

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



TRABAJO DE GRADO

**GRADOS DE DESEMPEÑO PG - SUPERPAVE DE LOS LIGANTES ASFÁLTICOS
REQUERIDOS EN LAS PRINCIPALES CARRETERAS PAVIMENTADAS DE EL
SALVADOR**

PARA OPTAR AL GRADO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

CARLOS ADRIÁN POLANCO PEÑATE

DOCENTE ASESOR

INGENIERO SAMUEL DE JESÚS CARRILLO CALDERÓN

OCTUBRE, 2022

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

RECTOR

DR. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ

VICERRECTOR ACADÉMICO

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO GENERAL

LICDO. LUIS ANTONIO MEJÍA LIPE

DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LICDO. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

AUTORIDADES



M.Ed. ROBERTO CARLOS SIGÜENZA CAMPOS

DECANO

M.Ed. RINA CLARIBEL BOLAÑOS DE ZOMETA

VICEDECANA

LICDO. JAIME ERNESTO SERMEÑO DE LA PEÑA

SECRETARIO

ING. DOUGLAS GARCÍA RODEZNO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

AGRADECIMIENTOS

A CRISTO JESÚS: Mi señor y mi Dios. La razón por la cual yo vivo, y por la cual me esforcé hasta el día de hoy. Desde antes de la fundación del mundo tenías un propósito para mí, para servirte por medio de esta carrera. Sin Dios, nada de esto hubiera sido posible.

A mi Padre: José Roberto Polanco, gracias darme la vida y por la herencia más importante que me pudiste haber dado, mostrarme el amor de Cristo. Gracias por tu ejemplo de incansable esfuerzo para sacar adelante a tu familia. Te amo papá.

A mi Madre: Bessy Astrid Peñate, gracias por darme la vida y por tu esfuerzo, tu entrega, tu sacrificio. Gracias por motivarme y empujarme aún en medio del desánimo, a seguir adelante con mi carrera. Gracias por tu dura insistencia para que diera todo lo mejor de mí, sabiendo que tenía el talento y la capacidad para lograr grandes cosas. Te amo mamá.

A mi familia: Mi hermana, Astrid José Polanco; mi abuelo, Profesor José Roberto Polanco Sandoval; mis tíos, Karla Polanco de Menéndez e Ing. Lorenzo Menéndez; mi novia, Katherine Melissa Velásquez; mi tío, Ing. Francisco Monroy; mi tío, Prof. Jaime Polanco Pacheco; y de manera póstuma a mi abuela, Ciria Edy Monroy de Polanco y mi tía Margoth Rubenia Polanco. Todos ustedes de una forma u otra me ayudaron en este esfuerzo por sacar adelante mi carrera, sin ustedes no hubiera sido posible, gracias, los amo.

A mis compañeros de CATECO S.A. DE C.V.: Les agradezco a Lorenzo Menéndez y a Carlos Álvarez, por su apoyo en el desarrollo de este trabajo y por la oportunidad que me dieron de aprender tanto en estos años de trabajo con ustedes. A mi docente Asesor, el Ingeniero Samuel Carrillo; gracias por brindarme esa pasión por el estudio de las vías pavimentadas. A mis amigos de CATECO, César Eguizábal, Mauricio Lucha, Juan Carlos Castaneda, Marcos Muñoz, Luis Sagastume, Alejandro Recinos, Marcos González, Lissette Cosme, Luis Mendoza, Deisi de Palomares, Wilian Arias, Carlos Serrano, Manuel Majico, Johaldy Calderón, Bruno Romero, Ernesto Fuentes, Ezequiel Escobar, Marvin Herrera y Gustavo Amador; gracias por haber formado parte de mi aprendizaje. Les aprecio mucho.

SIGLAS

AASHTO:	Siglas en inglés de “American Association of State Highway and transportation officials”, para Asociación Americana de Oficinas Estatales de Transporte y Carreteras; ente rector de varias normas técnicas citadas en este informe.
AC:	Siglas en inglés para “Asphalt Cement” para Cemento asfáltico. También es el signo para la unidad del Grado por viscosidad del asfalto (AC-20, AC-30, etc.)
ASTM:	Siglas en inglés de “American Society for Testing and Materials”, para Sociedad Americana de Ensayos y Materials; ente rector de varias normas técnicas citadas en este informe.
BBR:	Siglas en inglés de “Bending Beam Rheometer”, para Reómetro de Viga en Flexión (ensayo realizado al ligante asfáltico)
DSR:	Siglas en inglés de “Dynamic Shear Rheometer”, para Reómetro de Corte Dinámico (aparato para realización de ensayos al ligante asfáltico)
DTT:	Siglas en inglés de “Direct Tension Tester”, para Ensayo de Tensión Directa (ensayo realizado al ligante asfáltico)
ESAL:	Siglas en inglés de “Equivalent Single Axle Load”, para Carga de Eje Simple Equivalente o conocido comúnmente como Ejes Equivalentes (parámetro usado en el diseño de pavimentos)
FHWA:	Siglas en inglés de “Federal Highway Administration”, para Administración Nacional de Carreteras de los Estados Unidos
FOVIAL:	Acrónimo para Fondo de Conservación Vial de El Salvador
LTPP:	Siglas en inglés de “Long-Term Pavement Performance”, Para Programa Estadounidense de Desempeño del Pavimento a Largo Plazo.
MARN:	Siglas para Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador
MOP:	Siglas para Ministerio de Obras Públicas de El Salvador
MS-1:	Siglas en inglés de “Manual series No. 1”, para Manual Número 1 del Instituto del Asfalto de Los Estados Unidos (Para diseño de estructura de pavimento)

MS-2:	Siglas en inglés de “Manual series No. 2”, para Manual Número 2 del Instituto del Asfalto de Los Estados Unidos (Para diseño de mezclas asfálticas)
MS-22:	Siglas en inglés de “Manual series No. 22”, para Manual Número 22 del Instituto del Asfalto de Los Estados Unidos (Procesos constructivos de pavimentos)
MS-26:	Siglas en inglés de “Manual series No. 26”, para Manual Número 26 del Instituto del Asfalto de Los Estados Unidos (Para diseño de ligantes asfálticos)
MSCR:	Siglas en inglés de “Multi-Stress Creep and Recovery”, para (ensayo de) deformación y recuperación repetida por multi esfuerzos (ensayo realizado al ligante asfáltico)
PAV:	Siglas en inglés de “Pressure Aging Vessel”, para Vasija de Envejecimiento a presión (ensayo realizado al ligante asfáltico)
PEN:	Signo para la unidad del Grado por Penetración del Asfalto
PG:	Siglas en inglés de “Performance Grade”, para Grado de desempeño del ligante asfáltico
PMB:	Siglas en inglés de “Polymer Modified Asphalt”, para Asfalto Modificado con Polímero
PTI:	Siglas en inglés de “Pavement Temperature Index”, para Índice de Temperatura del Pavimento
RTFOT:	Siglas en inglés de “Rolling Thin Film Oven Test”, para Ensayo de Horno Rotatorio de Película Delgada (ensayo realizado al ligante asfáltico)
RV:	Siglas en inglés de “Rotational Viscometer”, para Viscosímetro Rotacional (aparato para realización de ensayos al ligantes asfáltico)
SHRP:	Siglas en inglés de “Strategic Highway Research Program”, para Programa Estratégico para Investigación en Carreteras de Los Estados Unidos
SIECA:	Siglas para Secretaría de Integración Económica Centroamericana
SUPERPAVE:	Acrónimo en inglés de “Superior Performing Asphalt Pavements”, para Pavimentos Asfálticos de Superior Desempeño

- TFOT: Siglas en inglés de “Thin-Film Oven Test”, para Ensayo de Horno de Película delgada (ensayo realizado al ligante asfáltico)
- TRB: Siglas en inglés de “Transportation Research Board”, para Junta de Investigación del Transporte de los Estados Unidos.
- UES: Siglas para Universidad de El Salvador
- UIDV: Siglas para Unidad de Investigación y Desarrollo Vial del Ministerio de Obras Públicas de El Salvador
- UNICAES Siglas para Universidad Católica de El Salvador

ÍNDICE

RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.1 Situación problemática.....	25
1.2 Antecedentes	25
1.3 Alcances globales.....	34
1.4 Objetivos del proyecto	36
1.4.1 Objetivo general.....	36
1.4.2 Objetivos específicos.....	36
1.5 Justificaciones	37
1.6 Limitaciones.....	38
1.7 Observaciones	39
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	41
2.1 Definiciones	42
2.1.1 Carretera, calle o camino.....	42
2.1.2 Pavimento.....	42
2.1.3 Pavimento flexible.....	42
2.1.4 Capa de rodamiento.....	43
2.1.5 Mezcla asfáltica en caliente.....	43
2.1.6 Cemento asfáltico.....	43
2.1.7 Asfalto modificado con polímero.....	43
2.1.8 Clasificación del asfalto por grado de penetración.....	43
2.1.9 Clasificación del asfalto por grado de viscosidad.....	44
2.1.10 Temperaturas de diseño máxima y mínima del pavimento.....	45
2.1.11 Falla del concreto asfáltico por deformación permanente acumulada (rutting).....	47

2.1.12	Falla del concreto asfáltico por agrietamiento por fatiga.	47
2.1.13	Falla del concreto asfáltico por fracturas a baja temperatura.	49
2.1.14	Envejecimiento del asfalto por producción, transporte y construcción.	51
2.1.15	Ensayos de simulación del envejecimiento del asfalto TFOT Y RTFOT.	51
2.1.16	Envejecimiento del asfalto a largo plazo, ensayo PAV.	55
2.2	Clasificación por grado de desempeño “PG – SUPERPAVE” de los ligantes asfálticos	57
2.2.1	Historia.	57
2.2.2	Antecedentes.	60
2.2.3	Ensayos para la clasificación PG, reología.	63
2.2.4	Reómetro de corte dinámico (DSR).	65
2.2.5	Reómetro de viga en flexión (BBR).	68
2.2.6	Sistema de clasificación PG-superpave.	71
2.2.7	Nomenclatura de la clasificación PG.	78
2.3	Selección del grado de desempeño PG requerido para un tramo de carretera	80
2.3.1	Obtención de las temperaturas de diseño del pavimento asfáltico registradas manualmente.	80
2.3.2	Obtención de las temperaturas de diseño del pavimento asfáltico por medio de la temperatura del aire.	81
2.4	Estaciones meteorológicas	85
2.4.1	Clasificación de las estaciones meteorológicas.	87
2.4.2	Instrumentos utilizados en estaciones meteorológicas.	88
2.5	Trazo de isotermas por medio de interpolación gráfica	88
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		94
3.1	Recopilación de los datos de temperaturas máximas diarias del año 2019.	95
3.2	Cálculo del promedio de las temperaturas de los 7 días más cálidos del año por estación... ..	120
3.3	Cálculo de la temperatura máxima de diseño del pavimento por medio de la fórmula del programa LTPP para cada estación	124
3.4	Recopilación de los datos de temperaturas mínimas diarias del año 2019.	130

3.5 Cálculo de la temperatura mínima de diseño.....	149
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	152
4.1 Trazo del mapa de isotermas de El Salvador utilizando las temperaturas de diseño del pavimento por estación.....	153
4.2 Selección de los grados de desempeño PG utilizando las temperaturas del mapa de isotermas, según la norma AASHTO M320 y adaptación de dicho mapa, mostrando las zonas con los diferentes grados de desempeño PG requeridos	155
4.3 Análisis comparativo de los diferentes grados de desempeño PG requeridos en El Salvador, versus los grados PG de los asfaltos convencionales que llegan al país	158
4.4 Resultados de ensayos por desempeño de los ligantes asfálticos convencionales que más frecuentemente se importan al país	158
4.5 Análisis comparativo: ¿Cumplen los resultados del grado de desempeño PG de los asfaltos convencionales que tenemos con los requerimientos del país?.....	162
4.6 Recomendaciones sobre los requerimientos de los ligantes asfálticos en El Salvador	162
CONCLUSIONES	165
RECOMENDACIONES	166
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168
ANEXOS	171

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. En las imágenes se pueden apreciar las deformaciones permanentes o “rutting” que se han generado en un pavimento asfáltico en la carretera Panamericana entre Santa Ana y San Salvador.....	18
Ilustración 2. Ejemplo de capa de rodamiento asfáltica con falla por acanalamiento o "rutting"	40
Ilustración 3. Deformación permanente o "rutting" severa	80
Ilustración 4. Vista de una estación meteorológica real. A la derecha se puede apreciar la caseta meteorológica, con su techo y cubierta de madera con rendijas.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuadro comparativo de temperaturas ambiente, correlación superpave y tomada directamente del pavimento; para obtener Grado de Desempeño PG del Asfalto...	29
Figura 2. Ensayos exigidos a la mezcla asfáltica en caliente en proyectos de mantenimiento rutinario del Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) (Fuente: Condiciones Técnicas para proyectos de mantenimiento rutinario FOVIAL).....	32
Figura 3. Mapa de sectorización de las Clasificaciones por Desempeño PG para ligantes Asfálticos en Perú, con base en las condiciones climáticas.....	33
Figura 4. Mapa de sectorización de las Clasificaciones por Desempeño PG para ligantes Asfálticos en México.....	33
Figura 5. Mapa de El salvador con las tendencias de cambio (disminución o aumento) de las temperaturas máximas extremas al año. Presenta cuanto han variado las temperaturas extremas anuales cada año, entiéndase por extrema, más cálida o más fría...	35
Figura 6. "Sección transversal de un pavimento flexible"	42
Figura 7. Esquema de Ensayo para clasificación por penetración del asfalto.....	44
Figura 8. Baño maría para la viscosidad absoluta	45
Figura 9. "Rutting" Falla por deformación permanente en un pavimento asfáltico	47
Figura 10. Esquema de esfuerzos de tensión y compresión de pavimentos flexible.....	48
Figura 11. Agrietamiento por fatiga	49
Figura 12. Grietas por baja temperatura en pavimento asfáltico, con poco tiempo de servicio.	50
Figura 13. Grietas por baja temperatura, con largo tiempo en servicio	50
Figura 14. Ensayo TFOT (Fuente: MS-26 Asphalt Institute).....	52
Figura 15. Botellas para muestras de RTFOT	53
Figura 16. Rotación de las botellas para la preparación de las muestras de RTFOT	54
Figura 17. Horno RTFO. Se puede observar el sostén rotatorio en posición vertical, con los agujeros dispuestos para colocar las botellas de muestra.	54
Figura 18. Vasija de Envejecimiento a Presión (PAV)	56
Figura 19. Recipientes para muestras del PAV	56

Figura 20. Esquema de cómo opera el ensayo DSR.....	65
Figura 21. Reómetro de Corte Dinámico (DSR)	66
Figura 22. Representación gráfica del módulo complejo y el ángulo de fase.	67
Figura 23. Reómetro de viga en flexión (BBR)	69
Figura 24. Esquema de operación del ensayo BBR.....	69
Figura 25. Esquema de molde para elaborar espécimen BBR	70
Figura 26. Esquema de ensayos para la clasificación PG de los asfaltos	71
Figura 27. Viscosímetro Rotacional RV o "Brookfield"	72
Figura 28. Especímenes de asfalto para ensayo DTT.....	74
Figura 29. Esquema de temperaturas de Ensayos para la clasificación PG	75
Figura 30. Nomenclatura PG	79
Figura 31. Esquema de medición de la temperatura del pavimento manualmente	82
Figura 32. Red de Estaciones meteorológicas de El Salvador	86
Figura 33. Pluviograma, gráfico que genera un pluviógrafo. Ordenadas: mm; Abscisas: horas del día.....	89
Figura 34. Vista de planta de una estación meteorológica Tipo A.....	91
Figura 35. Mapa de El Salvador con líneas isotermas.....	92
Figura 36. Mapa con la ubicación de las 25 estaciones meteorológicas principales de El Salvador	98
Figura 37 - Mapa de isotermas de El Salvador utilizando las temperaturas de diseño del pavimento flexible por estación meteorológica.....	154
Figura 38 - Mapa de isotermas adaptado, mostrando las zonas del país con diferente PG requerido.....	156
Figura 39 – Mapa de zonificación PG de El salvador, mostrando las principales carreteras pavimentadas de El Salvador y áreas urbanas	157
Figura 40 - Predicción de grados PG para diferentes mezclas de petróleo crudo	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de cemento asfáltico recomendados para diferentes zonas del país, Investigación UIDV-MOP 2011.....	27
Tabla 2. Tipos de cemento asfáltico recomendados para diferentes zonas del país, Tesis Ing. Civil UES-FMOCC 2012.....	30
Tabla 3. Especificación del grado por viscosidad del Cemento Asfáltico.	46
Tabla 4. Limitaciones anteriores vrs. Sistema de especificación y prueba superpave.	59
Tabla 5. Criterios de selección de grado de asfalto según Instituto del Asfalto.....	61
Tabla 6. Criterio de selección del cemento asfáltico basado en el Índice de Temperatura del Pavimento.....	62
Tabla 7. Especificación por Grado de Desempeño PG de los Ligantes Asfálticos (Tabla 1 AASHTO M320).	76
Tabla 8. Instrumentos de una estación meteorológica, relacionados con la variable que miden.	90
Tabla 9. Ubicación Geográfica de las estaciones meteorológicas principales de El Salvador.....	95
Tabla 10. Temperaturas máximas diarias registradas en el año 2019.....	99
Tabla 11. Temperaturas mínimas diarias registradas en el año 2019.....	131

RESUMEN

En el Salvador, las carreteras representan un importante elemento de la infraestructura social y económica del país. De su adecuado funcionamiento depende el dinamismo de la economía, la movilidad y el acceso de la población a recursos para su subsistencia, salud, educación, etc. Nuestro país se ha convertido en un corredor logístico internacional. Esto significa que productos, materias primas, alimento y mercancías son transportadas por vehículos pesados de tránsito, tanto nacional como internacional; por nuestras vías pavimentadas. Dicho tránsito se cuenta por miles de automotores a diario y su crecimiento es progresivo. Esto ha generado que se exija aún más que nuestras carreteras se mantengan en buen estado soportando cada día más grandes cargas de tráfico sobre ellas. Sin embargo, observamos que es frecuente ver deterioro en nuestras vías. Baches, grietas, ondulaciones y deformaciones están a la orden del día; lo que genera descontento, incomodidad e inseguridad en los usuarios; debido a que esto provoca desperfectos mecánicos en vehículos, recorridos más lentos y accidentes de tránsito por evadir un bache en la carretera. En nuestro país hay un mayor porcentaje de vías pavimentadas con lo que comúnmente se denomina con asfalto que con cemento (referencia en lenguaje común al pavimento elaborado con concreto asfáltico y con concreto hidráulico respectivamente), por lo que se vuelve prioritario invertir tanto técnica como económicamente en pavimentos asfálticos, dado que la demanda de tráfico es mayor en estos. Diseñar y construir pavimentos asfálticos que duren en buen estado mucho más tiempo y que sus deterioros no sean tan severos debe ser de sumo interés para los ingenieros civiles que podemos llegar a desempeñarnos en el área vial.

Es por todo esto que en esta investigación se busca obtener un mapa donde se demarquen las diferentes zonas de El Salvador, cada una con una clasificación por Desempeño PG del ligante asfáltico que exigen las condiciones climáticas para las carreteras pavimentadas con concreto asfáltico de dicha zona. Las condiciones climáticas estarán determinadas por las mediciones de temperaturas máximas y mínimas de veinticinco estaciones meteorológicas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de todo el país. Los modelos matemáticos para calcular la temperatura del pavimento con base en las mencionadas temperaturas serán los que brinda el Programa de

Desempeño del Pavimento a Largo Plazo (LTPP, por sus siglas en inglés) de la Administración Federal de Carreteras de Los Estados Unidos de Norteamérica. Para la zonificación se utilizará el método de trazo de isotermas por medio de interpolación entre los puntos geográficos donde se ubican las estaciones meteorológicas. Teniendo Zonificado el país y conociendo los diferentes grados de desempeño necesarios para los asfaltos, se compararán los resultados de clasificaciones por desempeño de diferentes fuentes de asfalto que pueden ser proveídos a nuestro país; y se verificarán si cumplen con los requerimientos de las diferentes zonas identificadas en el mapa. Se verificará el cumplimiento de las clasificaciones de asfaltos convencionales que llegan al país con respecto a las exigencias climáticas, y se darán recomendaciones en caso de volverse necesario la modificación de los mismos.

INTRODUCCIÓN

Las carpetas asfálticas tienden a ser susceptibles a la deformación permanente. El Manual de Ligantes Asfálticos MS-26 del Instituto del Asfalto de Los Estados Unidos, define que los “Surcos del pavimento (Pavement rutting), o deformación permanente, son una acumulación de la deformación no recuperable de la mezcla asfáltica en respuesta a la aplicación de repetidas cargas a altas temperaturas” (Asphalt Institute, 2011, pág. 100). Esto se evidencia en que nuestras carreteras, las carpetas asfálticas presentan ahuellamientos o deflexiones en el área por donde pasan las llantas de los vehículos (roderas). Deflexiones que adquieren forma de ondulaciones transversales al eje de la vía (ver ilustración 1). Estas deformaciones pueden ser de una profundidad que no supere el orden de los centímetros; sin embargo, esa magnitud ya es muy sensible para los automovilistas. Dicha sensibilidad es causada dado que tales deformaciones generan incomodidad e inseguridad para los conductores de vehículos tanto livianos como pesados; quienes son los principales usuarios de las carreteras. Dichos conductores, que también contribuyen a través de sus impuestos para que el Estado mantenga las carreteras en óptimas condiciones, sienten inconformidad al observar que carreteras construidas con asfalto presenten fallas y generen incomodidad al conducir.

También el problema de las deformaciones permanentes en las carpetas, radica en el hecho de que; la única manera de repararlas es, a través de la demolición del área en la que se presenta la deformación; en una porción o en todo el espesor de la capa, y remplazándola por concreto asfáltico nuevo. Esto es algo normal en todos los pavimentos flexibles, ya que los diseñadores establecen un período de diseño o vida útil de la estructura de pavimento que comúnmente es de veinte años. Se espera que al final de su período de diseño, presente un grado de deterioro muy grave, presentando fallas como: oxidación, deformaciones permanentes, agrietamiento por fatiga (piel de cocodrilo), etc. Esto implica que para el momento en que un pavimento cumple con su período de diseño, requerirá una rehabilitación profunda de su estructura. Ahora bien, por lo general los gobiernos no esperan a que el pavimento llegue este nivel de deterioro para comenzar a realizarle reparaciones.



Ilustración 1. En las imágenes se pueden apreciar las deformaciones permanentes o “rutting” que se han generado en un pavimento asfáltico en la carretera Panamericana entre Santa Ana y San Salvador.
(Fuente: Material fotográfico propio)

Reparaciones como sello de grietas, bacheos, recarpeteos o rehabilitaciones como colocación de micro pavimento son frecuentes. Se espera que tales reparaciones se tengan que realizar cuando el pavimento ya tiene varios años de servicio y cuando los usuarios ya comienzan a quejarse por la incomodidad que dichas fallas les generan. El problema es que, si tales fallas; como deformaciones permanentes, se dan a los pocos años de haber sido construida la carretera, no solo habrá descontento del usuario; provocando opiniones: “fue mal construida”, “usaron materiales de mala calidad”, “se está invirtiendo mal el dinero de nuestros impuestos”, etc. Sino que también las reparaciones, que se esperaban realizarse a mayor plazo; como ya vimos, deberán realizarse con una mayor anticipación, provocando costos imprevistos y sobre todo elevados.

Con base en estudios científicos sobre la mecánica de los materiales; los pavimentos flexibles, en particular su capa de rodamiento, elaborada con Mezcla Asfáltica en Caliente, experimentan fallas a manera de deformaciones; como sucede con todo material de construcción, dichas fallas son causadas por: el esfuerzo que le genera al material la carga a la que éste es sometido y las condiciones climáticas de la zona donde ha sido construido, cuyo factor más atenuante es la temperatura. Es inevitable que las carpetas de rodamiento fallen, debido a que todo el tiempo están sometidas a las cargas del tránsito de vehículos y soportan altas temperaturas a lo largo del año. Ahora bien, nuestro problema no radica en que se dé la falla por ahuellamiento, sino la anticipación y severidad con la que esta se muestra, es decir en la susceptibilidad a dicha deformación. Recordemos que la capa de rodamiento en un pavimento flexible es un conglomerado de materiales pétreos provenientes de la trituración de rocas; aglutinadas o ligadas por medio de la adición y mezclado con asfalto a altas temperaturas (mayores a 150°C). Dicha mezcla luego de que se aplica el proceso constructivo adecuado, que incluye una colocación a espesor uniforme y compactación a una temperatura donde dicha mezcla aún pueda ser manejable (mayor a 100°C); y al alcanzar temperatura ambiente se convierta en un sólido de considerable dureza y con la capacidad de soportar la carga del tránsito sin que tal mezcla se desmorone.

Si estos son los ingredientes de una mezcla asfáltica de capa de rodamiento, ¿en cuál de estos radica la susceptibilidad a la deformación permanente? Si la forma y textura de las partículas del agregado pétreo de la mezcla es tal que genera fricción entre ellas al

aplicársele una carga externa; y dicha fricción es suficiente para evitar que las partículas del agregado se muevan de la posición en la que se encuentran o que se desplacen imperceptiblemente entre sí, evitará que la mezcla se deforme, o que sea menos susceptible a la deformación permanente. Esta, la fricción interna entre las partículas del agregado es de lo que depende principalmente la resistencia a la deformación permanente en las carpetas asfálticas. El otro componente de la mezcla, el asfalto influye también en la resistencia a la deformación permanente, pero en menor grado. El asfalto usado como ligante o aglutinante brinda cohesión a la mezcla de agregados, y esta es el resultado de la adherencia que sea capaz de dar el asfalto y de sus características de rigidez. (Mata de Lara, 2020)

Por consiguiente, basta con seleccionar con mucha delicadeza el agregado pétreo de la mezcla asfáltica, buscando que estos tengan una adecuada fricción interna para que deje de ser susceptible a la deformación permanente. Pero si se oye tan fácil resolverlo, ¿por qué aún hoy en día se evidencia en nuestras carreteras que esto no se ha logrado? Las mezclas que tienen mayor fricción interna son aquellas que forman un fuerte esqueleto mineral de pétreos gruesos en contacto entre sí. Para lograr dichas condiciones, la granulometría del agregado debe ser discontinua; es decir, mayor cantidad de partículas gruesas. Sin embargo, las mezclas asfálticas más comunes que se usan en pavimentos son las de granulometría continua. En este tipo de mezcla no se logra formar el esqueleto mineral antes descrito. Entonces si ya existen soluciones técnicas para la problemática de la susceptibilidad a la deformación, ¿Por qué no se ha vuelto más común el uso de mezclas asfálticas discontinuas? Por una parte, por la falta de conocimiento técnico y experiencia en nuestro continente en el tema de las mezclas discontinuas, y por la otra, también que las mezclas discontinuas exigen altos contenidos de asfalto, lo que vuelve mucho más costosa a este tipo de mezclas comparado con las mezclas continuas. (Castellon & Mercado, 2015, pág. 46)

Por lo tanto, no es viable mejorar la susceptibilidad a la deformación permanente de las carpetas asfálticas en el mejoramiento de la fricción interna de las mezclas utilizando el tipo de mezclas discontinuas. Es necesaria una solución con base en que la mezcla asfáltica es

de granulometría continua. En este caso, la resistencia a la deformación permanente dependerá de la cohesión, que; como ya vimos, la brinda el asfalto.

El nombre técnico del asfalto usado para la elaboración de Mezclas Asfálticas en Caliente es ligante asfáltico, aglutinante asfáltico o cemento asfáltico (Asphalt Binder o Asphalt Cement, como originalmente se conocen en inglés) (Asphalt Institute, 2011, pág. 37). Entonces, si el problema radica en el ligante; ¿Qué es lo que provoca que el ligante asfáltico no soporte las condiciones de temperatura y carga de tráfico a las que está sometido, para que las fallas por deformación no se den de manera severa a temprana edad del pavimento?

Según la mecánica de materiales, son las propiedades mecánicas las que determinan si un material soportará o no las exigencias a las que está sometido sin fallar. En este caso, podríamos decir que bastaría con conocer las propiedades mecánicas de los ligantes asfálticos para deducir si estos soportarán las condiciones de temperatura y tráfico, sin que sea susceptible a la deformación permanente. Por consiguiente, podríamos clasificar los ligantes asfálticos con base en estas propiedades mecánicas para escoger que tipo o clasificación de ligante se necesita para las condiciones que soportará en el pavimento en servicio. Sin embargo, hasta antes de la década del 90 no se tenía una idea exacta sobre las propiedades mecánicas de los ligantes asfálticos que se relacionaran con las exigencias de temperatura y tráfico. Por consiguiente, tampoco se tenía una clasificación de los asfaltos con base en dichas propiedades. Existían unas clasificaciones, mas no estaban basadas en propiedades mecánicas que se relacionaran con las exigencias que tenía el ligante puesto en servicio; o eran basadas en propiedades empíricas que poco o nada brindaban información de cómo se comportaría el asfalto.

Estas propiedades eran conocidas como viscosidad y penetración. La primera, aunque sí estaba basada en una propiedad mecánica de un material viscoelástico; como lo es la viscosidad, poco aportaba a distinguir si el ligante soportaría las condiciones de servicio. Con esta propiedad se podía llegar a deducir de manera aproximada si soportaría

condiciones de altas temperaturas, ya que la viscosidad variaba con la temperatura. Sin embargo, el parámetro de viscosidad solo se medía a una única temperatura, a los 60 °C.

Por otro lado, la penetración, que se basaba en determinar la dureza o consistencia relativa del ligante asfáltico, midiendo la distancia en décimas de milímetros; que, una aguja con carga de 100 gramos se introducía por 5 segundos, estando el asfalto una temperatura de 25°C. Esto claramente es una propiedad empírica que se aproximaba a conocer la consistencia del asfalto. Sin embargo, al no realizarse el ensayo a una temperatura de servicio u midiendo siquiera una propiedad mecánica (como la viscosidad) de ninguna manera podía a ciencia cierta determinar si el ligante soportaría condiciones de temperatura o tráfico. Estas clasificaciones fueron las únicas en Estados Unidos hasta la década del 90, y en el resto del mundo; de manera particular en nuestro país hasta hace un par de años, aún se utilizaban únicamente esas y eran solicitadas por condiciones técnicas en proyectos carreteros.

En 1987, El congreso de los EE. UU. autorizó el Programa Estratégico para Investigación en Carreteras (Strategic Highway Research Program “SHRP”). Una iniciativa de investigación aplicada de cinco años para desarrollar y evaluar técnicas y tecnologías para combatir las condiciones de deterioro de las carreteras de la nación y mejorar su desempeño, durabilidad, seguridad y eficiencia. En esta investigación se observaron los mismos aspectos que anteriormente hemos mencionado: Alto gasto anual en reparaciones de pavimentos asfálticos, creciente volumen y carga de tráfico, alto deterioro en las carreteras que generaban interrupciones de tráfico para reparación y rehabilitación (lo que genera descontento y problemas logísticos en la economía del país); y rugosidades, daños y deformaciones que representaban riesgos de seguridad para los conductores; debido a que, pueden generar daños en neumáticos y suspensiones de los automotores. Es así como los desarrolladores del SHRP dieron solución a estos aspectos a través del sistema que denominaron “Superpave” (Acrónimo en Inglés de "Superior Performing Asphalt Pavements", para Pavimentos Asfálticos de Superior Desempeño). Dentro del sistema Superpave, a causa de que no había una especificación de asfaltos que contemplara propiedades físicas o mecánicas; Se dieron a la tarea de crear una especificación del

Ligante asfáltico que sí se basaría en las propiedades mecánicas del ligante y en el desempeño que tendría este en servicio en un pavimento (Halladay, El programa de investigación estratégica de carreteras: una inversión que ha dado sus frutos, 1998).

La clasificación se denominó: Clasificación por Grado de desempeño del Ligante Asfáltico (Performance Grade PG, por sus siglas en inglés). Esta clasificación, basada en la temperatura de servicio en el pavimento; vino a dar solución a la problemática del ahuellamiento, al menos en diseño del sistema. Sin embargo, en nuestro país, hasta hace un par de años, el ente rector en reparaciones de carreteras en El Salvador; El Fondo de Conservación Vial “FOVIAL” comenzó a exigir en sus condiciones técnicas de mantenimientos de Vías la especificación PG para los asfaltos que se usarían en las reparaciones de carpetas asfálticas.

Por lo tanto, para solucionar la problemática de la susceptibilidad a la deformación permanente, debemos conocer el grado de desempeño que el ligante asfáltico debe tener según la zona donde se ubica la carpeta asfáltica que se colocará. Teniendo el grado de desempeño del ligante asfáltico necesario para el proyecto, se evalúan los diferentes proveedores de asfaltos que llegan al país; para saber si alguno de estos, cumple con las exigencias de grado de desempeño de la zona. De no haber una fuente de asfalto que cumpla, se puede evaluar el mejoramiento de dichos asfaltos por medio de la modificación de estos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

Desde la introducción de este documento, se ha venido planteando una problemática, la cual es que, se debe conocer qué tipo de asfalto exigen las condiciones de temperatura de la zona donde se construirá un pavimento flexible; para que no se presente en un corto plazo y/o con significativa severidad las fallas en dicho pavimento por deformación permanente.

Sin embargo, ¿Cómo podemos conocer cuál es el Grado de Desempeño que debe tener el ligante asfáltico en una determinada zona del país para construir la carpeta de rodadura de un pavimento asfáltico? ¿Puede haber diferentes especificaciones de Grado de Desempeño en el país? ¿Hasta dónde cubre una especificación por grado de desempeño en una zona del país? ¿Cuáles son los límites de esta zona? Estas preguntas representan la problemática que busca solucionar esta investigación.

Es decir, si hay diferentes especificaciones de grado de desempeño en el país ¿Cuáles son estas, con base en los datos de la temperatura de servicio de los pavimentos? Y conociendo dichas especificaciones, ¿Cuáles serían sus áreas de influencia? Para dar resolución a esto la mejor herramienta es un mapa. Un mapa que delimite las zonas del país con diferentes especificaciones de Grado de Desempeño requeridas por vías que cubren dichas zonas. Se plantea la elaboración de este mapa como conclusión de esta investigación. Para obtener dicho mapa se deberá primero calcular los grados de desempeño de cada zona del país basados en el Sistema SHARP-Superpave de los Estados Unidos.

1.2 Antecedentes

Los primeros pasos en búsqueda de conocer las exigencias o solicitudes climáticas (temperatura del aire y del pavimento), que debe cumplir el asfalto en un proyecto de construcción de carreteras de pavimento flexible; en nuestro país, lo realizó el Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través de su Unidad de Investigación y Desarrollo Vial (UIDV). En 2011 presentaron un informe denominado: “Selección del tipo de Cemento Asfáltico para producir Mezclas Asfálticas en Caliente en El Salvador”. Dicho informe consistía en

una investigación para conocer cuales tipos, clasificaciones o grados del asfalto son necesarios en las diferentes zonas del país, con base en las temperaturas máximas que alcanza el pavimento en tales zonas. Es decir, para determinada zona del país; por ejemplo, San Miguel, si la temperatura en dicha zona el pavimento alcanza; por ejemplo, 68 grados Celsius (°C); el asfalto requerido para hacer un pavimento flexible en San Miguel sería aquel que soporte temperaturas mayores a 68 °C. Esto es lo que Básicamente se quiere lograr con esta investigación, por lo cual, este informe de la UIDV del MOP es la primera aproximación en el país en escoger los asfaltos según como deben desempeñarse. La diferencia fundamental de ese informe, con esta investigación; es que, la UIDV utilizó las clasificaciones anteriores al Grado de Desempeño PG – Superpave; es decir la viscosidad y penetración. Además, en dicho informe se utilizaron metodologías del Departamento de Defensa y del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos, los cuales tenían una correlación empírica de temperaturas del aire y del pavimento contra las clasificaciones por viscosidad y penetración de los ligantes asfálticos. (Escobar & Alvarenga, 2011)

La investigación de la UIDV consistió en analizar los registros históricos de temperatura del aire de 10 estaciones meteorológicas del país. De esos datos se obtuvieron valores extremos de temperatura promedio máxima, mínima y mensual registradas en el país. Procesando tales datos con base en las metodologías antes mencionadas, obtuvieron la tabla 1. Dicha tabla es una aproximación a la selección del grado del ligante asfáltico por su temperatura de desempeño.

Posterior a la investigación de la UIDV del Ministerio de Obras Públicas, se presentó una tesis de grado en la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente; denominada: “Susceptibilidad térmica de los pavimentos Asfálticos utilizados en El Salvador”, para optar por el título de Ingenieros Civiles. El grupo formado por los ingenieros Hugo Albeño, Verónica Molina y Salvador Reynoza, presentó dicha tesis en el año 2012. Basados en el informe de la UIDV, del cual se ha estado hablando en este apartado; realizaron una investigación que, implicaba agregar a la tabla anterior, la clasificación por grado de desempeño PG – Superpave para cada estación meteorológica que ahí aparecen.

Tabla 1

Tipos de cemento asfáltico recomendados para diferentes zonas del país, Investigación UIDV-MOP 2011

Estación Meteorológica	Ubicación de Estación Meteorológica (Departamento)	Tipo de Cemento Asfáltico recomendado			
		Método del Departamento de Defensa de los Estados Unidos		Método del Instituto del Asfalto	
		Clasificación de Región	Tipo de Asfalto	Clasificación de Región	Tipo de Asfalto
La Unión	La Unión				
Acajutla	Sonsonate				AC-20
Puente	San Vicente			Caliente	AC-30
Cuscatlán	San Miguel	Caliente	PEN 60/70		PEN 60/70
El Papalón	Cabañas				PEN 40/50
Cerrón Grande	La Libertad				
San Andrés	Santa Ana				AC-10
El Palmar					AC-20
Perquín	Morazán	Cálida	PEN 85/100	Cálida	PEN
Las Pilas	Chalatenango				85/100
Planes de Montecristo	Santa Ana	Fría	-----		PEN 60/70

Fuente: Informe “Selección del tipo de Cemento Asfáltico para producir Mezclas Asfálticas en caliente en El Salvador; UIDV – MOP; 2011.

Para obtener el PG de cada estación utilizaron datos de mediciones directas de temperatura del pavimento a 20 mm por debajo de la superficie de este (Método de campo de la FHWA) de tramos de pavimentos asfálticos cercanos a las estaciones meteorológicas anteriormente citadas. También, para esos mismos puntos, utilizando los datos de temperatura de la estación cercana a la que correspondía dicho punto; calcularon la temperatura máxima de diseño para el grado de desempeño PG, utilizando la fórmula de correlación de temperaturas del método Superpave y las compararon con las temperaturas obtenidas en campo directamente. Con esos datos obtuvieron el Grado de desempeño PG para cada estación de la tabla del informe UIDV con excepción de las estaciones La Unión y Cerrón Grande. (Albeño Cáceres, Molina Umaña, & Reynoza Morán, 2012)

Esta investigación es bastante similar a la anteriormente mencionada, con la diferencia que; no se realizarán mediciones directas de campo de las temperaturas del pavimento y se utilizarán datos de temperaturas de más estaciones meteorológicas en el país con el fin de elaborar un mapa de zonificación con los grados de desempeño PG obtenidos para cada estación. En la figura 1 se muestra la tabla que el grupo de tesis elaboró donde compara los datos de temperatura obtenidos en campo, con los datos obtenidos por medio de las correlaciones del método superpave con las temperaturas ambiente. A continuación, también se presenta la tabla 2, el cuadro resultante de su investigación, que complementa al de la UIDV.

Por parte de otro ente rector en materia de carreteras y pavimentos en el país, como lo es el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL). Se había exigido en sus condiciones técnicas para proyectos de construcción o rehabilitación de pavimentos flexibles, que los ligantes asfálticos utilizados en las mezclas para capas de rodamiento o carpetas asfálticas sean caracterizados por el sistema de viscosidad. Era común escuchar que se requerían asfaltos AC-20, AC-30, AC-40, etcétera; para proyectos de carreteras pavimentadas con asfalto, dado que esa era la forma en que se denominaba la clasificación que tenía un asfalto por viscosidad.

La clasificación por Desempeño (PG, por sus siglas en inglés), propiamente en El Salvador, comienza sus albores en el año 2007. El laboratorio del departamento de Investigación y Desarrollo de la empresa Asfaltos de Centroamérica (ASFALCA) comienza a llevar a cabo ensayos por desempeño a los ligantes asfálticos, los cuales caracterizaban los asfaltos por este nuevo método, utilizando el reómetro de corte dinámico; una tecnología completamente nueva en nuestro país. El interés en ese momento era debido a la modificación del asfalto, los asfaltos convencionales que son comúnmente proveídos a nuestro país (entiéndase convencional como aquel asfalto obtenido directamente de la refinación del petróleo al que no se le ha realizado ninguna adición química o procedimiento posterior) tenían grados de desempeño casi iguales los cuales siempre daban como resultado un PG-64.

INFORMACION DE TEMPERATURAS MENSUALES. (°C)		ZONAS DE MEDICION DEL TERRITORIO NACIONAL.								
		ZONA OCCIDENTAL.			ZONA CENTRAL.			ZONA ORIENTAL.		
		SANTA ANA (METAPAN).	SANTA ANA (CERRO VERDE).	SONSONATE (ACAJUTLA).	SAN SALVADOR (SAN SALVADOR).	CHALATENANGO (DESVIO AMAYO).	LA PAZ (ZACATECOLUCA, DESVIO A COMALAPA CARRETERA DEL LITORAL).	SANVICENTE (PUENTE CUSCATLAN).	MORAZAN (SANFRANCISCO GOTERA).	SAN MIGUEL (DESVIO EL DELIRIO).
jul-2011	T - Ambiente	31	33	36	34	40	37	38	42	39
	T- Campo	56	52	65	52	63	58	59	61	61
	T-20mm	54.009	55.889	58.742	56.838	62.587	59.69	60.649	64.474	61.588
ago-2011	T - Ambiente	33	31	38	35	39	40	36	44	40
	T- Campo	46	51	64	42	63	60	61	60	63
	T-20mm	55.918	53.98	60.651	57.793	61.633	62.553	58.74	66.383	62.542
sep-2011	T - Ambiente	32	34	39	33	38	36	37	46	41
	T- Campo	59	50	67	53	57	64	63	63	65
	T-20mm	54.963	56.844	61.605	55.884	60.678	58.735	59.694	68.292	63.497

SIMBOLOGIA: **T-Ambiente**=Temperatura ambiente **T-Campo**=Temperatura tomada en campo **T-20mm**=Temperatura a 20mm de profundidad.

Figura 1. Cuadro comparativo de temperaturas ambiente, correlación superpave y tomada directamente del pavimento; para obtener Grado de Desempeño PG del Asfalto. (Fuente: Tesis “Susceptibilidad térmica de los pavimentos Asfálticos utilizados en El Salvador”; Ings. Albeño Cáceres, Molina Umaña, & Reynoza Morán; Ingeniería Civil, UES-FMOCC 2012)

Tabla 2

Tipos de cemento asfáltico recomendados para diferentes zonas del país, Tesis Ing. Civil UES-FMOCC 2012

Estación Meteorológica	Ubicación de Estación Meteorológica (Departamento)	Zonas de medición de campo	Tipo de Cemento Asfáltico recomendado				
			Método Superpave	Método del Departamento de Defensa de los Estados Unidos		Método del Instituto del Asfalto	
				Tipo de Asfalto	Clasificación de Región	Tipo de Asfalto	Clasificación de Región
La Unión	La Unión	N/V	PG-70				
Acajutla	Sonsonate	Acajutla	PG-64				AC-20
Puente Cuscatlán	San Vicente	Puente Cuscatlán	PG-64			Caliente	AC-30
El Papalón	San Miguel	Desvío El delirio	PG-70	Caliente	PEN 60/70		PEN 60/70
Cerrón Grande	Cabañas	N/V	PG-64				
San Andrés	La Libertad	San Salvador	PG-58				
El Palmar	Santa Ana	Cerro Verde	PG-58				
Perquín	Morazán	San Francisco Gotera	PG-70	Cálida	PEN 85/100	Cálida	AC-10
Las Pilas	Chalatenango	Desvío Amayo	PG-64				
Planes de Montecristo	Santa Ana	Metapán	PG-58	Fría	-----		PEN 85/100

Fuente: Tesis "Susceptibilidad térmica de los pavimentos Asfálticos utilizados en El Salvador"; Ings. Albeño Cáceres, Molina Umaña, & Reynoza Morán; Ingeniería Civil, UES-FMOCC 2012

Obtener grados de desempeño mayores como PG-70 o PG-76 requerían de la modificación del asfalto. Esta empresa siendo la única a nivel nacional con la capacidad industrial en ese entonces para realizar estos procedimientos a los asfaltos, se mantuvo por varios años como rectora en materia de asfaltos y su clasificación PG en nuestro país.

Es hasta el año 2018 cuando el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL); que comienza a pedir con fines de investigación que los ligantes asfálticos utilizados en Mezclas asfálticas en caliente para construcción de carpetas de rodamiento o reparaciones de estas, sean clasificados por Grado de Desempeño PG según la norma AASHTO M-332. (Fondo de Conservación Vial FOVIAL, 2018, pág. 63). En la figura 2 se muestra una la tabla que presentan las condiciones técnicas de los Términos de referencia para proyectos de mantenimiento rutinario de FOVIAL, donde se puede leer el requerimiento de la clasificación PG del Asfalto a usarse en Mezcla Asfáltica en Caliente.

Es así como a partir de ese año, se comenzó a exigir la caracterización de los ligantes asfálticos utilizados en proyectos carreteros por Grado de Desempeño, como reemplazo de las caracterizaciones por viscosidad y penetración que; aunque aún son exigidas, han perdido relevancia. En los últimos años se ha llegado al grado de especificar en proyectos de pavimentación que la mezcla asfáltica en caliente se elaborará con un asfalto ya clasificado por su Desempeño, con base en el Grado de Desempeño requerido previo análisis del tramo de carretera que se intervendrá.

Esto último implica que ya se están realizando análisis de los requerimientos por Grado de Desempeño PG de los ligantes asfálticos que se deben utilizar en mezclas asfálticas en caliente para carpetas de rodamiento en pavimentos flexibles en carreteras del país.

A nivel latinoamericano, tenemos los casos de Perú y de México; donde se han elaborado mapas con los requerimientos de Grado de Desempeño PG según las condiciones de temperatura a la que están sometidos sus pavimentos flexibles. En las figuras 3 y 4 se muestran los mapas PG del Perú elaborado por la Universidad de Sao Paulo en Brasil en el año 2015 y de México respectivamente. (Escalante Zegarra, 2020)

Tabla de Muestreo, Frecuencias y Tolerancias

Ensayo	AASHTO	ASTM	Frecuencia mínima	Valor Mínimo	Valor Máximo	Punto de Muestreo de
Clasificación de asfaltos por viscosidad (según clasificación a utilizar)		D3381				
Viscosidad absoluta	T-202	D 2171	- Durante la Inspección Preparatoria se presentarán los resultados obtenidos por el proveedor de la mezcla, los cuales deberán ser recientes (menos de 4 meses de elaboración de dichos ensayos). - Cada vez que se cambie la fuente de asfalto. - No menos de 3 ensayos durante la ejecución de la actividad.	Según ASTM D3381		En tanque de almacenamiento de Planta de Producción
Viscosidad cinemática	T-201	D 2170		Según ASTM D3381		
Penetración	T-49	D 5		Según ASTM D3381		
Ductilidad	T-51	D 113		Según ASTM D3381		
Ensayos de la película delgada al horno (Viscosidad, Ductilidad)	T-179	D 1754		Según ASTM D3381		
Punto de reblandecimiento	T-53	D 36		-		
Determinación de la clasificación por desempeño PG (valor superior) de asfaltos convencionales y modificados, al asfalto virgen (antes de envejecer).	T315		- No menos de 3 ensayos durante la ejecución de la actividad. <u>Nota 1: Estos ensayos serán realizados con fines de investigación, su resultado no será considerado para fines de pago.</u> <u>Nota 2:</u> Como complemento a la determinación del grado de desempeño PG del asfalto, se deberá reportar los parámetros A-VTS (Intercepto y pendiente de regresión lineal). Estos parámetros deberán ser obtenidos con viscosímetro rotacional a partir de 5 temperaturas diferentes como mínimo.			En tanque de almacenamiento de Planta de Producción
Emulsión Asfáltica (para riego de liga)						
Residuo por Evaporación		D 6934	Cada 1,500 m ² , pero no menos de una por semana.	Según sección MR0302.03		En sitio de colocación
Emulsión Asfáltica (para mezcla asfáltica en frío)						
Residuo después de destilación	T-59		- Durante la Inspección Preparatoria se presentarán los resultados obtenidos por el proveedor de la mezcla, los cuales deberán ser recientes (menos de 3 meses de elaboración de dichos ensayos). - Cada vez que se cambie la fuente de asfalto. - No menos de 3 ensayos durante la ejecución.	57%	N/A	En tanque de almacenamiento de Planta de Producción
Punto de reblandecimiento	T-53	D 36		57°C		
Penetración a 25°C	T-49	D 5		40	90	

Figura 2. Ensayos exigidos a la mezcla asfáltica en caliente en proyectos de mantenimiento rutinario del Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) (Fuente: Condiciones Técnicas para proyectos de mantenimiento rutinario FOVIAL)

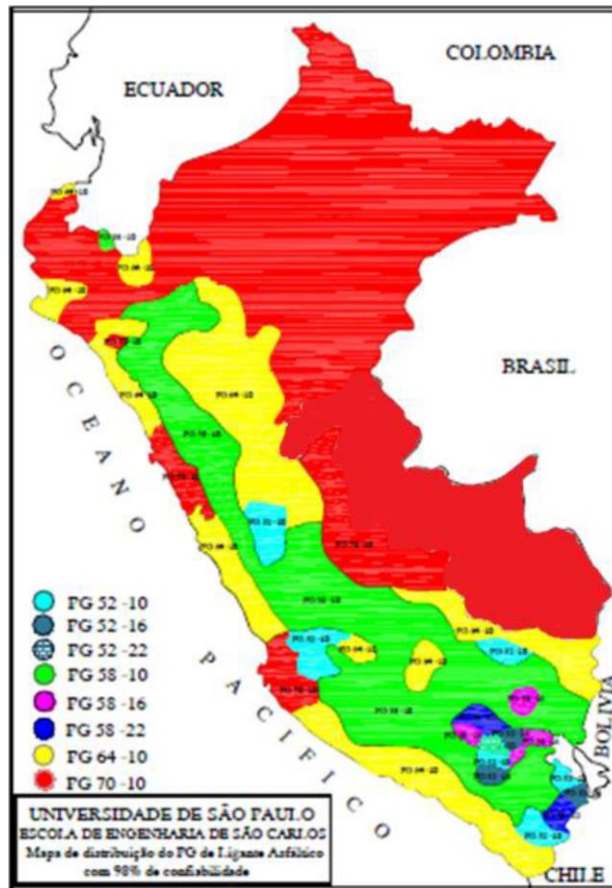


Figura 3. Mapa de sectorización de las Clasificaciones por Desempeño PG para ligantes Asfálticos en Perú, con base en las condiciones climáticas.

