
CLIMATOLOGÍA HIDROLOGÍA Y DRENAJE

ANEJO 6

ÍNDICE

1. Introducción y objeto	1
2. Climatología.....	1
1.1 Caracterización climática	1
1.2 Datos climáticos	2
1.3 Clasificación climática	6
1.3.1 Índices climáticos.....	6
1.3.2 Climodiagramas y clasificaciones climáticas	9
1.4 Obtención del número de días útiles de trabajo.....	13
1.4.1 Introducción	13
1.4.2 Definiciones	13
1.4.3 Coeficientes de reducción por condiciones climáticas durante los trabajos.....	14
1.4.4 Cálculo de los días trabajables para cada clase de obra	14
1.4.5 Cálculo de los días trabajables netos	15
1.4.6 Datos medios sobre días trabajables por climatología	16
3. Hidrología	18
1.5 Cálculos hidrológicos	18
1.5.1 Datos de partida.....	18
1.5.2 Cálculos pluviométricos	18
4. Drenaje	19
1.6 Introducción.....	19
1.7 Descripción del drenaje transversal.	19
1.8 Descripción del drenaje longitudinal	19
1.9 Cálculos hidráulicos	21
1.9.1 Calculo de caudales.....	21
1.9.2 Justificación hidráulica de la capacidad de los elementos de drenaje	26
1.10 Sistema de bombeo	28

Apéndice 1. Ficha técnica de las bombas

Apéndice 2. Mapa de isolíneas

1. Introducción y objeto

El presente Anejo tiene tres partes bien diferenciadas, con objetivos diferentes.

La primera de ellas es la correspondiente a Climatología. El objetivo de esta fase es conocer los valores de las características climáticas de la zona que pueden tener influencia en el desarrollo de las obras o condicionar su diseño. Por otro lado, se ha calculado el valor de algunos de los índices climáticos más habituales, que son útiles en otras fases de la actuación.

Con los datos climáticos obtenidos, se calculan los coeficientes medios para la obtención del número de días laborables de las diferentes actividades constructivas en las que se divide la obra.

La segunda corresponde al Estudio Hidrológico, donde se analizará el régimen de precipitaciones y demás características hidrológicas de la zona objeto de la actuación, para obtener los caudales asociados a las cuencas afectadas por la traza.

Para la redacción del anejo se han consultado las siguientes publicaciones:

- “Atlas Climático de España”, editado por el Instituto Nacional de Meteorología.
- “Tiempo y Clima en España. Meteorología de las autonomías”, de la editorial Dossat 2000.
- “Datos Climáticos para Carreteras”, editado por la División de Construcción de la Dirección General del MOPT.

Y finalmente en la tercera parte se describen y justifican los elementos de drenaje destinados a la evacuación de la presencia de agua en la plataforma, que recibe principalmente a través de la entrada de las bocas del túnel.

El anejo se desarrolla conforme a la siguiente normativa:

- Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.
- Norma Adif de plataforma NAP 1-2-0.3 Climatología, hidrología y drenaje

2. Climatología

2.1. Caracterización climática

La zona de estudio pertenece a la Demarcación Hidrológica del Cantábrico de la Confederación Hidrográfica del Norte. Se engloba dentro de la España Verde, estando caracterizada la zona por las brumas, nieblas y lluvias. Lo más destacado de Cantabria son los contrastes entre las zonas costeras y las elevadas montañas del interior.

Los vientos del NW-N-NE son los que inciden con mayor frecuencia y violencia sobre la costa. La disposición de la cadena montañosa, orientada de Oeste a Este tiene gran repercusión al enfrentarse perpendicularmente a los vientos procedentes de la mar. En la ladera de barlovento aparece nubosidad de estancamiento y notables lluvias, mientras que, al otro lado de la cordillera, a sotavento, el aire baja reseco y recalentado creando zonas amarillentas, secas y soleadas en el área de la Meseta del Duero.

Los vientos del W-SW, de origen Atlántico, que entran por la cuenca del Duero, dejan estancadas nubes en la ladera meridional de las montañas que miran hacia la meseta con lluvias importantes y nevadas copiosas.

El viento terral del Sur proveniente de la meseta castellana es obligado a remontar la barrera montañosa y llega reseco y recalentado a la costa haciendo que las temperaturas suban hasta los 40º y la humedad relativa baje hasta el 30%. Soplan con mayor frecuencia en otoño-invierno.

Las temperaturas son suaves, con una media anual de 14º en la costa, descendiendo a 12º en los valles interiores y a (10-8)º en tierras altas.

Las heladas son escasas en la costa, con un promedio anual de 8 días, y muy acusadas en el interior, con un promedio de 60 y 85 días en zonas altas y despejadas. Estas heladas son las que contribuyen al almacén de nieve en la alta montaña desde noviembre hasta junio.

Las nieblas de advección son muy frecuentes en los valles del interior. Con anticiclón invernal suelen formarse algunas nieblas de irradiación en los escasos terrenos llanos y despejados. El número total anual de días de niebla es de 60 días en la costa y de 80 a 100 en el interior.

La precipitación es alta, del orden de 1.000 a 2.000 mm en la costa y de 1.500 a 2.000 en las zonas montañosas del interior. Los días de precipitación son del orden de 160 a 180 en zonas costeras y desciende a 120 días en la comarca más interior. Son frecuentes las precipitaciones de granizo en invierno y primavera, asociadas al paso de los frentes fríos que se vuelven más inestables al llegar del mar a tierra.

Las nevadas asociadas a vientos de Norte son generalmente de frentes fríos. En cambio, las vinculadas a vientos de SW-W provienen de los escudos nubosos de frentes cálidos.

2.2. Datos climáticos

Los Valores Climatológicos Normales de la zona de actuación, se han tomado de la mencionada Agencia Estatal de Meteorología, concretamente de la estación meteorológica disponible en la zona:

SANTANDER – AEROPUERTO.

- Longitud: 3° 49' 53" O
- Latitud: 43° 25' 45" N
- Altitud: 5 m

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	9,5	13,30	5,6	123	74	13	0	1	1	3	3	88
Febrero	9,9	13,80	5,9	104	74	12	0	1	1	1	3	100
Marzo	10,7	14,90	6,5	105	73	12	0	1	2	1	3	134
Abril	12	15,90	8	125	73	13	0	1	2	0	3	147
Mayo	14,6	18,50	10,7	89	75	11	0	2	2	0	2	169
Junio	17,1	20,80	13,4	62	76	8	0	1	2	0	3	174
Julio	19,4	23,10	15,6	52	78	7	0	2	1	0	5	189
Agosto	19,9	23,70	16,1	72	78	7	0	1	2	0	4	182
Septiembre	18,3	22,50	14,1	85	78	9	0	1	3	0	4	157
Octubre	15,4	19,60	11,3	135	77	12	0	1	4	0	3	127
Noviembre	12,2	16,10	8,2	146	76	13	0	1	3	0	3	98
Diciembre	10,7	14,40	6,9	117	73	12	0	1	1	2	3	74
Año	14,1	18,10	10,2	1.246	75	128	1	14	24	7	38	1.638

Legenda

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o 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

A partir de los valores reflejados en la tabla anterior, se han confeccionado las gráficas incluidas a continuación:



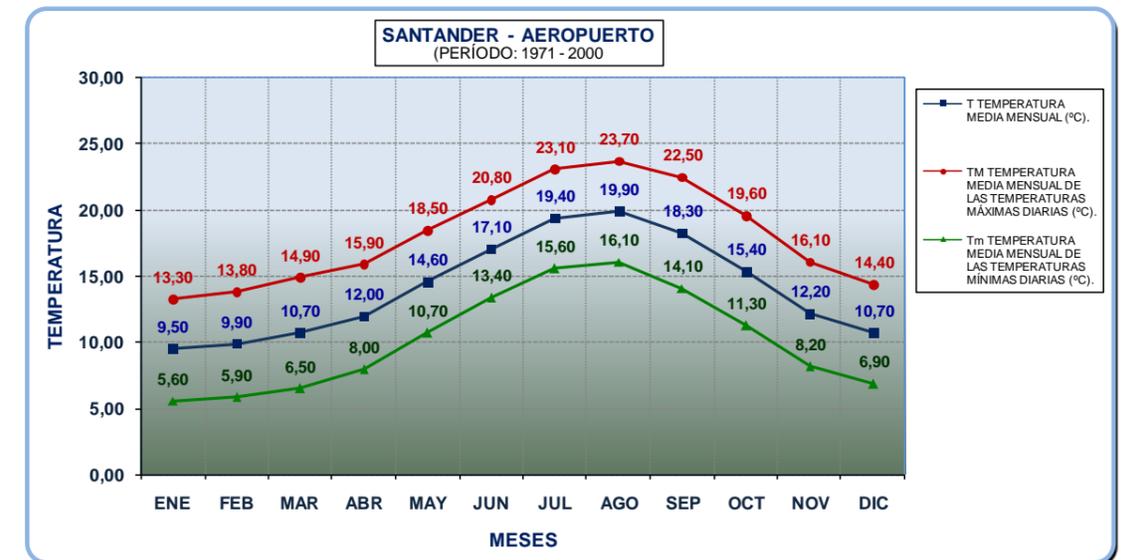
T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70



TM TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS (°C).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
13,30	13,80	14,90	15,90	18,50	20,80	23,10	23,70	22,50	19,60	16,10	14,40



Tm TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS (°C).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5,60	5,90	6,50	8,00	10,70	13,40	15,60	16,10	14,10	11,30	8,20	6,90



ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).											
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70
TM TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIARIAS (°C).											
13,30	13,80	14,90	15,90	18,50	20,80	23,10	23,70	22,50	19,60	16,10	14,40
Tm TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS (°C).											
5,60	5,90	6,50	8,00	10,70	13,40	15,60	16,10	14,10	11,30	8,20	6,90



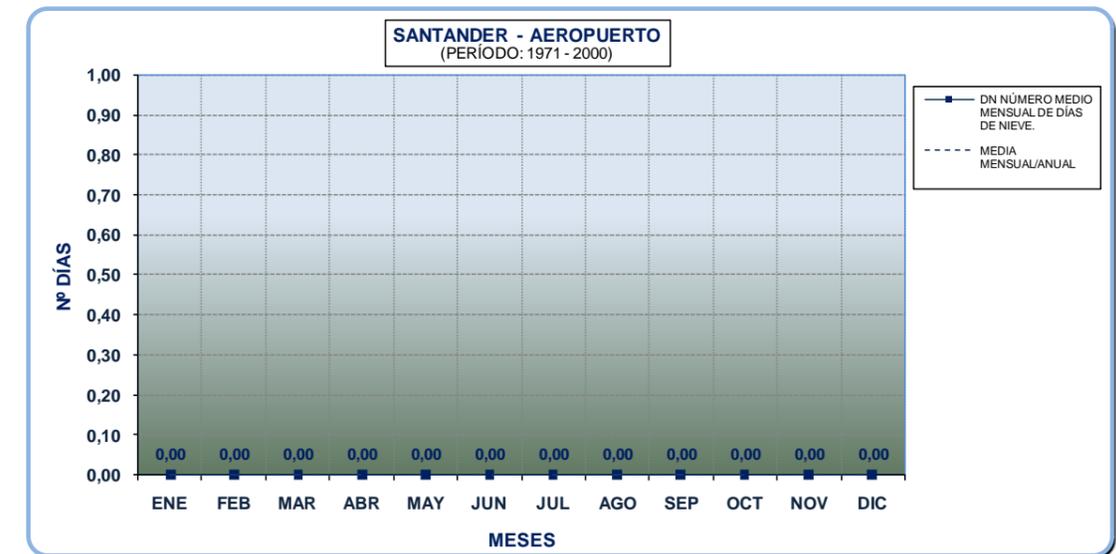
R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
123,00	104,00	105,00	125,00	89,00	62,00	52,00	72,00	85,00	135,00	146,00	117,00



