**Proyecto de Construcción “*Pasarela sobre la carretera CA-32,  
para conexión peatonal y bicicletas, desde apeadero Las Aletas  
a la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz,  
T.M. de Puerto Real (Cádiz)*”**

**Anejo Nº. 4 – CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA**

[1. Introducción 2](#_Toc472606375)

[2. Climatología 2](#_Toc472606376)

[2.1. Precipitaciones 2](#_Toc472606377)

[2.2. Temperaturas 3](#_Toc472606378)

[2.3. Heladas 3](#_Toc472606379)

[2.4. Diagrama ombrotérmico 3](#_Toc472606380)

[2.5. Clasificación General de la Zona 3](#_Toc472606381)

[2.6. Días aprovechables 3](#_Toc472606382)

[2.6.1. Coeficiente de reducción por condiciones climáticas durante los trabajos 3](#_Toc472606383)

[2.6.2. Cálculo de los días trabajables para cada clase de obra en la fase constructiva 4](#_Toc472606384)

[3. Hidrología 5](#_Toc472606385)

[3.1. Cálculo de la Precipitación Máxima de Diseño 5](#_Toc472606386)

**Proyecto de Construcción “*Pasarela sobre la carretera CA-32,  
para conexión peatonal y bicicletas, desde apeadero Las Aletas  
a la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz,  
T.M. de Puerto Real (Cádiz)*”**

**Anejo Nº. 4 – CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA**

1. Introducción

El objeto del presente Anejo de Climatología e Hidrología es la caracterización climática de la zona, así como la obtención de las precipitaciones de cálculo.

La actuación objeto del presente proyecto se encuentra dentro del término municipal de Puerto Real, en la provincia de Cádiz.

2. Climatología

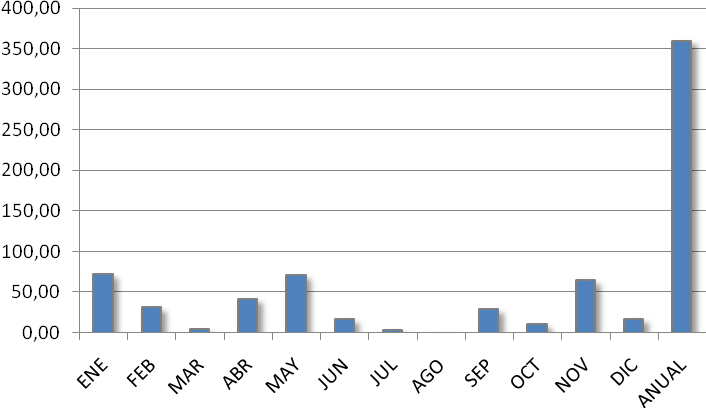
En el presente apartado se recogen y analizan los valores más representativos de los fenómenos que definen la climatología en el área de estudio. Para ello se han cogido los datos facilitados por el Instituto de Estadística de Andalucía, y la Estación Agroclimática de El Puerto de Santa María, siendo ésta la más cercana a la zona de actuación.

2.1. Precipitaciones

En el siguiente cuadro se muestran las precipitaciones medias mensuales para la zona en cuestión en l/m2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ENE** | **FEB** | **MAR** | **ABR** | **MAY** | **JUN** | **JUL** | **AGO** | **SEP** | **OCT** | **NOV** | **DIC** | **ANUAL** |
| 71,90 | 30,80 | 3,90 | 41,70 | 70,90 | 16,50 | 3,30 | 1,20 | 28,50 | 9,90 | 64,20 | 17,00 | **359,80** |
| Fuente: Instituto de Estadísticas Andalucía | | | | | | | | | | | | |

**Precipitación media [ l/s]**



Como se observa, no hay una distribución homogénea de las precipitaciones a lo largo del año, sino que puede distinguirse un período de lluvias en las estaciones de otoño e invierno y otro de sequía en la estación de verano.