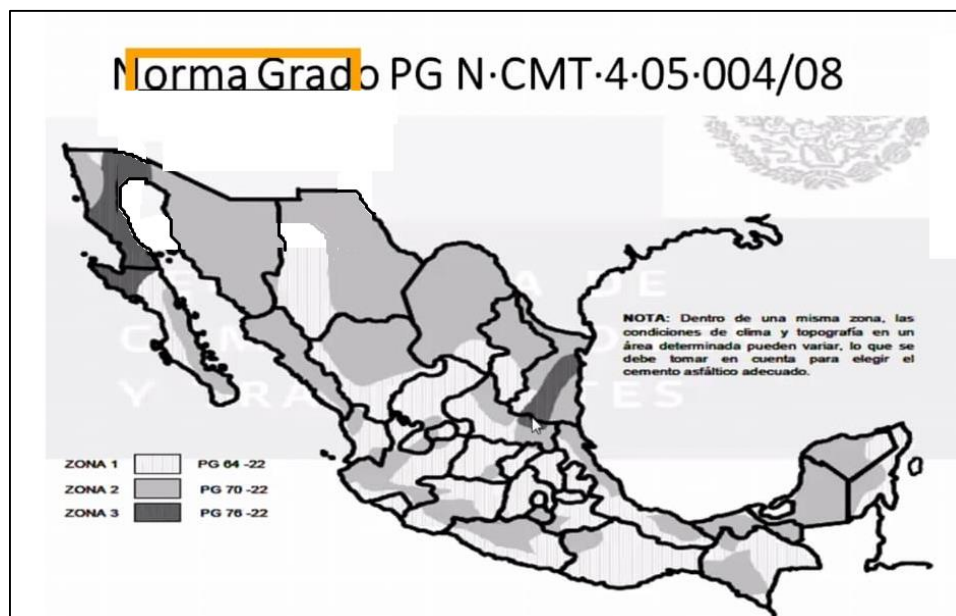


Figura 4. Mapa de sectorización de las Clasificaciones por Desempeño PG para ligantes Asfálticos en México.

1.3 Alcances globales

El desarrollo de un mapa en el cual se zonifiquen las carreteras de la red pavimentada del país, con base en el requerimiento del Grado de Desempeño PG Superpave de la zona; es un primer paso para que instituciones públicas encargadas de velar por la red vial, como por ejemplo Ministerio de Obras Públicas (MOP) o Fondo de Conservación Vial (FOVIAL); puedan realizar investigaciones más serias, con mayor cantidad de datos climáticos de varios años atrás; para afinar dicho mapa o para poner en práctica la metodología utilizada para este mapa en un proyecto específico. El esfuerzo de esta investigación también busca que dichas autoridades puedan realizar un diseño integral de las mezclas asfálticas utilizadas en proyectos carreteros, exigiendo que se utilice un ligante asfáltico según lo requiera el proyecto. Es decir, que se comprenda la importancia que tiene el escoger el tipo de ligante asfáltico a utilizar según las exigencias de temperatura del tramo de carretera donde se usará. Que instituciones educativas como universidades, escuelas de ingeniería civil, etcétera; podrían consultar el mapa de zonificación PG de El Salvador con fines académicos. Tales fines podrían ser la enseñanza en el área de los asfaltos y pavimentos flexibles, replicar los métodos y el modelo utilizado para replicar el mapa o los resultados de Grados de Desempeño para otras áreas específicas, o para actualizar el mapa con datos climáticos de años posteriores.

Cómo solo se utilizarán datos del año 2019, el mapa resultante será un ejemplo de cómo realizar dicho mapa por parte de las autoridades correspondientes del gobierno. Sin embargo, cabe mencionar que, según un mapa de las tendencias de cambio de las temperaturas máximas extremas al año de El Salvador (ver figura 5); el cambio de temperatura por año es del orden de las centésimas de grado Celsius por año. Esto significa que las variaciones de temperatura probablemente no serán considerables en menos de una década. Ahora bien, el cambio climático generado por el calentamiento global puede que haga que las temperaturas máximas anuales fluctúen en mayor grado. Es por eso que se recomienda de antemano que, un mapa como el que se presentará aquí, ya para uso como referencia en posteriores diseños de mezclas asfálticas; debe estarse actualizando cada año, o debería usar datos obtenidos directamente de la medición de temperatura del pavimento.

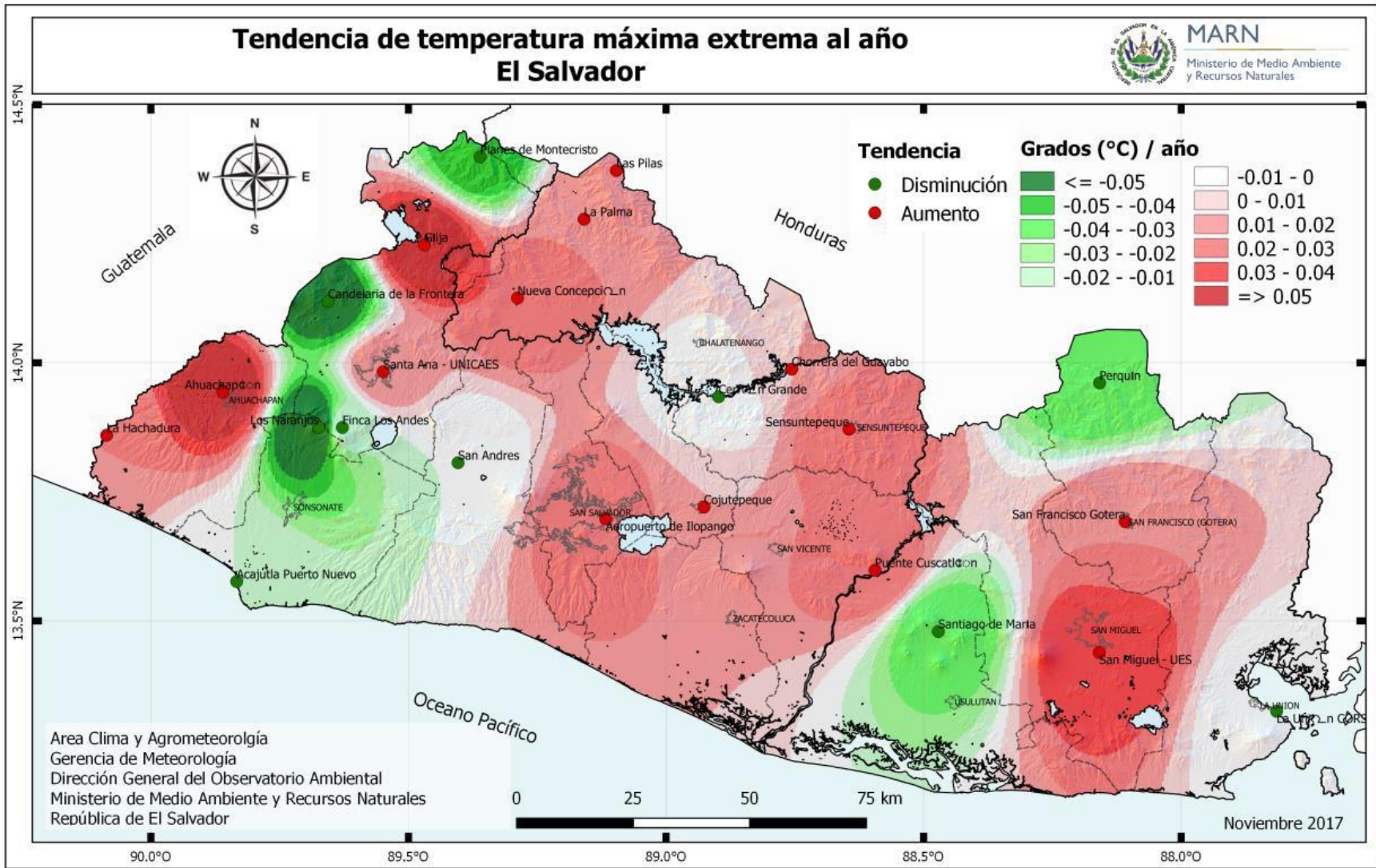


Figura 5. Mapa de El salvador con las tendencias de cambio (disminución o aumento) de las temperaturas máximas extremas al año. Presenta cuanto han variado las temperaturas extremas anuales cada año, entiéndase por extrema, más cálida o más fría. (Fuente: DGOA – MARN)

Se dejará constancia de todos los pasos dados para obtener el mapa de zonificación de Grados de Desempeño PG para que este pueda ser replicado y actualizado en años posteriores; consultando si no ha habido un cambio para ese entonces en los modelos matemáticos del LTPP para extrapolar datos climáticos a datos de temperatura de pavimento. De darse un cambio, se deberán actualizar los cálculos y comparar los resultados. Esto quiere decir que con esta investigación se busca dejar un precedente acerca de las nuevas tecnologías de los asfaltos en beneficio de la población usuaria de carreteras asfaltadas.

Con un análisis de cuales fuentes de asfalto convencional son útiles en el país con base en sus Grados de Desempeño PG, o si es necesario modificar los asfaltos se tendrá una idea de cuan necesarias son las tecnologías de modificación del asfalto en El Salvador; para que esto puede generar interés en la inversión privada.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general.

Realizar un estudio a nivel nacional, con base en las condiciones climáticas en el año 2019 registradas por estaciones meteorológicas de todo el país, y en los modelos de correlaciones para temperatura del pavimento LTPP; para la obtención de la clasificación por Grado de Desempeño PG Superpave del ligante asfáltico requerido para la elaboración de mezcla asfáltica en Caliente utilizada en carpetas de rodamiento de pavimentos flexibles en las carreteras ubicadas en las áreas de influencia de las estaciones meteorológicas.

1.4.2 Objetivos específicos.

1. Recopilar los datos de las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas por las 25 estaciones meteorológicas del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales del año 2019.

2. Obtener, con base en el análisis de los datos de temperatura recopilados, la temperatura máxima promedio de los siete días consecutivos más cálidos registrados y la temperatura mínima más fría del año por cada una de las estaciones meteorológicas.
3. Calcular, utilizando la correlación del modelo LTPP de la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos; las temperaturas de diseño máxima y mínima del pavimento para cada una de las Estaciones meteorológicas analizadas.
4. Trazar en un mapa de El Salvador, isotermas; con base en las temperaturas de diseño obtenidas, por medio de interpolación entre los puntos de ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.
5. Elaborar, adaptando el mapa de El Salvador con las isotermas trazadas; otro mapa que especifique por zonas los diferentes grados de desempeño PG limitadas por sus temperaturas según la norma técnica AASHTO M320, incluyendo además el trazo de las principales carreteras pavimentadas del país.

1.5 Justificaciones

Esta investigación tiene varias razones por las cuales debe realizarse. En primer lugar es para responder o dar solución a la problemática de no conocer cuáles son las características de deben cumplir los ligantes asfálticos en un tramo de carretera determinado del país, esto para poder evitar que se observen daños en la carpeta de rodamiento en forma de acanalamientos o deformaciones severas y con anticipación en su periodo de diseño; así dándoles a los usuarios de las carreteras del país, tanto vehículos livianos como pesados, mejores niveles de seguridad y comodidad a la hora de conducir. Esta justificante viene acompañada del hecho que nuestro país está buscando la mejora económica continua, haciendo que la logística de transporte de productos y mercancías a nivel nacional y tránsito internacional sea rápida y eficiente. Esto se lograría si los niveles de seguridad y comodidad de las carreteras fueran altos, lo cual hasta hoy en día podemos evidenciar que no se da en todos los tramos de carreteras del país. Tales niveles, podrían mejorarse cuando

las rehabilitaciones de pavimentos flexibles se hagan conociendo el ligante asfáltico que mejor se desempeñaría en la zona.

Por otro lado, el costo de mantenimiento de carreteras pavimentadas con mezcla asfáltica en caliente, podría ser menor si el ligante asfáltico usado en dicha mezcla está debidamente elegido según el requerimiento de la zona donde se encuentra el tramo de pavimento que se construirá. De esta manera, mencionando previamente que se evitaran deformaciones severas y de temprana edad; no se necesitaran realizarse intervenciones o reparaciones en tales carreteras que sean muy onerosas o muy anticipadas en el tiempo de uso de la carreta.

Otra razón por la cual debe realizarse esta investigación es para innovar en materia de asfaltos, mezclas asfálticas y pavimentos flexibles los procesos académicos de la carrera de ingeniería civil en el país y sobre todo en nuestra universidad. Teniendo en cuenta que tales estudios serán vitales en un país donde el 85% de las carreteras pavimentadas son de asfalto.

1.6 Limitaciones

1. Esta investigación se limitará al área del territorio nacional de El Salvador, para uso en las carreteras pavimentadas únicamente con Mezcla Asfáltica en Caliente; es decir, para la carpeta de rodamiento en pavimentos flexibles en el país.
2. Se utilizarán únicamente los datos de temperaturas obtenidos a través de los registros publicados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de las 25 estaciones meteorológicas principales de El Salvador, las cuales son: Guija, Finca Los Andes, Candelaria de la Frontera, Planes de Montecristo, Santa Ana-UNICAES, Chorrera del Guayabo, Cerrón Grande, Sensuntepeque, Cojutepeque, Las Pilas, Nueva Concepción, La Palma, La Hachadura, Ahuachapán, Chiltiupán, San Andrés, San Miguel UES, La Unión, Aeropuerto Ilopango, Los Naranjos, Acajutla, Santiago de María, Puente Cuscatlán, San Francisco Gotera y Perquín.

3. Los datos de temperatura mencionados, que se utilizarán para los cálculos de Grado de Desempeño PG por estación serán únicamente los del año 2019. Tales datos corresponden a los registros diarios presentados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
4. Si en los registros del MARN, de las temperaturas diarias registradas para cada estación hubiere datos faltantes; se utilizará para el cálculo solamente los datos que si se han registrado de manera consecutiva por siete días para cumplir con los modelos del LTPP.
5. No se pretende que, el mapa resultante de esta investigación, sea un guía rectora o norma que estrictamente deba usarse para la elección de ligantes asfálticos en proyectos carreteros en El salvador. Se busca que solo sea un ejemplo para una investigación más seria, que use más datos climáticos de años atrás o que se utilicen datos temperatura de mediciones directas del pavimento.

1.7 Observaciones

Es recurrente ver daños en las carreteras pavimentadas comúnmente llamadas de asfalto. La formación de daños como acanalamientos, deformaciones y deflexiones son frecuentes en zonas donde las temperaturas son muy altas. También es frecuente ver este tipo de daños en tramos pavimentados con asfalto donde vehículos pesados como camiones o autobuses van a baja velocidad o donde frenan, como paradas de autobuses, incorporaciones a redondeles, tramos antes y después de un túmulo, etcétera. A continuación, se presenta una imagen ilustrativa de cómo se ven las deformaciones o acanalamientos en la carpeta de rodamiento.

Este tipo de fallas denominada por el manual MS-26 como “rutting” son las cuales se enfoca esta investigación en dar solución por medio de la obtención del Grado de Desempeño PG de diferentes zonas de El Salvador. Si se logra obtener el mapa del cual se plantea en objetivos realizar, y en proyectos carreteros de rehabilitación o construcción de pavimentos flexibles; se usa para la mezcla asfáltica en caliente el ligante caracterizado por



Ilustración 2. Ejemplo de capa de rodamiento asfáltica con falla por acanalamiento o "rutting"

el grado de desempeño PG requerido se podría evitar este tipo de fallas.

Se ha investigado si se he realizado un esfuerzo igual al de esta investigación por parte de esta misma universidad, u otras universidades, o alguna entidad gubernamental. Sin embargo, no se ha encontrado más que las investigaciones que se presentan en los antecedentes de esta investigación, los cuales no utilizan la metodología PG – Superpave, de la misma manera que aquí se utilizará. Se desconoce si existe en el país ya un mapa como el que se presentará como conclusión a esta investigación, que se haya elaborado por medios públicos o privados. Es probable que empresas como Asfaltos de El Salvador (ASFALCA S.A. de C.V.) o La Unidad de Investigación y Desarrollo Vial del MOP (UIDV – MOP) ya hayan realizado un emprendimiento parecido al de esta investigación, mas no se tiene información al respecto. Se presume su probabilidad ya que ambas entidades manejan el tema de los Asfaltos clasificados por Grado de Desempeño, Reología de los asfaltos y Asfaltos modificados con mucha experticia.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Definiciones

Las definiciones presentadas a continuación son útiles para comprender de manera precisa los temas a desarrollar posteriormente en la investigación.

2.1.1 Carretera, calle o camino.

Un calificativo general que designa una vía pública para fines de tránsito de vehículo, y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía. (Iturbide, 2002)

2.1.2 Pavimento.

Conjunto de capas muy bien estructuradas conformadas por materiales seleccionados, las cuales reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a las cargas inferiores, distribuyendo dichas cargas con uniformidad. Este conjunto de capas proporciona a la vez la superficie de rodamiento, en donde se debe tener una operación rápida, cómoda y segura de los vehículos que por ella circulen. (Paniagua Torres, 2017)

2.1.3 Pavimento flexible.

Una estructura de pavimento que mantiene un contacto íntimo con la subrasante y distribuye las cargas a esta, tal distribución de cargas depende del entrelazamiento entre las partículas de agregado, la fricción entre estas y la cohesión para la estabilidad. (AASHTO, 1993) A continuación, se presenta la sección transversal de la estructura de un pavimento flexible

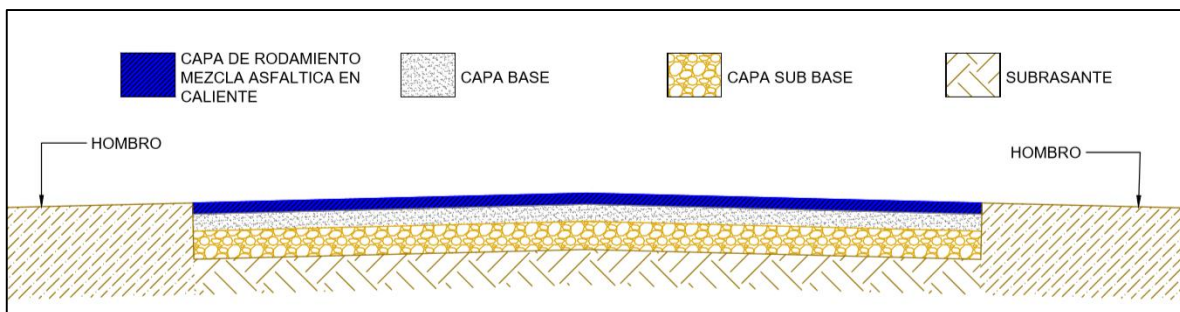


Figura 6. "Sección transversal de un pavimento flexible"
(Fuente: Elaboración propia)

2.1.4 Capa de rodamiento.

Una o más capas de una estructura de pavimento diseñada para acomodar la carga de tráfico, la capa superior la cual resiste el deslizamiento, la abrasión del tráfico, y la desintegración por efectos del clima. (AASHTO, 1993)

2.1.5 Mezcla asfáltica en caliente.

Una combinación de agregados gruesos y finos provenientes de la trituración de rocas, ligados entre sí por medio de asfalto o cemento asfáltico; calentado a más de 150°C para que dicha mezcla sea manejable para conformarla en la capa de rodamiento; compactada a no menos de 100°C para que se vuelva una estructura monolítica que soporte abrasión, compresión, tensión, etc. (Asphalt Institute, 2014)

2.1.6 Cemento asfáltico.

Según la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM), el asfalto es un material viscoso de color marrón oscuro a negro. Sus constituyentes predominantes son los betunes, que se encuentran en la naturaleza o se obtienen en el procesamiento del petróleo. Se le denomina cemento porque sirve como ligante o cementante de una mezcla de agregados pétreos. También se le llama ligante asfáltico (Asphalt binder), y se utiliza este término únicamente para los asfaltos convencionales (es decir provenientes de la refinación del petróleo sin ninguna adición química posterior). (Asphalt Institute, 2011)

2.1.7 Asfalto modificado con polímero.

Polymer Modified Asphalt (PMB), se refiere al cemento asfáltico que posterior a su producción en refinería; pasa por un proceso de modificación química añadiéndole un polímero, con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas de adherencia y cohesión en una mezcla asfáltica en caliente. (Asphalt Institute, 2011)

2.1.8 Clasificación del asfalto por grado de penetración.

Es la primera clasificación de los asfaltos que hubo en la historia, Se refiere al resultado de un ensayo empírico que consistía en medir en cuantas unidades de 0.1 milímetros se hundía o penetraba una aguja cargada con 100 gramos de peso por 5 segundos en una

muestra de asfalto a 25°C. Es decir, el valor de penetración es la distancia que en 5 segundos se introdujo la aguja cargada en la muestra de asfalto. Dicho valor de penetración está en unidades de 0.1 milímetros, o decimilímetros (Asphalt Institute, 2011). A continuación, se presenta un esquema que ilustra el ensayo para obtener la clasificación por penetración del asfalto.

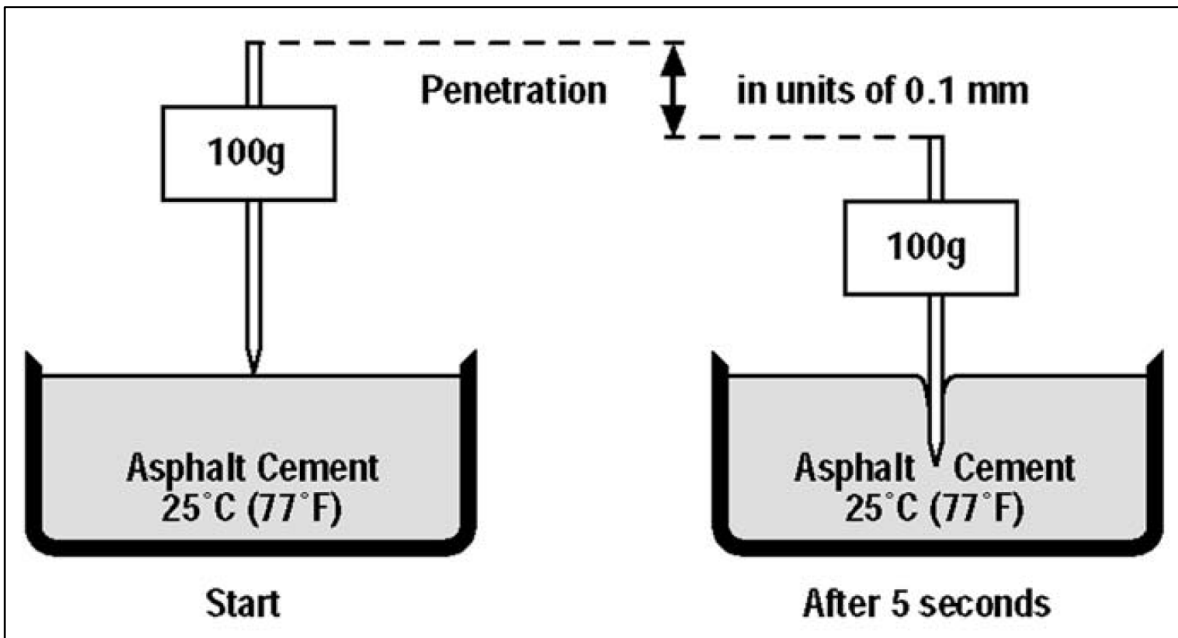


Figura 7. Esquema de Ensayo para clasificación por penetración del asfalto
(Fuente: Manual MS-26 Asphalt Institute)

2.1.9 Clasificación del asfalto por grado de viscosidad.

Desde 1970, la viscosidad vino a ser la clasificación de los asfaltos más frecuentemente utilizada que el grado por penetración. El criterio que se utiliza para esta clasificación es la viscosidad absoluta a 60°C. La temperatura de 60°C fue elegida por aproximarse a la temperatura máxima promedio que alcanzan las superficies de pavimento asfáltico en servicio en los Estados Unidos. En la clasificación por grado de viscosidad se utiliza un sistema llamado AC (esto por las siglas de Asphalt Cement, Cemento Asfáltico en inglés). Como por ejemplo las clasificaciones van desde AC-2.5, AC-5, AC-10, AC-20, AC-30 y AC-40. El valor numérico en la designación del grado está determinado por la viscosidad del asfalto no envejecido a 60°C en centenares de poises (unidad de viscosidad del sistema inglés que equivale a 0.1 Pa-s, “pascal-segundo”). A continuación, en la figura 8 se presenta el aparato de ensayo para obtener la viscosidad absoluta. (Asphalt Institute, 2011)



Figura 8. Baño maría para la viscosidad absoluta (Fuente: MS-26 Asphalt Institute)

La tabla 3, expresa la clasificación por grado de viscosidad del asfalto, según especifica la norma ASTM D3381 “Especificación para el Grado por viscosidad del cemento asfáltico para uso en construcción de pavimentos”.

2.1.10 Temperaturas de diseño máxima y mínima del pavimento.

Las temperaturas máximas y mínimas de un pavimento asfáltico se refieren a aquellas que se utilizan para diseñar la mezcla asfáltica en caliente que se utilizará para la construcción de la capa de rodamiento, escogiendo el ligante asfáltico requerido según la clasificación por grado de desempeño (que, en términos simples; no es más que una especificación por temperatura que debe soportar el asfalto para evitar deformación permanente de la carpeta asfáltica). Para obtener la temperatura máxima de diseño del pavimento asfáltico, lo primero que se debe tomar en cuenta es que; la temperatura más cálida de un pavimento en un día determinado se obtiene midiéndola por debajo de 20 milímetros de la superficie de este.

Tabla 3*Especificación del grado por viscosidad del Cemento Asfáltico.*

Ensayo	Grado de viscosidad					
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosidad, 60° en poises	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viscosidad 135° Cs-mínima	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25°C 100 g., 5 seg. - mínimo	220	140	80	60	50	40
Punto de flama, Cleveland. °C(°F) - mínimo	163(325)	177(350)	219(425)	232(450)	232(450)	232(450)
Solubilidad en tricloroetileno, porcentaje - mínimo	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Pruebas sobre el residuo del ensayo TFO						
Perdida por calentamiento, porcentaje máximo		1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60°C, poises - máximos	1000	2000	4000	8000	12000	16000
Ductilidad, 25°C, 5 cm por minuto, cm mínimo	100	100	75	50	40	25

Fuente: Manual MS-22 Asphalt Institute. (Asphalt Institute, 1986)

Posteriormente para obtener la temperatura máxima de diseño, se calcula el promedio de las medidas diarias tomadas como se especificó anteriormente; de los siete días consecutivos más cálidos del año. En cambio, la temperatura mínima de diseño se obtiene midiendo la temperatura del pavimento sobre su superficie en el día más frío del año. (Asphalt Institute, 2011)

2.1.11 Falla del concreto asfáltico por deformación permanente acumulada (rutting).

La respuesta del ligante asfáltico en un pavimento flexible ante la carga dinámica del tráfico consiste en una deformación elástica (recuperable) y una deformación plástica o viscosa (no recuperable). La deformación permanente acumulada, acanalamiento o “rutting” por sus siglas en inglés, es una falla del pavimento flexible que consiste en una acumulación de deformaciones no recuperables en la mezcla asfáltica en respuesta a repetidas aplicaciones de carga a altas temperaturas. (Asphalt Institute, 2011)



Figura 9. "Rutting" Falla por deformación permanente en un pavimento asfáltico (Fuente: material fotográfico propio)

2.1.12 Falla del concreto asfáltico por agrietamiento por fatiga.

El ligante asfáltico, después de años colocado en una capa de rodamiento en una carretera, sufre un envejecimiento prolongado. Además de eso la carpeta asfáltica ha estado

sometida a cargas acumulativas por el tráfico, a temperaturas moderadas del pavimento. Todo esto, sumado a los esfuerzos de tensión que sufre la carpeta asfáltica en su base; debido a la flexión que esta soporta con el paso de las cargas de tráfico (ver esquema de esfuerzos en figura 10); hace que la carpeta asfáltica se agriete longitudinalmente en el área por donde pasan las ruedas de los vehículos (roderas). Tales agrietamientos longitudinales se van uniendo por fisuras transversales, lo que genera un tipo de falla que se le conoce como “piel de cocodrilo”; lo que no es más que agrietamiento por fatiga (ver figura 11). (Huang, 2004)

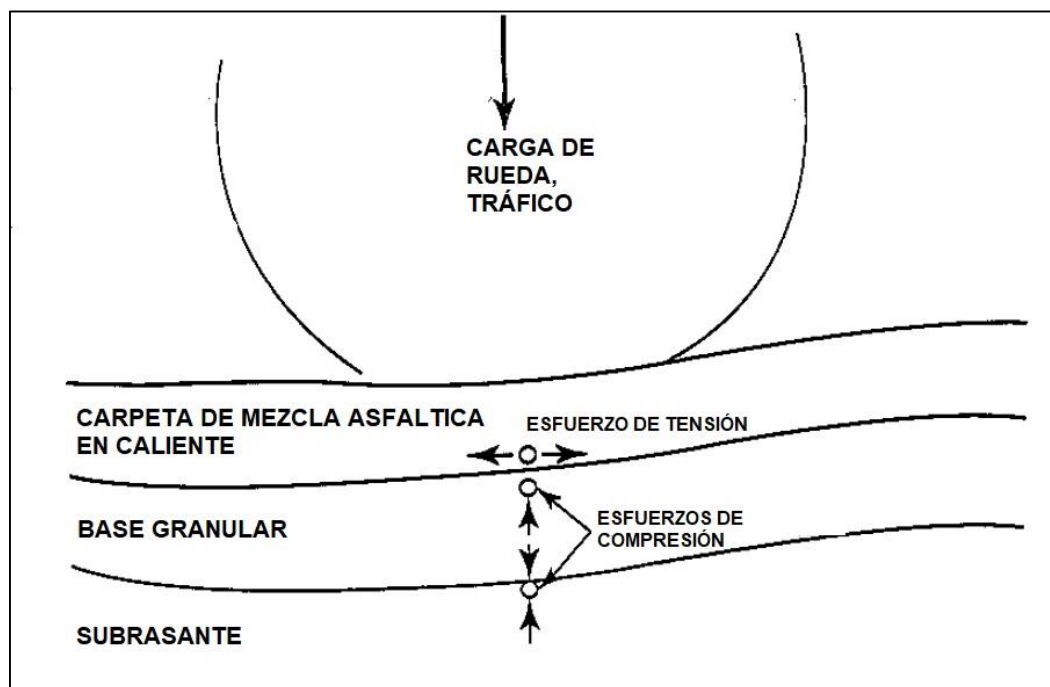


Figura 10. Esquema de esfuerzos de tensión y compresión de pavimentos flexible (fuente: Análisis y Diseño de Pavimentos, Yang H. Huang)

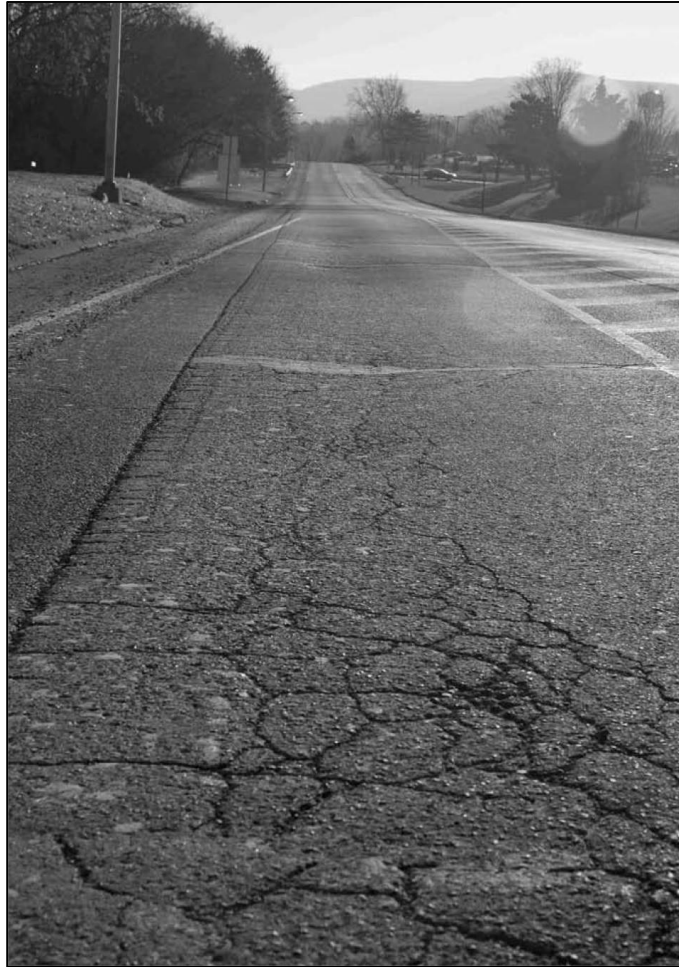


Figura 11. Agrietamiento por fatiga
(Fuente: Asphalt Institute MS-26)

2.1.13 Falla del concreto asfáltico por fracturas a baja temperatura.

Cuando la temperatura desciende, sobre todo bajo el punto de congelación del agua; las carpetas asfálticas se contraen, provocando estrés térmico en este. A medida que baja la temperatura, el ligante asfáltico se contrae en mucho mayor grado que el agregado en el concreto asfáltico. Cuando estas tensiones superan la resistencia a la tracción de la mezcla asfáltica, se forma una grieta por baja temperatura. Estas grietas se caracterizan por desarrollarse de forma transversal al eje de la vía (ver figura 12). Otro factor atenuante de esta falla es el envejecimiento del asfalto. El asfalto se vuelve más quebradizo con el tiempo, por lo que las grietas térmicas ocurren a temperaturas del pavimento que oscilan los 15 a 20 °C (ver figura 13); después de que este ha estado por tiempo prolongado en servicio. Es por esto que también se necesita simular el envejecimiento por largo tiempo en

servicio del ligante asfáltico y el efecto por bajas temperaturas en este. Existen dos ensayos que simulan estas condiciones, los cuales veremos más adelante. (Asphalt Institute, 2011)



Figura 12. Grietas por baja temperatura en pavimento asfáltico, con poco tiempo de servicio.

(Fuente: Asphalt Institute MS-26)



Figura 13. Grietas por baja temperatura, con largo tiempo en servicio

(Fuente: Asphalt Institute MS-26)

2.1.14 Envejecimiento del asfalto por producción, transporte y construcción.

Se le denomina envejecimiento o “aging” en inglés, al efecto que tiene en el ligante asfáltico, el manejo a altas temperaturas (de 135 a 180 °C) durante el mezclado en plantas de mezcla asfáltica, transporte y posterior colocación en la carretera. Dicho efecto se traduce en oxidación, rigidización y volatilización del asfalto. Esto puede conducir a una baja en el rendimiento del servicio de la mezcla asfáltica colocada en el camino, como por ejemplo agrietamiento temprano por fatiga; debido a la rigidización del asfalto. No todos los ligantes asfálticos envejecen igual, esta diferencia en el envejecimiento puede resultar en una diferencia en el rendimiento real de este. Es decir, puede haber ligantes asfálticos que soporten en el envejecimiento más que otros y que presenten agrietamiento por fatiga más tarde que otros. (Asphalt Institute, 2011)

2.1.15 Ensayos de simulación del envejecimiento del asfalto TFOT Y RTFOT.

Para abordar el problema del envejecimiento del asfalto, se desarrollaron procedimientos de envejecimiento para especímenes de muestra de ligante asfáltico en condiciones de endurecimiento que se aproximan a las condiciones por las que pasa el asfalto en una planta de mezcla asfáltica en caliente. El ensayo de horno de película delgada y el ensayo de horno rotario de película delgada (“Thin-Film Oven Test” (TFOT) y “Rolling Thin Film Oven Test” (RTFOT) en el idioma inglés, respectivamente.), son dos procedimientos comunes de simulación de envejecimiento a corto plazo. Básicamente ambos ensayos miden el envejecimiento con base en la pérdida de masa posterior a calentamiento en horno según el procedimiento de cada uno de los ensayos. Dicha masa son los volátiles que pierde el ligante asfáltico durante su calentamiento. Tal pérdida de volátiles es la que puede generar endurecimiento o rigidización del ligante asfáltico.

El ensayo TFOT es el más antiguo, básicamente consiste en elaborar un espécimen de ligante asfáltico calentado y vertido sobre un plato circular de fondo plano, de manera que la capa de ligante quede de 1/8 de pulgada (3 milímetros) de grosor. Se mide la masa de la muestra de ligante antes del procedimiento. Posteriormente la muestra se somete a una temperatura de 163 °C en un horno ventilado sobre un estante giratorio, a una velocidad de 5 a 6 revoluciones por minuto, por 5 horas. Después de las 5 horas el recipiente de muestra

se enfría a temperatura ambiente antes de determinar su masa final. El porcentaje de pérdida de masa es lo que se conoce como envejecimiento del ligante asfáltico y es el resultado de este ensayo. El hecho de que la muestra se ensaye con un grosor de 3 milímetros, es lo que simula el efecto que tiene el calor en una planta de mezcla asfáltica en caliente; debido a que el ligante asfáltico recubre las partículas de agregado con una película delgada no mayor a 3 milímetros, que es exactamente lo que reproduce el ensayo. A continuación, en la figura 14; se muestra un ejemplo del horno de película delgada TFO.



Figura 14. Ensayo TFOT (Fuente: MS-26 Asphalt Institute)

El procedimiento RTFOT tiene el mismo propósito que el TFOT, pero el equipo y los procedimientos de prueba son diferentes. Muchos tecnólogos de asfalto creen que el procedimiento RTFOT proporciona un poco más de envejecimiento (es decir, rigidez o viscosidad) que el procedimiento TFOT. En este ensayo se vierte una muestra de 35 gramos de ligante asfáltico calentado dentro de una botella de vidrio, como se observa en la figura 15. De igual manera que el TFOT se determina la masa antes y después del procedimiento para determinar un porcentaje de pérdida de masa. Inmediatamente después de verter el asfalto en la botella, esta se coloca en posición horizontal y se rota una vuelta completa (figura 16) de manera que se recubra toda la superficie de la botella. Luego de esto, la

muestra se deja enfriar de 60 a 180 minutos. Para iniciar el ensayo, las botellas de muestra se colocan en un sostén rotatorio vertical (figura 17); dentro de un horno que opera a 163°C. El sostén de las botellas rota a 15 revoluciones por minuto por un tiempo total de ensayo de 85 minutos. Durante la rotación, un chorro de aire que fluye a una velocidad de 4000 mililitros por minuto sopla a cada botella a medida que pasa por la posición más baja del sostén giratorio. Este procedimiento también sirve para envejecer muestras de ligante asfáltico que posteriormente se utilizarán para realizársele otros ensayos. (Asphalt Institute, 2011)



Figura 15. Botellas para muestras de RTFOT
(Fuente: MS-26 Asphalt Institute)

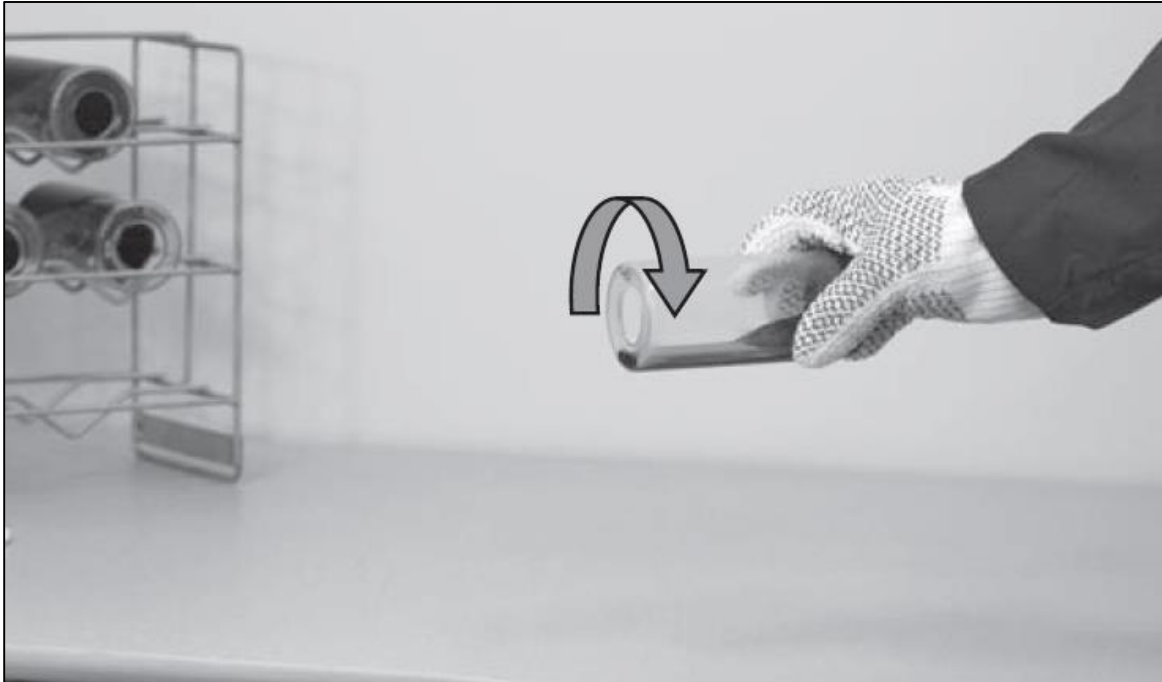


Figura 16. Rotación de las botellas para la preparación de las muestras de RTFOT (Fuente: MS-26 Asphalt Institute)



Figura 17. Horno RTFO. Se puede observar el sostén rotatorio en posición vertical, con los agujeros dispuestos para colocar las botellas de muestra. (Fuente: MS-26 Asphalt Institute)

2.1.16 Envejecimiento del asfalto a largo plazo, ensayo PAV.

Dadas las fallas presentadas anteriormente, para el agrietamiento por envejecimiento a largo plazo; se hizo necesario simular las condiciones en el ligante asfáltico cuando dichas fallas se presentan. Para eso existe la vasija de envejecimiento a presión (“Pressure Aging Vessel”, PAV por sus siglas en inglés).

El ensayo en el horno PAV expone una muestra del ligante asfáltico, que anteriormente ha sido envejecida en el horno RTFO (esto es porque el asfalto envejecido a largo plazo también ha pasado por el proceso de mezcla en planta y colocación en la carretera); a aire a alta presión (2070 pascales) y a alta temperatura (90, 100 o 110°C) por 20 horas. Todo esto se lleva a cabo para simular el efecto del envejecimiento del ligante asfáltico puesto en servicio a largo plazo. El aparato PAV, consta de una vasija de envejecimiento dentro de un horno para mantener la temperatura (figuras 18 y 19). El aparato proporciona presión de aire por un cilindro de aire comprimido limpio y seco con un regulador de presión, válvula de liberación y una válvula de purga de liberación lenta. También consta de un soporte simple de muestras capaz de contener 10 recipientes de muestras en la vasija. La muestra que se ensaya, que ha pasado previamente por el RTFO; se calienta para verter 50 gramos de ella en la vasija. El procedimiento de ensayo es el siguiente: La vasija sin presión se precalienta a la temperatura de prueba deseada. Después del precalentamiento, el soporte de muestras con las muestras se coloca en la vasija y la tapa se asegura rápidamente para evitar una pérdida excesiva de calor. Cuando la vasija llega a una temperatura que está dentro de los 20 ° C de la temperatura requerida, la presión de aire se aplica y comienza el tiempo para el período de envejecimiento. Después de 20 horas, la presión se libera gradualmente, lo que requiere de 8 a 10 minutos para minimizar el potencial de despresurización repentina y formación de espuma. El soporte de muestras se retira del PAV, se retiran los recipientes de muestra y se colocan en un horno a 163 °C durante 15 minutos para posteriormente ser raspados y vertidos para posteriores ensayos. (Asphalt Institute, 2011)



Figura 18. Vasija de Envejecimiento a Presión (PAV)
(Fuente: Conferencia Curso de Mezclas Asfálticas Modificadas con polímero y caucho,
Ing. Jorge Escalante Zegarra)

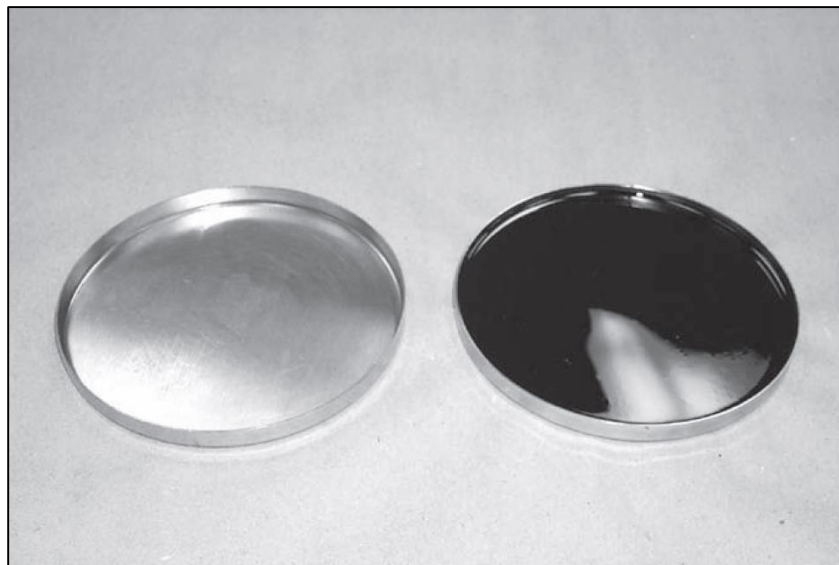


Figura 19. Recipientes para muestras del PAV
(Fuente: Asphalt Institute MS-26)

2.2 Clasificación por grado de desempeño “PG – SUPERPAVE” de los ligantes asfálticos

2.2.1 Historia.

En 1987, el Congreso de los Estados Unidos autorizó el Programa de Investigación Estratégica de Carreteras (SHRP, por sus siglas en inglés), una iniciativa de investigación aplicada de cinco años, para desarrollar y evaluar técnicas y tecnologías para combatir el deterioro de las condiciones de las carreteras del país y mejorar su desempeño, durabilidad y seguridad. y eficiencia.

Dirigido por un comité de gerentes de alto nivel de las agencias estatales de carreteras, la industria y la academia, SHRP operaba como una unidad del Consejo Nacional de Investigación. Los estados pagaron el programa contribuyendo con una cuarta parte del 1 por ciento de sus fondos de ayuda federal para carreteras. La investigación, realizada bajo contrato con organizaciones privadas y universidades, se concentró en cuatro áreas:

- Asfalto.
- Hormigón y estructuras.
- Operaciones de carreteras (mantenimiento y seguridad de la zona de trabajo).
- Rendimiento del pavimento (estudio de rendimiento del pavimento a largo plazo).

Al concluir la fase de investigación, la Administración Federal de Carreteras (FHWA, por sus siglas en inglés) asumió la coordinación de un programa nacional para trasladar los más de 100 productos desarrollados o evaluados bajo SHRP fuera del laboratorio a las agencias estatales y locales responsables de la construcción y mantenimiento de la red de carreteras. La Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO, por sus siglas en inglés) y la Junta de Investigación de Transporte (TRB, por sus siglas en inglés) también colocaron sus recursos sólidamente detrás de la implementación del SHRP. El Grupo de Trabajo de AASHTO sobre la implementación de SHRP actuó como catalizador, y el Comité TRB-SHRP monitoreó el progreso. (Halladay, 1998)

La clasificación por penetración y la clasificación por viscosidad eran algo limitadas en su capacidad para caracterizar completamente el ligante asfáltico para su uso en los pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente o pavimentos flexibles. Por lo tanto, como parte del esfuerzo de investigación de Superpave, se desarrollaron nuevas pruebas y especificaciones de ligantes para caracterizar de manera más precisa y completa los ligantes asfálticos para su uso en pavimentos flexibles. Estas pruebas y especificaciones están diseñadas específicamente para abordar los parámetros de rendimiento del pavimento flexible, como la deformación permanente, el agrietamiento por fatiga y el agrietamiento térmico.

La clasificación por desempeño de Superpave (PG) se basa en la idea de que las propiedades de un ligante asfáltico para mezcla asfáltica en caliente deben estar relacionadas con las condiciones en las que se utiliza. Para los ligantes asfálticos, esto implica condiciones climáticas esperadas, así como consideraciones de envejecimiento. Por lo tanto, el sistema PG utiliza una batería común de pruebas (como lo hacen los sistemas de penetración y clasificación de viscosidad más antiguos) pero especifica que un aglutinante asfáltico en particular debe pasar estas pruebas a temperaturas específicas que dependen de las condiciones climáticas específicas en el área de uso. Por lo tanto, un aglutinante utilizado en el desierto de Sonora de California / Arizona / México tendría propiedades diferentes a una utilizada en la tundra de Alaska. Este concepto no es nuevo – la selección de ligantes asfálticos con grado de penetración o viscosidad sigue la misma lógica – pero las relaciones entre las propiedades del aglutinante asfáltico y las condiciones de uso son más completas y precisas con el sistema Superpave PG. La Tabla 4 muestra cómo el sistema Superpave PG aborda las limitaciones generales específicas del sistema de penetración. (Pavement Interactive, 2020)

Tabla 4

Limitaciones anteriores vrs. Sistema de especificación y prueba superpave.

Limitaciones de los sistemas de clasificación por penetración y viscosidad	Características de prueba y especificación del sistema superpave que abordan las limitaciones anteriores
<p>Las pruebas de penetración y ductilidad son empíricas y no están directamente relacionadas con el rendimiento de la carpeta asfáltica.</p>	<p>Las propiedades físicas medidas están directamente relacionadas con el rendimiento de campo mediante principios de ingeniería.</p>
<p>Las pruebas se llevan a cabo a una temperatura estándar sin tener en cuenta el clima en el que se utilizará el ligante asfáltico.</p>	<p>Los criterios de ensayo permanecen constantes, sin embargo, la temperatura a la que deben cumplirse los criterios cambia en consideración al grado del ligante seleccionado para las condiciones climáticas prevalentes.</p>
<p>El rango de temperaturas del pavimento en cualquier sitio no está cubierto adecuadamente. Por ejemplo, no existe un método de prueba para la rigidez del aglutinante asfáltico a bajas temperaturas para controlar el agrietamiento térmico.</p>	<p>Se cubre todo el rango de temperaturas del pavimento experimentadas en un sitio en particular.</p>
<p>Los métodos de prueba solo consideran el envejecimiento a corto plazo del aglutinante asfáltico (prueba de horno de película delgada), aunque el envejecimiento a largo plazo es un factor significativo en el agrietamiento por fatiga y el agrietamiento a baja temperatura.</p>	<p>Se simulan y prueban tres edades críticas del aglutinante:</p> <ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="854 1423 1336 1528">1. Aglutinante asfáltico original antes de mezclar con agregado en planta.<li data-bbox="854 1535 1336 1675">2. Aglutinante de asfalto envejecido después de producción de mezcla asfáltica en caliente en planta y construcción de carpeta asfáltica.<li data-bbox="854 1682 1336 1745">3. Aglutinante envejecido a largo plazo.

Limitaciones de los sistemas de clasificación por penetración y viscosidad**Características de prueba y especificación del sistema superpave que abordan las limitaciones anteriores**

Los aglutinantes de asfalto pueden tener características significativamente diferentes dentro de la misma categoría de clasificación.

La calificación es más precisa y hay menos superposición entre las calificaciones.

Los aglutinantes de asfalto modificados no son adecuados para estos sistemas de clasificación.

Las pruebas y especificaciones están destinadas a los "aglutinantes" de asfalto para incluir cementos asfálticos modificados y no modificados.

Fuente: Roberts, F.L.; Kandhal, P.S.; Brown, E.R.; Lee, D.Y. and Kennedy, T.W. (1996). Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction.