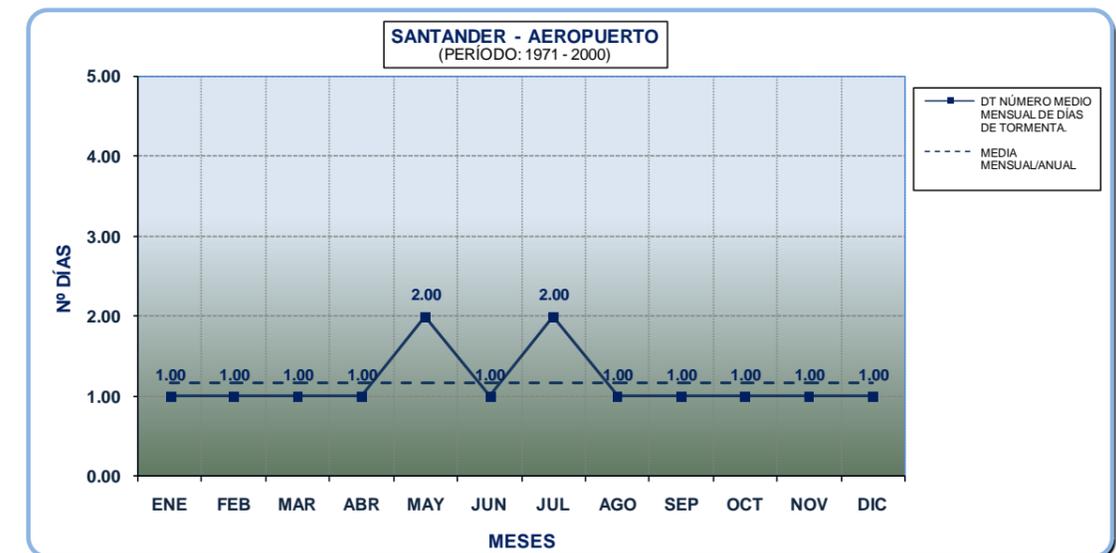
H HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
74,00	74,00	73,00	73,00	75,00	76,00	78,00	78,00	78,00	77,00	76,00	73,00



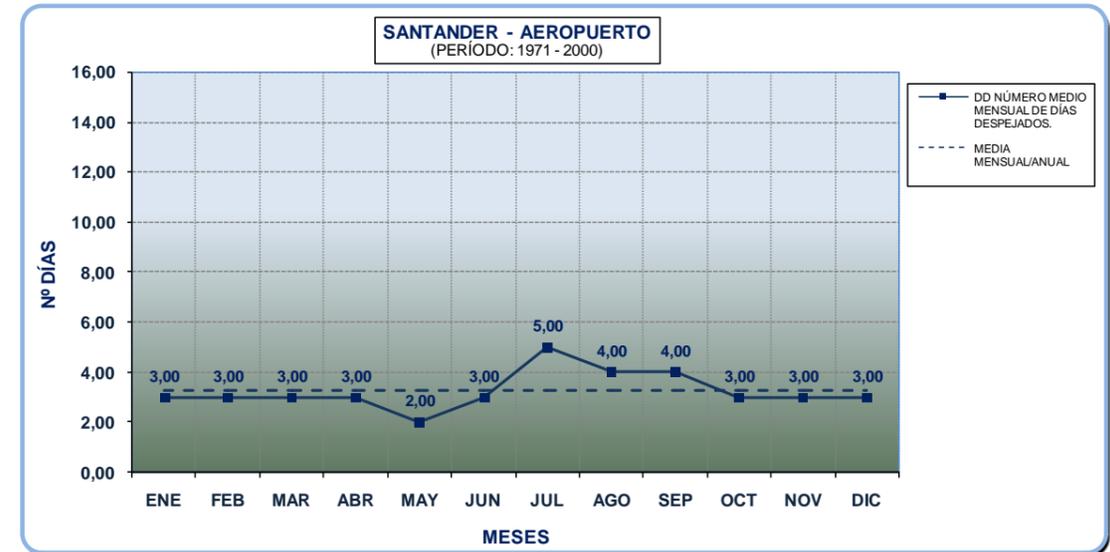
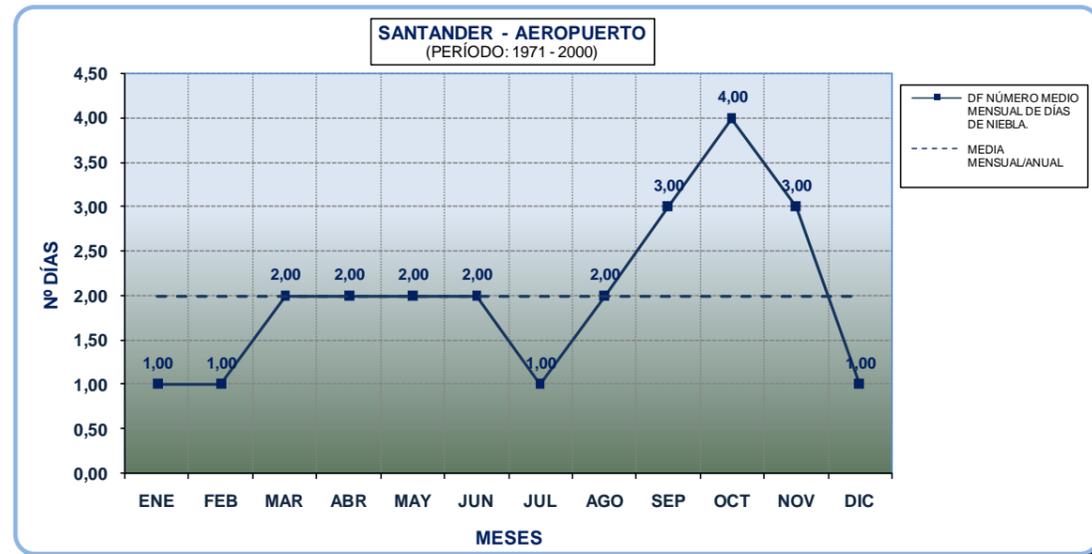
DR NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE PRECIPITACIÓN SUPERIOR O IGUAL A 1 mm.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
13,00	12,00	12,00	13,00	11,00	8,00	7,00	7,00	9,00	12,00	13,00	12,00



DN NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE NIEVE.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

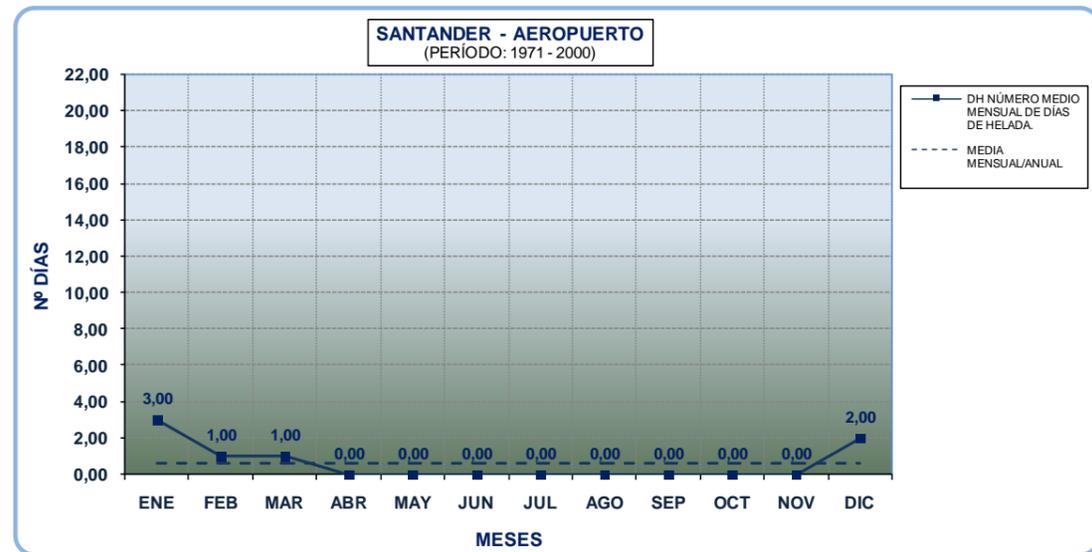


DT NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE TORMENTA.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



DD NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DESPEJADOS.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	5,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00

DF NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE NIEBLA.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	3,00	4,00	3,00	1,00



I NÚMERO MEDIO MENSUAL DE HORAS DE SOL.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
88,00	100,00	134,00	147,00	169,00	174,00	189,00	182,00	157,00	127,00	98,00	74,00

DH NÚMERO MEDIO MENSUAL DE DÍAS DE HELADA.											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00

2.3. Clasificación climática

2.3.1. Índices climáticos

Índice de concentración estacional (C.E.P.)

Calculado sobre el régimen medio, es la relación del total pluviométrico máximo o mínimo, correspondiente a tres meses consecutivos, y un tercio total de las precipitaciones de los restantes meses considerando los siguientes en cada estación:

- Invierno (diciembre, enero y febrero; 90 días)
- Primavera (marzo, abril y mayo; 92 días)
- Verano (junio, julio y agosto; 92 días)
- Otoño (septiembre, octubre y noviembre; 91 días)

Se calcula mediante la fórmula:

$$CEP = \frac{P_E}{P} \times \frac{365}{n_e}$$

Donde:

PE = Precipitación de la estación considerada (mm)

P = Precipitación total anual (mm)

n_e = número de días de la estación considerada

ESTACIÓN	DIAS	PRECIPITACIÓN (mm)	CEP
Invierno	90	344,00	1,15
Primavera	92	319,00	1,04
Verano	92	186,00	0,61
Otoño	91	366,00	1,21
TOTAL	365	1.215,00	

C.E.P. CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL		
CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL MÁXIMA	Otoño	1,21
CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL MÍNIMA	Verano	0,61

Coefficiente pluviométrico relativo mensual (C.P.R.M.)

