PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE GASTEIZ A ZABALGANA: RAMAL ALDAIA

ANEJO Nº8. CLIMATOLOGÍA Y DRENAJE

IDOM

NOVIEMBRE 2025

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 6
2. CLIMATOLOGÍA 7
2.1. ASPECTOS GENERALES CLIMÁTICOS 7
2.2. DATOS CLIMÁTICOS 8
2.2.1. Análisis de las temperaturas 9
2.2.2. Análisis de las precipitaciones 12
2.2.3. Análisis del resto de variables 14
2.2.3.1. Análisis de la humedad 14
2.2.3.2. Análisis de días de nieve 15
2.2.3.3. Análisis de días de tormenta 15
2.2.3.4. Análisis de días de niebla 16
2.2.3.5. Análisis de días de helada 17
2.2.3.6. Análisis de días despejados 18
2.3. ÍNDICES CLIMÁTICOS 20
2.3.1. Índice de Aridez de Martonne 20
2.3.2. Índice de Köppen 20
2.3.3. Índice termopluviométrico de Dantín-Revenga 22
2.3.4. Índice de pluviosidad de Lang 22
2.4. CLIMOGRAMAS O DIAGRAMAS DE TERMOHIETAS 23
2.5. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE WALTER GAUSSEN 24
2.6. DÍAS APROVECHABLES PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 24
2.6.1. Limitaciones climáticas de las unidades de trabajo en obra 25
2.6.2. Número de días con temperaturas mínimas 26
2.6.3. Número de días con precipitaciones 26
2.6.4. Días laborables según convenio de construcción 27
2.6.5. Cálculo de días aprovechables para la ejecución de las obras 28
3. HIDROLOGÍA 30
3.1. MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS 30
3.2. METODOLOGÍA 31
3.2.1. Período de retorno 31
3.2.2. Intensidad de precipitación 31
3.2.3. Método de cálculo del caudal 33
3.2.3.1. Coeficiente de uniformidad 33
3.2.3.2. Tiempo de concentración 33
3.2.3.3. Coeficiente de escorrentía 34
4. DRENAJE 36

4.1. SECCIONES TIPO 36
4.1.1. Sistema de drenaje con plataforma para vía en césped (carril 54E1) 36
4.1.2. Sistema de drenaje con plataforma para vía con revestimiento impermeable (carril 60R2) 36
4.2. CÁLCULOS HIDRÁULICOS 38
4.2.1. Arquetas 38
4.3. PUNTOS BAJOS E INJERTOS A LA RED DE PLUVIALES 38
4.3.1. Ejes A1 y A2 38
ANEXO 1. PUNTOS BAJOS E INJERTOS 40
ANEXO 2. COMPROBACIONES HIDRÁULICAS 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la estación meteorológica Foronda-Txokiza. 7
Figura 2. Temperatura media mensual/anual. 10
Figura 3. Temperatura mensual/anual de las temperaturas máximas diarias. 11
Figura 4. Temperatura mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias. 12
Figura 5. Conjunto de las temperaturas mensual/anual en Foronda-Txokiza. 12
Figura 6. Precipitación mensual/anual media. 13
Figura 7. Número de días de precipitación superior o igual a 1mm. 13
Figura 8. Humedad relativa media. 14
Figura 9. Número medio de días de nieve. 15
Figura 10. Número medio de días de tormenta. 16
Figura 11. Número medio de días de niebla. 16
Figura 12. Número medio de días de helada. 17
Figura 13. Número medio de días despejados. 18
Figura 14. Número medio de horas de sol. 18
Figura 15. Termohietas en Vitoria-Gasteiz. 23
Figura 16. Ombrotérmico en Vitoria-Gasteiz. 24
Figura 17. Calendario laboral 2024 del convenio de la construcción de Álava. 27
Figura 18. Hoja 3-1. Precipitaciones máximas diarias. 30
Figura 19. Mapa del índice de torrencialidad. 32
Figura 20. Regiones para caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía. 34
Figura 21. Valores correspondientes a calibraciones regionales. 35
Figura 22. Drenaje en plataforma para vía en césped. 36
Figura 23. Drenaje en plataforma para con revestimiento impermeable. 37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos estaciones climatológicas de Vitoria-Gasteiz. 8
Tabla 2. Valores climáticos obtenidos en la estación climatológica de Foronda-Txokiza. 8
Tabla 3. Valores extremos climáticos obtenidos en la estación climatológica de Foronda Txokiza. 9
Tabla 4. Temperatura media mensual/anual. 10
Tabla 5. Temperatura mensual/anual de las temperaturas máximas diarias. 11
Tabla 6. Temperatura mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias. 12
Tabla 7. Datos estación climatológica de Foronda. 13
Tabla 8. Número de días con precipitación superior o igual a 1mm. 14
Tabla 9. Humedad relativa media. 14
Tabla 10. Número medio de días de nieve. 15
Tabla 11. Número medio de días de tormenta. 16
Tabla 12. Número medio de días de niebla. 17
Tabla 13. Número medio de días de helada. 17
Tabla 14. Número medio de días despejados. 18
Tabla 15. Número medio de horas de sol. 19
Tabla 16. Índice final de Aridez de Martonne. 20
Tabla 17. Valores para Clasificación de aridez de Martonne. 20
Tabla 18. Índice final de Köppen. 21
Tabla 19. Valores para Clasificación del índice de Köppen. 21
Tabla 20. Índice final de termopluviométrico. 22
Tabla 21. Valores para Clasificación índice termopluviométrico. 22
Tabla 22. Índice final de pluviosidad de Lang. 23
Tabla 23. Valores para Clasificación índice de pluviosidad de Lang. 23
Tabla 24. Días del mes con temperaturas de 0ºC, 5ºC y 10ºC. 26
Tabla 25. Días del mes con precipitaciones de 1mm y 10mm. 26
Tabla 26. Días laborales por mes y Cf. 27
Tabla 27. Coeficientes de reducción. 28
Tabla 28. Coeficientes de reducción por material. 28
Tabla 29. Coeficientes de reducción totales por material. 28
Tabla 30. Días aprovechables para la ejecución de las obras. 29
Tabla 31. Valores de las precipitaciones máximas. 30
Tabla 32. Precipitación máxima diaria en Vitoria-Gasteiz. 30
Tabla 33. Precipitación máxima diaria en Vitoria-Gasteiz. 32
Tabla 34. Puntos altos y bajos de los ejes A1 y A2 del trazado. 39
Tabla 35. Puntos bajos e injertos en el eje A1 del trazado. 41

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es el de obtener las soluciones de drenaje específicas para el Proyecto Constructivo de la Ampliación del Tranvía de Gasteiz a Zabalgana: Ramal Aldaia a partir de los estudios de climatología e hidrología. De esta forma, se va a realizar un análisis detallado de los datos climáticos locales, incluyendo patrones de precipitación, de temperatura, de humedad, entre otros, así como un estudio de las características hidrológicas del área de influencia.

Este análisis permitirá identificar las máximas precipitaciones que los colectores deberán de recoger de la vía y sus alrededores y otros eventos relaciones con el agua que puedan afectar a la infraestructura del tranvía. En base a la información obtenida, se diseñarán y propondrán los sistemas de drenaje adaptados a las necesidades específicas de la plataforma del tranvía.

Estas soluciones estarán destinadas a gestionar de manera eficiente las aguas pluviales y superficiales, asegurando la estabilidad y seguridad de la infraestructura en todas las condiciones climáticas y de flujo hidrológico. Por ende, se considerarán medidas de mitigación y prevención, así como técnicas de gestión de aguas pluviales, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad y resiliencia del sistema de drenaje a lo largo del tiempo.

Para la redacción del presente anejo se han tenido en cuenta las siguientes normativas y documentos:

- REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- Datos de la Agencia Española de Meteorología (AEMET).
- “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”. Ministerio de Fomento.
- Norma ADIF Plataforma NAP 1-2-0.3 “Climatología, Hidrología y Drenaje”. Julio 2015.
- Instrucción de Carreteras 5.2-IC “Drenaje Superficial”. Febrero 2016.
- Ortofotos obtenidas del PNOA.
- Cartografía base de proyecto de Anejo 2. Cartografía y topografía.
- Mapas topográficos del Instituto Geográfico Nacional, escalas 1:50.000 y 1:25.000.
- SIOSE Sistema de Información sobre Ocupación de Suelo en España. Escala 1/25.000.
- Mapa de permeabilidades de España a escala 1:200.000. IGME.

2. CLIMATOLOGÍA

En el presente apartado se van a caracterizar y contextualizar los patrones climáticos presentes en la región de la ciudad de Vitoria-Gasteiz en donde se va a llevar a cabo el presente Proyecto Constructivo. Este análisis abarca una variedad de elementos, tales como la temperatura, la precipitación, la humedad y demás factores climáticos relevantes.

La recopilación y la evaluación de dichos factores climáticos son fundamentales para comprender el entorno en el que se desarrollará el sistema de drenaje del tranvía, permitiendo diseñar soluciones adecuadas y efectivas que puedan hacer frente a las condiciones climáticas de la zona.

2.1. ASPECTOS GENERALES CLIMÁTICOS

La capital alavesa se encuentra en la Comunidad Autónoma del País Vasco, a una altitud de unos 525 metros sobre el nivel del mar, viéndose influenciada por su ubicación geográfica y su relativa proximidad al mar Cantábrico.

Este clima se caracteriza por inviernos con temperaturas suaves y veranos moderadamente cálidos, con una distribución relativamente uniforme de la precipitación a lo largo de todo el año. Los inviernos suelen ser más frescos, con una temperatura media de 5ºC, mientras que los veranos son templados, con una temperatura media de 17ºC.

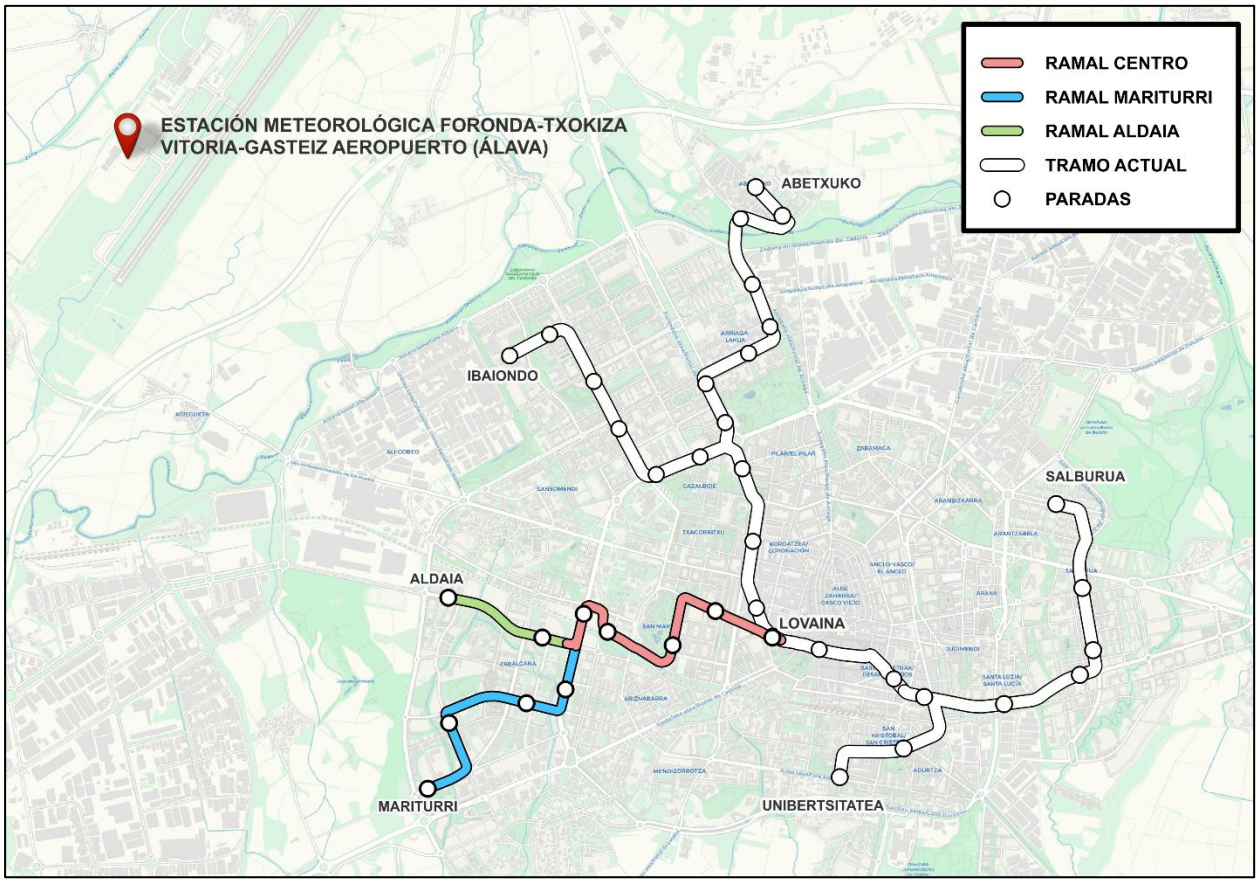

Figura 1. Localización de la estación meteorológica Foronda-Txokiza.

Para el estudio climatológico en donde se ubica el Proyecto Constructivo de la Ampliación del Tranvía de Vitoria-Gasteiz a Zabalgana, se ha recurrido a la estación meteorológica del Aeropuerto de Foronda

principalmente, teniendo en cuenta la estación Vitoria-Gasteiz Aeropuerto, que presentan los siguientes datos:

Estación	Ind. Climat.	Período	Altitud (m)	Latitud	Longitud
Foronda-Txokiza	9091O	1981-2010	513	42° 52' 55" N	2° 44' 6" O
Vitoria-Gasteiz Aeropuerto	9091R	2011-Actualidad	513	42° 52' 19" N	2° 43' 58" O

Tabla 1. Datos estaciones climatológicas de Vitoria-Gasteiz.

Debido a su ubicación, la capital alavesa experimenta lluvias durante todo el año, siendo más frecuentes durante los meses de otoño e invierno. En cuanto a los vientos predominantes, suelen de venir del oeste y del noroeste.

2.2. DATOS CLIMÁTICOS

Los datos climáticos representan elementos fundamentales para comprender las condiciones atmosféricas en una región específica. Al desglosar estos datos en subíndices como temperaturas, precipitaciones, humedad, nieve, entre otros, se obtiene una visión detallada del clima local. Estos subíndices son clave para la predicción del clima, la gestión de recursos y la planificación urbana.