2.2.2 Antecedentes.

Antes de que existiera la clasificación por desempeño PG – Superpave, ya se evaluaba la escogitación de un ligante asfáltico para un proyecto carretero; dependiendo de las temperaturas del pavimento en el que se desempeñaría la mezcla asfáltica en caliente con la que se construiría la carpeta asfáltica. La diferencia era, de que no se tenía una propiedad física ligada a la temperatura de desempeño del asfalto para escogerlo; sino que se elegía con base en criterios empíricos. Por ejemplo, si una carretera estaba en una zona climática muy caliente, y el pavimento podía alcanzar altas temperaturas, se escogía un asfalto de penetración o viscosidad alta. Esto asumiendo que entre más viscosos o duros eran los asfaltos, menos susceptibles serían a las temperaturas altas. A continuación, se presentan algunas metodologías anteriores al PG-Superpave para seleccionar los ligantes asfálticos según la temperatura del pavimento.

- La Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento 1993 de la American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO 93'), indica en el numeral 1.7 ENVIROMENT, página I 22, que existen dos principales factores ambientales que deben ser considerados para el desempeño y diseño estructural del

pavimento, correspondientes a la temperatura y la lluvia. Asimismo en dicha Guía, en la página I 27 del numeral 1.7, se hace referencia a que en las recomendaciones del documento "Minimizing Premature Cracking in Asphaltic Concrete Pavement, NCHRP Report 195, 1978, se indica que los asfaltos de grado suave, por ejemplo AC-5 o equivalente debería ser utilizado en climas fríos (cuando la temperatura promedio anual del aire es menor que 45°F (7.2°C)) y que grados más duros, por ejemplo AC-20 o equivalente, en climas calientes (cuando la temperatura promedio anual del aire es mayor que 75°F (23.9°C)). (AASHTO, 1993)

- El Instituto del Asfalto, en el documento THICKNESS DESIGN Asphalt Pavements for Highways & Street, Manual Series No.1 (MS-1), en el Capítulo VI Structural Design Procedure, indica que las mezclas asfálticas son influenciadas por la temperatura, por lo que en general se recomienda que los grados de asfalto a utilizar correspondan a las condiciones de temperatura que prevalezcan. Al respecto, en dicho documento se presentan algunos criterios para la selección del grado de cemento asfáltico para diferentes condiciones de temperatura, los cuales se basan en la Temperatura media anual del aire registrada en la zona donde se desarrollará el proyecto. (Asphalt Institute, 2001) A continuación, en la tabla 5 se presenta los criterios de selección del grado de asfalto:

Tabla 5

Criterios de selección de grado de asfalto según Instituto del Asfalto.

Condición de Temperatura	Temperatura Media Anual del Aire	Grados del Asfalto recomendados	
Fría	Menor o igual a 7°C (45° F)	AC-5 120/150 PEN	AC-10 85/100 PEN
Cálida	Entre 7°C (45°F) y 24°C(75°F)	AC-10 85/100 PEN	AC-20 60/70 PEN
Caliente	Mayor o igual a 24°C (75°F)	AC-20 60/70 PEN	AC-40 40/50 PEN

Fuente: Adaptado de THICKNESS DESIGN Asphalt Pavements for Highways & Street, Manual Series No.1 (MS-1)

- El Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, tiene una metodología basada fundamentalmente en el análisis estadístico de los registros históricos de temperaturas ocurridas en una región y su correlación con las propiedades físicas de los cementos asfálticos, a partir de lo cual se selecciona el tipo de cemento asfáltico más apropiado para la producción de mezclas asfálticas en caliente. En el método se consideran las temperaturas promedio máximas mensuales de una región, para determinar un parámetro identificado como Índice de Temperatura del Pavimento (Pavement Temperature Index, PTI). Si en una región se han registrado temperaturas promedio máximas mensuales por encima de 23.9°C (75°F), el valor de PTI se determina como la suma de los excedentes de 23.9°C. En regiones donde las temperaturas promedio mensuales no exceden 23.9°C, el valor de PTI se determina como la diferencia entre la temperatura promedio máxima más alta para el mes más cálido y 23.9°C. A partir de los resultados de PTI, se establecen criterios para clasificar la región y el tipo de cemento asfáltico correspondiente, lo cual se presenta a continuación en la Tabla 6. (Department of Defense, USA, 2001)

Tabla 6

Criterio de selección del cemento asfáltico basado en el Índice de Temperatura del Pavimento.

Índice de Temperatura del Pavimento acumulado	Clasificación de la Región	Criterios de selección del cemento asfáltico
Menores que 16.7°C (30°F)	Fría	Utilizar Método Penetración-Viscosidad para regiones frías
De 16.7°C a 44.4°C (30°F a 80°F)	Cálida	Utilizar asfalto que posea penetración 85 - 100 (ensayo realizado en asfalto original)
Mayores que 44.4°C (80°F)	Caliente	Utilizar asfalto que posee una penetración 60 – 70 (ensayo realizado en asfalto original)

Fuente: Adaptado de Table 2-3 Asphalt Cement Selection Criteria Based on Pavement Index, Standard Practice Manual for Flexible Pavement.

2.2.3 Ensayos para la clasificación PG, reología.

Como hemos mencionado anteriormente, las clasificaciones de los ligantes asfálticos antes de la clasificación por Grado de Desempeño PG; como lo fueron los grados por viscosidad y por penetración, no se basaban en propiedades mecánicas del ligante relacionadas con las variables de campo, como la temperatura del pavimento y su susceptibilidad a la deformación permanente. Es así como, la novedad de la clasificación por desempeño es que si relaciona dichas variables. ¿De cuáles variables se está hablando? Para responder eso, revisemos como se relaciona la temperatura con el comportamiento del asfalto.

El asfalto, por ser un material que, según la temperatura a la que se encuentra; se comporta como un sólido o como un líquido, se considera visco-elástico. Un material visco-elástico exhibe las características tanto de un material viscoso como de un material elástico. Es decir, a temperaturas altas, el asfalto tiende a fluir de no estar confinado en un recipiente; pero fluyendo lentamente como resistiéndose a dicha fluencia (como la miel, o la melaza). También este comportamiento viscoso indica que el asfalto, a altas temperaturas; tiene un comportamiento plástico. Es decir, cuando se le aplica una carga a un material viscoso, este se empezará a deformar inmediatamente y continuará deformándose hasta que la carga sea retirada y no recupera su forma inicial que tenía antes que se le aplicara la carga. Esto a diferencia de un material elástico, que cuando se le aplica una carga, este se deforma; pero cuando dicha carga es retirada, el material recuperará su forma inicial. El asfalto también puede presentar esta última característica, pero mayormente a bajas temperaturas. A temperaturas medias, el asfalto presenta un comportamiento mixto; es decir, bajo una aplicación de carga, este se deforma, pero la deformación se incrementa según el tiempo que se mantenga aplicada la carga (en un material elástico esto no pasa, la tasa de deformación se mantiene constante y solo depende de la magnitud de la carga aplicada). Cuando se le deja de aplicar la carga, parte de la deformación que se generó se recupera; pero parte de ella no. También la recuperación a la deformación no es inmediata, sino que también se incrementa con el tiempo.

En los materiales viscoelásticos puede que el tiempo y la temperatura tengan el mismo efecto sobre la viscoelasticidad del material. Esto quiere decir que el flujo de un asfalto a 25°C por 10 horas puede ser equivalente al resultado del flujo de un asfalto a 60°C por 1 hora. Esto es lo que se llama el principio de Superposición Tiempo – Temperatura. El asfalto es un material que depende tanto de la temperatura como del tiempo de aplicación de carga.

La mayoría de las condiciones medioambientales caen entre los extremos de caliente y frío. En estos climas, los asfaltos exhiben características tanto de sólidos elásticos como de líquidos viscosos. Cuando se calienta, el asfalto actúa como lubricante, permitiendo que el agregado se mezcle y compacte para formar una superficie densa. Luego de enfriarse, el asfalto actúa como un pegamento, el cual mantiene la matriz de agregados unidos como una masa sólida.

Entonces; contestando la pregunta del inicio de este apartado, las variables que relacionan la capacidad de fluir de un material con la temperatura se denominan variables reológicas.

La reología es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir. Como se discutió con anterioridad, el asfalto es un material viscoelástico, tiene propiedades elásticas y viscosas. La relación entre estas dos propiedades se mide para conocer la capacidad del ligante para resistir el ahuellamiento cuando está puesto en servicio en un pavimento. Para resistir el ahuellamiento, un ligante asfáltico necesita ser duro y elástico. (Mata de Lara, 2020)

Por lo tanto, se necesita saber cuál será la resistencia a la deformación permanente acumulada del ligante asfáltico a la temperatura en la que estará en servicio en un pavimento. Esta resistencia se obtiene por medio de las variables reológicas como el “módulo de cortante complejo” (G^*) y el “ángulo de fase” (δ). Ambas variables se obtienen por medio de un ensayo realizado en un aparato llamado “Reómetro de Corte Dinámico” (Dynamic Shear Rheometer, DSR por sus siglas en inglés).

2.2.4 Reómetro de corte dinámico (DSR).

El reómetro como tal existe desde los inicios de la década de los ochenta, siendo utilizado en los laboratorios de las industrias que producían productos como: pintura automotriz, polímeros absorbentes en pañales desechables, extintores con hidrogel, envasado de alimentos, revestimiento de cables. Es hasta 1992 que dentro del programa SHRP de la FHWA en los Estados Unidos se comienza a utilizar el reómetro para la industria del asfalto como parte del desarrollo de la clasificación Superpave. (Anton Paar Inc., 2021)

El reómetro de corte dinámico se utiliza para probar aglutinantes de asfalto y medir sus propiedades reológicas, incluido el módulo de cortante complejo (G^*) y ángulo de fase (δ , la letra griega "delta"), en una amplia gama de temperaturas. Estos parámetros se pueden utilizar para caracterizar comportamiento viscoso y elástico de los ligantes asfálticos. El módulo de cortante complejo, G^* , es una medida de la resistencia total de un material a deformarse cuando se expone a una carga de esfuerzo cortante sinusoidal. G^* consiste de componentes elásticos (recuperables) y viscosos (no recuperables). El ángulo de fase, δ , es un indicador de las cantidades relativas de viscosidad y componentes elásticos. Los valores de G^* y δ para ligantes de asfalto son altamente dependiente de la temperatura de prueba y la frecuencia de carga.

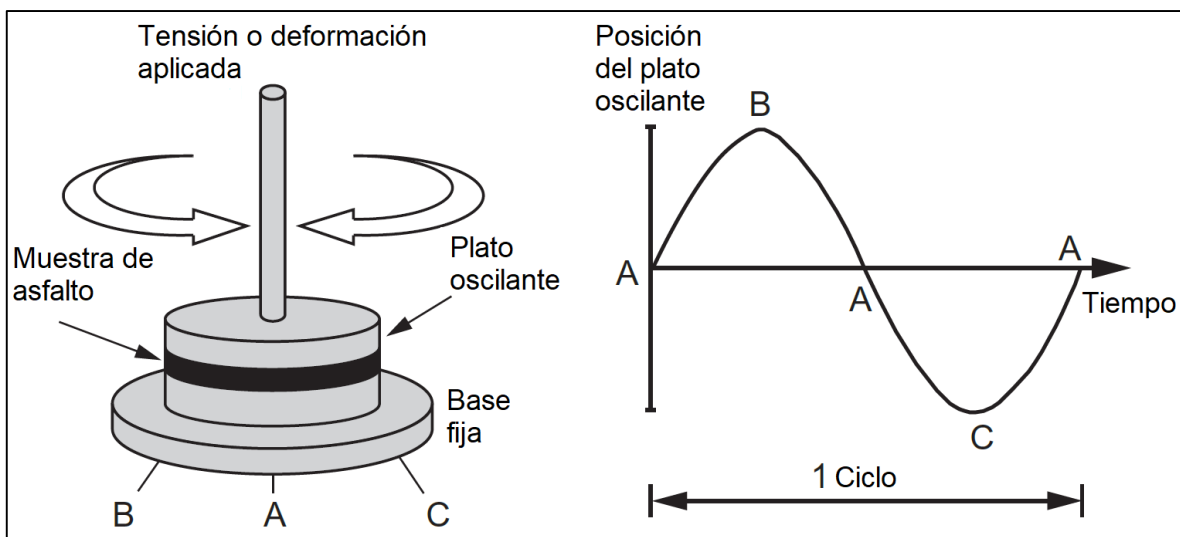


Figura 20. Esquema de cómo opera el ensayo DSR
(Fuente: Manual MS-26 Asphalt Institute)

El ensayo para obtener dichas variables consiste en colocar una muestra del ligante asfáltico entre dos platos paralelos del reómetro (ver figura 20). Uno de estos platos es fijo y el otro oscilante. El movimiento del plato oscilante es de A a B; de B a C pasando por A; y de C a A. Esta oscilación es un ciclo (en esto consiste cargar la muestra a esfuerzo cortante sinusoidal). Todos los ensayos en ligante Superpave se hacen a una frecuencia de 10 rad/s que es aproximadamente igual a 1.59 Hz (ciclos por segundo). El tamaño de la muestra puede variar entre dos diámetros y espesores, 25 mm y 1mm, de diámetro y espesor respectivamente para la prueba al asfalto virgen. 8 mm y 2 mm al asfalto envejecido.



Figura 21. Reómetro de Corte Dinámico (DSR)

(Fuente: Capacitación sobre ensayos por desempeño del asfalto ASIA, Inga. Christa Mata de Lara)

El reómetro somete al asfalto al corte y mide su respuesta. Un material elástico tiene una respuesta inmediata, un material viscoso tiene una respuesta lenta. Este retraso en la respuesta se conoce como ángulo de fase.

A altas temperaturas (y frecuencias de carga lentas), los aglutinantes asfálticos se comportan como fluidos viscosos con poca capacidad de recuperación o rebote. En este caso, el ligante de asfalto podría representarse por el eje vertical (viscoso solo componente) de la figura 22. No habría componente elástico de G^* , ya que $\delta=90^\circ$. A temperaturas muy bajas, los asfaltos se comportan como sólidos elásticos, que se recuperan completamente de la deformación. Esta condición es representada por el eje horizontal (solo componente elástico) de la figura 22. En este caso, no habría componente viscosa de G^* , siendo $\delta=0^\circ$. Bajo temperaturas normales de pavimento y carga de tráfico, los aglutinantes de asfalto actúan con las características tanto de líquidos viscosos como de sólidos elásticos y se dice que son materiales "viscoelásticos". Midiendo G^* y δ , el DSR proporciona una indicación del comportamiento del asfalto en un rango de pavimento temperaturas de servicio.

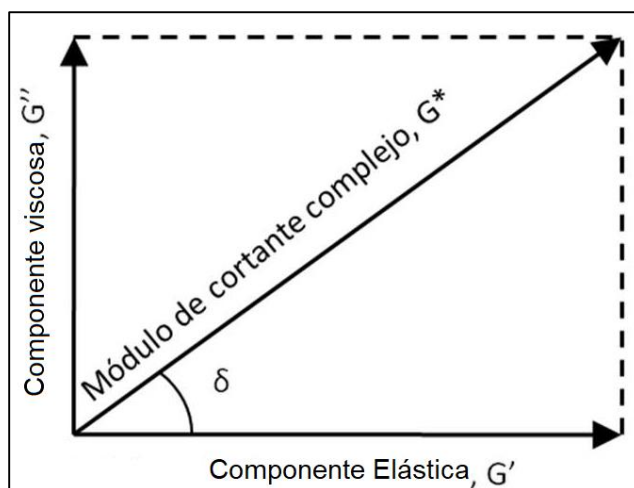


Figura 22. Representación gráfica del módulo complejo y el ángulo de fase.
(Fuente: Manual MS-26 Asphalt Institute)

El vector G^* de la figura 22 representa el valor del módulo cortante complejo del ligante. Cuando el ligante asfáltico es cargado, parte de la deformación es elástica (G') y parte es viscosa (G'').

2.2.5 Reómetro de viga en flexión (BBR).

“Bending Beam Rheometer”, como es conocido en inglés; y del cual provienen las siglas BBR. Los ligantes asfálticos a bajas temperaturas, son demasiado rígidos para medir de manera confiable sus propiedades reológicas utilizando el ensayo de placas paralelas en un Reómetro de Corte Dinámico convencional. En consecuencia, los investigadores del programa SHRP desarrollaron el ensayo BBR para evaluar con precisión las propiedades del ligante en pavimentos a bajas temperaturas (bajo cero). Utilizados juntos, los ensayos DSR y BBR el comportamiento de la rigidez de los ligantes asfálticos en un amplio rango de temperaturas.

El BBR se utiliza para medir cuánto se deforma verticalmente o fluye el ligante bajo una carga constante a una misma temperatura. Las temperaturas de prueba BBR están relacionadas con la temperatura de servicio más baja de un pavimento, cuando el ligante asfáltico actúa más como un sólido elástico que como un fluido viscoso. Además, la prueba se realiza en ligantes que han sido envejecidos para simular que ha pasado por el proceso de mezclado en caliente y por algo de envejecimiento puesto en servicio. El ensayo de viga en flexión toma su nombre de la geometría del espécimen de ensayo y la forma en la cual se aplica la carga durante el ensayo. Los elementos clave del BBR (figura 23), son el marco de carga, un baño con un líquido a temperatura controlada y un control computarizado. Una aguja con punta roma aplica carga en el punto medio de una viguita de asfalto puesta sobre apoyos simples. Una celda de carga es montada en la aguja de carga, la cual está encerrada en un cojinete de aire para eliminar la fricción durante la carga. Las cargas se aplican mediante presión neumática. Un transductor de deflexión mide la deformación vertical de la viga (figura 24).

El procedimiento BBR utiliza la teoría de la viga para calcular la rigidez de una muestra de viga de asfalto bajo una carga de fluencia. Aplicando una carga constante a la viga de asfalto y midiendo la deflexión central de la viga a lo largo de cuatro minutos, la rigidez de fluencia (S) y se puede calcular la tasa de fluencia (valor-m). La rigidez de la fluencia (S) es la resistencia del ligante asfáltico a una carga de fluencia, en cambio; el valor-m es la tasa de cambio en la rigidez del asfalto con el tiempo durante la carga. El baño de

temperatura controlada contiene un líquido que no se congelará a las temperaturas de prueba utilizadas (potencialmente tan bajas como $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$). Líquidos como el metanol, etanol y etilenglicol, agua y una combinación de estos son comúnmente utilizadas. La figura 25 muestra el molde de aluminio en el cual se elabora el espécimen (viguita) de ensayo.



Figura 23. Reómetro de viga en flexión (BBR)

(Fuente: Conferencia Curso de Mezclas Asfálticas Modificadas con polímero y caucho, Ing. Jorge Escalante)

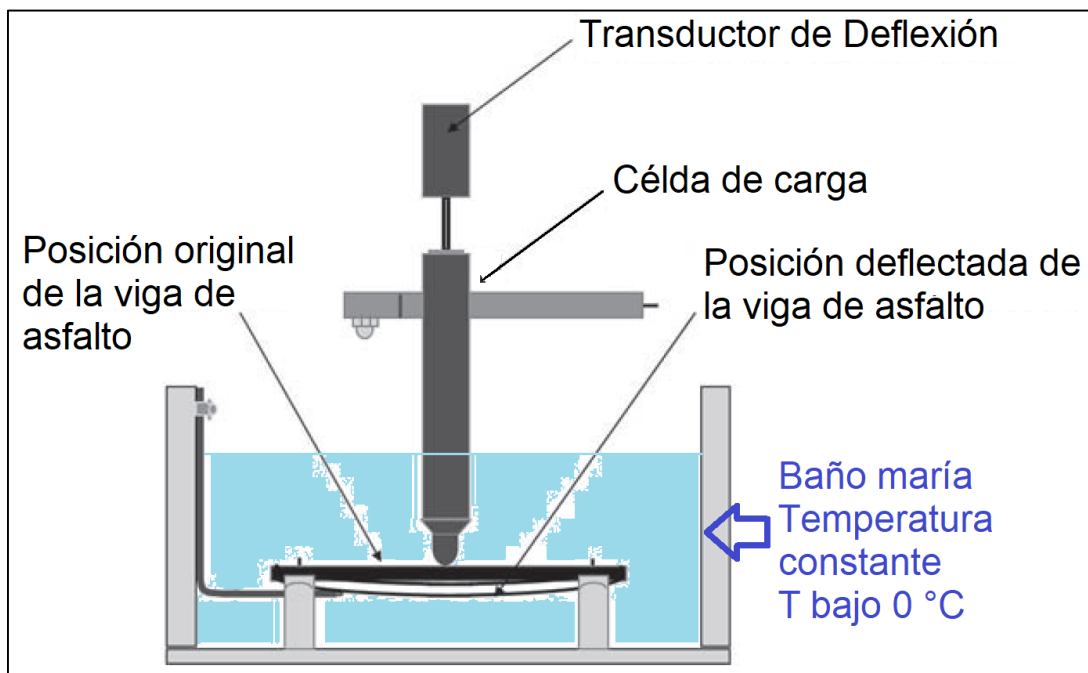


Figura 24. Esquema de operación del ensayo BBR

(Fuente: Manual MS-26 Asphalt Institute)

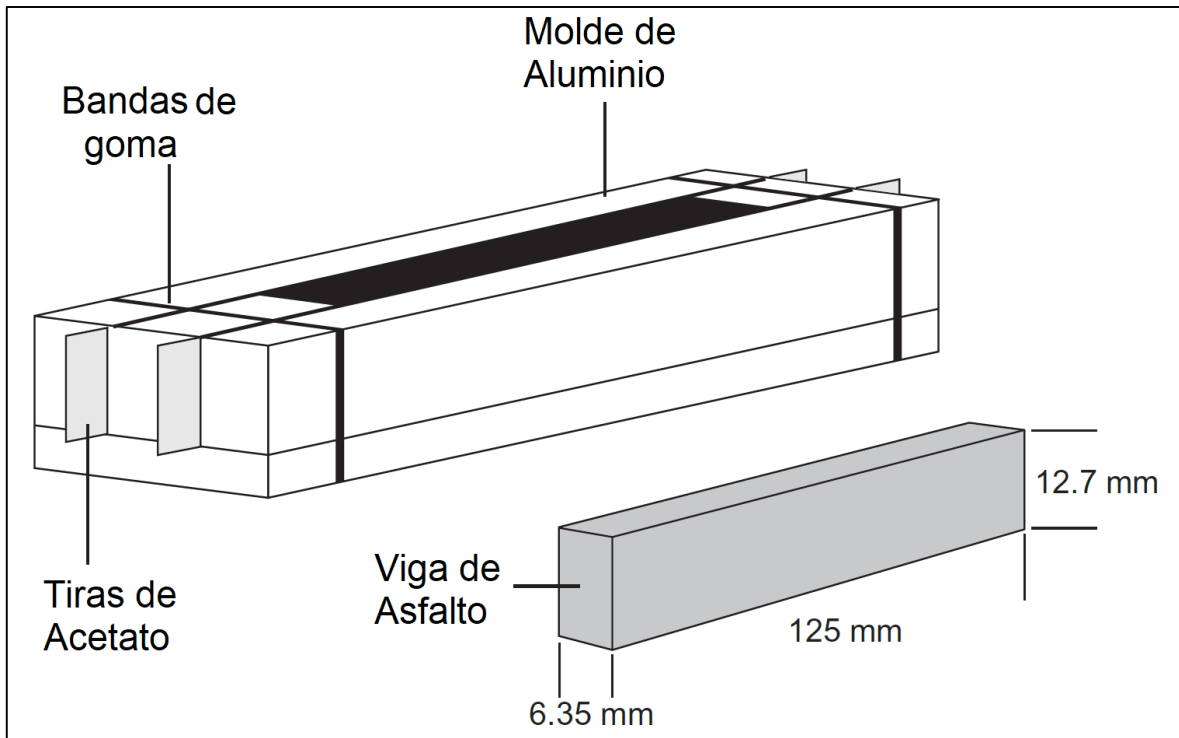


Figura 25. Esquema de molde para elaborar espécimen BBR
(Fuente: Manual MS-26 Asphalt Institute)

La viguita de asfalto se transfiere inmediatamente al baño BBR para acondicionamiento a la temperatura de prueba durante 60 minutos. Las muestras de aglutinante de asfalto pueden experimentar un aumento en rigidez con el tiempo cuando se mantiene a bajas temperaturas, y podría afectar negativamente la calidad de los resultados de la prueba. Por esta razón, los técnicos deben respetar estrictamente el tiempo de acondicionamiento (60 ± 5 minutos). Después del período de acondicionamiento térmico en el baño, la viga de asfalto se carga en el marco de prueba y se somete a una carga de fluencia constante de 980 mili Newtons durante 240 segundos. La carga y la deflexión de la viga son continuamente medidos durante la prueba y se utilizan para calcular la rigidez a la fluencia (S) y tasa de fluencia (valor m) en tiempos de carga especificados: 8, 15, 30, 60, 120 y 240 segundos, utilizando la teoría de la viga en flexión. (Asphalt Institute, 2011)

2.2.6 Sistema de clasificación PG-superpave.

El tema central de la clasificación por desempeño (PG) de los ligantes asfálticos es que depende de ensayar los ligantes asfálticos en condiciones que simulen etapas críticas durante la vida del ligante asfáltico, dichas etapas son las siguientes:

- 1ª Etapa: Pruebas hechas al ligante original representan la etapa de manejo, transporte y almacenamiento.
- 2ª Etapa: Representa el ligante durante la producción de mezcla y construcción y se simula usando el horno RTFO.
- 3ª Etapa: Ocurre cuando el ligante asfáltico envejece a través de un período de tiempo largo, mientras está en servicio en la capa de rodadura.

A continuación, en la figura 26 se esquematiza los ensayos que se aplican según la etapa que se quiere simular.

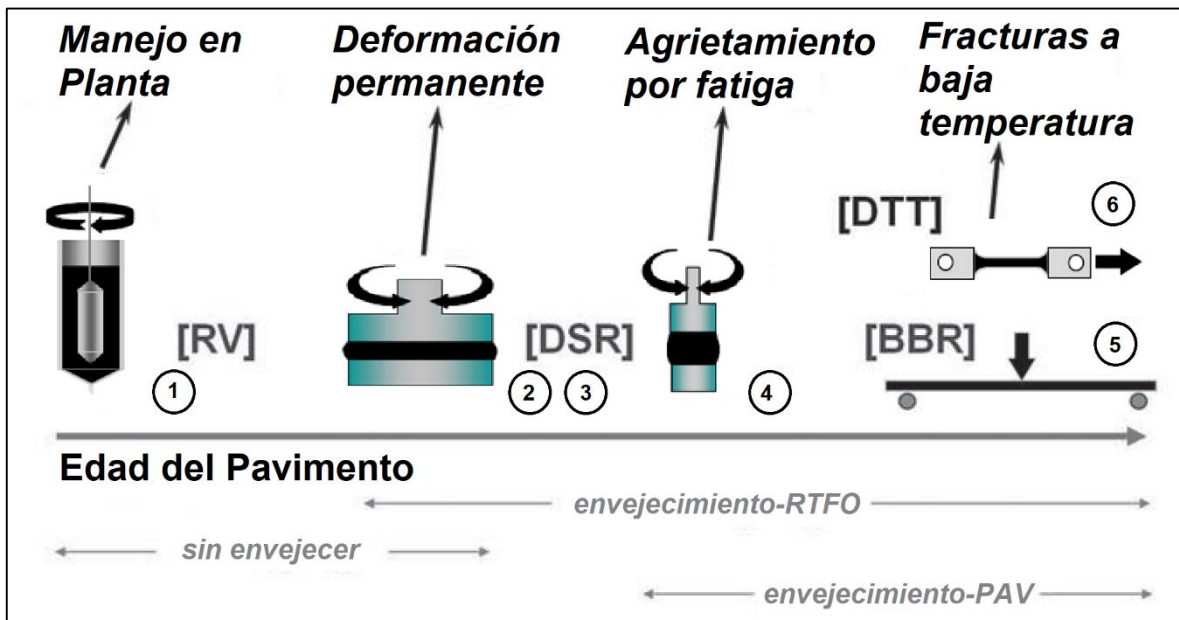


Figura 26. Esquema de ensayos para la clasificación PG de los asfaltos (Fuente: Manual MS-26 Asphalt Institute)

La figura 26 muestra los diferentes ensayos que requiere la clasificación por desempeño PG de los asfaltos, colocándolos según las etapas que simulan la vida del ligante en la mezcla asfáltica en caliente puesto en servicio en un pavimento flexible. A continuación, se presenta una breve explicación para cada uno de estos ensayos; según el número que aparece en la figura 26.

1. Ensayo en Viscosímetro Rotacional (RV por sus siglas en inglés), también llamado viscosímetro Brookfield (ver figura 27); se realiza al ligante asfáltico sin envejecer, es decir; sin pasar por la simulación del envejecimiento, tal como llega desde la refinería. El parámetro que se obtiene de este ensayo es la viscosidad del asfalto a 135 °C. Dicho parámetro es utilizado para determinar las características del flujo del ligante asfáltico, asegurando que pueda ser bombeado y manipulado para la producción de mezcla asfáltica en caliente en planta.



Figura 27. Viscosímetro Rotacional RV o "Brookfield"

(Fuente: Conferencia Curso de Mezclas Asfálticas Modificadas con polímero y caucho, Ing. Jorge Escalante)

2. Ensayo en Reómetro de corte dinámico (DSR), al ligante asfáltico sin envejecer. Se realiza un ensayo por cada temperatura que se evaluara, para conocer con cuál de ellas encaja el grado de desempeño. La muestra es una pastilla circular de asfalto de 1 mm de espesor y un diámetro de 25 mm. Este ensayo sirve para saber cuál será la resistencia a la deformación permanente acumulada del ligante asfáltico a la temperatura en la que estará en servicio en un pavimento. Esto es la base de la clasificación por grado de desempeño PG; cuyo primer parámetro es la temperatura máxima hasta la cual resiste el asfalto a la deformación permanente acumulada de manera adecuada. Esto se explicará con mayor detalle más adelante. El resultado de ensayo es el cociente entre el módulo complejo en cortante y el seno del ángulo de fase ($G^*/\text{Sen } \delta$), el cuál según la norma AASHTO M320 representa la rigidez a alta temperatura del ligante asfáltico.
3. Es el mismo ensayo anterior, solo que en este caso; la muestra del ligante asfáltico si se somete a simulación por envejecimiento, específicamente en el horno rotatorio de película delgada RTFO. Posterior al ensayo RTFOT, a la muestra del ligante ya envejecida se le realiza nuevamente el ensayo en el DSR.
4. Este ensayo lleva el misma operación que los anteriores, es decir; se lleva a cabo en el DSR, pero tiene diferencias fundamentales, las cuales son: El tamaño del espécimen de ensayo, es una pastilla de asfalto de un espesor de 2 mm y 8 mm de diámetro; las temperaturas a las cuales se realiza el ensayo son temperaturas medias que rondan los 15 °C a 30 °C (esto se especificará más adelante según la norma AASHTO M320); el envejecimiento de la muestra, el cuál es posterior a la vasija de envejecimiento a presión PAV; y el propósito de este ensayo, el cual es para conocer la resistencia del ligante asfáltico a presentar la falla de agrietamiento por fatiga. A parte de las diferencias presentadas anteriormente, el resultado del ensayo es otro; el cual es el producto del módulo complejo en cortante y el seno del ángulo de fase ($G^* \text{ sen } \delta$), el cuál según la norma AASHTO M320 representa la rigidez a temperaturas intermedias del ligante asfáltico.

5. El ensayo en el Reómetro de viga en flexión BBR, como se explicó anteriormente se realiza para obtener el segundo parámetro de la clasificación por grado de desempeño PG, el cuál es la temperatura mínima (bajo cero) a la cual el ligante asfáltico resistirá adecuadamente la falla por agrietamiento térmico. Esto se explicará con mayor detalle más adelante.

6. El ensayo de Tensión Directa o DTT mide la deformación última a tensión de un ligante asfáltico. La prueba se realiza a temperaturas bajas, las cuales oscilan entre +6° hasta -36°C, el rango de temperatura en el cual el asfalto exhibe comportamiento quebradizo. Según la norma AASHTO M320, el ensayo DTT no es requerido; salvo que la rigidez de fluencia S en el ensayo BBR supere los 300 MPa. En la figura 28 se muestra una imagen de los especímenes de ensayo DTT. (AASHTO, 2015)



Figura 28. Especímenes de asfalto para ensayo DTT

(Fuente: Capacitación sobre ensayos por desempeño del asfalto; Inga. Christa Mata de Lara)

Según la temperatura a la cual deben estar las muestras de ligante asfáltico para ser ensayadas, la figura 29 muestra un esquema de cada ensayo de la clasificación por desempeño PG. La Caracterización, especificación o clasificación por desempeño del ligante asfáltico PG y los métodos de prueba utilizados para caracterizar ligantes asfálticos se describen en la norma AASHTO M 320. La Tabla 1 (Tabla 7) de la norma, proporciona

los requisitos para caracterizar el asfalto utilizando el conjunto de pruebas y procedimientos de envejecimiento descritos anteriormente. Los ensayos efectuados al asfalto original, sin envejecer; incluyen punto de inflamación, viscosidad rotacional, y ensayos DSR.

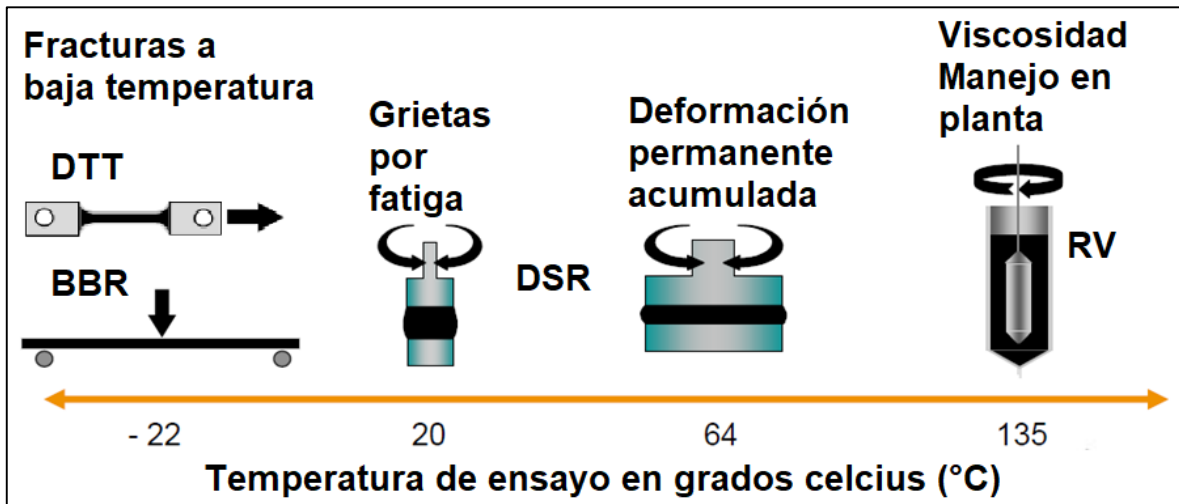


Figura 29. Esquema de temperaturas de Ensayos para la clasificación PG
(Fuente: Manual MS-26, Asphalt Institute)

El ensayo de envejecimiento RTFO se lleva a cabo para determinar la pérdida de masa y proveer un envejecimiento a corto plazo del ligante asfáltico para cualquier ensayo DSR a alta temperatura y de envejecimiento adicional. El ensayo de envejecimiento PAV se lleva a cabo para proveer un envejecimiento a largo plazo del ligante asfáltico para ensayos DSR a temperaturas intermedias y ensayos BBR a bajas temperaturas.

A continuación, se presentan algunas de las notas explicativas que aparecen en la norma AASHTO M320:

- Con respecto a la nomenclatura de la clasificación PG, las temperaturas que la definen; están determinadas por la temperatura del pavimento en el cual el ligante asfáltico estará puesto en servicio. Dichas temperaturas son estimadas por medio de la temperatura del aire usando un algoritmo contenido en el programa LTPP (Long-Term Pavement Performance) “Rendimiento del pavimento a largo plazo” por sus siglas en inglés.
- El requisito de la viscosidad rotacional puede no aplicarse a discreción de la agencia

Tabla 7

Especificación por Grado de Desempeño PG de los Ligantes Asfálticos (Tabla 1 AASHTO M320).

Grado de Desempeño (Performance Grade PG)	Clasificación Temp. Alta	PG 46			PG 52						PG 58					
	Clasificación Temperatura baja con las que se puede relacionar	-34	-40	-46	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-16	-22	-28	-34	-40
Temperatura de diseño del pavimento promedio de 7 días máxima, °C		< 46			< 52						< 58					
Temperatura mínima de diseño, °C		>-34	>-40	>-46	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-46	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40
Ligante Original																
Temperatura mínima de punto de inflamación, °C		230														
Viscosidad rotacional, máxima 3 Pa·s; temperatura de ensayo, °C		135														
DSR: G*/sen δ, mínimo 1.00 kPa; temperatura de ensayo @10 rad/s, °C		46			52						58					
Residuo del Horno Rotacional de película delgada RTFO																
Cambio en la masa, máximo, porcentaje		1.00														
DSR: G*/sen δ, mínimo 2.20 kPa; temperatura de ensayo @10 rad/s, °C		46			52						58					
Residuo de la Vasija de envejecimiento a presión PAV																
Temperatura de envejecimiento PAV, °C		90			90						100					
DSR: G* sen δ, máximo 5000 kPa; temperatura de ensayo @10 rad/s, °C		10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13
BBR Rigidez de fluencia S, máximo 300 MPa, valor-m, mínimo 0.300; temperatura de ensayo @1.0 mm/min, °C		-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30
Ensayo de Tensión Directa DTT, tensión de falla, mín 1.0%; temperatura de ensayo @ 1.0 mm/min, °C		-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30

Grado de Desempeño (Performance Grade PG)	Clasificación Temp. Alta	PG 64						PG 70						PG 76						PG 82					
	Clasificación Temperatura baja con las que se puede relacionar	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-10	-16	-22	-28	-34		
Temperatura de diseño del pavimento promedio de 7 días máxima, °C		< 64						< 70						< 76						< 82					
Temperatura mínima de diseño, °C		>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34		
Ligante Original																									
Temperatura mínima de punto de inflamación, °C		230																							
Viscosidad rotacional, máxima 3 Pa·s; temperatura de ensayo, °C		135																							
DSR: G*/sen δ, mínimo 1.00 kPa; temperatura de ensayo @10 rad/s, °C		64						70						76						82					
Residuo del Horno Rotacional de película delgada RTFO																									
Cambio en la masa, máximo, porcentaje		1.00																							
DSR: G*/sen δ, mínimo 2.20 kPa; temperatura de ensayo @10 rad/s, °C		64						70						76						82					
Residuo de la Vasija de envejecimiento a presión PAV																									
Temperatura de envejecimiento PAV, °C		100						100 (110)						100 (110)						100 (110)					
DSR: G* sen δ, máximo 5000 kPa; temperatura de ensayo @10 rad/s, °C		31	28	25	22	19	16	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28		
BBR Rigidez de fluencia S, máximo 300 MPa, valor-m, mínimo 0.300; temperatura de ensayo @1.0 mm/min, °C		0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24		
Ensayo de Tensión Directa DTT, tensión de falla, min 1.0%; temperatura de ensayo @ 1.0 mm/min, °C		0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24		

Fuente: Norma AASHTO M 320-10 (2015)

de especificación si el proveedor garantiza que el aglutinante de asfalto puede bombearse y mezclarse adecuadamente a temperaturas que cumplan con todos los estándares de seguridad aplicables.

- Sobre el ensayo DSR al ligante original, para el control de calidad de la producción de ligante asfáltico sin modificar, la medición de la viscosidad del ligante asfáltico original puede usarse para complementar las mediciones de cortante dinámico de $G^*/\sin\delta$ a temperaturas de prueba donde el asfalto es un fluido newtoniano.
- Para el residuo del ensayo del horno rotacional de película delgada, El cambio de masa debe ser inferior al 1,00 por ciento para un cambio positivo (ganancia de masa) o negativo (pérdida de masa).
- La temperatura de envejecimiento del PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90 ° C, 100 ° C o 110 ° C. Normalmente, la temperatura de envejecimiento del PAV es de 100 ° C para PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en los climas desérticos, la temperatura de envejecimiento del PAV para PG 70-xx y superiores puede especificarse como 110 ° C.
- En el caso del ensayo BBR, si la rigidez a la fluencia es inferior a 300 MPa, no se requiere la prueba de tensión directa. Si la rigidez a la fluencia está entre 300 y 600 MPa, el requisito de deformación por falla de tensión directa se puede utilizar en lugar de la rigidez a la fluencia. El requisito de valor m debe cumplirse en ambos casos.

2.2.7 Nomenclatura de la clasificación PG.

Como vimos anteriormente, en la norma AASHTO M320, en la tabla 1, al inicio se especifica la nomenclatura de este sistema de clasificación por desempeño se basa en temperaturas en las cuales se desempeñará el ligante asfáltico puesto en servicio en una

mezcla asfáltica en caliente que constituye la capa de rodamiento de un pavimento flexible. En la figura 30 se explica esto con detalle.

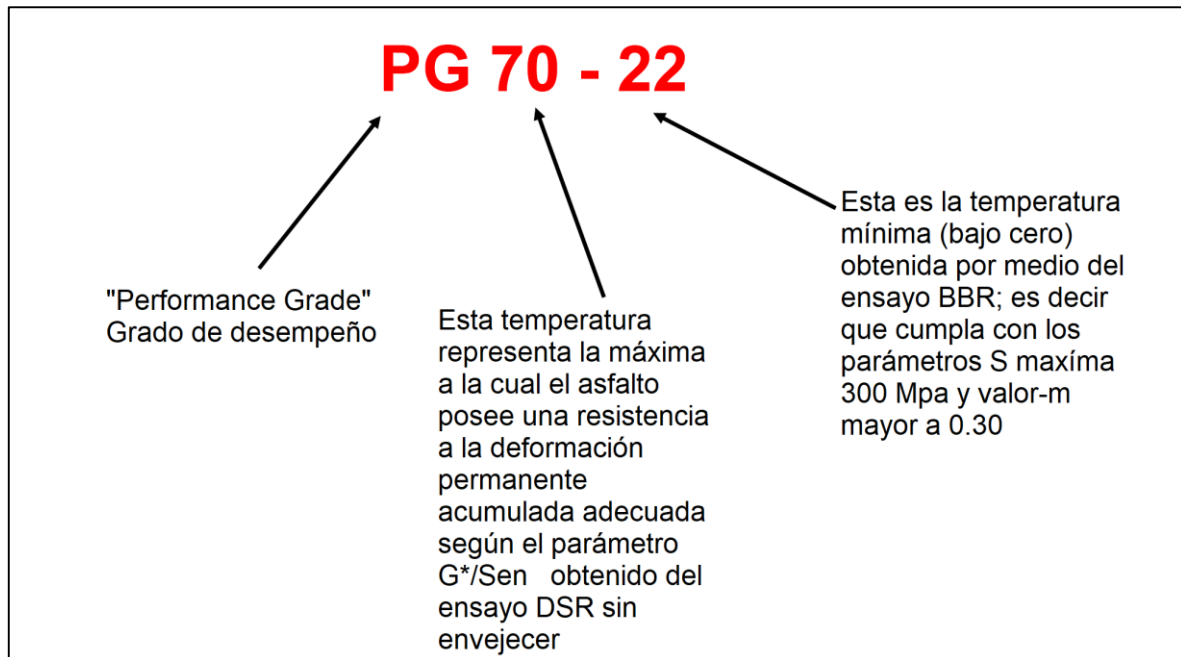


Figura 30. Nomenclatura PG
(Fuente: elaboración propia)

Hasta este punto, hemos visto como obtener el grado de desempeño PG de un asfalto, es decir evaluar qué grado tiene; o verificar si la clasificación con la que un proveedor lo etiqueta es correcta. Sin embargo, esta clasificación, como ya lo hemos mencionado; está basada en las temperaturas a las que estará en servicio el ligante en el pavimento. No basta con conocer el grado del ligante. Más bien, primero debe obtenerse la clasificación por desempeño necesaria en el tramo de carretera en el cual se utilizará el asfalto. Luego se busca un asfalto que concuerde con esa exigencia. La forma en la cual se obtiene o se selecciona el grado desempeño de un punto en la carretera se explicará más adelante.

Cabe mencionar que el hecho de escoger adecuadamente el asfalto según su grado de desempeño, no implica que las fallas como la deformación permanente acumulada no se vaya a presentar. La diferencia es que dicha falla estará más atenuada y tardará más tiempo en aparecer. De no escoger los ligantes asfálticos de esta manera, pueden darse fallas en extremo severas, como se puede evidenciar en la imagen de la ilustración 3. El grado de

desempeño varía en niveles, cada nivel equivale a 6 °C, tanto en altas como en bajas temperaturas.



*Ilustración 3. Deformación permanente o "rutting" severa
(Fuente: material propio)*

2.3 Selección del grado de desempeño PG requerido para un tramo de carretera

Incluso teniendo el grado de desempeño PG del ligante asfáltico, clasificado así según las temperaturas altas o bajas que soporta; se necesita más información para seleccionar un ligante asfáltico para una localización en particular. Según la norma AASHTO M320, la temperatura PG para clasificar el asfalto se determina utilizando la metodología del “Desempeño del pavimento a largo plazo” o LTPP por sus siglas en inglés de la Administración Federal de Carreteras (FHWA) de los Estados Unidos de Norteamérica. Dicha metodología se establece en el documento denominado “Reporte predicciones de temperatura y los factores de ajuste de Pavimento de Asfáltico”, publicado en junio del año 2000. Dicho documento establece dos metodologías a seguir para obtener las temperaturas del pavimento necesarias para seleccionar el grado PG, las cuales se presentan a continuación.

2.3.1 Obtención de las temperaturas de diseño del pavimento asfáltico registradas manualmente.

La temperatura del asfalto se mide manualmente en aproximadamente en intervalos de media hora, en orificios perforados a unos 25 mm de la superficie de la capa asfáltica como

se muestra en la figura 31. Se coloca una pequeña cantidad de aceite mineral o glicol (aproximadamente 12 mm de profundidad) en la parte inferior de cada orificio para la transferencia de calor. Una sonda sensible en la punta, conectada a un dispositivo de mano que muestra la temperatura al décimo grado Fahrenheit o Celsius más cercano, se coloca en el líquido en la parte inferior del agujero. El tiempo, la temperatura y la profundidad se registran manualmente para cada conjunto de lecturas manuales. (Lukanen, Stubstad, & Briggs, 2000)

Para las capas superficiales, los investigadores definieron la temperatura de diseño máxima del pavimento a una profundidad de 20 milímetros por debajo de la superficie del pavimento y la temperatura de diseño mínima del pavimento en la superficie de este. ¿Por qué calcular la temperatura de diseño máxima del pavimento a una profundidad de 20 mm y la temperatura de diseño mínima del pavimento en la superficie? se trata de elegir la condición más conservadora para determinar daño. Para la deformación permanente acumulada o “rutting”, la investigación determinó que la temperatura disminuye continuamente a medida que aumentaba la profundidad desde la superficie, pero los esfuerzos cortantes generados por el tráfico se van incrementando hasta un valor máximo a una profundidad aproximada de 50 mm antes de disminuir aún más a medida que aumenta la profundidad. La profundidad de 20 mm representa la ubicación donde los efectos combinados de la temperatura y el esfuerzo cortante fueron mayores. Para el agrietamiento a baja temperatura, que es solo afectado por la temperatura, la temperatura en la superficie del pavimento es la condición más baja, y por lo tanto la crítica. (Asphalt Institute, 2011)

2.3.2 Obtención de las temperaturas de diseño del pavimento asfáltico por medio de la temperatura del aire.

Como hemos establecido, el comportamiento del asfalto depende de la temperatura en la cual se encuentra. SuperPave estipula que se debe determinar la temperatura más alta y más baja del lugar del proyecto. El algoritmo LTPP desarrollado por la FHWA, ayuda a los diseñadores a seleccionar el grado de desempeño del asfalto para el pavimento que están diseñando, según las condiciones climáticas del lugar donde se encuentra el tramo de carretera a diseñar.

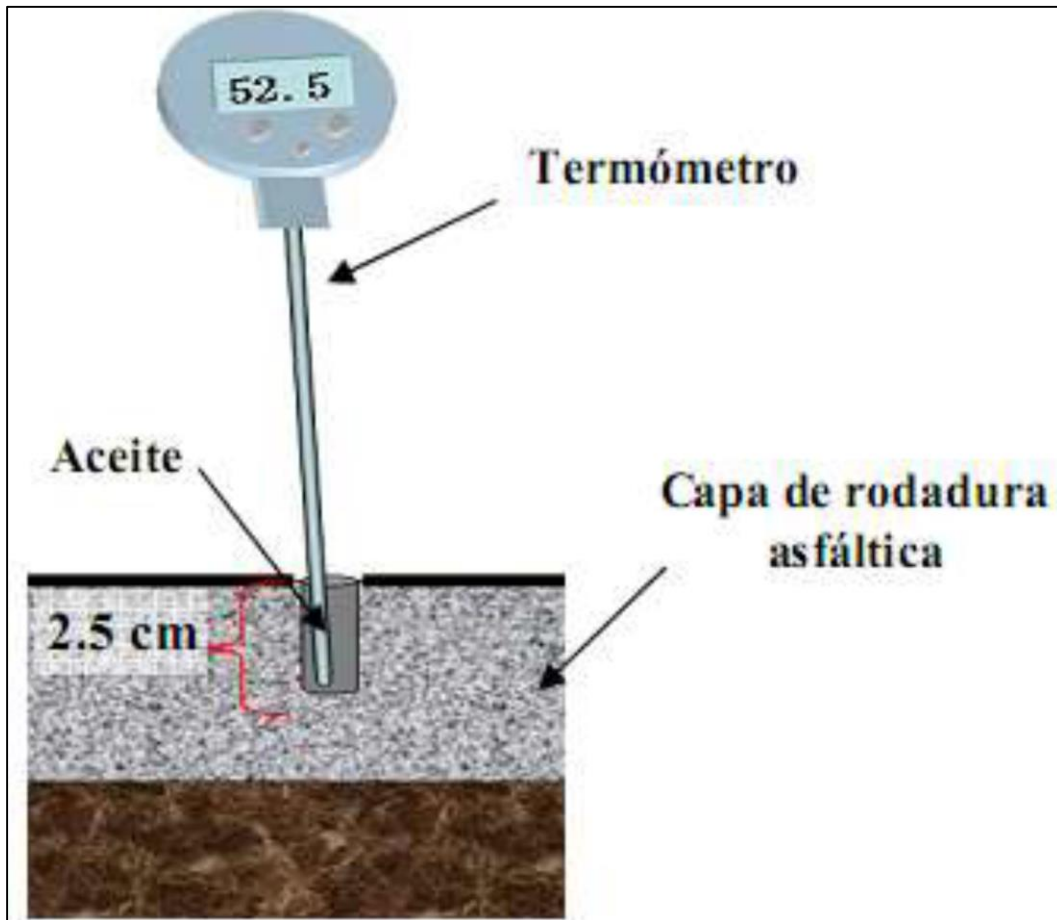


Figura 31. Esquema de medición de la temperatura del pavimento manualmente
(Fuente: Tesis Susceptibilidad térmica de los Pavimentos Asfálticos utilizados en El Salvador, Albeño, Molina y Reinoso; UES FMOcc 2011)

El algoritmo LTPP utiliza los datos climáticos obtenidos por estaciones meteorológicas de las cercanías del tramo que se busca diseñar. De los datos de un año entero obtenidos de las estaciones meteorológicas, se busca el período de 7 días más caliente que ha sido identificado y la temperatura máxima promedio del aire calculada de esos 7 días. Los investigadores del SHRP seleccionaron este valor promedio como el método óptimo para caracterizar la temperatura máxima en condición de diseño. Para la temperatura mínima de diseño del pavimento se utiliza el dato de la temperatura mínima del día más frío del año. (Asphalt Institute, 2011)

¿Por qué utilizar el promedio de los 7 días más calientes del año para la temperatura máxima de diseño y solo el día más frío del año para la temperatura mínima de diseño? Los investigadores razonaron que el daño por alta temperatura (formación de surcos, deformación permanente acumulada o “rutting”) fue causado por una combinación de cargas repetidas a altas temperaturas. Por lo tanto, era necesario tener en cuenta el daño acumulado causado por la combinación de cargas repetidas. El daño por baja temperatura (agrietamiento) puede ser el resultado de un solo evento térmico y no depende de la carga de tráfico. Por lo tanto, un solo día de temperatura fría extrema podría iniciar una grieta. Debido a que las estaciones meteorológicas registran la temperatura del aire, es necesario convertir dichas temperaturas a temperaturas del pavimento antes de seleccionar un grado de desempeño del ligante de asfalto; es decir, se debe aproximar a la temperatura que tendría a la profundidad de 20 mm con respecto a la superficie del pavimento. (Asphalt Institute, 2011)

Los diferentes modelos matemáticos que se han utilizado para este fin son los siguientes:

- Modelo SHRP Original (McGennis et al., 1994)

$$T_{MAX} = 0.9545(T_{maxair} - 0.00618Lat^2 + 0.2289Lat + 42.2) - 17.78$$

$$T_{MIN} = T_{minair}$$

- Modelo C-SHRP (Canadá)

$$T_{MIN} = 0.859T_{minair} + 1.7$$

- Modelo LTPPBind (Mohseni, 1996). Basado en 30 pistas experimentales en EE. UU.

$$T_{MAX} = 54.32 + 0.77585T_{maxair} - 0.002468Lat^2 - 15.137 \log(H + 25)$$

$$T_{MIN} = -1.56 + 0.71819T_{minair} - 0.003966Lat^2 + 6.264 \log(H + 25)$$

- Modelo LTPPBind (LTPP-FHWA, 1998 y Bosscher, 2000). Utilizando confiabilidad

$$T_{MAX} = 54.32 + 0.77585T_{maxair} - 0.002468Lat^2 - 15.137 \log(H + 25) + z\sqrt{9 + 0.61\sigma_{air}^2}$$

$$T_{MIN} = -1.56 + 0.71819T_{minair} - 0.003966Lat^2 + 6.264 \log(H + 25) - z\sqrt{4.4 + 0.52\sigma_{air}^2}$$

- Modelo LTPPBind (Mohseni e Carpenter, 2004) – ICM basado en datos de aproximadamente 8000 estaciones meteorológicas

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837T_{maxair} - 0.0029Lat^2 + z\sqrt{\sigma^2 + \delta_{modelo}^2}$$

Para estas fórmulas, tenemos la siguiente leyenda:

T_{MAX} : Temperatura máxima de diseño del pavimento en grados Celsius (°C).

