1+153.27 (a su prolongación).

Esta cuneta conduce el caudal de la subcuenca 6.1 así como parte del escurrimiento sobre la vía de servicio, pero la mayor parte del caudal procede de los terrenos adyacentes a la carretera.

Entre la calzada existente y la nueva proyectada y entre ésta y la vía de servicio se proyectan caces longitudinales que se desaguan a la entrada de la obra de drenaje existente (1+153.27) por colector 400 mm.

— **-Red 6**

• **Eje 1 desde pk 1+153.27 hasta el final de proyecto.**

En esta zona se proyecta una cuneta en la margen derecha que se desagua a la entrada de la arqueta proyectada en la prolongación de la obra de drenaje existente.

Bajo la calzada del eje 10 se continua la obra existente, debiéndose hacer un quiebro mediante arqueta. Se proyecta con un ángulo de 135 ° para mejorar su funcionamiento. La escorrentía que caiga en la isleta del enlace Galbarriatu se desagua mediante tubo de 400.

Además, es necesario prolongar la entrada del tubo 900 existente en el Pk 0+133.888 así como la OTDL del Pk 1+380.282 (tubo de 400) de desagüe del caz existente entre calzadas.

5.2 DRENAJE LONGITUDINAL

Como ya se ha descrito, el drenaje longitudinal se resuelve mediante dispositivos superficiales, es decir, cunetas de borde de la calzada y cunetas de pie de terraplén.

Los colectores enterrados surgen de la necesidad de conducir longitudinalmente el agua hacia los puntos de desagüe cuando los elementos proyectados no tienen la suficiente capacidad hidráulica para transportar el caudal.

Además, se proyectan caces entre calzadas para la recogida del agua de plataforma cuando ambas calzadas se encuentran a la misma cota, o colectores con sumideros en caso contrario.

Se dispondrán pasos salvacunetas en aquellas zonas donde se vaya a producir una intersección con otras vías secundarias o en aquellos tramos donde el acceso de los vehículos a la carretera principal esté permitido.

5.2.1 Cunetas

Las cunetas actúan como elementos de intercepción, recibiendo lateralmente el agua aportada por las cuencas o subcuencas naturales, el agua de plataforma y taludes adyacentes a la misma. A través de ellas es conducida hasta las obras de drenaje transversal.

Las cunetas se han proyectado con sección triangular, taludes 1H:1V y 0.5 m de calado. La mayor parte de las cunetas se proyectan revestidas de hormigón.

Se incluye a continuación un listado con las cunetas proyectadas.

5.2.1.1 Descripción de las Cunetas Proyectadas

Aportación	Eje	PK inicial	PK final	Margen	Desagüe
SC 2.1	1	0	160	Derecha	Conexión drenaje existente
SC 3.1	2	150	250	Derecha	Conexión a colector entre calzada y vía de servicio
	1	210	285	Derecha	En tierras. Desagüe a colector central 400
SC 3.2+4.1	2	370	515	Derecha	A obra de drenaje
SC 5.1	2	515	590	Derecha	A tramo entubado
	1	790	850	Derecha	A cuneta y a obra de drenaje
	1	880	930	Derecha	A obra de drenaje desde ramal eje 26
SC 6.1	1	920	1120	Derecha	A cuneta y a obra de drenaje existente
SC 7,1	11	20	130	Derecha	A nueva OTDL proyectada
		30	0+058	Izquierda	A arqueta rejilla y tubo de desagüe

Salvo se indique lo contrario, las cunetas son revestidas

Además, se ha proyectado una cuneta de pie de terraplén/cabeza desmonte en los siguientes tramos:

Eje	PK inicial	PK final	Margen	Desagüe
1	1120	1153	Derecha	A obra de drenaje
1	790	875	Derecha	En tierras. Cuneta de guarda a obra de drenaje

5.2.1.2 Dimensionamiento Hidráulico

Los caudales a desaguar por las distintas cunetas longitudinales se han determinado aplicando la metodología descrita en la norma 5.2 IC., una vez delimitadas las superficies vertientes (en su caso).

El periodo de retorno de dimensionamiento ha sido 25 años. Las obras deben cumplir que la velocidad máxima del agua sea como máximo 6 m/s (hormigón) para impedir

erosiones y desgastes excesivos en las mismas; y la velocidad mínima superior a 0,5 m/s para evitar sedimentaciones.

Además, deberá garantizarse un resguardo mínimo de 5 cm en el calado respecto a la profundidad de la cuneta.

La comprobación hidráulica de las distintas cunetas se ha determinado a partir de la ecuación de continuidad y de la expresión de Manning, que proporciona el caudal circulante en función de las características geométricas de la conducción y de su rugosidad.

$$Q = V.S$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} . I^{1/2}$$

Siendo:

- V: la velocidad media de la corriente. Viene en m/sg
- Q: el caudal desaguado. Se mide en m3/sg
- S: el área de su sección. Se mide en m2
- R: el radio hidráulico. Se mide en m.
- I: la pendiente de la línea de energía, que en este caso coincide con la pendiente de la cuneta
- n: la inversa de K, siendo K el coeficiente de rugosidad de Manning.

En el Apéndice 4 se incluye el cálculo de los caudales de las cunetas que reciben aportación exterior (las más desfavorables por tener mayor aportación de caudal) y en el apéndice 6 loa cálculos hidráulicos de estas cunetas.

5.2.2 Colectores longitudinales

El caudal de cálculo para los colectores será la suma de los caudales de los elementos que desaguan en cada colector y, en su caso, de las áreas de terreno o plataforma que viertan directamente en los mismos.

5.2.2.1 Descripción de los Colectores Proyectados

Eje	PK inicial	PK final	Margen	Pendiente Min	Diámetro mm	Desagüe
1	285	512	Derecha	6%	400	A entrada de obra de drenaje existente
1	535	656.7	Derecha	6,1%	600	A salida de obra de drenaje existente
1	656.7	878	Derecha	5,8%	400	A obra de drenaje existente
1	960	1150	Izquierda	9,88 %	400	A salida de obra de drenaje existente
1	1200	1248	Izquierda	10,6 %	400	A cuneta

Además, se proyecta un colector de 300 mm de diámetro para el desagüe de la cuneta correspondiente al eje 28 y que conecta con la red de drenaje existente.

En el tramo de colector situado entre el Pk 540 del eje 1 y el Pk 780, se proyectan arquetas con rejilla cada 20 m para recoger el agua de la calzada derecha.

5.2.2.2 Dimensionamiento Hidráulico

La comprobación de los colectores proyectados se ha realizado comparando este caudal afluente con los valores de capacidades máximas que resultan en función de la pendiente (la capacidad máxima se calcula funcionando al 80% de llenado).

Además, los colectores deben cumplir que la velocidad máxima del agua sea como máximo 6 m/s (hormigón) para impedir erosiones y desgastes excesivos en las mismas; y la velocidad mínima superior a 0,5 m/s para evitar sedimentaciones.

Como en el caso de las cuentas, la comprobación hidráulica de los colectores se realiza a partir de la ecuación de continuidad y de la expresión de Manning.

5.2.3 Caces

Los caces proyectados recogen el agua de plataforma para poder independizarla del caudal procedente de las cuencas naturales. Se han proyectado longitudinalmente en las calzadas, en los casos en los que se encuentran al mismo nivel.

5.2.3.1 Descripción de los Caces Proyectados

Eje	Calzada	Margen	PK inicial	PK final	Pendiente Min	Diámetro mm	Desagüe
1	Izquierda	Derecha	385	512	6%	200	A entrada de obra de drenaje proyectada
1	Izquierda	Derecha	512	656.7	6,1%	200	A salida de obra de drenaje existente
1	Izquierda	Derecha	656.7	787	5,8%	200	A tramo siguiente
1	Izquierda	Derecha	787	878	8,5%	300	A salida de obra de drenaje existente
1	Derecha	Izquierda	878	960	7,1%	200	A obra transversal de drenaje longitudinal
1	Izquierda	Derecha	960	1060	9,9 %	200	A obra transversal de drenaje longitudinal
1	Derecha	Izquierda	1060	1150	9,9 %	200	A entrada obra de drenaje existente
1	Derecha	Izquierda	1150	1200	9,9%	200	A colector -cuneta y OTDL
1	Derecha	Derecha	780	878	8,5 %	200	A obra transversal de drenaje longitudinal
1	Vía de Servicio	Izquierda	880	960	7,1 %	200	A obra transversal de drenaje longitudinal

Las calzadas se han considerado derecha o izquierda en sentido Derio.

5.2.3.2 Dimensionamiento Hidráulico

Para realizar la comprobación hidráulica de los caces se ha comprobado la validez de los dos tramos más largos, tanto en 200 como 300.

Su comprobación hidráulica se incluye en el apéndice 6.

5.2.4 Obras transversales de drenaje longitudinal.

Se han proyectado tubos de 300, 400 y 600 mm para desagüe de los elementos de drenaje longitudinal proyectados. Su pendiente longitudinal será de 2 % salvo la situada bajo el eje 27.

Se incluye una tabla con su ubicación.