Se calcula mediante la fórmula de Anglot y se define como la relación entre las precipitaciones de cada mes y las que este recibiría teniendo en cuenta su longitud (número de días), y si el total de la precipitación anual estuviese igualmente repartida entre todos los meses del año.

$$CPRM = \frac{P_i}{P} \times \frac{365}{n_i}$$

Donde:

P_i = Precipitación del mes considerado (mm)

P = Precipitación total anual (mm)

n_i = número de días del mes considerado

Para cada uno de los meses se obtienen, según la AEMET, los siguientes resultados:

C.P.R.M. COEFICIENTE PLUVIOMÉTRICO RELATIVO MENSUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NÚMERO DE DÍAS DEL MES											
31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1,19	1,12	1,02	1,25	0,86	0,62	0,50	0,70	0,85	1,31	1,46	1,13

Índice de temperatura efectiva de Thornthwaite (IT)

Se trata de un índice térmico expresado con la siguiente fórmula:

$$IT = 5.4 * T$$

Donde:

T= Temperatura media anual en °C

Para los distintos valores de IT, Thornthwaite califica al clima y la vegetación de la zona según:

I.T.	CLIMA	VEGETACIÓN
> 125	Macrotermal	Floresta tropical
65 – 125	Mesotermal	Floresta media
30 – 65	Microtermal	Floresta microtermal
15 – 30	Taiga (frío)	Floresta de coníferas
0 – 15	Tundra (frío)	Tundra (musgo)
0	Nieve	-

En este caso:

T media °C	IT	CLIMA	VEGETACIÓN
14,1	76,4	Mesotermal	Floresta media

Índice de Emberger

Desarrollado para caracterizar comarcas mediterráneas, cuantificando las variaciones térmicas. Su fórmula es:

$$I = 100g\left(\frac{P}{T_{MC}^2 - t_{mf}^2}\right)$$

Donde:

P = Precipitación media anual (mm).

T_{MC} = temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C)

T_{mf} = temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)

Dentro del clima mediterráneo general, diferencia cinco subregiones climáticas, a cada una de las cuales les asigna un tipo de vegetación según la siguiente escala:

- Clima árido.....Matorrales varios.
- Clima semiárido Pino carrasco.
- Clima subhúmedo o templado.....Alcornoque, olivo, lentisco.
- Clima húmedo Cedro, castaño, abeto.
- Clima de alta montañaCedro, abeto, pino, enebro.

A su vez cada zona puede subdividirse según el tipo de invierno caracterizado por el valor de m, temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C), en:

INVIERNOS	Para T _{mf} (°C)	Con heladas
Muy fríos	< -3	Muy frecuentes e intensas
Fríos	-3 a 0	Muy frecuentes
Frescos	0 a 3	Frecuentes
Templados	3 a 7	Débiles
Cálidos	> 7	No se producen

En la zona de la actuación tenemos:

P (mm) mm	T _{MC} °C	T _{mf} °C	I	INVIERNOS
1.215,00	23,70	5,60	229,10	Templados

Índice de Aridez de Martonne

Se define con la expresión siguiente:

$$I = \frac{P}{t + 10}$$

Donde:

P = Precipitación media anual en mm.

t = Temperatura media anual en °C.

ÍNDICE MARTONNE	ZONA
0 - 5	Desierto (hiperárido)
5 - 10	Semidesierto (Árido)
10 - 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmedo
30 - 60	Húmedo
> 60	Perhúmedo

Cuando se calcula el índice de aridez para un mes en particular, se utiliza la expresión:

$$Ii = 12 \cdot \frac{pi}{ti + 10}$$

Donde p y t son la precipitación y la temperatura medias del mes considerado.

La expresión numérica anual se calcula como la media aritmética entre el índice anual, según la fórmula anterior y el índice mensual ya comentado.

P mm	T °C	I MARTONNE	ZONA
1.215,00	14,1	50,33	Húmedo

Índice Pluviométrico de Dantin - Revenga

Se define con la expresión siguiente:

$$I = \frac{100 \cdot t}{P}$$

Donde:

t = Temperatura media anual en °C

P = Precipitación media anual en mm

Una vez calculado el índice, la aridez se expresa según el siguiente cuadro:

ÍNDICE DANTÍN-REVENGA	ZONA
0 - 2	Húmeda
2 - 3	Semiárida
3 - 6	Árida
> 6	Subdesértica

A continuación, se resumen los valores obtenidos, así como la designación de la zona correspondiente:

P mm	T °C	I DANTÍN-REVENGA	ZONA
1.215,00	14,1	1,16	Húmeda

Índice de aridez de Knoche (IK)

Este índice termo pluviométrico introduce un nuevo parámetro que considera el número medio de días de lluvia en el año.

I.K. KNOCHE	ARIDEZ
0-25	Extrema
25-50	Severa
50-75	Normal
75-100	Moderada
>100	Pequeña

La fórmula empleada es la siguiente:

$$Ik = \frac{n \cdot P}{100 \cdot (T + 10)}$$

Donde:

n = número medio de días de lluvia en el año.

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en °C.

En este caso:

P mm	T °C	n	I.K. KNOCHE	ARIDEZ
1.215,00	14,1	129,0	64,92	Normal

Índice de Aridez de Lang

Se define con la expresión siguiente:

$$f = \frac{P}{t}$$

Donde:

P = Precipitación media mensual expresada en mm

t = Temperatura media anual en °C

ÍNDICE LANG	ZONA
0 - 20	Desierto
20 - 40	Árida
40 - 60	Húmeda de estepas y sabanas
60 - 100	Húmeda de bosques ralos
100 - 160	Húmeda de bosques densos
> 160	Perhúmeda de prados y tundras

Se obtiene el siguiente valor:

P mm	T °C	I LANG	ZONA
1.215,00	14,1	85,92	Húmeda de bosques ralos

2.3.2. *Climodiagramas y clasificaciones climáticas*

Clasificación de Köppen

Establece tres tipos principales de climas, tipo B, tipo C y tipo D, según sea el valor de la relación entre la precipitación media y la temperatura media anual:

$$K = P \text{ (cm)} / T_m \text{ (}^\circ\text{C)}$$

- TIPO B: Clima Seco ($k < 2$)

- Subtipo Bw (desierto) ($k < 1$)

- Subtipo Bs (estepa) ($1 < k < 2$)

Bsh: estepa calurosa ($T_m > 18^\circ \text{C}$)

Bsk: estepa fría ($T_m < 18^\circ \text{C}$)

TIPO C: Clima templado cálido ($k > 2$ y T_m del mes frío $-3 < T_{mf} < 18^\circ \text{C}$).

- Cf (clima templado húmedo). Pms mes seco $> 30 \text{ mm}$.

Cfa: verano caluroso. T_{mc} mes cálido $> 22^\circ \text{C}$

Cfb: verano cálido. T_{mc} mes cálido $< 22^\circ \text{C}$ y al menos cuatro meses con $T_m > 10^\circ \text{C}$.

- Cs (clima templado de verano seco). Pms $< 30 \text{ mm}$.

Csa: verano seco y caluroso. $T_{mc} > 22^\circ \text{C}$.

Csb: verano seco y cálido. $T_{mc} < 22^\circ \text{C}$ y al menos cuatro meses con $T_m > 10^\circ \text{C}$

- Cw (clima templado de invierno seco)

TIPO D: Clima frío ($k > 2$, $T_{mf} < -3^\circ \text{C}$ y $T_{mc} > 10^\circ \text{C}$).

En el caso de esta obra, tenemos:

P	T	K	T_{MC}	T_{mf}	Pmes seco
cm	$^\circ\text{C}$	KÖPPEN	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	cm
121,50	14,1	8,59	23,70	5,60	52,00

Según Köppen, la zona estaría comprendida dentro del siguiente tipo de clima:

CLIMA		
$K > 2$	Pmes seco $> 3\text{cm}$	$T_{MC} > 22$
TIPO C	Tipo Cf	Cfa
Templado cálido	Húmedo	caluroso

Climodiagrama de Walter-Gausson

En el diagrama de Walter-Gausson (Diagrama ombrotérmico), se reflejan los datos de temperatura y precipitación medias mensuales.

Se escogen, para la representación gráfica, una escala de precipitaciones en mm, el doble de las temperaturas en grados centígrados. Según la hipótesis de Gausson (1954-55), con equivalencia de 2mm de precipitación por cada 1°C de temperatura, se denomina Curva Ómbrica aquella definida para las precipitaciones, y la Curva Térmica a la definida para las temperaturas.

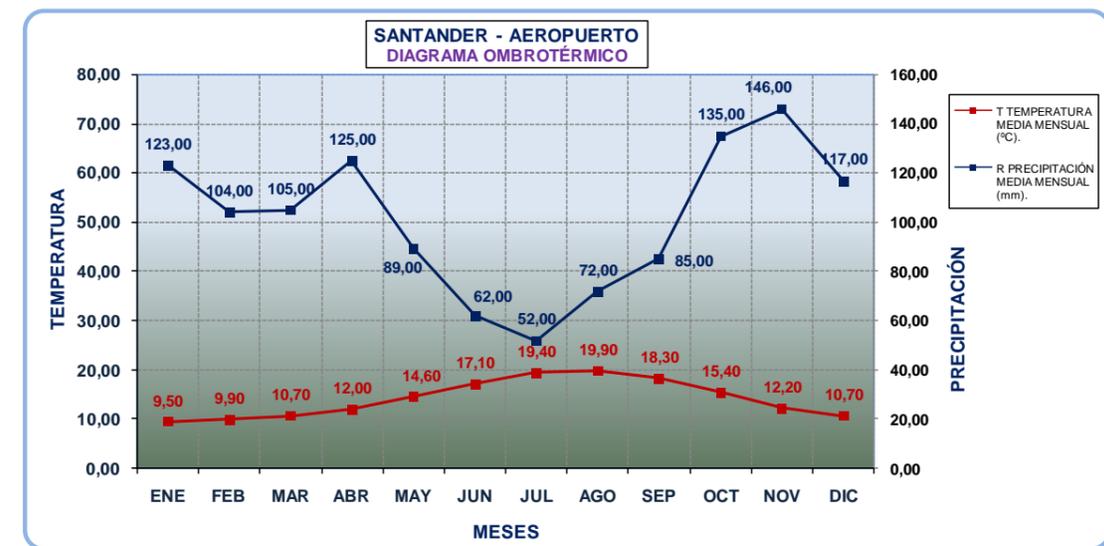


DIAGRAMA OMBROTÉRMICO											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL ($^\circ\text{C}$).											
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70
R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).											
123,00	104,00	105,00	125,00	89,00	62,00	52,00	72,00	85,00	135,00	146,00	117,00

Cuando la **curva ómbrica** supera la **curva térmica** ($P_{\text{media mensual}} > 2 \cdot T_{\text{media mensual}}$) se consideran meses húmedos. Por el contrario, cuando la curva ómbrica no supera a la térmica ($P_{\text{media mensual}} < 2 \cdot T_{\text{media mensual}}$) se consideran meses secos.

Gausson toma como índice xerotérmico, el número de días biológicamente secos.

