Climate Impact on the Deterioration of Rigid Pavements in the City of Ica

Tipo de contribución: WORK IN PROGRESS (WP)

Formato: Full Paper (FP): reviews

Ceferino Condorchoa-Anculle[1], Luis Alex Alzamora de los Godos Urcia[2], Jully Pahola Calderón Saldaña[3], Fiorella Sthefany Valladolid Marcos[2], Javier Alejandro Pineda Medina[4], José Gregorio Molina Torres[2], Luis Armando Merchor Alvarado[5]

Organización: 1: Universidad San Luis Gonzaga de ICA (PE); 2: Universidad Norbert Wiener - Programa Académico de Enfermería (PE); 3: Universidad de San Martin de Porres - Carrera Profesional de Obstetricia (PE), Perú; 4; Pontificia Universidad Católica del Perú - Maestría en Gerencia Social- (PE); 5: Universidad Autónoma del Perú - (PE).

Autor corresponsal : Dr. Luis Alex Alzamora de los Godos Urcia (Universidad Norbert Wiener - (PE), ID: 2566

Abstract* — *This research employs a quantitative approach with an applied orientation and an explanatory design based on contrast techniques. It utilizes a retrospective data collection method to address the problem of rigid pavement deterioration caused by climatic factors. The study aims to determine the relationship between climate and the deterioration of rigid pavements in the district of Ica, province of Ica, Ica region. To achieve this, the Pavement Condition Index (PCI) methodology was used as the primary data collection instrument, alongside statistical tests to assess the impact of climatic variables such as temperature, humidity, precipitation, and wind speed.

The results indicate that the level of pavement deterioration in Ica is high, with a PCI rating of 27, classified as "poor." The analysis confirms a statistically significant relationship between climate and specific pavement deterioration dimensions, including durability, linear cracks, joint seal damage, shrinkage cracks, large patching, aggregate polishing, and punching, with a p-value less than 0.05. However, no significant relationship was found between climate and other deterioration factors such as corner cracking, joint spalling, pumping, and small patching, where the p-value exceeded 0.05.

Furthermore, a highly significant statistical difference was observed between the climate of Ica and Pisco, with Ica exhibiting more extreme conditions, including higher temperatures, lower humidity, stronger winds, and less precipitation. These findings highlight the critical role of climate in accelerating pavement deterioration, emphasizing the need for climate-adaptive road maintenance strategies..

Keywords— climate, deterioration, rigid pavement.

I. Introducción

En la ciudad de Ica, existen diversos tipos de pavimentos, tanto flexibles como de concreto hidráulico, cuya durabilidad y desempeño se ven afectados por múltiples factores a lo largo de su vida útil. Estos elementos influyen negativamente en su rendimiento y en su capacidad para cumplir con la función para la cual fueron diseñados. Es fundamental considerar que los pavimentos tienen una vida útil limitada, por lo que su adecuado mantenimiento es clave para garantizar su desempeño óptimo y prolongar su funcionalidad. Para ello, es imprescindible una gestión eficiente del mantenimiento vial, apoyada en soluciones tecnológicas y técnicas que permitan anticipar y mitigar el deterioro prematuro, siendo el clima uno de los factores más influyentes.

El clima en Ica se caracteriza por temperaturas cálidas, con veranos de alta radiación solar que elevan considerablemente la temperatura, especialmente en zonas urbanas. Aunque la ciudad experimenta precipitaciones en ciertos meses, la humedad no tiene un impacto significativo, y las heladas son poco frecuentes. Estas condiciones climáticas afectan directamente el desempeño y la durabilidad de los pavimentos, por lo que deben considerarse en todas las etapas del proceso, desde el diseño y construcción hasta la operación y mantenimiento. En este contexto, el estudio se centra en los pavimentos rígidos, evaluando su comportamiento frente a estas condiciones ambientales.

En la actualidad, se observa un deterioro evidente en los pavimentos rígidos de Ica. Algunos han superado su vida útil, mientras que otros, pese a no haber alcanzado el tiempo de servicio proyectado, ya presentan signos de desgaste. Entre los factores que contribuyen a este deterioro se encuentran la temperatura, la radiación solar, las precipitaciones y la humedad.

Los pavimentos rígidos en Ica fueron diseñados conforme a las metodologías y normativas vigentes en el país, como el método AASHTO 93, empleado en Perú. Se presume que su construcción cumplió con los estándares de calidad establecidos; sin embargo, el deterioro observado sugiere que la fase de operación y servicio agrava su desgaste. Esto se debe, en parte, a las limitaciones del método AASHTO 93, que, al ser empírico, no considera de manera adecuada factores climáticos como los gradientes térmicos, las altas temperaturas, la radiación solar, la humedad y el viento.

Los fallos y deterioros identificados responden a una combinación de múltiples factores, incluyendo aspectos

climatológicos, diseño estructural, calidad del proceso constructivo y gestión del mantenimiento vial. De estos, el mantenimiento vial desempeña un papel crucial en la conservación del pavimento a lo largo de su vida útil. Es precisamente en la etapa de operación donde los factores climáticos ejercen su mayor impacto.

Este estudio se circunscribe al distrito de Ica, con el objetivo de identificar, analizar y establecer correlaciones entre variables climáticas—como la temperatura, la radiación solar y las precipitaciones—y el deterioro de los pavimentos rígidos en la zona.

El análisis detallado permitirá comprender con mayor precisión el efecto de las condiciones climáticas específicas de Ica sobre el comportamiento de los pavimentos a lo largo del tiempo. Al establecer estas correlaciones, será posible desarrollar estrategias más eficaces de diseño, construcción y mantenimiento vial, adaptadas a la realidad climática local. De esta manera, se podrá maximizar la vida útil de los pavimentos, optimizar su rendimiento y reducir la necesidad de costosos procesos de rehabilitación, minimizando a su vez los inconvenientes ocasionados por infraestructuras deterioradas.

En conclusión, este estudio busca comprender a fondo la interacción entre los factores climáticos y el deterioro de los pavimentos rígidos en Ica. A través del análisis de las condiciones ambientales y la evaluación de los daños en la infraestructura vial, se podrán diseñar estrategias de gestión y mantenimiento que contribuyan a prolongar la vida útil de los pavimentos y mejorar la calidad de las vías, en beneficio de la comunidad..

II. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque deductivo y cuantitativo, dado que se realizaron mediciones cuya interpretación se tradujo en valores numéricos y porcentajes. Se trata de una investigación aplicada, orientada a la generación de conocimientos prácticos con el propósito de determinar la relación entre las condiciones climáticas y el deterioro de los pavimentos rígidos. En términos de alcance, el estudio es correlacional, pues se analiza la asociación existente entre estas variables.

Desde la perspectiva metodológica, la investigación adopta un diseño explicativo-correlacional, ya que examina la influencia del clima en el deterioro de los pavimentos. Asimismo, se clasifica como retrospectiva en cuanto a su direccionalidad, dado que el análisis parte del efecto presente (deterioro de pavimentos) y se remonta a las condiciones climáticas previas que podrían haberlo causado.

Para la recolección de datos, se empleó una combinación de enfoques retrolectivos y prolectivos. Los datos climáticos se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) mediante un enfoque retrolectivo, mientras que la evaluación del deterioro de los pavimentos se realizó de manera prolectiva a través del método Pavement Condition Index (PCI).

El estudio sigue un diseño longitudinal, dado que las variables fueron analizadas en dos momentos temporales: el presente y el pasado. Adicionalmente, se adoptó un enfoque comparativo para contrastar pavimentos deteriorados y no deteriorados, permitiendo establecer la influencia de las condiciones climáticas en cada caso.

El diseño de la investigación corresponde a un estudio de casos y controles, alineado con su naturaleza explicativa-correlacional, comparativa, longitudinal y retrospectiva.

La población del estudio es finita y consta de 59 unidades muestrales identificadas mediante el método PCI. La muestra seleccionada incluye 49 unidades muestrales ubicadas en sectores específicos de la ciudad de Ica, como la urbanización San Miguel, la Ciudad Universitaria de la Universidad San Luis Gonzaga de Ica y la urbanización San José. Además, se incorporaron unidades muestrales del distrito de San Clemente y del estacionamiento PISCO Playa en la provincia de Pisco. La selección de la muestra se llevó a cabo mediante un muestreo probabilístico utilizando el software OpenEpi (versión 2018), obteniendo 39 unidades en vías urbanas de Ica y 10 en Pisco.

Para la recolección de información, se utilizaron el manual PCI y el formato de relevamiento de datos en campo. Asimismo, se analizaron los reportes anuales de SENAMHI sobre el clima en Ica y Pisco. La evaluación de los pavimentos se fundamentó en la norma ASTM D6433-18, la cual es utilizada por diversas entidades públicas y privadas como referencia en la inspección de pavimentos.

En cuanto a la validación de las variables climáticas, se emplearon los reportes oficiales de SENAMHI correspondientes a los últimos cinco años. Estos datos, considerados técnicos y periódicos, son utilizados en la planificación y toma de decisiones sobre el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos rígidos, alineándose con las políticas municipales en el ámbito urbano y las directrices del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el caso de la infraestructura vial.

En síntesis, este estudio adopta un enfoque deductivo y cuantitativo, aplicando un diseño de casos y controles para analizar la relación entre el clima y el deterioro de los pavimentos. La recopilación de datos se realizó mediante fuentes oficiales y metodologías validadas, permitiendo una caracterización precisa del fenómeno. Los hallazgos de esta investigación contribuirán a la optimización de estrategias de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos rígidos, considerando los factores climáticos como determinantes clave en su desempeño y vida útil.

III. RESULTADOS

		N	Media	Desviación típica	Error típico
precipitaciones anual	Pisco	10	1,1600	,00000	,00000
	ICA	39	,3600	,00000	,00000
	Total	49	,5233	,32576	,04654
Temperatura promedio anual	Pisco	10	25,7400	,00000	,00000
	ICA	39	27,4600	,00000	,00000
	Total	49	27,1090	,70039	,10006
velocidad del viento promedio	Pisco	10	1,4500	,00000	,00000
	ICA	39	1,5600	,00000	,00000
	Total	49	1,5376	,04479	,00640
Humedad Relativa	Pisco	10	82,5000	,00000	,00000
	ICA	39	66,4200	,00000	,00000
	Total	49	69,7016	6,54786	,93541

$$F1 = 1{,}120E33,\ p < 0.001$$
$$F2 = 6{,}150E29,\ p < 0.001$$
$$F3 = 1{,}050E30,\ p < 0.001$$
$$F4 = 7{,}735E30,\ p < 0.001$$

Se han identificado diversos tipos de deterioro en los pavimentos rígidos, atribuyéndose nueve de ellos al factor climático, siete a otros factores como interferencias, fenómenos naturales, actividad orgánica de la vegetación y mantenimiento, y tres al tránsito o carga vehicular. A través de un análisis estadístico, se exploró la relación entre el clima y el deterioro de los pavimentos rígidos, obteniendo los siguientes resultados.

La evaluación de los pavimentos rígidos en la ciudad de Ica mediante el método PCI reveló un alto nivel de deterioro, clasificándolos como "MALO" en la escala correspondiente, con un índice de 27. En cuanto a los tipos de deterioro identificados, se determinó que nueve están relacionados con el clima, siete con otros factores y tres con el tránsito o carga vehicular.

Respecto a la interacción entre el clima y el deterioro del pavimento rígido en términos de rotura por pandeo, se observó que el 60% de los pavimentos afectados correspondían a la ciudad de Ica. No obstante, el 82% de los pavimentos sin esta falla también pertenecían a dicha localidad, caracterizada por un clima seco y caluroso. Dado que el valor de P fue superior a 0.05, las diferencias no resultaron estadísticamente significativas. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis de investigación y se aceptó la hipótesis nula, evidenciando que el clima no influye en la rotura por pandeo.

El análisis de varianza sobre la rotura por pandeo en función del número de roturas, densidad y valor deducido mostró que en Pisco el promedio de roturas fue de 0.2, mientras que en Ica fue de 0.15, sin diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$). En cuanto a la densidad, los valores fueron 1.0 en Pisco y 2.27 en Ica, y para el valor deducido, 2.8 y 1.3 respectivamente, nuevamente sin diferencias significativas. En consecuencia, se confirmó la ausencia de relación entre estos indicadores y el clima.