Calzada	Eje	Pk	Origen	Desagüe	L	Diámetro (mm)
					(m)	
Calzada derecha	1	375	Caz existente	Colector	10	400
Vía de servicio	2	248	Cuneta MD	Colector	7	400
Calzada derecha	1	508	Caz	Colector	10	400
	2	359	Arqueta	Obra de drenaje	13.25	400
Calzada derecha	1	657	Caz	Colector	12	300
Acceso	27	5	Cuneta	Cuneta	11	300
Acceso	22	0	Cuneta MD	Obra de drenaje	11	300
Acceso	30	40	Cuneta MI	Terreno	18	300
Calzada derecha	1	878	Caz+colector	Arqueta	9,5	400
Calzada izquierda	1	877	Caz+colector	Salida obra drenaje	20	400
Calzada derecha	1	960	Caz	Arqueta	8,5	300
Calzada derecha	1	1150	Caz	Salida obra drenaje	21	400
Calzada derecha	1	1255	Caz/colector	Colector	8	400
Calzada derecha	1	1312	Cuneta	Terreno	15	400

5.3 DRENAJE TRANSVERSAL

Debido a la naturaleza de la actuación, el drenaje transversal de este proyecto se resuelve mediante la ampliación de las obras de drenaje existentes, en los casos de cumplimiento hidráulico para el periodo de retorno de 100 años, o mediante la hincas de tubos de 1800 mm (diámetro mínimo exigido por la 5.2-IC) para minimizar la afección al tráfico, en caso de incumplimiento. En la tabla siguiente se hace el análisis del drenaje transversal y se describe la actuación proyectada.

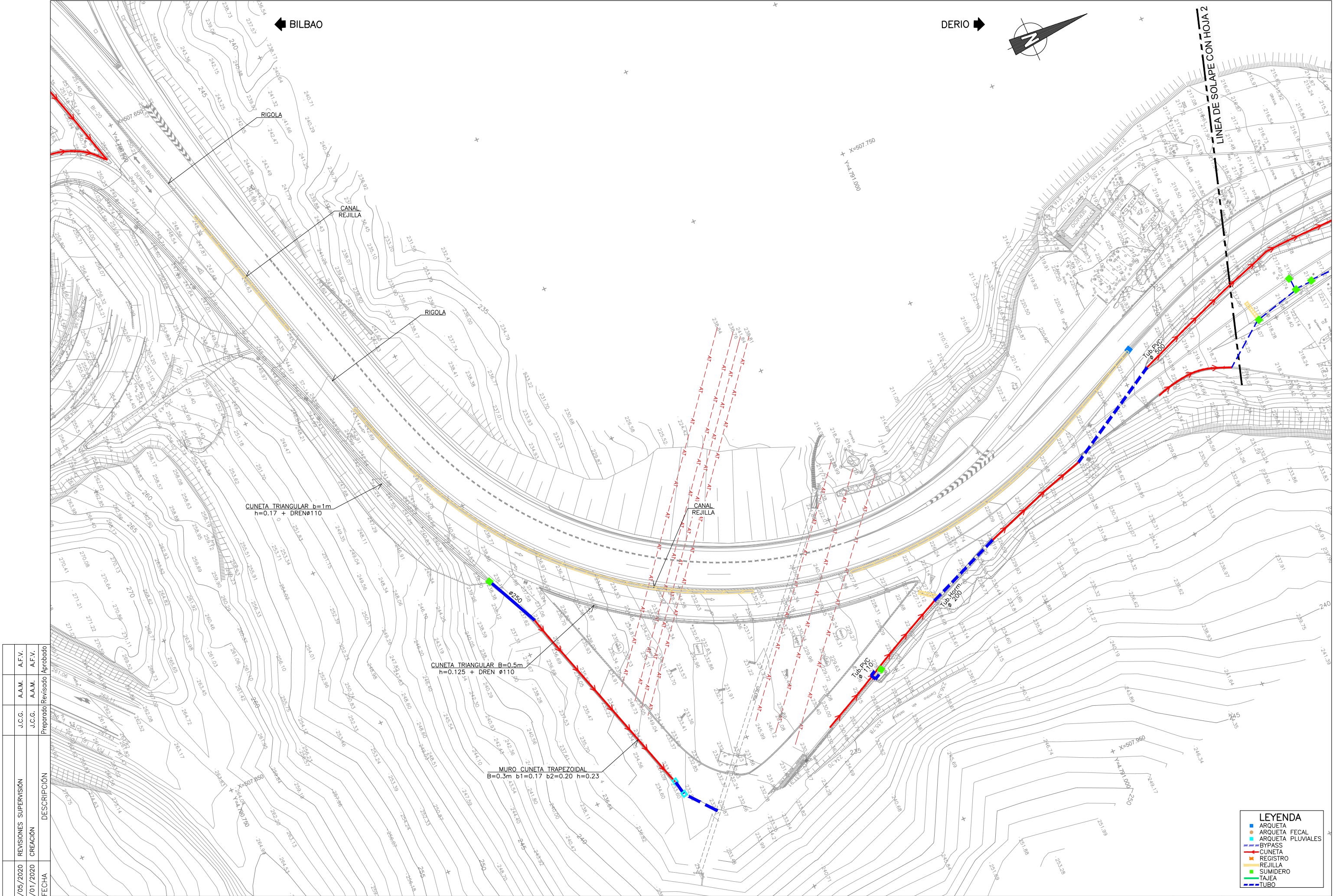
La obra del PK 1+153 no resulta válida para el caudal de diseño por lo que se ha proyectado la hincas de un nuevo tubo de 1800. Debido a la necesidad de espacio para la ejecución de la hincas, la obra no se puede situar tan profunda como la actual. Por ello se va a mantener y prolongar la obra de drenaje existente con el fin de drenar la base del terraplén.

En el apéndice 5 se incluye la comprobación hidráulica de las obras de drenaje transversales de proyecto.

RELACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE EXISTENTES														
CUENCA PROYECTO	EJE	PK	SECCIÓN	DIMENSIONES (m)	ENTRADA		SALIDA		LONGITUD (m)	Q max	Q25 m³/s	Q50 m³/s	Q100 m³/s	ACTUACION PROYECTADA
					Margen	Elemento de Entrada	Margen	Elemento de Salida						
2	1	247	Alcantarilla	2,00 x 1,50 m	Derecha	Boquilla de hormigón	Izquierda	Boquilla de hormigón	115 m	Cumple 100	4.05	4.74	5.57	No se afecta
3	1	512	Circular	Caño 550 mm	Derecha	Arqueta	Izquierda	Boquilla de hormigón	50 m	No cumple 25	0.58	0.68	0.80	Sustitución mediante hincas tubo 1800 mm para cumplimiento T100
4	1	656.699	Circular	Caño 1.200 mm	Derecha	Boquilla de hormigón	Izquierda	Boquilla de hormigón	18 m	Cumple 100	1.61	1.89	2.21	Requiere alargar la entrada. Arqueta y nuevo tramo aguas arriba bajo vía de servicio
5	1	881.91	Circular	Caño 800 mm	Derecha	Boquilla de hormigón	Izquierda	Boquilla de hormigón	22 m	Cumple 100	0.34	0.39	0.46	Se prolonga por ambos márgenes
6	1	1153.271	Circular	2 Caños 900 mm	Derecha	Boquilla de hormigón	Izquierda	Boquilla de hormigón	32 m	Cumple 50	2.53	2.96	3.48	Se prolonga la entrada con una arqueta y se incluye tubo 1800 mm mediante hincas para desagüe T100
7.1	11	131	Circular	Caño 600 mm	Derecha	Arqueta	Izquierda	Boquilla de hormigón	20	Cumple 100	0.14	0.16	0.19	Se prolonga la entrada y se demuele la salida
7	1	133.888	Circular	Caño 900 mm	Derecha	Boquilla de hormigón	Izquierda		60m	Cumple 100	0.89	1.04	1.22	La altura a la entrada es 1 cm mayor que el permitido

APÉNDICE N° 1.