2.2. Temperaturas

La temperatura media anual oscila en torno a los 18,27ºC.

⇨ Valor máximo: 42,00ºC

⇨ Valor mínimo: -5.6ºC

En el siguiente cuadro se muestran las temperaturas máxima, media y mínima medias mensuales para la zona en cuestión en ºC.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **ENE** | **FEB** | **MAR** | **ABR** | **MAY** | **JUN** | **JUL** | **AGO** | **SEP** | **OCT** | **NOV** | **DIC** | **ANUAL** |
| **Máxima** | 15,12 | 16,05 | 18,85 | 21,63 | 25,90 | 27,29 | 32,01 | 30,77 | 29,03 | 25,34 | 20,84 | 16,65 | **23,29** |
| **Media** | 10,26 | 11,89 | 14,35 | 16,97 | 20,03 | 21,96 | 25,65 | 25,05 | 23,61 | 20,75 | 16,90 | 11,78 | **18,27** |
| **Mínima** | 5,92 | 6,88 | 9,33 | 12,45 | 14,67 | 16,98 | 18,09 | 19,56 | 18,18 | 16,77 | 13,14 | 7,26 | **13,27** |
| Fuente: Instituto de Estadísticas Andalucía | | | | | | | | | | | | | |

2.3. Heladas

La media mensual de días de heladas se dan en el cuadro siguiente:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ENE** | **FEB** | **MAR** | **ABR** | **MAY** | **JUN** | **JUL** | **AGO** | **SEP** | **OCT** | **NOV** | **DIC** | **ANUAL** |
| 2 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,5 | **0,83** |
| Fuente: Estación agroclimática de El Puerto de Santa María | | | | | | | | | | | | |

2.4. Diagrama ombrotérmico

A partir de las precipitaciones y temperaturas medias mensuales se ha elaborado el diagrama ombrotérmico de Gaussen con relación 1 l/m2 – 1ºC, para los datos medios del área de estudio, a fin de determinar la estación seca, diagrama que se representa a continuación.

Tal como se deduce de este gráfico, la estación seca se produce desde mediados de junio hasta septiembre.

2.5. Clasificación General de la Zona

Para la clasificación climática de la zona se usan dos índices térmicos, el de Temperatura Media y el de Continuidad, cuyo valor se calcula a partir de los datos anteriores.

Estos dos índices se definen por:

⇨ Índice de Temperatura Media: 

⇨ Índice de Continuidad: 

Donde TM es la temperatura máxima diaria y Tm es la temperatura mínima diaria. A partir de los índices anteriores y considerando distintos intervalos de valores, el clima puede clasificarse en:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | CÁLIDO |  | TEMPLADO |  | FRÍO |
|  | CONTINENTAL |  | SEMICONTINENTAL |  | MARÍTIMO |

Los valores de los citados índices para la zona objeto de estudio son los de 42ºC la temperatura máxima, y de -5,6ºC la temperatura mínima, por lo que los índices antes descritos tomas como valores:



Por lo tanto, el clima de la zona puede clasificarse dentro del tipo Continental Cálido.

2.6. Días aprovechables

La metodología seguida en este apartado es utilizada en el documento editado en 1964 por el ;.O.P. “*Datos climáticos para carreteras*”.

2.6.1. Coeficiente de reducción por condiciones climáticas durante los trabajos

El número de días trabajables útiles en las diversas clases de obra, se obtiene del producto entre el número de días laborables del mes y su respectivo coeficiente reductor. Los coeficientes reductores que se establecen son los siguientes:

⇨ Coeficiente reductor por helada :



⇨ Coeficiente reductor por temperatura límite de riesgos, tratamientos superficiales o por penetración :



⇨ Coeficiente reductor por temperatura límite de mezclas bituminosas :



⇨ Coeficiente reductor por helada :



⇨ Coeficiente reductor por helada :



Para el cálculo de los coeficientes  y  se han utilizado los datos contenidos en la publicación “*Datos Climatológicos para Carreteras*”.