En cuanto a la influencia del clima en la durabilidad de los pavimentos rígidos, se halló que el 28.6% de los pavimentos con deterioro significativo se ubicaban en Ica, mientras que el 88% de los que no presentaban esta falla también pertenecían a dicha localidad. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($P < 0.05$), lo que confirma la influencia del clima en la durabilidad de los pavimentos.

El análisis de varianza sobre el número de fallas, densidad y valor deducido en relación con el clima reveló que el promedio de fallas en el grado de durabilidad fue de 0.5 en Pisco y 0.25 en Ica, sin diferencias significativas ($P > 0.05$). En densidad, los valores fueron 2.9 en Pisco y 1.62 en Ica, también sin diferencias significativas. No obstante, el valor deducido fue de 10.1 en Pisco y 0.56 en Ica, con una diferencia altamente significativa ($P < 0.001$), indicando una relación entre el clima y este indicador en particular.

Respecto a las grietas lineales, se observó que el 78.6% de los pavimentos con esta falla correspondían a Ica, mientras que el 85.7% de los que no la presentaban también pertenecían a dicha ciudad. Dado que el valor de P fue superior a 0.05, no se hallaron diferencias significativas, rechazándose la hipótesis de investigación y aceptándose la hipótesis nula, lo que sugiere que el clima no influye en la aparición de grietas lineales.

No obstante, el análisis detallado de los indicadores de grietas lineales mostró diferencias significativas. El número de fallas por grietas lineales fue de 3.9 en Pisco y 6.85 en Ica ($P < 0.05$), la densidad fue de 23.8 en Pisco y 40.05 en Ica ($P < 0.05$) y el valor deducido de 15.4 en Pisco y 24.1 en Ica ($P < 0.05$). Estas diferencias estadísticamente significativas respaldan la hipótesis de investigación, confirmando la relación entre el clima y la presencia de grietas lineales.

Finalmente, en lo que respecta al escalonamiento, el 75% de los pavimentos afectados se ubicaban en Ica, mientras que el 85.7% de los que no presentaban esta falla también correspondían a dicha localidad. Sin embargo, al no alcanzar un nivel de significancia estadística ($P > 0.05$), se rechazó la hipótesis de investigación y se concluyó que el clima no influye en la aparición de escalonamientos.

Hip.	Clima	Deterioro	Resultados	Comentario
1	relación	deterioro	pci: 27; malo	se acepta hipótesis
2	Relación entre clima	Rotura por pandeo	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relación entre clima	Rotura por pandeo por indicador de número de fallas, densidad y valor deducido	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relación entre clima	Deterioro de pavimento por grado de durabilidad	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
2	Relación entre clima	deterioro de pavimento en dimensión de grado durabilidad e indicadores número de fallas, densidad y valor deducido	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relación entre clima	deterioro de pavimento rígido en la dimensión de grietas lineales	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
2	Relacion del clima	deterioro de pavimentos en los indicadores de número de fallas, densidad, valor deducido	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
2	Relación entre el clima	deterioro de pavimento rígido en la dimensión de escalonamiento	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relacion entre el clima	deterioro del pavimento rígido en dimension de escalonamiento con indicadores de número de fallas, densidad y valor deducido	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relación entre el clima	deterioro de pavimento rígido en la dimensión de daño de sello de juntas	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
2	Relación entre clima	deterioro de pavimento rígido en la dimension de daño de sello de junta por indicador de número de fallas, densidad, valor deducido	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
2	Relación entre clima	deterioro de pavimento rígido en la dimensión astillamiento de juntas	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relacion entre clima	deterioro del pavimento rígido en la dimension astillamiento de juntas por indicador número de fallas, densidad, valor deducido	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relación entre clima	deterioro de pavimento en la dimensión grietas de retracción	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relacion entre clima	deterioro del pavimento rígido en la dimension de grietas de retracción por indicador número de fallas, densidad, valor deducido	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
2	Relación entre clima	deterioro del pavimento rígido en la dimensión astillamiento de esquina	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relacion entre clima	deterioro del pavimento rígido en la dimension astillamiento de esquina con indicadores de número de fallas, densidad y valor deducido	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
2	Relación entre clima	deterioro del pavimento rígido en la dimensión de descascaramiento	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
2	Relacion entre clima	deterioro del pavimento rígido en la dimension de descascaramiento por indicadores de número de fallas por descascaramiento, densidad y valor deducido	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis

Figura 3: Loza dividida

En cuanto a la dimensión de escalonamiento en el deterioro del pavimento rígido y su vínculo con las condiciones climáticas, se llevó a cabo un análisis detallado empleando indicadores como la cantidad de fallas por escalonamiento, la densidad y el valor deducido. Los hallazgos revelaron que el promedio de fallas por escalonamiento en Pisco fue de 1.4, mientras que en Ica ascendió a 2.2. A pesar de esta diferencia, el análisis estadístico indicó que no era significativa, con un nivel de confianza superior al 0.05. De manera similar, al examinar la densidad, se registraron valores de 7.5 en Pisco y 12.02 en Ica, sin que la discrepancia alcanzara significancia estadística. Respecto al valor deducido, Pisco obtuvo un promedio de 13.7 y Ica de 8.1, sin diferencias estadísticamente relevantes.

Estos resultados sugieren que no existe una relación estadísticamente significativa entre los indicadores de fallas por escalonamiento y las condiciones climáticas. Por lo tanto, la hipótesis que postulaba una influencia del clima sobre este tipo de deterioro fue rechazada, concluyéndose que el clima no incide en la aparición del escalonamiento. Sin embargo, es importante señalar que sí se identificó una diferencia significativa en el indicador de densidad, lo que podría indicar una relación entre la densidad del pavimento y el clima.

En lo que respecta al daño de sello de juntas en el pavimento rígido y su posible relación con el clima, se aplicó un análisis similar mediante los indicadores de cantidad de fallas por daño de sello de juntas, densidad y valor deducido. Los resultados mostraron que el promedio de fallas en Pisco fue de 2.2, mientras que en Ica se redujo a 0.28, registrando una diferencia estadísticamente significativa que sugiere una relación entre el clima y este tipo de deterioro. En términos de densidad, Pisco presentó un valor de 11.9 frente a 2.11 en Ica, con una diferencia también significativa. Asimismo, el valor deducido fue de 3.50 en Pisco y 0.74 en Ica, evidenciando nuevamente una diferencia estadísticamente relevante. Estos hallazgos confirman que los indicadores del daño de sello de juntas presentan una relación significativa con el clima.

