



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“PROPUESTA BASADA EN LOS CRITERIOS DEL ACI 224.1R-07 PARA LA ELABORACIÓN DE UNA GUÍA PARA EL CONTROL DE FISURACIÓN DE CONCRETO EN ELEMENTOS HORIZONTALES, TRUJILLO 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Civil

Autores:

Eloiza Vanessa Ferrer Esquivel

Sandra Eloisa Soliz Diaz

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

<https://orcid.org/0000-0001-9018-5763>

Trujillo – Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	CINTHYA ALVARADO RUIZ	221096
	Nombre y Apellidos	N° de colegiatura o DNI

Jurado 2	WISTON AZAÑEDO MEDINA	107619
	Nombre y Apellidos	N° de colegiatura o DNI

Jurado 3	NIXON PECHE MELO	222240
	Nombre y Apellidos	N° de colegiatura o DNI

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada en primer lugar a Dios, por haberme guiado en mi andar a lo largo de estos años, que me ha permitido llegar a este logro. A mis padres por haberme apoyado e inculcado valores para convertirme en la mujer profesional que hoy en día soy.

Ferrer, V.

Esta tesis va dedicada principalmente a mi madre, quien es mi mejor amiga, mi mayor ejemplo y mi fuente de inspiración para cada logro de mi vida. A mi papá, a mi hermano y a mi abuela que siempre se muestran orgullosos de mí.

Soliz, S.

AGRADECIMIENTO

La universidad me abrió las puertas del conocimiento, me mostró la vida profesional y me inculcó enseñanzas que hoy en día me han sido valiosas para llegar al lugar donde estoy. Agradezco a mis docentes, compañeros y a mis queridos amigos que me brindaron sus enseñanzas, anécdotas y consejos a lo largo de mi formación profesional.

Ferrer, E.

En primer lugar, agradecer a Dios por acompañarme en cada paso que doy, por brindarme sabiduría y fuerza para no rendirme. Agradezco a mi familia que me apoyo en todo aspecto durante el transcurso de mi vida universitaria y, por último, pero no menos importante, a mis docentes por brindarme sus conocimientos, convirtiéndome gracias a su ejemplo en una profesional con valores.

Soliz, S.

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	10

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad Problemática.....	11
1.2. Antecedentes de la investigación.....	17
1.3. Bases teóricas.....	24
<i>1.3.1. Concreto.....</i>	<i>24</i>
<i>1.3.2. Propiedades del concreto.....</i>	<i>27</i>
<i>1.3.3. Fisuración del concreto.....</i>	<i>29</i>
1.4. Formulación del problema.....	34
1.5. Objetivos.....	34
<i>1.5.1. Objetivo general.....</i>	<i>34</i>
<i>1.5.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>34</i>
1.6. Hipótesis.....	35
<i>1.6.1. Hipótesis general.....</i>	<i>35</i>
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	36
2.1. Tipo de investigación.....	36
<i>2.1.1. Según el propósito.....</i>	<i>36</i>
<i>2.1.2. Según el diseño.....</i>	<i>36</i>
2.2. Diseño de investigación.....	36
2.3. Variables.....	37
<i>2.3.1. Fisuración del concreto.....</i>	<i>37</i>
2.4. Población y muestra.....	39
<i>2.4.1. Población.....</i>	<i>39</i>
<i>2.4.2. Muestra.....</i>	<i>39</i>
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	41
<i>2.5.1. Técnica de recolección de datos.....</i>	<i>41</i>