Después de observar el diagrama, deducimos que:

- Del análisis del diagrama anterior se desprende que no hay un período seco claramente marcado.
- Las precipitaciones mínimas se presentan en los meses de junio, julio y agosto, cuando la curva térmica no llega a tocar a la ómbrica.
- Los periodos húmedos comienzan en septiembre y finalizan en mayo.

Climodiagrama de Termohietas

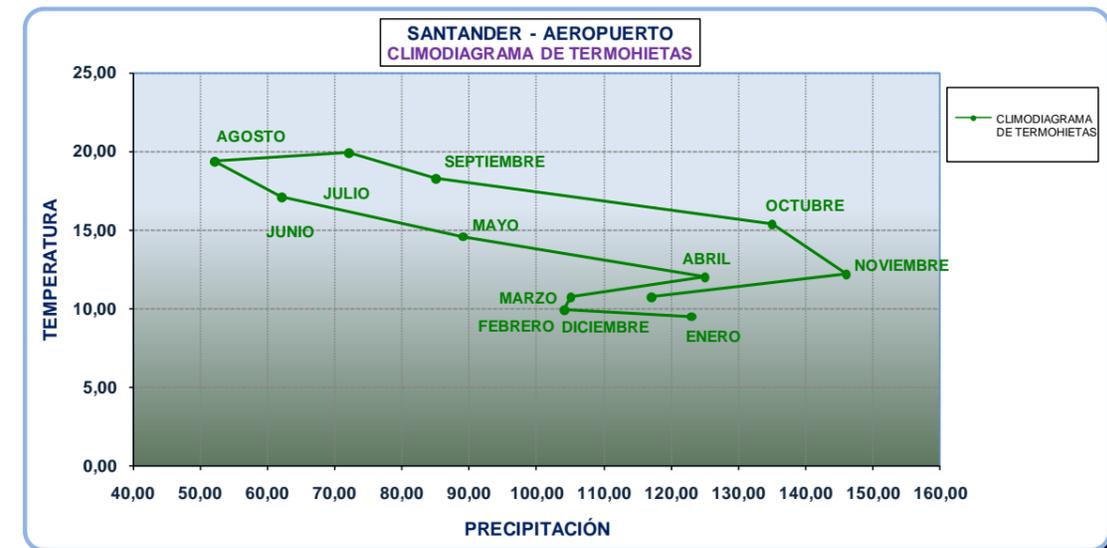
Se utilizan para definir regímenes climáticos de diferentes localidades y establecer comparaciones. Este diagrama está constituido por la precipitación y la temperatura media mensual, utilizando un sistema de coordenadas cartesianas regulares.

La combinación de los valores de precipitación media y temperatura media para cada mes origina 12 puntos que se unen por líneas que indican el ciclo de medias mensuales de todo el año.

Los datos empleados en el diagrama de termohietas son, en su mayoría, la media de muchos meses de registro y proporcionan así una expresión del régimen característico anual o ciclo climático.

Cuando la rama de verano va por la derecha de la rama de invierno, el entorno disfruta de lluvias de verano. En caso contrario, las precipitaciones dominantes son las de invierno. Si las dos ramas se superponen, más o menos, es que el régimen pluviométrico es sensiblemente uniforme a lo largo del año. Si el polígono

es muy alargado en el sentido de las ordenadas, la oscilación termométrica es muy acusada.



CLIMODIAGRAMA DE TERMOHIETAS											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).											
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70
R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).											
123,00	104,00	105,00	125,00	89,00	62,00	52,00	72,00	85,00	135,00	146,00	117,00

En nuestro caso, el climodiagrama de termohietas muestra una curva donde se observa que la rama de los meses de verano se encuentra a la izquierda de la de los meses de invierno, lo que implica que las precipitaciones dominantes son las de los meses de invierno.

Clasificación Climática de Thornthwaite

El parámetro fundamental para esta clasificación es la Evapotranspiración Potencial (EVP, o E_p) y la precipitación (P).

Para encontrar la E_p , se utiliza la fórmula:

$$E_p = 1,6 \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

Siendo:

Ep: Evapotranspiración potencial (mm)

t : temperatura media mensual en grados centígrados

I : Índice de calor anual

a : $0,492 + 0,01179 \cdot I - 0,0000771 \cdot I^2 + 0,000000675 \cdot I^3$

El índice de calor anual I se calcula a partir de las temperaturas medias de los doce meses:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1,5}$$

Tratándose de una zona de insolación normal (latitud <10°), la Ep calculada no se ha de corregir para ningún coeficiente.

Temperaturas medias mensuales, °C:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).											
9,50	9,90	10,70	12,00	14,60	17,10	19,40	19,90	18,30	15,40	12,20	10,70

La Temperatura media mensual es 14,1 °C.

Precipitaciones medias mensuales, mm:

R PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
123,00	104,00	105,00	125,00	89,00	62,00	52,00	72,00	85,00	135,00	146,00	117,00

La Precipitación media mensual es 101,3 mm.

El índice de calor anual resulta:

$$I = 59,41$$

La evapotranspiración potencial:

$$Ep = 55,13\text{mm}$$

A partir de aquí y para clasificar climáticamente la zona, se definen una serie de índices:

- *Índice de humedad (I_h)*: para un clima húmedo, donde la precipitación de un mes determinado (P) excede la necesidad de agua, expresada como evapotranspiración potencial (Ep).

$$I_h = \frac{P - Ep}{Ep} \cdot 100$$

ÍNDICE DE HUMEDAD (exceso).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
123,12	88,66	90,47	126,75	61,45	12,47	-	30,61	54,19	144,89	164,84	112,24

Índice de humedad: $I_h = 84,14$

- *Índice de aridez (I_a)*: aplicable cuando la precipitación, en un mes dado, es inferior a la evapotranspiración potencial.

$$I_a = \frac{Ep - P}{Ep} \cdot 100$$

ÍNDICE DE ARIDEZ (déficit).											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-	-	-	-	-	-	5,67	-	-	-	-	-

Índice de aridez: $I_a = 0,47$

- *Índice hídrico anual (I_m)*: considerando la heterogeneidad de la precipitación en las diferentes épocas del año y, en consecuencia, la influencia desigual de los índices de aridez y humedad, Thornthwaite define un índice hídrico anual.

$$I_m = I_h - 0,6 I_a$$

ÍNDICE HÍDRICO ANUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
123,12	88,66	90,47	126,75	61,45	12,47	-3,40	30,61	54,19	144,89	164,84	112,24

Índice hídrico anual: $I_m = 83,86$

Mediante este índice de humedad I_m se establecen los tipos climáticos siguientes:

En función de la humedad	
Tipo de clima	Índice de humedad
A Perhúmedo	> 101
B4 Húmedo	80 - 101
B3 Húmedo	60 - 81
B2 Húmedo	40 - 61
B1 Húmedo	20 - 41
C2 Subhúmedo húmedo	0 - 21
C1 Subhúmedo seco	-33 a 1
D Semiárido	-67 a -34
E Árido	-100 a -68

Clasificación climática de Thornthwaite (1948).

Así pues, de acuerdo con esta clasificación, el tipo clima de la zona que nos ocupa resulta ser "HÚMEDO B4" ($80 < I_m < 101$).

2.4. Obtención del número de días útiles de trabajo

2.4.1. Introducción

La duración de las obras exteriores viene afectada en gran medida por la situación geográfica y por la época o estación climática en que ha de ejecutarse cada fase de obra. En esta parte del estudio se trata de recopilar los datos estadísticos de clima, de forma que se puedan establecer unas condiciones medias de trabajo para cada uno de los distintos emplazamientos y épocas de ejecución de las obras.

Se utilizan los planos de isóneas de los valores η_m , τ_m , τ'_m , λ_m , λ'_m .

2.4.2. Definiciones

Día trabajable.

Para cada clase de obra definida, se entiende por día trabajable, en cuanto al clima se refiere, el día en que la precipitación y la temperatura del ambiente sean inferior y superior respectivamente a los límites que se definen más adelante.

No se tienen en cuenta las altas temperaturas del ambiente que impidan la puesta en obra del hormigón, tanto por el número inapreciable de días en que se dan, como por caer dentro del microclima de una zona reducida.

Temperatura límite del ambiente para la ejecución de unidades bituminosas

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.

Temperatura límite del ambiente para la manipulación de materiales naturales húmedos

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

Precipitación límite

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

2.4.3. Coeficientes 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.

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

$$\eta_m = \frac{\text{n}^\circ \text{ de días con } T > 0^\circ\text{C}}{\text{n}^\circ \text{ de días del mes}}$$

Se define el coeficiente de reducción por temperatura límite de mezclas bituminosas τ_m , como coeficiente 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 del mes.

$$\tau_m = \frac{\text{n}^\circ \text{ de días con } T > 10^\circ\text{C a las 9 h}}{\text{n}^\circ \text{ de días del mes}}$$

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

$$\tau'_m = \frac{\text{n}^\circ \text{ de días con } T > 5^\circ\text{C a las 9 h}}{\text{n}^\circ \text{ de días del mes}}$$

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

$$\lambda_m = \frac{\text{n}^\circ \text{ de días con } P < 10 \text{ mm}}{\text{n}^\circ \text{ de días del mes}}$$

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

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

Para el cálculo de estos coeficientes se ha tomado la media mensual de cada número de días en 10 años de funcionamiento de las estaciones de la red aeronáutica, publicados por el Boletín mensual Climatológico.

Para el cálculo del número de días con temperatura superior a 10°C y 5°C a las 9 de la mañana, se ha procedido de la forma siguiente:

Establecido, para cada mes y estación termométrica, el valor medio de la diferencia (D) de temperaturas entre las 7 y las 9 horas, se consideraron los datos diarios a las 7 horas que incluyen los Resúmenes Mensuales Climatológicos de cada estación, contándose los días en que la temperatura es superior a $(5-D)^\circ$ y a $(10-D)^\circ$, números que equivalen a los mencionados en el párrafo anterior.