T_{MIN} : Temperatura mínima de diseño del pavimento en grados Celsius (°C).

T_{maxair} : Temperatura máxima promedio de los 7 días más cálidos del año en grados Celsius (°C).

T_{minair} : Temperatura mínima del día más frío del año en grados Celsius (°C).

Lat : Latitud geográfica del sitio donde se ubica el tramo a diseñar o la estación meteorológica.

H : Profundidad desde la superficie del pavimento en milímetros (mm).

z : valor obtenido de la curva normal tipificada para una confiabilidad requerida.

σ : valor de la desviación estándar.

δ_{modelo} : valor de error de modelo.

Para la confiabilidad, superpave establece que para el cálculo debe usarse un 98% de confiabilidad; cuyo valor es de 2.055 proveniente de una tabla de curva normal tipificada.

En conclusión, para obtener la temperatura de diseño crítica del pavimento se debe primero tener la temperatura del aire, posteriormente se debe calcular utilizando alguna de las fórmulas presentadas anteriormente. Finalmente, con base en las temperaturas que se obtienen del cálculo se busca con cual PG encajan. Por ejemplo, si los resultados de los cálculos arrojan que la temperatura máxima de diseño es 67 °C y la mínima es de 8 °C;

utilizando la tabla 1 de la norma AASHTO M320, observamos que 67 es mayor que 64 pero menor que 70. La norma menciona en la tabla que se debe utilizar PG 70 si es menor a 70 °C y si sobrepasa los 64 °C. Para el caso de la temperatura mínima, vemos que según la tabla 1, dicha temperatura es mayor a -10 °C pero no menor a esta. Al final para tales datos de temperatura se necesitaría un asfalto con grado PG70-10.

2.4 Estaciones meteorológicas

La estación meteorológica es un recinto donde se encuentran una serie de aparatos ubicados de acuerdo a normas estándar, para la medición de las diferentes variables meteorológicas. En el país fueron los caficultores los primeros en introducir la meteorología. (Martínez Bermúdez, 2017) En la figura 32 se muestra un mapa de país con la red de estaciones meteorológicas.

El área encargada de realizar el monitoreo sobre las condiciones atmosférica en nuestro país es el Servicio Meteorológico Nacional. Este servicio está constituido en tres áreas:

- Centro de Pronóstico Meteorológico (CPM).
- Centro de Información y Agrometeorología (CIAGRO) y
- Centro de Predicción Climática (CPC)

El Servicio Meteorológico es la entidad gubernamental en el ámbito nacional, reconocida por la Organización Mundial de Meteorología (OMM) para realizar: El monitoreo y la vigilancia de las situaciones atmosféricas en todo el país a través de la red nacional de Estaciones Meteorológicas del SNET, así como las condiciones regionales o de escala sinóptica (observación que se efectúa cada hora y se remite a un centro recolector de datos, mediante mensajes codificados por la vía de comunicación más rápida) y planetarias para evaluar posibles sistemas atmosféricos con potencial de afectar el país, tales como: tormentas tropicales, huracanes y fenómenos El Niño y La Niña.

El monitoreo en una estación meteorológica consiste en:

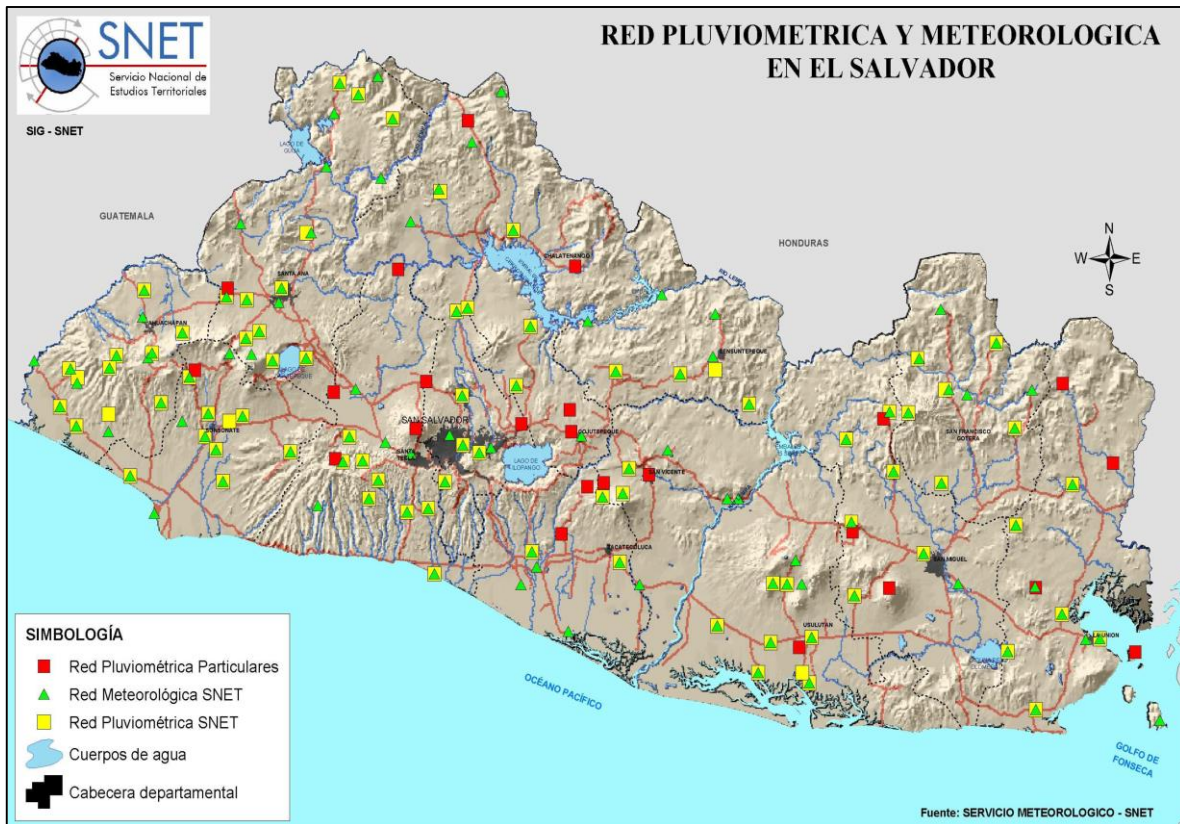


Figura 32. Red de Estaciones meteorológicas de El Salvador
 (Fuente: Dirección General del Observatorio Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

- Obtener la información que genera cada una de las estaciones meteorológicas de la Red, 5 estaciones sinópticas entre automáticas y convencionales con una cobertura de 100 kilómetros cada una.
- 27 estaciones climatológicas convencionales y 72 pluviométricas, éstas últimas registran sólo las precipitaciones y es transmitida por observadores en las estaciones al Centro de Pronóstico Meteorológico (CPM)
- Los datos al Sistema son ingresados y su transmisión y recepción de información Satelital, conocido como STAR 4, y enviados cada hora, con el Sistema Satelital al Centro Mundial de Meteorología, con sede en Washington, para la alimentación de la base mundial de datos, los cuales son procesados y distribuidos por canales exclusivos a todos los usuarios, incluyendo nuestro país.

2.4.1 Clasificación de las estaciones meteorológicas.

Estación principal (tipo A).

Mide todas las variables meteorológicas necesarias para conocer las condiciones meteorológicas. Estas variables son:

- Temperatura del aire.
- Presión Atmosférica.
- Humedad relativa del aire.
- Humedad ambiental o % de humedad del aire.
- Punto de Evaporación.
- Precipitación.
- Velocidad y dirección del viento.
- Radiación solar (cantidad de energía, intensidad).
- Temperatura del suelo.

Estación sinóptica.

Por ejemplo, las estaciones del Parque Natural Cerro Verde y del Aeropuerto Internacional de El Salvador. Las cuales se diferencian de las principales por medir condiciones climáticas específicas, como por ejemplo la contaminación atmosférica o circulación general del viento.

Estación ordinaria o corriente (tipo B).

Mide solamente ciertas variables más relevantes del clima como precipitación, humedad relativa del aire, temperatura del aire, velocidad y dirección del viento.

Estación de precipitación o pluviométrica

Solamente mide la precipitación, por medio de un pluviómetro. De estas hay unas más avanzadas que poseen un instrumento llamado pluviógrafo, el cual; añadido a un pluviómetro es capaz de graficar las precipitaciones en un gráfico mm de lluvia vrs hora del día (ver figura 33).

Estación fenológica

Son aquellas que registran variables climáticas para ser estudiadas con fines agrícolas. Por ejemplo, la precipitación, la humedad relativa, la temperatura del aire y la radiación solar.

Cabe mencionar que, en nuestro país; la red nacional meteorológica realiza registro de sus observaciones en tres horas en el día, la cuales son: a las 7 a.m. a las 2 p.m. y a las 9 p.m. Las temperaturas máximas y mínimas del día se obtienen a las 7 y a las 2 ya que es en la madrugada de ese día (al menos en nuestro clima tropical) en que se llega a las temperaturas más frías. Por otro lado, es después de medio día que se registran las temperaturas más cálidas.

2.4.2 Instrumentos utilizados en estaciones meteorológicas.

En la tabla 8, se especifican los diferentes instrumentos utilizados en las estaciones meteorológicas relacionados con la variable que este mide.

A continuación, en la figura 34; se muestra un esquema con el plano típico de una estación meteorológica tipo A. En la ilustración 4 se puede apreciar cómo es una estación real.

2.5 Trazo de isotermas por medio de interpolación gráfica

Las líneas isotermas son las líneas que unen los dos puntos en los que en un momento dado se registra la misma temperatura con la cual nos permite analizar la distribución de temperatura sobre grandes áreas y se mide en grados centígrados (°C), por lo que constituye un término meteorológico. El prefijo Iso significa igual y terma referente a la temperatura.

Las Isotermas son isolíneas. Una isolínea (también llamada, isopleta, curva de nivel, isógrama o isaritma), para una función de varias variables, es una curva que conecta los puntos en que la función tiene un mismo valor constante. Las isolíneas que se representan en un mapa son líneas, rectas o curvas, que describen la intersección de una superficie real o hipotética con uno o más planos horizontales. La configuración de estas curvas permite a los lectores del mapa inferir el gradiente relativo de la variable o parámetro y estimar un valor en un lugar determinado.

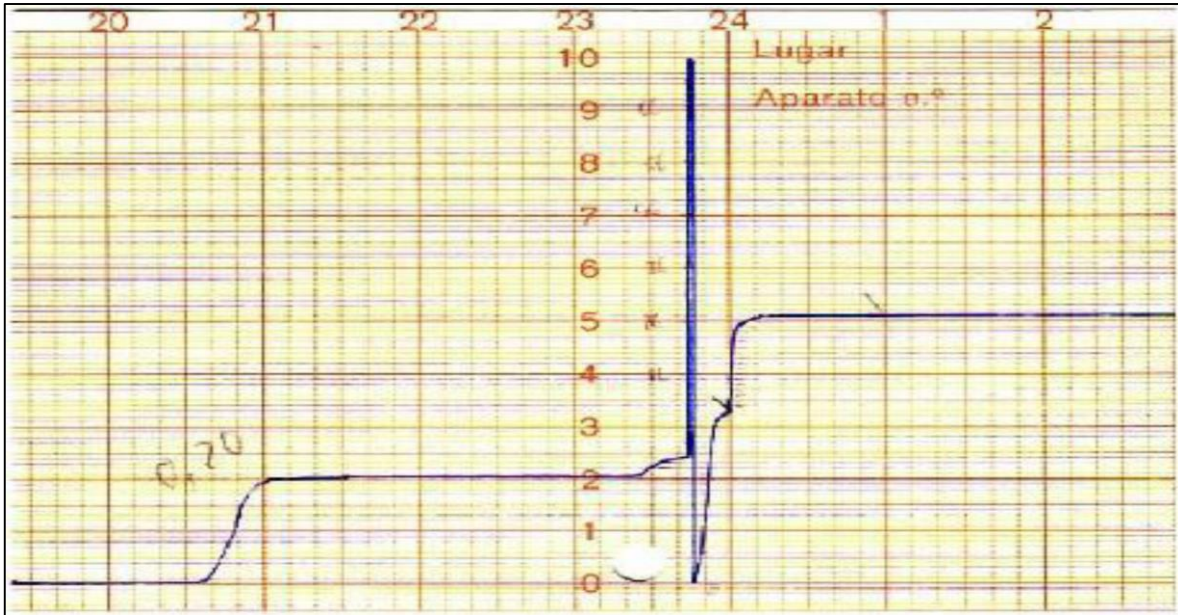


Figura 33. Pluviograma, gráfico que genera un pluviógrafo. Ordenadas: mm; Abscisas: horas del día.

(Fuente: Cátedra de Hidrología Ing. Martínez Bermúdez. UES FMOcc)

Tabla 8*Instrumentos de una estación meteorológica, relacionados con la variable que miden.*

Variable	Instrumento
Temperatura del aire (mínima y/o máxima)	Termómetro de bulbo seco (Hs)
Presión Atmosférica	Barómetro
Humedad relativa del aire (mínima y/o máxima)	Hidrógrafo (aparato basado en el módulo de elasticidad del cabello húmedo)
Humedad ambiental o porcentaje de humedad del aire	Psicómetro (mide el punto de rocío del aire)
Evaporación	Tubo de piche, tanque de evaporación
Precipitación	Pluviómetro y/o pluviógrafo
Dirección del viento	Veleta
Velocidad del viento	Anemómetro
Cantidad de Energía por radiación solar	Actinógrafo
Intensidad de la radiación solar	Heliógrafo
Temperatura del suelo	Termómetro de suelo, piezómetro

Fuente: Cátedra de Hidrología, Ing. Martínez Bermúdez; UES FMOcc.

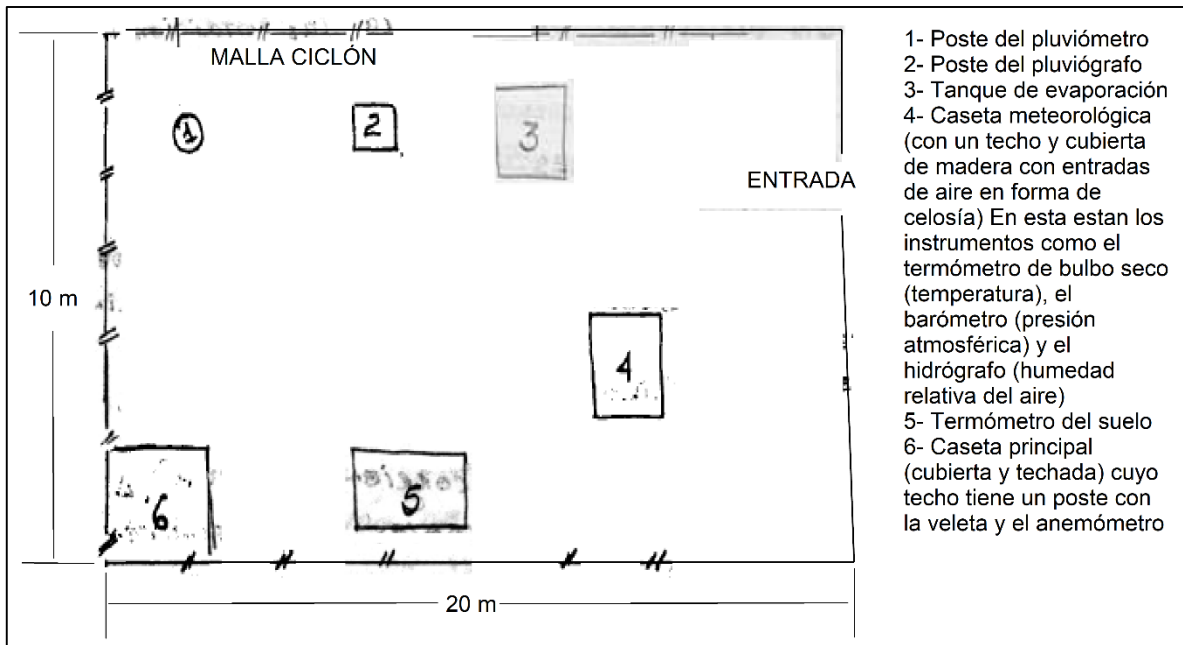


Figura 34. Vista de planta de una estación meteorológica Tipo A
 (Fuente: Cátedra de Hidrología, Ing. Martínez Bermúdez; UES FMOcc)



Ilustración 4. Vista de una estación meteorológica real. A la derecha se puede apreciar la caseta meteorológica, con su techo y cubierta de madera con rendijas.
 (Fuente: Cátedra de Hidrología, Ing. Martínez Bermúdez; UES FMOcc)

El gradiente de la función es siempre perpendicular a la isolínea. Cuando las líneas están muy cerca, la longitud del gradiente es grande: la variación es acentuada. Si las isolíneas adyacentes tienen el mismo grosor de línea, la dirección del gradiente no puede determinarse y por ello se emplean diferentes grosores o se rotulan o etiquetan numéricamente: de este modo la dirección del gradiente puede ser fácilmente apreciada.

El uso más habitual de las isolíneas es en cartografía y en meteorología. Un mapa topográfico (o mapa de curvas de nivel) utiliza isolíneas que unen puntos de igual altitud y muestra, así, la forma de los valles y las colinas, y la pendiente de las laderas. En meteorología, es usual mostrar curvas de igual presión atmosférica llamadas isobaras. En este caso, con las isotermas buscamos trazar curvas de igual temperatura del aire. En la figura 35 se muestra un ejemplo de un mapa de nuestro país con isotermas.

Se trazan las isotermas usando las medidas de los termómetros en las estaciones meteorológicas e interpolando entre estaciones adyacentes. Por lo tanto, consiste en trazar con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual temperatura del aire, sea máxima o mínima, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía. (Martínez Bermúdez, 2017)

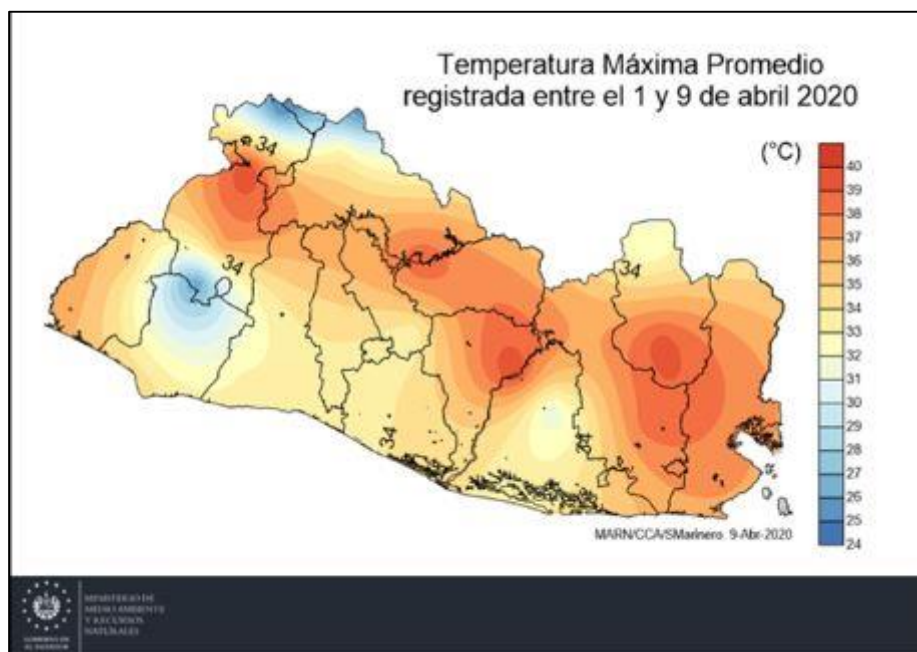


Figura 35. Mapa de El Salvador con líneas isotermas.
(Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

Para trazar una curva de igual temperatura se necesita:

1. Se determinan los puntos de referencia (estaciones) unir las estaciones entre si procurando no cruzar los trazos.
2. Definir el intervalo entre curvas, el cual se decide en base a la diferencia que hay entre la mayor y menor temperatura registrada entre las estaciones.
3. Trazar las curvas a través de la interpolación. Hay softwares que por medio de una malla de triangulación o interpolación de los puntos que representan las estaciones, sobre un mapa; pueden trazar automáticamente tales curvas. De forma manual, básicamente se busca la temperatura de la isoterma más cercana sobre la línea entre dos estaciones, línea cuya longitud o distancia entre las estaciones debe ser conocida. Por semejanza de triángulos y trigonometría se obtiene la distancia entre una de las estaciones y el punto por donde pasa la isoterma con la temperatura que se está buscando trazar.

CAPÍTULO III:
MARCO
METODOLÓGICO

3.1 Recopilación de los datos de temperaturas máximas diarias del año 2019

A continuación, en la tabla 9; se muestran las ubicaciones geográficas de las estaciones meteorológicas más importantes del país. De estas estaciones se recopilarán los datos de temperaturas máximas y mínimas diarias durante el año 2019. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN, 2015)

Tabla 9

Ubicación Geográfica de las estaciones meteorológicas principales de El Salvador.

Código	Estaciones	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación (m.s.n.m.)
Zona Occidental				
A-37	Santa Ana, UNICAES	13°59'0.34''	89°32'50.96''	685
A-15	Güija	14°13'42''	89°28'42''	485
A-18	Finca Los Andes	13°52'30''	89°38'42''	1770
A-27	Candelaria de La Frontera	14°7'12''	89°39'6''	700
A-31	Planes de Montecristo	14°23'54''	89°51'36''	1971
H-8	Ahuachapán	13°56'36''	89°51'36''	725
H-14	La Hachadura	13°51'36''	90°5'24''	30
T-6	Acajutla, Puerto Nuevo	13°34'24''	89°49'60''	15
T-24	Los Naranjos	13°52'30''	89°40'30''	1450
Zona Central				
G-3	Nueva Concepción	14°7'30''	89°17'24''	320

Código	Estaciones	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación (m.s.n.m.)
G-4	La Palma	14°17'30''	89°9'42''	1000
G-13	Las Pilas	14°21'54''	89°5'24''	1960
L-4	San Andrés	13°48'30''	89°24'24''	460
L-27	Chiltiupán	13°35'42''	89°28'54''	680
S-10	Aeropuerto Ilopango	13°41'54''	89°7'6''	615
Zona Paracentral				
C-9	Cojutepeque	13°43'12''	88°55'36''	880
V-9	Puente Cuscatlán	13°36'6''	88°35'36''	20
B-1	Chorrera del Guayabo	13°59'48''	88°45'24''	190
B-6	Sensuntepeque	13°52'12''	88°39'0''	650
B-10	Cerrón Grande	13°56'7.95''	88°54'7''	200
Zona Oriental				
M-24	San Miguel UES	13°26'18''	88°9'30''	117
U-6	Santiago de María	13°29'6''	88°28'18''	920
Z-2	San Francisco Gotera	13°41'48''	88°5'24''	250
Z-3	Perquín	13°57'30''	88°9'42''	1225
N-2	La unión	13°19'54''	87°52'54''	35

Fuente: Boletín Climatológico Mensual, noviembre 2015. MARN

Luego de conocer las estaciones meteorológicas que se utilizarían para esta investigación, se recopilaron las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas durante el año 2019 en cada una de estas estaciones. En la tabla 10 se muestran las

temperaturas máximas registradas. En dicha tabla se resaltan en color las temperaturas máximas de los 7 días más cálidos del año de cada estación. Posteriormente en la tabla 11 se presentan las temperaturas mínimas registradas, en la cual se resalta en color la temperatura mínima más fría del año de cada estación. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN, 2021)

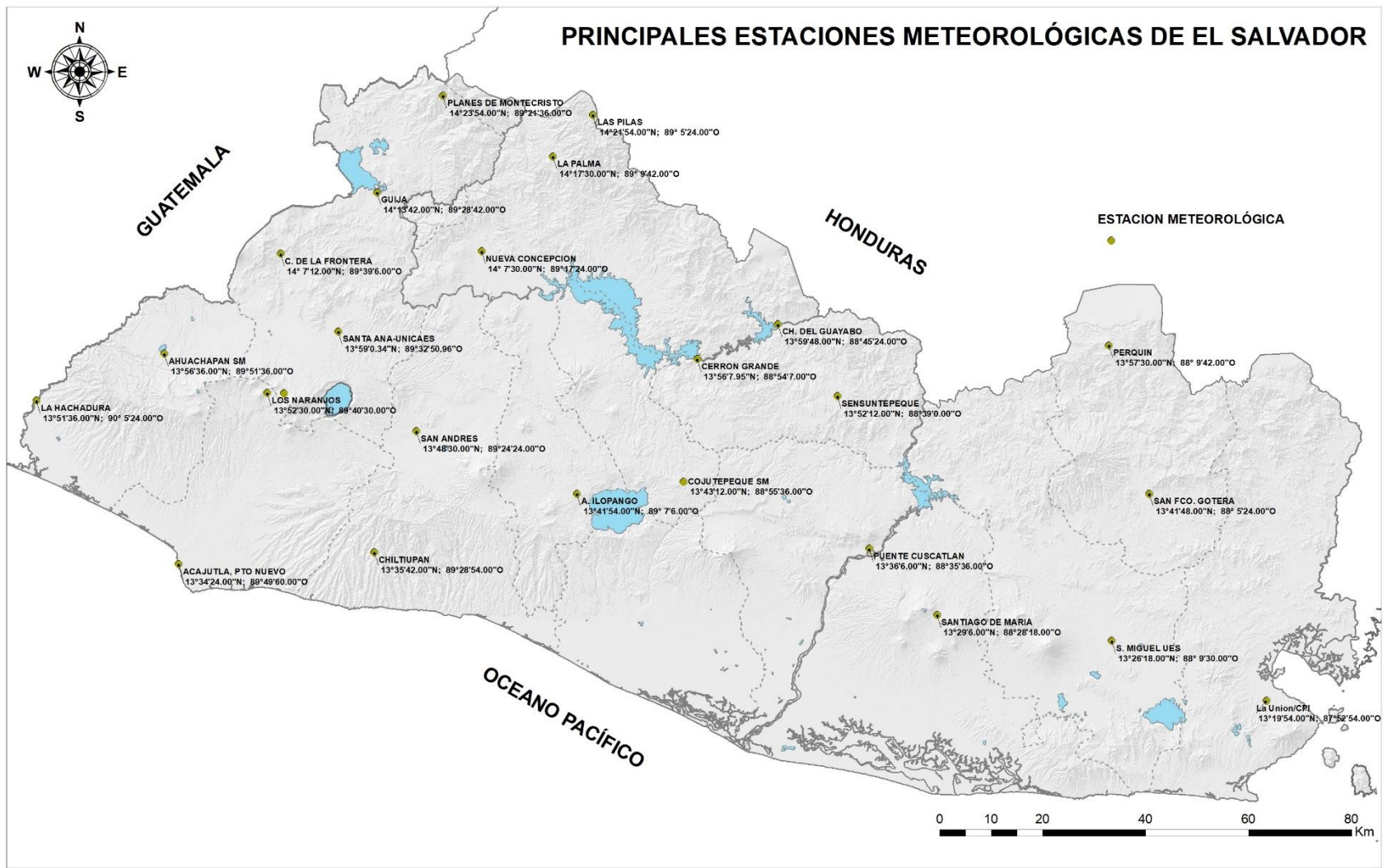


Figura 36. Mapa con la ubicación de las 25 estaciones meteorológicas principales de El Salvador (Fuente: Material de creación propia)

Tabla 10

Temperaturas máximas diarias registradas en el año 2019

		TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																								
FECHA AÑO 2019	GUÍA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILITUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
		1	37	20.8	32.4	22.4	31	35.6	37.2	33.6	31.6	21.2	36	30.5	37.6	33	32.6	33	37.9		32.6	24	34.4	29.4	36	35.4
2	36.4	20.6	32.6	23.4	30.8	36	36.8	34.2	30.6	24.4	36.2	29.7	35	33.6	30.8	34	36.8	32.4	31.8	23.7	31.8	28.7	37.2	36.4	29.4	
3	37.2	20	33.4	24.6	32.6	35.6	36.6	33.6	29.7	26.2	36.5	31.4	34.4	34	31.8	34	36.6	32.6	30.6	25	31.6	28.9	36.7	35.6	29.6	
4	36.5	21.4	33.4	24.2	31.2	36	36.5	34	30.8	26.2	36.2	30.5	34.3	33.6	31.6	34	37.5		32.6	24.5	32	28.6	36.4	37.4	30	
5	37.4	20.6	31.8	22.4	31	36.4	38.9	35	31.3	22.2	37	28.7	34.5	33	31.6	34.5	38	34	32.4	25	32.2	29.8	38	37.2	30.5	
6	35.6	18	30.4	19.5	31.4	36	37.3	34.2	30.3	20	35	27.7	35.5	32.6	30.6	33	37.1		32	23	31	29	37.2	36.4	28.6	
7	36.6	18.4	30.6	19.6	29.8	35.2	36	32.8	29.6	20	35	27.8	36.5	31.6	29.8	33.2	36		30.2	23.5	31.4	27.4	37	35.4	27.2	
8	36	18.8	30.8	19.4	29.6	34.4	34.7	32	31	19.4	35.4	26.7	35.2	32.2	30.8	32.6	36.2		30.6	22.5	31.6	27.6	36.6	33.4	27.6	
9	34.4		30.4	17.8	29.6	34	35.2	31.8	30	18.3	34	25.8	35.4	30.4	30.5	32.4	35.6		30.2	21	32	27.3	36.2	34.4	25.4	
10	31.2	17.4	29.8	16.2	29.6	32.4	35	30.2	28.8	13.4	31.2	22.9	37	32.2	31.6	31	36.5	33.4	29.2	20.5	32.2	27.7	35.2	33.8	24.8	
11	33.2	16.6	29.4	19.6	28.2	33	35.2	30.4	29	19.5	32.6	25.1	35.6	30.6	31.1	31.5	35.2	32.5	30	21	32	26.8	36.4	33.4	25.1	
12	35.8	20.8	32.4	22.4	30.2	35	35.1	32.2	29.4	23.3	34.5	30.1	34.5	32.2	30.6	33.5	35.4	34.6	29.8	23.5	31.6	27.6	35.4	35.4	29.2	
13	32.6	16.6	28.8	17.5	29.8	35.8	36.3	33.2	30.3	18.4	34	25.8	35	29	31.3	32	37.6	33.8	31.2	22.5	32.2	28.7	36.2	36.4	27.1	
14	33.5	16.6	28.6	17.4	29.4	33.8	35.8	31.8	31.4	16.2	34	27.4	34.6	29	31.9	32.4	36.4	35	31	21	32.6	28.6	37.2	34.4	25	
15	34.6	18.6	29.8	17.6	30.4	35.2	36.8	33.6	31.1	19.4	34.5	27.7	36	30.6	31.7	32.8	37.3	33.8	31.2	22	32.2	29	38	36	27.2	

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
16	33.7	16.8	29.4	17.2	29.9	33.6	35	32	30.6	17.2	34	26.3	34.8	29.6	31.5	31.4	37.8	34	30.6	22.5	35	28.6	38.2	35.4	25.8
17	33.8	17.2	28.8	18.2	29.4	34.4	36	33	30.9	19.4	33.8	24	35.8	29.6	32	32	38.2	35.6	31	22	32.2	29.4	38	37	27
18	35	18	30	19.6	31.4	34.2	36.6	32.6	30.2	18.4	34.2	26.1	36.9	30.6	31.4	32.5	37.6	31.2	22.7	31.8	29.1	38	36.4	26.7	
19	35.2	20.2	31.8	22.2	30.2	34.6	36.1	32.4	28.7	22.2	35	29.4	34.9	32.4	31.3	32.8	35.8		30.2	23.5	32	27.4	36.5	36	28.7
20	33	17	29.6	14.8	29	34.2	34.8	31.8	29.1	14.5	32	24.6	35	29.2	29.9	31.8	38		30	22	31.4	29.5	39	35.6	27.2
21	30.8	16.2	26.4	17.2	27.6	31.2	33.1	30	28.5	19.4	30	21.3	32	27.6	30.2	29	35	34.4	27.8	20	33	27.5	36.2	32.8	22.6
22	35.3	22.2	31.8	24.4	29.8	35	35.6	31.8	30.2	26.2	34.8	30.4	35.5	33	30	32.5	36.6		30.2	23.7	31.6	27.1	36	32	27.8
23	36.4		33.4	23.8		34.8	36	33.2	30.8	25	35.5	30.5	34	31.6	30.8	34	37		31	24	32	29.6	37	37	29.8
24	36.7	21.8	31.6	20.4	31	36.6	37.4	33.8	31.7	20	35	27.9	34.5	32	32.1	33	38.1	34.6	32	24.5	31.6	29.4	38	37.4	29.2
25	37	22	31.4	20.5		36.8	38	34.8	32.8	19.5	36.4	29.6	36.5	31.4	32.4	34.5			32.4	24	32.4	29.8	39	38.4	29.8
26	36.5	20.8	32	22	31	36	36.7	34	30.5	22.2	26.4	29.2	35.2	33.2	32	33.8			31.5	23.5	32.4	29.4	38.2	37.8	28.4
27	35.8	19	31.6	21.5	30.8	35.8	35.2	32.2	28.1	22.3	36	30.3	34.5	30.6	29.3	33			30.4	22.5	31	28.1	38	37.6	27.7
28	33.2	18.4	28.8	20.8	27.8	34	33.8	31.4	27.3	22.2	32.8	27.4	35.5	30.6	30.7	31.5	35	35.8	29.2	23	33.2	26.8	36	34	26.9
29	37.8	21.4	33	21.6	31.2	36.6	36.3	34.2	30.7	22.3	36	31.2	35.6	33	31.9	34.2	36.5	34	31	24.5	32	28.6	37	33.8	28.8
30	35.4	19.6	31	21.4	30.4	35.8	36.6	34	31.7	21.2	36.2	28.3	35.5	33.2	31.9	34	37.1	33.2	31.8	24	31.8	28.4	38.2	35.6	29.4
31	36.6	21.2	32.4	22.2	30.8	36	37.1	33.8	32	23.3	36	31.4	35.5	33	31.7	34.4	36.8	33	31.8	25	32	29.4	37.4	37	30.2
1	37	21.4	33	20.6	31.2	36	37.8	33.6	30.1	22.2	36	28.9	35	33	29.5	34			31.2	23.6	32.2	28.8	37		28.4
2	33	20.4	32.4	22.2	31.4	37	37.8	34	32.6	21.2	36.6	31.7	34.9	33	28.9	34.2			32.2	25	32.4	29.2	38	37.2	30.3

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	ESTACIONES METEOROLÓGICAS																								
	GUJIA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
3	36.9	21.8	32.8	21.2	32.6	37	37.7	34.8	31.4	22.3	36	29.6	35	33.4	32.3	34.2			31.4	24	32.2	29	38.4	37.2	28.2
4	37.2	21	32.6	22.5	31.8	36.2	37.9	33.8	30.9	23.3	36	31	34.2	33	32.2	34.6	36.8	33.4	31.8	24.5	32.6	29.2	37	36.6	29.6
5	38	21.6	33.4	22.2	32.8	36.8	37.8	35.2	32.4	22.2	37.5	31.2	35.2	35	31.1	35.5	37.8	34	32.2	25	32.4	30	37.4	36.8	30.8
6	37.7	21.8	31.8	25	31.6	37	38	35.4	32.9	23.4	36.5	31.5	34.8	34	31.7	35	38.4	34	32.6	24.5	32	29.6	38.2	37.2	30.4
7	36.7	20.8	33.2	23	31.2	36.4	37.6	34	31.9	25	36	31.5	34.5	33	31.1	34.8	38	33.8	30.8	24	32.2	29.4	37	37.4	30.2
8	36.2	20.4	32.8	20.6	32	37	38.5	35	33.6	20	37	31.2	36.3	32	31.9	34.6		34.2	33.2	25	32.4	30.1	38	37.4	30.6
9	35.3	18	29.4	18.2	31	36.6	38.3	34.6	33.9	19.5	36	28.8	35.2	30	33	34.5			33.2	22	36.4	30.7	39	37.8	30.1
10	35	18.8	29.8	17.8	30.4	36.4	37.7	34.2	32.9	18.4	34.8	26.4	35.5	30	31.9	33			32.2	23	35.4	29.4	39.2	37	28.5
11	36.2	21.2	31.6	23.2	31.4	35.8	37	33.6	30.9	24.4	36.6	30.7	34.6	32.6	31.9	34.5	37.6	33.8	31.5	23.5	31.6	29	37.2	36.4	29
12	37.6	21.8	33.4	24.2	32.8	36.6	37.9	35	31.8	25	37.6	31.5	34.7	31	31.8	35	37	34	31.6	24.5	31	29	38.2	37.2	30.2
13	36	20.8	32.4	19.4	32	35.2	38.1	34.2	32.7	23.3	35.2	28.2	36.2	33.6	32.8	34.5	38.4	39.7	33.6	24	32	31.1	38	37.4	29.1
14	36	21.2	31.6	23.6	32	35.4	37.9	34.8	32.6	20	37	27.6	34.5	32.6	31.3	35	38	34.6	33.2	25	32.2	30.4	39	37.8	29.4
15	38	22.4	34.2	25.7	23.8	36.4	37.5	35	31	27.2	27	32.4	34.6	33.2	32.4	35.6		26	23.4	25.5	26	28	38.2	38.4	30.3
16	37.2	22.4	33.4	24.4	32.6	36.8	37.4	34.6	29	26.2	36.5	31.4	34.6	32.6	31	34.5		32	30.2	22	32	27.7	38	36.4	29.6
17	37.5	23.2	32.4	22.6	32.4	35.6	38.6	34.2	29.9	24.5	36	30.9	34.7	32.2	32.7	34.2			30.7	23	31.6	27.4	36.2	36.8	28.5
18	37.4	23	33.2	24.6	33.2	36.8	38.2	34.4	30.4	26.2	36.6	31.4	35.7	33.2	31.6	35.5	37.4		31.6	25	32	29	37	36.8	30.6
19	37.7	23.8	34.8	24	33.8	37.4	38.9	35	33	24.4	37.5	32.7	35.2	32.6	31.6	36.5	38	34.5	32	24	33	31	38.4	38.2	30.3
20	35.6	22.6	32.4	24.3	32.2	37	38.1	33.8	28.1	23.4	37	31.1	34.6	31.6	31.3	34	36.6	34.4	30.2	23	32.2	27.7	36.2	38.4	29.4

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
21	38	23	34.4	23.6	33.4	37.2	39.2	36	33.1	24.4	37.5	32.6	35.5	34.6	32.4	36	38.4	34.6	32.6	25	33	30.1	38	38	30.5	
22	38	24	34.2	23.4	34.4	37	40.1	35.2	32.3	23.4	37.5	31.1	35.8	34.2	32.5	36.5	38.4	35	32.2	25.5	33.2	29.1	37.6	38	28.8	
23	30.8	20.6	28.2	20.6	28	36.4	35	36	31.7	22.2	30.8	27.9	33	29.2	33.5	34	37.8	35.6	31.4	24	32.2	29.1	38	38.2	29.5	
24	37.6	22.6	28.2	22.6	33.6	37.2	38.5	35.4	32.3	22.3	36.2	30.8	34.8	33.2	31.8	35.5	38.6	36	33.2	26.5	32.8	30.4	39.2	39.2	30.3	
25	36.8	21.4	32.4	22.4	33.2	37.4	39.6	35.8	33.6	21.2	37	30.3	38.8	32.2	31.9	35.8	40.5	36.5	33.8	25	33.2	31	40	37.8	30.5	
26	36.7	22.8	33	23.5	33	37.8	39.1	36.2	33.7	22.3	37.5	30.1	37.5	33.6	33.6	35.4	39.9	34.8	33.4	26	34.4	30.9	39.2	38	31.3	
27	36.6	22.4	32.4	23.2	32.6	37.2	39	34.8	33.2	23.4	36.2	30.8	37	33.6	33.4	35	39.9	35	32.8	24.5	33.8	30.5	39	38.6	29.8	
28	37.4	19.8	32.8	23.2	33.2	37	38.5	34.6	31.3	23.3	36.5	30.4	34.2	32.8	31.1	36	37.4	34.2	32.5	22	32	29.2	38.2	37.6	30.4	
MARZO	1	37.2	22.6	34.8	21.8	34	34.4	39	34.8	30.8	22.2	36.8	32	35	33	31.4	35	37.5	34.6	31.7	24	32.4	29.7	38	34.6	30.6
	2	39	22.8	33.6	22.5	34.4	37.2	39.1	33.8	32.4	22.3	37.2	31.1	35.8	33.6	29.5	34.8	37.6	35.4	31.8	25.5	25.6	30.2	39	38.2	29.8
	3	38.3	23.8	34.4	24.2	35	37.6	39.3	35	30.6	24.5	37	31.8	36	32.4	30.5	36	38.6	33.8	31.5	22.7	33.2	29.3	38	38	30.6
	4	38	22.2	33	20.6	33.4	37.8	38.9	34.8	30.3	22.3	36.8	30.4	35.5	31.8	29.9	35	37.4	33	31.4	24.5	32.6	28.6	37	37.6	29
	5	37.4	21.8	33	21.6	34	38	40.4	36.6	33.8	21.2	36.8	29.6	35.4	33.6	31.6	36	39.4	35	34.8	25	32.9	31.2	38	39.6	30.4
	6	36.6	20.8	30.2	20.4	32.6	37	38.2	35.4	34.4	19.5	36.8	29.8	36.2	31.6	34.5	36	40	35	34.4	24.5	35.6	31.8	40	37.2	28.3
	7	37.6	22.8	33.6	21.6	34.2	38.6	40.1	36.6	35.4	20	38.2	31.2	38.4	33	34.4	35.6	40.5	37.4	35	25	36.2	31.2	41	37.4	30.2
	8	38	22.6	33.6	22.2	35	38.8	40.7	37	35.2	21.2	37	31.9	39	33	33.9	35.5	40	35	32	24.5	33	31.6	41.3	38	30.3
	9	37.7	23.6	34.2	25.6	34.6	38	40.2	36	31.4	25	37	31.9	36	35	32.8	36	40	34.6	33.4	26	33.2	31.1	39.8	38.8	31.2
	10	38.5	23.8	34	25.2	34.4	38.4	40.3	36.4	34.7	24.5	37.6	31.7	35.4	34.4	32.8	36.5	39.2	35	34.4	26.5	33.4	31.1	40	39.6	31.8

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
11	38.5	24	34.4	25.4	34.4	37.8	40	36.2	34.4	25	37.5	31.9	35.5	35.6	33.9	36.6	40.3	35.4	33.8	27	34.2	31.6	38	39.8	31.8
12	39.6	24.8	34.6	23.9	34.8	38.2	40.7	36.8	35.4	23.3	38.6	32.4	37.6	34.6	34.4	36.5	40.2	34	35	27.5	33.4	32.2	41	39.2	31
13	38.6	23.6	34.2	25	34.6	38.4	39.4	34.8	33.9	25	38	32	36	33.8	33.2	36.6	39	34.8	34	26	33.2	31.5	40	38.4	30.6
14	38.2	24	34.6	24.6	34.6	38.2	39.9	35.8	31.5	24.5	37.5	31.6	35.6	32.8	30.6	36.8	38.7	35	32.4	25	33.2	29.5	40	38.6	30.9
15	38.9	23.6	34.8	24.4	35.4	37.4	39.6	35.4	31.4	23.4	37.2	31.4	35.6	34.6	30.6	36.6	37.4	34	32.7	25.5	33.4	28.8	37	37.6	30.6
16	37.4	22.8	33	21.2	35.2	37.8	39.6	36	35.4	22.2	37.6	30.7	38.6	34.2	35.3	36	40.6	35	34.7	27	33.8	31.7	40	37.8	29.4
17	37	21.4	32.2	21.5	34	38.4	40.1	36.8	35.2	22.3	38.2	29.8	39	33.2	34.4	36	40.2	34.8	34.8	26	35.2	32.2	40	39.6	30.9
18	37.4	21.8	32.8	21	33.2	37.6	39.2	36	34.3	21.2	37	28.4	37.4	34.4	34.1	35.4	40.3	35.2	33.6	26.5	33.6	31.4	39.8	39.8	29.8
19	37.6	22.8	32.8	22.8	33.4	37.2	38.7	35.6	33.9	22.3	37	30.3	36	36	32.1	34.6	40	39.4	33	25	33.5	31	38	39.2	31.5
20	37.5	22.6	32.6	21.6	32.8	36.8	38.8	35.2	33.4	20	37.5	29.5	36.2	33.8	33.2	35.2	39.4	34.6	33.2	26.5	33.6	31.4	39	39	29.4
21	34.5	19.4	30.6	20	32.2	36.4	38.8	35	33.1	19.5	35.6	25.9	37.6	31.6	34	34	39.7	35	33.2	23	33.4	32.2	40	38.4	30.2
22	36	22	31.6	20.4	32.6	37.4	39.6	38.8	34.4	20	37	28.3	37.3	33	34.4	36	40.8	35.8	34	27		32.4	40.6	39.8	29.6
23	36.2	22.8	32.4	22.2	33.2	37.2	39.1	35.6	33.4	21.2	37	28.4	36	33.2	36.1	35	39	34	34	25		30.5	39.8	38.4	31.2
24	37.8	24.2	33.6	21	33.8	37.8	38.7	36	34.1	22.2	37	30.2	36.4	34.6	33	35.6	39	35.8	34.4	26		30.7	38.6	38	30.6
25	38.4	24.6	33.8	23.2	34.4	37.6	40.1	36.8	33.9	23.3	38.4	30.8	39	34.6	34.7	36	39.6	35	34.2	25.5	34.8	30.9	39.5	38.2	31.6
26	37.2	22.8	33.4	21	33.8	37.4	39.6	36	35.2	20	37.5	28.2	38.4	33	34.7	36	39.4	36.4	34.1	26.5	34	31.6	38	38	29.2
27	35	19.8	30.4	18.2	31.6	36.2	38	35.4	32.9	18.4	35	28.7	36.2	30.6	32.5	33.5	41	38.2	33.6	23	36.8	33	41	38	29.5
28	36.7	22.2	32.4	21	33.8	36.8	39	38	34.3	20	37	28.1	38	33	34.7	34.5	41.3	37.2	33.6	24.5	35.6	32.5	41.2	38.4	30

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAFES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
29	38.3	24.8	34.8	25	35.2	37.2	39.4	35.4	31.1	23.4	37.5	32.2	35.6	34	29.3	36	37.8	32.4	31.4	24	34.2	28.8	38	35.8	30	
30	38.3	24.8		25	35.5	37.2	40.6	35.4	31.1	23.4	37.5	32.3	35.6	32.4	29.3	36	37.8	32.4	31.4	24	34.2	28.8	38	35.8	30	
31	38.3	24.8		25	35.5	37.2	40.6	35.4	31.1	23.4	37.5	32.3	35.6	32.4	29.3	36	37.8	32.4	31.4	24	34.2	28.8	38	35.8	30	
ABRIL	1	39.6	25.8	35.4	26.2	35.6	37.8	41.2	37.8	33	25	39	33.7	35.4	35.6	31.5	37	39	34.4	33.8	25.5	34	30.8	40	37.4	32.8
	2	39	25	34.4	24.4	35.2	37.6	40.7	37.4	35.1	23.3	39.5	31.3	37.2	34.6	33.1	37.4	40.8	35.8	35.2	26	33.8	31.8	41	39.2	30.7
	3	37.8	24.6	34.8	25.2	35.8	37.2	41.4	35.6	33.5	22.2	38.5	32.3	36.5	33.4	33.9	36.5		34.8	33.5	25.5	34.2	30.4	39	38.2	30.4
	4	38.5	25	34.6	22.4	35.8	37.8	40.4	37.4	32.8	23.3	38.8	32.4	36.6	34	33.8	37.2	40	35.4	33.8	26	34.8	30.7	40	39.4	32
	5	35.4	22.3	33	20.6	33.2	35.8	37.2	31.6	29.6	20	35	26.6	34.8	31.2	29.6	33.8	37.2	36	30.8	23.5	33.6	25.6	35	39.2	27.6
	6	36.5	22.8	33.2	21.4	33.8	36.8	37.7	34.8	30.9	21.2	36.8	30	35.4	32	28.4	33	38.2		31.6	22	27.1		38	39	30.5
	7	36.3	22	32.6	22.3	33.2	37.2	37.8	35.6	30.4	22.2	37.5	29.6	36.2	31.4	28.7	34.5	38		31.6	22.5		28.8	37.2	38.2	29.3
	8	37	22	31.8	20.6	32.4	36.6	37.6	36	30	21.2	37.8	30.4	35.8	30.6	30.9	34	35.8	35.4	30.7	22.7	33.2	27.7	37.2	38.8	30.8
	9	38	23.6	32.2	21	32.4	36.2	37	35.4	28.4	20	36	30	35.6	32.4	29.5	32.5	36	35.4	30.2	23	33.4	27	38	37.6	29
	10	36.4	23.4	34.2	22.1	34.8	37	39.2	34.4	31.8	23.4	39.4	31.3	37	34.6	31.9	36	39.4	35	33.2	23.5	33.2	29.4	39.2	37.5	31.5
	11	36.5	23.6	32.4	23	32.6	36.6	37.6	34.8	30.4	24.4	38.5	30.1	36.4	32.6	31.8	35.5	36.4	36.6	32.9	22.5	32.8	27.9	38	37	29.8
	12	36.2	24.8	33.4	24.5	33.6	37.6	39.4	35.4	31.4	24.5	37.5	30.9	36.8	33.2	31.9	35	37.4	33.6	32.8	23		29.7	41	36.9	30.4
	13	37	25	33	22.6	33.6	37.4	38.2	35.6	31.6	23.3	38.2	30.3	37.4	33.6	32.6	36.2	37.6	35	31.8	22.5		28.9	38	36.4	30.2
	14	38.8	26.8	36.2	26.5	36.2	38.4	40.2	37	33.1	27.2	39.6	32.1	37.2	35.4	33.6	38.2	39.8	34	33.5	26		31	40	38	31.4
	15	38	25.4	34.4	26.4	34.6	38.6	40	36.4	34.3	21.2	38.2	28.8	37.5	34.6	33.3	37	40.4	36	34.4	26.5	33.8	32	39	38.8	30.2