En síntesis, el análisis determinó que el escalonamiento del pavimento rígido no guarda una relación significativa con las condiciones climáticas. No obstante, el daño de sello de juntas sí mostró una vinculación estadísticamente relevante con el clima, lo que proporciona información valiosa para optimizar las estrategias de mantenimiento y conservación del pavimento.

Con relación al astillamiento de juntas, se observó que todas las estructuras con esta falla correspondían exclusivamente a la ciudad de Ica, mientras que el 77.3% de los pavimentos sin dicha afectación también pertenecían a esta localidad, caracterizada por su clima seco y cálido. No obstante, el análisis estadístico indicó que estas diferencias carecen de significancia, ya que el valor de p fue superior a 0.05. En consecuencia, se rechazó la hipótesis de investigación para esta dimensión, aceptando la hipótesis nula y concluyendo que el clima no incide en la presencia de astillamiento de juntas.

Para profundizar en esta evaluación, se realizó un análisis de varianza considerando los indicadores de cantidad de fallas por astillamiento de juntas, densidad y valor deducido. Los resultados revelaron que en Pisco el número de fallas fue de 0, mientras que en Ica se registró un promedio de 0.44, sin que la diferencia fuera significativa. En cuanto a la densidad, los valores fueron de 0.00 en Pisco y 2.54 en Ica, mientras que el valor deducido alcanzó 0 en Pisco y 1.56 en Ica, sin diferencias estadísticamente relevantes en ninguno de los casos. Estos resultados reafirman que no existe una asociación estadísticamente significativa entre el astillamiento de juntas y las condiciones climáticas, por lo que se acepta la hipótesis nula.

En lo que respecta a las grietas de retracción, se encontró que el 71.4% de los pavimentos con esta afectación

correspondían a la ciudad de Ica, mientras que el 90.5% de los que no presentaban esta falla también se ubicaban en dicha localidad. Dado que el valor de p obtenido fue menor a 0.05, se consideró que estas diferencias son estadísticamente significativas. Sin embargo, se concluyó que el clima no es un factor determinante en la aparición de grietas de retracción.

En síntesis, los resultados muestran una relación estadísticamente significativa entre el clima y el deterioro del pavimento rígido únicamente en lo referente al daño de sello de juntas. Los indicadores de cantidad de fallas, densidad y valor deducido evidenciaron diferencias significativas entre Pisco e Ica. En contraste, no se halló una relación estadísticamente relevante entre el clima y el astillamiento de juntas ni con las grietas de retracción.

En cuanto a la evaluación del astillamiento de esquina, la mayoría de los pavimentos con esta falla se ubicaron en Ica. Asimismo, una proporción considerable de los pavimentos sin este tipo de deterioro también pertenecía a dicha ciudad. No obstante, las diferencias detectadas fueron estadísticamente significativas, lo que llevó a concluir que el clima no tiene influencia en la aparición del astillamiento de esquina.

En conclusión, los hallazgos reflejan que existen relaciones significativas entre el clima y ciertos tipos de deterioro en el pavimento rígido. Se identificó una correlación entre el clima y el daño de sello de juntas, así como en los indicadores de cantidad de fallas por grietas de retracción y valor deducido. Sin embargo, no se encontró evidencia de una relación entre el clima y el astillamiento de juntas, ni con el astillamiento de esquina, lo que sugiere que otros factores podrían estar influyendo en la degradación del pavimento en estas dimensiones.

Al analizar en detalle la relación entre el clima y el deterioro del pavimento rígido en términos del astillamiento de esquina, se identificaron diferencias significativas al evaluar los indicadores de número de fallas por astillamiento de esquina, densidad y valor deducido en las ciudades de Pisco e Ica. Se observó que el promedio de fallas por astillamiento de esquina fue considerablemente más alto en Ica que en Pisco, y esta diferencia resultó estadísticamente significativa con un valor de p inferior a 0.05. Asimismo, se detectaron diferencias relevantes en la densidad y el valor deducido entre ambas ciudades. Estos hallazgos respaldan la existencia de una relación entre los indicadores de astillamiento de esquina y las condiciones climáticas de cada localidad.

En cuanto al descascaramiento, se evidenció que la mayor parte de los pavimentos con esta falla correspondían a la ciudad de Ica. Sin embargo, también se registró una proporción considerable de pavimentos sin descascaramiento en la misma localidad. Al aplicar los análisis estadísticos, se determinó que estas diferencias eran estadísticamente significativas, lo que sugiere que el clima no desempeña un papel determinante en la aparición del descascaramiento.

En síntesis, se ha identificado una relación estadísticamente significativa entre el clima y el deterioro del pavimento rígido en lo que respecta al astillamiento de esquina, con diferencias marcadas en el número de fallas, la densidad y el valor deducido entre Pisco e Ica. No obstante, no se ha encontrado evidencia que indique una relación significativa entre el clima y la manifestación del descascaramiento.

Respecto a la influencia del clima en el deterioro del pavimento rígido en la dimensión de descascaramiento, los análisis estadísticos se realizaron utilizando diversos indicadores, entre ellos el número de fallas por descascaramiento, la densidad y el valor deducido. Los resultados mostraron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las ciudades de Pisco e Ica en cuanto a los promedios de estos indicadores. Tanto la cantidad de fallas por descascaramiento como la densidad y el valor deducido no exhibieron variaciones significativas entre ambas localidades. En consecuencia, se concluye que no existe una relación entre los indicadores de descascaramiento y las condiciones climáticas, lo que lleva al rechazo de la hipótesis de investigación planteada.

En lo que concierne a la dimensión de parcheo grande, se constató que un porcentaje considerable de los pavimentos con esta falla se encontraba en la ciudad de Ica. De manera similar, también se identificó una proporción significativa de pavimentos sin parcheo grande en la misma localidad. Sin embargo, al llevar a cabo el análisis estadístico correspondiente, se determinó que estas diferencias eran estadísticamente significativas, con un valor de p menor a 0.05. Esto permite aceptar la hipótesis de investigación en esta dimensión y sustentar que el clima influye en el parcheo grande, particularmente debido a las condiciones secas y calurosas características de Ica.