2.4.4. Cálculo de los días trabajables para cada clase de obra

Para el cálculo de los coeficientes medios a aplicar a cada clase de obra en cada ubicación, se consigna el factor meteorológico que afecta a la obra, en el cuadro siguiente:

CLASE DE OBRA	FACTORES QUE AFECTAN A LA OBRA				
	% de días con temperatura > 0° C	% de días con temperatura > 10° C	% de días con temperatura > 5° C	% de días con precipitación < 10 mm	% de días con precipitación < 1 mm
	η_m	τ_m	τ'_m	λ_m	λ'_m
EXPLANACIONES	X			X	X
HORMIGONADO	X			X	
BALASTO Y SUBBALASTO			X		X
SUPERESTRUCTURA DE VÍA		X			X
ÁRIDOS Y OTRAS ACTIVIDADES				X	

Por tratarse de fenómenos con probabilidad independiente, y como el trabajo ha de suspenderse cuando concurra una de varias condiciones adversas, se aplican reiteradamente los coeficientes de reducción correspondientes. El coeficiente de reducción de los días laborables del equipo, afecto a cada clase de obra, es:

EXPLANACIONES : Días de lluvia con precipitación inferior a 5 mm y temperatura a las 9 h de la mañana superior a 0° C.

$$C_m = \frac{(\lambda_m + \lambda'_m)}{2} \eta_m$$

HORMIGONADO : Días en que la temperatura a las 9 h de la mañana es superior a 0° C y la precipitación inferior a 10 mm.

$$C_m = \eta_m \times \lambda_m$$

BALASTO Y SUBBALASTO Días en que la temperatura a las 9 h de la mañana es superior a 5° C y la precipitación inferior a 1 mm.

$$C_m = \tau'_m \times \lambda'_m$$

SUPERESTRUCTURA DE VÍA Días en que la temperatura a las 9 h de la mañana es superior a 10° C y la precipitación inferior a 1 mm.

$$C_m = \tau_m \times \lambda'_m$$

ÁRIDOS Y OTRAS ACTIVIDADES : Días de lluvia con precipitación inferior a 10 mm.

$$C_m = \lambda_m$$

El coeficiente que ofrece mayores dificultades de determinación es el correspondiente a explanaciones, en cuanto a compactaciones se refiere, ya que en él influyen de manera decisiva, entre otros, los siguientes factores: tipo de

material a compactar, temperatura, humedad relativa del aire e intensidad de los vientos dominantes. Se ha simplificado la obtención de dicho coeficiente haciendo intervenir con el mismo peso los coeficientes de lluvia inferior a 1mm y 10mm, así como el coeficiente de helada, al que se supone proporcional C_m , para introducir la temperatura como factor favorable para estos trabajos.

2.4.5. Cálculo de los días trabajables netos

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

- Los días festivos, que son variables según el año y localidad, pero cuya importancia es notable. La distribución de días laborables, que permite obtener los días trabajables netos en la zona de estudio, se incluye el calendario laboral convenio colectivo de la construcción y obras públicas de Cantabria para el año 2018.



CALENDARIO LABORAL CONVENIO COLECTIVO DE LA CONSTRUCCIÓN Y OBRAS PUBLICAS DE CANTABRIA

DIAS	AÑO 2018											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	F-N	8	8	DOM	F-N	8	DOM	8	SAB	8	F-N	SAB
2	8	8	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8	PTE	DOM
3	8	SAB	SAB	8	8	DOM	8	8	8	8	SAB	8
4	8	DOM	DOM	8	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8
5	PTE	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8	8	8	8
6	F-N	8	8	8	DOM	8	8	8	8	SAB	8	F-N
7	DOM	8	8	SAB	8	8	SAB	8	8	DOM	8	PTE
8	8	8	8	DOM	8	8	DOM	8	SAB	8	8	F-N
9	8	8	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8	8	DOM
10	8	SAB	SAB	8	8	DOM	8	8	8	8	SAB	8
11	8	DOM	DOM	8	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8
12	8	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8	F-N	8	8
13	SAB	8	8	8	DOM	8	8	8	8	SAB	8	8
14	DOM	8	8	SAB	8	8	SAB	8	8	DOM	8	8
15	8	8	8	DOM	8	PTE	DOM	F-N	F-C	8	8	SAB
16	8	8	PTE	8	8	SAB	8	8	DOM	8	8	DOM
17	8	SAB	SAB	8	8	DOM	8	8	8	8	SAB	8
18	8	DOM	DOM	8	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8
19	8	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8	8	8	8
20	SAB	8	8	8	DOM	8	8	8	8	SAB	8	8
21	DOM	8	8	SAB	8	8	SAB	8	8	DOM	8	8
22	8	8	8	DOM	8	8	DOM	8	SAB	8	8	SAB
23	8	8	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8	8	DOM
24	8	SAB	SAB	8	8	DOM	8	8	8	8	SAB	PTE
25	8	DOM	DOM	8	PTE	8	F-L	SAB	8	8	DOM	F-N
26	8	8	8	8	SAB	8	8	DOM	8	8	8	8
27	SAB	8	8	8	DOM	8	8	8	8	SAB	8	8
28	DOM	8	8	SAB	8	8	F-C	8	8	DOM	8	8
29	8	...	8	DOM	8	8	DOM	8	SAB	8	8	SAB
30	8	...	F-N	PTE	8	SAB	8	F-L	DOM	8	8	DOM
31	8	...	SAB	...	8	...	8	PTE	...	8	...	PTE
T.H.	168	160	160	160	168	160	168	160	160	176	160	128
DIAS	21	20	20	20	21	20	21	20	20	22	20	16

F-N: Fiesta Nacional, F-C: Fiesta de la Comunidad, F-L: Fiesta Local, PTE: Puente.

HORAS DE CALENDARIO		1.928 horas
HORAS DE VACACIONES	21 días x 8 horas	- 168 horas
HORAS DE VACACIONES (excepcionales 2018)	3 días x 8 horas	- 24 horas
TOTAL HORAS		1.736 horas
DIAS DE PLUS CONVENIO=	241 días - 24 días de vacaciones = 217 días	
TOTAL HORAS EFECTIVAS (Total horas trabajo efectivo)		1.736 horas

– El cálculo del coeficiente de reducción por días de climatología adversa se ha explicado en el apartado anterior para cada clase de obra.

Si para un mes determinado Cf representa el coeficiente de reducción de días festivos, y Cm el coeficiente de reducción climatológico para una clase de obra determinada, (1-Cm) representa la probabilidad de que un día cualquiera del mes presente climatología adversa para dicha clase de obra; y (1-Cm) x Cf la probabilidad de que un día laborable presente una climatología adversa.

El coeficiente de reducción total será, por tanto:

$$C_t = 1 - (1 - C_m) C_f$$

2.4.6. Datos medios sobre días trabajables por climatología

Los coeficientes medios anuales que permiten la obtención de los días útiles de trabajo en las diferentes unidades de obra se han obtenido a partir de los datos tomados de los mapas de “Isolíneas de Coeficientes de reducción de los días de trabajo”, publicados por la DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS del antiguo M.O.P.T.M.A.

A partir de estos datos, se obtienen las tablas y gráficos incluidos a continuación:

MEDIA DE DATOS

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
nº días (n)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
festivos (f)	10	8	11	10	10	10	10	11	10	9	10	15
laborables(l)	21	20	20	20	21	20	21	20	20	22	20	16

Fórmula	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
$\eta m = n^\circ \text{ días} > 0^\circ\text{C} / n^\circ \text{ días al mes}$	0,850	0,800	0,900	0,950	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950	0,900
$Tm = n^\circ \text{ días} > 10^\circ\text{C} / n^\circ \text{ días al mes}$	0,250	0,250	0,300	0,400	0,900	1,000	1,000	1,000	1,000	0,700	0,400	0,300
$T' m = n^\circ \text{ días} > 5^\circ\text{C} / n^\circ \text{ días al mes}$	0,600	0,600	0,700	0,800	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,900	0,700
$\lambda m = n^\circ \text{ días} < 10 \text{ mm} / n^\circ \text{ días al mes}$	0,880	0,880	0,900	0,930	0,950	0,950	0,970	0,930	0,910	0,840	0,860	0,880
$\lambda' m = n^\circ \text{ días} < 1 \text{ mm} / n^\circ \text{ días al mes}$	0,640	0,730	0,690	0,690	0,680	0,680	0,750	0,680	0,700	0,600	0,590	0,560

Coefficientes C _m	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hormigones	0,748	0,704	0,810	0,884	0,950	0,950	0,970	0,930	0,910	0,840	0,817	0,792
Explanaciones	0,646	0,644	0,716	0,770	0,815	0,815	0,860	0,805	0,805	0,720	0,689	0,648
Aridos	0,880	0,880	0,900	0,930	0,950	0,950	0,970	0,930	0,910	0,840	0,860	0,880
Riegos y tratamiento	0,160	0,183	0,207	0,276	0,612	0,680	0,750	0,680	0,700	0,420	0,236	0,168
Mezcla bituminosas	0,384	0,438	0,483	0,552	0,680	0,680	0,750	0,680	0,700	0,600	0,531	0,392
$Cf = (n-f)/n$	0,677	0,714	0,645	0,667	0,677	0,667	0,677	0,645	0,667	0,710	0,667	0,516

Coefficientes C _t	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hormigones	0,829	0,789	0,877	0,922	0,966	0,967	0,980	0,955	0,940	0,886	0,878	0,893
Explanaciones	0,760	0,746	0,816	0,846	0,875	0,877	0,905	0,874	0,870	0,801	0,793	0,818
Aridos	0,919	0,914	0,935	0,953	0,966	0,967	0,980	0,955	0,940	0,886	0,907	0,938
Riegos y tratamientos	0,431	0,416	0,488	0,517	0,737	0,787	0,831	0,794	0,800	0,588	0,491	0,571
Mezclas bituminosas	0,583	0,599	0,666	0,701	0,783	0,787	0,831	0,794	0,800	0,716	0,687	0,686

DÍAS TRABAJABLES NETOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Hormigones	17	16	18	18	20	19	21	19	19	20	18	14
Explanaciones	16	15	16	17	18	18	19	17	17	18	16	13
Aridos	19	18	19	19	20	19	21	19	19	20	18	15
Riegos y tratamientos	9	8	10	10	15	16	17	16	16	13	10	9
Mezclas bituminosas	12	12	13	14	16	16	17	16	16	16	14	11

NOTA (1) SEGÚN CALENDARIO LABORAL INDICADO PARA EL CONVENIO DE LA CONSTRUCCIÓN EN CANTABRIA PARA EL 2018.

CLASE DE OBRA	Total días trabajables
Hormigones	219
Explanaciones	200
Aridos	226
Riegos y tratamientos	150
Mezclas bituminosas	174

3. Hidrología

3.1. Cálculos hidrológicos

El estudio que se desarrolla en este apartado tiene como fin último la obtención de la Precipitación máxima diaria para los distintos periodos de retorno. Con el resultado obtenido se comprobará el correcto funcionamiento de los elementos proyectados en el apartado 4. Drenaje.

Para ello es necesario realizar una serie de cálculos que se describen en cada uno de los epígrafes que siguen.

3.1.1. Datos de partida

Para la obtención de las máximas precipitaciones en 24 h se han utilizado los datos de la publicación del Ministerio de Fomento “Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular”.

Se ha considerado que la precisión y fiabilidad de estos datos es suficiente para un estudio de las características como el que se está desarrollando, correspondiente a la renovación de una vía existente.

3.1.2. Cálculos pluviométricos

A continuación, se calculan las precipitaciones para los diferentes períodos de retorno, según el método descrito en la publicación mencionada en el apartado anterior.

Este programa da como resultado la precipitación asociada a las coordenadas de un punto (geográficas o UTM) para el periodo de retorno que se fije.

Siguiendo la metodología descrita en esta publicación, se obtienen los valores del coeficiente C_v de la zona de estudio. A partir de los valores de este coeficiente y, según la tabla que se incluye a continuación, se calcula el coeficiente amplificador K_T y a partir del mismo la precipitación asociada a cada período de retorno.