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
16	37	22.8	33	23.2	34.4	38	40.4	35	33.9	21.2	38.4	29.5	37.6	33.6	32.2	36	40.2	36	34.2	27	34.8	32	40	38.6	30.5
17	38.1	24.6	34.8	23	35.4	38.2	39.4	36	30.6	22.2	38.4	30.7	35.5	34	30.8	37.5	39.8	35	33.4	25	33.2	28.9	39	38.8	28.8
18	34.5	25	31.4	22.6	26.4	37	38.4	36.6	28.4	24.4	27.5	29.8	35	31	28.7	35.6	28	28.8	24.4	24	26.8	26.4	37	39	29.6
19	37.4	24.4	33.6	22.8	34.4	37.8	39.6	35.4	30.3	23.4	38	30.3	30.4	33.4	30.2	36	36	34	33.4	26	32.6	28	38	39.2	29.8
20	35.6	21.6	31.2	22.2	32.6	35.6	37.1	32	30.6	20	35	26.4	37.6	31.8	33.3	33.6	37.4	38	32.4	24.5	34.2	29	36	37	25.6
21	38.4	26	34.6	25	35.4	38	39.9	36	35.1	24.5	39.4	30.8	37	35.6	32.5	36.5	40	35.4	35	26	34	31.6	39.2	38.4	31.9
22	37.9	25.8	34.8	24	35.2	37.8	40	36.6	31.6	24.4	38.4	31.1	36.5	35	31.3	36.2	39	35.2	32.6	25	34.6	29.4	38	38	31.2
23	38.8	23.6	34.4	23.2	34.8	38	39.8	35	29.9	23.4	38.4	31	37	33.6	30.5	36.5	38.7		33.7	24.5	33.6	29.6	37.2	38.8	29.4
24	37	23	32.4	20.2	33.2	37	38	33	29.2	23.3	36.2	29.3	35	31.8	27.7	33.5	36		29.6	24	32	26.6	39.2	39.2	27.9
25	36.9	23.8	32.6	22.2	31.2	37.8	38.1	32.8	28.4	22.3	37.5	31	35.2	31.6	29.3	34.5	37	34.2	31.6	23	33.8	26.9	35	39.6	29.8
26	38.4	24	34	24.4		37.4	38.8	33.6	29.8	24.4	37.5	29.6	34.6	32.6	29.3	34.5	35.7	34	31	25	33	27.4	36	36.4	28.8
27	38.5	24.4	34.6	23.4	35.8	39	40.6	37.2	34.6	23.4	39	29.7	36.2	34.2	31	36.6	39.8	35.2	35.8	26.5	33.8	31.1	39	40.2	33.7
28	39.3	26.8	36	26.2	36.6	38.8	40.1	36.4	35.8	25	39.5	32.1	36	35.2	30.2	37.5	39.5	36.4	34.5	27	34	30.9	39.5	38.8	31.4
29	39	26	35.4	25	36.2	37.6	40.3	37	34.3	25	39.2	30.9	37.8	35.6	32.5	38		37.8	35.2	28	33.8	31.6	40.2	39	31.4
30	38.5	25	33.2	23.7	32.6	36.8	37.3	34	32.8	24.5	36	31.8	36.4	34.6	32.5	36	38.4	37.4	33.1	27	33.6	29.5	42.2	39.2	30.4

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
MAYO	1	38.8	25	35.4	24	33.8	37	36.3	34.4	33.6	23.4	36	29.3	36.2	32.8	33	36	36.6	33.2	25.5	33.8	32.2	39	39	32.4	
	2	34.3	22.2	30.4	20.8	31.2	35.8	35	33	30.9	22.3	34.6	29.4	35.6	29.6	31	33.4	36.6	32.2	26	32.6	28.7	37.2	37.4	28.5	
	3	38.5	24	33.8	23.8	33.2	36.4	36.8	34.2	30.1	24.5	36.4	30.6	36.5	31.6	30.6	35	39	35	31.8	23	33.8	29.8	39	38.6	30
	4	36.4	21.6	33	24	32.2	36	35.6	33.2	30.4	25	34.4	29.1	36.2	31	31	33.5	39.2	34.4	32.2	25	34	29.6	38	39.6	29.8
	5	38.2	23.8	34.6	24.6	34	36.8	36.4	34	29.9	26.2	36	30.6	36.4	31.6	31.4	35	38.4	35.2	32.4	24.5	33.2	29.5	38.2	38.2	30.3
	6	38.6	26.8	35.4	25.2	34	37	37.2	34.8	33.3	24.5	36.5	29.9	36.8	31.6	32.7	35.5	38.2	36	33	25	35	30.2	39	38.4	30.8
	7	35.5	25.8	34.4	22.8	33.2	35.8	36	32	30.2	25	35	29.5	37	33.6	31.9	34	38	35	31.6	26	33.8	29.1	37	37.4	28
	8	36	24.6	34.8	23.6	33.6	36.4	36.8	34	29.6	24.5	35.2	29.8	35.5	33	30.5	33	39.9	35.8	31.6	25	34	29.5	37.5	37.6	28.7
	9	37	25.2	35	24.4	33	36.8	36.8	32.8	29.4	26.2	35.5	30.7	37.2		31.7	34	36.8	35.4	31.2	23.5	34.2	29.1	36.8	38	29.4
	10	35.8	23.4	34.2	22.4	32	36.2	36.9	33.2	29.1	25	35.4	30.4	35.4	31.6	31.1	33.4	34.8	33.4	30.9	23	34.4	27.5	37.2	36.8	29.6
	11	34.6	23.2	32.8	21.6	32	35.8	33.8	31	28.2	22.3	34	29.6	35.2	31	29.8	31	34.8	34.2	30	22	33.8	27.2	36	34.8	28.6
	12	36	23.2	33.6	21.5	31.2	36	36.8	33.6	29.4	23.4	35.5	30.4	35.6	35	30.2	33.6	36.6	35.4	30.6	23.5	33.6	27.9	35.2	35.8	27.1
	13	36.4	23.4	33.2	22	32.3	35.6	36.1	34	29.9	24.4	35.5	30.7	36	32.4	30.3	33.5	37.6	34.4	31.7	25	34.2	28.2	37	36.6	28.3
	14	33.6	21.8	32.8	21.5	32.4	34.4	34.1	31.2	27.6	23.3	33.6	28.7	32.4	29.6	30.1	32	36.3	34.5	29.8	24	31	26.9	35	35.5	27.2
	15	32.8	22.4	27.8	21.7	30	34.6	34.4	31.6	29.6	22.3	33.4	28.5	35.2	29.6	31.6	32.2	35.4	35	31.2	23	33.2	27.3	36	35.2	26.4
	16	35	25.2	34.8	25.4	33.4	34.8	35.5	33	28.9	24.5	34.6	26.9	33.8	32	30.6	34	38.4	34.4	31.4	24.5	33.6	29.2	35.8	35	27.8
	17	33.5	23.6	32.4	22.8	32.2	34.4	34.2	31.8	28.6	22.2	33.5	29.1	33.4	29.6	31.8	32	35.2	35.2	27.6	23	32.2	27.6	36	35	28.2
	18	31.2	21.6	30.2	21.2	29	34.4	33.4	28.6	27.2	21.2	31.2	27.2	33.2	29	29	29.5	32.7	31.4	28.5	23.5	32	27	32	32.6	26

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	ESTACIONES METEOROLÓGICAS																								
	GUJIA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
19	33.8	25.4	32.2	20.6	32	34.6	35.2	31	30.1	23.4	33.8	29	33.2	30.4	28.6	32	36.4	33.6	30.4	23	32.8	26.7	35	35	28.4
20	34.4	24.4	31.6	20.4	33	34.8	34.5	31.2	30.4	23.3	33.2	28.8	34.4	31.6	28.7	33.5	36.8	33.5	30.8	24	33.8	27.9	35	35.6	27.3
21	34.5	22.6	32.2	21.4	32.5	35.6	35.6	32.4	28.8	23.4	34.6	29.1	34	31.2	29.2	32.5	36.2	33.6	30.7	23	33.4	28	34.8	34.8	26.9
22	34	21.4	32.8	21.3	31.4	34.8	35.3	31.6	29	23.4	34.4	29.3	33	31	28	32	34	33	30.6	23	33	28.2	35.2	34	25.6
23	34.6	23.8	33.6	23.8	34	35.4	36.1	33	30	23.3	35	29.7	35.2	33.2	30	33.6	34.9	32.8	32	26	33.6	27.2	36	33.8	27.6
24	30.5	20.4	29.6	21.9	30	31.4	32.1	29.8	30.4	20	29.8	27.3	35	30	31.3	29.5	33	31.2	30.2	23	30	26.6	34.2	31.5	26.9
25	34.6	20.6	32.2	21.2	25.4	34.4	34.8	31.2	30.1	20	27	28.8	33.8	30.8	30.6	32.5	24.2		23.5	23.5	28	27.4	34.2	31.4	23.5
26	34.2	22.6	32.6	22.4	33	35.4	35.9	33.2	31.3	21.2	35.5	29.2	34.2	31.6	32.5	33.5	34		31.6	25	33.2	28.6	36	32.8	27.2
27	34.4	22	32.8	23.2	32.5	33.6	35.9	30	29.1	22.2	34.5	28.9	33.4	31.2	28.9	33.2	34	32.6	30.6	24.5	33.2	26.1	34.2	31	24.7
28	32.4	20.6	29.8	20.2		33.8	33.6	30.2	27.2	23.3	32	28	33.2	29.2	29.4	31	33.4	32.4	29.2	22	33.8	25.8	33.2	34.2	25.1
29	30.6	21.2	30.6	19.4	27	32	32	27.4	24.4	23.4	31	26.4	32	27.6	25.7	27.6	26.8	26.2	26.6	22.5	28.8	23.3	33	34	23.6
30	30	18.6	35	20.4	27	32.2	31.8	28.6	25.2		30.8	26.7	30.4	25.6	24.8	26.2	31.4	31.2	28	22	29.4	25.3	32.2	34.2	25.2
31	31	21.6	27.8	19.6	29.4		34.3	29.6	25.4	19.5	33	27.1	32.5	28.2	27.9	29.5			28.8	23	30.8	25.8	30.8	31.4	25.2
1	32	22.4	30.4	22	28.4	34	33.4	30.6	27.2	25	32.8	29.1		29.6	30.1	30.5	30.4		28.6	22.5	32	26.2	32.2	31	27.8
2	35.5	21.2	31.8	22.2	30	34.6	35	30.8	27.4	23.4	34.6	30.1	34	29.4	32	32.4	29.6	28	30	23	33	24.9	33.2	34	28.2
3	34.6	22.6	33.8	23.4	31	35	35.6	31.8	29.2	25	34.5	30.7	34.8	31.2	30.1	31	32.4	34	30.2	23	33.6	26.6	34	32.8	28.6
4	34.5	24.3	33.4	22.1	33	35.6	36.1	33	30.4	23.4	34.8	29.6	35.5	31	31.7	33.4	36	34.2	31.5	25	34	29	32	34.6	28.3
5	34.3	25	33.6	23.3	33.4	35.8	35.6	32	29.1	25	35	29.7	34	30	30.2	33	35.7		31	24	34.4	27.3	32.6	35	28.7

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
6	35.4	24	34	22.6	33.4	35.8	36.8	33.2	29	23.4	36	30.5	36.5	32	31.3	33.2	35.4		31.6	25	35.4	28.1	33	35.2	27.8
7	34.1	23.4	31.6	21.2	29.4	35.2	35.3	30.2	27.4	23.3	34.6	29	33	29.6	32.5	31.5	33.5		29.8	23	32	27.4	33.8	35.8	27.3
8	34	23.6	32.8	21.8	31.8	35	34.9	30.6	28	23.4	34.5	29.2	35	30.6	29.6	32.5	34		29.8	22.5	33.6	26.5	32	36	26.8
9	33.6	25.6	32.8	21.8	31.8	34.8	35.2	31.2		28.4	24.4	34.2	28.3	34.2	30.6	30.1	32	34.2	29.8	22	33.2	27.8	33.4	36.8	26.6
10	34.2	24.2	33.2	23.5	32.8	36.6	35.4	31.6	30.1	23.3	34.8	29.7	34	31.8	30.8	33	35.4	34.4	31.8	27	32.6	28.6	34.8	33.8	27.4
11	35	24.6	33.4	23.8	32.2	37	35.6	33	32.2	23.4	35	30.4	35.2	32.2	32.9	33.5	37.2	34.6	32	26	34.6	29.9	33	34.2	29
12	33.5	23.8	32	22	32.2	36	35.1	31.4	31.1	24.4	34.2	28.7	34.4	30.6	31.9	33.2	35.7	34	31.2	23.5	32.8	28	34	34	28.7
13	29	22.8	28.6	20.2	26.8	34.6	33	30	27.4	20	31.5	24.9	32	26.8	30	27.5	34	33.2	28.6	21	32.6	26.8	33.4	33.4	25.4
14	32.8	24.4	31	21.4	33.2	35	33.2	31.2	28.7	23.3	33	27.5	32.6	29.6	30	32.5	34.3	34.6	24.6	25	33.6	29.2	35	34	27.2
15	35.3	24.2	33.4	23.7	33.2	37.2	36.5	32.4	31.7	24.5	35.5	30.1	34	32.4	29.9	34	36.4	33.5	31.5	26.5	34	29.9	37	34.6	29.5
16	35.2	25.8	33.2	22.3	33.4	37.8	36.2	32.8	30.6	25	35.5	30.1	34.7	32.6	30.5	34.5	35.8	34	31.8	25	34.4	28.3	35.2	34.8	28.7
17	34.4	25	32.6	23.2	33.4	36.3	35.8	32.2	31.8	25	34.6	28.8	34.5	31.4	31.8	32.8	36	34.2	32	27	34.6	30.2	37	34.6	29.5
18	35.6	25.6	33.2	23	33.4	37	37	33.6	32.4	26.2	36.2	30.7	36.2	32.4	32	34.5	38	35	33.4	27.5	35	31.4	38	35.2	30.2
19	36.6	26.2	34.6	24.2	35.2	36.6	37.8	34	32.9	24.5	36.5	31.4	35.8	33.2	33.5	35	38.4	35.8	33.4	28	35.6	31.3	39	36.4	30.6
20	36.6	26	33.6	25.2	32.6	37.8	37.4	33	32.5	25	35.5	29.5	34.5	33	32.8	34	38.2	35.8	33.4	27.5	34.2	30.7	38.2	37.2	30.4
21	35.4	25.2	32.2	23	32.6	36.4	35.8	31.6	31	24.2	34.8	29.5	34	31.4	31	33	36		31.8	28.5	34.2	29.6	35.2	36.8	29.2
22	33.9	24	30.4	21.4	32.8	36.8	35.7	32	29.6	24.4	33	28.2	32.6	28.6	31	32.2	34.2	36	31.3	25	36	27.2	34.2	36.6	27.5
23	34.7	24.6	32.8	24.4	33	37	36.6	32.4	31.9	23.4	35.2	29	34	31.6	31.8	33	36	34.4	32.6	26	35	29.9	36.2	36	29.4

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUJIA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
24	34.9	24.8	32.2	24.2	31.8	36.6	35.8	31.6	30.9	23.4	34.8	28.5	34.2	31.2	31.1	32.5	35.5	34.8	31.3	25	34.4	28.4	36	34.2	28.7	
25	35.7	25	33.4	24	33	36.8	37.3	32.8	32.3	24.4	35.5	29	34.6	32.2	31.5	33.5	36.8	35.4	32.6	26.5	34	30	37.2	35.6	30	
26	33.8	23.6	31.6	22.8	33	35.2	34.2	32.4	31.3	23.4	35.4	29.4	34.6	31	31.9	32.5	35	34	32	25	34.2	29.8	36.4	33.6	28.8	
27	33.5	23.6	30.8	22.7	32.4	36.6	35.6	32	31.6	21.2	35.5	30.1	36.5	31	32.9	32.5	32.4	35	32.2	24.5	35.2	29.2	36	34	28.8	
28	32.5	21	30.4	21	32.8	37.4	36.3	33.2	31.4	21.2	35.5	28.1	36	30	33.6	32.5	37.7	35.4	32.2	23	36.2	30	37	34.2	30.2	
29	32	20	30	20.5	32	35.8	34.4	31.4	30.6	20	34.8	26.9	34.6	30	32.6	31.5	35.4	33.8	31	22	35	28.6	36.2	34.4	28.2	
30	33.4	25.4	32.2	24.8	33.4	37	36	33	31.9	24.5	36.5	30.2	34.8	31.6	30.8	33.5	38	37.4	33.4	26	35	30.4	37	34.8	30	
JULIO	1	32.9	24	31.2	23.8	33.4	35.2	34.9	32.4	30.5	23.3	34.6	29.8	35	30	31.6	33	37.4	34.2	32	23.5	34.6	29.2	36.2	34.2	29.4
	2	34.2	25.4	33.4	25.2	33	36.2	36	32.2	32.1	24.4	34.5	29.8	35.4	32	32.3	33	37.5	35.4	32	26	35.2	29.8	36.2	34	30
	3	33.7	25.4	32.6	24.4	33	36.8	36.3	33.6	32.6	23.4	36	30	37.4	31	32.8	33.5	39.5	35.4	34	27	36.6	30.4	37.2	35.8	30.4
	4	35.2	25.2	33.2	25.4	33.8	37.2	36.9	32.6	32	23.4	35.2	30.3	35.6	32.6	31.8	33.5	37.8	34	33.4	26	34.6	29.8	36	35	29.7
	5	35	25.6	33.2	23.8	34.2	33.6	36.3	33.2	32.6	14.5	36	30.8	35.5	32.6	32.7	34	39.7	35.2	32.4	28	34.8	30.5	37.2	35.4	30.2
	6	34.9	24.4	33.6	24.6	32.8	36.6	36.8	32	31.9	24.4	36.2	30.2	35.4	32.4	32.7	33.6	37.2		32.4	24.5	35.4	29.2	36	33.8	28.4
	7	35	25	33.4	23.5	33.8	36.8	36.4	33.2	32.4	24.5	37	31.3	36.2	33.4	32	34.5	38.9	35.2	33	26.5	35	30.7	37	36.6	29.8
	8	33.5	25	31.8	24.6	32	36.2	36	31.2	29.4	25	34	28.7	33	30.2	30	33	34	35.4	30.5	25.5	33.6	27.6	37.2	31.2	28.4
	9	21.4	14.6	20.2	13	18.9	23.4	22	17.8	20.9	12.2	21.4	16.4	24	20	21.5	20.5	22.9	33.8	28.4	22	29	26	36.2	31.6	27.4
	10	34.8	24.8	32.4	22.4	33.8	35.6	34.8	31.6	30.7	25	34.5	29.2	33.6	30.2	30.1	33	38.5	36.2	32.2	25.5	33.8	29.8	36	33	28.8
	11	35.6	24.8	32.8	23	33	36.2	35.8	31.4	30.5	24.5	35.2	29	34.2	31.6	30.6	33.2	36.6	33.6	31	25	33.6	28.5	37	35	28.7

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
12	33.9	24.2	30.8	22	31.4	35.6	34.3	30.8	29.9	23.4	34.5	28.2	35.2	29.4	30.1	31.6	34.6	33	30.8	22	33.8	27.5	36	34.4	27.9
13	34.5	23.6	32.4	21.2	32.8	36.4	35.3	31.8	30.2	24.4	38.8	28.4	34.6	30	29.4	32.5	35.9	34	31.6	24	34.2	29.1	35.2	34.2	28.5
14	35.4	23.4	32.2	21.4	32.4	36.6	35.1	31	29.9	23.4	35	28.8	34	32	29	32.2	36	34	31.1	25.5	34.6	29.1	37	34.8	28.2
15	35	23.8	31.8	23.6	31.6	34.6	34.1	31.4	31.4	23.3	34.2	29.1	34.5	30.4	29.2	32.2	36.6	33.8	32	25	34.4	29.3	36.2	34	27.9
16	31.9	23	30.8	23.2	31.8	34.8	34	30.8	28.5	24.5	33.6	27.7	34	31	30.6	31.5	35	34	30.2	24	34.8	28.6	36	34.8	27.7
17	34.2	23.6	32.4	23	33	36.2	35.6	32.8	31.8	23.4	36.5	30	33.7	32	30	33.5	36.4	35	32.4	26	34.4	28.9	37	34.6	29.7
18	33.7	23.5	32	22.6	31.8	35.8	35.2	31.4	30.6	22.2	34.5	28.2	32.5	30.6	30.2	32.5	35.4	34	30.4	25	32.8	29	36.2	33.8	29.3
19	34.5	24	31.4	24.6	33	35.8	34.9	33	31.9	23.4	36	29.8	34.5	31	31.5	33	37	35.4	32.6	25.5	34.6	29.3	36	33.6	29.5
20	35.5	24.6	33.4	24.5	32.8	35.2	34.5	32	32.1	24.4	35	29	35.2	32	32	33	36.6	35.4	32.2	26	34.6	29.3	36.4	34	28.4
21	35	24.8	32.6	23.5	32.8	37	35.8	33.6	32.6	24.5	36.6	30.4	35.8	32	33	34	37.5	36.6	33.2	27	35.2	30.2	37.2	34.2	30.2
22	33.2	23.4	31.4	24.2	32.4	35.4	35	31.4	30.6	22.3	34	28.2	33	30.4	30	32.6	36.4	34.4	31.2	25	33.6	28.3	35.8	34.8	28.8
23	36.4	25.2	33.2	24	33.4	36	35.8	32.8	32	23.4	36	29.5	34.6	32.4	30.6	34	36.4	34.6	32	26	34.8	29.5	37	35.2	29.3
24	33.8	24.4	31.6	21.8	31.3	35.2	34.2	30.6	29.4	24.4	33.5	28.2	33.5	30.6	28.2	32	35.2	35.2	30.6	25	33.8	28.2	37.2	35	28.8
25	35.5	24.2	33.2	24.3	33.4	36	35.8	32.2	30.6	23.4	35	29.1	34	31.6	29.9	33	35	34.4	31	26.5	33.6	29.5	36	33.2	28.8
26	33	23.6	32	22.5	32.2	34.8	34.1	31.4	29.6	21.2	34.5	29.5	34	28.6	30.8	32	35	33.4	31.8	24.5	33.6	28.8	35.2	33	28.5
27	34.2	24.2	32.2	24	32.8	36.2	35	31.8	31.9	23.4	34.6	29.4	33.5	31	31.4	32.5	36.6	34.4	31.6	25	35	29.2	36	34.2	28
28	34.5	23.8	33	23.5	33.4	36.8	35.8	32.8	32.3	22.2	35	29.1	34.6	31	32.5	32.5	37.8	34.5	32.5	25.5	35.2	29.2	35.4	34	29.2
29	21.1	14.1	19	14.4	21	22.6	22.5	18	21	14.4	21.4	19.8	25	20.4	23.1	20.5	22.5	35.6	31.8	26	34.4	29.6	36.2	35.4	28.8

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																									
	GUJIA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAFES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
30	35.3	23.2	32.8	22.8	34.8	36	35.8	32.6	31.1	22.2	34.8	29.7	35.7	31.4	31.5	33	35.4	36.4	32	25	34.8	29.1	35.2	35.2	27.4	
31	34.2	23	32.6	22.6	32	35.2	34.9	33.4	31.6	21.2	34.2	28.4	35.2	31	30.9	32.5	37.6	37.5	24.6	25	34.4	30.4	36	35.4	29.4	
AGOSTO	1	35.5	23.2	33.4	22.5	33.4	35	35.1	32.6	30.6	24.4	34.6	29.5	35.6	32.2	30.2	32.5	37.2	36	31.6	26	35.4	30	38.2	35.6	30.2
	2	36	24	34.2	25.2	33	36.2	35.5	33	30	25	36	31.6	35.6	32.4	29.3	33.8	35.2	35.2	32.8	27	34.4	28.6	36.4	35.4	28.7
	3	35.5	24.8	33.4	23	33.2	36	35.9	31.6	29	24.4	34.8	30.4	34.4	31	30.3	33.5	34.7	34.4	30.8	26	33.8	27.2	36.2	34	27.9
	4	35.2	25	33	23.5	32.8	37	36.7	32.8	30.9	24.5	35.5	30.2	33.6	32.6	29.2	33.5	35.8	34.8	31.6	26.5	34.2	29.1	35.3	34	29.2
	5	36	24.8	32.8	22.7	32.2	35.4	36.5	32	31.2	23.4	34.5	30.4	33.4	30.4	29.2	33	35.6	37	32	26	34.2	29.8	37	33.8	28.5
	6	35.6	24.6	33.4	23.2	33	34.8	35.1	32.6	30.8	24.5	34.6	30.2	35.2	32.2	32.1	33	36	35.2	33	26.5	34.4	29.6	36.2	34.6	27.9
	7	35.3	24	32.8	23.3	32.6	34	35	31.4	29.9	24.4	32.6	29	34.4	32	29	32	34.6	34.2	30.8	25	33.4	28.6	36	32	27.6
	8	31.5	20.4	30.2	22.5	29	32.2		30	28.4	23.4	31.8	26.4	30.2	26.5	29.7	30.8	32.4	33	28.4	24.5	30.6	26.4	35	31.2	26.8
	9	33.8	24.8	32.2	22.3	31.4	34	34.4	32	29.7	24.4	35.2	28.7	31.8	29	28.9	30.2	35.5	34.2	30.2	22	32.2	27.2	36	33.6	28.7
	10	34.8	23.6	31.8	22.8	31.2	34.2	35.2	32.4	31.9	23.4	34.8	29.9	33.8	30.4	30.8	32.5	37.2	36.4	32.4	25	34	29.6	36.4	34	30.2
	11	36.9	25.4	34	25.4	33	35.4	35.2	33.8	33.4	24.4	35.6	31.2	35.2	33	32.1	33.5	38	36.2	32.4	26	35	30.3	37.4	36.6	30.6
	12	36.5	25.6	33.8	24	33.8	35.2	35.6	33.2	32.7	25	35	30.9	35.6	32.4	30.7	33.8	37.8	35.4	33	27	35.2	30.3	36.8	35	29.6
	13	37.4	24.2	33.6	24.8	33.8	35	36.1	33	31	24.5	36	30.4	35	32.2	28.7	33.5	36.6	37.8	32.2	26	34.2	28.9	37	35.2	29.8
	14	36.7	25.1	33.8	23.2	33.4	35.8	36.4	33.2	32.6	24.5	35.5	29.5	35.6	33	31.5	34	37	36.4	32.4	26.5	35.4	29.9	36.4	37.2	30.2
	15	35.2	23	32.6	22.8	32.2	34.8	36.2	31.2	29.3	24.5	34.5	27.8	34	31	28.4	31.5	36.2	35	29	22	34.4	28.2	37	34.8	28.2
	16	33.6	23.6	31.2	21.2	31.8	33.8	35	30.6	29.5	21.2	34	27.8	33.8	31.6	28.3	30.2	35	32	31	26.5	32.8	27.4	33.2		26.6

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
17	29.3	18.4	28	20.6	27.2	30.2	30	26.6	24.6	19.5	29.5	23.9	30.6	26.2	26.4	26.6	31.4	32.4	25.4	23	31.4	23.1	28	31	26.5
18	30.9	21.4	28.6	22.2	28	32.8	33.3	28.4	25.1	23.4	32	26.6	30	26	25.1	27	32.9	33.2	28.4	23.5	28.2	25.8	32	31.4	27
19	30.1	23.6	30.2	21.6	31.2	33.2	33.6	29.6	27.8	22.3	30.8	27.6	32.4	30.2	27.6	31	33.4	33.2	29	24	31.6	26.7	35	32.4	27
20	31	21.6	30	21.1	28.6	33	33.9	30.6	28.7	23.4	33	27.5	32.2	29	28.4	30.2	32.6	32	30	24.5	31.4	27	35.2	31.2	27.6
21	34.5	23.6	31.8	22.6	33.2	35	35.8	32	30.9	23.4	34.6	29.5	31.6	30.4	28.7	33.5	35.4	34.4	31.2	25	32.6	28.3	36.2	33.5	27.2
22	33.8	24	31.4	22.4	32.8	34.2	34.3	32.4	29.9	25	34.5	29.8	33.4	29.6	30.5	32.8	35.6	35.2	31.6	25.5	34.2	29.5	36.5	33.4	29.5
23	34.8	24.4	32	23.8	31.8	34	35.2	33	30.6	24.4	35	29	35	31.8	31.8	32	35.6	35	31.6	26	35	28.5	35.2	34	28.8
24	35		33	22.8		34	35.4	32.6	29.7		35.6	30.3		31.6		35.5			31.4	27	35.2	28		34.4	27.4
25	35.3	24.6	33	24	33	34.4	35.2	32.2	30.8	24.5	34.6	29.6	35	32.6	30.2	33	35.2	36	31.8	27.5	33.6	28.5	36	34.6	28.9
26	34.5	25.4	32.8	24.8	32.4	34.2	35.6	32	30.9	26.2	34.6	29.4	34.5	32.6	31.6	33	36	35.8	31.8	27	34.6	29.5	36.8	35.2	29.4
27	35	24.6	33	23.4	33.2	34.4	35.3	32.4	30.6	24.5	34.5	29.7	33.2	30.6	31.2	32.5	36.6	35.6	31.6	26	34.6	29.7	36	36.2	28.8
28	35.2	24	32.8	23.6	33	33.2	35.5	32.8	31.2	24.4	35	29.6	35.2	32.6	31.8	33.2	37	35.6	32.2	26.5	34.2	29.6	35.8	35.8	29.8
29	35.6	25	33.4	24.6	32.4	34.2	34.8	33	32	23.4	34.8	30.5	35	32.4	31.8	33	37	34.4	24.2	27	34.6	30.3	36	35.4	29.3
30	35.5		33.2	23.6	32.8			31.8	29.1		34	28.9		31.6		32.6			31	26.5	33.8	27.8		34.5	27.4
31	35.1	24.6	32.8	23.2	32.6	34.6	35.7	32	28.4	24.4	34.5	28.8	34.5	31.4	30.4	32.6	35.2	35.4	30.6	26	33.8	27.6	36	34	28

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	ESTACIONES METEOROLÓGICAS																								
	GUJIA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
1	34.2	24.4	32.2	22.6	32.8	36.6	34.8	31.2	29.2	24.4	34.2	29.4	35	31	31.4	32.5	34.5	34.2	31.8	23	34	28.4	35.2	34.4	28.3
2	35.8	24.8	33.4	23.5	33	36	35.2	32.6	30.2	25	34.6	29.8	34.8	31.2	31.3	33.5	35.3	35	31.6	25.5	34.4	29	36	33.2	29.3
3	33.9	22.6	32.8	24.2	32.8	32.4	34.6	32	28.7		33.8	28.7	35.5	31.4	30.6	32.2	35	34.4	30.3	26.5	35	28.2	34.2	32.8	28.5
4	34	24.6	32.8	24.6	32.6	34.6	34.9	31.8	29.9	23.4	33.5	29.6	35	32.6	29.6	32.5	34.2	35.4	30.8	26	34.2	27.7	35.8	33.2	28.5
5	34.3	24.6	32.4	24.2	33	34.2	35.2	32.4	31.2	24.5	34	28.7	34.5	32.4	30.6	32.6	36	35	31.6	27	34.2	29.1	36	34	28.5
6	34.5	24.6	32.2	22.8	33	34.6	34.9	32	31.4	22.3	34.5	28.6	34	32.2	31.2	32.6	35.6	34.8	31	26.5	33.2	29	35.2	33	27.6
7	33.4	23.6	31.4	23.1	32.8	32.4	35	32.4	31.1	23.4	34.6	29.4	35	31.6	32	32.5	36.6	36	32.4	25.5	33.4	29.6	28.4	33.4	28.9
8	33.5	20.8	31.8	23.4	30.2	34.6	35.2	32.6	29.2	24.4	34.8	29.3	32.8	30	30	32	36.2	36	31.6	24	32.8	28.3	36	34.2	28.8
9	34.9	23.6	32.4	23.6	32.2	35.2	35.4	31.4	29.9	25	34.2	29.2	33.5	32.2	29.9	32	34.4	33.6	30.2	26	32.4	26.9	36.2	32.6	28.2
10	33.4	24	31.2	23.2	31.2	35	33.7	31.8	30.4	23.4	33.5	28	34.5	32	30.7	32	35.7	33.5	30.8	26.5	33.8	28.3	35	32	28.7
11	33.4	23.4	32.2	23.7	33	33.4	32.6	31.2	29.6	23.4	33	29.2	35.4	32	31.5	31.5	35.2	36.2	30.4	26	33.4	29.1	35.2	32.8	28.3
12	35	23.6	32.8	24.6	33	35	33.7	33	30.6	24.4	35	29.4	33	32.6	32.1	32.5	35.6	29	30.5	26.5	34	28.9	35.8	31.6	28
13	35	24.4	32.4	24	32.4	35.2	35.2	33.6	29.8	24.5	34.2	28.7	35.4	33		33	36.6	34.8	32.2	25.5	34.4	29.5	36	32.8	29
14	34.6	23.8	32.4	23.5	32.4	35.8	35.3	32	31.6	24.5	34	29.4	34.8	31.6	29.5	32.5		35.8	31.4	25	33.6	29.5	35.8	33	28.2
15	33	22	33.4	23.5	32.4	34.2	35	31.8	31.1	23.4	33.4	29.5	34.6	31.4	30.4	31.5	34	35.2	31.5	24.5	32.8	27.4	36.2	34	28.7
16	32.4	22.6	31.8	20.6	30.4	31.4	31.5	32.4	28.4	21.2	30.6	25.9	32.8	30.2	30.1	30	32.8	33	29.8	25	32	26.2	34.6	31.8	27.7
17	32	21.6	30.8	21.6	27.4	35	34.1	30.8	26.5	22.2	31.6	26.1	32.2	27	28.2	30	34	32.6	28.4	23	30.8	26	34	32	27.3
18	34.1	23.6	32.6	23.4	33	35.6	35.3	33	30.6	23.4	34.5	29.9	34.3	31.6	29.9	33.4	34.6	35	32	25	33.8	27.9	35	32.8	28.3

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	ESTACIONES METEOROLÓGICAS																									
	GUJIA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAFES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
19	34.5	24	33	24	32	35.8	35.1	32.6	29.2	24.5	34.5	29.4	34	32.6	29.5	33.4	34	34	31.2	26	34	28.1	35.4	33	27.8	
20	35	22.8	32.4	22.6	33	35	34.8	32	28.9	23.4	33	28.8	33.4	32	30.5	33.2	31.5	33	31.4	25.5	33.6	26.9	35	31.5	28	
21	32.9	20.6	30.8	20.3	30.7	34.4	32.6	29.2	26.9	22.3	32.4	26.4	31.8	30	28.1	29.5	32.2	30.4	29	23	32	25.2	35.8	30.8	25	
22	32.1	20.4	31	21.5	30.2	32.4	32.7	29.2	26.7	21.2	31.8	27.2	31	28.4	29	31.2	32	31.8	28.6	23.5	32.2	25.8	35	31.4	25.2	
23	33	22.8	31.6	22.6	31	34	34.6	30.8	29.1	23.4	33.2	27.2	33.4	29.4	29.2	31.6	33.5	33.5	30.2	22	33.2	25.4	34.2	32.6	26.6	
24	33.3	21.4	31	21.2	31.2	34.2	33.6	31.6	27.6	23.4	33.8	28.5	33.6	29.6	29.3	31.4	33	31	30.4	22.5	33.8	26.6	33.2	32.5	27.4	
25	33.2	22	30.4	21.2	30	34	33.9	28.8	27.8	21.2	32.5	28.2	30.1	31.4	25.8	29.2	30.4	32	27.5	21	28	24	32	32.1	25.2	
26	32.9	23.6	31.8	23.4	32	33.6	33.9	31.2	29	24.4	33.2	26.8	33.5	31	29.2	32.5	33.6	32	22.6	25	32.2	26.4	33.6	31.8	26.6	
27	32.3	23.2	30	22.4	29	33.4	33.2	30.8	28.4	21.2	32.8	27.3	31.5	28.4	27.8	29	32.2	31	29	23.5	32	26.1	34.2	31.5	26.8	
28	30.9	21.2	29.6	19	27.4	33	33.1	30	26.4	23.4	31.5	26.3	31.6	28.6	27	29	30.5	31	26.2	22	31.4	25	30	32	25.2	
29	32.5	22.6	31.6	22.6	29.4	34.2	33.1	32.6	29	25	32.6	28.4	32	29.6	28.8	31.4	33.5	31	29.8	25	31	28.6	34.5	32.4	28.4	
30	34	23.2	32.6	23.2	32.4	35	34.7	31.8	31.3	24.5	34.5	29.4	35	31.2	32.2	33.4	34.8	35	28.6	26	33.4	28.8	35	33.6	28.3	
OCTUBRE	1	32.5	20.8	30.2	22	30	33.4	32.2	28.6	25.4	22.3	33.6	27.1	28.9	28	28	30	32	31.4	27.2	23	28	25.8	32	31	24.3
	2	32.8	20	29	20.8	30.8	31.4	33.4	31	24.5	22.2	32.6	28.4	31.6	28.2	25.9	31	31.6	30.4	29.4	22	31.6	24.3	32.2	31.6	24.5
	3	32.9	20.6	31.6	20.6	31.2	34.4	33.7	31.4	27.8	20	33	28	32.5	30.6	26.5	32	32.8	31.4	29	21	32.4	25.5	33	32	24.7
	4	32.2	20.6	31	20	29.8	35.2	34.7	31.6	27.5	24.4	32.8	27.3	32.6	28	29.8	31.4	33.4	32	30	22	33	26.2	33.2	26.2	27
	5	33.9	20.8	32	23	32.4	35.4	35.8	32	28.6	24.5	34.4	29	33.2	31.4	28.5	33	33.9	34.4	31	24	33	26.6	34	31.2	28.1
	6	34.4	22	31.6	21.7	32.2	35	34.2	31.8	29.1	24.4	33.4	28.8	34	30.4	30.2	33	33.2	32	29.2	23	33	27	34	31	27.8

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
7	30.5	20	30	21.2	28.2	34.6	34.1	30.6	28.4	20	31.5	26.1	32.2	27.6	29.8	30	33	31.6	29.6	22.5	32.8	26.3	33	31.6	26.2
8	32.1	22.6	31	21.6	30	34	34.2	31	29.9	22.3	32.8	26.5	32.8	28.6	29.6	30	33.1	32	26.6	23.5	32.4	27.3	34	32.2	26.3
9	33.9	24	31.6	22.9	31.8	34.2	35.1	31.8	29.2	24.4	33.5	27.9	32.4	28.6	28.9	30.5	33.2	33.4	29.6	24	32	26.9	34.6	32.6	26.5
10	33.9	21.8	32.4	23.1	31.2	34.4	33.9	32.2	27.4	24.4	33.4	28.8	33.9	31	29.6	32.4	33	34	29.9	25	33.2	27.4	34	33	27.2
11	34	22.4	31.4	22.2	32	34.6	33.7	31.8	30.1	21.2	32.8	29.1	34	31.2	30	32.2	33.8	26.6	29.8	24	33.4	28.6	35	32	27.2
12	33.8	21.6	31.8	22.8	31.4	34.8	33.9	31.6	29.6	22.3	33.6	28.2	33.5	31.6	28.1	32	33.6	34.8	30.8	25	32.4	28.1	35.2	30.6	26.7
13	31.8	19.6	31.8	22.5	30.4	36	34.2	31.2	29.4	20	33.6	26.7	33.5	31	29.7	32.5	33	33.4	30.3	23.5	32.8	27.5	34.8	30.2	26
14	31.4	19.6	29.6	21.6	31	31.2	32.4	28	26.1	18.4	32.4	25.7	30.8	29	29.3	31	29.4	27.4	28	22.5	32	23.6	32	26.8	23.5
15	25.1	16.8	22	16.6	23	27	26.7	23	20.6	16.2	25.8	20.6	27.5	22.6	21.7	24.5	26.6	27	22.4	21	25.6	20.6	30	26	21.3
16	30.3	20.6	27.8	20.4	27.2	33	32.8	28.6	26.1	21.2	29.5	26.8	28	27.6	25.8	28.8	31.2	32.2	26.8	22	28.4	25.8	32.2	30.6	25.9
17	32.8	21.6	30.4	23.4	31.4	34	34.4	31.6	27.2	25	33	28.7	32	28.8	28.4	32	32.9	32.2	28.8	22.5	31	27.4	34	31.4	27.2
18	32.6	21.8	31	22	30	33.8	34.2	31.4	28.6	24.5	32.6	28.4	32.9	29.6	28.5	32	33	33	29.4	25	31.4	26.8	35	33	26.2
19	33	22	31.8	22.6	30.4	34.2	34.5	32.6	29.1	25	33	28.4	33	29.8	29.2	32	33.6	31.6	30.2	24.5	32	26.2	34.9	33	27.2
20	32.8	21	31	22.4	31	35	33.8	31.4	28.3	24.5	32.5	28.3	34	30	31.3	31.5	34.1	33.4	30.4	24	32.8	27.2	34.6	33	27.7
21	32.9	20.8	31.2	22.6	30.4	33.6	34.2	31	28.1	23.4	32.6	27.6	32.4	29	30	31.5	31.8	32	29	23.5	31.6	24.2	33.2	32.2	26.9
22	32.7	20.8	30	21.2	28.6	33.4	33.2	28	25.9	22.3	32.2	25.6	32.2	29	27.1	31.6	30.7	29.4	29	23	32	25.2	34	30	25.1
23	31.9	21.2	30.2	22.2	27	34.2	33.6	30.2	28.4	23.3	32.4	26.4	31.4	28	28	29.5	33.1	31.2	29.6	24	32	26	35	32.4	26
24	32.7	22	30.6	20.8	30.2	34	34	31.2	28	23.4	32.5	27.2	33	29	30.6	30.5	33	33.4	29.2	23	32.4	26.6	34.3	32.4	26.7

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019																										
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUEENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
25	32.6	20.6	30.8	20.6	29.4	34.6	33.6	30.4	27.4	24.4	32.2	27.1	33.2	28.8	27.8	32	32.5	30.8	29	22.5	32.6	26.5	34.4	31.6	26	
26	32.6	21.8	30	21.2	30	35	33.2	30.8	28.6	24.4	32.4	26.9	33.5	30.4	30	31.2	33.3	30.8	29.6	24	32.2	26.8	34	32.4	27.3	
27	33.9	22.6	32	23.8	32.2	34.8	34.1	31	27.2	24.4	33.6	28.6	33.6	31	29.6	32.8	32.6	31.4	30	24.5	33	27.1	34.2	31.6	26.5	
28	33.6	22.8	32.2	23.4	29.2	35	33.6	30	27.7	23.4	32.6	27.7	32.4	30.4	29.7	32	33	32	29	25	32.2	26.9	32.2	32	26.5	
29	33.3	22.4	31.2	22.2	30.8	34.2	33.4	30.6	28.3	23.3	32.5	28.4	34.3	30.6	32.5	32	32.8	34.2	29.4	24	33.2	26.5	34.6	32.4	27.2	
30	33.4	22.6	31.4	21	31.2	34.6	34.3	31.6	29.1	23.4	33	28.6	34.2	31.2	30.9	32	33.6	33.2	30.3	25	33.4	27.4	35	33.2	27.8	
31	33.4	22.2	31.8	22.8	30	34.2	33.7	31.8	29.9	22.3	33	28.1	33.6	31.2	29.8	32	33.5	33.2	30.4	24	33.6	27.7	34	33	26.4	
NOVIEMBRE	1	32.2	21	31	21.2	31.4	34.8	33.8	32	29.6	19.5	33	26.4	33.5	29.6	29.6	31.4	34.2	33.4	30.6	23.5	33.2	27.4	35.2	33.2	27.1
	2	31.8	18.4	30	18.6	30	34.2	33.2	31.8	29.9	19.4	32.5	24.4	30.2	30	31.2	34.4	33	30.2	23	33.4	27.8	36	32.8	27.7	
	3	31.2	18.2	30.8	17.4	29.6	35.4	33.6	32	29.8	17.2	33	24	34.2	30.6	29.7	28.8	34.3	33.6	30.4	22.5	33.6	28.1	35.2	33.4	26.9
	4	33.7	21	31	21.8	31.4	34.6	33.4	31.6	30.6	21.2	33.6	28.5	34	30.6	30.9	32	34.4	35.2	30.6	24	33	28.3	35	32.6	27.1
	5	34.1	19.6	30.6	20.5	30.2	34.2	34.4	32.4	29.9	21.2	33.8	28.2	35	30.4	31	32	34.4	34.6	30.6	23	33.8	27.7	35.2	32.8	27.4
	6	32.3	19.2	29.8	20.8	29.6	34.6	33.6	32	30.4	19.5	33.8	27.7	34.9	29.6	31	31.2	34.8	35.4	30.4	22.5	34.4	27.6	36	34	26.8
	7	23.8	20.2	31	21.2	30.9	35	34.5	32.6	30.7	21.2	34.5	28.7	36.2	30.2	31.6	32	35.9	35.8	30.8	24	33.8	28.1	35.8	33.4	27.8
	8	31.5	17.4	29.8	19	30.2	35.2	34.8	32.4	30.5	17.3	34	24.7	35.5	30	31.8	31.6	36	36.4	30.4	22	34.4	28.6	35	34.6	26
	9	32.5	19.6	30.6	19.2	29.2	34.8	34.8	31.8	29.6	19.4	32.8	26.1	35.4	30.6	31.3	31.5	35.6	35.4	30.2	23	35.6	28.1	35	34	26.1
	10	33.1	19.6	30.4	19.3	31.4	35	35	31.2	30.1	18.5	33.6	25.7	36	31.6	31.3	31.5	35.3	35.4	30.8	24	34.2	27.8	36.4	34.4	26.7
	11	34	20.8	31.6	21.6	31.8	35.2	35.1	32.4	30.4	21.2	34.8	26.9	34.7	32.2	29.5	32.5	34.4	34.2	31.6	23.5	33.6	28.3	36	33.5	28.7

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
12	33	20.4	31.4	20.2	29.6	35	34.1	32	30.3	21.2	33.4	27.9	35	31.6	31	32	34.8	33	31.2	24	33	28.7	36.5	34	27.4
13	24.5	21.4	31.8	21.8	31.4	34.6	34	31.8	30.1	20	33.4	28.3	34.5	32	30.2	32.6	33.7	34	30.8	24.5	33	27.8	36.8	33.7	27
14	34.2	20.2	31.2	21.5	30.8	34.2	35.2	32	30	23.3	33.2	28.7	33.2	30.6	29.3	31	34.4	33.8	30	23.5	32.6	27.1	35	33.4	27.5
15	35.8	21.2	31.2	21.2	22.8	34.4	34.2	31.8	29.7	21.2	34.6	27.9	33.4	30.6	28.6	32.4	33.8	33.2	30.8	24	32.6	27	34.2	31.2	27
16	34	18.4	30.8	19.6	31	34	34.9	31.4	29.4	18.4	33.5	25.1	33.8	31.2	30	31.2	36.6	33	30.2	23	32.8	26.8	35	31	27
17	32.8	20	29.4	22.5	30.4	33.2	34.2	31.8	28.6	22.2	34	25.3	35	31	30.9	31.4	34.4	33.8	29.6	25	33.6	27	36	31.2	27.3
18	32.7	19.6	29.6	21.6	28.8	33	33.2	30.8	27.8	23.4	32.8	26.4	35.3	30.6	30.4	31	33.6	33.6	29	24.5	34	27.1	35.8	31	27.5
19	32.8	19.6	30.4	19.2	28	33.4	32.6	31	28.5	22.3	32.4	27.5	34	30.6	29.5	31	32.3	33.4	29.5	25	32.6	25.7	35	31.8	26.2
20	32.5	19.4	29.8	21.5	28.6	33	32.8	31.2	28.4	23.3	32.4	27.5	35	30.4	30.9	30.2	34.7	34	28.6	23.5	33	26.8	35.4	31	27.5
21	34.2	20.8	31.2	21.2	30	34	34.2	32.8	29.6	24.4	33.5	28.1	35.2	31.2	30.6	31.5	34.6	32.8	30	25	33.4	27	34.8	31.6	27.3
22	34.8	21	32.2	22	30.4	34.2	35	32	29.7	22.3	34.5	28.1	34	31	28.7	33	34.7		30.4	24.5	32.6	27.8	35	33.2	26.8
23	35.5	20.4	32.2	21.1	32	35	35.2	32.6	29.5	23.4	34.6	28.9	34.6	32.2	29.6	33.4	34.8		31.4	25	34	28.2	34.2	32.2	28
24	34.9	18.6	31	20.5	30	35.2	35	31.6	29.1	19.5	34.2	27.4	34	31	32.5	31	35	33	30.4	23.5	31.2	27.6	35.2	33.6	27.4
25	36	21	31.4	23.2	31	35	35.4	32.2	30.1	24.4	34.6	29.4	35	32.6	30.9	33.5	35.5	33.4	29.6	25.5	33	28.6	36	33.8	28.8
26	34.9	20.8	31.8	21.6	30.3	35.6	35.6	31.8	29.8	23.4	34.8	29.7	35.2	32	30.4	33	35.6	35.4	31.4	25	32.6	27.1	35.4	33.6	28.4
27	36.9	22.6	33.4	25	32	36.4	36.6	33.6	31.1	24.3	36.5	30.6	37.5	34.4	32.8	34.8	36.5	35	32.4	27	35	29.5	35	34	30
28	36.4	21.2	32	22	32.4	36	37.1	33	32.8	21.2	36.5	29.7	37.8	32.6	33.2	34	37.6	34.6	32.4	25.5	35.4	29.2	36	33.6	27.7
29	35.3	20.2		20.4	32	36.6	36.9	33.2	30.2	20	36	29	36.3	31	32.8	33.5	37.2		32.2	24	34.4	29.5	34.6		29.4

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	ESTACIONES METEOROLÓGICAS																									
	GUJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
30	35.3	21.2	32	32	31.6	33.4	34.8	31.8	29.6	23.4	35	28.5	35.6	31	31.3	33	35.6		30.8	25.5	33.4	28.4	34	34.8	27.8	
1	34.9	21.6	32.2	22.2	30	34.2	34.6	32.6	29	25	34	29.6	35	32.4	30.8	32.6	36.6	26.6	30.4	26	33.6	27.9	34	35.2	28.2	
2	33.7	18.2	30.4	17.4	29.6	35	35.8	31.8	29.6	18.4	33.2	24.6	35.2	31	30.6	31.5	36.8	36	30.4	23.5	34	28.1	36.2	34	27.5	
3	34	18.2	29.8	19.5	29.6	34.8	34.8	31.4	28.9	21.2	35	26.3	35	31	30.1	31.6	36	34.6	30.1	24.5	32.8	27.1	36	33.8	27.8	
4	35.5	20.6	32.2	23.6	30.6	35.2	35.4	32	29.9	24.4	35.4	29.7	35.3	32.6	31.2	34	35	34	31	24	34	29	34.2	34.2	28.7	
5	35	19.4	30.2	22.2	30	35.6	35.8	32.4	29.4	20	35	27.1	35.6	31.2	31.1	33	36.2	36	30.4	23.5	33.4	28.1	35	34.4	28.2	
6	35	24	31.4	23.2	30.2	36.2	35.6	33	29.4	24.5	35.4	28.5	36	32	31.3	33.5	35.8		31	24	34	28	34.6	34.8	29	
7	35.1	18.8	30.4	20	31	36	36.7	32.4	29.8	19.4	34.8	27.2	35.2	31.2	31.5	33	36.2		30.6	23	35	28.1	35	34.6	28.6	
8	33.5	18.2	29.8	19	30	35.4	36	32	29.6	20	34	25.1	35	31.2	32.6	32.6	36.2	33.8	31.1	22.5	33.8	28.4	34.8	35	28.3	
9	35	20.8	32.2	22.6	31	34	35	31.6	29.1	24.4	34.5	29.1	35.4	32	31.8	33.2	36.8	36	31	25	33.4	27.8	35	34.6	28.5	
10	36	22	33	24.2	23	34.6	35.4	32.8	30.2	24.5	35.2	30.7	35.4	32	31.8	34	37.2	35.2	32	26	33.2	28.3	36	34.4	28.8	
11	36	20.6	32.8	22.2	31	35.2	37.6	33.4	31.6	20	36.5	28.9	36.8	31.8	33.1	34	37	35.2	31.7	25	33.4	28.9	37.2	35.2	27.6	
12	36.3	19.8	31.8	20.6	30.6	35.6	37.2	34	31.4	21.2	36	29.9	37	30.6	32	34	37.6	34.8	31.4	26	33.2	29.2	36.8	34.8	27.5	
13	34.4	19.4	31	22.5	30.8	34.4	35.4	31.6	29.3	21.2	35	27.7	35.9	32	32	33	35.9		30.9	24.5	33	27.9	35	35.4	26.9	
14	34.4	19.6	31.6	20.6	30.3	34.8	35.8	31.4	29.6	20	34.5	28.4	34.8	31.6	30.6	33.2	36		30.8	25	32.4	27.2	37	35	26.8	
15	35.1	20.8	32.4	22.3	31	35	35.8	31.8	30.6	23.4	34.6	28.6	34.9	32.6	30.9	33	36.6		31	24.5	33.2	28.1	36.2	35.4	28.4	
16	36.1	21.2	31.8	22	30.6	35.2	36.6	32.6	30.8	22.2	35.5	29.6	35.2	33	30.2	33	36.6	34.8	31.2	25	33.2	27.2	37.6	35.2	28	
17	35	21.6	32.2	20	32	34.2	36	33	28.1		34.5	26.9	34.6	30.6	29.2	33.5	35.2	33.6	30	24	32.4	26.7	36	36	24.7	

TEMPERATURA MÁXIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUJIA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NUEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
18	34.5	17.8	31.2	17.6	30.2	33.4	36.8	34	30.6	17.2	33.2	26.2	33.4	30	30.2	32	37	34.8	30.6	23.5	32.8	29	36.8	35.8	27.8
19	30	16.4	27.4	14	28	30.2	31.4	29.2	27.6	12.3	27.8	21.5	33.7	29.4	29.4	29.8	34.2	34.4	28.2	21.5	33.4	25.1	35.8	35.4	25.5
20	31.8	15.8	27.6	17.6	29	30.6	34.5	30.2	27.4	19.4	31.6	22.6	34	29.6	30.5	30.5	35.8		29	21	33.2	26.6	35	36	26.4
21	33.7	18.6	28.8	19	30	31.2	34.9	31.2	28	23.4	32.5	23.9	34.6	30.4	31.8	32	36		29.6	22	33.6	27.2	36.3	35.6	26.8
22	35.5	19	30.8	20.8	30.4	33.2	36.5	33	29.8	20	34.5	26.1	36	32	32.4	33.5	37		31.2	26	34.6	28.2	36	35	26.5
23	34	16.2	29.6	17.4	29.2	22.2	36.2	32	30.1	17	33	24.1	35.4	31.6	30.4	32.5	36.8	36.6	30.8	25	34.2	27.6	35.8	35.2	26.3
24	34	19.8	30.6	23.9	29.8	34	35	32.6	29.6	25	34.2	25.1	36.2	32.6	31.3	32.6	36.5	36.8	30.6	26	33.6	28.6	36	35.6	28.8
25	35.2	22	32	24	30	33.4	34.1	32	30.1	24.4	34.2	29.6	34.6	32.4	30.7	34	35	35.6	31.4	25	32.4	28.2	35.2	35.8	27.8
26								32.8	30.6		34.4	30.1				33.6	35		31.3	26	33			35	
27	35.4	21.6	32.2	24.2	32	34.2	34.8	32	30.2	24.4	34	29.6	34.8	33.2	30.4	33.2	35.2	34.8	31	25.5	33	28.3	36.2	34.8	28.7
28	36.7	21.6	33.8	24	31.6	34.8	36	32.6	30.8	25	35.5	29.9	34.6	33.4	32.1	34.5	35.9	34.8	30.6	27.5	32.6	28.3	35	34.6	29
29	36.5	20.8	32.8	24.4	31.6	35	36.4	33.4	29.4	25	35.2	29.9		31.6	31.8	33.5	36.2	35	30.6	25	33.2	28.2	36.8	35.2	29.1
30	37.2	22	34.2	21.6	31.4	35.4	36.7	33	29.2	24.4	35.2	30.5	34.5	32.2	31.5	34.5	36	34	30.8	26	32.6	27.7	35	36	28.9
31	36	19.8	32.4	21.5	33	34.6	36.8	33.6	29.1	20	34.8	27.9	36.2	32	32.8	34.2	37.2	34.4	31.5	25	33	28.6	36	36.4	28.2

Fuente: Página Web: Reporte de datos diarios; Centro Clima, Agrometeorología y Calidad del Aire; Dirección General del Observatorio Ambiental; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN. El Salvador C.A. URL: http://srt.marn.gob.sv/portal/web/index.php?fecha=2019-08-01&rutina=ver_diarios

3.2 Cálculo del promedio de las temperaturas de los 7 días más cálidos del año por estación

Cómo se pudo observar en la tabla 10, se resaltaron en color las siete temperaturas máximas consecutivas más cálidas del año para cada estación. Los resultados se presentan a continuación de la siguiente forma: Nombre de la estación meteorológica, fechas con las temperaturas más altas, datos con las temperaturas registradas en grados Celsius y su promedio.