A raíz de estas mediciones realizadas a lo largo de los años en los que la estación meteorológica lleva en funcionamiento, se han obtenido los siguientes valores meteorológicos:

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	4,9	8,7	1,2	75	83	10,4	2,8	0,1	5,4	12,1	1,6	83
Febrero	5,7	10,3	1,1	63	79	9,5	3,4	0,2	4,7	11,5	1,7	108
Marzo	8,2	13,7	2,7	63	72	8,4	1,6	0,8	3,5	7,3	2,5	148
Abril	9,8	15,4	4,1	73	72	11,2	0,9	2,1	3	2,9	2	163
Mayo	13,3	19,3	7,2	70	71	9,2	0,1	4,5	2,9	0,4	1,4	196
Junio	16,6	23	10,2	43	70	6	0	3,9	3,4	0	2,7	218
Julio	19	25,7	12,3	38	70	4,1	0	3,6	3,3	0	3,9	244
Agosto	19,2	25,9	12,5	39	70	4,6	0	3,5	4,7	0	2,7	226
Septiembre	16,6	23,1	10,1	41	72	6,3	0	2	6,1	0	3	178
Octubre	12,9	18,3	7,5	71	77	9,3	0	1	6,2	0,7	1,7	144
Noviembre	8,2	12,4	4	91	82	10,5	0,9	0,4	5,3	4,8	1,5	92
Diciembre	5,5	9,1	1,9	82	84	10,5	1,7	0,4	5	9,8	1,5	75
Anual	**11,7**	**17,1**	**6,2**	**749**	**75**	**100**	**11**	**22,5**	**53,5**	**49,5**	**26,2**	**156**

Tabla 2. Valores climáticos obtenidos en la estación climatológica de Foronda-Txokiza.

En donde:

- **T** Temperatura media mensual/anual (ºC).
- **TM** Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (ºC).
- **Tm** Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (ºC).
- **R** Precipitación mensual/anual media (mm).
- **H** Humedad relativa media (%).
- **DR** Número medio mensual/anual de días de precipitación superior igual a 1 mm.
- **DN** Número medio mensual/anual de días de nieve.
- **DT** Número medio mensual/anual de días de tormenta.
- **DF** Número medio mensual/anual de días de niebla.
- **DH** Número medio mensual/anual de días de helada.
- **DD** Número medio mensual/anual de días despejados.
- **I** Número medio mensual/anual de horas de sol.

En esta exploración, se analizará la importancia y el análisis de cada uno de estos elementos climáticos más relevantes mostrados en la

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	4,9	8,7	1,2	75	83	10,4	2,8	0,1	5,4	12,1	1,6	83
Febrero	5,7	10,3	1,1	63	79	9,5	3,4	0,2	4,7	11,5	1,7	108
Marzo	8,2	13,7	2,7	63	72	8,4	1,6	0,8	3,5	7,3	2,5	148
Abril	9,8	15,4	4,1	73	72	11,2	0,9	2,1	3	2,9	2	163
Mayo	13,3	19,3	7,2	70	71	9,2	0,1	4,5	2,9	0,4	1,4	196
Junio	16,6	23	10,2	43	70	6	0	3,9	3,4	0	2,7	218
Julio	19	25,7	12,3	38	70	4,1	0	3,6	3,3	0	3,9	244
Agosto	19,2	25,9	12,5	39	70	4,6	0	3,5	4,7	0	2,7	226
Septiembre	16,6	23,1	10,1	41	72	6,3	0	2	6,1	0	3	178
Octubre	12,9	18,3	7,5	71	77	9,3	0	1	6,2	0,7	1,7	144
Noviembre	8,2	12,4	4	91	82	10,5	0,9	0,4	5,3	4,8	1,5	92
Diciembre	5,5	9,1	1,9	82	84	10,5	1,7	0,4	5	9,8	1,5	75
Anual	**11,7**	**17,1**	**6,2**	**749**	**75**	**100**	**11**	**22,5**	**53,5**	**49,5**	**26,2**	**156**

Tabla 2.

Por otro lado, se van a mostrar los valores extremos de Vitoria-Gasteiz, los cuales se presentan de la siguiente forma:

Variable	Valor	Fecha
Máx. núm. de días de lluvia en el mes	27	Noviembre 2019
Máx. núm. de días de nieve en el mes	13	Febrero 2005
Máx. núm. de días de tormenta en el mes	12	Mayo 1990
Prec. máx. en un día (l/m2)	93	12 Junio 1977
Prec. mensual más alta (l/m2)	253	Noviembre 2019
Prec. mensual más baja (l/m2)	0.2	Enero 1993
Tem. máx. absoluta (ºC)	40.8	10 Agosto 2012
Tem. media de las máx. más alta (ºC)	30.9	Agosto 2003
Tem. media de las mín. más baja (ºC)	-3.2	Diciembre 2001
Tem. media más alta (ºC)	23.2	Agosto 2003
Tem. media más baja (ºC)	0.9	Enero 1985
Tem. mín. absoluta (ºC)	-17.8	8 Enero 1985

Tabla 3. Valores extremos climáticos obtenidos en la estación climatológica de Foronda Txokiza.

Es importante analizar los valores extremos climatológicos porque proporcionan información crucial sobre la variabilidad y la intensidad de los fenómenos meteorológicos. Los valores extremos, tales como temperaturas máximas y mínimas históricas, precipitaciones intensas, entre otros, pueden tener impactos significativos en diversas áreas.

2.2.1. Análisis de las temperaturas

El estudio previo de las temperaturas en la zona del proyecto es fundamental para comprender la variabilidad climática y sus impactos, permitiendo la evaluación de tendencias a largo plazo, la predicción de eventos climáticos extremos y la planificación de posibles medidas de adaptación.

En primera estancia, se van a analizar las temperaturas medias mensuales a lo largo de los años desde que se tiene constancia de la primera medición. De esta forma, se observa que las temperaturas comienzan en temperaturas bajas y finalizan en temperaturas bajas, correspondiendo a la estación

meteorológica de invierno. Sin embargo, en los meses centrales las temperaturas superan los 19ºC, coincidiendo con los meses de verano.

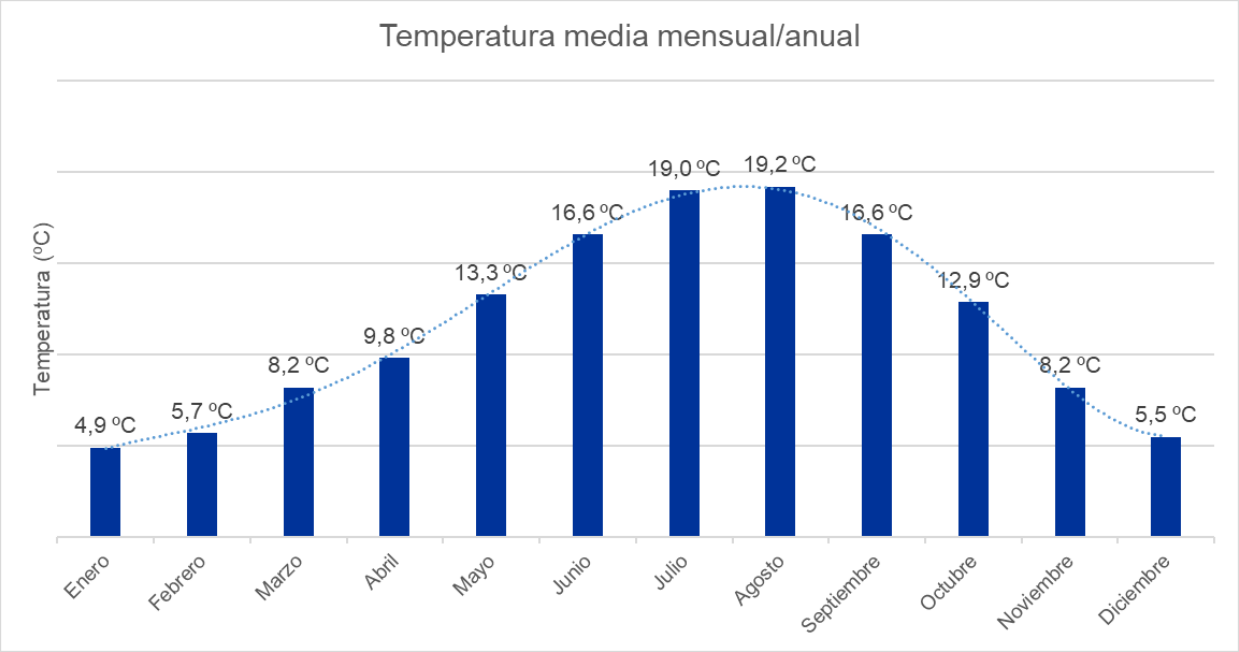

Figura 2. Temperatura media mensual/anual.

Como se observa, la temperatura media mensual más baja se da en el mes de Enero, siendo este el mes más fresco, mientras que, por el contrario, el mes más cálido es Agosto, superando los 19ºC de media.

Temperatura media mensual/anual (ºC)												
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Tª	4,9	5,7	8,2	9,8	13,3	16,6	19	19,2	16,6	12,9	8,2	5,5

Tabla 4. Temperatura media mensual/anual.

Además de la temperatura media mensual, será necesario analizar las temperaturas máximas diarias, siendo un aspecto clave del clima que influye significativamente en nuestras actividades diarias y en el medio ambiente circundantes.

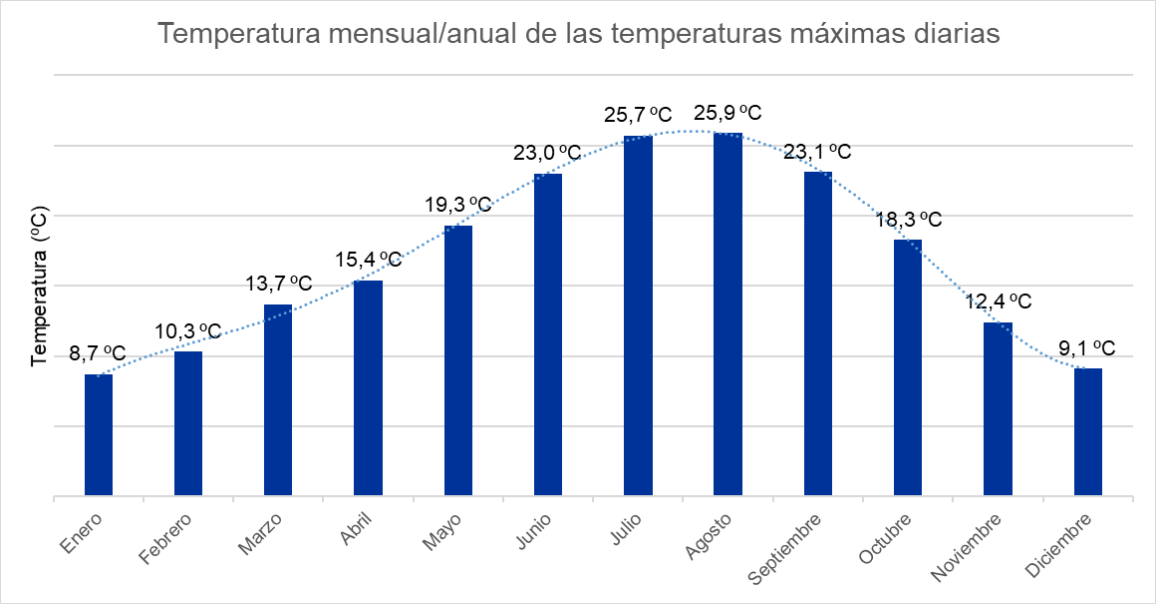

Figura 3. Temperatura mensual/anual de las temperaturas máximas diarias.

Como se observa en la Figura 3 y en la Tabla 5, la temperatura máxima más baja que se ha registrado ha sido en el mes de Enero, mientras que la temperatura máxima más alta se ubica en el mes de agosto, superando los 25ºC.

Temperatura mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (ºC)												
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TM	8,7	10,3	13,7	15,4	19,3	23	25,7	25,9	23,1	18,3	12,4	9,1

Tabla 5. Temperatura mensual/anual de las temperaturas máximas diarias.

Por el contrario, también se han extraído los datos de las temperaturas mínimas diarias mensuales a lo largo de todos los años registrados, que servirá para comparar la diferencia entre las temperaturas mínimas, máximas y medias.

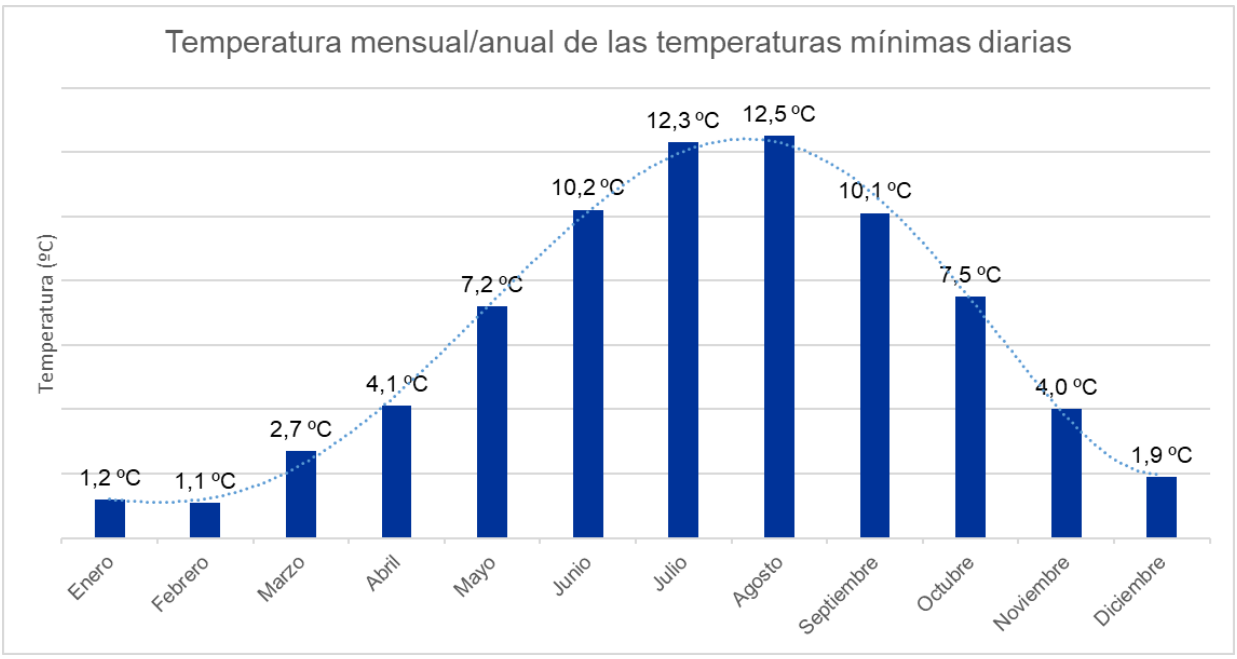

Figura 4. Temperatura mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias.