2.5.2.	<i>Instrumentos de recolección de datos</i>	42
2.5.3.	<i>Validación del instrumento de recolección de datos</i>	42
2.5.4.	<i>Análisis de datos</i>	43
2.6.	Procedimiento	43
2.6.1.	<i>Búsqueda de información</i>	44
2.6.2.	<i>Recolección de datos</i>	44
2.6.3.	<i>Extracción de resultados</i>	44
2.6.4.	<i>Desarrollo de objetivos y verificación de hipótesis</i>	45
2.7.	Desarrollo de tesis	45
2.7.1.	<i>Búsqueda de información</i>	45
2.7.2.	<i>Recolección de datos</i>	47
2.7.3.	<i>Extracción de resultados</i>	47
2.7.4.	<i>Desarrollo de objetivos y verificación de hipótesis</i>	48
CAPÍTULO III. RESULTADOS		49
3.1.	Clases de fisuras según su ocurrencia en concreto en estado plástico o concreto en estado endurecido descritas en el ACI 224.1R-07	49
3.2.	Alternativas para el control de fisuración del concreto descritas en el ACI 224.1R-07	50
3.3.	Estudios relacionados con el control de fisuración del concreto para elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07	52
3.4.	Alternativas para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, utilizadas por cada estudio	55
3.5.	Alternativa para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales más efectiva	56
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		61
4.1.	Discusión	61
4.2.	Conclusiones	61
REFERENCIAS		72
ANEXOS		77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua	25
Tabla 2. Diseño de investigación.....	36
Tabla 3. Matriz de clasificación de variables	37
Tabla 4. Matriz de operacionalización de la variable fisuración del concreto	38
Tabla 5. Tamaño de muestra de la investigación.....	39
Tabla 6. Matriz de categorización	42
Tabla 7. Búsqueda de información.....	45
Tabla 8. Nacionalidad de estudios.....	46
Tabla 9. Clases de fisuras según su ocurrencia descritas en el ACI 224.1R-07	48
Tabla 10. Alternativas para el control de fisuración del concreto descritas en el ACI 224.1R-07.	50
Tabla 11. Estudios relacionados al control de fisuración del concreto para elementos horizontales	52
Tabla 12. Alternativas para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales utilizadas por cada estudio.....	55
Tabla 13. Ficha resumen de la investigación 01	77
Tabla 14. Ficha resumen de la investigación 02.....	78
Tabla 15. Ficha resumen de la investigación 03.....	79
Tabla 16. Ficha resumen de la investigación 04.....	80
Tabla 17. Ficha resumen de la investigación 05.....	81
Tabla 18. Ficha resumen de la investigación 06.....	82
Tabla 19. Ficha resumen de la investigación 07.....	83
Tabla 20. Ficha resumen de la investigación 08.....	84
Tabla 21. Ficha resumen de la investigación 09.....	85
Tabla 22. Ficha resumen de la investigación 10.....	86
Tabla 23. Ficha resumen de la investigación 11.....	87
Tabla 24. Ficha resumen de la investigación 12.....	88
Tabla 25. Ficha resumen de la investigación 13.....	89
Tabla 26. Ficha resumen de la investigación 14.....	90
Tabla 27. Ficha resumen de la investigación 15.....	91
Tabla 28. Ficha resumen de la investigación 16.....	92
Tabla 29. Ficha resumen de la investigación 17.....	93
Tabla 30. Ficha resumen de la investigación 18.....	94
Tabla 31. Ficha resumen de la investigación 19.....	95
Tabla 32. Ficha resumen de la investigación 20.....	96
Tabla 33. Matriz de categorización de la investigación 01.....	97

Tabla 34. Matriz de categorización de la investigación 02	98
Tabla 35. Matriz de categorización de la investigación 03	99
Tabla 36. Matriz de categorización de la investigación 04	100
Tabla 37. Matriz de categorización de la investigación 05	101
Tabla 38. Matriz de categorización de la investigación 06	102
Tabla 39. Matriz de categorización de la investigación 07	103
Tabla 40. Matriz de categorización de la investigación 08	104
Tabla 41. Matriz de categorización de la investigación 09	105
Tabla 42. Matriz de categorización de la investigación 10	106
Tabla 43. Matriz de categorización de la investigación 11	107
Tabla 44. Matriz de categorización de la investigación 12	108
Tabla 45. Matriz de categorización de la investigación 13	109
Tabla 46. Matriz de categorización de la investigación 14	110
Tabla 47. Matriz de categorización de la investigación 15	111
Tabla 48. Matriz de categorización de la investigación 16	112
Tabla 49. Matriz de categorización de la investigación 17	113
Tabla 50. Matriz de categorización de la investigación 18	114
Tabla 51. Matriz de categorización de la investigación 19	115
Tabla 52. Matriz de categorización de la investigación 20	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento de la investigación.....	43
Figura 2. Búsqueda de información.....	46
Figura 3. Nacionalidad de estudios	47
Figura 4. Alternativa más efectiva para reducir la cantidad de fisuras del concreto para elementos horizontales, obtenido del análisis de todos los estudios considerados	56
Figura 5. Alternativa más efectiva para reducir la longitud de fisuras del concreto para elementos horizontales, obtenido del análisis de todos los estudios considerados	57
Figura 6. Alternativa más efectiva para reducir el ancho de fisuras del concreto para elementos horizontales, obtenido del análisis de todos los estudios considerados	57
Figura 7. Alternativa más efectiva para reducir el área total de fisuras del concreto para elementos horizontales, obtenido del análisis de todos los estudios considerados	58
Figura 8. Matriz para evaluación de experto del instrumento de recolección de datos	75
Figura 9. Formato de la ficha resumen	76
Figura 10. Formato de la matriz de categorización	76