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

En el área de estudio y teniendo en cuenta el Mapa de Isolíneas, se han obtenido los siguientes parámetros en el área de la estación de la RAM en Torrelavega:

$C_v = 0,38$ y $P = 75$ mm.

Con los datos anteriores, se calcula el valor de la precipitación para los diferentes períodos de retorno.

Se incluye a continuación otra tabla con las precipitaciones máximas en 24 horas para los diferentes períodos de retorno.

	PERÍODOS DE RETORNO						
	5	10	25	50	100	200	500
K_T	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014
$P_{24h \text{ máx}}$	91,76	108,71	132,68	151,85	172,20	193,66	223,04

En el apéndice 2 se incluye un plano con la situación de la actuación sobre el citado Mapa de Isolíneas.

4. Drenaje

4.1. Introducción

El presente capítulo tiene por objeto el desarrollo del cálculo y el dimensionamiento de los sistemas de drenaje que serán necesario disponer a lo largo de la nueva plataforma de la RAM de Adif.

En el drenaje longitudinal se proyectan los elementos de drenaje para la evacuación de la presencia de agua de la plataforma que recibe a través de la entrada de las bocas del túnel, de las rejillas de ventilación, de la infiltración y de extinción de incendios.

El drenaje transversal consiste en la reposición de los encauzamientos existentes que son afectados por el cambio del trazado, debido al soterramiento. Estas reposiciones se resumen brevemente en el siguiente apartado.

4.2. Descripción del drenaje transversal.

Los arroyos encauzados que cruzan transversalmente la traza, arroyo del Cristo y arroyo Sorravides son convenientemente repuestos mediante secciones de encauzamiento iguales o superiores a las existentes.

- Desvío encauzamiento Arroyo El Cristo: Existe un cajón prefabricado de HA de 3,10 x 1,32 m (alto x ancho) cuya cota de fondo de solera es de

12,48m. La actuación consiste en el retranqueo mediante un marco prefabricado de hormigón armado 3,00x1,50 proyectado en zanja (22 m) y un marco de hormigón armado ejecutado "in situ" a cielo abierto (28 m), de 3,10x1,32 m. de dimensiones interiores (espesor de muros=0,3 m; espesor de solera=0,8 m), protección del mismo para ejecución de pantallas, apeo del mismo para encaje del marco en losa superior de túnel proyectado (14 m). La actuación incluye los anclajes necesarios, pozos de registro (3 ud), conexión entre marcos (3 ud) y medios auxiliares.

- Encauzamiento Sorravides I: Existe un cajón prefabricado de HA de 3,40 x1,93 (ancho x alto) cuya cota de fondo de solera es de 9,55 m. La actuación consiste en el retranqueo del arroyo colector afectado con marco prefabricado de hormigón armado de 3,50x2,00 m instalado en zanja (265 m), la actuación incluye los pozos de registro (4 ud), conexiones entre el marco proyectado y existente, apertura y relleno de zanja, y medios auxiliares.
- Colector Inmobiliaria (cajón de 3,5x3,5 m) y el Arroyo Sorravides (cajón 5x3,5 m): Son existentes y se mantienen como en la actualidad al no plantearse actuar sobre ellos, ya que el ffc en esos puntos alcanza ya su cota actual en superficie.

4.3. Descripción del drenaje longitudinal

La totalidad del caudal recibido por el tramo en vía en placa se encauza a través de la canaleta central, desaguando finalmente mediante una conducción de 500 mm de diámetro hacia el cuarto de bombeo, situado en la margen izquierda del trazado en torno al P.K. 1+150.

Para el diseño de la red de drenaje se han seguido los siguientes criterios generales utilizados para el drenaje de túneles:

- Por seguridad, se considera un caudal de infiltración de 0,20 l/s/km,

- Los caudales de aportación de escorrentía, correspondientes a todo el trazado salvo en la zona protegida por la losa de cubrimiento y a las rejillas de ventilación del túnel.
- Para el cálculo de los caudales de aportación al pozo de bombeo del túnel, se ha supuesto, además, un caudal procedente de extinción de incendios de 1.000 l/min.
- El período de retorno mínimo elegido para el diseño de los elementos de drenaje es de 50 años como indica la Norma 5.2 IC

El sistema de drenaje longitudinal proyectado se compone de los siguientes elementos grafiados en los planos de drenaje correspondientes:

- Cuneta de plataforma de 0,50 m de ancho por 0,60 m de alto en los tramos de vía en balasto. El caudal de estas cunetas se conducirá fuera de la plataforma evitando que entre en la canaleta central de la parte soterrada. El tramo entre el P.K. 0+000-0+250 desaguará a los colectores de saneamiento situados a ambos lados de la vía a través dos tuberías de PVC liso de 300mm y 400 mm, mientras que el tramo entre el P.K. 1+708-1+800, conectará mediante un colector de diámetro 300 mm a la reposición del arroyo. En los dos casos, se instalarán dos arquetas de 0,80x0,80m a los dos lados de la vía, al final del tramo en balasto.
- Canaleta in-situ de 0,40x0,42 m con rejilla tipo tramex longitudinal central, en el tramo de vía en placa entre el P.K. 0+250-0+710, PK 0+720-0+774 y P.K. 1+150-1+708. Entre los ppkk 0+225 y 0+250 (margen derecha) se propone una canaleta in situ a contrapendiente, con altura variable entre 0,25 y 0,375 m, que recoge el agua de este tramo y los lleva al 0+225 donde se define un colector que conectará con la red de saneamiento, dicho colector recogerá las aguas desde el pp.kk. 0+000 al 0+250 de la margen derecha y será de 400 mm de diámetro.
- Canaleta in-situ de 0,50m de ancho con rejilla tipo tramex. Debido a la falta de pendiente del tramo se opta por una canaleta de altura variable con el objetivo de aumentar la pendiente lo máximo posible. Esto implica que en el P.K. 0+774 las dimensiones de la canaleta sean de 0,50 m x 0,5 m, mientras que en el P.K. 1+150 las dimensiones son de 0,50 m x 1,25 m. De esta manera, si bien es cierto que la pendiente de la canaleta del 0,2% es reducida, la comprobación hidráulica incluida en el presente anejo da un resultado positivo para la solución adoptada. Esta canaleta es receptora de todas las aguas que recibe el tramo en vía en placa, circulando el agua hasta el punto de desagüe situado en el P.K 1+150.
- Canaleta in-situ de 0,40m de ancho con rejilla tipo tramex y altura 0,42 entre 1+150 y el 1+708
- Caz-vía realizado in-situ sobre la vía en placa de hormigón, situados a los lados de la placa y entre los carriles, que desaguan cada 50 metros en la canaleta central. Este caz-vía se colocará en las tres vías existentes.
- Canal-caz de 25 x 20 cm en los laterales que recogen el agua de infiltración, desaguando cada 50 metros en la canaleta central. Este canal-caz se colocará en las tres vías existentes.
- Tubería de PVC liso 100mm de diámetro bajo carriles en vía en placa, para conexión del canal-caz de 25 x 20 cm con la canaleta longitudinal central.
- Tubería de PVC liso 100mm de diámetro bajo el tercer carril en vía en placa, para conexión del canal-caz de 25 x 20 cm con el colector de 300 mm de diámetro.
- Tubería de PVC liso de 300mm de diámetro, que conecta la canaleta central situada entre las vías 1 y 3 y la canaleta central entre las vías 1 y 2 entre los P.K. 0+710-0+720. Esta tubería permite el retranqueo de la

canaleta central, que discurrirá el resto del trazado entre los P.K. 0+720-1+800 entre las vías 1 y 2.

- 24 Arquetas prefabricadas de hormigón de 40x40 cm dispuestas cada 50 m, en la canaleta longitudinal central de la vía en placa, entre los P.K. 0+250-0+774 y P.K. 1+150-1+708.
- 12 Arquetas prefabricadas de hormigón de 40x40 cm dispuestas cada 50 m, en el tubo de 300 mm de diámetro que recoge las aguas de la tercera vía entre el 0+720 y el 1+310
- 9 Arquetas prefabricadas de hormigón de 50x50 cm dispuestas cada 50 m, en la canaleta longitudinal central de la vía entre los P.K. 0+774-1+150.
- Tubería de PVC de 500 mm diámetro, de conexión entre la canaleta central y el cuarto de bombeo, proyectada con una pendiente del 1 %.
- Colector de 300 mm de diámetro bajo la 3ª vía entre los P.K. 0+720 y 1+310 que recogerá el agua procedente de la infiltración de la pantalla izquierda.
- Tubería de PVC de 300 mm diámetro, de conexión entre el colector de 300m de diámetro de la 3ª vía y la canaleta longitudinal central, proyectado con una pendiente del 0,5%.
- Grupo de Bombeo del Túnel, provisto de 3+1 bombas y tubería de impulsión. Se encuentra situado en un cuarto de bombeo de 5 m de largo por 5 m de anchura y 3 m de profundidad.
- Colector de 500 mm de conexión a saneamiento existente, que se situará bajo la calzada de la calle Jose Gutiérrez Alonso. Se colocarán arquetas de 0,80x0,8m cada 50 metros, para la limpieza y mantenimiento del colector.

4.4. Cálculos hidráulicos

4.4.1. Cálculo de caudales

El caudal aportado los colectores proyectados en drenaje longitudinal se ha calculado según la siguiente expresión:

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

Siendo:

Q (m³/s): Caudal punta en el punto de desagüe correspondiente a un período de retorno dado.

C: Coeficiente de escorrentía de la cuenca drenada.

I(T,t_c) (mm/h): Intensidad media de la precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

A (km²): Superficie de la cuenca.

K_t: Coeficiente de uniformidad.

Siguiendo las Instrucciones y Recomendaciones de ADIF de la NAP 1-2-0.3 Climatología, Hidrología y Drenaje, el cálculo del tiempo de concentración que se utiliza para definir los caudales a desaguar por las cunetas se estima mediante la siguiente fórmula:

$$T_C = 0,05 + 0,1 * \left(\frac{L}{J^{\frac{1}{4}}} \right)^{0,76}$$

Siendo:

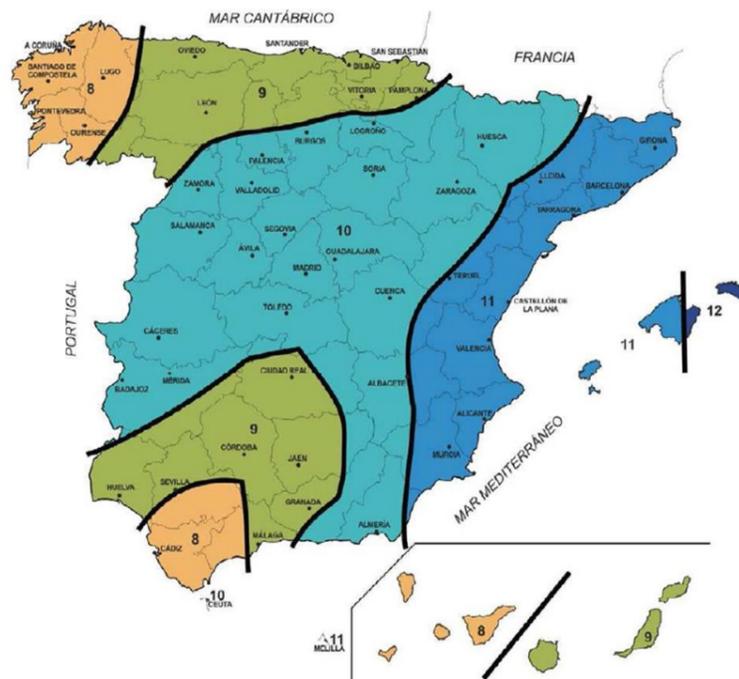
T_c: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud de la cuenca o elemento de drenaje longitudinal en km.