Temperatura mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (ºC)												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tm	1,2	1,1	2,7	4,1	7,2	10,2	12,3	12,5	10,1	7,5	4	1,9

Tabla 6. Temperatura mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias.

Como se observa, las temperaturas mínimas diarias se han registrado en el mes de enero, aproximándose a 1ºC, mientras que en agosto la temperatura mínima ha superado los 12ºC.

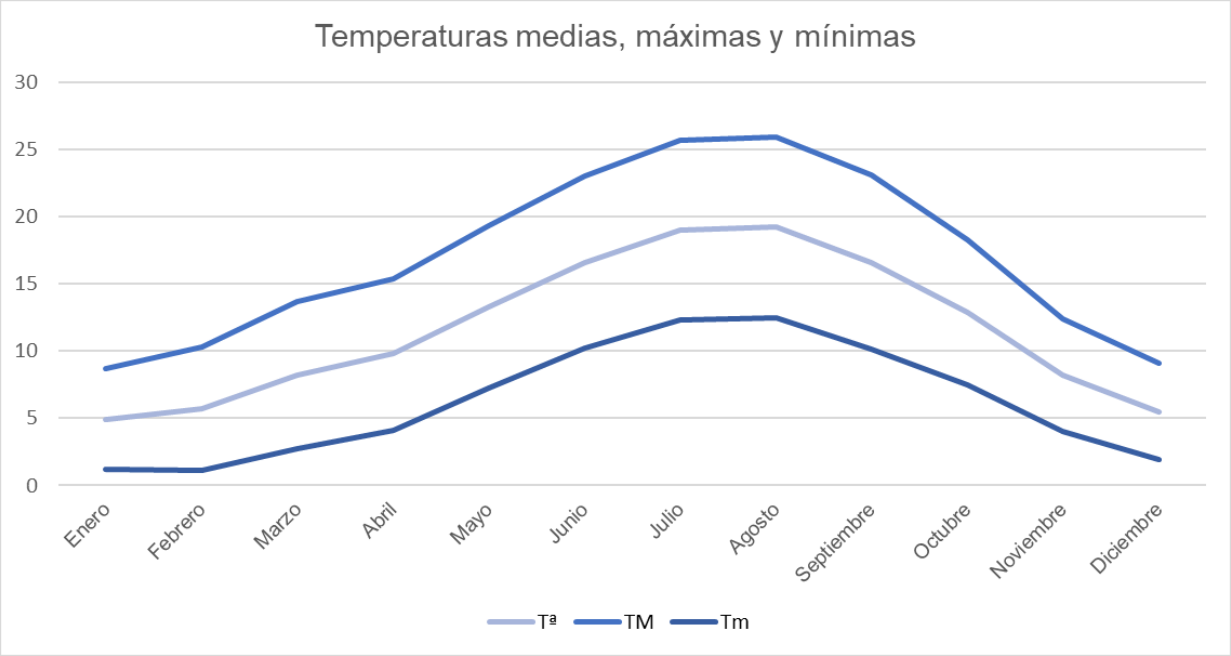

Figura 5. Conjunto de las temperaturas mensual/anual en Foronda-Txokiza.

2.2.2. Análisis de las precipitaciones

En este análisis, es fundamental comprender y analizar los aspectos que involucran a las precipitaciones, por lo que se analizarán dos aspectos: la precipitación media y el número de días con precipitación superior o igual a 1 mm. Estos parámetros son esenciales para evaluar el impacto del clima en la infraestructura tranviaria, tanto en términos de diseño y construcción como en la operación diaria.

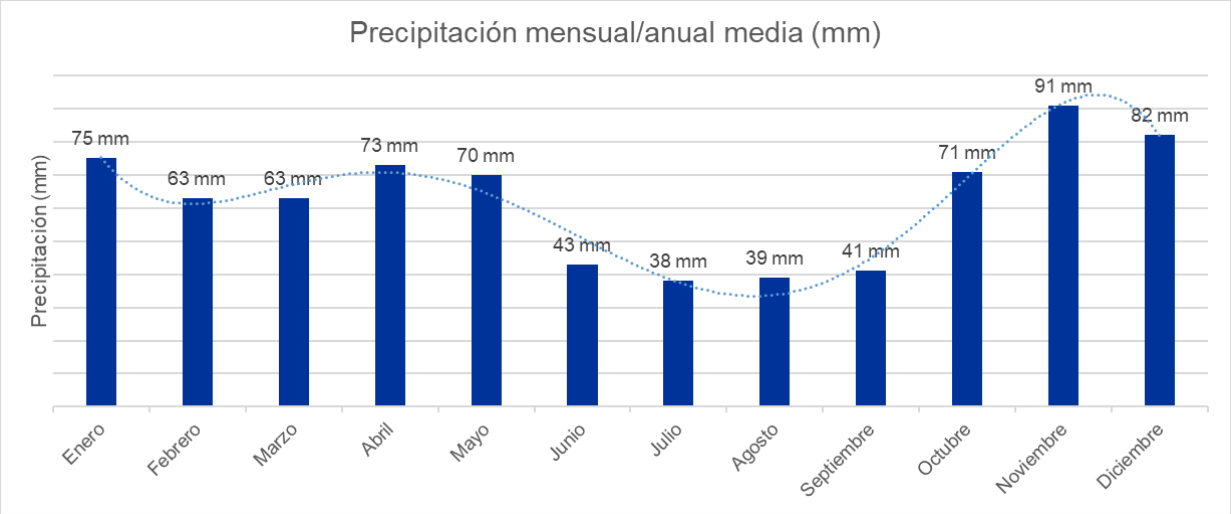

Figura 6. Precipitación mensual/anual media.

Como se observa en el gráfico superior, los meses en donde la precipitación media es mayor son Noviembre, superando los 90 mm, Diciembre y Enero. Por otro lado, los meses que registran una menor precipitación media son Julio y Agosto, en los que no se superan los 40 mm.

Precipitación mensual/anual media (mm)												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
R	75	63	63	73	70	43	38	39	41	71	91	82

Tabla 7. Datos estación climatológica de Foronda.

Además, se va a analizar el número de días en los que la precipitación supere o iguale 1mm, dando las siguientes mediciones:

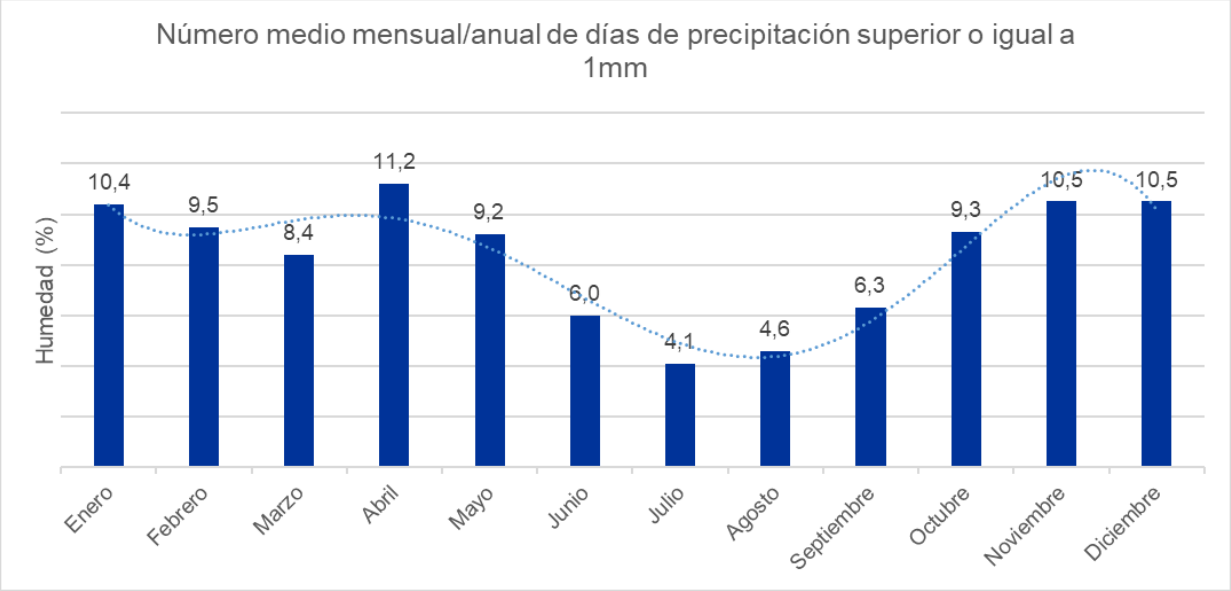

Figura 7. Número de días de precipitación superior o igual a 1mm.

Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1mm												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
DR	10,4	9,5	8,4	11,2	9,2	6	4,1	4,6	6,3	9,3	10,5	10,5

Tabla 8. Número de días con precipitación superior o igual a 1mm.

Como se observa en la Figura 7 y en la Tabla 8, el mes en donde el número medio de días supera o iguala 1 mm es Abril, superando los 11 días con lluvia, seguido por Noviembre, Diciembre y Enero. Por el contrario, el mes en el que menos días se supera o igual 1 mm de precipitaciones es Julio, no llegando a 5 días con lluvia, seguido por Agosto y Junio.

2.2.3. Análisis del resto de variables

A continuación, se expondrán el resto de las variables que se van a analizar, tales como la humedad, los días de nieve, los días de tormenta, los días de niebla, los días de helada y los días despejados.

2.2.3.1. Análisis de la humedad

El estudio de la humedad es primordial y consiste en evaluar la cantidad de vapor de agua presente en la zona más próxima al Proyecto Constructivo. Este análisis se lleva a cabo mediante la medición de la humedad relativa en el entorno, en el que esta pueda influir en el proceso constructivo o futuro.

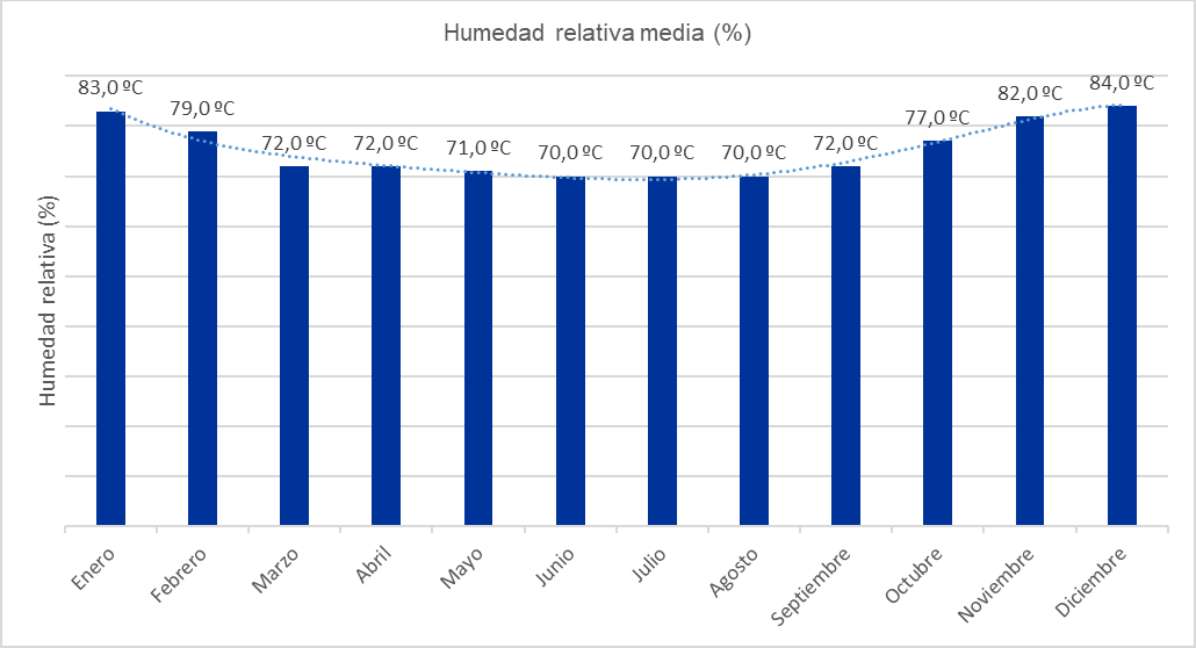

Figura 8. Humedad relativa media.

Como se observa en el gráfico, la humedad hace una especie de parábola, teniendo sus puntos más álgidos en los extremos anuales (enero y diciembre), superando el 83% de humedad en ambos casos. Por otro lado, los valores medios más bajos son los de los meses de verano (Junio, Julio y Agosto), en donde la humedad relativa se establece en el 70%.

Humedad relativa media (%)												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
H	83	79	72	72	71	70	70	70	72	77	82	84

Tabla 9. Humedad relativa media.

Estos datos sirven para comprender mejor las condiciones ambientales de la zona, siendo una medida esencial para evaluar la cantidad de vapor de agua presente en el aire en relación con su capacidad máxima a una temperatura dada.

2.2.3.2. Análisis de días de nieve

Los días de nieve hay que tenerlos en cuenta para comprender la frecuencia y la intensidad de los eventos climáticos que se dan en los meses de invierno, principalmente. Con ellos se puede observar los días que se experimentan nevadas en la región de estudio.