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Trujillo, en donde se realizó una propuesta basada en los criterios del ACI 224.1R-07 para la elaboración de una guía para el control de fisuración de concreto en elementos horizontales; para ello se desarrolló un diseño no experimental de tipo descriptivo transversal, con muestreo no probabilístico sometido a juicio de experto; la recolección de datos se hizo empleando dos instrumentos clave denominados ficha resumen y matriz de categorización; para el análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva mediante gráficos y tablas que ayuden a interpretar y comprender mejor, haciendo hincapié en el problema de que muchas estructuras de concreto empleadas para diversos fines, ya sea por el desgaste debido al tiempo de funcionamiento que tienen o por diversos factores, pues llegan a presentar problemas de fisuración, lo cual no solo afecta la parte estética, sino que llega a tener repercusiones importantes en la estabilidad de la estructura, por lo que se intenta buscar alternativas o métodos normados que ayuden a controlar este problema y así poder realizar intervenciones a tiempo, para ello se consideró un total de 20 estudios como tamaño de muestra los cuales fueron analizados en base al porcentaje de reducción de cantidad, longitud, ancho y área total de fisuras, obtenidos según las alternativas empleadas; llegando a concluir que el sistema de curado automatizado ayuda a reducir la cantidad y longitud de fisuras en un 100 %; la fibra de acero ayuda a reducir la longitud y el área total de fisuración en un 100 % y 78.49 % respectivamente; por último, la microfibra sintética ayuda a reducir el ancho de fisuras en un 80.82 %, siendo estas tres alternativas las que mayor efectividad presentaron.

Palabras clave: control de fisuración del concreto, elementos horizontales.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

A la fecha el concreto sigue siendo el material universal empleado en la construcción de diferentes estructuras capaces de satisfacer las necesidades de la población en general; es por ello que, se viene estudiando sus propiedades y comportamiento frente a diferentes agentes que puedan afectar su calidad y durabilidad, tal es el caso de la fisuración de este material, el cual se produce debido a factores como el clima, elaboración, calidad de los componentes entre otros; por ello es de gran importancia mantener un control de este problema, pues con el pasar del tiempo la estabilidad de los elementos estructurales se podrían ver comprometidos debido al incremento de estas fisuras; por tal motivo, existe una variedad de métodos que ayudarán a controlar el fisuramiento del concreto, clasificándose este último como que ocurren en concreto plástico o concreto endurecido; sin embargo, en la presente investigación se tomará en cuenta para su realización solamente aquellos que se encuentran especificados en el ACI 224.1R-07.

Sulardi (2018), en Indonesia, quien luego de identificar una estructura de concreto la cual ha envejecido y cuenta con una edad superior a los 35 años de funcionamiento, además que dicha estructura presenta exfoliación de la capa de concreto, fisuras y desprendimientos, encontrándose en condiciones inseguras y por debajo del estándar; indica que, el microconcreto es un material que ayuda a mejorar la exfoliación del concreto con el método de lechada, pues el microconcreto fluido es un material de alta calidad, no contraíble, puede fluir y solidificarse por sí mismo para lograr el detalle de la construcción que no cubre el mortero de concreto convencional,

adicional a ello los resultados mostraron que las especificaciones del material del microconcreto fluido y los métodos de lechada son adecuados y aptos para su uso.