J: Pendiente.

El dimensionamiento de los elementos de drenaje longitudinal se ha realizado para un período de retorno de 50 años. Para los cálculos se aplicarán los siguientes parámetros:

- Precipitación máxima diaria: P₅₀ = 151,85 mm (valores calculado en el apartado 3.1)
- Relación de Intensidades: I₁/I_d = 9 Consultando el mapa de isolíneas de los valores I₁/I_d para España que figura en la Norma 5.2-IC.



- Se considera un umbral de escorrentía para los tramos de vía en balasto de P₀ = 1mm y de un umbral de escorrentía de P₀= 8 mm para los tramos de vía en placa, según las instrucciones y recomendaciones de ADIF.
- La intensidad media diaria de precipitación I_d, se ha obtenido mediante la fórmula:

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

Obteniendo una I_d=6,33mm para un periodo de retorno de 50 años. Se considera K_A=1, factor reductor de precipitación para áreas de cuenca inferiores a 1km².

- La intensidad de precipitación I(T,t) se ha calculado siguiendo la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Siendo:

F_{int}: Factor de intensidad (Según Norma 5.2-IC).

- El coeficiente de escorrentía C, se ha calculado según la fórmula siguiente:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_o} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_o} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_o} + 11\right)^2}$$

- El coeficiente de uniformidad K_t se ha calculado según la fórmula siguiente:

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

En la siguiente tabla se detalla el cálculo de los caudales de los siguientes elementos:

- Cuneta rectangular lateral de 0,50 x 0,60 m.
- Canaleta central de 0,40 m de ancho
- Canaleta central de 0,50m de ancho.
- Tubería de PVC de 300m para retranqueo de la canaleta central.

- Colector de desagüe entre la canaleta central y el cuarto de bombeo, de 500 mm de diámetro, cuyo caudal corresponde a la suma de los caudales de escorrentía e infiltración entre los tramos 3 a 9, más la 3ª vía y el caudal para extinción de incendios, proyectado con una pendiente del 1 %.
- Colector situado bajo la 3ª vía en el tramo de estación de 300 mm de diámetro.
- Colector de diámetro 500 mm por el que circulará el caudal procedente de las tuberías de impulsión del bombeo hasta el encauzamiento existente bajo la Calle Calderón de la Barca.
- Caudal del colector de desagüe de 500 mm de diámetro= Q_{total} Tramos 4 a 9 + Q_{total} 3ª vía + $Q_{anti-incendios}$ = **427,89 l/s.**
- Caudal del colector de conexión con saneamiento existente de 500 mm diámetro= **427,89 l/s.**

DEFINICIÓN GEOMÉTRICA - 1ª y 2ª VIA										
Tramo	P.K.	Margen	Longitud (m)	Pendiente (%)	Ancho (m)	Área de vía (m²)	Rejilla de ventilación (m²)	Área Talud (m²)	A Total (m²)	t_c (h)
Tramo 1	0+000 - 0+190	MI	190	0,30%	3,75	712,5	-	-	712,5	0,136
Tramo 1	0+000 - 0+130	MD	130	0,30%	3,75	487,5	-	-	487,5	0,115
Tramo 1	0+130 - 0+190	MD	60	0,30%	14	840	-	-	840	0,086
Tramo 1	0+190 - 0+225	MD	35	1,50%	14	490	-	-	490	0,067
Tramo 2	0+190 - 0+250	MI	60	1,50%	3,75	315	-	90	405	0,076
Tramo 2	0+225 - 0+250	MD	25	1,50%	6,5	162,5	-	-	162,5	0,063
Tramo 3	0+250 - 0+390	-	140	1,50%	9	1260	-	-	1260	0,100
Tramo 4	0+390 - 0+670	-	280	1,50%	9	2520	-	-	2520	0,134
Tramo 5	0+670 - 0+774	-	104	1,50%	-	-	-	-	-	-
Tramo 6	0+774 - 1+150	-	376	0,05%	-	-	132,7	-	132,7	0,180
Tramo 7	1+150 - 1+205	-	55	1,50%	-	-	-	-	-	-
Tramo 8	1+205 - 1+430	-	225	1,50%	9	2025	-	-	2025	0,121
Tramo 9	1+430 - 1+708	-	278	1,50%	9	2502	-	-	2502	0,134
Tramo 10	1+708 - 1+800	MI	92	0,16%	5,75	529	-	-	529	0,118
Tramo 10	1+708 - 1+800	MD	92	0,16%	5,75	529	-	-	529	0,118

DEFINICIÓN GEOMÉTRICA - 3ª VIA										
Tramo	P.K.	Margen	Longitud (m)	Pendiente (%)	Ancho (m)	Área de vía (m²)	Rejilla de ventilación (m²)	Área Talud (m²)	A Total (m²)	t _c (h)
Tramo 5	0+720 - 0+774	3 vía	54	1,50%	-	-	-	-	-	-
Tramo 6	0+774 - 1+150	3 vía	376	0,05%	-	-	-	-	-	-
Tramo 7	1+150 - 1+205	3 vía	55	1,50%	-	-	-	-	-	-
Tramo 8	1+205 - 1+310	3 vía	105	1,50%	6	690	-	-	690	0,090

CAUDALES DE CALCULO - VÍA EN BALASTO											
Tramo	P.K.	Longitud (m)	Q infiltración (m³/s) (0,2 l/s*km)	Extinción de incendios (m³/s)	P(50)	Id (50)	Fa	I(50,t)	P _o	C _i	Q escorrentía (m³/s)
Tramo 1	0+000 - 0+190	190	-	-	151,85	6,327	24,589	155,58	8,00	0,84	0,026
Tramo 1	0+000 - 0+130	130	-	-	151,85	6,327	26,566	168,08	8,00	0,84	0,019
Tramo 1	0+130 - 0+190	60	-	-	151,85	6,327	30,166	190,86	8,00	0,84	0,038
Tramo 1	0+190 - 0+225	35	-	-	151,85	6,327	33,476	211,81	8,00	0,84	0,024
Tramo 2	0+190 - 0+250	60	-	-	151,85	6,327	31,768	201,00	8,00	0,84	0,015
Tramo 2	0+225 - 0+250	25	-	-	151,85	6,327	34,336	217,25	8,00	0,84	0,008
Tramo 10	1+708 - 1+800	92	-	-	151,85	6,327	26,218	165,88	8,00	0,84	0,021
Tramo 10	1+708 - 1+800	92	-	-	151,85	6,327	26,218	165,88	8,00	0,84	0,021

CAUDAL DE CALCULO - VÍA EN PLACA											
CAUDALES DE CALCULO - 1ª VIA (T=50 años)											
Tramo	P.K.	Longitud (m)	Q infiltración (m³/s) (0,2 l/s*km)	Extinción de incendios (m³/s)	P(50)	Id (50)	Fa	I(50,t)	P _o	C _i	Q escorrentía (m³/s)
Tramo 3	0+250 - 0+390	140	0,0000280	0,0167	151,85	6,33	28,24	178,66	1,00	0,99	0,0624
Tramo 4	0+390 - 0+670	280	0,0000560		151,85	6,33	24,72	156,39	1,00	0,99	0,1095
Tramo 5.1	0+670 - 0+710	40	0,0000080		-	-	-	-	-	-	-
Tramo 5.2 - retranqueo	0+710-0+720	10	0,0000020		-	-	-	-	-	-	-
Tramo 5.3	0+720-0+774	54	0,0000108		-	-	-	-	-	-	-
Tramo 6	0+774 - 1+150	376	0,0000752		151,85	6,33	21,60	136,64	1,00	0,99	0,0051
Tramo 7	1+150 - 1+205	55	0,0000110		-	-	-	-	-	-	-

Tramo 8	1+205 - 1+430	225	0,0000450		151,85	6,33	25,87	163,71	1,00	0,99	0,0921
Tramo 9	1+430 - 1+708	278	0,0000556		151,85	6,33	24,76	156,63	1,00	0,99	0,1089

CAUDALES DE CALCULO - 3ª VIA (T=50 años)											
Tramo	P.K.	Longitud (m)	Q infiltration (m³/s) (0,2 l/s*km)	Extinción de incendios (m³/s)	P(50)	Id (50)	Fa	I(50,t)	P _o	C _i	Q escorrentía (m³/s)
Tramo 5	0+720 - 0+774	54	0,00001	0,0167	-	-	-	-	-	-	-
Tramo 6	0+774 - 1+150	376	0,00008		-	-	-	-	-	-	-
Tramo 7	1+150 - 1+205	55	0,00001		-	-	-	-	-	-	-
Tramo 8	1+205 - 1+320	115	0,00002		151,85	6,33	29,55	186,95	1,00	0,99	0,0326

4.4.2. Justificación hidráulica de la capacidad de los elementos de drenaje

Para justificar hidráulicamente la capacidad de los elementos de drenaje proyectados se ha utilizado en los cálculos la fórmula de Manning-Strikler recogida por la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial".

En función de los caudales obtenidos, se comprueba la capacidad hidráulica de las conducciones en las secciones consideradas, aplicando las ecuaciones de Manning para régimen libre:

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

$$Q = S_m V$$

V Velocidad en m/s

R Radio hidráulico $R = \frac{S_m}{P_m}$

S_m Sección mojada

P_m Perímetro mojado

J Pendiente longitudinal media del colector en tanto por uno.

n Coeficiente de rugosidad de Manning, que depende del material con que esté fabricada la superficie interior del colector.

Q Caudal en m³/s.

Tal y como se puede observar en la siguiente tabla todos los elementos de drenaje presentan una capacidad suficiente para transportar los caudales que reciben. Tanto la velocidad, como el calado de los caudales quedan verificados.