PLANTA DE DRENAJE EXISTENTE



REV.	REVISIONES SUPERVISIÓN		FECHA	DESCRIPCIÓN	Preparado	Revisado	Aprobado
	J.C.G.	A.A.M.					
1	29/05/2020	22/01/2020	2020	CREACIÓN			



AZPIEGITURAKO ETA LURRALDE GARAPENERAKO ZUZENDARITZA NAGUSIA

LURRALDE GARAPENERAKO ZUZENDARITZA NAGUSIA

AZPIEGITURAK GARATZEKO ZUZENDARITZA NAGUSIA

PLANGINTZAREN ETA PROIEKTUEN ZERBITZUA

EGITAMAIAREN ZUZENDARITZA

ANOLKULARIA

ESTREYCO

EGITAMAIAREN TITULUA / TÍTULO DEL PROYECTO

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA BI-20 EN EL TRAMO PK 6+800 - PK 8+150 SENTIDO DERIO PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONGESTIÓN Y FAVORECER LA ACCESIBILIDAD A OTROS MODOS DE TRANSPORTE: CONEXIÓN CON EL AEROPUERTO

GAKOA CLAVE

IZENDURA / DESIGNACIÓN

ANEJO 5 PLANTA DRENAJE EXISTENTE

ESKALA (K) ESCALA (S)

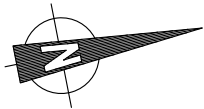
ORIGINAL UNE A1

Z⁸⁰⁰ / N°

4 TIK 1 ORRIA

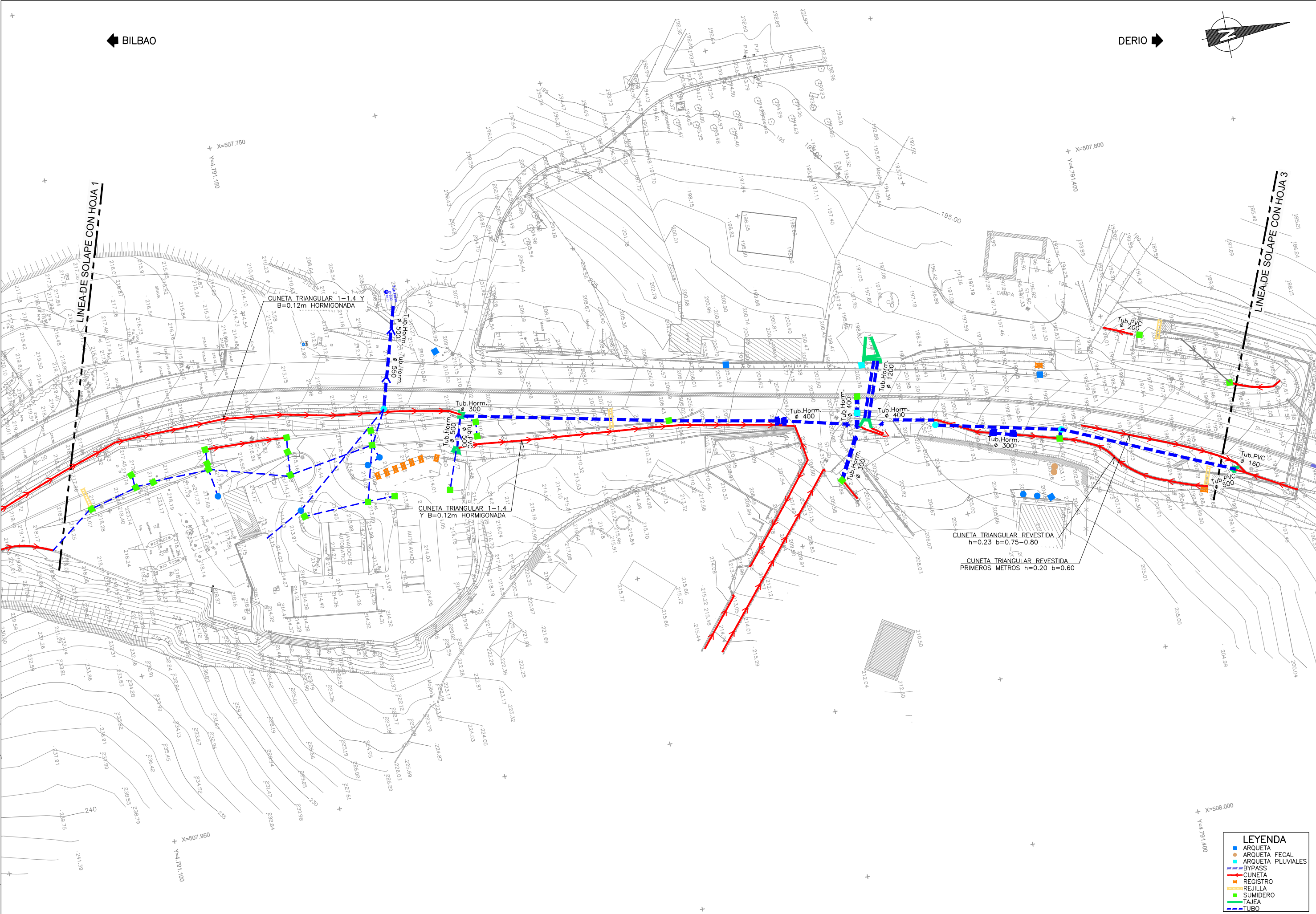
BILBAO

DERIO



LINEA DE SOLAPE CON HOJA 1

LINEA DE SOLAPE CON HOJA 3



REV.	FECHA	CREACIÓN	REVISIONES SUPERVISIÓN	PREPARADO	REVISADO	APROBADO
1	29/05/2020	0	J.C.G.	J.C.G.	A.A.M.	A.F.V.
0	22/01/2020				A.A.M.	A.F.V.



ASPIEGITURARAKO ETA
LURRALDE GARAPENERAKO SAILA
DEPARTAMENTO DE
DE INFRASUTRUCTURAS Y
DESARROLLO TERRITORIAL

LURRALDE GARAPENERAKO
ZUZENDARITZA NAGUSIA
DIRECCION GENERAL DE
DESARROLLO TERRITORIAL

ASPIEGITURAK GARATZEKO
ZUZENDARITZA NAGUSIA
SUBDIRECCION GENERAL DE
INFRASUTRUCTURAS

PLANGINTZAREN ETA
PROIEKTUEN ZERBITZUA
SERVICIO DE PLANEAMIENTO
Y PROYECTOS

EGITAMAIAREN ZUZENDARITZA
DIRECCION DEL PROYECTO

AHOLKULARIA
CONSULTOR
ALEJANDRA FERNÁNDEZ VALLEDOR
Ingeniera de caminos, canales y puertos

EGITAMAIAREN TITULUA / TÍTULO DEL PROYECTO
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA BI-20 EN EL
TRAMO PK 6+800 - PK 8+150 SENTIDO DERIO PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONGESTIÓN Y FAVORECER
LA ACCESIBILIDAD A OTROS MODOS DE TRANSPORTE: CONEXIÓN CON EL AEROPUERTO