Por otro lado, en la dimensión de parcheo pequeño, se halló que todos los pavimentos con esta falla pertenecían a la ciudad de Ica. Además, se observó una proporción notable de pavimentos sin parcheo pequeño en la misma localidad. Al examinar los resultados estadísticos, se determinó que estas diferencias no eran estadísticamente significativas, con un valor de p mayor a 0.05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis de investigación en esta dimensión y se concluye que el clima no tiene una incidencia significativa en la aparición del parcheo pequeño.

En resumen, no se ha encontrado evidencia de una relación significativa entre el clima y el deterioro del pavimento rígido en la dimensión de descascaramiento. No obstante, sí se ha establecido una relación significativa entre el clima y el parcheo grande, lo que indica que las condiciones de sequedad y altas temperaturas en Ica contribuyen a la presencia de esta falla. Por el contrario, el análisis demuestra que el clima no tiene una influencia determinante en la formación del parcheo pequeño. Estos resultados son de suma importancia para la planificación y ejecución de estrategias de mantenimiento y conservación de pavimentos en estas zonas geográficas específicas..

Hip.	Clima	Deterioro	Resultados	Comentario
3	Relación entre clima	deterioro del pavimento rígido en la dimensión de parcheo grande	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
3	Relación entre clima	deterioro del pavimento rígido en la dimensión de parcheo grande por indicadores de numero de fallas por parcheo grande, densidad y valor deducido	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
3	Relación entre clima	deterioro del pavimento rígido en la dimensión de parcheo pequeño	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Parcheo pequeño por indicadores de numero de fallas por parcheo pequeño, densidad y valor deducido	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de pulimento de agregados	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de pulimento de agregados por indicadores de número de fallas por pulimento de agregados, densidad y valor deducido	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Desprendimiento	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Desprendimiento por indicadores de número de fallas por desprendimiento, densidad y valor deducido	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Desnivel carril berma	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Desnivel carril berma por indicadores de numero de fallas por desnivel carril berma, densidad y valor deducido	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Bombeo,	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Bombeo por indicadores de numero de fallas por bombeo, densidad y valor deducido	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Cruce de via	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
3	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Cruce de via por indicadores de numero de fallas por cruce de via, densidad y valor deducido	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
4	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Losa dividida	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
4	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de losa dividida por indicadores de numero de fallas por losa dividida, densidad y valor deducido	si hay relación por que el P es menor que 0.05	se aprueba la hipótesis
4	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Rotura de esquina	No hay relación por que el P es mayor que 0.05	Se rechaza la hipótesis
4	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Rotura de esquina por indicadores de número defallas por rotura de esquina, densidad y valor deducido	si hay relación por que el P es menor que 0.05, en densidad y fallas	se aprueba la hipótesis
4	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Punzonamiento	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis
4	Relación entre clima	Deterioro del pavimento rígido en la dimensión de Punzonamiento por indicadores de N° de fallas, densidad, valor deducido	Si hay relación por que el P es menor que 0.05	Se aprueba la hipótesis

En cuanto a la relación entre el clima y el deterioro del pavimento rígido en la dimensión de parcheo pequeño, se realizaron análisis estadísticos utilizando diversos indicadores, como el número de fallas, la densidad y el valor deducido. Los resultados obtenidos indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los promedios comparados entre las ciudades de Pisco e Ica. Específicamente, los indicadores evaluados no presentaron variaciones significativas entre ambas localidades, lo que llevó a rechazar la hipótesis de investigación y concluir que no existe una relación entre el clima y los indicadores de parcheo pequeño.

Respecto a la dimensión de pulimento de agregados, se observó que el 100% de los pavimentos con esta falla se encontraban en la ciudad de Ica. Además, se identificó una proporción considerable de pavimentos sin esta condición también en dicha localidad. Sin embargo, el análisis estadístico reveló que estas diferencias no son estadísticamente significativas, dado que el valor de p fue inferior a 0.05. En consecuencia, se acepta la hipótesis de investigación, demostrando que el clima influye en el desgaste de los agregados.

Los análisis adicionales sobre esta dimensión mostraron que el promedio de fallas por pulimento de agregados en Pisco fue de 0, mientras que en Ica alcanzó un valor de 5.54, con una diferencia estadística menor a 0.05. En términos de densidad, Pisco registró un valor de 0, mientras que en Ica fue de 30.2, con una diferencia igualmente significativa. Asimismo, el valor deducido fue de 0 en Pisco y de 3.98 en Ica, con una diferencia estadística menor a 0.05. Estos hallazgos confirman la existencia de diferencias significativas entre los promedios comparados, lo que respalda la hipótesis de investigación y evidencia una relación entre el clima y el pulimento de agregados.

En síntesis, no se encontró una correlación significativa entre el clima y el deterioro del pavimento en la dimensión de parcheo pequeño. No obstante, sí se identificó una relación relevante en el caso del pulimento de agregados, lo que sugiere que el clima seco y cálido de Ica contribuye a la aparición de esta falla. Estos resultados son fundamentales para la planificación y mantenimiento de la infraestructura vial en estas regiones.

Con respecto a la dimensión de desprendimiento, se observó que el 100% de los pavimentos afectados por esta condición pertenecían a la ciudad de Ica, al igual que una proporción significativa de pavimentos sin esta falla. A pesar de esta distribución, el análisis estadístico determinó que estas diferencias no son estadísticamente significativas, ya que el valor de p fue superior a 0.05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis de investigación y se concluye que el clima no influye en el desprendimiento del pavimento.

Al analizar los indicadores de esta dimensión, se halló que el promedio de fallas por desprendimiento en Pisco fue de 0, mientras que en Ica fue de 0.77, con una diferencia estadística menor a 0.05. En términos de densidad, los valores fueron de 0 en Pisco y 5.13 en Ica, con una diferencia mayor a 0.05. Por otro lado, el valor deducido fue de 0 en Pisco y 0.79 en Ica, con una diferencia menor a 0.05. Estos resultados indican que, aunque no se encontraron diferencias significativas en la densidad del desprendimiento, sí se observaron diferencias relevantes en el número de fallas y el valor deducido, lo que respalda la hipótesis de investigación y sugiere que estos indicadores están relacionados con el clima.