Siendo:

COMPROBACIÓN HIDRÁULICA - CANALETA LATERAL										
Elemento de drenaje	P.K.	Tramo	Longitud (m)	Tipología	Nº Manning	Pendiente (%)	Q (l/s)	Rh	y (calado)	Velocidad (m/s)
Canaleta lateral	0+000 - 0+190	Tramo 1	190	Canaleta rectangular 0,5 x 0,6 m	0,015	0,30%	26,01	0,066	0,090	0,578
	0+000 - 0+130	Tramo 1	130	Canaleta rectangular 0,5 x 0,6 m	0,015	0,30%	19,21	0,055	0,070	0,549
	0+130 - 0+190	Tramo 1	60	Canaleta rectangular 0,5 x 0,6 m	0,015	0,30%	56,73	0,094	0,150	0,756
	0+190 - 0+225	Tramo 1	35	Canaleta rectangular 0,5 x 0,6 m	0,015	1,50%	81,00	0,076	0,110	1,473
	0+190 - 0+250	Tramo 2	60	Canaleta rectangular 0,5 x 0,6 m	0,015	1,50%	40,82	0,055	0,071	1,150
Conexión canaleta rectangular tramo 1 - con saneamiento	0+250		10	Tubo de 300mm	0,01	0,50%	40,82	0,072	0,140	1,220
Conexión canaleta tramo 2 con arqueta	0+225		4	Tubo de 300mm	0,01	0,50%	8,25	0,078	0,060	0,773
Conexión arqueta con red saneamiento	0+225		10	Tubo de 400mm	0,01	0,50%	89,25	0,097	0,190	1,490
Canaleta Lateral - variable	1+708 - 1+800	Tramo 10	160	Canaleta rectangular 0,5 x 0,42 m - 0,5 x 0,20m	0,015	0,30%	20,57	0,042	0,050	0,823
	1+708 - 1+800	Tramo 10	160	Canaleta rectangular 0,5 x 0,42 m - 0,5 x 0,20m	0,015	0,30%	20,57	0,042	0,050	0,823
Conexión canaletas tramo 10	1+708		12	Tubo de 300mm	0,01	0,50%	20,57	0,056	0,100	1,033
Conexión canaletas tramo 10 saneamiento	1+708		10	Tubo de 300mm	0,01	0,50%	41,14	0,075	0,150	1,257

COMPROBACIÓN HIDRÁULICA - CANALETA CENTRAL										
Elemento de drenaje	P.K.	Tramo	Longitud (m)	Tipología	Nº Manning	Pendiente (%)	Q (l/s)	Rh	y (calado)	Velocidad (m/s)
Canaleta central	0+225 - 0+250	Tramo 2	25	Canaleta rectangular 0,4 x 0,25 a 0,4 x0,375 m	0,015	0,50%	8,25	0,08	0,14	0,15
	0+250 - 0+390	Tramo 3	140	Canaleta rectangular 0,4 x 0,42 m	0,015	1,50%	79,14	0,08	0,13	1,52
	0+390 - 0+670	Tramo 4	280	Canaleta rectangular 0,4 x 0,42 m	0,015	1,50%	188,70	0,11	0,25	1,89
	0+670 - 0+710		40	Canaleta rectangular 0,4 x 0,42 m	0,015	1,50%	188,71	0,11	0,25	1,89
Colector retranqueo	0+710-0+720	Tramo 5	10	Tubo 400mm	0,01	1,50%	188,71	0,11	0,22	2,74
	0+720-0+774		54	Canaleta rectangular 0,4 x 0,42 m	0,015	1,50%	188,72	0,11	0,25	1,89
Canaleta Central	0+774 - 1+150	Tramo 6	376	Canaleta rectangular 0,5 x 0,5 m - 0,5x1,25m	0,015	0,20%	193,85	0,16	0,44	0,88
	1+150 - 1+205	Tramo 7	55	Canaleta rectangular 0,4 x 0,42m	0,015	1,50%	217,73	0,11	0,27	2,02
	1+205 - 1+430	Tramo 8	225	Canaleta rectangular 0,4 x 0,42 m	0,015	1,50%	217,72	0,11	0,246	2,21
	1+430 - 1+708	Tramo 9	240	Canaleta rectangular 0,4 x 0,42 m	0,015	1,50%	125,62	0,10	0,19	1,65
Colector de desagüe al pozo de bombeo - Canaleta central	1+150		9	Tubo de 500mm	0,01	1,00%	427,89	0,149	0,36	2,815
Conector de conexión al saneamiento existente del pozo de bombeo	1+150		204	Tubo de 500mm	0,01	1,00%	427,89	0,149	0,36	2,815

COMPROBACIÓN HIDRÁULICA - COLECTOR 3ª VIA										
Elemento de drenaje	P.K.	Tramo	Longitud (m)	Tipología	Nº Manning	Pendiente (%)	Q (l/s)	Rh	y (calado)	Velocidad (m/s)
Colector 3ª vía	0+720 - 0+774	Tramo 5	54	Colector 300mm	0,01	1,50%	16,68	0,064	0,070	1,965
	0+774 - 1+150	Tramo 6	376	Colector 300mm	0,01	0,20%	16,76	0,060	0,110	0,687
	1+150 - 1+205	Tramo 7	55	Colector 300mm	0,01	1,50%	49,36	0,060	0,120	0,687
	1+205 - 1+310	Tramo 8	105	Colector 300mm	0,01	1,50%	49,34	0,060	0,120	0,687
Conexión de 3º vía con canaleta central	1+150		15	Tubo de 300mm	0,01	0,50%	49,51	0,081	0,170	1,322

4.5. Sistema de bombeo

Se sitúa un cuarto de bombeo en torno al P.K. 1+150 en el lado izquierdo de la plataforma de la vía que conectará con la canaleta central mediante un colector de 600 mm de diámetro. El caudal a desaguar es de 427,89 l/s, es decir de 1540,40 m³ /h, correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, y la altura geodésica de bombeo es de 10 metros.

El cuarto de bombeo presenta una anchura de 5 m de largo por 5 m de anchura y 3 m de profundidad. En él se instalarán 4 bombas sumergibles de impulsión de Potencia de eje de motor de 63 Kw. En situación de máximo rendimiento 3 bombas estarán funcionando y una está destinada como reserva.

El arranque de bombas será automático en función de los niveles ubicados en el pozo de bombeo, o manual por pulsadores al efecto situados en un cuadro de mando en cabina del jefe de estación y también en el propio cuadro de fuerza a pie de bombas.

Desde las bombas hasta el punto de desagüe, en los colectores previstos, se instalarán las tuberías correspondientes, con los elementos de seguridad y de control necesarios para el funcionamiento de la instalación. El disponer de tres unidades de bombeo permite flexibilizar el uso de los bombeos en casos de caudales menores. De este modo, se racionaliza el funcionamiento, dando alternancia de uso a cada equipo, consiguiendo un mantenimiento óptimo.

Los cálculos de dimensionamiento de las bombas se realizan considerando el funcionamiento de tres bombas, es decir cada bomba será capaz de impulsar un caudal de 516 m³/h, que corresponde a un tercio del caudal total, hasta una diferencia de altura de 12 metros.

El sistema bombas se conectarán con el centro de transformación general y se dispondrá de un grupo electrógeno de socorro de 100 KVA, que garantizarán el suministro a las bombas en caso de fallo eléctrico.

En el Apéndice 1 se incluyen lo siguiente:

- Curva de funcionamiento Caudal-Potencia y Caudal-Altura manométrica de una de las bombas.
- Dibujo de instalación y entrada.
- Resultados de dimensionamiento.
- Dibujo de dimensionamiento de la bomba modelo Grundfos o similar

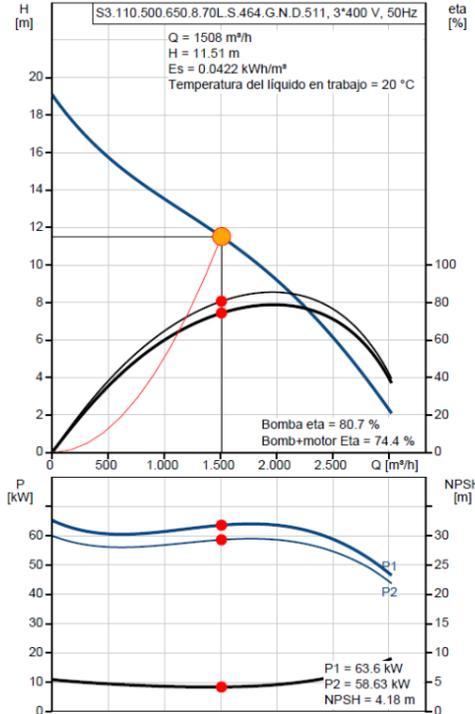
APÉNDICE 1. FICHA TÉCNICA DE LAS BOMBAS

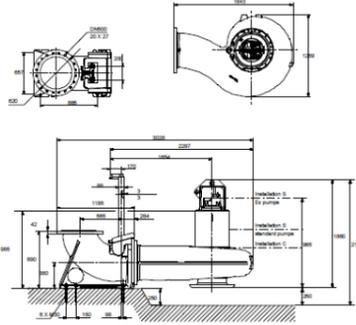


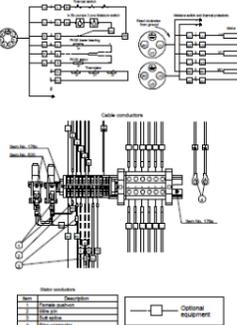
Empresa: Grundfos
Creado Por:
Teléfono:

Datos: 22/10/2018

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	S3.110.500.650.8.70L.S.4
Código::	64.G.N.D.511
Número EAN::	95112936
	5700310630472
Técnico:	
Caudal real calculado:	1508 m³/h
Caudal máximo:	3024 m³/h
Altura resultante de la bomba:	11.51 m
Altura máxima:	19.1 m
Diámetro real del impulsor:	464 mm
Tipo de impulsor:	3-CANAL
Diámetro máximo de las partículas:	110 mm
Eje primario de cierre:	SIC-SIC
Eje secundario de cierre:	SIC-CARBON
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B
Camisa de refrigeración:	N
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición dúctil
	EN 1563 EN-GJS-500-7
	AISI 80-55-06
Impulsor:	Fundición dúctil
	EN 1563 EN-GJS-500-7
	AISI 80-55-06
Motor:	Fundición
	EN 1561 EN-GJL-250
	AISI A48 30
Instalación:	
Temperatura ambiental máxima:	40 °C
Tipo conexión tubo:	DIN
Size of outlet connection:	DN 500
Presión:	PN 10
Instalación:	S
Inst. en seco / sumergida:	S
Instalación:	vertical
Autoacoplamiento:	96782485
Tamaño cuadro:	70
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	0 .. 40 °C
Liquid temperature during operation:	20 °C
Densidad:	1000 kg/m³
Viscosidad cinemática:	1 mm²/s
Datos eléctricos:	
Potencia de entrada - P1:	71 kW
Potencia nominal - P2:	65 kW
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 400/690 V
Toler. tensión:	+10/-10 %
Máximos encendidos por hora:	15
Corriente nominal:	123/72 A
Consumo de corriente máximo:	123 A
Intensidad de arranque:	733 A
Velocidad nominal:	732 rpm
Rendimiento del motor a carga total:	91 %
Rendimiento del motor a 3/4 de carga:	94 %
Rendimiento del motor a 1/2 carga:	94 %
Número de polos:	8







APÉNDICE 2. MAPA DE ISOLÍNEAS