2.6.2. Cálculo de los días trabajables para cada clase de obra en la fase constructiva

Para la obtención de los coeficientes de reducción medios, que se aplican a cada clase de obra y en su emplazamiento, se asocia un factor meteorológico que afecta a la obra, tal y como se representa a continuación.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Clase de obra** | **Factores que afectan a la obra** | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Hormigones hidráulicos | **◆** | **◆** |  |  |  |
| Explanaciones | **◆** | **◆** | **◆** |  |  |
| Áridos |  | **◆** |  |  |  |
| Riesgo y Trat. Sup. o por Penetración |  |  | **◆** | **◆** |  |
| Mezclas bituminosas |  |  | **◆** |  |  |

Puesto que estos fenómenos tienen una probabilidad independiente, y dado que el trabajo ha de suspenderse cuando ocurra una de las varias condiciones adversas, sus coeficientes de reducción serán aplicados de forma reiterada.

A continuación se muestra el coeficiente de reducción de los días laborables del equipo que afecta a cada clase.

|  |  |
| --- | --- |
| **Clase de obra** | **Coeficientes de reducción Cm** |
| Hormigones hidráulicos |  |
| Explanaciones |  |
| Áridos |  |
| Riegos y Trat. Sup. o por Penetración |  |
| Mezclas bituminosas |  |

De esta manera, se obtiene para cada mes los coeficientes de reducción de días laborables Cm.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mes** | **Clase de obra** | | | | |
| Hormigones hidráulicos | Explanaciones | Áridos | Riegos y Trat. Sup. o por Penetración | Mezclas bituminosas |
| Enero | 0,82 | 0,78 | 0,88 | 0,56 | 0,79 |
| Febrero | 0,86 | 0,79 | 0,89 | 0,53 | 0,72 |
| Marzo | 0,92 | 0,84 | 0,94 | 0,72 | 0,76 |
| Abril | 0,86 | 0,81 | 0,91 | 0,80 | 0,80 |
| Mayo | 0,95 | 0,91 | 0,97 | 0,89 | 0,89 |
| Junio | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,97 | 0,97 |
| Julio | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| Agosto | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 |
| Septiembre | 0,97 | 0,94 | 0,97 | 0,91 | 0,91 |
| Octubre | 0,67 | 0,60 | 0,77 | 0,63 | 0,63 |
| Noviembre | 0,60 | 0,54 | 0,73 | 0,58 | 0,60 |
| Diciembre | 0,65 | 0,59 | 0,77 | 0,47 | 0,59 |

Para el cálculo de los días trabajables netos de cada mes se deben considerar dos factores de reducción, el ya calculado de climatología adversa (Cm), y el de días festivos (Cf).

Este último se calcula atendiendo al calendario laboral del presente año.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mes | **ENE** | **FEB** | **MAR** | **ABR** | **MAY** | **JUN** | **JUL** | **AGO** | **SEP** | **OCT** | **NOV** | **DIC** |
| Días | 22 | 18 | 22 | 19 | 22 | 21 | 22 | 22 | 20 | 22 | 21 | 19 |
| Cf | 0,71 | 0,64 | 0,71 | 0,63 | 0,71 | 0,70 | 0,71 | 0,71 | 0,67 | 0,71 | 0,70 | 0,61 |