En la dimensión de desnivel carril-berma, se evidenció que el 80% de los pavimentos con esta falla se ubicaban en Ica. Sin embargo, también se encontró una proporción significativa de pavimentos sin este problema en la misma ciudad. Tras aplicar el análisis estadístico, se determinó que las diferencias observadas son estadísticamente significativas, con un valor de p superior a 0.05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis de investigación y se concluye que el clima no influye en el desnivel carril-berma.

En términos de indicadores, el análisis de varianza reveló que el promedio de fallas por desnivel carril-berma en Pisco

fue de 0.1, mientras que en Ica fue de 0.13, sin diferencias estadísticamente significativas. Para la densidad, los valores fueron de 0.5 en Pisco y 0.72 en Ica, con una diferencia superior a 0.05. Finalmente, el valor deducido fue de 0 en Pisco y 0.33 en Ica, mostrando una diferencia estadística significativa. Estos resultados indican que, si bien no hay relación entre el clima y los indicadores de fallas y densidad en esta dimensión, sí existe una conexión con el valor deducido.

En cuanto a la dimensión de bombeo, se constató que el 100% de los pavimentos afectados por esta falla pertenecían a Ica. No obstante, también se identificó una proporción considerable de pavimentos sin esta condición en la misma ciudad. El análisis estadístico determinó que las diferencias observadas son estadísticamente significativas, ya que el valor de p fue mayor a 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis de investigación y se concluye que el clima no ejerce una influencia directa sobre el bombeo.

Sin embargo, al evaluar los indicadores específicos, se encontró que el promedio de fallas por bombeo en Pisco fue de 0, mientras que en Ica alcanzó un valor de 0.18, con una diferencia estadística menor a 0.05. En cuanto a la densidad, Pisco registró un valor de 0, mientras que en Ica fue de 1.23, con una diferencia igualmente significativa. Finalmente, el valor deducido fue de 0 en Pisco y 0.62 en Ica, también con una diferencia estadísticamente significativa. Estos hallazgos indican que existen diferencias relevantes en los indicadores de fallas por bombeo y valor deducido, lo que respalda la hipótesis de investigación y sugiere una relación entre estos indicadores y el clima.

En síntesis, se concluye que no se halló una relación significativa entre el clima y el desnivel carril-berma, ni en términos de número de fallas ni en densidad. Sin embargo, se identificó una conexión estadísticamente significativa con el valor deducido. En la dimensión de bombeo, no se observó una influencia del clima sobre los indicadores de número de fallas y densidad, pero sí en el valor deducido.

En conclusión, el análisis del deterioro del pavimento rígido en distintas dimensiones arrojó resultados variados. Mientras que en las dimensiones de desnivel carril-berma y bombeo no se encontró una relación clara entre el clima y los indicadores de número de fallas y densidad, sí se evidenció una conexión significativa con el valor deducido, lo que sugiere que el clima podría influir en ciertos aspectos del deterioro.

Estos hallazgos, basados en los datos y análisis realizados, son esenciales para la planificación y mantenimiento de pavimentos en estas regiones, contribuyendo a una mejor gestión de la infraestructura vial en función de las condiciones climáticas locales..

En lo que respecta a la dimensión de rotura de esquina, los resultados obtenidos fueron consistentes, observándose que el 78.8% de las muestras que presentaban esta falla procedían de la ciudad de ICA. De manera similar, el 81.3% de las muestras sin rotura de esquina también se originaron en ICA. Estas diferencias resultaron ser estadísticamente significativas, lo que llevó al rechazo de la hipótesis de investigación y a la aceptación de la hipótesis nula, lo cual sugiere que el clima no tiene influencia en la rotura de esquina.

En conclusión, tanto en la dimensión de losa dividida como en la de rotura de esquina, los hallazgos revelan que el clima no desempeña un papel determinante en estos tipos de deterioro del pavimento rígido.

Al analizar los indicadores asociados al clima y el deterioro del pavimento rígido en la dimensión de rotura de esquina mediante un análisis de varianza, se obtuvo información reveladora. En la localidad de Pisco, el promedio de fallas por rotura de esquina fue de 0.9, mientras que en ICA alcanzó un promedio de 2.2, evidenciando una diferencia estadísticamente significativa por debajo del nivel de confianza de 0.05. En cuanto a la densidad, Pisco registró un valor de 5.4, mientras que ICA alcanzó 12.8, lo que también mostró una diferencia estadísticamente significativa inferior a 0.05. Por otro lado, el valor deducido fue de 16.0 en Pisco y 14.5 en ICA, lo que no mostró una diferencia estadística significativa mayor a 0.05. Este último resultado llevó al rechazo de la hipótesis de investigación y la aceptación de la hipótesis nula, indicando que no existe una relación entre el clima y el valor deducido en la rotura de esquina. Sin embargo, los indicadores de número de fallas por rotura de esquina y densidad sí presentaron diferencias estadísticamente significativas, lo que apoya la hipótesis de investigación y sugiere una relación entre estos indicadores y las condiciones climáticas.

En resumen, los resultados del análisis de la dimensión de rotura de esquina indican que el clima no influye en este tipo de deterioro del pavimento rígido según los indicadores analizados.

En cuanto a la dimensión de losa dividida, se analizaron los indicadores de número de fallas por losa dividida, densidad y valor deducido utilizando un análisis de varianza. Los

resultados revelaron que el promedio de número de fallas por losa dividida en Pisco fue de 1.1, mientras que en ICA alcanzó 2.46, con una diferencia estadísticamente significativa por debajo del nivel de confianza de 0.05. La densidad en Pisco fue de 6.5, mientras que en ICA fue de 13.8, también mostrando una diferencia estadísticamente significativa inferior a 0.05. En relación al valor deducido, Pisco tuvo un valor de 17.4 y ICA de 18.7, lo que no mostró una diferencia estadística significativa mayor a 0.05. Estos resultados llevaron al rechazo de la hipótesis de investigación y la aceptación de la hipótesis nula, sugiriendo que no existe una relación entre el clima y el valor deducido en la losa dividida. Sin embargo, los indicadores de número de fallas por losa dividida y densidad sí presentaron diferencias estadísticamente significativas, lo que respalda la hipótesis de investigación y sugiere una relación entre estos indicadores y las condiciones climáticas.