- Güija
Del 9 al 15 de marzo
37.7, 38.5, 38.5, 39.6, 38.6, 38.2; y 38.9
Promedio: **38.57 °C**
- Finca Los Andes
Del 15 al 21 de junio
24.2, 25.8, 25, 25.6, 26.2, 26; y 25.2
Promedio: **25.43 °C**
- Candelaria de la Frontera
Del 4 al 10 de mayo
33, 34.6, 35.4, 34.4, 34.8, 35; y 34.2
Promedio: **34.49 °C**
- Planes de Montecristo
Del 9 al 15 de marzo
25.6, 25.2, 25.4, 23.9, 25, 24.6; y 24.4
Promedio: **24.87 °C**

- Santa Ana – UNICAES
Del 29 de marzo al 4 de abril
35.2, 35.5, 35.5, 35.6, 35.2, 35.8; y 35.8
Promedio: **35.51 °C**

- Chorrera del Guayabo
Del 7 al 13 de marzo
38.6, 38.8, 38, 38.4, 37.8, 38.2; y 38.4
Promedio: **38.31 °C**

- Cerrón Grande
Del 29 de marzo al 4 de abril
39.4, 40.6, 40.6, 41.2, 40.7, 41.4; y 40.4
Promedio: **40.61 °C**

- Sensuntepeque
Del 22 al 28 de marzo
38.8, 35.6, 36, 36.8, 36, 35.4; y 38
Promedio: **36.66 °C**

- Cojutepeque
Del 6 al 12 de marzo
34.4, 35.4, 35.2, 31.4, 34.7, 34.4; y 35.4
Promedio: **34.41 °C**

- Las Pilas
Del 4 al 10 de mayo
25, 26.2, 24.5, 25, 24.5, 26.2; y 25
Promedio: **25.20 °C**

- Nueva Concepción
Del 10 al 16 de abril
39.4, 38.5, 37.5, 38.2, 39.6, 38.2; y 38.4
Promedio: **38.54 °C**

- La Palma
Del 29 de marzo al 4 de abril
32.2, 32.3, 32.3, 33.7, 31.3, 32.3; y 32.4
Promedio: **32.36 °C**

- La Hachadura
Del 16 al 22 de marzo
38.6, 39, 37.4 36, 36.2, 37.6; y 37.3
Promedio: **37.44 °C**

- Ahuachapán
Del 9 al 15 de marzo
35, 34.4, 35.6 34.6, 33.8, 32.8; y 34.6
Promedio: **34.40 °C**

- Chiltiupán
Del 20 al 26 de marzo
33.2, 34, 34.4, 36.1, 33, 34.7; y 34.7
Promedio: **34.30 °C**

- San Andrés
Del 13 al 19 de abril
36.2, 38.2, 37, 36, 37.5, 35.6; y 36
Promedio: **36.64 °C**

- San Miguel UES
Del 16 al 22 de marzo
40.6, 40.2, 40.3, 40, 39.4, 39.7; y 40.8
Promedio: **40.14 °C**

- La Unión
Del 27 de abril al 3 de mayo
35.2, 36.4, 37.8, 37.4, 36.6, 36.6; y 35
Promedio: **36.43 °C**

- Aeropuerto Ilopango
Del 6 al 12 de marzo
34.4, 35, 32, 33.4, 34.4, 33.8; y 35
Promedio: **34.00 °C**

- Los Naranjos
Del 15 al 21 de junio
26.5, 25, 27, 27.5, 28, 27.5; y 28.5
Promedio: **27.14 °C**

- Acajutla Puerto Nuevo
Del 27 de junio al 3 julio
35.2, 36.2, 35, 35, 34.6, 35.2; y 36.6
Promedio: **35.40 °C**

- Santiago de María
Del 16 al 22 de marzo
31.7, 32.2, 31.4, 31, 31.4, 32.2; y 32.4
Promedio: **31.76 °C**

- **Puente Cuscatlán**
Del 6 al 12 de marzo
40, 41, 41.3, 39.8, 40, 38; y 41
Promedio: **40.16 °C**
- **San Francisco Gotera**
Del 17 al 23 de marzo
39.6, 39.8, 39.2, 39, 38.4, 39.8; y 38.4
Promedio: **39.17 °C**
- **Perquín**
Del 9 al 15 de marzo
31.2, 31.8, 31.8, 31, 30.6, 30.9; y 30.6
Promedio: **31.13 °C**

3.3 Cálculo de la temperatura máxima de diseño del pavimento por medio de la fórmula del programa LTPP para cada estación

Para cada una de las estaciones meteorológicas que hemos analizado, calcularemos la temperatura máxima de diseño del pavimento, la cual nos servirá para obtener la clasificación PG del asfalto que la zona de influencia de la estación requiere; por medio de la tabla 1 de la norma AASHTO M320. Para calcular tal temperatura, utilizaremos la fórmula del modelo LTPP de Mohseni y Carpenter de 2004, la cual se presenta a continuación.

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837T_{maxair} - 0.0029Lat^2 + z\sqrt{\sigma^2 + \delta_{modelo}^2}$$

Para nuestro caso, despreciaremos el valor de la confiabilidad y los datos estadísticos de la desviación estándar y el valor de error del modelo; debido a que, el dato de confiabilidad se utiliza cuando se obtienen veinte años de datos, es decir; un dato de temperatura máxima

del aire por cada año. Cuando se utiliza ese método, la temperatura del aire es el promedio de los veinte años y la desviación estándar de los veinte datos. En este caso, como solo estamos realizando el análisis para un año, no se necesita tomar en cuenta en la fórmula el término de la confiabilidad.

- Güija

$$T_{maxair} = 38.57 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 14.22833333^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(38.57) - 0.0029(14.228333)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{64.396 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Finca Los Andes

$$T_{maxair} = 25.43 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.875000^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(25.43) - 0.0029(13.875)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{53.427 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Candelaria de la Frontera

$$T_{maxair} = 34.49 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 14.1200^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(34.49) - 0.0029(14.12)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{60.990 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Planes de Montecristo

$$T_{maxair} = 24.87 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 14.398333^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(24.87) - 0.0029(14.398333)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{52.915 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Santa Ana – UNICAES

$$T_{maxair} = 35.51 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.98342778^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(35.51) - 0.0029(13.98342778)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{61.855^{\circ}\text{C}}$$

- Chorrera del Guayabo

$$T_{maxair} = 38.31 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.9966666^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(38.31) - 0.0029(13.9966666)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{64.197^{\circ}\text{C}}$$

- Cerrón Grande

$$T_{maxair} = 40.61 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.93554167^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(40.61) - 0.0029(13.93554167)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{66.127^{\circ}\text{C}}$$

- Sensuntepeque

$$T_{maxair} = 36.66 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.8700^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(36.66) - 0.0029(13.87)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{62.826^{\circ}\text{C}}$$

- Cojutepeque

$$T_{maxair} = 34.41 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.7200^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(34.41) - 0.0029(13.72)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{60.955^{\circ}\text{C}}$$

- Las Pilas

$$T_{maxair} = 25.20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 14.3650^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(25.20) - 0.0029(14.365)^2$$

$$\mathbf{T_{MAX} = 53.19 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Nueva Concepción

$$T_{maxair} = 38.54 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 14.125^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(38.54) - 0.0029(14.125)^2$$

$$\mathbf{T_{MAX} = 64.379 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- La Palma

$$T_{maxair} = 32.36 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 14.29166666^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(32.36) - 0.0029(14.291666)^2$$

$$\mathbf{T_{MAX} = 59.193 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- La Hachadura

$$T_{maxair} = 37.44^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.8600^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(37.44) - 0.0029(13.86)^2$$

$$\mathbf{T_{MAX} = 63.480 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Ahuachapán

$$T_{maxair} = 34.40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.9433^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(34.40) - 0.0029(13.9433)^2$$

$$\mathbf{T_{MAX} = 60.929 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Chilitupán

$$T_{maxair} = 34.30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.5950^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(34.30) - 0.0029(13.595)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{60.873 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- San Andrés

$$T_{maxair} = 36.64 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.808333^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(36.64) - 0.0029(13.808333)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{62.815 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- San Miguel UES

$$T_{maxair} = 40.14 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.43833333^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(40.14) - 0.0029(13.43833333)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{65.773 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- La Unión

$$T_{maxair} = 36.43 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.331666666^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(36.43) - 0.0029(13.331666666)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{62.676 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Aeropuerto Ilopango

$$T_{maxair} = 34.00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.69833333^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(34) - 0.0029(13.69833333)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{60.614 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Los Naranjos

$$T_{maxair} = 27.14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Lat = 13.875^\circ$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(27.14) - 0.0029(13.875)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{54.857 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

- Acajutla Puerto Nuevo

$$T_{maxair} = 35.40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Lat = 13.57333333^\circ$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(35.40) - 0.0029(13.573333)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{61.795 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

- Santiago de María

$$T_{maxair} = 31.76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Lat = 13.485^\circ$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(31.76) - 0.0029(13.485)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{58.756 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

- Puente Cuscatlán

$$T_{maxair} = 40.16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Lat = 13.60166666^\circ$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(40.16) - 0.0029(13.60166666)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{65.777 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

- San Francisco Gotera

$$T_{maxair} = 39.17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Lat = 13.69666666^\circ$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(39.17) - 0.0029(13.696666)^2$$

$$T_{MAX} = \mathbf{64.941 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

- Perquín

$$T_{maxair} = 31.13 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Lat = 13.95833333^{\circ}$$

$$T_{MAX} = 32.7 + 0.837(31.13) - 0.0029(13.958333)^2$$

$$\mathbf{T_{MAX} = 58.191 \text{ }^{\circ}\text{C}}$$

3.4 Recopilación de los datos de temperaturas mínimas diarias del año 2019

A continuación, en la tabla 11 se presentan las temperaturas diarias mínimas de las veinticinco estaciones en análisis y se resalta la temperatura más fría en el año por cada estación.

Tabla 11

Temperaturas mínimas diarias registradas en el año 2019

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																								
	GUJIA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL UES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NIEVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
1	18.8	11.2	20.4	11.2	18.4	18	17.4	14.6	18.1	10	18.2	14.5	23	20.8	21.5	16	19.9		18.7	14.2	23.4	18.6	16	19.2	16.6
2	19	12.3	21.4	12.2	19.4	19.2	18.5	15.4	19.8	10	18.6	15.2	23.2	19.2	21.3	17	20.8		19	16	24.2	18.2	19.4	20.8	17.3
3	19.3	12	20.2	12	18.4	19	18.3	13.6	17.9	9.4	19.5	14.9	23.5	19.6	21.1	17.5	19.2	23.3	17.6	14.4	23.2	17.9	17	19	16.4
4	19.1	11.4	18.6	11.5	17.4	19.2	18.7	16.4	18.7	8.4	19.4	14.3	23.3	18.2	20.6	17.6	19.9	23	19.2	14.2	23.6	17.8	20	20.4	16
5	20	12.4	21.8	13.6	19.7	20.2	18.2	14.6	19.1	13.4	19.4	18.9	23.2	20	21.4	16.8	17.7		19.2	16	23	18.6	17.8	19.8	16.9
6	21	11.2	20.8	12.5	19.4	19.4	17.5	13	18.4	13.3	18.5	16.9	23.2	21.4	20.3	16.6	19.5	22.6	19	14	22.8	17	17	19.2	16
7	18.3	10.8	19.6	11.2	18	18.8	17.8	14.6	18.2	8.4	18.5	13.2	22.4	18.6	20.8	16	20.3		17.8	13.8	23.2	17.2	18.4	20.6	16.2
8	18.2	11.5	19.4	9.8	16.3	18	17.6	13.8	17.6	7.3	17	13	23.8	17.4	20.2	16	19.4		17.6	12.4	23.2	16.6	19.4	19	15.5
9	18.7	10.2	20	12.2	18	19.8	18.5	15.2	18.2	12.2	18.2	16.9	22	17.2	20.4	16.4	19.7		18.5	14.8	23.4	17	21.6	19.6	16
10	17.9		20.6	11.8	18.5	22	20.4	17.2	18.1	12.2	20.5	16.8	26.8	19.8	20.6	18.5	21.6		19.6	14.4	24.2	17.5	20.4	19.8	16.4
11	18.8	9.4	19	10.5	16.8	20.4	18.4	14	16.9	11.2	18	15.2	26.4	18.2	19.9	15.5	21.8	22.3	18.3	13	23.6	17.4	19	18.6	14.2
12	17.4	10	18	10.9	15	18.2	16.8	13.8	17.1	9.4	17	13	22.9	16.8	20.7	15.4	18.6	22.6	17.4	12.2	23.4	16.3	18.3	19.2	15.5
13	19.5	10.2	19.8	10.5	18	19.6	18.8	15	18.6	11.2	20.5	16.5	23	19.2	20.6	19.5	19.1	22.8	19.2	13.4	24	17.5	18	19.8	16
14	19.9	10	19.6	11.4	17.5	19.4	17.4	14.4	17.2	12.2	18	16.4	26.8	18	21.2	15.8	21.5	22	18.8	13.6	24.2	17.2	18.4	20.4	16.7
15	20	10.7	19.8	11.3	17.4	20	16.4	13.2	17	11.2	17.5	16.5	27	18.6	20.1	16	20.5	21	18.2	13.8	23.6	17.5	18	18.6	15.4
16	19.2	10.4	19.6	11.8	17	19.2	17.6	14.4	17.4	12.2	17.8	17.8	26.7	17.8	20.7	15.8	20.9	20.8	18.4	13.2	24	16.8	18.2	19.2	15.5
17	21	10.5	19.8	11.4	17	20	17.1	13.8	16.9	12.3	17.4	16.2	27.3	18	19.6	15.6	19.5	20.4	18.2	13	22.8	17	17	19.1	17.4
18	18.4	10	19.4	11.9	17.5	20.4	17.5	14	16.8	11.2	17.4	15.7	26.5	17	20.8	15.5	21.7	21	18.4	13.6	23	17.8	17.6	19.6	16.2
19	16.7	10.6	17.4	10.4	16.5	19	18.7	14.6	18.1	7.3	17.6	12	24.8	16.6	20	15	18	18.7	11.2	23.4	16.4	17	19.8	15.2	

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
																										18.4
20																										
21		7.6	17	7.5	17	19.6	16.8	15.4	15	9.4	19.4	13.6	24.4	16.6	18	16.5	21.4		17.2	11	24	16.4	21	18.4	15	
22		8.8	17	10.4	15.6	18.4	15.2	13.6	14.2	9.5	15.5	12.9	24.6	15.8	19.4	12.8	20.4	20	16.4	11.2	22.8	15.5	17.2	18	14.6	
23		10.8	16.8	11	15.5	20	17.3	13.8	18.2	8.4	18.5	13.6	24	16.4	20.6	15.5	18.5		17.5	8.4	23.4	18.5	16.4	17.8	15.3	
24		18.2	12.6			18.6	17.5	14.8	18.9	11.2	19	13.6	23.4	19.6	21.3	15.6	19.1		18.8	11.4	23.2	17.4	17.2	18.2	16.4	
25	19	10.4	20.4	11.8	17.4	19.8	18.1	14	18.7	9.4	18	14.8	24.8	18.2	22.3	15.5	19.1	21	17.7	14.6	23.4	17.7	17	20.6	16.3	
26	19	11	19	11.5		20.6	18.4	14.4	18.4	11.2	19	13.7	24.4	17.4	20.6	17.3			19	13	24.4	17.3	17.2	19.2	16.6	
27	19.4	11	16.8	12.8	16.4	21.8	21.6	17.4	19.2	12.2	20.5	15	23	18.2	20.9	17.5			19.4	9.5	23	17.8	18	19.8	16.5	
28	19.4	10.4	17.8	10.8	17.2	22	18.5	15.8	16.4	9.4	21.4	12.2	25.4	17.8	21.2	17.5			18.4	11.8	24.8	18.2	18.2	20.8	15.7	
29	15.7	9.5	19.6	10.5	14.5	17.8	16	13.8	18	8.4	16.5	10.4	22.4	16.4	20.9	14	19	21.4	17.2	6.2	22.4	15.9	16.4	20.4	15.5	
30	18.9	9.7	19.6	11	18.4	20	19.3	14.6	18.2	9.5	18.6	16	24.2	17.8	21.7	17.5	20.2	21.8	18.7	13.6	25.2	16.5	18.2	19.6	15.4	
31	18.5	10.2	19.4	10.5	17	19.6	17.7	13.8	17.9	8.4	19	14.2	24	18.2	21.3	16	19	21	17.8	13	24	17.1	16.6	19.2	16	
FEBRERO	1	22.9	11.2	20.4	13.6	20	21.8	23.5	16.8	19.9	12.2	23.6	16.7	22.8	18.4	21.5	21	23.5	22	21.6	11.2	24.8	19	17	21.4	16.6
	2	20.7	12.2	21	11.2	19	21.4	21.4	16.6	19.9	9.5	20.8	14.8	24	19	21.4	21			21.4	14.4	25.2	18.6	19		16
	3	20.3	10.8	19.2	11.4	18	20.2	19.7	15	18.7	8.4	20.2	13.7	24.2	18.6	20.3	18.5			19.8	13.2	24.4	16.7	16.8	20.2	15.8
	4	20.5	11	18.4	11.9	18	21	22.8	17	19.9	9.5	21.8	15	23.6	18.2	21.3	18			19.3	10	24	17.4	17	19.8	16
	5	21.2	11.9	18.2	11.6	18.8	21.6	21.4	16.8	20	9.5	20.5	14.3	23.4	18.6	20.8	18.5	19.5	22	18.4	10.6	24.4	17.3	17.4	20.6	16
	6	19.8	11.5	20.4	10.8	18.4	21.2	20.3	15	18.7	8.4	20	15.5	23.6	17.4	20.6	17.6	19.8	22.4	19.3	14.2	24	18	17.7	19.6	15.6
	7	20.7	10.8	20	10.7	18	20	19.4	14.8	18.5	8.3	20	13.4	24.6	19.6	21.4	17.5	18.6	23.4	18.8	14	24.4	17.4	18.2	20.4	16
	8	19.9	11.2	20.2	12	18.5	19.8	19.7	15	19.1	10	20.2	14.7	24.8	19	21.2	18.5	19	22.4	19.4	14.8	24.6	17.3	16.6	20.6	16.4
	9	23	11	21	12.5	18.5	23	19.5	16.4	19.4	12.2	23	18.4	23.4	21	20.4	17.8		25	19.6	15	24.8	18.6	18	20.2	17.3
	10	17.9	9.4	19.6	10.6	16.8	21.4	17.4	13.6	17.2	10	18.5	15.8	24.6	20.2	21.7	15.5			17.6	13	24.6	17.9	20	19.4	15

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICALES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
11	19.8	9.2	19.4	10.3	17.4	21.2	17	14.2	17.5	8.4	18.8	15.8	25.4	18	21.1	15.6			19	13.2	23.9	19.2	20.2	18.8	15.6	
12	19.9	12.1	18.2	11.5	17.8	20.8	19.7	15.6	19.6	9.5	20.5	14.2	22.8	17.6	22.3	17.5	20.4	23.6	19.4	9	23.6	18.1	18.4	19.6	16.5	
13	21.5	12.5	20.4	13.2	19.5	20.6	20.1	16.2	20.4	13.4	21	16.5	23	19.6	22	17.4	21.6	24.8	20	11.8	24	18.8	21.4	20.4	17.5	
14	20	11.4	20.8	10.9	19.4	21	18.6	14.8	18.7	12.3	19.5	17.5	24.4	18.2	19.6	16.6	19	23.4	19.2	15	22.4	18.9	19	20.2	16.7	
15	19.4	12.6	17.8	12.4	17.4	20.8	20.4	15.4	19.7	9.4	19.8	13.5	23.4	17.6	20.6	18	20.4	24.2	19.3	10	24	17.8	18.2	20.6	17.4	
16	23.8	11.8	21.4	14.9	20.4	22.2	21.6	18	20.1	11.2	24.2	17.1	23.4	20	20.9	20.2		23.4	21.2	10.2	24.2	19.4	20	25	17.8	
17	20.9	11.8	18	13.6	18	21.2	20.6	16	19.3	8.4	21	16	23.4	19.4	20.7	18		24.5	19.2	9	24	17.3	18.4	22.4	17.1	
18	19.4	11.6	17	11.4	15.9	19.4	21.8	15	18.2	7.2	19.2	13.3	23.4	17	20.6	16			17.6	5	23.6	16.9	18.2	22	17.1	
19	21.5	13.7	17.8	13.4	19	21.4	18.4	18	20.5	11.2	21.6	15.5	23.3	18	21.1	16.6	19.3		18.8	8.2	23.8	18.6	17.2	21.4	17.7	
20	21.4	12	19.4	12.3	18	21	21.5	17.4	20.1	10	21.6	16.1	23.8	18.4	21.3	18.5	22.2	24	20.2	11.2	24.2	19	18	21.8	17	
21	23.4	13.4	20.8	14	20.5	21.8	23	16.6	20.2	13.4	24.8	18.2	24.6	20.2	21.6	21	21.5	24.2	20.6	13	24.6	18.1	20.6	22	17.8	
22	23.5	13.8	21.2	13.2	20.5	22.6	23.8	17.8	21	11.2	24	18	25.8	20.6	22.7	21	22.6	24	21.7	14.4	25.4	19.6	22	22.2	17.8	
23	21	13.7	20.4	14.5	20.5	22.2	23.4	18	20.2	14.4	21.5	18.5	23.8	20.6	21.5	22	23.5	24.8	21.7	16	25.4	19.1	22.4	23	18	
24	21.8	14.2	19.4	13.4	20	22.8	23.6	19.4	21.1	12.3	23	16	24.2	20.2	21.6	20.5	24.6	25	21.4	11.8	25	19.4	22	23.2	17.7	
25	21.2	12.7	21.8	13.2	19.5	21	20.8	17	20	13.4	20.6	18.3	24.8	20.4	22.3	18.6	22.9	25.8	20.6	15.8	25.6	20.1	21.8	22.4	18	
26	19.2	11.1	20.4	10.2	18	19.4	18.3	14.6	18.6	10	18.5	17.4	22	19	22	16.5	20	23	19	14.4	22.4	19.9	20	22	15.4	
27	20	11.5	20.6	11.2	19	19	19.7	13.8	18.4	8.4	19.5	15	24.6	19.6	21.3	17.5	19.5	23.8	19	13.4	24.8	18.4	17	21.8	15.5	
28	21	11.4	19.8	10.5	18.7	19.2	19.5	15	18.9	9.4	20.5	14	24.2	18	21.1	18	20	24.4	19.9	11.6	24.2	17.7	17.2	20.8	16.6	
MARZO	1	22.3	12.2	20.4	12.5	19	21.8	22.6	16.8	20.1	10	22.4	16.4	25.2	18.8	21.6	18.6	20	25.2	19.8	9.9	24	17.9	19	20.8	16.9
	2	20.6	13	19.4	11.2	18.8	21.4	22.2	17	20	8.4	22.4	14.4	24.2	19.6	21.6	21.6	19.4	25.4	21.4	13	24.4	19.1	24.4	21.6	17
	3	20.8	13.1	20.8	12.5	19.5	23.4	23.3	17.4	20.7	10	23	15.4	24	20.2	21.7	21.2	23.3	25.4	21.6	15	33.4	18.6	20.8	21.8	17
	4	22.5	12.8	19.8	12.8	19	22.4	22.4	17	20.5	11.2	22.5	17.2	23.8	19.6	21.2	19.5	21.4	25	21.4	9	24.6	18.3	21.4	22.2	18

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																								
	GUJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
5	21.5	14	19.8	15	20.5	22.2	22.3	18.6	20.7	14.4	21.5	16.8	24.8	20.6	21.6	20	25.1	26.2	22.4	15.2	25.6	19.8	23	23.2	18
6	23.8	11.8	21.6	12.6	21	23.8	18.5	14.8	19.9	12.3	26	17.6	25	21	21.1	19.5	22.5	26	22	15.6	25.4	17.6	21.2	21	17.5
7	21	11.2	21	12.5	19	24	20.3	15	19.8	12.2	20.6	18.4	26	20.2	21.3	18.5	22.3	27.2	19.9	14.6	25.6	19.6	22	21.2	17.8
8	23	12.2	21.2	12.8	19.4	24.2	20.5	17.2	20.2	13.4	20.5	17.7	25.2	19.8	21.9	18.4	23.6	26.8	19.4	15	25	19.4	21.6	21.6	17.9
9	21.3	11.7	21.6	12.6	20	22.6	21	18	20.1	9.5	21	15.1	26.4	20	22.3	18.5	22	26	21	14.8	26	20.8	21.4	21.4	17.2
10	21.4	12.2	20	12.2	19	20.6	20.4	16.4	20.5	10	21	15.1	24.2	18.6	22.4	17.5	20.5	25.8	19.4	9	23.6	17.5	19.8	20.8	16.5
11	21.9	12.5	22	12.5	19.8	21.2	21.5	17	20.2	9.5	21.6	15.4	24.8	20	22.4	20.5	19.4	27.2	20.5	14.6	25	19.1	19.4	20	16.8
12	21.9	12	22.2	13.4	21	22.6	21.2	17.6	20.7	13.4	21.5	18.2	25.8	19.4	22.8	19	23	27	21.5	14.8	25.2	20.6	20.2	21.8	18.1
13	21.3	12.8	21.2	12	19.2	22.4	22	18	20.4	10	21.6	14.9	26.4	19.6	22.8	19.2	23.5	27.4	20.8	13.4	26.2	19.4	22	22.4	17.2
14	21.3	13	17.8	11.8	18.3	20	19.6	16.6	20.7	9.5	20.5	13.8	24.4	18.4	21.9	16.8	19.8	24.2	19.7	8	24.2	18.7	19.2	21.6	17
15	21.6	12.6	18.6	11.6	16.9	19.4	19.2	16	20.1	10	20.6	14	24.2	19	22.4	17	19.2	23.8	18.7	7.8	23.6	17.4	18.4	20.8	17.4
16	22	12.7	21	13.2	20.7	23	19.8	16.4	19.8	12.2	23.4	14.1	25.4	21	22	19.5	20.5	23.4	20.4	15.2	23.2	17.6	19	21.8	17
17	21	11.4	20.8	11.8	19.5	24	18.7	16	18.6	13.3	19	16	26.4	20.8	21.7	16.4	22.4	22.8	19.6	14.6	26.2	17.9	21.4	21.6	16.8
18	20.6	10.8	20.2	11.4	18.2	23.8	18.5	17	18.9	11.2	19.2	16.1	26	19	23	16.5	23.3	23.2	19.3	14.2	26	18.4	21	20.8	16
19	21	11.2	20.4	11.8	19.5	23.6	20.2	16.8	19.9	9.4	20.4	16.5	25.6	19.2	23	18	20.8	25	19.8	12.2	25.6	18.5	21.4	22.2	17.9
20	24	11	20.4	12.8	19.1	22.2	20.4	17	19.7	8.4	20.2	16.4	25.4	19	22	17.5	22.8	25.4	19.9	11	25	18.8	22.6	21.8	17
21	21.4	12.2	21.8	13	19	23.2	20.5	16.8	20.2	12.3	20.6	17.8	25.4	20.4	22.5	18.2	21.5	25.2	20.6	15.6	25.2	18.3	20	22	17
22	20.9	10.4	20.6	12.2	19.4	23.4	21.2	17.8	19	12.2	19.8	15.2	27.4	19.4	21.6	18	21.7	24.8	20.6	14.2	25	18.7	21.4	21.2	17.4
23	20.8	10.7	20	12.3	19	23	18.8	15.6	18.4	11.2	19.2	16.1	27	19.2	21	17.6	23	24.6	19.5	14.4		19.1	21	20.6	16.5
24	19.5	10.8	19.8	10.6	18.5	20.8	18	14.6	18.2	7.2	18	12.5	25.4	19.4	21.7	16	21.4	23	19	13.4		17.9	20	22.2	16
25	19.3	10.8	20.4	11.4	18	19.2	17.3	13.6	18.9	10	18.4	13.1	25.2	18.4	22.8	15.4	21.6	24.4	18.7	12.6		17.7	17.2	21.2	16.4
26	21.4	11.6	20.8	12.2	19.1	23	18.8	16.6	20.2	11.2	19.5	16.4	25.8	18.4	24.1	16.5	21.4	24.8	19.9	15.4	25.6	19	20.2	21.6	16.9

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																									
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
27	20.4	10.7	21.2	11.7	19.4	23.8	17.5	18.6	19.7	12.2	22	17.3	25.8	20.4	22.9	17.4	22.5	26	20.5	14.8	25.7	20.4	20	21.4	17.5	
28	21.6	11.3	20.4	11.2	18.2	21.4	18.2	16.4	19.1	11.2	21.6	15.9	24.6	19.6	22.9	15.5	21.5	25	18.9	15	28.6	19.6	21	20.2	16.8	
29	19.4	11	20.2	10.8	19.5	22.4	19	15	18.4	9.4	19	14.7	25.4	18.6	21.3	16.5	24.2	25.2	19.2	14	25	18.2	22	20.8	16	
30	21.6	11.3	20.4	11.2	18.2	21.4	18.2	16.4	19.1	11.2	21.6	15.9	24.6	18	22.9	15.5	21.5	25	18.9	15	28.6	19.6	21	20.2	16.8	
31	21.6	11.3	20.4	11.2	18.2	21.4	18.2	16.4	19.1	11.2	21.6	15.9	24.6	18	22.9	15.5	21.5	25	18.9	15	28.6	19.6	21	20.2	16.8	
ABRIL	1	21.6	13.3	21.6	13.8	19.6	23	22.7	18.6	20.2	13.9	22.2	16	24	20	22.1	21.5	24.6	25	22.6	15	24.6	20.1	23.2	23.4	17.5
	2	23.7	12.5	22.2	13.7	19.5	24.8	21	18	21.1	13.4	23.5	19	25.4	21	22.2	21	21.8	25.2	22.5	16	26	20.3	22.2	23	19
	3	24.5	13	22.8	13.8	21.8	24.6	22.2	21.8	21.7	13.4	25.2	19.4	26.8	21.6	22.8	22.4	23.2	26.4	23.5	15.6	27.2	20.1	23.6	22.4	18.7
	4	22.9	13.1	22.6	12.8	21	24.8	22.1	19	21.4	11.2	24.2	15.9	26.4	21	23.2	21.5	25.8	21.2	15.8	27	19.6	21.8	22.8	18	
	5	22.3	13.2	21	13.9	20	23	22.3	20	20.4	14.4	22.2	17.9	24.8	21.4	20.6	21.8	26.5	26.2	21.4	14.6	26	20.4	24	21.8	18.6
	6	21.5	13.6	20.6	12.9	20.5	22.6	23.5	20.4	20.1	13.4	22.5	18	26	21.2	22.4	21.5	25.5	26.2	21	14.8	25.4	19.2	23.4	23	18.2
	7	23.4	14	21.2	13.4	20.6	25	24	21	21.4	13.4	24	17.1	25.2	22.8	21.8	22	22	22.4	15	19.5		24	22.6	18.2	
	8	23.2	12.7	21	13.5	19.6	24.8	24.2	21.4	21.2	13.3	24.2	18.9	25.4	20.6	21.9	21.5	25.2	21.6	11.8		20.4	23.8	23.2	19.1	
	9	23.5	15.2	21.2	13.7	20	23.4	22.8	21	20.9	12.3	24	18.5	26.2	21.6	22.1	22.5	24.5	26	22.8	15.4	25.8	20.5	24.6	22.6	18.4
	10	22	13.7	20.8	13.5	20.7	23.2	21.2	19	20.4	12.2	23.5	18.4	26.4	21	22.3	21.4	23.7	26	21.4	12.6	26	18.8	23.4	23	17.4
	11	23.5	14.3	21	14.4	20	22.6	21.6	20.8	20.7	13.4	25.4	18	26	20.6	22.3	21.4	24	26.2	21.6	12	25.4	19.1	23	24.2	18
	12	21.4	13.7	20	13	18.4	22.2	21	19.4	20.3	11.2	22	16.3	25.2	20	21.9	19.4	22.5	26	19.6	10	26	17.3	22.8	22.8	17.5
	13	20.6	13.4	18.4	12	17.3	21.8	19.2	17.4	20.8	10	21	14.4	25	21.2	21.7	17.5	22.5	26.4	19.2	6.6		19.3	21.2	23.4	18.5
	14	20.5	13.5	18	12.2	18	22.8	20.6	18.8	20.9	13.4	21.5	15.7	24.8	19.2	21.6	18.5	23.6	26.8	20.8	9.8		19.8	20.8	23.2	19

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																									
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
15	22.4	14.5	21.4	11.8	20.5	23.4	21.2	19.4	22.1	15	22.8	17.4	24.6	22.2	23.5	19.6	24	26.6	21.5	15	20.8	20	24.2	19.5		
16	23.5	14.1	23	14.6	22.1	24.8	21.8	19.4	21.6	14.4	24	20.2	26.4	22.2	23.1	21.5	27	27.2	22.4	16.8	25.6	21.4	22.2	24.4	19.4	
17	22	13.7	21.2	13.5	20.8	23.6	19.6	19.4	20.9	13.4	23.2	16.2	26	21.4	22.9	21.2	22.8	27.4	22.4	15.4	27.2	19.5	23	24.6	18.4	
18	22.7	14.5	21.6	14.6	21.5	25	23.2	20	21.9	15	24	19	26.8	22.6	22.6	23	24.8	28	22.2	15.6	26.4	21	21.8	24.2	18.2	
19	24.3	23.6	22.4	15.2	21.5	24.4	23.6	20.6	21.4	14.4	24.6	20	23.6	22.8	22.6	22.2	23.4	25	22.1	16	26	19.2	20.6	24.6	18.6	
20	23.8	11.5	20.6	11	21.2	24.4	26.8	20.2	19.4	11.2	25	17.3	26.4	22.2	21.2	23.5	24.9	26	21.8	15.2	25.8	19.7	17.3	22	18.1	
21	19.8	10.9	21	12.4	17.6	21.4	16.8	14.4	18.9	10	18.4	15.5	27	18.4	21.6	16	22.2	23	19.4	14.2	24.8	19.8	18	21.2	16.6	
22	21.3	12.7	20.2	13.2	18.4	22.4	18.8	20.2	19.8	11.2	22.5	14.9	25.8	21.2	22.8	18.4	23	26.6	21.2	8.6	25.2	19.3	20.2	22.6	17.4	
23	23.9	13.6	21.8	13.4	20.6	23.8	24.8	21	21.8	12.2	25	18.2	26.4	21.4	22.3	22.5	24.3	27	23.6	14.2	27.2	20.4	25.2	24	17.9	
24	24.2	15	22.2	14.8	21.8	23.2	24.4	21.4	21.9	14.4	24.5	19.7	27	21.6	22.2	23.6	25.2		23.6	15.6	27.6	19.8	23	24.4	19.5	
25	24.1	14	21	14.8	21.4	24.6	24.2	20.8	21.3	13.3	24	18.5	26.2	20.8	21.6	22.5	24.5		21.7	15	26.2	20.1	23.5	24.8	19	
26	23.9	15.2	21.6	15.2	21.4	24.4	25	21	21.2	14.4	24	18.2	26	22	22	21.6	24.5	27.6	21.6	11.8	26	19.1	23.2	24.6	18.9	
27	23.4	14.6	22	14.9		22	21	18	20.9	15	22.6	17.6	25.4	23	22.3	20	22.5	25.8	20.6	16.8	25.2	19.4	20	22.2	18.4	
28	21.5	13	21.8	12.5	20	22.6	22	19.2	21.4	12.2	22	14.7	24.8	23.2	22.2	20.6	23.5	26.2	21.6	12.8	25.6	19.5	22	22.8	18.5	
29	24.2	14.7	23	14.5	22	24	25.8	21	22.9	13.4	24.8	18.1	27	22.2	23.1	22.2	24.6	26.5	24.2	15.6	26.8	21.1	24.2	24.6	19.1	
30	25.5	14.6	23.8	15.8	21	23.6	23.8	21.4	21.1	15	24.4	20.4	24.8	22.4	20.8	22.5		26	21.3	17	24.2	20.3	23.2	22.8	19.9	
MAYO	1	23	13.7	21.4	14.8	24	22.8	22.7	20.2	20.1	14.5	22.5	19.4	23.8	22	20.9	20.6	26	26.4	21.4	16	27.2	20.5	24	24.6	20
	2	22.6	14.1	21.8	14.7	19.5	22.6	22.2	20	20.3	13.4	22.5	17.3	24.6	21.4	19.6	21.5		28	21.2	16.2	23	21.1	24	23	19.6
	3	23.2	14.3	21.2	14.4	21	22	22.1	18.8	21.3	12.2	23	17	25.4	22	22.6	22.5		24.8	21.8	15.2	26.2	20	22.6	23.8	19.1
	4	20.9	13.6	19	12.6	18.7	21.6	20.8	18	18.9	13.4	20.5	17	22.6	20.8	22.4	20.5	25.8	27.8	19.6	16	23.2	20.1	23	24	19
	5	23.7	15.1	21.6	15.8	21.8	23.8	23.7	24.6	22.1	14.4	24	19.5	26.4	22	22.7	23.6	26.5	26.4	23.3	16.4	25.6	21	24.6	24.8	19.9
	6	23.5	15	22.8	16.4	22.5	21.8	22	20.4	20.6	15	23.2	19.6	26.8	22.6	23.2	23.5	26.8	27.8	23	14.6	25.4	21.5	23.4	24	17.4

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																								
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
7	22.3	14.8	21.8	13.5	20.8	22.4	22.2	20.2	19.4	13.4	22.4	18.5	25.4	22	19.3	20.2	25	27.4	20.2	17	24	19.7	23.6	22.2	17.7
8	22.8	15.4	22.2	14.4	21.6	24	24.5	26	22.1	13.4	24	18.4	26.4	22.4	23.1	23.5	24.2	27.4	22.8	15	23.6	20.5	24	24.2	19.1
9	24.7	15	22	16.4	21.8	24.4	25	22	22	15	25.5	20.2	26.6	21.4	22.8	23	26.2	27.6	23.2	15.2	26.6	20.6	24.6	24.4	15.9
10	24.4	15.2	22.4	15.5	21.8	24.6	25.4	22.4	21.9	14.5	24.5	20.4	24.8	22	23.4	25.6	26.8	23	16.8	25	20.4	25.2	25.2	18.8	
11	21.1	14.7	20.6	13	20.2	24.2	24.2	20.6	21.4	13.4	22.2	17.9	24	23	21.6	22	24.1	26	21.8	14.8	26.2	19.7	24.6	23.2	18
12	22.5	14.2	24.4	13.8	20	23.6	23	20.4	21.8	12.2	22.8	17.7	26.2	21.6	22.4	21.4	25.8	27.6	21.7	11.4	25.6	19.5	23.2	23.6	19.5
13	23.4	14.6	21.2	13.6	20.7	23.4	24.7	21.2	21.4	13.4	23.5	18.3	26.4	21.6	22.3	22.8	25.7	27	22.8	13.6	26.8	20.4	24.2	24	19.4
14	23.5	16.1	23.2	16.5	23	24	24.6	22.2	21.9	16.2	24	20	27	22.6	22.6	23.6	25.6	27.4	23.2	17.4	26.4	21	24.6	23.4	19.7
15	24.1	15.7	23	16.2	22.5	24.6	25	21.6	21.4	16.2	24.6	20.5	26.4	22	22.7	23	26	27.2	23.1	17.2	26.4	21.1	25.2	24.6	19.6
16	23	15.6	22.6	15	21.4	23.2	24	21	21.2	15	22.2	19.5	26.6	22	21.7	22.2	24	27.3	22.2	17	25.4	18.5	23.2	22	18.4
17	21.4	13.9	20.2	13.2	19.6	21.8	23.9	20.2	19.5	14.4	22	17.6	23.4	21	21.4	20.6	24.9	25	21.3	15.8	24.2	20.4	23.6	22	19.2
18	21.4	13.6	20	12.8	19.5	22	22.2	20	19.3	14.5	22	18.2	23.8	20.2	19.2	21	23	22.5	18.4	15.6	23.4	18.4	22	21.8	17.2
19	22.2	13.7	19.8	13	19.5	22	22.8	19.2	19.8	12.2	22.6	17	24.4	20.8	21	21	22.5	24.8	21.4	13	25	19.2	23	22.2	17.3
20	22	13.4	20.8	13.8	20	22.4	22.9	19.4	19.4	13.4	22.4	18.9	24	20.4	21.1	22	23.4	24.4	20.8	14.6	24.8	19.7	23	21.8	17
21	22	13.5	21	13.4	20.5	22.8	25	21.2	20.9	13.3	23	17.9	24.8	22	21.6	21.5	24	22.4	20.8	15.4	25.6	19.7	23.3	22	18.5
22	22.4	15.2	22.4	14.4	21.8	23	24.1	21	21.6	14.4	24.2	19.7	25.2	22	22.1	23	22.5	24.2	22.1	17	25.4	21	23.2	22	18.9
23	22	15	22.2	13.8	21.5	22.8	23.7	20	21.4	14.5	22.4	17.8	25.4	22	22.1	22	23.7	22	22	17.6	26.4	20.6	22.6	21.8	19
24	22.5	14.3	21.4	15.2	20.3	23.2	22.9	20.2	20.1	15	22.5	19.6	24	21	20.5	22.2	23.4	23	21.2	16.8	23.8	19.8	23	21.6	18.4
25	22.3	14.2	22.6	14.4	21	23.2	23.4	20.8	20.6	14.5	22.5	18.9	24.8	21.4	20.6	22.5	23.1	22	21.2	16.6	21	19.4	22.8	21.6	19.1
26	20.7	12.9	22	13.5	20	23.6	24	20.6	20.8	15	22	17	23.8	21.4	20.6	21.5	22.4	22	21	16	25	19.5	23.2	22.4	18.4
27	21.5	13.4	22.6	14	21.4	23.4	23.8	20.2	20.3	14.5	22.4	19	24.4	21.8	21	21.4	23.8	21	15.8	25.4	19.3	22.2	22.6	18	
28	21.5	13.2	20.6	14.2	19.2	23.2	23.2	20.6	20	13.4	22.4	17.5	23.2	19.8	20.6	21.5	23.7	21.6	21.1	14	23.6	19.6	23	22.2	18.6