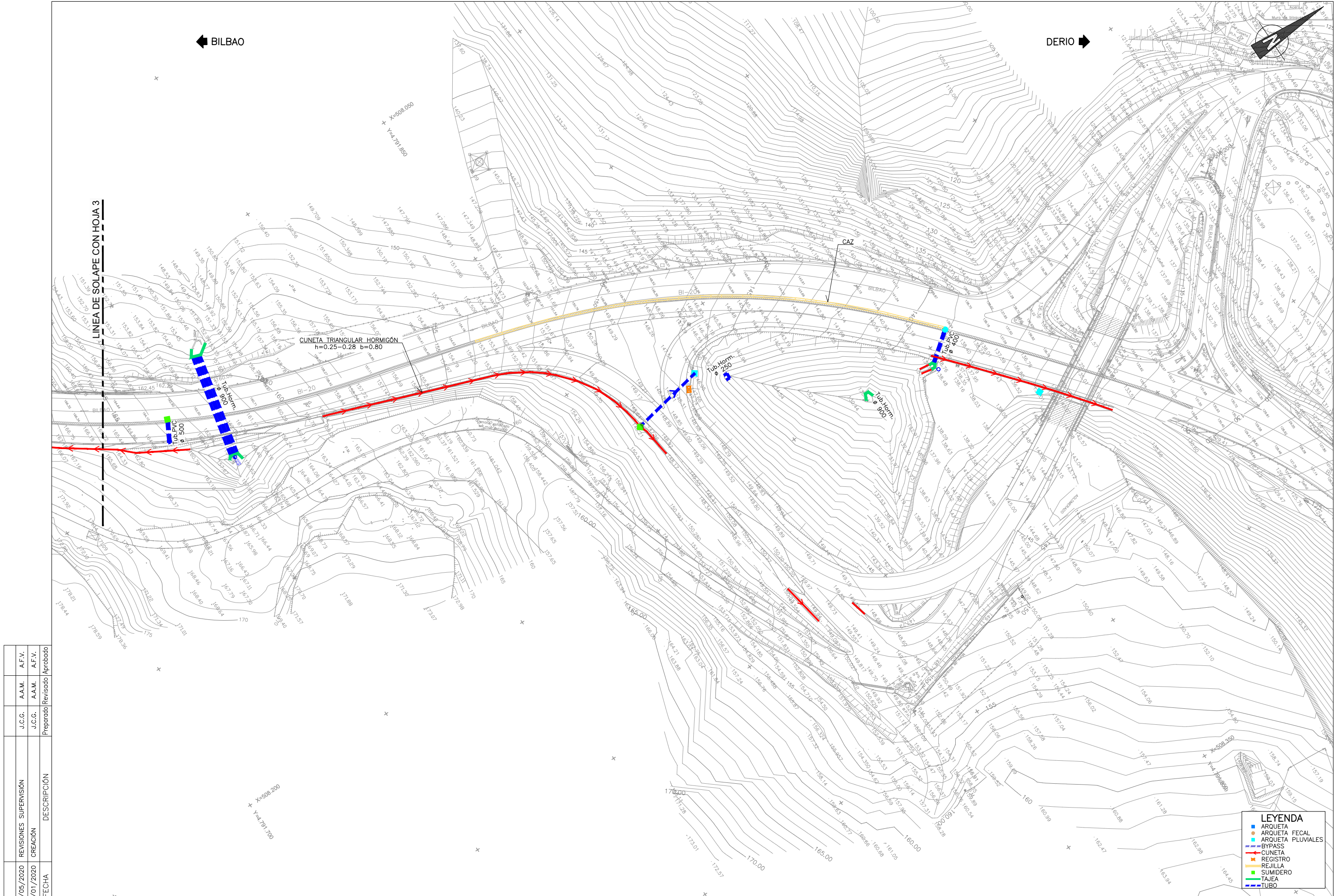
GAKOA
CLAVE
MAYO 2020

IZENDURA / DESIGNACIÓN
ANEJO 5
PLANTA DRENAJE EXISTENTE

ESKALA (K)
ESCALA (S)
1:500
ORIGINAL UNE A1

Z⁸⁰⁰ / N°
A-05

4 TIK 2 ORRIA
HOJA 2 DE 4



REV.	REVISIONES SUPERVISIÓN		FECHA	DESCRIPCIÓN	Preparado	Revisado	Aprobado
	1	0					
	29/05/2020	22/01/2020					
	J.C.G.	J.C.G.					
	A.A.M.	A.A.M.					
	A.F.V.	A.F.V.					



ASPIEGITURAKO ETA LURRALDE GARAPENERAKO SAILA
DEPARTAMENTO DE DE INFRAESTRUCTURAS Y DESARROLLO TERRITORIAL

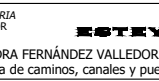
LURRALDE GARAPENERAKO ZUZENDARIITZA NAGUSIA
DIRECCION GENERAL DE DESARROLLO TERRITORIAL

ASPIEGITURAK GARATZEKO ZUZENDARIORDETZA NAGUSIA
SUBDIRECCION GENERAL DE DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURAS

PLANGINTZAREN ETA PROIEKTUEN ZERBITZUA
SERVICIO DE PLANEAMIENTO Y PROYECTOS

EGITAMAIAREN ZUZENDARIITZA
DIRECCION DEL PROYECTO

AHOLKULARIA CONSULTOR
ALEJANDRA FERNÁNDEZ VALLEDOR
Ingeniera de caminos, canales y puertos



EGITAMAIAREN TITULUA / TÍTULO DEL PROYECTO
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA BI-20 EN EL TRAMO PK 6+800 - PK 8+150 SENTIDO DERIO PARA LA REDUCIÓN DE LA CONGESTIÓN Y FAVORECER LA ACCESIBILIDAD A OTROS MODOS DE TRANSPORTE: CONEXIÓN CON EL AEROPUERTO

GAKOA CLAVE
DATA MAYO 2020

IZENDURA / DESIGNACIÓN
ANEJO 5
PLANTA DRENAJE EXISTENTE

ESKALA (K) ESCALA (S)
1:500
ORIGINAL UNE A1

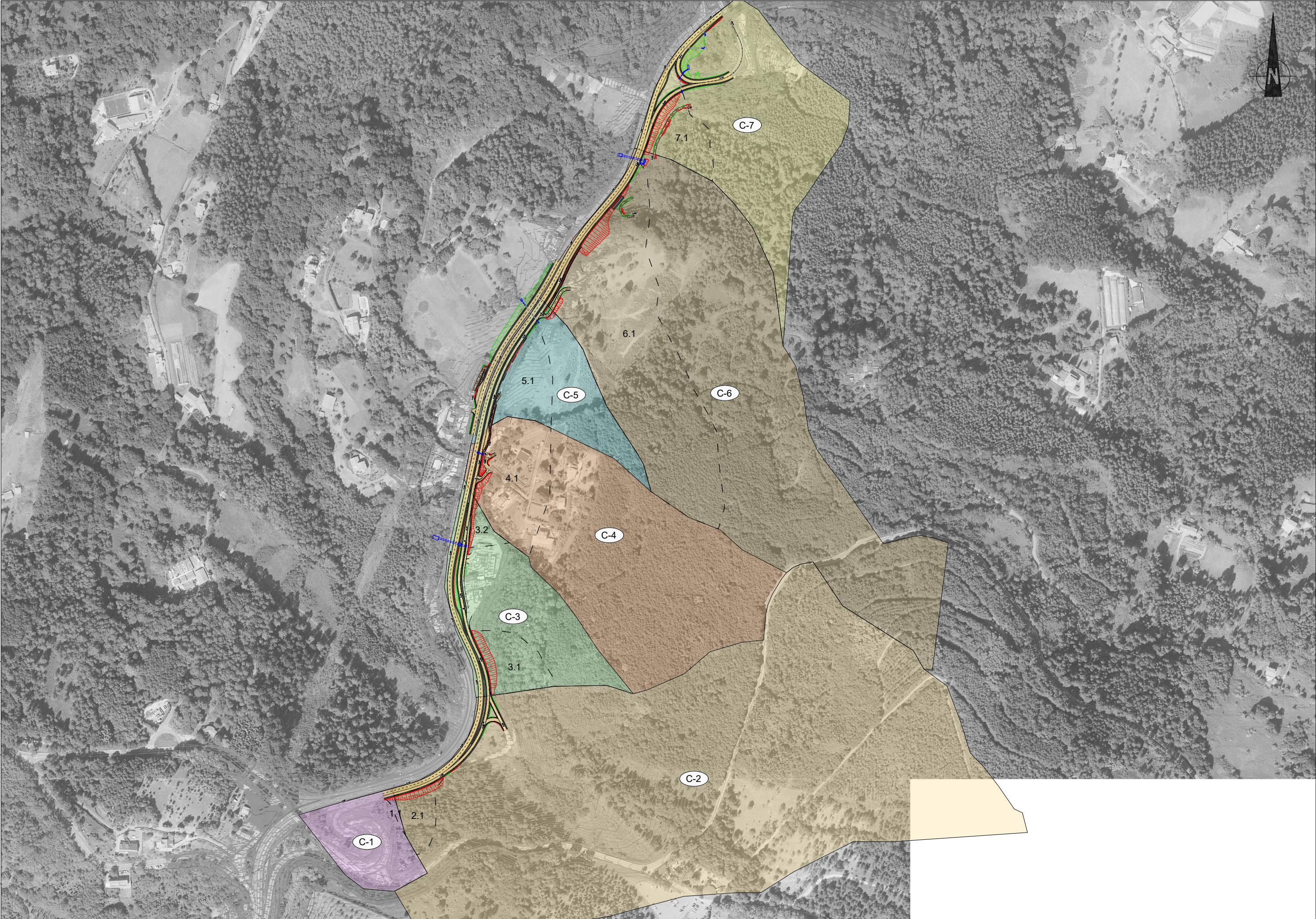
Z^ºº / N^º
A-05

4 TIK 4 ORRIA
HOJA 4 DE 4

APÉNDICE Nº 2.

PLANO DE CUENCAS NATURALES

REV.	FECHA		DESCRIPCIÓN	REVISIONES SUPERVISIÓN		J.C.G.	A.A.M.		A.F.V.
	1	0		29/05/2020	22/01/2020		J.C.G.	A.A.M.	
1	0								



APÉNDICE Nº 3.