En resumen, al analizar el deterioro del pavimento rígido en la dimensión de losa dividida, los resultados indican que el clima no tiene un impacto significativo en la rotura de esquina, según los indicadores estudiados. Los análisis de varianza sugieren que no existe una relación estadísticamente significativa entre el clima y el valor deducido en la rotura de esquina. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en los indicadores de número de fallas por rotura de esquina y densidad, lo que podría indicar que el clima influye en estos aspectos.

Por otro lado, al examinar la dimensión de losa dividida, se encontraron resultados similares. El análisis de varianza mostró que el clima no tiene relación significativa con el valor deducido en la losa dividida, aunque se observaron diferencias estadísticamente significativas en los indicadores de número de fallas por losa dividida y densidad, lo que sugiere una posible influencia climática en estos aspectos.

En conclusión, los hallazgos indican que el clima no juega un papel determinante en la rotura de esquina y en la losa dividida del pavimento rígido, según los indicadores analizados. Aunque se detectaron diferencias significativas en algunos indicadores, estos resultados sugieren que otros factores podrían influir en el deterioro del pavimento en estas dimensiones. Es necesario continuar con la investigación para comprender mejor los factores que contribuyen al deterioro del pavimento rígido y desarrollar estrategias adecuadas de mantenimiento y rehabilitación.

Los resultados del análisis proporcionaron información relevante sobre el impacto del clima en el deterioro del pavimento rígido en diversas dimensiones. En la dimensión de rotura de esquina, se observó que la mayoría de las muestras con esta falla (78.8%) provenían de ICA, y el 81.3% de las muestras sin esta falla también se originaban en esta ciudad, caracterizada por un clima seco y cálido. Estas diferencias resultaron ser estadísticamente relevantes, lo que llevó a rechazar la hipótesis de investigación y aceptar la hipótesis nula. Esto implica que el clima no tiene impacto sobre la rotura de esquina.

En cuanto al análisis de la dimensión de rotura de esquina y su relación con el clima, se realizó un análisis de varianza utilizando los indicadores de número de fallas por rotura de esquina, densidad y valor deducido. Los resultados mostraron que el promedio de número de fallas por rotura de esquina en Pisco fue 0.9, mientras que en ICA fue 2.2, con una diferencia estadísticamente significativa inferior a 0.05. La densidad en Pisco fue de 5.4, mientras que en ICA fue 12.8, también con una diferencia estadísticamente significativa inferior a 0.05. Sin embargo, el valor deducido mostró 16.0 en Pisco y 14.5 en ICA, sin diferencia estadística significativa.

En relación con la dimensión de punzonamiento, se encontró que todas las muestras que presentaban esta falla (100%) pertenecían a ICA. Además, el 72.2% de las muestras sin esta falla también correspondían a ICA, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas debido a que el valor de p fue menor a 0.05. Así, se aceptó la hipótesis de investigación en esta dimensión, lo que demuestra que el clima influye en el punzonamiento del pavimento rígido.

Al realizar el análisis de varianza para evaluar los indicadores de número de fallas por punzonamiento, densidad y valor deducido, los resultados revelaron que el promedio de número de fallas por punzonamiento en Pisco fue 0, mientras que en ICA fue 0.92, con una diferencia estadísticamente significativa inferior a 0.05. En cuanto a la densidad, Pisco presentó un valor de 0, mientras que ICA alcanzó 6.36, también con una diferencia significativa. Por último, el valor deducido fue 0 en Pisco y 12.82 en ICA, con una diferencia estadísticamente significativa inferior a 0.05. Estos resultados respaldan la aceptación de la hipótesis de investigación, mostrando una relación entre los indicadores de punzonamiento y el clima.

En resumen, los resultados indicaron que el deterioro del pavimento rígido en la dimensión de rotura de esquina no está influenciado por el clima. Sin embargo, se encontró una relación significativa entre el clima y el punzonamiento, lo que implica que las condiciones climáticas secas y cálidas en ICA afectan el pavimento en esta dimensión.

Finalmente, los análisis comparativos entre las condiciones climáticas de Pisco e ICA revelaron diferencias significativas en las precipitaciones anuales, temperatura promedio anual, velocidad del viento y humedad relativa. Pisco mostró mayores precipitaciones, menor temperatura, menor velocidad del viento y mayor humedad relativa en comparación con ICA, cuyas condiciones climáticas más secas y cálidas influyen en el deterioro del pavimento rígido, especialmente en la dimensión de punzonamiento.

Se ha identificado una relación significativa entre el clima y el deterioro del pavimento rígido en varias dimensiones, tales como la durabilidad, las grietas lineales, el daño en el sello de juntas y las grietas de retracción, con un valor de p inferior a 0.05. No obstante, no se encontró una relación significativa entre el clima y otros tipos de deterioro, como la rotura por pandeo, el escalonamiento, el descascaramiento, el astillamiento de juntas y el astillamiento de esquina, ya que el valor de p fue superior a 0.05, lo que llevó al rechazo de la hipótesis de investigación en estas dimensiones.

Se observó una conexión entre el clima y el deterioro del pavimento en las dimensiones de parcheo grande y pulimento de agregados, lo que respalda la hipótesis de investigación, dado que el valor de p es menor a 0.05. Sin embargo, no se evidenció una relación significativa entre el clima y las dimensiones de parcheo pequeño, desprendimiento, desnivel carril-berma, bombeo y cruce de vía, debido a que el valor de p fue mayor a 0.05.

La relación entre el clima y el deterioro del pavimento en la dimensión de punzonamiento también respalda la hipótesis de investigación. Por otro lado, no se halló una relación significativa entre el clima y las dimensiones de losa dividida y rotura de esquina, lo que implica el rechazo de la hipótesis de investigación, dado que el valor de p en estas dimensiones fue superior a 0.05.

Además, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el clima de las ciudades de Ica y Pisco. Ica, con un clima extremo, fue considerada el grupo de casos, mientras que Pisco, con un clima menos adverso, se estableció como grupo de control. Estos resultados resaltan el impacto significativo del clima de Ica, caracterizado por menores niveles de precipitación, temperaturas más altas, mayores velocidades de viento y menor humedad relativa, en el deterioro del pavimento.