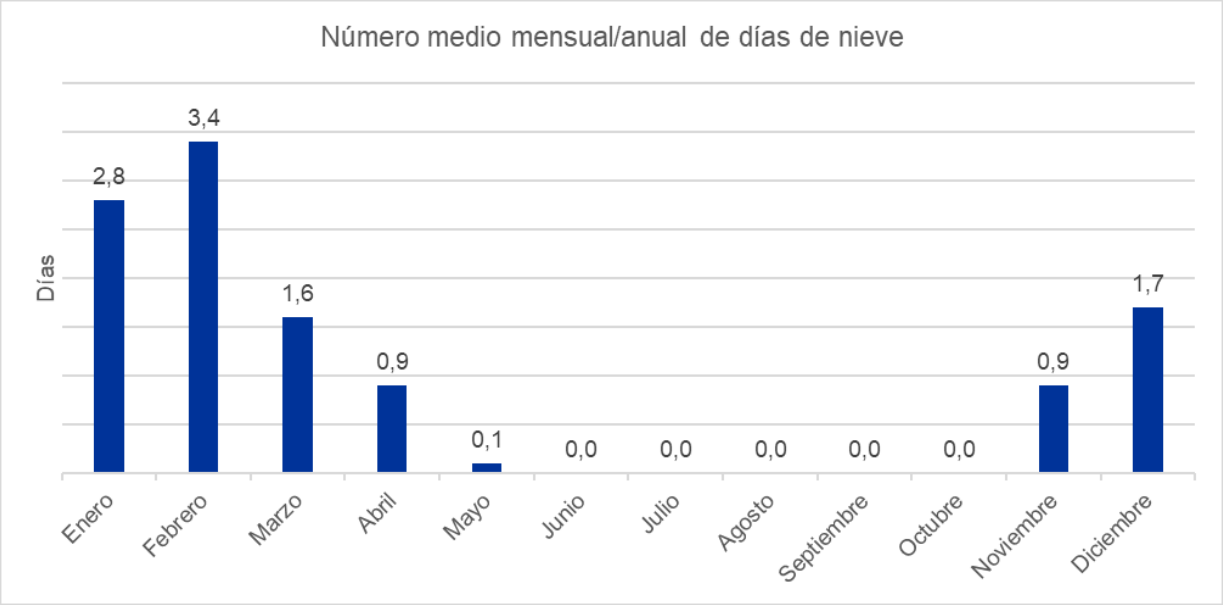

Figura 9. Número medio de días de nieve.

Como se observa en el gráfico superior, la mayor parte de las nevadas se han dado entre Diciembre y Febrero, destacando el número medio de días con nieve que se presentan en los meses de Abril, Noviembre e incluso Mayo.

Número medio mensual/anual de días de nieve												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
H	2,8	3,4	1,6	0,9	0,1	0	0	0	0	0	0,9	1,7

Tabla 10. Número medio de días de nieve.

2.2.3.3. Análisis de días de tormenta

Estos datos resultando fundamentales para comprender la dinámica y los efectos de los fenómenos climáticos adversos. De esta forma, se han contabilizado los siguientes días de tormenta:

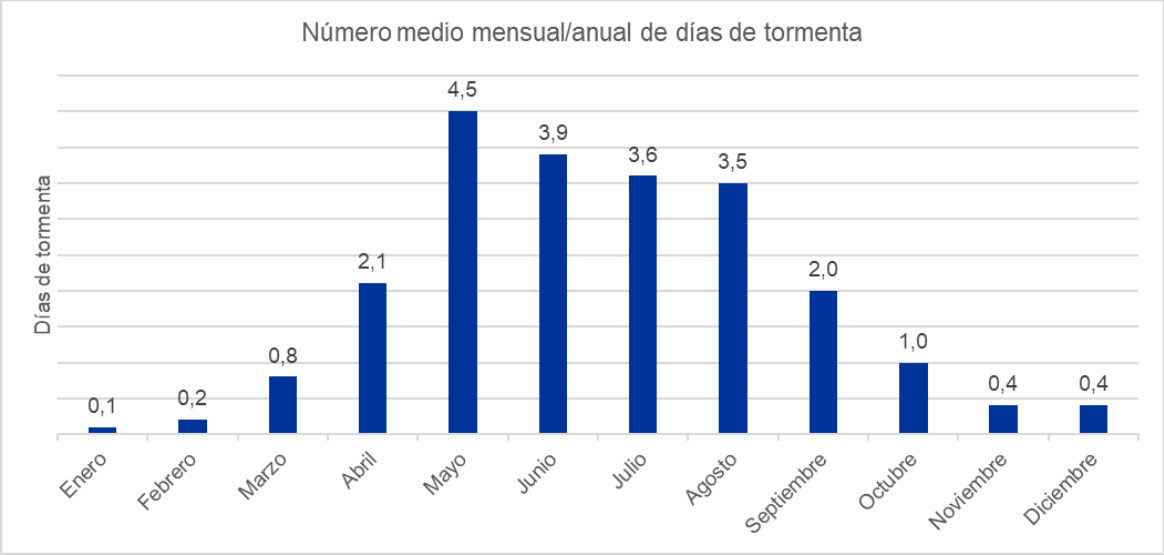

Figura 10. Número medio de días de tormenta.

Número medio mensual/anual de días de tormenta												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
DT	0,1	0,2	0,8	2,1	4,5	3,9	3,6	3,5	2	1	0,4	0,4

Tabla 11. Número medio de días de tormenta.

Como se observa, el mayor número de días con tormentas se da en Junio, con el comienzo del verano, seguido por Julio y Agosto, superando una media de 3 días con tormentas.

2.2.3.4. Análisis de días de niebla

Uno de los elementos a tener en cuenta es la niebla, que es esencial para comprender el impacto en la visibilidad y la seguridad en diversas situaciones. La estación meteorológica del estudio mide el número medio de días de niebla.

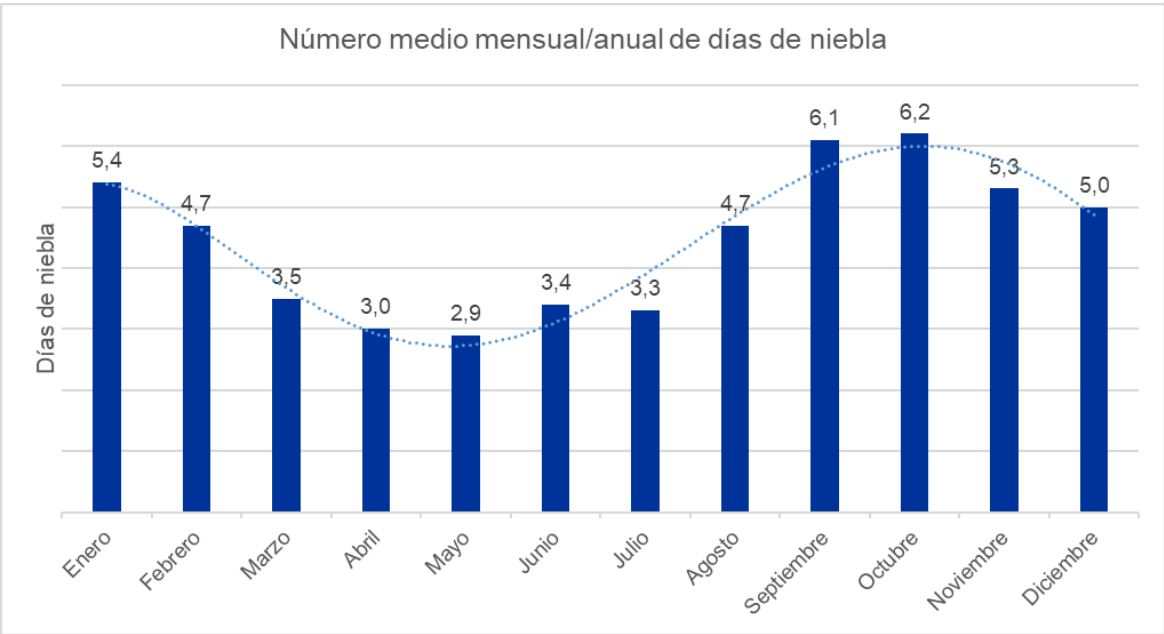

Figura 11. Número medio de días de niebla.

Como se observa, la niebla predomina en todos los meses del año, en mayor o menor medida. Por ejemplo, desde Enero a Septiembre la medición media de los días forma una parábola, teniendo el vértice de esta en Mayo con un valor de 2,9 días de niebla.

Número medio mensual/anual de días de niebla												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
DF	5,4	4,7	3,5	3	2,9	3,4	3,3	4,7	6,1	6,2	5,3	5

Tabla 12. Número medio de días de niebla.

De esta forma, el mes con el mayor número medio de días de niebla es Octubre, con un total de 6,2 días, mientras que el mes con el menor número de días medio de niebla es Mayo, en donde no se llegan a los 3 días de niebla medio.

2.2.3.5. Análisis de días de helada

De la misma forma que el resto de las variables, la helada será una de las que se tendrá que tener en cuenta a priori, dando lugar a la siguiente gráfica:

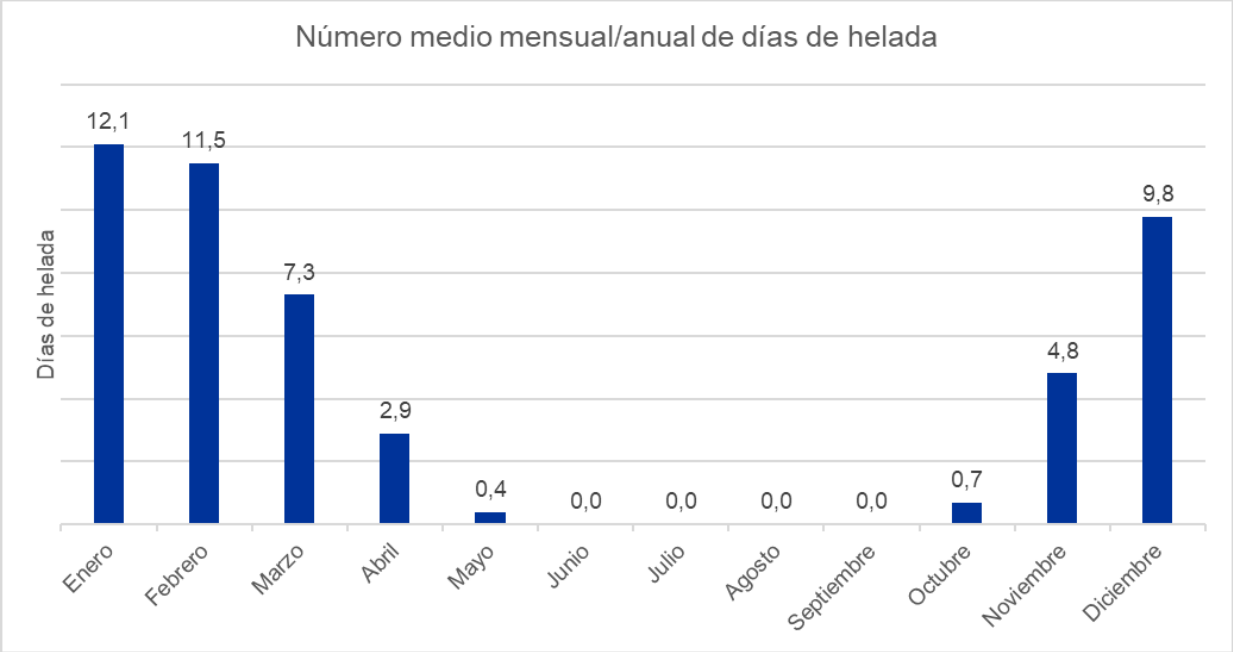

Figura 12. Número medio de días de helada.

Como se observa en la Figura 12, las heladas predominan en los meses de inviernos, tales como Diciembre, Enero y Febrero, mientras que, por el contrario, de Junio a Septiembre no se contabilizan apenas días de helada.

Número medio mensual/anual de días de helada												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
DH	12,1	11,5	7,3	2,9	0,4	0	0	0	0	0,7	4,8	9,8

Tabla 13. Número medio de días de helada.

El mes con mayores días de medio de helada es Enero, superando los 12 días, mientras que los meses de Junio a Septiembre no presenta ni un solo día de media de heladas.

2.2.3.6. Análisis de días despejados

Otro de los factores que se recomiendan analizar son los días despejados y, por consiguiente, las horas de sol mensuales, obteniendo los siguientes valores:

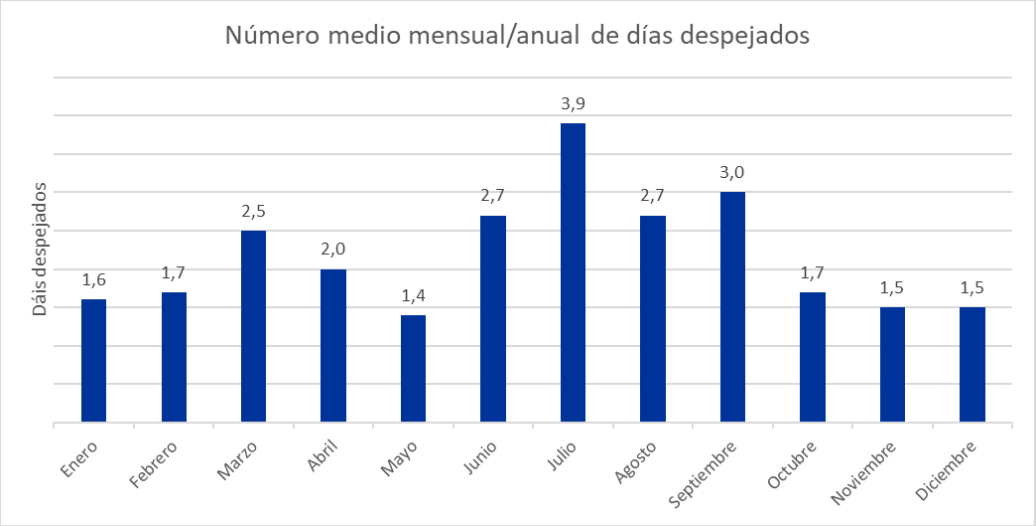

Figura 13. Número medio de días despejados.

Como se observa, Vitoria-Gasteiz no destaca por el número de días despejados, no superando la media de 4 días despejados en los meses de verano que es cuando mayor días despejados suele haber. Por otro lado, los meses de Enero, Febrero, Mayo, Octubre, Noviembre y Diciembre no superan los 2 días despejados de media.

Número medio mensual/anual de días despejados												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
DH	1,6	1,7	2,5	2	1,4	2,7	3,9	2,7	3	1,7	1,5	1,5

Tabla 14. Número medio de días despejados.

Además, se va a analizar el número medio de horas de sol, obteniendo los siguientes valores de forma gráfica:

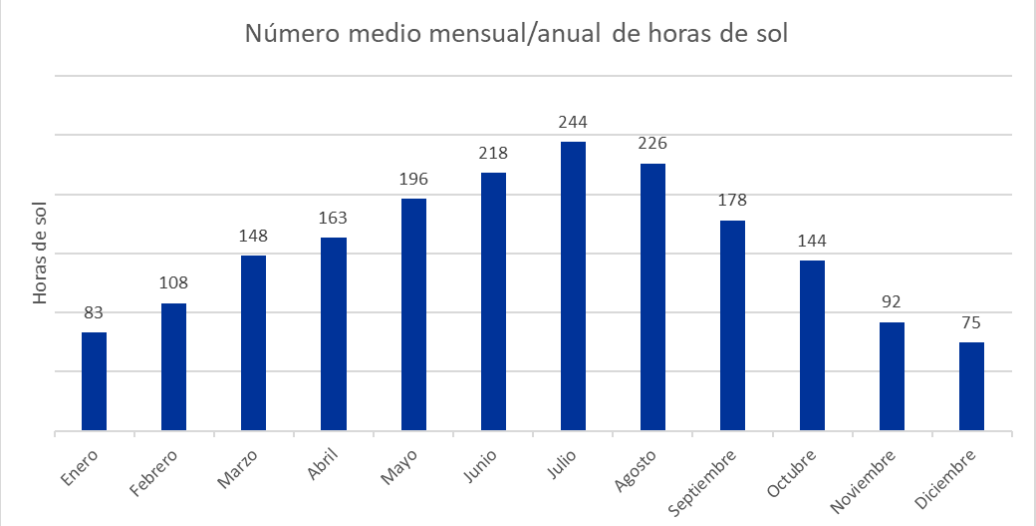

Figura 14. Número medio de horas de sol.