AJUSTES ESTADÍSTICOS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24h

AJUSTES DE GUMBEL

Estación: 1052

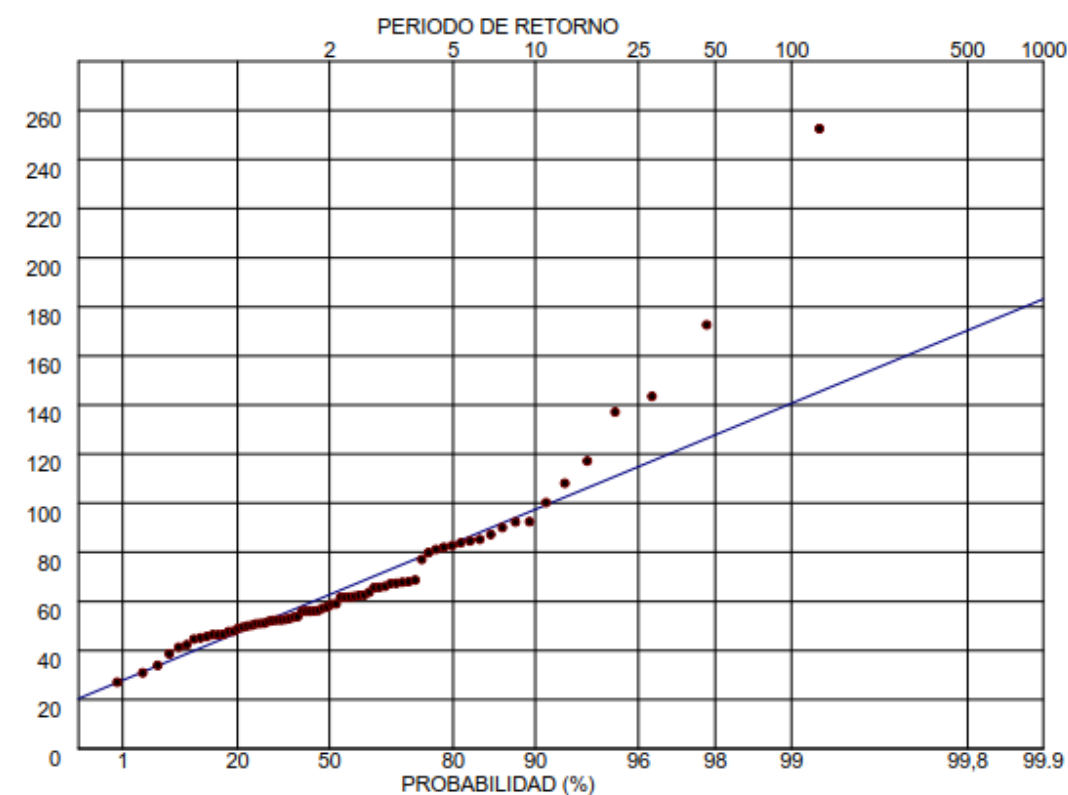
Numero de datos= 72			
DATOS	ORDENADO	PROBABILIDAD	
50.	1	27.	.0075
62.	2	31.	.0216
52.	3	34.	.0355
62.	4	39.	.0494
53.	5	41.	.0632
173.	6	42.	.0771
117.	7	45.	.0910
51.	8	45.	.1048
51.	9	46.	.1187
45.	10	46.	.1326
50.	11	46.	.1464
137.	12	47.	.1603
57.	13	48.	.1742
57.	14	48.	.1880
45.	15	49.	.2019
144.	16	50.	.2158
77.	17	50.	.2296
56.	18	50.	.2435
67.	19	51.	.2573
47.	20	51.	.2712
65.	21	51.	.2851
59.	22	52.	.2989
64.	23	52.	.3128
62.	24	52.	.3267
52.	25	52.	.3405
56.	26	53.	.3544
56.	27	53.	.3683
59.	28	54.	.3821
51.	29	54.	.3960
100.	30	55.	.4099
62.	31	56.	.4237
52.	32	56.	.4376
62.	33	56.	.4515
53.	34	56.	.4653
56.	35	57.	.4792
253.	36	58.	.4931
67.	37	59.	.5069
66.	38	59.	.5208
54.	39	62.	.5347
52.	40	62.	.5485
49.	41	62.	.5624
92.	42	62.	.5763
46.	43	62.	.5901
54.	44	63.	.6040
69.	45	64.	.6179
55.	46	66.	.6317
56.	47	66.	.6456
45.	48	66.	.6595
54.	49	67.	.6733
65.	50	67.	.6872
41.	51	68.	.7011
66.	52	68.	.7149
46.	53	69.	.7288
39.	54	77.	.7427
31.	55	80.	.7565
63.	56	81.	.7704
34.	57	82.	.7842
46.	58	83.	.7981
53.	59	84.	.8120
55.	60	85.	.8258
Numero de datos= 72			
DATOS	ORDENADO	PROBABILIDAD	
93.	61	85.	.8397
90.	62	87.	.8536
105.	63	90.	.8674
27.	64	92.	.8813
51.	65	93.	.8952
55.	66	100.	.9090
50.	67	105.	.9229
52.	68	117.	.9368
50.	69	137.	.9506
66.	70	144.	.9645
45.	71	173.	.9784
42.	72	253.	.9922

ESTIMAS MAXIMA VEROSIMILITUD FUNCION GUMBEL
X0 = 55.89 ALFA= 18.417

PERIODO RETORNO	PROBABILIDAD NO EXCEDENCIA	VALOR VARIABLE
2.	.50000	63.
5.	.80000	84.
10.	.90000	97.
25.	.96000	115.
50.	.98000	128.
100.	.99000	141.
200.	.99500	153.
500.	.99800	170.
1000.	.99900	183.
2000.	.99950	196.
5000.	.99980	213.
10000.	.99990	226.
20000.	.99995	238.

Ley: Gumbel

Método: Máxima verosimilitud (ML)



AJUSTES SQRT

Estación: 1052

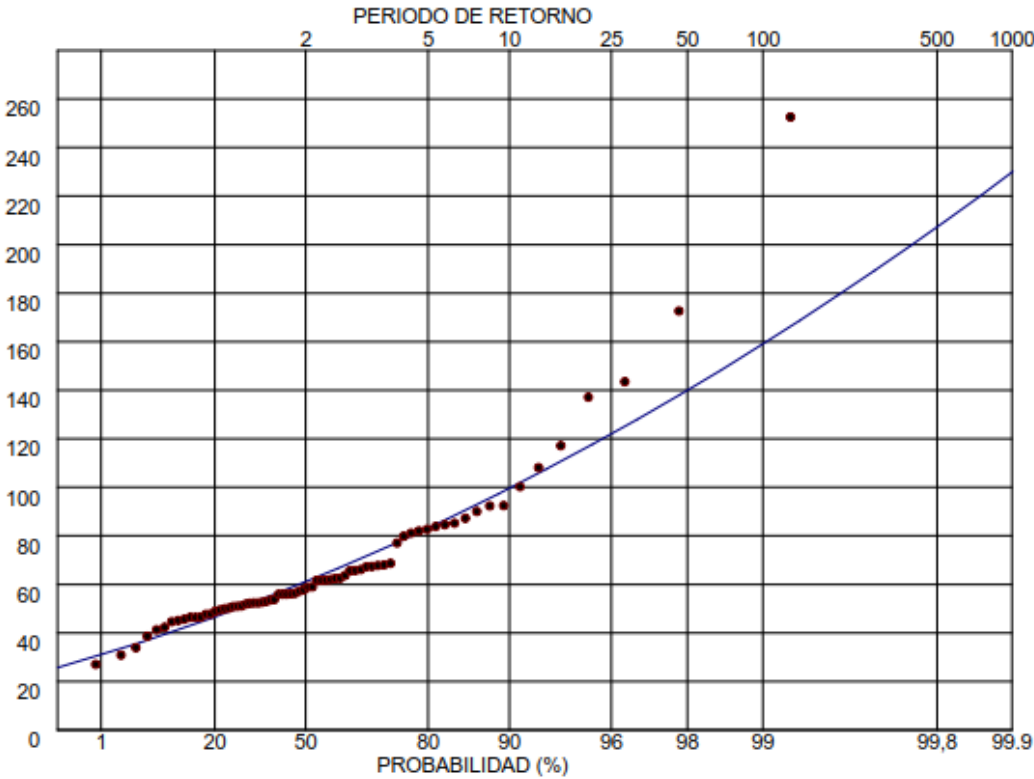
Numero de datos= 72			
DATOS	ORDENADO	PROBABILIDAD	
=====			
50. 1	27. .0075		
62. 2	31. .0216		
52. 3	34. .0355		
62. 4	39. .0494		
53. 5	41. .0632		
173. 6	42. .0771		
117. 7	45. .0910		
51. 8	45. .1048		
51. 9	46. .1187		
45. 10	46. .1326		
50. 11	46. .1464		
137. 12	47. .1603		
57. 13	48. .1742		
57. 14	48. .1880		
45. 15	49. .2019		
144. 16	50. .2158		
77. 17	50. .2296		
56. 18	50. .2435		
67. 19	51. .2573		
47. 20	51. .2712		
65. 21	51. .2851		
59. 22	52. .2989		
64. 23	52. .3128		
62. 24	52. .3267		
52. 25	52. .3405		
56. 26	53. .3544		
56. 27	53. .3683		
59. 28	54. .3821		
51. 29	54. .3960		
100. 30	56. .4099		
62. 31	56. .4237		
52. 32	56. .4376		
62. 33	56. .4515		
53. 34	56. .4653		
56. 35	57. .4792		
253. 36	58. .4931		
67. 37	59. .5069		
66. 38	59. .5208		
54. 39	62. .5347		
52. 40	62. .5485		
49. 41	62. .5624		
92. 42	62. .5763		
46. 43	62. .5901		
54. 44	63. .6040		
69. 45	64. .6179		
55. 46	66. .6317		
56. 47	66. .6456		
45. 48	66. .6595		
54. 49	67. .6733		
65. 50	67. .6872		
41. 51	68. .7011		
66. 52	68. .7149		
46. 53	69. .7288		
39. 54	77. .7427		
31. 55	80. .7565		
63. 56	81. .7704		
34. 57	82. .7842		
46. 58	83. .7981		
53. 59	84. .8120		
55. 60	85. .8258		
Numero de datos= 72			
DATOS	ORDENADO	PROBABILIDAD	
=====			
93. 61	85. .8397		
90. 62	87. .8536		
105. 63	90. .8674		
27. 64	92. .8813		
51. 65	93. .8952		
55. 66	100. .9090		
50. 67	105. .9229		
52. 68	117. .9368		
50. 69	137. .9506		
66. 70	144. .9645		
45. 71	173. .9784		
42. 72	253. .9922		

ESTIMAS MAXIMA VEROSIMILITUD FUNCION SQRT
LANDA= 161.15 BETA= .946

PERIODO RETORNO	PROBABILIDAD NO EXCEDENCIA	VALOR RESULTANTE
2.	.50000	61.
5.	.80000	83.
10.	.90000	100.
25.	.96000	122.
50.	.98000	140.
100.	.99000	159.
200.	.99500	179.
500.	.99800	207.
1000.	.99900	230.
2000.	.99950	253.
5000.	.99980	287.
10000.	.99990	311.
20000.	.99995	341.