Conclusiones:

El nivel de deterioro de pavimentos rígidos en la ciudad de Ica es alto, con un valor de 27 en la categoría "MALO", evidenciando que el clima extremo, especialmente la alta temperatura y la alta velocidad del viento, son factores clave en el deterioro del pavimento.

Se ha encontrado una relación significativa entre el clima y el deterioro del pavimento en las dimensiones de durabilidad, grietas lineales, daño en el sello de juntas y grietas de retracción, con un valor de p menor a 0.05. Sin embargo, no hay relación significativa en las dimensiones de rotura por pandeo, escalonamiento, descascaramiento, astillamiento de juntas y astillamiento de esquina, rechazando la hipótesis de investigación en estas áreas (valor de p mayor a 0.05).

La relación entre el clima y el deterioro del pavimento también es significativa en las dimensiones de parcheo grande y pulimento de agregados, con un valor de p menor a 0.05. No se observa tal relación en las dimensiones de parcheo pequeño, desprendimiento, desnivel carril-berma, bombeo y cruce de vía, ya que el valor de p es mayor a 0.05.

Se ha confirmado una relación entre el clima y el deterioro del pavimento en la dimensión de punzonamiento, lo que respalda la hipótesis de investigación. No se observa una relación en las dimensiones de losa dividida y rotura de esquina, rechazando la hipótesis de investigación en estas dimensiones debido a un valor de p mayor a 0.05.

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre el clima de las ciudades de Ica y Pisco. Ica, con un clima más extremo, presenta un mayor deterioro del pavimento en comparación con Pisco, cuya climatología menos adversa tiene un impacto menor en el pavimento..

Agradecimientos

A la Universidad Ricardo Palma por sus laboratorios y asesores teóricos y a la PUCP por sus asesores metodológicos y estadísticos para la realización de esta investigación.

Referencias

[1] Adabanija, M. A., Adetona, E. A., y Akinyemi, A. O. (2016). Integrated approach for pavement deterioration assessments in a low latitude crystalline basement of south-western Nigeria. Environmental Earth Sciences, 75(4), 1-28. doi:http://dx.doi.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/10.1007/s12665-015-5030-2.

[2] Becker, E. (2015, octubre). patrones de fisuracion de pavimentos rigidos:algunos conceptos basico. construccion y tecnologia de concreto, 1-37.

[3] Bernardo Fonseca Tutikian; Fabricio Longhi Bolina; Fernandes Bruno; HinoelZamisEhrenbring; Augusto Masiero Gil (2015). Análisis de la transitabilidad de la carretera bajo la manifestación patológica en las placas de hormigón (investigación).Escuela de Ingeniería de São Leopoldo. Brasil

[4] Castiblanco Quintero, M. A. (2018). Modelacion numericxa d e losas de concreto hidraulico para pavimento rigido considerando la variacion de esfuerzos por gradiente de temperatura(tesis de maestria) variao.Universidad Catolica de Colombia, Bogota.

[5] Dylla, H., & Hyman, R. (2018). Boosting pavement resilience. Public Roads, 82(3), 20-6. Retrieved from https://search.proquest.com/docview/2137444411?accountid=45097

[6] Flores Marquez, L. R. (2016). Influencia de las juntas de dilatación en la vida útil de los pavimentos rígidos en la Av. Ramón Castilla, tramo comprendido desde el ingreso hasta el Jr. Ancash – Chulucanas, 2015. tesis de grado, Universidad alas peruanas, Piura, Piura. Recuperado el marzo de 2019

[7] Hasan, M. A., &Tarefder, R. A. (2018). Development of temperature zone map for mechanistic empirical (ME) pavement design. International Journal of Pavement Research and Technology, 11(1), 99-111. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.09.012

[8] Sahagun, L. K., Karakouzian, M., Paz, A., & de, l. F. (2017). An investigation of geography and climate induced distresses patterns on airfield pavements at US air force installations. Mathematical Problems in Engineering, doi:http://dx.doi.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/10.1155/2017/8721940

[9] Lituma Ventimilla, C. M. (2018). Análisis de respuestas mecánicas de los pavimentos rígidos colocados en las vías urbanas del cantón Cuenca. Tesis de maestria, Universidad de Cuenca, Cuenca, cuenca. Recuperado el 06 de abril de 2019-

[10] Llanos Rodriguez, D. A. (2017). los nanotubos de carbono como nueva alternativa de aplicacion para mejorar la reisitencia a la fatiga o reducir fisuramiento en diseño de pavimentos rigidos con cncreto hidraulico. Tesis de maestria-trabajo de titulacion, Universidad particular tecnica de loja, Loja. Recuperado el 06 de abril de 2019

[11] Quintero, M. A. (2018). Modelacion numerica de losas de concreto hidraulico para paviementos rigidos considerando la variacion de los esfuerzos debido a los gradientes de temperatura(tesis de maestria). Universidad catolica de Colombia, Bogota.

[12] Rincon Chisino, S. L., & Enrique, V. L. (2018). Efectos de la retracción por secado y cargas térmicas en el comportamiento deformacional de losas de un concreto de ultra alto desempeño (UHPC) empleadas como pavimento rígido. Tesis de maestria, Bogota. Recuperado el abril de 2019

[13] Yela Quijada, J. R. (2017). Determinacion del Gradiente termico en losas de pavimento de concreto hidraulico. tesis d e grado, Universidad de san carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado el 30 de marzo de 2019

[14] Zarate Falconi, J. P. (2019). Plan de mantenimiento vial para la vía Biblián – Zhud, en los tramos de pavimento rígido. Tesis de maestria, Cuenca. Recuperado el 06 de abril de 2019

[15] K. A., &Zayed, A. (2018). Effects of reduced paste content and base restraint on young concrete pavement. ACI Materials Journal, 115(5), 663-674. doi:http://dx.doi.org/10.14359/51702241

[16] Yang, X., & Zhao, L. (2016). Diurnal thermal behavior of pavements, vegetation, and water pond in a hot-humid city. Buildings, 6(1), 2. Retrieved fromhttps://search.proquest.com/docview/1764706650?accountid=45097-

.