Como se observa, el número medio de horas de sol predomina en los meses centrales del año, acercándose al verano, bajando el número de horas medio a medida que se acerca a los meses de los extremos, manifestando una parábola inversa.

Número medio mensual/anual de horas de sol												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
I	83	108	148	163	196	218	244	226	178	144	92	75

Tabla 15. Número medio de horas de sol.

Como se observa, las horas de sol medias superan las 200 en los meses de junio, julio y agosto, mientras que en Enero, Noviembre y Diciembre no superan las 100 horas de media.

2.3. ÍNDICES CLIMÁTICOS

En el siguiente punto se van a caracterizar y calcular los diferentes índices climáticos que se requieren para el desarrollo del presente anejo.

2.3.1. Índice de Aridez de Martonne

Consiste en clasificar la aridez de una zona en función de los datos obtenidos de las temperaturas y cantidad de agua caída, utilizando la siguiente fórmula:

$$I_a = \frac{R}{t + 10}$$

En donde:

- I_a: índice de aridez
- R: precipitación media anual en mm/año
- t: temperatura media anual en ºC

De esta forma, utilizando los valores obtenidos en los párrafos anteriores, se determinará el grado de aridez cercana a la zona del proyecto:

Índice de Aridez de Martonne			
Estación	**T**	**R**	**Ia**
Foronda-Txokiza	11,7	749	**34,52**

Tabla 16. Índice final de Aridez de Martonne.

A partir de los resultados, el índice que se utiliza para clasificar los climas según su nivel de aridez:

I_a	Tipo de terreno
0 – 5	Desierto
5 – 10	Semidesierto
10 – 20	Semiárido tipo mediterráneo
20 – 30	Subhúmedo
30 – 60	Húmedo
> 60	Perhúmedo

Tabla 17. Valores para Clasificación de aridez de Martonne.

Con una temperatura media anual de 11,7 ºC y una precipitación media anual de 749 mm/año, se ha obtiene un nivel de aridez de 34,5, por lo que el tipo de terreno es “Húmedo”.

2.3.2. Índice de Köppen

La clasificación climática de Köppen utiliza una serie de letras para describir el clima de una región, en la cual define el índice K mediante las siguientes expresiones:

$K = 2 \cdot t + 14$ si el régimen pluviométrico es uniforme

$K = 2 \cdot t + 28$ si el régimen pluviométrico presenta un máx. en verano

$K = 2 \cdot t$ si el régimen pluviométrico presenta un máx. en invierno

En donde:

- K: índice de Köppen
- t: temperatura media anual (ºC)

De esta forma, se ha utilizado la última expresión, obteniendo el siguiente resultado:

Índice de Koppen		
Estación	**t (ºC)**	**K**
Foronda-Txokiza	11,7	**23,4**

Tabla 18. Índice final de Köppen.

A partir de los resultados, el índice se utiliza para clasificar los climas según su nivel es el siguiente:

Tipo de clima	Características del clima
A – Tropical lluvioso	• La temperatura media normal del mes más frío es superior a 18ºC • La precipitación anual normal es mayor que 750mm.
B – Seco	• Sin referencia a la temperatura • La precipitación anual normal en centímetros es menor que K.
C – Templado lluvioso	• La temperatura media normal del mes más frío es superior a -3 ºC e inferior a 18 ºC. • La precipitación anual normal en centímetros es mayor que K.
D – Frío	• La temperatura media normal del mes más frío es inferior a -3 ºC; la del mes más cálido es superior a 10 ºC. • La precipitación anual normal en centímetros es mayor que K.
E – Polar	• La temperatura media normal del mes más frío es inferior a -3 ºC; la del mes más cálido es inferior a 10 ºC. • La precipitación anual normal en centímetros es mayor que K.

Tabla 19. Valores para Clasificación del índice de Köppen.

Analizando los datos, el mes más frío corresponde a Enero, con una temperatura mínima de -17.8 ºC, con una temperatura media del mismo mes de 4.9 ºC y la precipitación anual normal en centímetros es mayor que K (74,9 cm > 23,4 cm). Por ende, la zona de proyecto se encuentra dentro **del tipo C (templado lluvioso).**

Dentro de tipo C, este se subdivide en las siguientes clasificaciones:

- *Cf*: Mesotermal (templado) húmedo-lluvioso todo el año.
- *Cw*: Mesotermal (templado) húmedo, con invierno seco / lluvioso verano
- *Cs*: Mesotermal (templado) húmedo, invierno lluvioso / verano seco (Mediterráneo)

En función de los datos obtenidos, la zona de proyecto se puede caracterizar como **Cs**. Por otro lado, dado que la temperatura media de mes más caluroso (agosto) no supera los 20 ºC, siendo la media de los cuatro más calurosos superiores a 10 ºC, se puede clasificar como "**verano cálido**".

Por ende, la clasificación final será como **Mesotermal (templado) húmedo, invierno lluvioso / verano seco y con veranos cálidos**.

2.3.3. Índice termopluviométrico de Dantín-Revenga

El índice se termopluviométrico se expresa mediante la siguiente formulación:

$$I_{tp} = 100 \cdot \frac{T}{P}$$

- I_{tp}: índice termopluviométrico de Cerededa-Carbonell
- T: temperatura media anual en ºC
- P: precipitación media anual en mm

De esta forma, se ha obtenido el siguiente valor de índice:

Índice Termopluviométrico			
Estación	**T**	**P**	**Itp**
Foronda-Txokiza	11,7	749	**1,56**

Tabla 20. Índice final de termopluviométrico.

Según el resultado que se obtenga, la zona se clasificará según los siguientes valores:

I_{tp}	Tipo de Clima
0 – 2	Húmedo
2 – 3	Semiárido
3 – 6	Árido
>6	Subdesértico

Tabla 21. Valores para Clasificación índice termopluviométrico.

Finalmente, se ha obtenido un índice termopluviométrico de 1,56, siendo un tipo de clima en la zona de proyecto **Húmedo**.

2.3.4. Índice de pluviosidad de Lang

Este índice define la pluviosidad de la zona mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{R}{t}$$

En donde:

- L: índice de Lang
- R: precipitación media anual (mm)
- t: temperatura media anual (ºC)

A partir de esta formulación, se ha obtenido el siguiente resultado del índice de pluviosidad.:

Índice de pluviosidad			
Estación	**R**	**t**	**L**
Foronda-Txokiza	749	11,7	**64,02**

Tabla 22. Índice final de pluviosidad de Lang.

Según el resultado que se obtenga, la zona se clasificará según los siguientes valores:

L	Tipo de Clima
< 40	Árido
40 - 160	Húmedo
> 160	Superhúmedo

Tabla 23. Valores para Clasificación índice de pluviosidad de Lang.

Con esto, con una precipitación anual media de 749mm y una temperatura media anual de 11,7 ºC, se ha obtenido un índice de pluviosidad de 64,02, por lo que el clima de la zona del proyecto es tipo **Húmedo**.

2.4. CLIMOGRAMAS O DIAGRAMAS DE TERMOHIETAS

El diagrama de termohietas, elaborado en Vitoria-Gasteiz, consiste en un sistema de coordenadas cartesianas en el que se sitúan los doce meses tomando la precipitación media mensual en las abscisas y la temperatura media mensual en ordenadas.

En este climograma se puede reconocer la marcha anual de los elementos climatológicos considerados, así como sus relaciones mutuas.

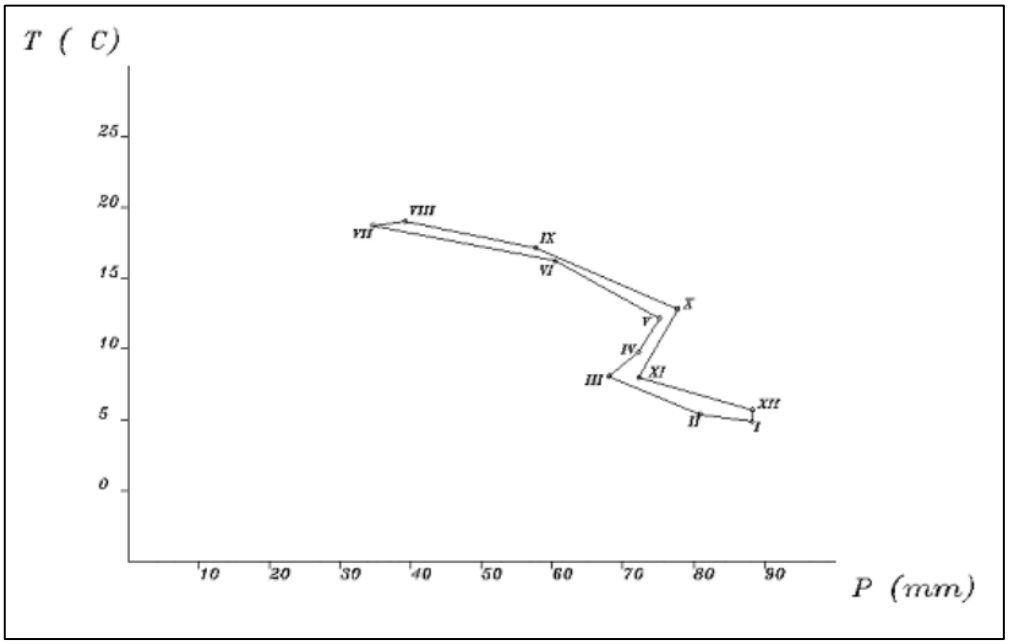

Figura 15. Termohietas en Vitoria-Gasteiz.

Se aprecia en este diagrama con claridad la influencia mediterránea del clima de Vitoria, caracterizada por la coincidencia entre temperaturas máximas y precipitaciones mínimas en verano y lo contrario en invierno. La primavera y el otoño constituyen estaciones de transición, con máximos relativos en mayo y octubre (lluvias equinocciales).

La oscilación termométrica es moderada al no presentar un claro alargamiento del polígono en el sentido de las ordenadas. Toda la curva no se encuentra muy desplazad hacia los extremos térmicos, lo que indica un clima templado.

2.5. DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE WALTER GAUSSEN

El diagrama ombrotérmico (también conocido como climograma) se trata de un gráfico en el que se representan resumidos los valores de precipitación total mensual y temperatura media mensual recogidos en una estación meteorológica.

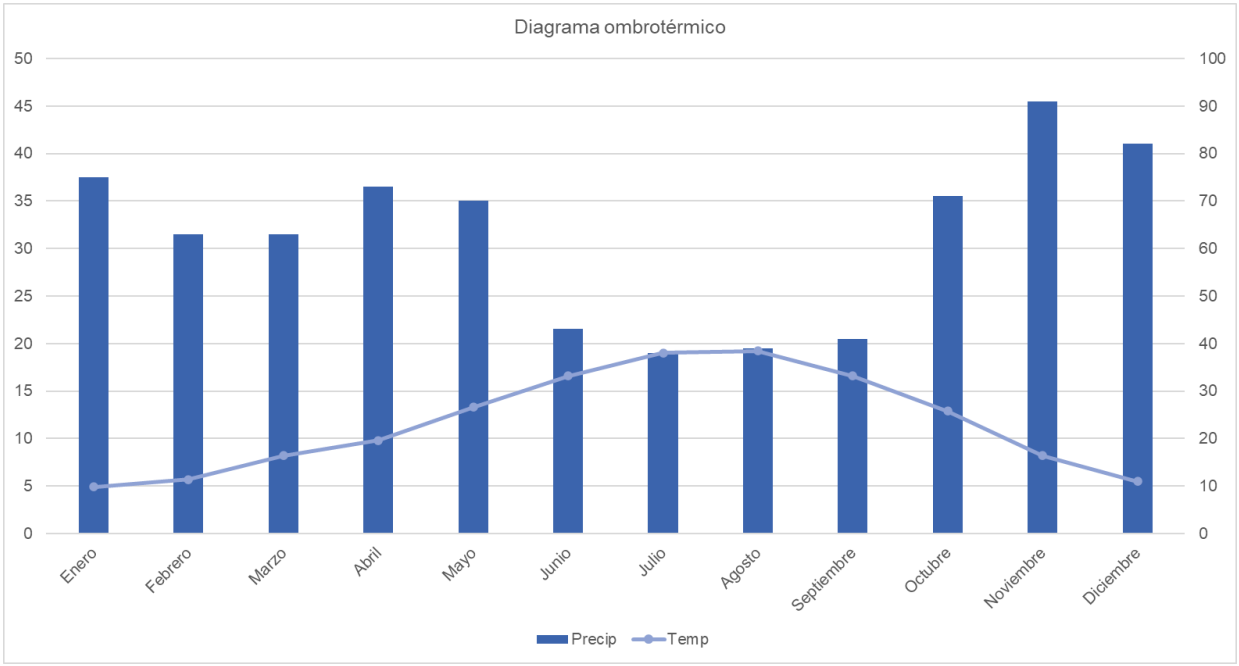

Figura 16. Ombrotérmico en Vitoria-Gasteiz.

Este diagrama muestra un período seco durante el mes de Julio, mientras que el resto del año se caracteriza por ser húmedo, con precipitaciones que no superan los 100 mm.

El período de helada es probable que se dé entre Septiembre a Junio, ambos inclusive, en los que la media de las mínimas es superior a 0ºC, pero al mismo tiempo la media de las mínimas absolutas es inferior a 0ºC.

2.6. DÍAS APROVECHABLES PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

En el ámbito de la gestión de proyectos de construcción, la optimización del tiempo es fundamental para el éxito de cualquier obra. En este contexto, la identificación y aprovechamiento de los días propicios para la ejecución de las obras se convierte en una tarea crucial.