Hussam (2019) en Irak, comenta que las fisuras son inherentes al concreto pero que pueden controlarse e incluso eliminarse si se comprende por qué ocurren; además, afirma que las fisuras más comunes en el concreto plástico son las fisuras por contracción plástica a causa de que la superficie se seca más rápido que el concreto subyacente, debido a condiciones secas o ventosas. Las fisuras por contracción plástica a menudo se forman entre el enrasado y el acabado y, por lo general, se pueden evitar usando láminas de plástico o arpillera, cortavientos, sombreadores, rociadores de niebla y retardadores de evaporación monomoleculares para evitar que la superficie se seque o simplemente hacer que el curado comience lo antes posible.

Sollero y Bolorino (2016), en Brasil, comentan que, la fisuración de los elementos de concreto armado es vista como inevitable, dadas las características específicas del material, sin embargo, este fenómeno puede resultar en daños relacionados con aspectos estéticos de durabilidad y de seguridad de las estructuras, así como de los usuarios y con la funcionalidad de los elementos, en el caso de estructuras donde ser a prueba de fugas es un requisito; por ello, para obtener un buen desempeño en relación a estos aspectos, las normas nacionales e internacionales buscan definir límites máximos de apertura de fisuras, para ser incorporados en el diseño de la estructura.

Por otro lado, Calderon (2021), en Perú, argumenta que, la fisuración del concreto es el principal problema en la industria de la construcción, lo cual se debe a diferentes causas, pero por lo general, se presenta por la escasa capacidad de resistir esfuerzos de tensión o tracción del concreto. Además, la presencia de estos suele darse cuando

el concreto sobrepasa su límite de resistencia, ocasionando el deterioro de la estructura, así como también debido a los malos procedimientos edificativos, los cuales generan cambios volumétricos y de temperatura, que traen como consecuencia el mal comportamiento del elemento estructural.

Araujo (2018), en la ciudad de Trujillo, comenta que la incorporación de filamentos de acero y polipropileno mejora el rendimiento de las estructuras, pues ayuda a evitar el fisuramiento por contracción, aumenta la resistencia al impacto y a la fatiga, así como también incrementa la resistencia a la flexión y tracción; adicional a ello recomienda emplear este material en todos los elementos estructurales que tengan áreas grandes, pues el comportamiento de las fibras frente a la fisuración, es mejor si se tiene en cuenta este aspecto.

A nivel nacional, todos los temas relacionados con el concreto, son controlados por las normas técnicas peruanas (N.T.P.) y el Reglamento Nacional de Edificaciones, las cuales establecen ciertos parámetros relacionados con la calidad final de los productos y servicios. Así mismo, a nivel internacional es controlado por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) y el Instituto Americano del Concreto (ACI); tal como en este caso a través del ACI 224.1R-07 que trata sobre las causas, evaluación y reparación de fisuras en estructuras de concreto.

Cano y Galarza (2020) encontró que, la aparición de fisuras promedio en la mezcla patrón a comparación de las muestras con cenizas de cascara de arroz (CCA) en reemplazo parcial del cemento en 5 %, 10 % y 15 % junto con las fibras de polipropileno (FPP) en rendimiento de 900 g/m³, disminuye según como se incrementa los porcentajes de CCA, tal es así que para el 5 % disminuye 12.70 %, para el 10 % disminuye 46.33 %, y con el 15 % disminuye 78.30 %; además indica

que el tamaño de las partículas de las cenizas de cáscara de arroz influye en la contracción por secado ya que fortalecen el enclavamiento mecánico del material.

Calderon (2021), luego de emplear cenizas de hueso de pescado en cantidades de 3 % y 6 % en reemplazo del peso del cemento, como alternativa para el control de fisuras por contracción plástica en concreto de losas aligeradas, encontró que, para el primer porcentaje la cantidad, espesor y longitud de las fisuras incrementa, mientras que para el 6 % de cenizas de hueso de pescado, la cantidad y espesor de las fisuras reduce en porcentajes de 60.4 % y 19.25 % respectivamente, sin embargo, la longitud aumenta en 37.4 %.