Ley: SQRT

Método: Máxima verosimilitud (ML)



APÉNDICE Nº 4.

CALCULO DE CAUDALES

PARAMETROS MORFOMÉTRICOS CUENCAS

ID CUENCA	Tipo de Cuenca	Superficie		Cota Máx	Cota Mín	Long. Cauce (m)	Pendiente	t _c (horas) Cuenca Principal	t _{dif} (min) Cuenca Secundaria	t _c (horas) Cuenca Secundaria	t _c (horas)	K _t	K _A
		(m²)	(ha)				m/m						
1	Secundaria	16.815,00	1,682	270,00	245,00	146,0	0,171		11,40	0,19	0,19	1,01	1,00
2	Principal	283.549,14	28,355	381,00	235,00	789,0	0,185	0,35			0,35	1,02	1,00
3	Secundaria	41.534,75	4,153	270,00	210,00	380,0	0,158		23,27	0,39	0,39	1,02	1,00
4	Principal	98.612,01	9,861	300,00	203,00	544,3	0,178	0,26			0,26	1,01	1,00
5	Secundaria	27.092,70	2,709	245,00	188,00	316,0	0,180		29,95	0,50	0,50	1,03	1,00
6	Principal	181.888,13	18,189	346,00	160,00	900,9	0,206	0,37			0,37	1,02	1,00
7	Principal	67.579,00	6,758	235,00	140,00	514,8	0,185	0,25	25,49	0,42	0,42	1,02	1,00
2,1	Secundaria	4.811,00	0,481	271,22	238,38	98,0	0,335		8,42	0,14	0,14	1,01	1,00
3,1	Secundaria	7.668,00	0,767	255,00	221,00	102,0	0,333		8,57	0,14	0,14	1,01	1,00
4,1	Secundaria	18.196,00	1,820	225,00	195,00	254,0	0,118		15,45	0,26	0,26	1,01	1,00
5,1	Secundaria	9.481,00	0,948	215,00	187,00	106,0	0,264		9,14	0,15	0,15	1,01	1,00
6,1	Secundaria	60.360,00	6,036	275,00	157,00	259,0	0,456		11,74	0,20	0,20	1,01	1,00
7,1	Secundaria	7.936,00	0,794	183,00	148,21	118,0	0,295		9,33	0,16	0,16	1,01	1,00

INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

ID CUENCA	Tipo de Cuenca	t _c (horas)	K _t	K _A	P _d * K _A								I ₁ /I _d Figura 2.4	F _a = F _{int}	I(T,t)							
					P' 2	P' 5	P' 10	P' 25	P' 50	P' 100	P' 200	P' 500			T= 2 años	T= 5 años	T= 10 años	T= 25 años	T= 50 años	T= 100 años	T= 200 años	T= 500 años
1	Secundaria	0,19	1,01	1,00	61,	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	21,06	53,52	72,83	87,75	107,05	122,84	139,52	157,06	181,63
2	Principal	0,35	1,02	1,00	61,	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	15,77	40,07	54,52	65,69	80,14	91,96	104,44	117,58	135,97
3	Secundaria	0,39	1,02	1,00	61,	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	14,87	37,80	51,43	61,96	75,59	86,75	98,52	110,91	128,26
4	Principal	0,26	1,01	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	18,05	45,88	62,43	75,22	91,77	105,31	119,60	134,65	155,71
5	Secundaria	0,50	1,03	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	13,07	33,22	45,20	54,45	66,43	76,23	86,58	97,47	112,72
6	Principal	0,37	1,02	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	15,14	38,49	52,38	63,10	76,99	88,34	100,33	112,95	130,62
7	Principal	0,42	1,02	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	14,20	36,09	49,10	59,16	72,17	82,82	94,06	105,89	122,46
2	Secundaria	0,14	1,01	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	24,23	61,60	83,81	100,98	123,19	141,37	160,55	180,75	209,02
3	Secundaria	0,14	1,01	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	24,04	61,11	83,15	100,18	122,21	140,25	159,28	179,31	207,36
4	Secundaria	0,26	1,01	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	18,22	46,30	63,00	75,90	92,60	106,26	120,68	135,86	157,11
5	Secundaria	0,15	1,01	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	23,34	59,33	80,73	97,26	118,66	136,17	154,65	174,10	201,33
6	Secundaria	0,20	1,01	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	20,77	52,79	71,83	86,54	105,58	121,16	137,60	154,91	179,14
7	Secundaria	0,16	1,01	1,00	61	83,00	100,00	122,00	140,00	159,00	179,00	207,00	9,00	23,12	58,76	79,96	96,33	117,53	134,87	153,17	172,44	199,41

UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Codigo	P ₀ ⁱ	P ₀ (β ^{PM})								P ₀ (β ^{DT})							
		2	5	10	25	50	100	200	500	2	5	10	25	50	100	200	500
12200	1	0,44	0,54	0,61	0,69	0,76	0,80	0,88	0,93	0,33	0,41	0,46	0,52	0,57	0,60	0,66	0,70
23100	18	7,99	9,72	11,02	12,42	13,72	14,47	15,88	16,74	5,99	7,29	8,26	9,32	10,29	10,85	11,91	12,56
31300	31	13,76	16,74	18,97	21,39	23,62	24,92	27,34	28,83	10,32	12,56	14,23	16,04	17,72	18,69	20,51	21,62
13300	8	3,55	4,32	4,90	5,52	6,10	6,43	7,06	7,44	2,66	3,24	3,67	4,14	4,57	4,82	5,29	5,58

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (I)

P ₀ (β ^{PM})								C (β ^{PM})							
2	5	10	25	50	100	200	500	2	5	10	25	50	100	200	500
0,44	0,54	0,61	0,69	0,76	0,80	0,88	0,93	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7,99	9,72	11,02	12,42	13,72	14,47	15,88	16,74	0,59	0,62	0,64	0,67	0,68	0,70	0,71	0,74
13,76	16,74	18,97	21,39	23,62	24,92	27,34	28,83	0,40	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52	0,53	0,56
3,55	4,32	4,90	5,52	6,10	6,43	7,06	7,44	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (Ii)

P ₀ (β ^{DT})								C (β ^{DT})							
2	5	10	25	50	100	200	500	2	5	10	25	50	100	200	500
0,33	0,41	0,46	0,52	0,57	0,60	0,66	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5,99	7,29	8,26	9,32	10,29	10,85	11,91	12,56	0,68	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81
10,32	12,56	14,23	16,04	17,72	18,69	20,51	21,62	0,50	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,66
2,66	3,24	3,67	4,14	4,57	4,82	5,29	5,58	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	