Por eso, la previsión de los días de trabajo influirá en función de la climatología, y se calcula según una metodología propuesta por la Dirección General de Carreteras, y más exactamente en el “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes”. En ella, se definen los siguientes coeficientes de reducción:

- Coeficiente de reducción por helada (η_m): se calcula como el cociente del número de días del mes en que la temperatura mínima es superior a 0 ºC y el número total de días del mes.

- Coeficiente de reducción por temperatura límite de riegos, tratamientos superficiales o por penetración (τ_m): se calcula como el cociente del número de días del mes en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 10 ºC y el número total de días del mes.
- Coeficiente de reducción por temperatura límite de mezclas bituminosas (τ'_m): se calcula como el cociente del número de días del mes en que la temperatura a las 0 de la mañana es igual o superior a 5 ºC y el número total de días del mes.
- Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo (λ_m): se calcula como el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 10 mm y el número total de días del mes.
- Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo (λ'_m): se calcula como el cociente del número de días del mes en que la precipitación es inferior a 1 mm y el número total de días del mes.

Para el caso de los días laborables, se ha calculado considerando una jornada de 40 horas de lunes a viernes, con los respectivos festivos naciones, autonómicos y locales que se muestran en la Figura 17. Por eso, se establecen 11 días festivos adicionales por convenio para el sector de la construcción y obras públicas, con una duración de 8 horas de trabajo diarias.

2.6.1. Limitaciones climáticas de las unidades de trabajo en obra

Según el "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)", cada uno de los elementos que forma parte de las obras civiles tienen una serie de limitaciones de la ejecución debido a los fenómenos climatológicos. De esta forma, se tienen las siguientes limitantes:

- "*Terraplenes. 330.7 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN. Los rellenos tipo terraplén se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos grados Celsius (2EC), debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite, salvo que se justifique adecuadamente la viabilidad de la puesta en obra y la consecución de las características exigidas y esta justificación fuese aceptada por el Director de las Obras.*"
- *"Rellenos localizados. 332.6 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN. Los rellenos localizados se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos grados Celsius (2ºC); debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite."*
- *"Riegos de adherencia. 530.6 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN. El riego de imprimación se podrá aplicar sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (>10 ºC), y no exista riesgo de precipitaciones atmosféricas."*
- *"Pavimentos de hormigón. 550.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN. La temperatura de la masa de hormigón durante su puesta en obra no será inferior a cinco grados Celsius (5 ºC) y se prohibirá la puesta en obra del hormigón sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (< 0 ºC)."*
- *"Riegos bituminosos. 530.6, 531.7 y 532.6 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN. El riego de imprimación se podrá aplicar sólo cuando la temperatura ambiente sea superior a los diez grados Celsius (>10 ºC), y no exista riesgo de precipitaciones atmosféricas."*
- *"Mezclas bituminosas. 542.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN. No se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas en las siguientes situaciones, salvo autorización expresa del Director de las Obras:*
    - *Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (< 5 ºC), salvo si el espesor de la capa a extender fuera inferior a cinco centímetros (< 5 cm), en cuyo caso el límite será de ocho grados Celsius (< 8 ºC). Con viento intenso, después de heladas, o en tableros de estructuras, el Director de las Obras podrá aumentar estos límites, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.*
    - *Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.*
- *"Pavimentos de hormigón. 550.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN". En este caso varía en función del tiempo caluroso y tiempo en frío.*

- *Limitaciones en tiempo caluroso: Con temperatura ambiente superior a treinta grados Celsius (> 30 ºC), se controlará constantemente la temperatura del hormigón, la cual no deberá rebasar en ningún momento los treinta y cinco grados Celsius (35 ºC).*
- *Limitaciones en tiempo frío: a temperatura de la masa de hormigón durante su puesta en obra no será inferior a cinco grados Celsius (5 ºC) y se prohibirá la puesta en obra del hormigón sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (< 0 ºC).*

2.6.2. Número de días con temperaturas mínimas

A priori, se han calculado los días del mes en donde las temperaturas excedan los 0ºC, los 5ºC y los 10ºC en función de una serie de valores de las temperaturas diarias medidas en Vitoria-Gasteiz en el período desde el 1 de enero de 1976 hasta el 31 de diciembre de 2023. De esta forma, se han obtenido los siguientes días de mes:

Tª	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
Días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Nº días T<0ºC	11,2	10,3	5,9	2,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	3,6	8,5	42,7
Nº días T>0ºC	**19,8**	**17,7**	**25,1**	**27,6**	**30,7**	**30,0**	**31,0**	**31,0**	**30,0**	**30,4**	**26,4**	**22,5**	**322,3**
Nº días T<5ºC	24,9	22,9	22,3	16,7	7,4	1,3	0,1	0,8	1,7	7,5	17,3	23,2	145,9
Nº días T>5ºC	**6,1**	**5,1**	**8,7**	**13,3**	**23,6**	**28,8**	**30,9**	**30,2**	**28,3**	**23,5**	**12,7**	**7,8**	**219,1**
Nº días T<10ºC	29,3	27,1	29,7	28,1	24,0	13,0	7,5	7,0	13,6	22,5	27,5	29,8	259,0
Nº días T>10ºC	**1,7**	**0,9**	**1,3**	**1,9**	**7,0**	**17,0**	**23,5**	**24,0**	**16,4**	**8,5**	**2,5**	**1,2**	**106,0**

Tabla 24. Días del mes con temperaturas de 0ºC, 5ºC y 10ºC.

Como se observa en la tabla superior, los días con mayores temperaturas son los de verano, mientras que los de menor número de días son los meses comprendidos entre noviembre y abril.

2.6.3. Número de días con precipitaciones

Por otro lado, se han calculado los días del mes en donde las precipitaciones no excedan de 1 mm ni de 10 mm, medidas en la estación meteorológica de Foronda-Txokiza entre el 1 de enero de 1976 al 31 de diciembre de 2023. De esta forma, se han obtenido los siguientes días con precipitaciones de 1mm y 10mm.

P	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
Días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Nº días P < 1mm	20,8	17,9	19,8	19,3	21,5	22,8	26,1	25,0	22,2	20,8	17,4	18,8	252,4
Nº días P >= 1mm	**10,3**	**10,1**	**11,2**	**10,8**	**9,5**	**7,2**	**4,9**	**6,0**	**7,8**	**10,2**	**12,6**	**12,2**	**112,6**
Nº días P < 10mm	27,8	25,7	27,8	27,1	28,1	27,3	29,1	28,3	27,1	27,1	24,6	26,1	326,0
Nº días P >= 10mm	**3,3**	**2,3**	**3,2**	**2,9**	**2,9**	**2,7**	**1,9**	**2,7**	**2,9**	**3,9**	**5,4**	**4,9**	**39,0**

Tabla 25. Días del mes con precipitaciones de 1mm y 10mm.

Como se observa, los días con precipitaciones menores a 1mm prevalecen en la mayor parte de los meses en los años medidos, superando los 17 días medios mensuales en los que no se supera ese valor de precipitación.

2.6.4. Días laborables según convenio de construcción

Previo a realizar el cálculo de los días aprovechables para la obra en la ciudad de Vitoria-Gasteiz, será necesario averiguar los días laborables a fecha de la redacción del presente Proyecto Constructivo.

Días laborables en 2024 según convenio de la construcción de Álava												
	Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Días laborab.	21	21	18	19	20	20	21	19	21	23	20	14
Días Mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Cf	0,68	0,75	0,58	0,63	0,65	0,67	0,68	0,61	0,70	0,74	0,67	0,45

Tabla 26. Días laborales por mes y Cf.

De esta forma, realizando el cociente entre el número de días laborables por mes entre el número de días que presente cada mes se obtiene el coeficiente de reducción de días festivos para cada uno de los meses.

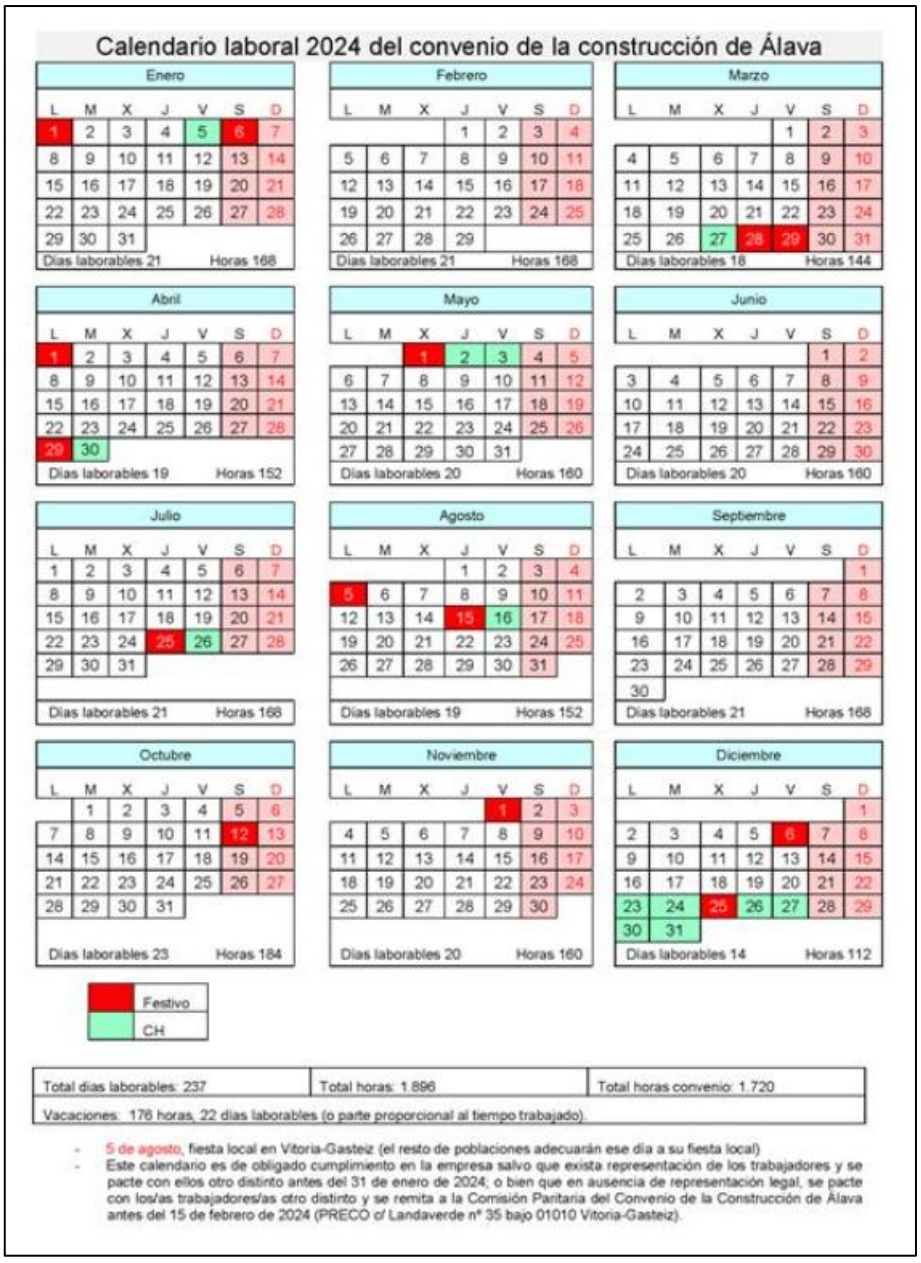

Figura 17. Calendario laboral 2024 del convenio de la construcción de Álava.

2.6.5. Cálculo de días aprovechables para la ejecución de las obras

Una vez obtenidos los días de cada mes en los que se presentan precipitaciones y temperaturas mínimas, así como el coeficiente de reducción por días festivos, se pueden obtener los coeficientes de reducción mostrados en el inicio del apartado 2.6.

Coeficientes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
η_m	0,64	0,63	0,81	0,92	0,99	1	1	1	1	0,98	0,88	0,73
τ_m	0,06	0,03	0,04	0,06	0,23	0,57	0,76	0,77	0,55	0,27	0,08	0,04
τ'_m	0,20	0,18	0,28	0,44	0,76	0,96	1,00	0,97	0,94	0,76	0,42	0,25
λ_m	0,90	0,92	0,90	0,90	0,91	0,91	0,94	0,91	0,90	0,87	0,82	0,84
λ'_m	0,67	0,64	0,64	0,64	0,69	0,76	0,84	0,81	0,74	0,67	0,58	0,61

Tabla 27. Coeficientes de reducción.

A partir de estos coeficientes de reducción se pueden obtener los coeficientes reductores para cada material de la obra. De esta forma, se obtiene de la siguiente forma:

$$Cm\ explanaciones = \frac{\lambda_m - \lambda'_m}{2} \cdot \eta_m$$

$$Cm\ hormigón = \eta_m \cdot \lambda_m$$

$$Cm\ áridos = \lambda_m$$

$$Cm\ riegos\ y\ tratamientos\ superficiales = \tau_m \cdot \lambda'_m$$

$$Cm\ mezclas\ bituminosas = \tau'_m \cdot \lambda'_m$$

A partir de esta formulación, se obtienen los coeficientes en función de los materiales siguientes:

Coeficientes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cm Explanaciones	0,50	0,49	0,62	0,71	0,79	0,84	0,89	0,86	0,82	0,76	0,61	0,53
Cm Hormigón	0,57	0,58	0,73	0,83	0,90	0,91	0,94	0,91	0,90	0,86	0,72	0,61
Cm Áridos	0,90	0,92	0,90	0,90	0,91	0,91	0,94	0,91	0,90	0,87	0,82	0,84
Cm Riegos y ttp.Superf	0,04	0,02	0,03	0,04	0,16	0,43	0,64	0,62	0,41	0,18	0,05	0,02
Cm Mezclas bitum.	0,13	0,12	0,18	0,29	0,53	0,73	0,84	0,79	0,70	0,51	0,25	0,15

Tabla 28. Coeficientes de reducción por material.

Si se designa como Cf al coeficiente de reducción por días festivos para un mes específico, y considerando Cm como el coeficiente total de reducción meteorológica para cada actividad, entonces (1-Cm) representa la probabilidad de que cualquier día del mes tenga condiciones climáticas adversas. Por ende, (1-Cm) x Cf indica la probabilidad de que un día laborable del mes presente condiciones climáticas adversas.