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																									
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NEUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
29	22.5	14.2	21.4	14.7		23.2	23.1	20.8	20.7	13.3	23.4	19	25.2	21.4	21.6	22	23.9	24	21.8	15	25.4	19.9	23.4	22.6	18.4	
30	23	13.8	21	14.4	20.5	23.4	23.7	20	20	14.4	23.2	19	23.8	21	20.3	21.6	23.6	22.4	21.8	15.8	23.8	19	23.2	22.8	18	
31	22.4	14	20.4	13	20.5	23	22.8	19	19.5		23.2	17.9	23	20.6	20.4	21	23.6	22.4	21.8	16	23.8	19.2	22.6	22.2	17.9	
JUNIO	1	22.6	14.7	21.6	14.2	21		23.7	20.8	20.3	15	23.4	18.9	25	21.2	21.1	22.4		21.8	16.2	25	19.8	23.6	22.8	19	
	2	23.4	14.8	22.2	15.2	21	23.8	25.2	22.4	21.6	14.4	23.2	20.7		22.2	22	21.6	24.7		22.8	15	25.8	20.6	24	22.6	20.3
	3	23	14.3	21	14	19.8	24	24.2	20.8	21.4	13.4	23	18.9	25	20.6	22.3	21.5	24.5	24	21.4	13.7	25.8	20	24.2	22.8	19
	4	22.9	15.3	21.4	15.7	21.5	23.8	23.7	20.2	20.9	16.2	23.8	19.3	26.2	21.6	22.7	23.2	25	25	22.6	16.4	25	19.8	23.6	22.6	18.9
	5	22.9	15.5	23.2	16	22.5	23.6	24.2	22	21.7	16.2	23.5	19.8	26.4	22.4	22.7	23	26.3	25.4	22.7	16.2	25.4	21.4	22	23	19.6
	6	23	14.6	20.4	13.4	20.6	23.8	24	20.2	21.6	13.3	23.5	16.9	25.6	20.2	23.3	21	24.7		21.7	11.8	25.8	20.3	23	23.6	19.6
	7	22.7	15.9	21.4	14.5	22	23.4	25.5	20.6	22.4	14.4	24.8	20.4	25.4	22	22	23.5	25.6		23.4	16.6	26.2	21.2	23.4	23.4	19.1
	8	23.4	15.8	22	14.4	21.4	24	24	21.4	21.4	15	27.4	19.4	26	22	22.7	23.4	25.6		22.6	16.2	27	20.3	22	23.6	19.3
	9	23.2	15.3	22.2	14.6	21.8	23	23.7	20.6	21.2	14.5	23	18.6	25	22.8	21.6	22.5	24.6		22.4	16.4	26	20.8	20	23.8	19
	10	21.4	15	20.4	13.4	20.5	23.6	23.4	20.6		21.1	13.4	22	18.5	24.8	22.2	22.3	23.5	25.6	21.4	15.4	26	20.5	22.8	23.4	18.9
	11	22.4	14.1	20.4	13	20.4	23.8	22.5	19.8	20.7	15	22.2	18	24.6	20.4	20.6	21.4	23.8	24.4	21.2	16.2	24	20.6	20.2	23	18.9
	12	21	14.2	20	13	19.3	23.4	22.3	18.8	19.2	13.4	21.8	17.3	24.4	19.8	21.2	20.5	23.5	25	20.2	14.9	23.8	19	23.2	23.4	17.9
	13	22.6	15.2	22	13.8	21.6	23.6	24.4	20.2	19.9	15	23.2	19.1	25.4	21.8	21.6	22.5	23.2	24	21.8	15	25	18.7	20	22.6	18
	14	22	14.7	20.4	13.2	19.5	24	23.2	20	20.8	13.4	23	18.2	23.8	20.2	21.1	21.8	23.8	24.2	21.8	14.6	25.2	20.4	22	22.2	18.3
	15	22.9	15	22	15	22	25	24.3	21.2	22.2	14.4	23.6	18.5	24.8	22.4	22.3	22.6	25.5	26.2	22	17.6	25.6	21.5	24	22.8	19.4
	16	24.1	14.1	21.8	15.8	21.6	25.2	24.2	20.8	21.9	16.2	24.7	19.3	25.4	22.4	22.6	22	24.9	25.4	23.2	15	26.8	20.4	24.2	23	19.5
	17	23.3	15.3	21.2	15.2	20.6	24.8	24.1	20	21.4	14.5	23.8	19.9	24.8	22.4	22.7	22.5	24.6	28.8	22.3	17	26	20.5	23.2	23.4	18.9
	18	22.8	15.7	22.2	14.2	21.4	24.4	24.4	19.8	22.4	13.4	23.5	17.4	26	23.4	23.6	23.5	23.5	25.4	23	18.2	27	20.9	24.2	23.6	19.1
	19	24	15.8	23.8	15.6	22.6	24.8	24.6	21	22.7	14.4	24.2	19.5	27.4	23.2	23.8	24.2	25.4	27.2	24.4	18.6	26.8	21.7	24.4	23.8	19.9

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																									
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN		
20	23.4	14.6	22	15.5	21	24.6	25	22	22.5	14.5	23.5	19.9	24.8	22.4	23.1	21.2	26.5	26.4	22.6	17.4	23.6	22.3	25	24.4	19.5	
21	21.8	13.8	21.4	15.6	20.4	24	23.2	19.8	20.8	15	22	18.7	25.4	22	22	21	23.8	27	21	16.4	25	20.7	23.4	24.8	19.2	
22	21.6	15.8	21.6	14.5	20.2	23.6	23.5	20.4	20.9	14.5	22.6	18.1	24.8	22.6	22.6	22	23		21.7	17.2	26	20.9	23	24.6	19.4	
23	22.6	15.5	22.6	14.8	21.4	24.4	24.2	21	21.8	14.4	23.4	18.2	25.4	22.4	23.1	23	23.5	24.2	22.8	15	26.2	20.3	22.6	22.8	18.9	
24	21.4	15	20.6	11.4	19.8	23.8	23.7	18.2	21	10	22.2	16.9	25.6	21.2	22.6	21.2	23	23.4	21.8	17	26.2	19.8	22.2	22.6	17.5	
25	22.4	14.9	21.2	13.8	20.9	23.2	23	19.2	21.6	13.4	22.6	17.5	25.4	21.2	22.4	21	23.3	25.6	21.2	15.2	25.4	19.9	22	23.2	18.1	
26	20.5	12.7	19.4	13	19	22.6	22.3	19	19.1	13.3	21.2	17.2	23.4	20	20.1	20.5	22.6	23	19.8	15	24.2	19.2	20	20.6	18	
27	21	13	21	14.8	20	23	21.6	19.2	19.7	14.4	21.5	19.2	23.8	21.4	21.7	20.4	23	25.4	20.4	16.2	23.6	20.8	22	21.4	19	
28	21.3	14.2	22.4	14.4	20.4	22.8	21.7	18.8	20.9	14.4	21.2	20.3	23.8	22	24.3	20.5	22.8	24.8	21.4	16.8	25.8	21	21.5	21.8	19	
29	21.3	12.8	21.8	14.2	21	23.6	21.8	18.6	20.7	14.5	21.2	18.7	27	20.6	23.3	20.2	24	26.6	21.2	15.8	26	20.1	22	21.6	18	
30	22.4	14.5	22.8	14.5	22	23.4	22.9	20	19.9	14.5	22.8	19.5	26.2	23	20.8	22	24.5	25.4	21.2	17	26	20.4	23.4	22.2	18.5	
JULIO	1	20.8	12.6	20	12.7	19.5	23	22	19	18.7	12.3	21.5	17.5	25	20.8	20.8	21.5	23.1	26	19.9	16	25.4	19	21.2	22.4	18.4
	2	20	14.2	21	15.5	19.4	23.6	22.2	18.8	20.7	12.2	21	17.2	25.4	20.6	22.3	22	23.5	25.8	21	16.8	26.2	21.1	21.6	21.8	18.8
	3	21.4	14.7	21.6	13	20.8	23.8	23.1	19.2	21.2	12.3	22	16.5	24	21.4	22.5	21.5	24.3	28.8	22	17	25.6	20.6	23.4	21.2	19.1
	4	20.5	12.6	22	12	25	23	22.4	18	20.9	11.2	20.8	15.1	25.6	20.4	23.1	20.5	21.8	25.4	21	15.8	25.8	19.6	22.4	20	18.3
	5	20	14	20.8	12.8	19.4	22.6	21.3	17.2	21.2	12.2	20.6	15.6	25.4	19.8	22.6	19.6	21.1	24.6	21	13.2	26	19.2	20.5	20.2	17.4
	6	20.6	13.8	22.4	12.6	21	23.2	21.8	18.4	20.9	14.5	21.5	18.3	23.4	22.4	22.2	20.5	21.9	24.4	21	16	26.2	19	21	20	18
	7	22.5	14.4	22.8	14.8	21.5	23.8	22.5	19.2	21.4	13.4	22.5	18.7	26.4	23	22.6	22.5	24.1		21.6	16.6	26.4	20.6	22.6	18.6	18.6
	8	21.2	13.4	20.2	14.6	20.2	24.2	23.2	19.2	20.1	15	22.5	18.4	24.2	20.6	20.8	22	23.4	24.8	21.4	16.3	22.6	17.7	20	21.6	18.6
	9	22.3	13.9	20.8	14.7	19.6	24.6	23.3	20.8	19.7	14.5	22	18.5	23	21	20.1	21.2	24.7	25.6	20.6	16	24	21	21.6	21.8	18.4
	10	87	89	84	95	91	79	70	90	93	85	90	99	73	91	89	89	87	24.4	20.6	15.8	24.6	19.2	21.2	21.6	17.4
	11	20.5	13.6	19.8	14.2	19	23.6	21.9	18.2	19.4	12.3	20.6	17.5	24.2	20.8	18.9	20	22	24.4	19.8	14.8	23.6	19.4	21	21.4	17.9

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																								
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
12	21	13.6	19	12.5	19	23	22.7	18	18.9	13.4	21.5	17	23	19.2	19.6	20.6	22.3	23	19.8	14.6	24	18.6	21.8	21.8	17.7
13	22.5	13.5	22.2	14	21.5	23.8	23	21.2	21.4	13.4	24	17.8	25.6	21.6	22	21.4	24	25.2	21.2	16	24.4	19.3	22.2	22	18.5
14	21.5	14	21.4	13.2	21.5	24.4	24.4	21	21.4	12.2	23.2	17.4	25.4	22	22.1	23	24.5	24.4	22.4	14.8	26.4	20.1	23	22.4	18.1
15	21.8	13.8	22.2	13.7	20.8	24.2	23.7	19.8	21.2	13.4	22	17.6	23.8	20	22.3	22.5	23.9	25.2	21.4	15.4	24.6	20.2	23.4	22.2	18.5
16	20.4	13	20.8	13.2	18	23	22.4	18.2	18.9	13.3	20.5	18.3	23	20	20.5	20.2	22.5	22.4	19.7	15.2	23.8	19.4	22	22	17.6
17	20.2	14.1	20.8	13.7	18	23.4	22.7	19	20.9	12.3	20.6	17	23.8	21	21.5	21	24	25.4	21	16.8	25	20.7	23.2	22.6	18.3
18	21.5	14.4	21.2	14.2	20.7	23	23	19.6	20.1	14.4	22	18.2	24.6	21.4	20.7	21.5	22.9	23.4	21	15.8	23.1	19.9	21.6	21.4	19.3
19	20.4	13.4	21.8	13.2	21	23.2	22.2	18.2	20.3	11.2	20.5	17.8	24.4	20.8	22.1	20	21.9	25	21.5	16	23.4	19.2	21	21.2	17.9
20	21.2	13.5	21.8	14.5	20	22.8	22.4	19	20.9	14.4	21.5	19	25.6	23	22.1	20.8	24.2	24.2	21.4	16.2	23.8	20.2	22.3	21.8	18.5
21	21.6	13.2	23.2	14.4	20	23	22.8	18.6	21.7	14.5	22	18.8	24.4	22	23	21.5	22.4	26.4	21.4	17.2	25	20	22.5	22.2	19
22	20.2	14.3	22.6	13.5	21	22.6	22.5	19.2	21.4	12.2	21.6	16.7	23.8	22	23.3	21	24	25	21.4	17.4	27	20.1	21.6	22	18.6
23	21.1	14.2	20.8	12.8	21	22.8	23.3	19	21.4	12.3	22.2	17.4	25.4	21	22.3	21	22.9	25.4	21.8	14.8	25.4	19.2	22.4	22.4	18.4
24	21.6	13.7	20.6	14.5	19	22.4	22	20	19.8	14.4	21.5	18.5	22.8	20.6	19.7	20	23.5	24.6	19.8	15.6	23.4	19.8	22.6	22.2	18.1
25	22.4	13.5	20.6	14.4	20.4	22.8	23.4	19.4	20	14.5	21.8	18.1	22.7	21	19.5	20.5	21.9	21.8	21	15.4	23	18.4	21.8	21.8	18.3
26	19.7	12.6	19.2	12.5	18	22	21	17	18.7	11.2	21	15.6	23.4	19.4	20.1	19.8	22	22	18.9	14.6	22.6	18.7	20.4	21	18
27	21	13.2	21.2	12.7	20.6	22.2	21.8	17.8	20.2	12.2	21	17.5	24.2	20	22.2	20.8	23.4	23	23.6	16.2	22.8	19.8	21.6	20.8	18.3
28	21.6	14.1	22.8	15.2	21.4	22.8	22.4	19	21.4	14.5	22.4	20.1	24.8	21	22.6	21.5	24	25.3	21.8	17	26.4	21.4	22.4	21.6	20.1
29	19.5	12.6	19	13.4	18.4	20	19.8	17	19.7	12.3	19.6	16.4	23.2	21	22.8	19.2	22.2	24.2	19.7	15	24.4	20.4	21	21.8	19.4
30	79	83	63	70	72	73	68	87	72	76	81	97	73	70	68	77	79	24.4	21.4	16.8	25.2	19.9	22	22.8	18.4
31	20.7	13.8	22.4	14.2	25.6	23.4	23.3	19.8	21.2	13.4	21.4	19.2	24.4	21.6	22.4	21.5	24.3	26	21.8	16.2	25.6	20.6	22	22.6	18.9

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																								
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGCO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITFVQ	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
1	21.6	13.6	22.6	14.5	21.4	23.8	24.4	20.2	21.4	13.4	23	19.3	24.4	21.4	22.8	22.2	24.5	26.2	22.8	16.4	27	20.6	22.2	22.2	18.7
2	22.4	14.8	22.6	14.4	21.8	23.6	24.6	20.2	21.8	14.4	22.8	18.4	25.2	21.6	22.7	22.6	24	26.2	22.8	17.2	26	21	23	22.4	18.7
3	22.4	13.3	21.2	14.8	21.8	23.4	24.2	19.8	20.2	14.4	22.4	18.6	23.4	21.8	20.4	21.4	23.1	23	21.2	15.6	23.6	20.1	22.2	22.6	18
4	21.8	15	21.8	14.4	20.4	23.4	24.5	19	21	14.5	22	17.5	25	22.4	22.6	19.4	23.5	25.2	21.8	16	26	21.1	23	21.8	18.4
5	21.8	15.6	21	13.8	20.8	22.6	22.7	19.8	21.3	13.3	22	17	24.4	21.2	23	22.5	25	25.6	22.1	15.4	26.2	20.4	23.4	22.1	19.1
6	21	13.7	20.8	13	19.2	22.2	22.3	18	19.9	15	21	15.7	21	21	21.4	21	22.2	23.8	20.6	14.6	24.2	19	21.2	21.6	17.3
7	21.2	13.2	20	14.5	19	21.8	22.2	19.2	19.2	15	21.2	18.8	23.4	20.4	19.9	20.2	21.7	22.4	19.2	15.2	23	20.4	21	21.8	18.9
8	21.2	13.7	20.4	14.6	19.4	22.4	22.7	18.8	19.6	14.5	21.5	18.4	23.2	20.4	19.4	20.6	22.5	23.8	20.2	16.2	22.8	19.8	21	21.2	17.9
9	22.4	14.9	21	14.9	20	23.2		20.6	21.5	14.4	22.8	19.7	24.4	20.2	21.8	21.8	25.3	23	22.1	13.8	25	20.3	23.6	21.6	18
10	22	14.8	21.4	14.5	20.6	22.4	24.2	19.2	21.4	14.4	23	18	24.8	21.2	23.7	22.2	24.8	25.3	22.3	16	25.4	21.8	23	21.8	18.6
11	21.4	15.4	21	15.5	20.4	23	23.7	20	21.6	15	21.5	18.9	25.4	22	23.2	21.5	23	25.2	21.8	17	27	20	22.2	22.2	18.9
12	21.9	13.7	21.4	15.6	20	23.2	23.9	20.6	21.7	15	21.6	18.8	26.2	22	23.6	21.6	24.1	26	21.8	15	26	15.6	23.4	22.8	18.9
13	22.2	15.2	23	15.5	19.5	23.6	23.3	19.6	21.4	16.2	22.2	19.5	24	25.4	23.1	22	22.6	25.8	22.6	17.7	26.4	21.2	22.6	22.4	18.9
14	21.5	13.8	21.4	13.2	21	23.4	23.9	19	21.5	12.3	21.6	16.9	25.8	20.6	23.2	21.8	23.4	26	22	15.4	26.4	20.7	23	22.7	19
15	20.5	13	21.2	13.8	20.4	22.6	21.7	18.6	20.2	13.4	21.5	17.9	23.6	21.6	23	20	24.2	24.8	20.8	15.8	26	20.7	21.4	23	18.5
16	20.6	13.2	19.4	13.2	18.2	21.8	21.2	19.2	18.2	13.3	20.5	16.5	23.4	19.8	21.8	19.8	23.2	25.2	19.2	15.2	24.6	19.6	21.2	21.6	17.9
17	21.2	13.7	20	13.5	19.4	22.2	21.6	19.6	19.2	14.4	22	17.9	22.8	19.4	19.8	20.8	22.4	25	20.4	15.8	23.4	19.4	20.6		18.8
18	21.9	14.1	20.6	13.6	20	22.8	23	19	19.9	12.3	22.5	18.1	23.8	21.6	21.4	22	23.2	23.6	21.3	14.6	24.8	19.3	21.6	20.2	17.7
19	22	14.2	21	14.9	20	22.6	23.7	20.2	20.1	14.4	22.8	19	24.2	20.6	21	22	23	23.4	21.4	16.4	25.2	19.1	22	20.8	17.4
20	20.6	13.3	19.6	12.9	19.3	22.8	22.5	18.6	19.9	13	22	17.4	23.2	19.2	21.6	20	23.2	23.3	21	13	24	19.7	21.6	22.8	17.5
21	21.9	13.2	21	14.2	20.8	23.2	24.4	19.8	20.9	14.4	22.8	18.6	24.8	21.4	21.8	22.2	23.5	23	21.9	15.6	25.2	19.1	22	23.4	18.6
22	21.2	13.8	20	14	19.5	22.6	23	19.6	19.4	14.5	21.4	17.5	25	20.2	20.7	20.5	22.6	25.2	20	16	25	19.4	21	21.8	18.1

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																										
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN		
23	22.2	15.6	21	14.2	20.1	23	23.5	19.2	20.5	13.4	22.2	18.4	25.4	21.4	22.9	21.5	24	25	21.4	16.2	26.4	20.9	22	22.2	18		
24	21.2	14.4	20	13.8	20.4	22.8	23.8	19	21.6	12.2	21.6	16.9	25.6	20.8	23.5	21	23.7	25	21.4	14	25.2	20.4	23.2	22.8	18.8		
25	21.8		20.6	14		22.4	24	18.6	20.4		21.8	17.5		22.2		21.2			20.8	17	24	20.2		23.2	18		
26	21.8	14.7	20.8	13.4	19.8	22.2	22.8	19	20.2	14.5	22.4	17.8	25.2	20.8	22.9	20.5	24	24.8	21.9	14.2	25	20.4	22.2	23	18.2		
27	23.3	15.7	22.4	14.6	21.8	22.8	23	20.2	20	13.4	23	18.5	26.4	22	22.9	21.4	24.8	25	21.3	16	26	21	23	23.2	18		
28	21.4	15.1	22	14	21	23.2	23.8	20.6	21	13.3	22	17	25.2	22	22.4	22.2	24.8	26	22.2	17.4	25.4	21.4	23.5	24.4	19.1		
29	20.4	13.4	20.8	11.5	19.7	22	21.6	17.6	20.8	12.2	21	14.8	22.4	20	23.3	20	22.6	24	20.3	16.4	21.6	18.7	21.4	22.2	19.4		
30	19.6	13	21	12.9	19.5	22.6	22.3	19.6	20.1	13.4	20	17.7	23.4	19.2	22.6	20.5	22	25.4	20.8	15	24	19.5	21	23.2	18.3		
31	21.4		20.8	15	20.4			19.2	18.7		22	17		21.8		21			21	16.6	22.4	18.6		22.8	18.4		
SEPTIEMBRE	1	20.9	13.2	19.6	13.2	18.7	22.2	22.1	19.6	19	16.2	21	19	24.6	22	22.6	20.5	22.5	24	20.2	14.6	23	19.2	21	22.8	18.9	
	2	21.9	14.4	19.8	14	21	22.4	21.8	18.6	18.5	13.4	22	17	25.4	23	22.6	21.6	22.5	24.4	20.7	16	26.6	19.2	20	21.4	18	
	3		20	13.1	19	11.8	19	21.6	21.6	18	18.4	11.2	20.5	15.1	26	19.8	22.7	20.5	22	24	19.8	14.8	25.4	18.1	20.2	21.2	17.7
	4	20.5	12.5	19.6	13.8	19.2	21.4	21.7	18.4	20.2		20.6	17	25	19.4	22.5	20.4	23.1	28.2	20.6	14	26	20	21	21	18.3	
	5	20.4	13.8	18.8	13.2	19	21.4	22.2	18.6	19.6	12.3	21	16.9	23.2	19.8	20.3	21	24	25.4	20.4	15.2	24	19.3	21.4	21.2	17.5	
	6	21.7	13.7	21.4	13.8	21.4	21.6	22.1	19	19.4	15	22.4	17.9	23.8	22	19.6	21.5	22.5	23	20.4	16.8	23.8	19.1	20.3	21.6	18.5	
	7		21	14	20.6	13.4	21	22.6	23	19.6	19.7	13.4	21.4	18.8	24	21.6	21.1	20.5	22.7	25.4	20.7	16.3	24	19.2	22	21.4	18.4
	8	22.5	15.1	23	14.2	22.5	23.8	24	20.8	21.6	14.4	23.2	18.6	25	22.4	22.5	22.8	24.1	25.6	22.6	17.2	26.8	20.2	23	21.8	18.3	
	9	22.5	14.8	21.6	14	21	23	24.1	20	21.2	14.4	22.8	17.9	24.8	22	21.3	23.5	23.5	26.2	23	16.8	24.8	20.4	22.4	21.8	18.1	
	10	21.5	13.8	19.6	13	19.4	21.6	22.7	19.2	19.3	13.3	21.8	18	24.4	20	21.2	21.2	21.6	23	20.1	15.6	24.6	18.3	21.6	21.2	17	
	11	21.2	13.4	19.8	12.8	19	22.2	22.9	19	19.1	13.4	21.2	17.7	23.2	22.6	20.4	20.2	22.6	21.2	20	14.8	24	18.6	20.4	21.4	18	
	12	21.6	14.5	22.8	14.6	21.4	22	22.7	19.4	18.4	15	21.8	19.2	24.8	21	20.1	21.4	23	24.8	20.4	17	23.6	20.3	21	21.6	18.4	
	13	22.1	14.7	21	14	20.6	22.4	23	18.8	20.6	13.4	21.5	18.3	25	21	22.5	21	23.4	27.4	21.6	16.6	25.4	20.4	22	21	17.9	

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
																										21
14	22.2	14.6	21	12.8	21	22.8	23.1	19.2	20.4	11.2	22.2	16.5	25.4	22	21.5	22.6	25.4	21.1	16.8	26	20.4	23	22.2	18		
15	22.6	14.7	22	15.5	21	23	23.5	20.2	19.9	15	23	20.1	25	21.6	20	22.5	23.2	21.2	17	23.8	20.1	21.2	22	18.5		
16	20.4	12.6	19	14.4	19.2	22	22	19.6	19.4	14.5	21.2	18	24.4	20.2	20.5	20.5	22.4	22	20.2	15	24.4	18.8	21	21.6	18	
17	22.3	12.4	20.6	14.5	20.5	22.2	23.2	19	19.7	14.5	22.6	18.9	23	21	19.7	21.5	23.1	23.3	20.8	15.6	23.8	19.2	20.8	21.8	18.3	
18	22	14.9	21.2	13.6	20.4	22.6	22.2	18.6	20.1	13.4	22.4	18	23.6	21	21.8	21.5	23.4	24	20.8	15.2	25.6	20.2	21.4	21.6	18	
19	21.4	13.6	20.4	12.5	20.8	23.2	24.1	20	21.3	12.2	22.2	15.6	24	21.6	21.7	22.2	22	23.6	22.7	15.4	25	19.8	22.2	22.2	18.2	
20	21.2	13.5	19.6	14.4	20.6	23.4	23.8	20.6	20.6	15	22.5	17.6	24.6	23	21.4	21.5	22.2	21.8	21.8	12.4	25	19.5	21.6	22.4	18.8	
21	21.6	14	19.4	12.6	20.1	23	22.8	19.4	20.4	12.2	22	17.1	23.2	22.2	21.3	22	24	24.2	21	15.2	23.6	18.9	22	22.6	18.3	
22	21.4	13.4	20.4	13.8	19.4	22.8	23	20.2	19.8	14.5	21.4	18.2	22.8	20	19.5	20.5	23	22	20.2	15.6	23.4	19.4	22.2	22.2	18.6	
23	21.5	13.3	21	14.4	19.8	22.6	23.3	19.6	19.9	15	22.2	18.3	24.8	20.6	21.1	21.8	23.7	22.2	21.2	16.4	24.6	19.2	22	22.6	17.5	
24	23	14.4	21.2	14.8	20.4	23.4	24	20	20.9	14.5	23.5	19.8	24.4	20.8	21.5	20.8	23.2	24.8	21.2	15	24.8	19.1	23	22.8	18.5	
25	23.5	15.1	20.8	14.4	21.3	23.6	24.7	21.2	21.4	14.4	23.2	19.7	24.2	21.2	21.8	22.2	25	26	22.4	14.2	25.4	20.6	23.4	23	19.5	
26	21.9	14.6	19.2	13.8	19.4	23	23.9	19.4	20.5	15	22	17.5	23.4	19.8	21.3	22	23.3	23.6	21.3	13.6	25.4	19.3	23	22.6	17.7	
27	21.9	14.8	19.8	14.5	20	22.8	24.2	20.6	20.4	14.5	23	18.6	23	20.4	20.7	22	23.2	24.2	21.6	14.8	24	19.5	22.4	22.4	18.5	
28	22	13.9	20.8	14.2	20.4	23	24	20	20.3	15	22.8	19.2	23.4	21	19.8	21.8	24	23	21.3	16	23.4	19.4	21.6	23.2	18.5	
29	21.8	13.7	20	13.2	19.5	23.4	23.7	20.4	20.2	13.3	22	17.3	24	20.8	21.3	22	23.7	25	20.6	14.2	24.2	19.3	22	23	17.7	
30	20.5	14.3	20	13	19.6	22.8	22	18.6	20.1	12.2	21.2	16.4	23.8	20.4	22.1	21	23	25.2	20.6	15	25.2	19	21.6	23.2	18.3	
OCTUBRE	1	22	14.2	21.8	14.2	20.3	22.4	22.3	19	19.4	14.5	22	19.6	23.8	21.2	20.1	20	22	21.2	20.6	16	24	18.6	20.6	22.4	17.8
	2	21.4	13	20	12.4	18.2	22.2	23.7	19.6	20.8	12.2	21.8	16	23.6	20.6	20.7	20.5	23.6	23	20.6	12.6	24	19.2	21.2	22	17.8
	3	21.4	13.2	19.2	13	18.4	22.8	23.4	18.8	20.2	12.3	22	17.3	23.2	19.2	20.6	22	22.5	23.8	21.4	13.6	24.4	17.9	21	21.2	17.5
	4	22.2	14.1	21	14	20.9	22.6	23.5	19.4	20	13.4	23.2	18.2	23.6	20.8	20.6	24.5	23.5	23.6	21.6	14.4	24.6	19.2	22.6	22.2	17.6
	5	22.9	14	20.6	13.8	20.8	23	24	19	20.7	13.4	23.4	18.5	24.4	21.6	21.5	21	23.6	25.2	21.2	12.6	24.8	19.3	22	19.3	17.6

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																								
	GUJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	MONTECRISTO	PLANES DE	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA
6	21.7	13.2	20	13.5	19.5	22.4	23.2	18.6	20.2	14.4	22.2	18.5	23.4	22	21.7	22	23.5	25	21.4	15.2	24.2	19.2	21.2	21.8	17.5
7	21.4	13.2	20.4	13.5	19.5	22	22.8	19	19.2	13.4	22.2	18.5	25	20.4	21.3	21.5	22.5	23.4	20.6	14.8	24.8	18.7	22	21.4	17.3
8	22	13.8	19.8	14.2	19	22.2	23.2	19.4	20.6	14.4	22.5	18.4	24.2	20	21.5	20.5	23.9	23.3	21.2	12.8	24.6	19.6	22.6	22.4	18.1
9	22	15.1	20.4	13.6	19	22.8	23.6	20.2	20.9	13.4	22	18.5	24.4	20	20.3	20	24.5	24	21.2	13.4	24.4	20.4	22	22.8	18.5
10	20.7	13.8	19	12.8	18	22.4	22	18	19.3	14.5	21.4	16.5	23.6	19	21.3	20.4	21.6	22.4	19.8	13	24	18.4	21.5	22	17.5
11	20.7	12.5	18.6	13.4	18	22	22.5	19.2	19.1	13.3	21.4	17.1	23.8	19.2	21.1	20	22.8	24	19.5	14.6	23.2	19.2	21.2	21.4	17
12	21	13	21.6	14.6	18	22.6	23.2	19.6	20.2	14.5	22	18.5	23.8	20.6	20.7	20.5	22.2	23.8	20.5	16.2	24.2	18.8	21	21.2	16.9
13	21.5	13.7	21.6	14.4	19.6	16	23	18.6	19.4	13.4	22.2	18.9	24	21.4	19.9	20.8	22.6	23.8	20.6	16	23.6	18	22	21	16.7
14	21.1	13.3	21.8	14.2	19.9	23	23.7	20.2	19.9	14.5	22.2	18.8	23.4	20.2	20	21.2	23.1	23	20.6	15.8	23.2	19.5	22.4	21.2	17.7
15	21.9	13.6	20.6	14	19.5	22	22.6	19.4	19.6	14.4	22.4	18.4	23.4	20	20	21.4	23	23.2	20.9	16.4	23	18.6	21	21	17.5
16	22.2	14.2	21	14.6	20.4	22.8	23	20	19.9	14.5	22.4	19.1	23.6	21	20.2	21.5	23.5	22.8	21	16.6	24	19.4	22.2	21.6	18.4
17	20.3	13.2	19.2	12.7	19.6	22.4	21.8	18.2	19.4	11.2	20.6	16	23.6	20	21.1	19.5	21	23.4	19	13.8	23.6	17.9	21	21.8	17.5
18	21.9	13.8	19.6	14	19.5	23.2	23.4	18.8	20.4	12.2	22.8	17.7	23.4	20.2	21.6	20	22	23.6	20.8	11.4	24.2	18.2	22	22	17.6
19	22.5	13.7	20.4	14.2	20.8	23	23.6	19.2	20.8	12.3	23.5	18.9	24.6	20.4	21.8	21.8	23	24.8	21.6	11.8	24.4	18.6	22.4	22.2	17.9
20	22.5	14.2	21	14.4	20	23.4	23.2	20	20.5	14.4	23.6	18.5	24.4	21.8	21.9	21.4	23.5	24	21.5	13	25	19	23	22.2	18.4
21	21.9	14.2	21.2	14	20	22.4	22	19.2	19.8	14.5	22.5	17.6	24.8	21.2	21.1	22	21.7	23	21.6	15.8	24.6	18.4	22	21.8	18
22	21.4	12.7	21.2	13	20.3	21.8	22.2	19.8	19.6	12.2	22.2	18	22.8	21	20.7	21.5	23.8	22.8	20.7	13.6	25	19.1	23	22.4	17.6
23	22.2	13.2	21	14.6	20.5	22	23.1	19.6	20.2	15	22.8	19	23.6	21.2	20.6	22	22.9	23.5	21.4	16.2	24.2	18.7	22.2	22.8	17.4
24	21.5	14.1	20.8	14.3	19.5	21.6	22.1	18.6	19.8	14.5	22	18.2	23.8	20.2	20.6	21	22.7	23.4	20.3	13.6	24.8	19	20.2	22	17
25	21.4	13.7	20.4	13	20.3	21.8	21.5	19.4	19.9	12.3	21.2	17	23.6	20.6	21.3	21	22.5	23.2	20.8	14	24	18.8	21.2	22.4	17
26	22	13	21	12.4	20.5	22.2	22.3	19	19.2	14.4	22	17.5	23.8	20.4	20.8	21	22.5	22.8	20	15	24.6	18.4	21.8	22.2	17.2
27	22.2	13.2	20.8	13.4	20.4	21.6	21.9	19.8	19	13.4	21.5	19	24	21.6	21.3	21.4	22.7	23	20.6	16.6	24.8	18.6	21	21.8	16.4
28	21.9	12.8	19.8	14.2	19	22	22.4	19	18.9	16.2	21.8	19.1	22.6	20	20.1	20.5	23	23.2	19.7	15.2	23.6	19.7	21.4	23	18.5

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																									
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
29	21.5	13.4	19.6	13.5	19.8	21.8	22.9	19.8	18.5	13.3	22.2	17.4	24.2	20.2	21.1	20.5	22	23.1	20.2	15.4	24.4	18	21	21.2	16.4	
30	21.8	14.4	21.2	13	19.5	22.4	23.4	19.4	20.2	12.3	22	17	25	21.4	21.5	22.5	22.6	23.6	21.8	16	26.4	19.7	21.6	21	17.3	
31	20.5	14.1	18.8	13.4	18.9	22.8	22.4	18.8	20.1	13.4	21.2	17.5	24.6	20	21.5	21	22	24	20.8	14.2	25	19.8	22.6	23	15.5	
NOVIEMBRE	1	21.2	13.1	20.6	15.2	18.2	22.4	22.1	19	19.9	14.4	22.5	18.6	22.8	20.2	20.8	21	23.2	22.8	20.4	16.2	23.8	18.7	22.2	22.8	17.3
	2	21	13.6	21.8	14.5	19.5	21.8	21.8	18.2	20.2	14.5	21	18.9	23.4	22	22	20.2	23	25	20.4	16.4	25	19.6	22.6	22.4	17.9
	3	21.5	13.3	21.6	14	20.3	21.4	21	17.4	19.2	14.5	21	18.8	21.4	21.6	19.5	21.7	24	20	16	25	19	21.7	22	17.9	
	4	19.6	12.8	21.4	13	19.8	21.2	21.4	18.2	20	13.4	20	17.6	25.4	19.8	22	20	22.3	24.6	20.6	15.4	25.2	19.1	21.2	22.4	17.5
	5	19.4	12.4	21.2	13.4	20	21	21.1	18	20.9	13.4	20	17.5	24.4	19.6	22.1	19	22.2	24.8	19.9	14.6	24.6	19	20.4	22.2	18
	6	19.3	12	21.2	13.5	19.3	21.4	20.2	16.4	18.6	14.5	19.4	16.5	25.6	20	21.8	18.5	22.5	24.4	19.6	15	24.8	19.1	21	21	16.9
	7	20.2	12.9	21.4	14.2	20	21.2	20.4	17	19.4	13.4	20	19	26.2	20	22.3	19	21.3	23.6	20.3	15.6	25.4	19.2	19	21.2	17.5
	8	21	13.7	22	14.5	20	21.6	20.7	17.6	19.9	14.5	20.8	19.1	26.4	21.2	21.8	19.6	21.9	25.2	21	16.2	25.2	19.8	18.6	21	18.5
	9	21.3	14.4	21.6	13.4	21.2	22.2	21	18.6	19.3	14.4	20.8	18.8	28.6	21.4	22.7	19.5	22	24.4	21.2	16	28	20.3	22	21.2	18.5
	10	19.8	12.7	21.4	13.4	21	21.8	21.2	17.8	19.6	13.4	20.2	18.4	27.4	21.4	22.1	18.5	22	24.4	20.8	16.2	26.4	19.7	22.4	21	18
	11	20.5	13.4	21.2	14.2	19.5	21.2	21.3	18.2	19.9	14.5	20	17.5	23.6	20.2	22.2	19.5	22.2	23	19.8	16.4	26	19.9	21	21.2	17.9
	12	19.6	12.9	21	12.7	19.3	21	21.2	16.8	20.1	12.2	19.6	15.5	24.6	20.2	22.3	19.8	21.8	24	20	15.8	25.4	18.6	21.3	21.2	17.3
	13	20.4	13.4	20.8	12.9	20	21.4	20.4	16	20	13.4	20.6	17.3	23.4	20.2	21.1	19.2	22.5	23.6	19.8	16.2	24.4	19.1	21	21.6	17.5
	14	15.6	13.2	19	12.6	18.6	21	22.3	18.2	19.9	11.2	20	15	24.2	19.4	21.3	19	23.4	25.4	20.2	15.6	25	19.5	21.4	21.2	16.9
	15	21	13	20.4	13.9	20.4	20.8	22.6	20	20.2	14.5	21.8	19.2	24	20	20.3	21	22.9	23	21.6	13.2	24.4	19.4	22	22.2	17.8
	16	20.5	13.6	21.8	14	20.5	21.4	20.4	17.4	19.7	14.4	20.2	18.4	23.8	20.2	21.1	19	22.5	23.6	20.3	16.2	24	19.6	21.2	21.8	17.5
	17	18.9	11.7	20.4	12.2	19.5	20.8	19.7	18	17.9	12.3	19	17.1	26	20.2	20.6	18.2	22.4	23.4	19.8	15	25	18.8	21	21.2	17
	18	17.1	11.4	18	11.4	17	19.4	17.7	14.4	17.6	10	17.5	15.7	24.6	17.6	21.5	16.2	21	23	17.8	12.4	24.4	17.5	19.4	20.6	16.2
	19	16.4	11.3	17.6	11.8	15.5	19	17.5	15	17.5	11.2	16.8	13.5	23.8	17.6	20.7	15.8	21.7	23.2	17.8	7.8	24	16.6	17	20.2	16.2

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN	
																										18
20	17.2	10.4	18	10.5	16.3	20.2	18.6	17	17.6	8.4	18	15.2	23.2	20	20.2	17	21	22.8	18	9.6	23	17.5	18	21	15.5	
21	18	12.2	17.6	11.8	16.5	19.6	19.3	16.4	18.5	10	18.5	14.8	23.4	17.4	21.5	17	21.5	22.4	18.8	11.6	24.2	18.1	18.4	20.8	16.5	
22	19.5	11.8	18.6	12.5	19	20.8	21.8	18	19.8	11.2	20.2	15	23.8	19.2	21.3	20	21.8	23.3	20.8	11.4	24.4	18.6	19.8	20.6	17	
23	21	12.5	19.2	12.4	19	23	22.5	20.4	20.5	11.2	23.5	17.2	24.2	19.4	21.4	21.4	21.8		21.8	13	24.6	19.2	22.5	21	17.3	
24	19.5	12.8	20.4	14	20.3	22.6	22.8	18	19.9	13.4	20	17.8	24.4	20	21	20	23.2		20.8	14	24.2	24.5	22.2	21	17.3	
25	19	12.1	21.2	13.2	19.8	21.6	20.7	17.4	19.4	12.2	19	16.5	24.6	19	21.7	18.5	23.1	25	19.9	14.6	24.8	19.9	21.2	21	16.9	
26	19.3	12.2	20	13.2	18.8	20.8	19.5	16.2	19.6	9.5	19.6	14.5	23.8	19.4	21.2	19.2	21.5	23	19.8	15	24.4	18.1	20	21.4	16.7	
27	19.7	12.6	20	13	19.6	21.4	21.1	18.2	20.3	12.2	19.5	16	24.8	20.6	22.7	19	22.5	24.6	20.8	15.8	25.2	18.6	20.2	21.8	17.9	
28	21.3	14.6	23	15.8	20.4	21.5	21.8	19.4	21.2	13.4	20.8	17.4	24.6	21.4	23.5	20	23.1	26	21.1	17.4	25.4	20.4	19.2	21.2	18.1	
29	20.4	13.2	22.6	14.5	20.2	21	20.2	17	20.2	14.5	20	19	25.2	21	22.3	20.4	20.7	23.8	21	16.2	25	19.9	19	20.4	16.8	
30	18.4	11.6		11.8	18.5	20.2	19.8	15.6	18.4	8.4	18.5	15.5	24.4	19	21.5	17	19.4		19.6	14	23.8	18.4	18.2		16.5	
DICIEMBRE	1	18	10.8	17.6	17.6	17	19.8	18.3	15.4	18.9	7.3	18.5	13.4	23.6	18	20.4	17	19.3		18.8	8.8	24.4	17.2	18.2	19.8	16.1
	2	18.7	11	19.2	11.5	18.3	19.2	18.2	15.8	18.8	10	18.2	16.9	24.6	19.4	22.4	17.5	20	22.8	19.3	12.4	24.6	18.4	17.5	19.6	17
	3	19.5	11.8	21	11.8	19	19.4	17.6	14.6	18.5	12.2	19.8	17.3	25	19.2	21	16.5	20	24	18.4	14.8	25.2	18.6	18	18.2	15.9
	4	17.4	10.9	18.6	10	17.7	18.8	17.8	14.6	18	7.3	17.6	13.2	23	19	21.2	16	18	23.2	18.3	11.4	23.6	17.4	17.2	18	16.8
	5	17.7	11.4	20.4	10.5	18.4	19.8	18.2	15.4	18.4	8.3	18.5	16.2	24.4	17	20.9	17.4	21	23.5	19.4	13.6	24	18.1	19	18.6	16.9
	6	18.4	11.2	20	11.5	17.7	19.4	18.5	15.6	18.1	9.5	18.8	16	25.4	18.2	22	17	19	24	19.4	13.8	24.2	18.4	19.3	19.6	16.7
	7	19.4	10.9	20.4	12.2	19	20.8	18.2	15	18.6	10	19	16.9	26	19.2	21.7	17.6	21.6		19.8	14	25	18.2	18.4	20.2	16.5
	8	19.4	11.5	20.6	12.5	18.9	20.8	18.7	15.8	18.4	12.2	18	17.4	25.8	20.2	21.2	18.2	20.2		19.3	14.2	24.4	18.5	19.4	20	16.6

TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

FECHA AÑO 2019	TEMPERATURA MÍNIMA DIARIA REGISTRADA (°C) EN CADA ESTACIÓN METEOROLÓGICA																								
	GUIJA	FINCA LOS ANDES	C. DE LA FRONTERA	PLANES DE MONTECRISTO	SANTA ANA-UNICAES	CH. DEL GUAYABO	CERRON GRANDE	SENSUNTEPEQUE	COJUTEPEQUE SM	LAS PILAS	NUEVA CONCEPCION	LA PALMA	LA HACHADURA	AHUACHAPAN SM	CHILTUPAN	SAN ANDRES	S. MIGUEL LES	LA UNIÓN	A. ILOPANGO	LOS NARANJOS	ACAJUTLA, PTO NITIVO	SANTIAGO DE MARIA	PUENTE CUSCATLAN	SAN FCO. GOTERA	PERQUIN
9	18.5	10.4	19.8	12.4	18.4	19.8	17.7	14.8	17.8	13.4	18	15.3	26.6	17	21.6	16.5	20.4	23.2	19.2	13	24.3	17.4	19	19.8	16
10	18.5	13	18.2	11.6	17	19.6	18.5	16	19.8	10	19	14.5	23.6	17	22.2	17.2	19.4	23	19	12	24.2	17.9	17.8	20.2	16.4
11	19.6	13.1	20	12.8	19.5	20	19.5	16.8	19.9	10	19.8	15.8	25	19	22.6	18.5	21.2	24.5	20	13	25	18	17.2	20.4	17.1
12	20	13.2	21.4	14	19.9	20.6	19.7	16.4	19.4	14.4	19.8	18.2	25.8	20	21.6	18.6	20.8	24.4	20.1	16	24.6	19.6	20	20.8	18.2
13	18.7	11	20.8	10.9	18.5	20	18.3	15.2	18.5	10	18.2	15.3	26.2	17.6	21.4	17.5	20.2	23.4	19.4	14	24	18.1	18.8	20.4	16.5
14	19	10.9	19	11.5	17.9	21.4	21	18.4	19.1	9.5	19.2	14.3	23.4	18.4	21	17.6	21		19.7	10.8	23.6	18.4	19	20.6	17.4
15	16.2	12.5	19.2	11	18	20.2	19.7	16.2	19	9.5	19.5	13.9	23.2	19	21.8	18.5	19.5		19.4	13.6	24.8	17.5	20	20.8	16.6
16	20.7	12.8	20	13.2	19	20.4	20.4	17.8	19.6	12.2	21.8	15.5	24	20.6	22.2	21	22.7		21.2	14.2	25.2	19.4	19.8	20.6	17.8
17	22.2	13.8	21	13	19	22	22.5	18	20.7	12.3	23.2	17.3	24	21.4	21.8	21.4	23	23.8	21.2	13.4	26	19	21.2	20.8	17.5
18	20.8	13.9	19.8	14.9	19.9	22.6	23.2	18.8	20.2		21.6	17.6	24.2	21.4	22.3	20.5	23.1	24.4	21	16.2	25.4	20.5	22	21	17.7
19	21.5	9.7	18.4	9.8	18.2	21	18.8	18.4	16.6	10	18.8	15.9	26	18	21.2	20	19.2	26.2	19	12.6	26.6	17.7	18.9	19.2	16.9
20	20.5	9.4	17.6	9.9	17.3	20.4	16.4	15.4	15.2	11.2	17.2	14.9	21.4	18	19.8	15	21.2	23.6	17.9	11.8	24	17.5	17	19.8	15.5
21	20.7	9	19	11.8	17.8	20.2	17.7	15.6	16.7	14.4	17.8	15.8	23.2	18.2	22.6	16.2	21.8		18.4	13.2	24.2	17.4	19.2	19	15.9
22	19.7	11.4	20.2	13.4	19.3	20.8	18.2	15.8	18.1	15	18.4	17.3	28	19.8	22.5	17.2	22.5		18.5	15.8	25.2	18.3	20.4	19.6	16.5
23	19.4	11.9	20.8	12.9	20	21	18.4	16	18.4	13.3	19.5	18.1	27.8	19.4	23.9	17.5	22		19.2	14.6	25	19.5	20.2	17.8	18.3
24	20	10.6	19.6	12.2	18.5	20.6	17.5	15	17.1	9.5	18	16.4	27	17.6	20.2	16	22	24.6	18.2	13.2	24.6	18.9	19.8	19.2	16.4
25	16	10.1	17.8	11.5	16	19	17.1	15.4	16.4	15	17.2	14.4	24.6	18.2	22.5	15.2	22.5	24	18.7	8.2	24.2	17.4	20	19.8	16.3
26	16	12.2	17	11.5	16.2	17.2	16	14	16.6	14.5	17	12.3	24.4	16	21.6	15	19	23	17.9	8	26	15.6	17.8	19.6	15.4
27								12.6	17.8		15.2	11.2				14	16.7		17	7	23.8				18.2
28	16.5	12	16.4	11.5	15.8	16.6	16.1	14.4	18.2	10	17	12.5	23.6	16.6	21.8	15.5	17.5	22.8	18.3	7.2	23.6	16.6	15.4	17.8	16.5
29	18.2	12.5	17	12.4	18.4	18.2	17.4	16.2	19.6	15	18.8	13.4	23.6	19.2	22.5	17	20	23	18.4	7.8	23.8	18.2	18	18.8	17.1
30	20.3	13.3	18.6	13	18.4	21	18.8	17.8	19.7	11.2	20.6	15.1		19.6	22.5	18.5	19.7	23.8	20.2	11	24	19.1	20	19.2	18

3.5 Cálculo de la temperatura mínima de diseño por estación

Según la tabla 1 de la norma AASHTO M320, la temperatura mínima de diseño se obtiene a partir de la temperatura más fría del año. Luego, tal temperatura se compara con los grados de desempeño para temperaturas bajo cero. El mayor PG bajo cero es de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$; por lo cual, a simple vista de los datos de la tabla anterior; ninguna de las temperaturas mínimas está bajo cero, mucho menos debajo de -10 . Entonces, podemos concluir con que, para todas las estaciones, el PG es de -10 . Cabe mencionar que, en realidad, por vivir en un país tropical, cuyas temperaturas mínimas nunca llegan bajo cero; el asfalto no se ve afectado por fallas por temperaturas mínimas, por lo cual, no es necesario diseñar el asfalto para el PG mínimo.

Sin embargo, a continuación, presentamos las temperaturas mínimas más frías del año para cada una de las estaciones meteorológicas en análisis.

- Güija
Temperatura mínima: **$15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- Finca Los Andes
Temperatura mínima: **$7.6\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- Candelaria de la Frontera
Temperatura mínima: **$16.4\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- Planes de Montecristo
Temperatura mínima: **$7.5\text{ }^{\circ}\text{C}$**
- Santa Ana – UNICAES
Temperatura mínima: **$14.5\text{ }^{\circ}\text{C}$**

- Chorrera del Guayabo
Temperatura mínima: **16 °C**
- Cerrón Grande
Temperatura mínima: **15.2 °C**
- Sensuntepeque
Temperatura mínima: **12.6 °C**
- Cojutepeque
Temperatura mínima: **14.2 °C**
- Las Pilas
Temperatura mínima: **7.2 °C**
- Nueva Concepción
Temperatura mínima: **13.4 °C**
- La Palma
Temperatura mínima: **10.4 °C**
- La Hachadura
Temperatura mínima: **18.5 °C**
- Ahuachapán
Temperatura mínima: **15.8 °C**
- Chiltiupán
Temperatura mínima: **18 °C**

- San Andrés
Temperatura mínima: **12.8 °C**
- San Miguel UES
Temperatura mínima: **16.7 °C**
- La Unión
Temperatura mínima: **18.7 °C**
- Aeropuerto Ilopango
Temperatura mínima: **11.2 °C**
- Los Naranjos
Temperatura mínima: **5 °C**
- Acajutla Puerto Nuevo
Temperatura mínima: **16.4 °C**
- Santiago de María
Temperatura mínima: **15.5 °C**
- Puente Cuscatlán
Temperatura mínima: **15.4 °C**
- San Francisco Gotera
Temperatura mínima: **15.2 °C**
- Perquín
Temperatura mínima: **14.2 °C**

CAPÍTULO IV:
ANÁLISIS E
INTERPRETACIÓN
DE RESULTADOS

4.1 Trazo del mapa de isotermas de El Salvador utilizando las temperaturas de diseño del pavimento por estación

Teniendo los datos de las temperaturas máximas de diseño, se elaborará un mapa de isotermas utilizando dichas temperaturas. A continuación, se presenta el mapa en la figura 37.