RESUMEN CAUDALES

ID CUENCA	Superficie		K _t	I(T,t)								C (β ^{DT})								Q en drenaje de la autovía (m³/s)							
	(m²)	(km²)		T= 2 años	T= 5 años	T= 10 años	T= 25 años	T= 50 años	T= 100 años	T= 200 años	T= 500 años	2	5	10	25	50	100	200	500	2	5	10	25	50	100	200	500
1	6726	0,01	1,01	53,52	72,83	87,75	107,05	122,84	139,52	157,06	181,63	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,14	0,16	0,20	0,23	0,26	0,30	0,34
	4203,75	0,00	1,01	53,52	72,83	87,75	107,05	122,84	139,52	157,06	181,63	0,68	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,04	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17
	5885,25	0,01	1,01	53,52	72,83	87,75	107,05	122,84	139,52	157,06	181,63	0,50	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,66	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20
																				0,187	0,262	0,321	0,399	0,462	0,534	0,604	0,713
2	14177,45703	0,01	1,02	40,07	54,52	65,69	80,14	91,96	104,44	117,58	135,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,16	0,22	0,26	0,32	0,37	0,42	0,47	0,54
	42532,37108	0,04	1,02	40,07	54,52	65,69	80,14	91,96	104,44	117,58	135,97	0,68	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,33	0,47	0,58	0,73	0,84	0,98	1,11	1,32
	226839,3124	0,23	1,02	40,07	54,52	65,69	80,14	91,96	104,44	117,58	135,97	0,50	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,66	1,28	1,87	2,35	3,00	3,52	4,17	4,75	5,76
																				1,764	2,560	3,188	4,050	4,735	5,566	6,340	7,627
3	6230,2125	0,01	1,02	37,80	51,43	61,96	75,59	86,75	98,52	110,91	128,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,23
	2076,7375	0,00	1,02	37,80	51,43	61,96	75,59	86,75	98,52	110,91	128,26	0,68	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
	33227,8	0,03	1,02	37,80	51,43	61,96	75,59	86,75	98,52	110,91	128,26	0,50	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,66	0,18	0,26	0,33	0,42	0,49	0,58	0,66	0,80
																				0,259	0,372	0,461	0,583	0,680	0,796	0,906	1,085
4	9861,20059	0,01	1,01	45,88	62,43	75,22	91,77	105,31	119,60	134,65	155,71	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	0,43
	4930,600295	0,00	1,01	45,88	62,43	75,22	91,77	105,31	119,60	134,65	155,71	0,68	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17
	83820,20502	0,08	1,01	45,88	62,43	75,22	91,77	105,31	119,60	134,65	155,71	0,50	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,66	0,54	0,79	0,99	1,26	1,48	1,75	2,00	2,42
																				0,707	1,024	1,273	1,614	1,886	2,215	2,521	3,030
5	270,92696	0,00	1,03	33,22	45,20	54,45	66,43	76,23	86,58	97,47	112,72	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	10837,0784	0,01	1,03	33,22	45,20	54,45	66,43	76,23	86,58	97,47	112,72	0,68	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,07	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,28
	15984,69064	0,02	1,03	33,22	45,20	54,45	66,43	76,23	86,58	97,47	112,72	0,50	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,66	0,08	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25	0,28	0,34
																				0,148	0,214	0,266	0,337	0,394	0,462	0,526	0,631
6	1818,881312	0,00	1,02	38,49	52,38	63,10	76,99	88,34	100,33	112,95	130,62	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07
	54566,43936	0,05	1,02	38,49	52,38	63,10	76,99	88,34	100,33	112,95	130,62	0,68	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,40	0,58	0,71	0,90	1,04	1,21	1,38	1,64
	125502,8105	0,13	1,02	38,49	52,38	63,10	76,99	88,34	100,33	112,95	130,62	0,50	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,66	0,68	1,00	1,25	1,60	1,88	2,22	2,53	3,07
																				1,104	1,602	1,995	2,534	2,963	3,482	3,966	4,769
7	675,790006	0,00	1,02	36,09	49,10	59,16	72,17	82,82	94,06	105,89	122,46	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
	20273,70018	0,02	1,02	36,09	49,10	59,16	72,17	82,82	94,06	105,89	122,46	0,68	0,71	0,73	0,75	0,76	0,78	0,79	0,81	0,14	0,20	0,25	0,31	0,36	0,42	0,48	0,57
	46629,51041	0,05	1,02	36,09	49,10	59,16	72,17	82,82	94,06	105,89	122,46	0,50	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,66	0,24	0,35	0,44	0,56	0,66	0,78	0,88	1,07
																				0,386	0,560	0,697	0,886	1,036	1,217	1,386	1,667

RESUMEN CAUDALES SUBCUENCAS

ID CUENCA	Superficie		K _t	I(T,t)								C (β ^{PM})								Q en ramales y vías de servicio (m³/s)							
	(m²)	(km²)		T= 2 años	T= 5 años	T= 10 años	T= 25 años	T= 50 años	T= 100 años	T= 200 años	T= 500 años	2	5	10	25	50	100	200	500	2	5	10	25	50	100	200	500
2,1	4.437,00	0,00	1,01	61,60	83,81	100,98	123,19	141,37	160,55	180,75	209,02	0,40	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52	0,53	0,56	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,15
2,1	374,00	0,00	1,01	61,60	83,81	100,98	123,19	141,37	160,55	180,75	209,02	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
																			Q Total	0,035	0,053	0,066	0,085	0,100	0,119	0,136	0,166
3,1	7.264,00	0,01	1,01	61,11	54,52	65,69	80,14	91,96	104,44	117,58	135,97	0,40	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52	0,53	0,56	0,049	0,048	0,061	0,079	0,093	0,111	0,127	0,156
3,1	404,00	0,00	1,01	61,11	54,52	65,69	80,14	91,96	104,44	117,58	135,97	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,006	0,005	0,006	0,008	0,009	0,010	0,012	0,014
																				0,055	0,053	0,067	0,087	0,102	0,121	0,139	0,170
4,1	18.026,00	0,02	1,01	46,30	63,00	75,90	92,60	106,26	120,68	135,86	157,11	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,192	0,269	0,329	0,408	0,472	0,543	0,614	0,721
	170,00	0,00	1,01	46,30	63,00	75,90	92,60	106,26	120,68	135,86	157,11	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,006	0,007
																				0,194	0,272	0,332	0,412	0,477	0,549	0,620	0,728
5,1	9.377,00	0,01	1,01	59,33	80,73	97,26	118,66	136,17	154,65	174,10	201,33	0,59	0,62	0,64	0,67	0,68	0,70	0,71	0,74	0,092	0,133	0,165	0,209	0,244	0,286	0,326	0,391
	1.695,00	0,00	1,01	52,79	71,83	86,54	105,58	121,16	137,60	154,91	179,14	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,025	0,034	0,041	0,050	0,057	0,065	0,073	0,085
	104,00	0,00	1,01	59,33	80,73	97,26	118,66	136,17	154,65	174,10	201,33	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	0,005	0,005
																				0,118	0,169	0,208	0,262	0,305	0,356	0,404	0,481
6,1	35.539,00	0,04	1,01	52,79	71,83	86,54	105,58	121,16	137,60	154,91	179,14	0,40	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52	0,53	0,56	0,21	0,31	0,39	0,51	0,60	0,72	0,82	1,01
	22.655,00	0,02	1,01	52,79	71,83	86,54	105,58	121,16	137,60	154,91	179,14	0,59	0,62	0,64	0,67	0,68	0,70	0,71	0,74	0,20	0,28	0,35	0,45	0,52	0,61	0,70	0,84
	875,00	0,00	1,01	52,79	71,83	86,54	105,58	121,16	137,60	154,91	179,14	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
	1.176,00	0,00	1,01	52,79	71,83	86,54	105,58	121,16	137,60	154,91	179,14	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
	115,00	0,00	1,01	52,79	71,83	86,54	105,58	121,16	137,60	154,91	179,14	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
																				0,433	0,635	0,795	1,016	1,192	1,409	1,608	1,948
7,1	7.001,00	0,01	1,01	58,76	79,96	96,33	117,53	134,87	153,17	172,44	199,41	0,40	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52	0,53	0,56	0,045	0,068	0,086	0,111	0,131	0,157	0,180	0,220
	323,00	0,00	1,01	58,76	79,96	96,33	117,53	134,87	153,17	172,44	199,41	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,004	0,006	0,007	0,009	0,011	0,012	0,014	0,016
	113,00	0,00	1,01	58,76	79,96	96,33	117,53	134,87	153,17	172,44	199,41	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006
	334,00	0,00	1,01	58,76	79,96	96,33	117,53	134,87	153,17	172,44	199,41	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,005	0,007	0,009	0,011	0,013	0,014	0,016	0,019
																				0,057	0,084	0,105	0,135	0,159	0,188	0,215	0,262

APÉNDICE N° 5.

COMPROBACIÓN DRENAJE EXISTENTE

OBRA DRENAJE EJE 1 PK 517.229

Tipo de obra de drenaje:

Tubos

nº de tubos en paralelo:

1

diámetro (m):

1.80

longitud del tubo (m):

30.29

pendiente (m/m):

0.0590

nº de Manning del tubo (m):

0.017

coeficiente Ke de pérdidas:

0.40

caudal de cálculo (m³/s):

0.68

♦ Número de Manning en la obra de drenaje:

Hormigón en bruto (n=0.017)

♦ Coeficiente Ke de pérdidas en la embocadura:

De hormigón, conformado al talud del relleno (Ke=0.7)

♦ Régimen uniforme en la obra de drenaje:

calado uniforme (m):	0.22
calado crítico (m):	0.39
velocidad (m/s):	3.82
nº de Froude:	3.14

Características del cauce aguas abajo:

☐ Este calado impuesto aguas abajo

ancho en la base (m):

2.00

taludes (xH:1V):

1.00

pendiente (m/m):

0.0590

nº de Manning equivalente:

0.025

♦ Régimen uniforme en el cauce aguas abajo:

calado uniforme (m):	0.13
calado crítico (m):	0.22
velocidad (m/s):	2.37
nº de Froude:	2.13

♦ RESULTADOS:

♦ Funcionamiento de la obra de drenaje:

Clase:	I
Tipo:	3
Entrada:	Libre
Control:	Entrada
Profundidad aguas arriba (m):	0.59
Calado aguas abajo (m):	0.13
Velocidad máx. en la obra (m/s):	3.82
Velocidad a la salida (m/s):	3.82

OBRA DRENAJE EJE 1 PK 657

Profundidad aguas arriba (m):	1,33
Calado aguas abajo (m):	0,14
Velocidad máx. en la obra (m/s):	4,72
Velocidad a la salida (m/s):	4,72

Tubos

nº de tubos en paralelo:

1

diámetro (m):

1,20

longitud del tubo (m):

25,97

pendiente (m/m):

0,0366

nº de Manning del tubo (m):

0,017

coeficiente K_e de pérdidas:

0,40

caudal de cálculo (m³/s):

2,21

♦ Número de Manning en la obra de drenaje:

Hormigón en bruto (n=0.017)

♦ Coeficiente K_e de pérdidas en la embocadura:

De hormigón, conformado al talud del relleno (K_e=0.7)

♦ Régimen uniforme en la obra de drenaje:

calado uniforme (m):	0,52
calado crítico (m):	0,82
velocidad (m/s):	4,72
nº de Froude:	2,40

Características del cauce aguas abajo:

☐ Existe calado impuesto aguas abajo

ancho en la base (m):

10,00

taludes (xH:1V):

1,00

pendiente (m/m):

0,0200

nº de Manning equivalente:

0,025

♦ Régimen uniforme en el cauce aguas abajo:

calado uniforme (m):	0,14
calado crítico (m):	0,17
velocidad (m/s):	1,52
nº de Froude:	1,29

♦ RESULTADOS:

♦ Funcionamiento de la obra de drenaje:

Clase:	I
Tipo:	3
Entrada:	Libre
Control:	Entrada

OBRA DRENAJE EJE 1 PK 881

Tubos

Tipo de obra de drenaje:

nº de tubos en paralelo:

1

diámetro (m):

0,80

longitud del tubo (m):

40,00

pendiente (m/m):

0,1000

nº de Manning del tubo (m):

0,017

coeficiente Ke de pérdidas:

0,40

caudal de cálculo (m³/s):

0,46

♦ Número de Manning en la obra de drenaje:

Hormigón en bruto (n=0.017)

♦ Coeficiente Ke de pérdidas en la embocadura:

De hormigón, conformado al talud del relleno (Ke=0.7)

♦ Régimen uniforme en la obra de drenaje:

calado uniforme (m):0,21

calado crítico (m):0,41

velocidad (m/s):4,52

nº de Froude:3,78

Características del cauce aguas abajo:

☐ Existe calado impuesto aguas abajo

ancho en la base (m):

10,00

taludes (xH:1V):

1,00

pendiente (m/m):

0,0200

nº de Manning equivalente:

0,025

♦ Régimen uniforme en el cauce aguas abajo:

calado uniforme (m):0,06

calado crítico (m):0,06

velocidad (m/s):0,82

nº de Froude:1,11

♦ RESULTADOS:

♦ Funcionamiento de la obra de drenaje:

Clase:

I

Tipo:

3

Entrada:

Libre

Control:

Entrada

Profundidad aguas arriba (m):	0,63
Calado aguas abajo (m):	0,06
Velocidad máx. en la obra (m/s):	4,52
Velocidad a la salida (m/s):	4,52

OBRA DRENAJE EJE 1 PK 1+158

Tipo de obra de drenaje:

Tubos

nº de tubos en paralelo:

1

diámetro (m):

1.80

longitud del tubo (m):

27.50

pendiente (m/m):

0.0545

nº de Manning del tubo (m):

0.017

coeficiente Ke de pérdidas:

0.40

caudal de cálculo (m³/s):

3.48

♦ Número de Manning en la obra de drenaje:

Hormigón en bruto (n=0.017)

♦ Coeficiente Ke de pérdidas en la embocadura:

De hormigón, conformado al talud del relleno (Ke=0.7)

♦ Régimen uniforme en la obra de drenaje:

calado uniforme (m):	0.50
calado crítico (m):	0.92
velocidad (m/s):	6.01
nº de Froude:	3.20

Características del cauce aguas abajo:

☐ Existe calado impuesto aguas abajo

ancho en la base (m):

2.00

taludes (xH:1V):

1.00

pendiente (m/m):

0.0590

nº de Manning equivalente:

0.025

♦ Régimen uniforme en el cauce aguas abajo:

calado uniforme (m):	0.36
calado crítico (m):	0.61
velocidad (m/s):	4.15
nº de Froude:	2.38

♦ RESULTADOS:

♦ Funcionamiento de la obra de drenaje:	
Clase:	I
Tipo:	3
Entrada:	Libre
Control:	Entrada
Profundidad aguas arriba (m):	1.43
Calado aguas abajo (m):	0.36
Velocidad máx. en la obra (m/s):	6.01
Velocidad a la salida (m/s):	6.01

OBRA DRENAJE EJE 10 PK 0+131

Tubos

Tipo de obra de drenaje:

nº de tubos en paralelo:

1

diámetro (m):

0,60

longitud del tubo (m):

9,95

pendiente (m/m):

0,0800

nº de Manning del tubo (m):

0,017

coeficiente Ke de pérdidas:

0,40

caudal de cálculo (m³/s):

0,19

♦ Número de Manning en la obra de drenaje:

Hormigón en bruto (n=0.017)

♦ Coeficiente Ke de pérdidas en la embocadura:

De hormigón, conformado al talud del relleno (Ke=0.7)

♦ Régimen uniforme en la obra de drenaje:

calado uniforme (m):

0,15

calado crítico (m):

0,28

velocidad (m/s):

3,33

nº de Froude:

3,22

Características del cauce aguas abajo:

☐ Existe calado impuesto aguas abajo

ancho en la base (m):

10,00

taludes (xH:1V):

1,00

pendiente (m/m):

0,0200

nº de Manning equivalente:

0,025

♦ Régimen uniforme en el cauce aguas abajo:

calado uniforme (m):

0,03

calado crítico (m):

0,03

velocidad (m/s):

0,58

nº de Froude:

1,02

♦ RESULTADOS:

♦ Funcionamiento de la obra de drenaje:

Clase: I

Tipo:	3
Entrada:	Libre
Control:	Entrada
Profundidad aguas arriba (m):	0,43
Calado aguas abajo (m):	0,03
Velocidad máx. en la obra (m/s):	3,33
Velocidad a la salida (m/s):	3,33

APÉNDICE N° 6.

JUSTIFICACIÓN HIDRÁULICA DEL DRENAJE LONGITUDINAL

JUSTIFICACIÓN HIDRAULICA CUNETAS

Aportacion	Eje	PK inicial	PK final	Margen	L	A	i	Q	Cuneta										Desague
					Km	Km2	Unita.	m3/s	h (m)	b (m)	Calado (m)	Secc (m2)	Pm (m)	Rh (m)	Vel (m/s)	n	Froude	Suficiencia	
SC 2,1	1	0	160	Derecha	0,160	0,000	0,1000	0,085	0,5	1	0,176	0,031	0,497	0,062	2,76	0,018	2,97	Si	Conexión drenaje existente tubo 250
SC 3,1	2	150	250	Derecha	0,100	0,000	0,0730	0,087	0,5	1	0,188	0,035	0,532	0,067	2,46	0,018	2,56	Si	Conexión a colector entre calzada y vía de servicio
SC 4,1	2	370	515	Derecha	0,145	0,018	0,0600	0,412	0,5	1	0,349	0,122	0,988	0,124	3,38	0,018	2,58	Si	A obra de drenaje
SC 5,1	2	515	590	Derecha	0,075	0,018	0,0600	0,262	0,5	1	0,295	0,087	0,834	0,104	3,01	0,018	2,51	Si	A colector longitudinal
SC 6,1	1	920	1120	Derecha	0,200	0,060	0,0990	1,016	0,5	1	0,446	0,199	1,262	0,158	5,10	0,018	3,45	Si	A cuneta y a obra de drenaje existente
SC 7,1	11	20	130	Derecha	0,110	0,008	0,0050	0,135	0,5	1	0,366	0,134	1,006	0,130	1,01	0,018	0,75	Si	A arqueta rejilla y tubo de desagüe.

JUSTIFICACIÓN HIDRAULICA CAZ Y CALCULO DE CAUDALES

P.K. INICIAL	PK FINAL			L	Calzada	A	i	Po	I/Id	Pd	Tc	I	C	k	Caudal
		Margen	Eje	Km	m	Km2	Unita.	mm	Adim.	mm	h	mm/h	Adim.	Adim.	m3/s
512	656	Calz izq margen derecha	1	0,144	9,000	0,00130	0,0610	1,0	9,0	122,00	0,089	151,0	0,992	1,0	0,054
656,7	878	Calz Izq margen derecha	1	0,221	9,000	0,00199	0,0850	1,0	9,0	122,00	0,101	143,0	0,992	1,0	0,079

P.K. inicial	Pk final	Margen	L	Colector	Caudal	Calado	Sección mojada	Llenado	Velocidad
			Km	Ø(mm)	m3/s	(m)	(m2)	%	(m/s)
512	656	Calz izq margen derecha	144	200	0,054	0,152	0,026	81,32	2,114
657	878	Calz Izq margen derecha	221	300	0,079	0,13	0,029	41,418	2,698

JUSTIFICACIÓN HIDRAULICA COLECTORES

Colector	Pendiente	Caudal	Calado	Sección mojada	Llenado	Velocidad
Ø(mm)	m/m	m3/s	(m)	(m2)	%	(m/s)
300	0,02	0,09	0,225	0,057	80	1,584
300	0,01	0,064	0,225	0,057	80	1,12
400	0,02	0,194	0,3	0,101	80	1,919
600	0,02	0,403	0,449	0,227	80	1,777

N Manning 0.018