Por lo tanto, el coeficiente total de reducción para cada actividad se expresa como:

$$Ct = 1 - ((1 - Cm) \cdot Cf)$$

De esta forma, se han obtenido los siguientes coeficientes totales de reducción por materiales:

Coeficientes total de reducción por materiales												
Material	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Explanaciones	0,66	0,62	0,78	0,82	0,87	0,89	0,93	0,91	0,88	0,82	0,74	0,79
Hormigones	0,71	0,69	0,84	0,89	0,93	0,94	0,96	0,95	0,93	0,89	0,81	0,82
Áridos	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,96	0,95	0,93	0,91	0,88	0,93
Riegos y tto. Sup.	0,35	0,27	0,43	0,39	0,46	0,62	0,75	0,77	0,58	0,39	0,37	0,56
Mezclas bituminosas	0,41	0,34	0,52	0,55	0,70	0,82	0,89	0,87	0,79	0,64	0,50	0,62

Tabla 29. Coeficientes de reducción totales por material.

Finalmente, se han obtenido los siguientes días aprovechables en la zona del proyecto:

Días aprovechables en la obra													
Material	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**TOTAL**
Explanaciones	14	13	14	16	17	18	19	17	18	19	15	11	**192**
Hormigones	15	14	15	17	19	19	20	18	20	21	16	12	**205**
Áridos	20	20	17	18	19	19	20	18	20	21	18	13	**221**
Riegos y tto. Sup.	7	6	8	7	9	12	16	15	12	9	7	8	**117**
Mezclas bituminosas	9	7	9	10	14	16	19	17	17	15	10	9	**151**

Tabla 30. Días aprovechables para la ejecución de las obras.

Estos datos podrán ser utilizados en el Anejo correspondiente al Plan de Obra.

3. HIDROLOGÍA

El estudio hidrológico es un elemento esencial para comprender el comportamiento de los recursos hídricos en la zona de estudio, así como para evaluar los posibles impactos de las precipitaciones y la escorrentía en el entorno circundante.

Para eso, se va a emplear la normativa 5.2-IC "Drenaje Superficial", se establecen los parámetros necesarios para determinar la magnitud y la frecuencia de los eventos hidrológicos, lo que permite dimensionar adecuadamente las estructuras de drenaje y mitigar los posibles riesgos de inundación en el área de influencia del proyecto.

3.1. MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS

Basándose en el documento de "*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Serie monografías*", se pretende averiguar la precipitación máxima diaria que se puede dar en la zona del presente Proyecto Constructivo en la ciudad de Vitoria-Gasteiz.

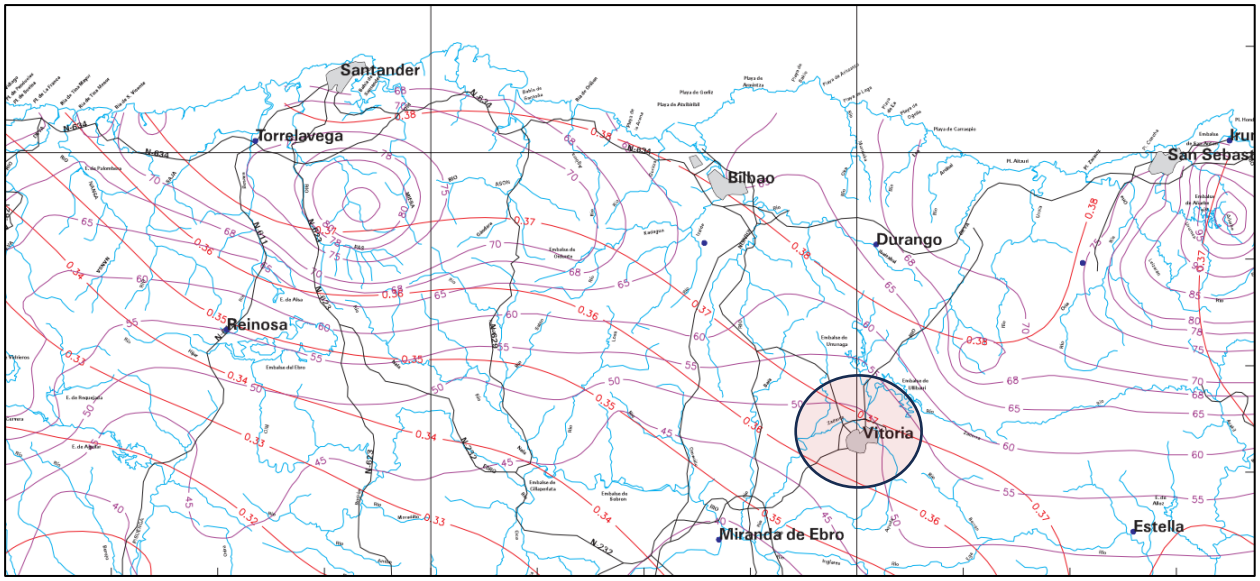

Figura 18. Hoja 3-1. Precipitaciones máximas diarias.

Con esto, debido a que el presente proyecto se encuentra en Vitoria, se han obtenido los siguientes valores:

Valores precipitaciones máximas	
P (mm/día)	50
C_V	0,37

Tabla 31. Valores de las precipitaciones máximas.

A raíz de estos valores, según la tabla 7.1 del documento de referencia, se ha obtenido el Cuantil Y_t, el cual se ha obtenido de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Ampliación K_T, entrando con los valores de la Tabla 31. De esta forma, el Cuantil Y_t para un período de retorno *T* de 25 años es 1,778.

Precipitación máxima diaria	
P24 (mm/día)	88,9

Tabla 32. Precipitación máxima diaria en Vitoria-Gasteiz.

Realizando el producto del cuantil Y_t por la precipitación de 50mm/día, se ha obtenido una precipitación máxima diaria de 88,9 mm/día.

3.2. METODOLOGÍA

En el presente apartado se van a caracterizar los métodos de cálculo para obtener los valores más relevantes referentes a la parte hidrológica.

3.2.1. Período de retorno

El período de retorno es un concepto crucial en el estudio hidrológico, permitiendo evaluar la probabilidad de que ocurran eventos hidrológicos extremos, como inundaciones o sequías, durante un determinado período de tiempo.

Esto permite diseñar infraestructuras hidrológicas, como sistemas de drenaje, garantizando que estén dimensionadas adecuadamente para soportar eventos extremos con una probabilidad específica de ocurrencia, haciendo que su uso sea seguro y con una gestión del riesgo efectiva.

En el presente proyecto de construcción, se ha tomado en cuenta un período de retorno de 25 años, tal como se indica en la Instrucción 5.2-IC, para los elementos de drenaje superficial tanto en la plataforma como en sus márgenes.

3.2.2. Intensidad de precipitación

Uno de los factores a tener en cuenta para el cálculo del caudal será la intensidad de precipitación y, por consiguiente, la intensidad media diaria de precipitación corregida. Esta última correspondiente al período de retorno *T* de 25 años se obtiene mediante la siguiente fórmula:

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

En donde:

I_d: Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno *T* (mm/h).

P_d: Precipitación diaria correspondiente al período de retorno (mm).

C: Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (adimensional).

Esta intensidad media diaria de precipitación se utilizará a la hora de realizar el cálculo de la intensidad media de precipitación, la cual presenta la siguiente formulación:

$$I_t = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

En donde:

I_t: Intensidad media de precipitación correspondiente a una lluvia de duración igual al tiempo de concentración, para un período de retorno determinado (mm/h).

I_d: Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno *T* (mm/h).

P_d: Precipitación diaria correspondiente al período de retorno (mm).

t: Duración del intervalo al que se refiere I_t, tomando el mismo al tiempo de concentración (h).

Para finalizar con la toma de datos, se va a necesitar conocer el índice de torrencialidad (I_1/I_d), siendo de 9,4 en el caso de Vitoria. Este se averigua a partir de la zona en donde se realice el proyecto, a raíz del siguiente mapa:

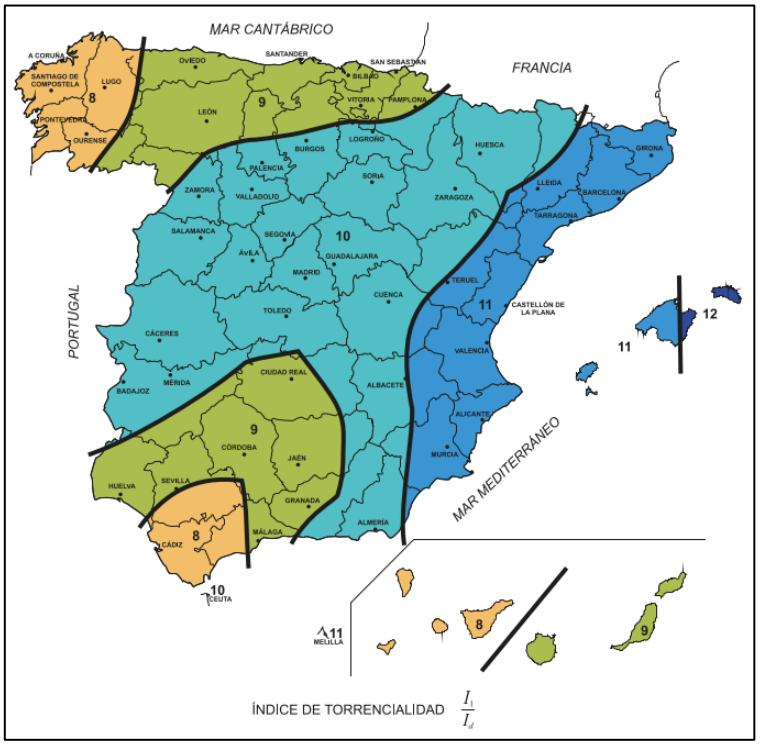

Figura 19. Mapa del índice de torrencialidad.

A partir de la anterior formulación, se ha obtenido el siguiente valor de intensidad media diaria:

Intensidad de precipitación	
I_d (mm/h)	3,70
I_t (mm/h)	121,13

Tabla 33. Precipitación máxima diaria en Vitoria-Gasteiz.

3.2.3. Método de cálculo del caudal

Según la norma 5.2-IC "Drenaje Superficial", la formulación general de cálculo, siguiendo el método racional, relaciona el caudal máximo anual Q_T y un período de retorno T, según la siguiente fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_T}{3.6}$$

En donde:

- Q_T: Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno *T,* en el punto de desagua de la cuenca (m³/s).
- $I(T, t_c)$: Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno *T*, para duración de aguacero igual al tiempo de concentración t_c de la cuenca (mm/h).
- C: Coeficiente medio de escorrentía (adimensional).
- A: Área de la cuenca o superficie considerada (km²).
- K_T: Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (adimensional).

En este caso, la superficie que se va a considerar para el cálculo del caudal será la propia plataforma tranviaria, en el que se le deberá añadir las calzadas y/o aceras que drenen hacia un mismo sumidero.

3.2.3.1. Coeficiente de uniformidad

Por otro lado, para obtener el coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación se obtiene a partir de la siguiente formulación:

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

En donde:

- K_T: Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (adimensional).
- t_c: Tiempo de concentración de la cuenca (horas).

3.2.3.2. Tiempo de concentración

El tiempo de contratación de las cuencas, según cauces definidos, se ha obtenido teniendo en cuenta la siguiente formulación:

$$t = 0{,}3 \cdot \left[\left(L/J^{1/4}\right)^{0,76}\right]$$

En donde:

- t: Tiempo de concentración (horas).
- L: Longitud del cauce (km).
- J: Pendiente media del cauce (m/m - adimensional).

3.2.3.3. Coeficiente de escorrentía

Este coeficiente define la parte de la precipitación de intensidad $I(T, t_c)$ que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenta. El coeficiente de escorrentía se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 \qquad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \cdot \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 \qquad C = 0$$

En donde:

- C : Coeficiente de escorrentía (adimensional).
- P_d : Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado (mm).
- K_A: Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (adimensional).
- P_0 : Umbral de escorrentía (mm).

Para calcular el umbral de escorrentía, lo primero es localizar la región en la que se encuentra la obra.

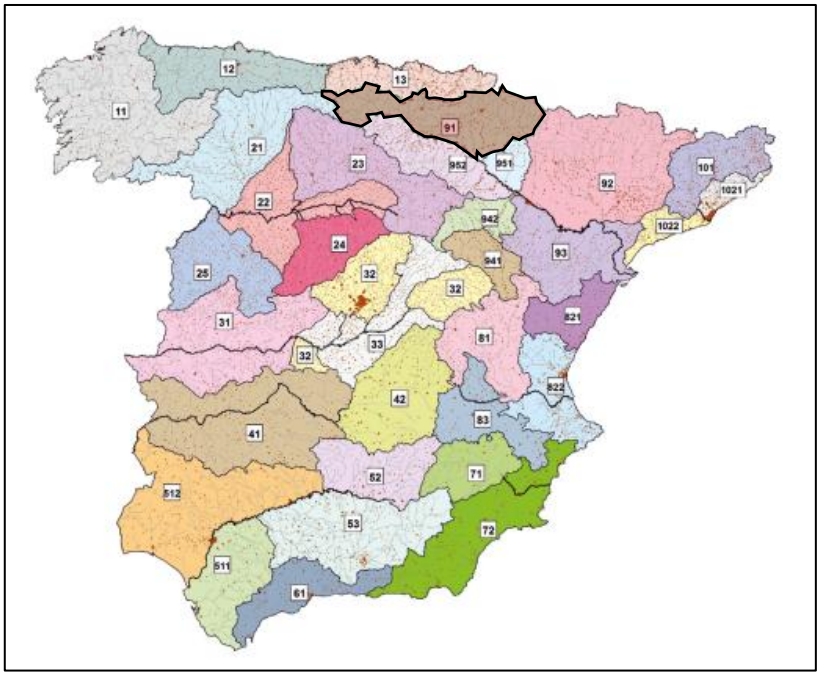

Figura 20. Regiones para caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

De esta forma, la zona del Proyecto se encuentra en la región 91, de la cual se obtienen los siguientes valores:

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95

Figura 21. Valores correspondientes a calibraciones regionales.

Seleccionando los valores que se observan en la Figura 21 en sombreado rojo, se puede obtener el valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía mediante la siguiente formulación:

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

Sustituyendo los valores anteriores, se obtiene que $\beta^{DT} = P_0 = 0{,}833$.

Obteniendo los valores de $K_A = 1$ (debido a que la cuenca es < 1km²), $P_d = 88{,}9mm$, y $P_0 = 0{,}833$, se puede obtener el coeficiente de escorrentía C dando el resultado de 0,990.

4. DRENAJE

El drenaje de la plataforma de un tranvía es una parte fundamental para que el funcionamiento de este sea estable y seguro a lo largo de su vida útil. Por eso, es importante detallar las partes del drenaje que tendrán la misión de evacuar las aguas de escorrentía de la superficie de la plataforma, así como la de la propia vía.

Además, se procederán a comprobar los cálculos de las secciones de los tubos que se dispongan bajo la plataforma, teniendo en cuenta la red de abastecimiento actual a la cual se evacuará toda el agua recogida de la plataforma.