El coeficiente de reducción total se obtiene mediante el producto de los dos definidos anteriormente (), con el que calculamos las horas aprovechables:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Mes** | **Clase de obra** | | | | |
| Hormigones hidráulicos | Explanaciones | Áridos | Riegos y Trat. Sup. o por Penetración | Mezclas bituminosas |
| Enero | 145,24 h | 138,15 h | 155,25 h | 98,07 h | 138,71 h |
| Febrero | 123,91 h | 114,48 h | 128,85 h | 76,46 h | 104,86 h |
| Marzo | 162,06 h | 147,16 h | 164,72 h | 126,36 h | 134,43 h |
| Abril | 130,32 h | 122,47 h | 137,52 h | 120,96 h | 120,96 h |
| Mayo | 167,26 h | 160,49 h | 170,40 h | 156,61 h | 156,61 h |
| Junio | 165,61 h | 164,02 h | 166,40 h | 163,20 h | 163,20 h |
| Julio | 172,85 h | 172,85 h | 174,46 h | 174,46 h | 174,46 h |
| Agosto | 174,46 h | 173,65 h | 174,46 h | 172,83 h | 172,83 h |
| Septiembre | 156,21 h | 151,61 h | 156,21 h | 147,02 h | 147,02 h |
| Octubre | 117,40 h | 106,50 h | 135,51 h | 110,35 h | 110,35 h |
| Noviembre | 100,32 h | 91,53 h | 123,20 h | 97,54 h | 101,60 h |
| Diciembre | 97,69 h | 88,97 h | 117,12 h | 71,19 h | 89,47 h |

3. Hidrología

El objeto del presente apartado es el cálculo de la precipitación de diseño que servirá posteriormente para obtener los caudales con los que se dimensionarán las obras de drenaje transversal y longitudinal.

Para ello se calculará la precipitación que a partir del método recogido en la publicación “*Máximas lluvias diarias en la España peninsular*”, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

3.1. Cálculo de la Precipitación Máxima de Diseño

Atendiendo a la serie de precipitaciones máximas anuales según los datos extraídos de la Estación Agroclimática de El Puerto de Santa María, y aplicando a los mismos el Método de Gumbel, se tiene:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Año** | **Precipitación máxima**  [mm/día] |  | **Año** | **Precipitación máxima**  [mm/día] |
| 2.000 | 47,20 |  | 2.006 | 53,00 |
| 2.001 | 42,80 |  | 2.007 | 123,60 |
| 2.002 | 78,00 |  | 2.008 | 70,60 |
| 2.003 | 57,60 |  | 2.009 | 77,60 |
| 2.004 | 44,20 |  | 2.010 | 63,40 |
| 2.005 | 46,00 |  |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **T - Periodo de Retorno**  [años] | **Pt**  [mm/día] |
| 10 | 104,78 |
| 25 | 126,86 |
| 50 | 143,24 |
| 100 | 157,51 |
| 200 | 175,71 |
| 500 | 197,09 |

La publicación de la Dirección General de Carreteras “*Máximas lluvias diarias en la España peninsular*” permite calcular las precipitaciones máximas diarias de diseño para un determinado período de retorno. Para la realización de los cálculos se ha utilizado el programa informático suministrado en dicha publicación.

Una vez localizada el área del proyecto, se ha determinado las coordenadas U.T.M. referidas la huso 30, que son los datos requeridos por el programa. Este aporta el valor del coeficiente de variación (Cv) y el valor medio de la máxima precipitación diaria anual (P). En función del período de retorno y del valor del coeficiente de variación, se obtiene un factor de amplificación que permite el cálculo de la precipitación diaria máxima para el período de retorno deseado (Pt).

En el siguiente cuadro se recogen los resultados obtenidos:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **T - Periodo de Retorno**  [años] | **P**  [mm/día] | **Cv** | **Yt** | **Pt**  [mm/día] |
| 10 | 55 | 0,4 | 1,492 | 82,06 |
| 25 | 55 | 0,4 | 1,839 | 101,15 |
| 50 | 55 | 0,4 | 2,113 | 116,22 |
| 100 | 55 | 0,4 | 2,403 | 132,17 |
| 200 | 55 | 0,4 | 2,708 | 148,94 |
| 500 | 55 | 0,4 | 3,128 | 172,04 |

Se observa que aplicando el Método de Gumbel los resultados son más altos, por lo que serán estos los que se utilizarán para el cálculo de drenaje correspondiente.