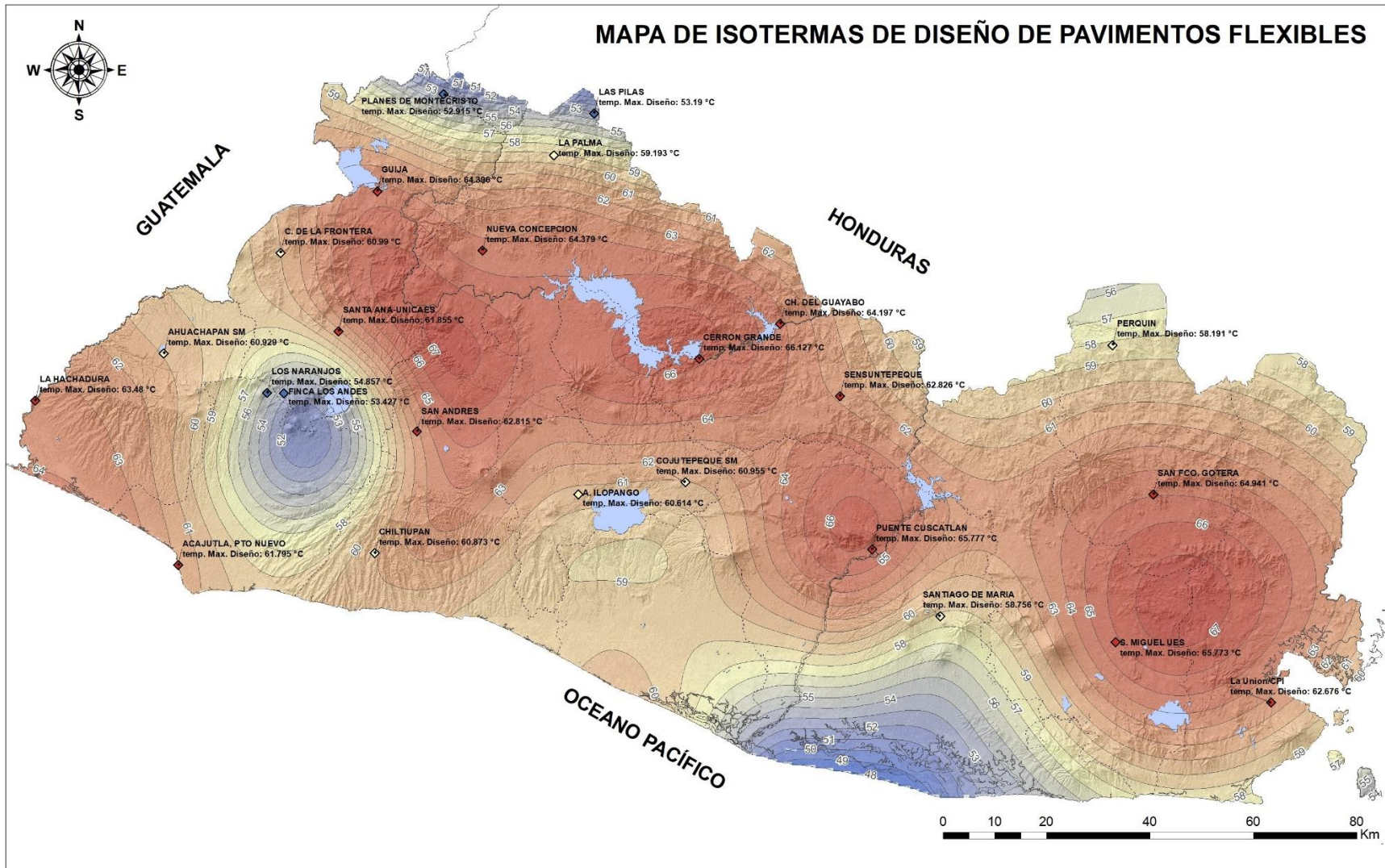


Figura 37 - Mapa de isotermas de El Salvador utilizando las temperaturas de diseño del pavimento flexible por estación meteorológica (Fuente: Elaboración propia)

4.2 Selección de los grados de desempeño PG utilizando las temperaturas del mapa de isotermas, según la norma AASHTO M320 y adaptación de dicho mapa, mostrando las zonas con los diferentes grados de desempeño PG requeridos

Ahora que conocemos las isotermas con las temperaturas de diseño máximas para obtener el PG, realizaremos la selección de los grados de desempeño; aplicando las reglas de la tabla 1 de la norma AASHTO M320, así:

Para las áreas entre las líneas con temperaturas menores a 58 °C, el grado de desempeño será PG58. Para las áreas entre las líneas con temperatura 58 y 64 °C, se debe seleccionar el PG64. Por último, las áreas con temperaturas mayores a 64°C, se debe seleccionar el grado de desempeño PG70.

A continuación, en la figura 38; presentamos el mapa de isotermas adaptado, con la selección de PG en cada área determinada. En este mapa zonificamos nuestro país con los diferentes PG requeridos. Posteriormente, en la figura 39; presentamos el mismo mapa, mostrando la red vial de nuestro país sobre este. De esta manera se puede observar, cuál es el grado de desempeño del asfalto requerido para un tramo de carretera determinado en El Salvador.

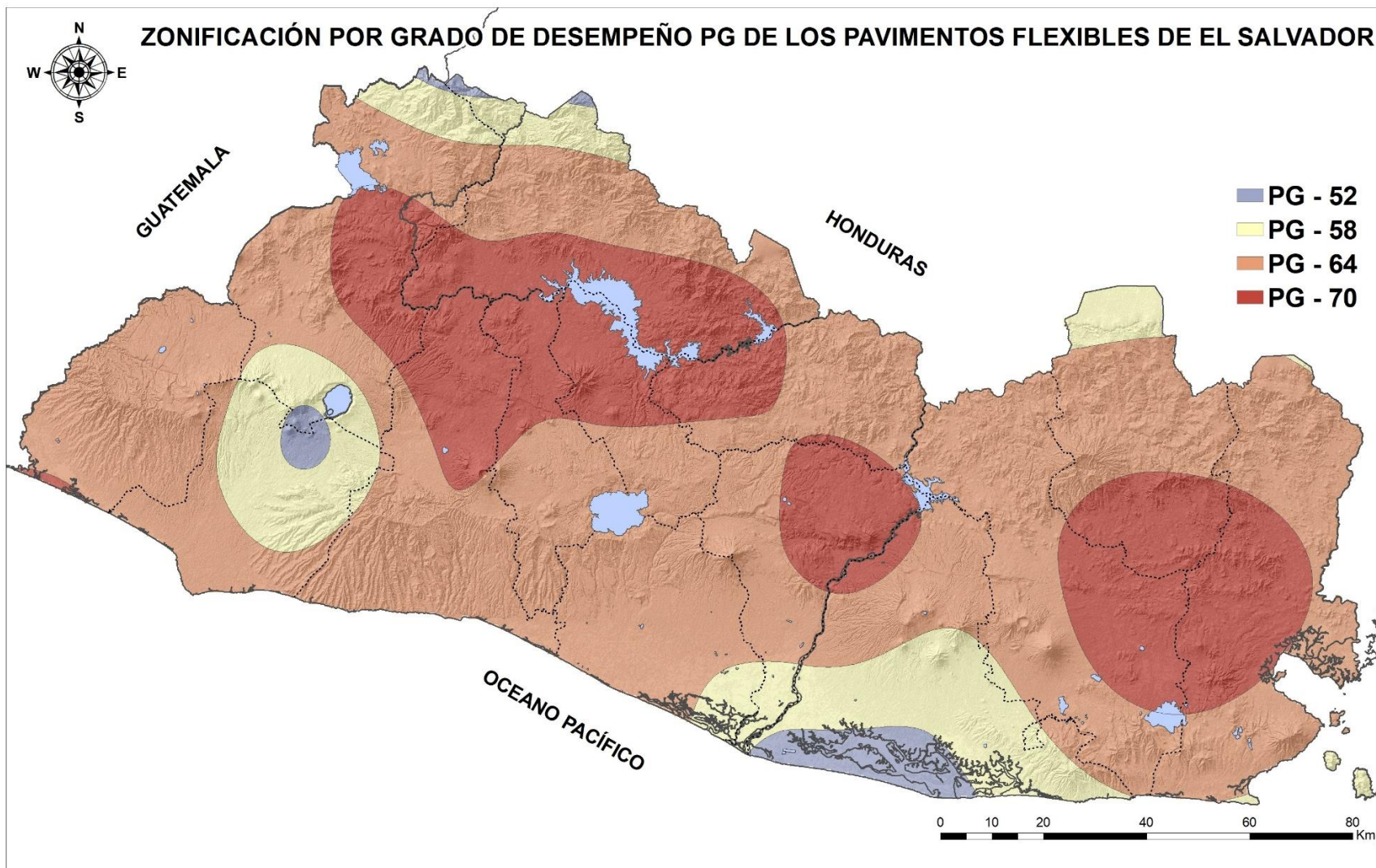


Figura 38 - Mapa de isotermas adaptado, mostrando las zonas del país con diferente PG requerido
(Fuente: Elaboración propia)

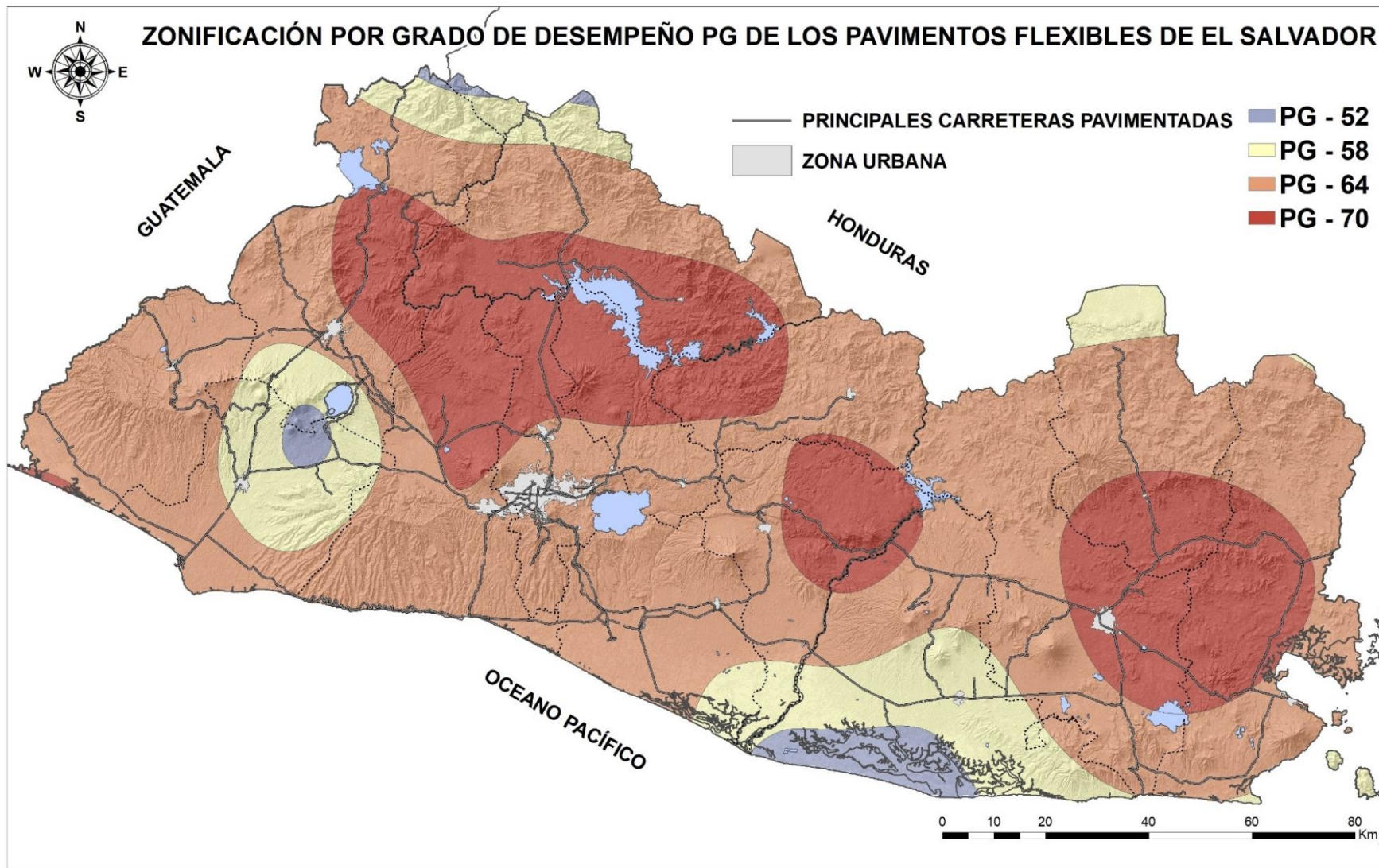


Figura 39 – Mapa de zonificación PG de El salvador, mostrando las principales carreteras pavimentadas de El Salvador y áreas urbanas (Fuente: Elaboración Propia)

4.3 Análisis comparativo de los diferentes grados de desempeño PG requeridos en El Salvador, versus los grados PG de los asfaltos convencionales que llegan al país

Con base en el mapa de la zonificación PG del país, que se obtuvo anteriormente; podemos observar que los requerimientos de grado de desempeño PG son los siguientes: PG-52, PG-58, PG-64 y PG-70. Para poder realizar el análisis comparativo necesitaremos las caracterizaciones por grado de desempeño más comunes de los asfaltos importados al país provenientes de la refinación del petróleo crudo.

4.4 Resultados de ensayos por desempeño de los ligantes asfálticos convencionales que más frecuentemente se importan al país

A continuación, presentamos una serie de reportes de resultados de ensayo de diferentes muestras de distintas fuentes de asfalto convencional que llegan al país. Acá observaremos que grados PG obtienen más frecuentemente.



LABORATORIOS ASFALCA S.A. DE C.V.
Km. 39½ CARRETERA A SONSONATE, CANTON 3 CEIBAS, ARMENIA, SONSONATE
LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR OSA - REGISTRO No. LEA-02:18
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO
DETERMINACION DE PROPIEDADES REOLOGICAS DE LIGANTES ASFALTICOS
AASHTO T315-12 (ENSAYO ACREDITADO)
PG- ASF-19-464

DATOS DEL CLIENTE

Empresa:	CATECO S.A. DE C.V.
Dirección:	Carretera Antigua a San Salvador, Km 58 1/2, Colonia Primavera No 10, Santa Ana
Proyecto:	MR0304/ CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE
Solicitante:	Ing. Juan Carlos Castaneda Samayoa

DATOS DE LA MUESTRA

Tipo de muestra:	AC-30 PERENCO		
Identificación de muestra:	ASF-19-464		
Procedencia de muestra:	Planta CATECO S.A. DE C.V.		
Fecha de muestreo:	28/11/2019	Muestreado por:	Solicitante
Fecha de recepción:	29/11/2019	Recibido por:	J.A. Olmedo
Fecha de ensayo:	03/12/2019	Ensayado por:	C. Palacios
Fecha de reporte:	03/12/2019	Reportado por:	Karen Castillo

PROPIEDADES REOLOGICAS DE UN LIGANTE ASFALTICO POR DSR

Nombre de operador:	C. Palacios	Fecha ejecución de ensayo:	03/12/2019
Id. de ensayo:	PG ASF-19-464	Hora ejecución de ensayo:	11:20:02 a.m.
Nombre de archivo:	PG ASF-19-464.tri	Fabricante de RCD (DSR):	TA Instruments
Gap test:	1,000 µm	Modelo de RCD (DSR):	DHR-2
Diámetro de plato de ensayo:	25.0 mm.	No. de serie RCD (DSR):	5332-0783
Frecuencia de ensayo:	10.0 rad/s	Versión de software:	V3.3.1.4668

DETERMINACIÓN DE GRADO PG

MEDICIONES	1er	2do	3er	4to	5to
Temperatura de ensayo:	46.0°C	52.0°C	58.0°C	64.0°C	70.0°C
Corrección de temperatura de ensayo:	46.0°C	52.0°C	58.0°C	64.0°C	70.0°C
Amplitud de esfuerzo:	2.60 Pa	1.11 Pa	0.50 Pa	0.23 Pa	0.11 Pa
Amplitud de deformación:	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%	12.0%
Modulo complejo, G*:	21.600 kPa	9.230 kPa	4.140 kPa	1.950 kPa	0.944 kPa
Angulo de fase, δ:	77.0°	80.1°	82.8°	84.8°	86.5°
G*/sen(δ), min.:1.0kPa:	22.100 kPa	9.370 kPa	4.170 kPa	1.960 kPa	0.946 kPa
G*sen(δ)	21.046 kPa	9.093 kPa	4.107 kPa	1.942 kPa	0.942 kPa
Observación:	PASA	PASA	PASA	PASA	NO PASA
Determinación del limite superior PG:				PG64	

CATECO, S.A. DE C.V.
LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR OSA - REGISTRO No. LEA-02:18



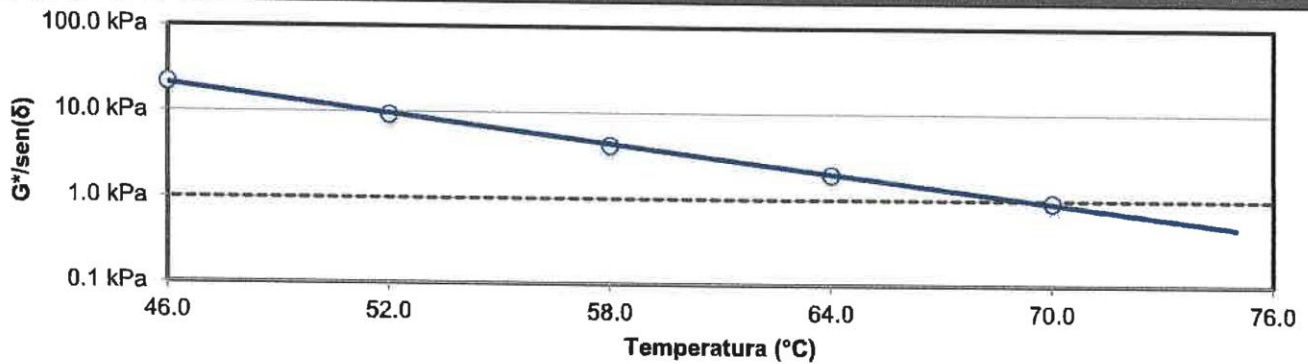


LABORATORIOS ASFALCA S.A. DE C.V.
 Km. 39½ CARRETERA A SONSONATE, CANTON 3 CEIBAS, ARMENIA, SONSONATE
 LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR OSA - REGISTRO No. LEA-02:18
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO
DETERMINACION DE PROPIEDADES REOLOGICAS DE LIGANTES ASFALTICOS
AASHTO T315-12 (ENSAYO ACREDITADO)
PG- ASF-19-464

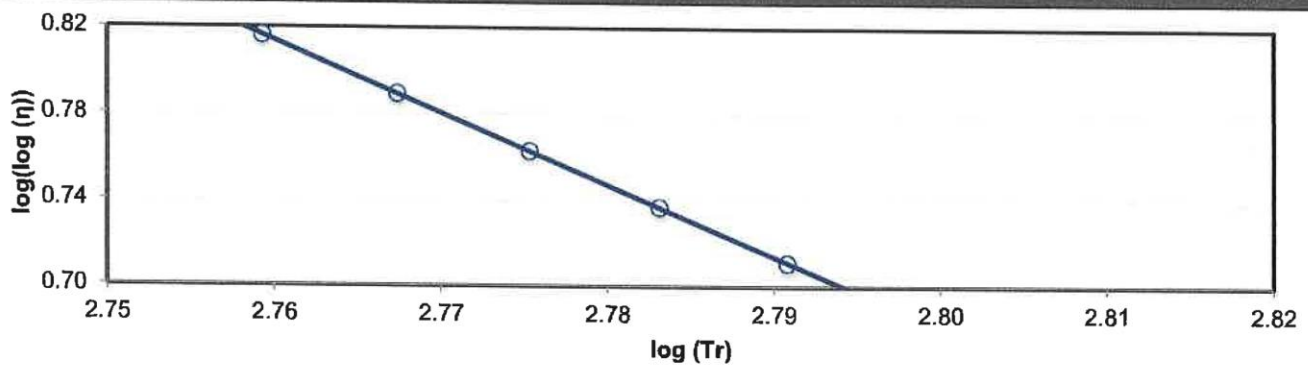
DATOS DEL CLIENTE

Empresa:	CATECO S.A. DE C.V.
Dirección:	Carretera Antigua a San Salvador, Km 58 1/2, Colonia Primavera No 10, Santa Ana
Proyecto:	MR0304/ CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE
Solicitante:	Ing. Juan Carlos Castaneda Samayoa

GRAFICO DE FALLA



RELACIÓN A-VTS



OBSERVACIONES:

A:	10.030
VTS:	-3.339

SELLO	ELABORADO POR	REVISADO POR
 CATECO, S.A. DE C.V. <small>CALIDAD Y TÉCNICA EN CONSTRUCCIÓN, S.A. DE C.V.</small>	 Ing. Ricardo Ernesto Flores Escoto Ingeniero en jefe I&D	 Ing. Astrid Karen Castillo Gerente de Control de Calidad

CATECOLAB: Laboratorio de Asfaltos, Km 58 1/2 carretera antigua a San Salvador, Lot. Puerto Príncipe #10, Santa Ana, El Salvador.



AASHTO T-315: Determinación de propiedades reológicas de ligantes asfálticos

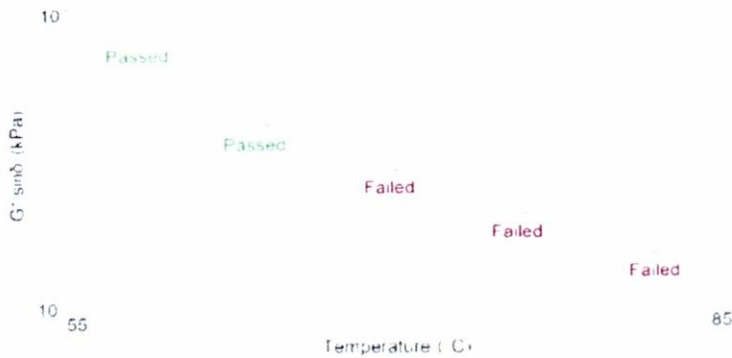
Nombre de Operador: Tec. William Arias	Frecuencia de Prueba, rad/s: 10
ID de muestra de prueba: CAT-M1-2021	Fecha de Muestreo: 04-dic-2020
Proyecto: Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con Asfalto PG-64	Fecha y hora de Ensayo: 23-dic-2020, 10:41 am
	Fabricante DSR: TA Instruments
Diámetro de plato de prueba: 25.00 mm	Modelo DSR y Número de Serie: DHR-1 5332-3083
Gap: 1000 µm	Versión del Software: 5.1.1.46572

RESULTADOS DE PRUEBA DE CLASIFICACIÓN POR DESEMPEÑO DE LIGANTE ASFÁLTICO

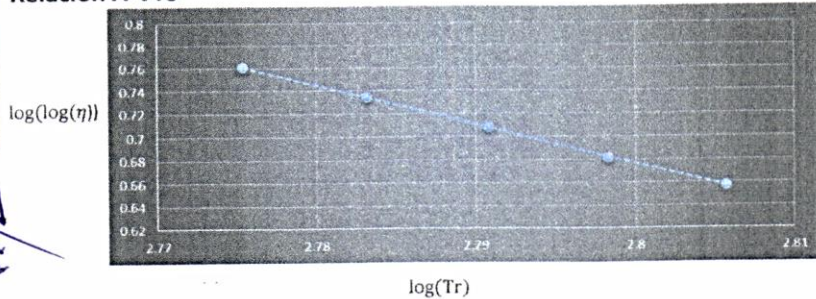
	Freq Angular r(ad/s)	Temp (°C)	Amplitud de Esfuerzo (Pa)	% De Deformación	Angulo de Fase (δ)	G* (Kpa)	G*/sen(δ)	Pasa/Falla
1	10	58	0.46	12.00	83.0	3.88	3.91	Pasa
2	10	64	0.22	12.00	85.0	1.81	1.82	Pasa
3	10	70	0.11	12.00	86.7	0.88	0.88	Falla
4	10	76	0.05	12.00	88.0	0.44	0.44	Falla
5	10	82	0.03	12.00	88.9	0.24	0.24	Falla

Resultado de Límite Superior PG: **PG64**

Gráfico de Falla:



Relación A-VTS



A:	10.27
VTS:	-3.424

ENSAYO REALIZADO POR:

 Tec. William Arias
 Laboratorista

CATECO, S.A. DE C.V.
 CALIDAD Y TÉCNICAS EN CONSTRUCCIÓN, S.A. DE C.V.
 DISEÑO - TERRACERÍA - CONSTRUCCIÓN - SUPERVISIÓN

REVISADO POR:

 Ing. Samuel Carrillo
 Diseñador de Mezcla

CATECO, S.A. DE C.V.
 CALIDAD Y TÉCNICAS EN CONSTRUCCIÓN, S.A. DE C.V.
 DISEÑO - TERRACERÍA - CONSTRUCCIÓN - SUPERVISIÓN

4.5 Análisis comparativo: ¿Cumplen los resultados del grado de desempeño PG de los asfaltos convencionales que tenemos con los requerimientos del país?

Según el mapa de la zonificación PG del país, que se desarrolló en la sección anterior, podemos observar que las zonas más apreciablemente grandes son las del PG – 64 y PG – 70. En contraste, los resultados de la caracterización por desempeño de los asfaltos convencionales que vimos anteriormente; son solo PG – 64. Esto quiere decir que, en la mayor parte del país, con base en la caracterización por grado de desempeño del asfalto y las solicitudes por temperaturas máximas del pavimento; los asfaltos convencionales cumplen con tales requerimientos. Sin embargo, cabe mencionar que, según el mapa de zonificación, donde se pueden apreciar las principales carreteras del país; carreteras como la “Troncal del norte” (Que va de San Salvador hacia la frontera con Honduras, en Citalá, Chalatenango), “Longitudinal del norte” (también en la zona de Chalatenango), “Panamericana y Litoral” (En San Miguel, Morazán y la Unión), requieren de un asfalto con PG – 70. Por lo tanto, no podemos generalizar que, en todo el país, los asfaltos convencionales que nos llegan; van a cumplir de manera absoluta con los requerimientos de las carreteras nacionales.

En cuanto a las zonas del país que requieren un ligante asfáltico caracterizado como PG – 70, para cumplir con las solicitudes de temperatura máxima del pavimento; deberán aplicarse asfaltos que cumplan con tales requerimientos. Esto puede solventarse modificando los asfaltos convencionales que se importan al país, o importando asfaltos modificados que cumplan con un PG-70. Esto quiere decir que aquellos asfaltos que ya cumplen con un PG – 64, para mejorar su grado de desempeño deben modificados en planta por medio de la adición química de polímeros.

4.6 Recomendaciones sobre los requerimientos de los ligantes asfálticos en El Salvador

Todos los asfaltos que llegan al país son importados, ya que en nuestro país; no hay yacimientos de petróleo crudo, ni refinerías de petróleo. Por lo cual, buscando la economía; se importa asfalto desde países cercanos, para disminuir costos de transporte. Países vecinos como Guatemala, si poseen yacimientos petrolíferos y refinan el petróleo

obteniendo asfalto; por lo cual es muy común que los asfaltos que importamos vengan de dicho país. Esto significa que, los asfaltos que importamos en la circundancia del país, tendrán muy poca probabilidad de tener grados de desempeño mayores al PG – 64. Esto implica que, necesariamente se deberán modificar los asfaltos acá en el país o se deberán importar ya modificados.

Según la Administración Federal de Transporte de los Estados Unidos, se prevee que obtener asfaltos convencionales cuyo grado de desempeño, naturalmente sea mayor al PG – 64, es muy improbable, o requerirá que las mezclas de petróleo crudo sean de muy alta calidad (ver figura 40). (Pavement Tools Consortium, FHWA, University of Washington, 2020)

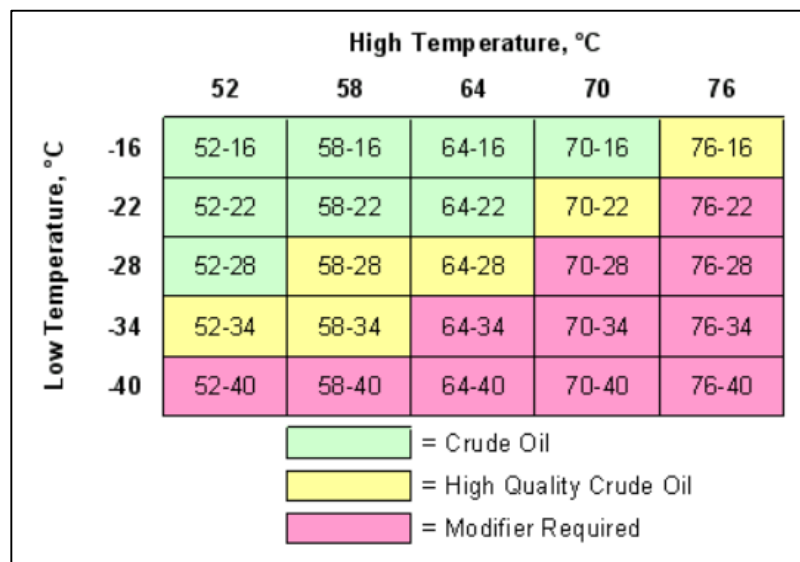


Figura 40 - Predicción de grados PG para diferentes mezclas de petróleo crudo (Fuente: Revista de la FHWA, Pavement Interactive)

En la figura 40, podemos observar que el cuadro muestra que, para grados de desempeño mayores al PG – 64; es más frecuente la modificación del asfalto para que obtenga dicho PG. Por lo tanto, podemos decir que modificar los asfaltos convencionales en planta, por medio de la adición química de polímero; así como también, importar asfaltos modificados; vienen siendo las opciones más viables para El Salvador.

En El Salvador, ya existen plantas de modificación de asfaltos; por ejemplo, la empresa ASFALCA S.A. de C.V. fue pionera en este tipo de plantas en el País. Hoy en día hay más empresas que se han sumado al esfuerzo de modificar los asfaltos en el país. Podemos mencionar algunas como, por ejemplo: DISA S.A. de C.V. y CATECO S.A. de C.V. Cabe mencionar que, en los últimos años, entidades que se encargan del mantenimiento y construcción de pavimentos en el país, como el Fondo de Conservación vial FOVIAL, está requiriendo en sus proyectos asfaltos modificados que cumplan con PG – 70 o mayores.

CONCLUSIONES

Las solicitaciones por temperatura máxima del pavimento y las zonas que estas cubren, cuyos resultados fueron obtenidos por esta investigación; arrojan que el país requiere que, los pavimentos flexibles de las principales carreteras de El Salvador, utilicen en las mezclas asfálticas para construir las carpetas de rodamiento de tales pavimentos; ligantes asfálticos con los siguientes grados de desempeño: PG – 64 y PG – 70. Las zonas que en el mapa aparecen de PG – 58 y PG – 52, se recomiendan que usen PG – 64 o mayor, debido a que estos ligantes asfálticos por debajo del grado de desempeño 64 °C, no poseen una recuperación elástica, según resultados de ensayo en DSR (reómetro de corte dinámico).

Las zonas más significativas, son aquellas con requerimiento de PG – 64 y PG – 70. Esto es porque, observando el mapa de zonificación (ver anexo 3), la zona con mayor área en el país es la del PG-64. También las zonas del PG – 70 son significativas debido a que, para las mezclas asfálticas que se utilicen en dichas zonas; deben utilizarse asfaltos convencionales de muy alto desempeño o deben modificarse los asfaltos convencionales de desempeño medio (cuyo grado de desempeño al salir de la refinería sea PG-64 o menor).

El hecho que en el país ya se esté necesitando de asfaltos modificados para cubrir los requerimientos ambientales que tienen las carreteras, refleja la grave situación provocada por el cambio climático. La generación de energía y la movilidad de personas, materias primas y mercancías; por medio de la quema de combustibles fósiles, cada día se vuelve menos viable. Se puede decir que en un futuro cercano; las áreas que requieren PG -70 aumentaran su extensión y probablemente algunos puntos del país llegaran a tener pavimentos que alcancen temperaturas máximas mayores a los 70 °C por lo que requerirán un grado de desempeño mayor. Esto implica mayores costos en las construcciones o reparaciones de pavimentos flexibles, debido a la necesidad de la modificación de los asfaltos.

RECOMENDACIONES

El mapa de zonificación PG de los asfaltos de El Salvador, en cuya creación se manifiesta la conclusión de esta investigación; sirve solo como una referencia. El propósito de este mapa es reflejar la necesidad de llevar a cabo investigaciones sobre las solicitaciones climáticas reales y actuales que poseen las carreteras del país, para poder obtener diseños de mezclas asfálticas que se desempeñen adecuadamente en servicio en el pavimento. Para esto se recomienda que, en el caso de estar ante la necesidad de construir una carretera nueva o renovar la capa de rodamiento de una carretera existente; se sigan los siguientes pasos:

- Conocer la importancia de la vía que se pretende construir o renovar, esto en función del nivel de tráfico que poseerá. Si se tiene una carretera de baja tráfico, de poca importancia como calles urbanas o carreteras que conectan centros urbanos con caseríos rurales; recomendamos que se utilice este mapa para seleccionar el grado de desempeño del asfalto que se utilizará en la carpeta asfáltica.
- Si la carretera es de alto tráfico o muy importante que conecta centros urbanos, recomendamos que mejor se investiguen las temperaturas máximas que pudo alcanzar el pavimento en el último año antes de su construcción. Esto para poder obtener un dato real y actualizado de la temperatura máxima de diseño del pavimento flexible en el tramo que se construirá o se renovará.
- Teniendo el mismo caso anterior, carreteras de alto flujo vehicular o de gran importancia; se recomienda que, la selección del ligante asfáltico vaya más allá de estar en función de la temperatura máxima del pavimento. Hoy en día, tenemos una nueva caracterización de los asfaltos que se vincula con el grado de desempeño. Hablamos de la prueba de deformación y recuperación repetida por multi-esfuerzos o MSCR por sus siglas en inglés (Multi-Stress Creep and Recovery). Esta tecnología incluye el nivel de tráfico que sufrirá el pavimento en su período de diseño y la velocidad media a la que dicho tráfico se movilizará sobre el pavimento. En esta nueva caracterización, se incluyeron tales variables debido a que,

recientemente, se descubrió que la deformación permanente o “rutting” puede generarse aún si se selecciona el grado de desempeño del asfalto según la temperatura máxima del diseño del tramo. Esto se debe al efecto que tiene el tráfico (más de 30 millones de Ejes Equivalentes o ESAL’s en el período de diseño) y la velocidad de marcha media de los vehículos sobre el pavimento cuando dichas velocidades son menores a 20 km/h. Por lo tanto, se recomienda que los diseñadores de pavimentos flexibles, a la hora de seleccionar el grado de desempeño del asfalto incluyan el ensayo MSCR e investiguen la cantidad de ESAL’s que tendrá el tramo a diseñar en su vida útil y si en algún momento se pueden generar condiciones en que la velocidad del tráfico sea menor a 20 km/h o peor, condiciones de tráfico colapsado completamente detenido. Esta última combinación es la más perjudicial para las carpetas asfálticas, lo que necesita ligantes asfálticos mejorados en mayor grado que solo atender la temperatura máxima de diseño.

Con estos pasos, un diseñador de pavimentos flexibles puede garantizar que la selección que realizará del ligante asfáltico para la capa de rodamiento permitirá que se atenúen las fallas por deformación permanente en la carpeta asfáltica.

Se recomienda también que este mapa de zonificación se actualice año con año, que se recopilen datos de los 20 años anteriores al año en el que se realiza el estudio, para que se obtenga un promedio de la temperatura máxima de diseño anual y se seleccione el dato con una confiabilidad mayor al 90%. Esto puede mejorar el mapa y que aumente su vigencia. Se recomienda además que se busquen datos de más estaciones meteorológicas, sobre todo en la zona de oriente, ya que departamentos como Usulután, San Miguel y La unión, en este mapa, solo cuentan con una estación meteorológica en estudio. Llevar a cabo la recopilación de datos en más estaciones meteorológicas mejorará la precisión de la delimitación de las áreas de las zonas para cada grado de desempeño. Por último, para las zonas con PG – 52 y PG – 58, se recomienda que, si se seleccionará un PG – 64, se le realicen al ligante asfáltico las pruebas de reología posterior al envejecimiento con el RTFO y la vasija PAV. Esto para poder analizar si el ligante asfáltico cumple en temperaturas intermedias para evitar las fallas por temperatura a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. (1993). *AASHTO, Guía para Diseño de estructura de pavimentos 1993*. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHTO. (2015). *M 320 Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder*. Washington D.C.: American Association of Highways and Transport Officers.

Albeño Cáceres, H. A., Molina Umaña, V. d., & Reynoza Morán, S. E. (2012). *Susceptibilidad térmica de los Pavimentos Asfálticos utilizados en El Salvador*. Santa Ana: Universidad de El Salvador, FMOcc.

Anton Paar Inc. (2021). *El desarrollo del negocio del reómetro desde 1980*. Obtenido de The development of the rheometer business since 1980: <https://wiki.anton-paar.com/en/the-development-of-the-rheometer-business-since-1980/>

Asphalt Institute. (1986). *MS-22 Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente*. Lexington, KY: Insituto del Asfalto, EE. UU.

Asphalt Institute. (2001). *MS-1, Thickness Design - Full Depth Pavement Structures for highways and streets* (Novena Edición ed.). Washington DC.: Asphalt Institute.

Asphalt Institute. (2011). *The Asphalt binder handbook MS-26*. Estados Unidos: Instituto del Asfalto.

Asphalt Institute. (2014). *MS-2 - Manual de Diseño de Mezclas Asfálticas - Séptima Edición*. Washington D.C.: Asphalt Institute U.S.

Castellon, O., & Mercado, R. (2015). *“ESTUDIO SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS DISCONTINUAS Y SU APLICABILIDAD EN SUPERFICIE DE RODADURA*. Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería. Cartagena de Indias, Colombia: Universidad de Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/5756/ESTUDIO%20MEZCLAS%20ASFALTICAS%20%20DISCONTINUAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Estas%20mezclas%20est%C3%A1n%20definidas%20como,una%20pel%C3%ADcula%20homog%C3%A9nea%20de%20ligante.>

Department of Defense, USA. (2001). *UNIFIED FACILITIES CRITERIA (UFC) O&M MANUAL: STANDARD PRACTICE FOR FLEXIBLE PAVEMENTS* . Washington DC.: U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS.

Escalante Zegarra, J. (2020). Tecnología Superpave, determinación del grado de desempeño, ensayos y marco normativo EG-2013. *Conferencia Curso de Mezclas Asfálticas Modificadas con polímero y caucho* (pág. 57). Lima: Nestor Huamán y Asociados.

Escobar, M., & Alvarenga, E. R. (2011). *SELECCIÓN DEL TIPO DE CEMENTO ASFALTICO PARA PRODUCIR MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE EN EL SALVADOR*. San Salvador: UIDV - Ministerio de Obras Públicas.

Fondo de Conservación Vial FOVIAL. (2018). *Condiciones Técnicas de Proyectos*. San Salvador: Gobierno de El Salvador.

Halladay, M. (1 de abril de 1998). *El programa de investigación estratégica de carreteras: una inversión que ha dado sus frutos*. (E. U. Administración Federal de Carreteras, Editor) Obtenido de Revista Vías Públicas: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/98marapr/shrp.cfm#:~:text=In%201987%2C%20the%20U.S.%20Congress,durability%2C%20safety%2C%20and%20efficiency>.

Halladay, M. (1998). El programa de investigación estratégica de carreteras: una inversión que ha dado sus frutos. *PUBLIC ROADS*, 61(5). Obtenido de <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/98marapr/shrp.cfm>

Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Desing*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc.

Iturbide, J. C. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala: Secretaria de Integración Económica Centroamericana - SIECA.

Lukanen, E. O., Stubstad, R., & Briggs, R. (2000). *Temperature Predictions and Adjustment Factors for Asphalt Pavement from LTPP program*. McLean, VA: Federal Highway Administration FHWA.

Martínez Bermúdez, R. (2017). Notas de Cátedra Hidrología - Unidad II Análisis de una cuenca, tema: elementos meteorológicos. *Cátedra de Hidrología de Ingeniería Civil* (págs. 42-53). Santa Ana, El Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

Mata de Lara, C. (2020). Ensayos de clasificación por desempeño de asfalto convencional y modificado; interpretación de resultados. *Capacitación sobre ensayos por desempeño del asfalto* (págs. 1-131). San Salvador, El Salvador: Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos ASIA.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN. (2015). *Boletín Climatológico Mensual*. San Salvador: Gobierno de El Salvador (2014 - 2019).

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MARN. (9 de Diciembre de 2021). *Reporte de datos diarios*. Obtenido de Centro Clima, Agrometeorología y Calidad del Aire; Dirección General del Observatorio Ambiental: http://srt.marn.gob.sv/portal/web/index.php?fecha=2019-08-01&rutina=ver_diarios

Paniagua Torres, J. (2017). Notas de Cátedra Ingeniería de Carreteras - Generalidades. *Cátedra Ingeniería de Carreteras* (pág. 5). Santa Ana: Departamento de Ingeniería, UES FMOCC.

Pavement Tools Consortium, FHWA, University of Washington. (31 de diciembre de 2020). *Pavement Interactive*. Obtenido de Superpave Performance Grading: <https://pavementinteractive.org/reference-desk/materials/asphalt/superpave-performance-grading/>

Roberts, F., Kandhal, P., Brown, E., & Lee, D. a. (1996). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction*. Lanham, MD: National Asphalt Pavement Association Education Foundation.

ANEXOS

ANEXO 1: Imagen de página web donde se recopilaron los datos de temperaturas máximas y mínimas por estación.

Captura de imagen de página donde el MARN publica los datos registrados en sus estaciones meteorológicas.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍAS RENOVABLES
Centro Clima, Agrometeorología y Calidad del Aire

Search...

Inicio

Monitoreo de datos

Consulta de reportes Alfa-numéricos

Agrometeorología

Clima

Calidad de Aire

Imágenes de satélite

Modelación numérica

Escenarios de Cambio Climático

Descarga de documentos

Reporte de datos diarios

Fecha: 15 / 01 / 2020

Show 25 entries Search:

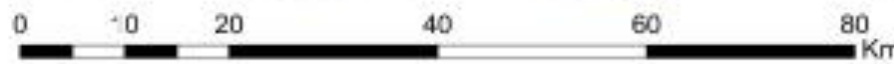
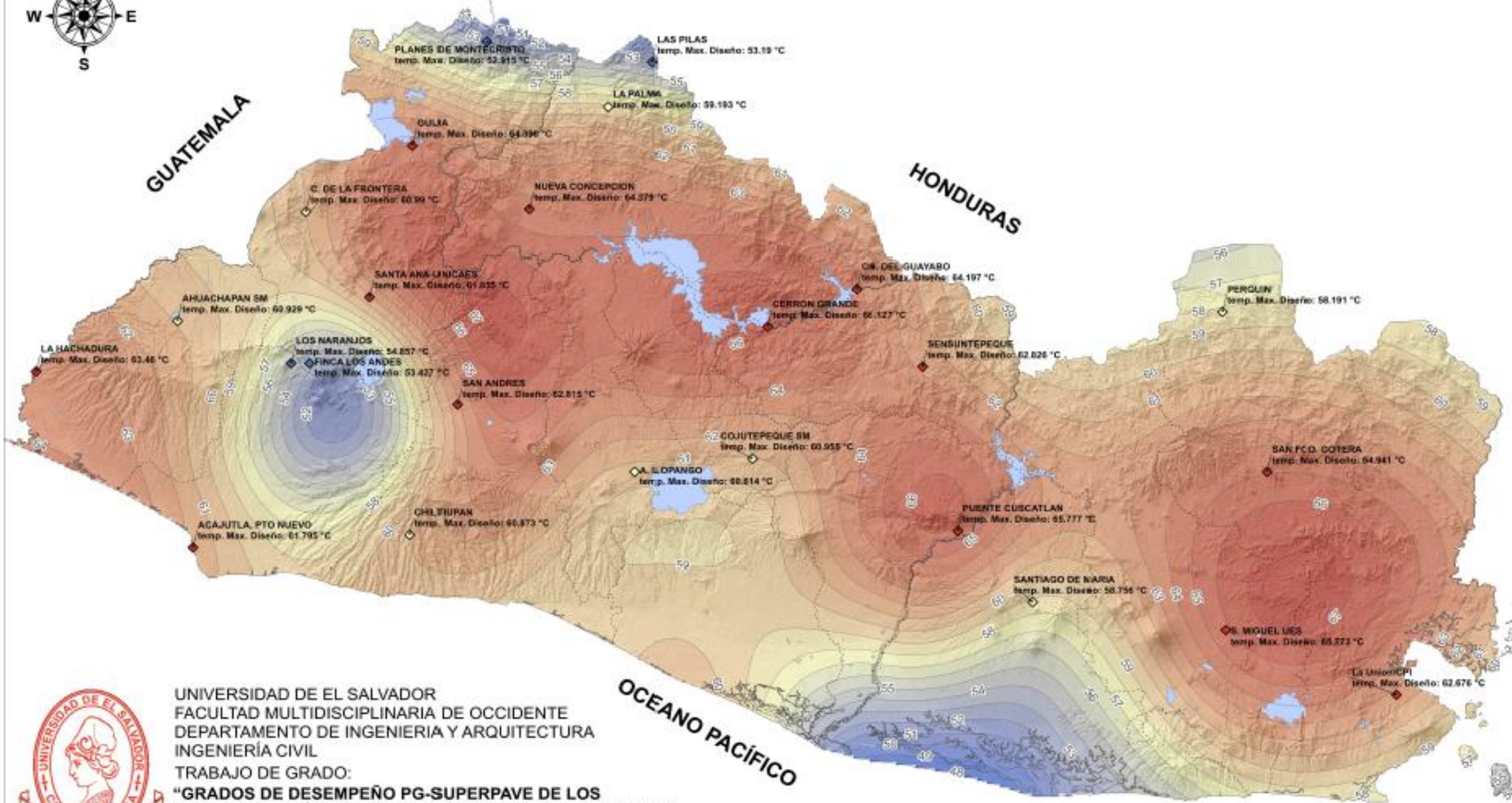
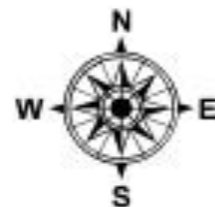
Indice	Estación	Lluvia	Tmáxima día anterior	Tmínima día actual	HumedadRelativa	GeoTerm14	GeoTerm21	GeoTerm07
A15	GUIJA	0.0	36.5	21.2	63			
A18	FINCA LOS ANDES	0.0	21.0	12.5	88			
A27	C. DE LA FRONTERA	0.0	32.8	21.4	62			
A31	PLANES DE MONTECRISTO	1.0	21.4	12.9	79			
A37	SANTA ANA-UNICAES	0.0	33.6	19.6	67			
B1	CH. DEL GUAYABO	0.0	37.2	21.0	54			
B10	CERRON GRANDE	0.0	38.4	20.4	56			
B6	SENSUNTEPEQUE	0.0	34.0	16.4	77			
C9	COJUTEPEQUE SM	0.0	33.8	19.1	61			
G13	LAS PILAS	0.0	20.0	12.2	81			
G3	NUEVA CONCEPCION	0.0	37.0	20.2	60	52.2	29.2	21.5
G4	LA PALMA	0.0	30.5	16.6	89			
H14	LA HACHADURA	0.0	37.9	28.8	53			
H8	AHUACHAPAN SM	0.0	32.4	20.2	66			
L27	CHILTIUPAN	0.0	32.8	21.8	51			
L4	SAN ANDRES	0.0	35.0	18.8	67	36.2	25.2	24.0
M24	S. MIGUEL UES	0.0	37.4	21.2	57			
N2	La Union/CPI	0.0	36.0	25.2				
S10	A. ILOPANGO	0.0	34.0	20.6	60			
T24	LOS NARANJOS	0.0	26.5	15.4	71			
T6	ACAJUTLA, PTO NUEVO	0.0	35.0	25.8	68			
U6	SANTIAGO DE MARIA	0.0	29.6	19.2	60			
V9	PUENTE CUSCATLAN	0.0	36.5	21.0	75			
Z2	SAN FCO. GOTERA	0.0	36.2	20.4	55			
Z3	PERQUIN	0.0	27.3	18.0	60			

Showing 1 to 25 of 25 entries

Previous 1 Next

ANEXO 2:
MAPA DE ISOTERMAS DE
EL SALVADOR
UTILIZANDO LAS
TEMPERATURAS DE
DISEÑO DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE

MAPA DE ISOTERMAS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 INGENIERIA CIVIL
 TRABAJO DE GRADO:
**"GRADOS DE DESEMPEÑO PG-SUPERPAVE DE LOS
 LIGANTES ASFÁLTICOS REQUERIDOS EN LAS PRINCIPALES
 CARRETERAS PAVIMENTADAS DE EL SALVADOR"**
 AUTOR: CARLOS ADRIÁN POLANCO PEÑATE

MARZO DE 2022

NOTA: DATOS DE TEMPERATURAS TOMADOS DEL AÑO 2019

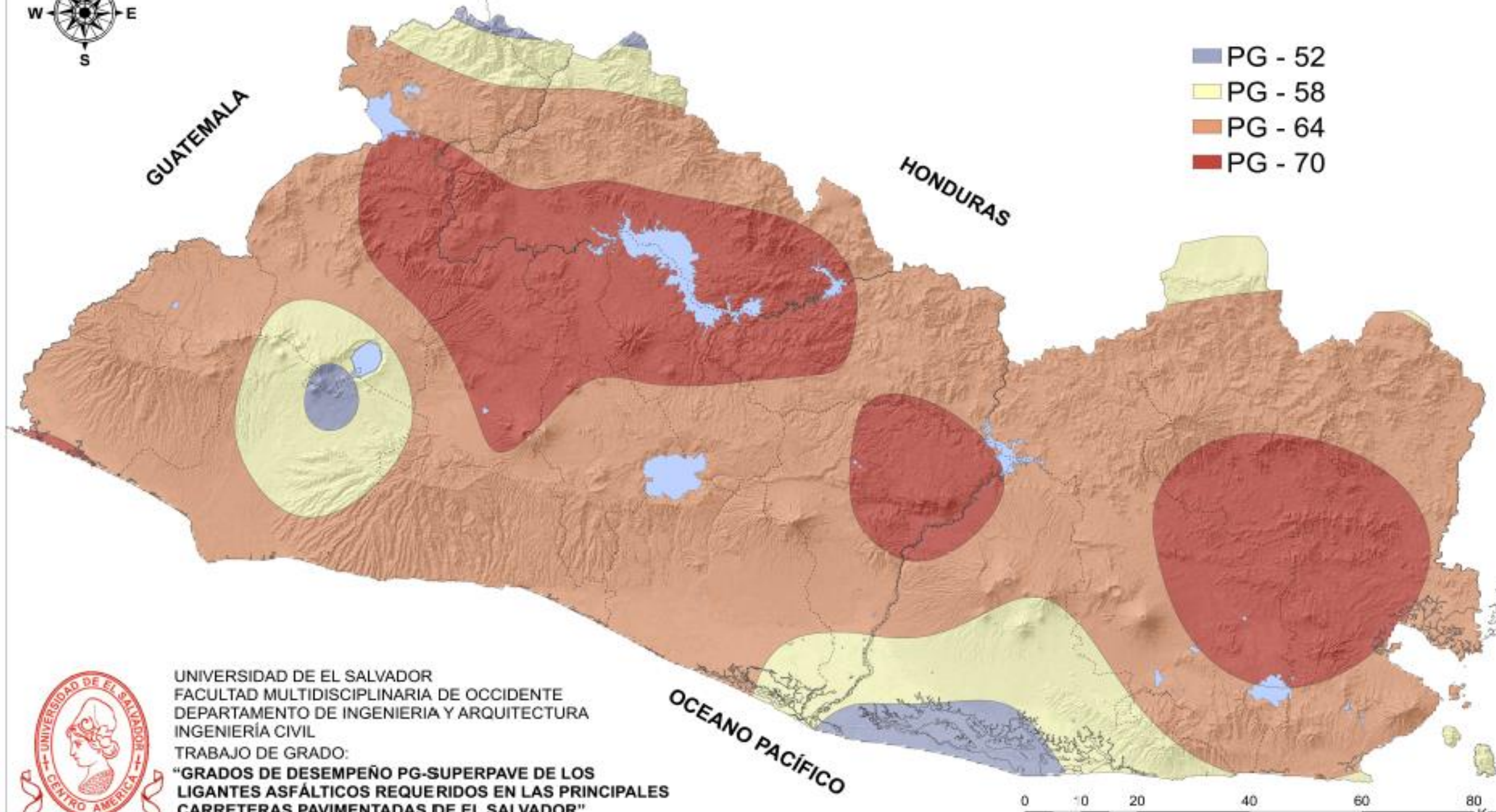
ANEXO 3:

MAPA DE ZONIFICACIÓN
PG DE EL SALVADOR

ZONIFICACIÓN POR GRADO DE DESEMPEÑO PG DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES DE EL SALVADOR



- PG - 52
- PG - 58
- PG - 64
- PG - 70



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADO:
"GRADOS DE DESEMPEÑO PG-SUPERPAVE DE LOS
LIGANTES ASFÁLTICOS REQUERIDOS EN LAS PRINCIPALES
CARRETERAS PAVIMENTADAS DE EL SALVADOR"
AUTOR: CARLOS ADRIÁN POLANCO PEÑATE

MARZO DE 2022

0 10 20 40 60 80 Km