4.1. SECCIONES TIPO

En el presente proyecto se han diseñado un total de tres secciones generales en función del tipo de vía y de la plataforma que se determine en cada zona, basándose en las secciones tipo de la plataforma. En todos los sistemas de drenaje diseñados, el agua de escorrentía que llega a la plataforma desde aceras y/o calzadas queda recogida, de forma general, en rigolas o correderas longitudinales a ambos lados de la plataforma, así como sumideros de rejilla dispuestos cada 25 m y en puntos bajos.

De esta forma, se distinguen las siguientes tipologías de drenajes:

4.1.1. Sistema de drenaje con plataforma para vía en césped (carril 54E1)

El sistema de drenaje proyectado en las secciones para plataforma con vía en césped, con un carril de tipología 54E1, se centra en recoger el agua que se infiltra por el césped y tierra vegetal, mediante dos drenes de 63 mm en los laterales, así como drenes transversales de 63 mm que se disponen cada 25 m de distancia máxima, en forma de espina de pez, conectado a un tubo inferior en el centro de la plataforma de 200 mm de diámetro a través de una arqueta central cada 25 metros.

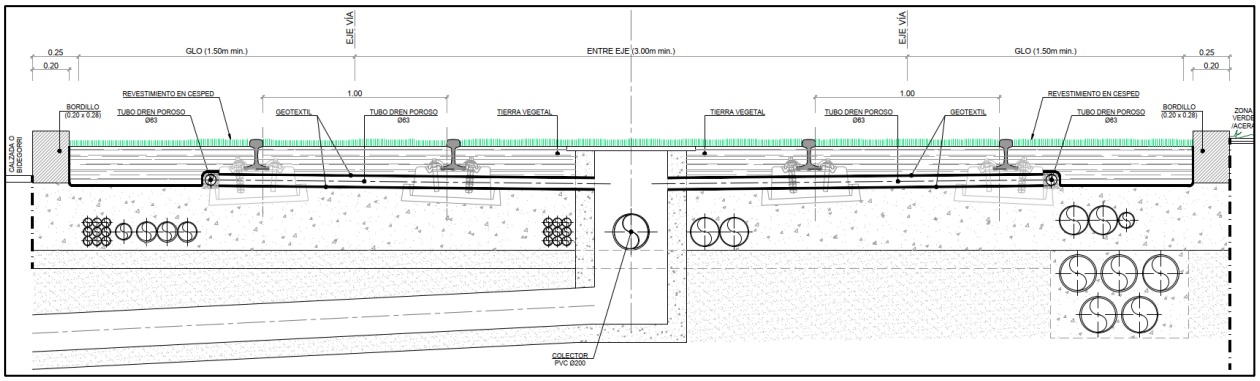

Figura 22. Drenaje en plataforma para vía en césped.

Cabe destacar el uso de geotextil sobre la superficie de la plataforma, envolviendo incluso los drenes porosos y al material granular que les rodea como se observan en los planos correspondientes. Además, en estos tramos los injertos se verán más espaciados debido a la existencia de un colector longitudinal de 200 mm que discurre por debajo de esta plataforma.

4.1.2. Sistema de drenaje con plataforma para vía con revestimiento impermeable (carril 60R2)

En esta tipología de plataforma, el drenaje consistirá en verter el agua de escorrentía externa a esta hacia las correderas lateral, así como recoger la caída en la zona interior mediante desagües de garganta conectados a arquetas situadas entre los carriles de cada vía, junto con un injerto a la red de pluviales.

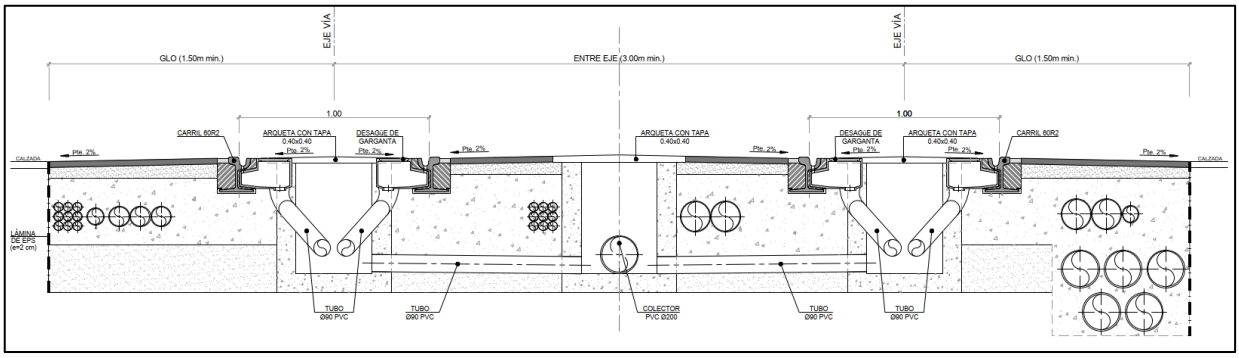

Figura 23. Drenaje en plataforma para con revestimiento impermeable.

En cuanto a los injertos, estos se realizarán con un máximo de 25 metros y en los puntos bajos mediante una conducción de 200 mm de diámetro.

4.2. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Las dimensiones y cálculos de estas estructuras se realizan como si fueran canales abiertos, considerando las pérdidas de carga por fricción con las paredes mediante la fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = S \cdot V = S \cdot \frac{1}{N} \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

En donde:

S : Área de la sección (mm²). En secciones circulares $\left(\pi \cdot D^2/4\right)$

R : Radio hidráulico (S/P). En secciones circulares $D/4$.

J : Pendiente del tubo (adimensional).

N : Coeficiente de rugosidad (N=0,010)

Para la comprobación hidráulica se tramifica con longitudes de tramo máximo de 100 m, con el fin de desaguar los elementos superficiales lo antes posible disminuyendo al máximo la concentración de caudales.

4.2.1. Arquetas

Una arqueta es una estructura subterránea que sirve como punto de acceso en sistemas de alcantarillado y redes de drenaje. Se encarga de recoger el agua de las cunetas y dirigirla hacia los colectores, al mismo tiempo que facilita la inspección y conservación de los elementos enterrados del sistema de desagüe.

Estarán situadas en los puntos de encuentro de los colectores, sumideros y cambios de dirección de tuberías en planta y alzado.

4.3. PUNTOS BAJOS E INJERTOS A LA RED DE PLUVIALES

La identificación de los puntos bajos en el trazado tranviario es crucial para gestionar eficazmente la evacuación del agua de escorrentía y diseñar un sistema de drenaje adecuado. Estos puntos son las áreas donde el agua tiende a acumularse durante las lluvias intentas, por lo que conocerlos durante la fase de diseño permitirá ubicar los sistemas de drenajes de manera eficiente, tales como sumideros, rejillas y canalizaciones.

4.3.1. Ejes A1 y A2

Tanto el eje A1 (vía derecha hacia Aldaia desde la Avda. Zabalgana) como el eje A2 (vía izquierda hacia Aldaia desde la Avda. Zabalgana) comienzan el tramo en la bifurcación de la Avenida de Zabalgana hasta la última parada de Aldaia.

De la misma forma que los anteriores ejes, se presentan los puntos altos y bajos de la nueva plataforma tranviaria del ramal Aldaia, recogidos en la siguiente tabla:

TIPO	EJE A1	EJE A2
INICIO	0+000,000	0+000,000
PB	0+291,161	0+291,171
PA	0+329,538	0+329,540
PB	0+748,646	0+749,023
PA	0+904,139	0+904,063

TIPO	EJE A1	EJE A2
FINAL	0+966,549	0+966,471

Tabla 34. Puntos altos y bajos de los ejes A1 y A2 del trazado.

ANEXO 1. PUNTOS BAJOS E INJERTOS

TIPO	EJE A1	EJE A2
CONEXIÓN 01	A 0+066,476	A 0+066,476
CONEXIÓN 02	A 0+140,539	A 0+140,538
CONEXIÓN 03	A 0+199,508	A 0+199,506
CONEXIÓN 04	A 0+261,591	A 0+261,589
CONEXIÓN 05 (P.B.)	A 0+291,159	A 0+291,158
CONEXIÓN 06	A 0+418,730	A 0+419,548
CONEXIÓN 07	A 0+504,351	A 0+506,090
CONEXIÓN 08	A 0+573,232	A 0+574,970
CONEXIÓN 09	A 0+648,491	A 0+649,675
CONEXIÓN 10	A 0+723,846	A 0+724,359
CONEXIÓN 11 (P.B.)	A 0+748,694	A 0+748,974
CONEXIÓN 12	A 0+779,055	A 0+779,074
CONEXIÓN 13	A 0+846,863	A 0+846,782
CONEXIÓN 14	A 0+904,145	A 0+904,064
CONEXIÓN 15	A 0+966,549	A 0+966,468
CONEXIÓN 16	A 966,549 + 3m	A 966,468 + 3m

Tabla 35. Puntos bajos e injertos en el eje A1 del trazado.

ANEXO 2. COMPROBACIONES HIDRÁULICAS

Tipo de Sección	Codigo ID	Inicial Pk inicial	Final Pk final	Diámetro (m)	Longitud (m)	Calado Y (m)	Sección Llena %	Área total (m2)	Área mojada (m2)	Perímetro total (m)
Circular	A-Out_P01	-0+013,155	0+066,476	0,200	79,631	0,139	70%	0,031	0,022	0,628
Circular	A-Out_P02	0+066,476	0+140,539	0,200	74,063	0,138	69%	0,031	0,022	0,628
Circular	A-Out_P03	0+140,539	0+199,508	0,200	58,969	0,130	65%	0,031	0,020	0,628
Circular	A-Out_P04	0+199,508	0+261,591	0,200	62,083	0,137	69%	0,031	0,022	0,628
Circular	A-Out_P05	0+261,591	0+329,558	0,200	67,967	0,137	69%	0,031	0,022	0,628
Circular	A-Out_P06	0+329,558	0+418,730	0,200	89,172	0,147	73%	0,031	0,023	0,628
Circular	A-Out_P07	0+418,730	0+504,351	0,200	85,621	0,141	70%	0,031	0,022	0,628
Circular	A-Out_P08	0+504,351	0+573,232	0,200	68,881	0,139	69%	0,031	0,022	0,628
Circular	A-Out_P09	0+573,232	0+648,491	0,200	75,259	0,140	70%	0,031	0,022	0,628
Circular	A-Out_P10	0+648,491	0+723,846	0,200	75,355	0,141	70%	0,031	0,022	0,628
Circular	A-Out_P11	0+723,846	0+779,055	0,200	55,209	0,122	61%	0,031	0,019	0,628
Circular	A-Out_P12	0+779,055	0+846,863	0,200	67,808	0,150	75%	0,031	0,024	0,628
Circular	A-Out_P13	0+846,863	0+904,145	0,200	57,282	0,127	63%	0,031	0,020	0,628
Circular	A-Out_P14	0+904,145	0+969,549	0,200	65,404	0,144	72%	0,031	0,023	0,628

Perímetro mojado	Radio hidráulico	Espejo del agua	Coeficiente de rugosidad	Pendiente del tramo	Velocidad de flujo	Caudal de cálculo	
(m)	(m)	(m)	n	Pendiente J (m/m)	V Velocidad (m/s)	QT=(I*C*A*K)/3,6 (m3/s)	QT=(I*C*A*K)/3,6)*1000 (l/s)
0,437	0,050	0,184	0,01	0,00800	1,214	0,0265	26,5
0,434	0,050	0,185	0,01	0,00700	1,136	0,0247	24,7
0,409	0,050	0,191	0,01	0,00500	0,960	0,0196	19,6
0,431	0,050	0,186	0,01	0,00500	0,960	0,0207	20,7
0,431	0,050	0,186	0,01	0,00600	1,051	0,0226	22,6
0,461	0,050	0,177	0,01	0,00900	1,288	0,0297	29,7
0,443	0,050	0,182	0,01	0,00900	1,288	0,0285	28,5
0,436	0,050	0,184	0,01	0,00600	1,051	0,0229	22,9
0,441	0,050	0,183	0,01	0,00700	1,136	0,0251	25,1
0,442	0,050	0,183	0,01	0,00700	1,136	0,0251	25,1
0,383	0,050	0,195	0,01	0,00500	0,960	0,0184	18,4
0,471	0,050	0,173	0,01	0,00500	0,960	0,0226	22,6
0,397	0,050	0,193	0,01	0,00500	0,960	0,0191	19,1
0,454	0,050	0,179	0,01	0,00500	0,960	0,0218	21,8

Coeficiente	Tiempo de concentración		Intensidad media precipitación	Longitud de tramo	Ancho de tramo	Area cuenca	Caudal admisible		Coeficiente de escorrentía	Número de Froude
K	Tc (5min. en horas)	Tc calculated	I (mm/h)	Longitud (m)	Anchura (m)	F(km2)	Qadm=V*A(m3/s)	Qadm=V*A (l/s)	C	Fr
1,0	0,08	0,35	121,128523	79,631	10	0,00079631	0,038136562	38,137	0,99	1,04
1,0	0,08	0,34	121,128523	74,0633	10	0,00074063	0,035673487	35,673	0,99	0,98
1,0	0,08	0,30	121,128523	58,9688	10	0,00058969	0,030149599	30,150	0,99	0,85
1,0	0,08	0,32	121,128523	62,083	10	0,00062083	0,030149599	30,150	0,99	0,83
1,0	0,08	0,33	121,128523	67,967	10	0,00067967	0,033027231	33,027	0,99	0,91
1,0	0,08	0,37	121,128523	89,172	10	0,00089172	0,040449932	40,450	0,99	1,07
1,0	0,08	0,36	121,128523	85,621	10	0,00085621	0,040449932	40,450	0,99	1,09
1,0	0,08	0,33	121,128523	68,881	10	0,00068881	0,033027231	33,027	0,99	0,90
1,0	0,08	0,34	121,128523	75,259	10	0,00075259	0,035673487	35,673	0,99	0,97
1,0	0,08	0,34	121,128523	75,355	10	0,00075355	0,035673487	35,673	0,99	0,97
1,0	0,08	0,29	121,128523	55,209	10	0,00055209	0,030149599	30,150	0,99	0,88
1,0	0,08	0,34	121,128523	67,808	10	0,00067808	0,030149599	30,150	0,99	0,79
1,0	0,08	0,30	121,128523	57,282	10	0,00057282	0,030149599	30,150	0,99	0,86
1,0	0,08	0,33	121,128523	65,404	10	0,00065404	0,030149599	30,150	0,99	0,81