Córdova (2018), encontró que, el uso de las fibras sintéticas de rafia influyó significativamente en fisuración por contracción plástica, sobre todo en dimensión y longitud, determinando que las losas aligeradas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 , con fibra muestran longitudes menores que los presentados en las losas patrón, donde se tiene que, en losas aligeradas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando una longitud de 2.5 cm de fibra sintética de rafia con una dosis de 0.7 kg/m^3 , se logró reducir la cantidad de fisuras en 4.76 %, la longitud en 1.41 %, y el espesor en 23.13 %; en losas aligeradas de $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, se tiene que utilizando una longitud de 3.5 cm de fibra sintética de rafia con una dosis de 1.4 kg/m^3 , se logró reducir la cantidad de fisuras en 53.23 %, la longitud en 76.68 %, y el espesor en 76.89 %; por último en losas aligeradas de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, se tiene que utilizando una longitud de 1.5 cm de fibra sintética de rafia con una dosis de 0.7 kg/m^3 , se logró reducir la cantidad de fisuras en 86.57 %, la longitud en 2.94 %, y el espesor en 85.71 %.

Teniendo en cuenta las investigaciones relacionadas con el control de fisuración del concreto, tanto a nivel nacional como internacional; se puede notar que existen

diferentes alternativas que pueden ayudar a controlar este problema que presenta el concreto, el cual se da debido a diversos factores como un mal procedimiento en la elaboración, clima y otros agentes propios del proceso de endurecimiento; adicional a ello, se puede rescatar que estos métodos o alternativas de control se basan en el uso de diversos materiales de los cuales destacan las fibras de polipropileno, pues según los autores, este material logra disminuir en gran medida la aparición de fisuras en el concreto, sobre todo en elementos de gran área como losas, placas de contrapiso, entepiso o pavimentos hidráulicos; por tal motivo, se realizará una propuesta basada en los criterios del ACI 224.1R-07 para la elaboración de una guía para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales, enfocándonos en las diferentes alternativas utilizadas por las investigaciones analizadas, con la finalidad de identificar la más efectiva para este problema del concreto.

Sika (2015), comenta que, el concreto se puede fisurar por varios motivos, tal es así que cuando se trata de una estructura nueva se da a causa del exceso de agua en la mezcla, falta de curado, retiro de encofrado antes de tiempo, sección insuficiente de los elementos estructurales (vigas, columnas, losas, muros, etc), acero insuficiente en los elementos estructurales y mala ubicación de los aceros de refuerzo. Por otro lado cuando se trata de una estructura existente, la causa más común para que se fisure es un aumento de las cargas de servicio, las cuales corresponden a las cargas verticales (muerta y viva) y a una carga eventual como la impuesta por un sismo. Es normal que aparezcan fisuras en una estructura de concreto reforzado cuando es sometida a las cargas de servicio: carga muerta (peso propio y cargas permanentes) y la carga viva (peso de los enseres y las personas). Siempre y cuando no se superen unos anchos de fisura estipulados, se acepta que esta situación es normal.

Cementos Argos, S.A. (2020), comenta que estructuras como losas utilizadas en la pavimentación y canalización, son generalmente susceptibles a la fisuración, ocasionada por condiciones ambientales desfavorables que afectan estos elementos de grandes áreas y de poco espesor. Por ello, para evitar esto es de gran importancia que el concreto esté dosificado con los contenidos mínimos de cemento y agua necesarios en función de las características de la obra, además de reducir al mínimo las operaciones de acabado de la superficie del elemento, incluso es recomendable que luego de finalizar con el acabado, la superficie sea protegida hasta que comience el proceso de curado. Aparte de esto, es de suma importancia que el terreno donde se apoyan estas losas sea un área firme, totalmente nivelada, capaz de soportar cargas previsibles y tener el grado de humedad adecuado en el momento de la colocación del concreto.

Actualmente en la ciudad de Trujillo y en todo el país, muchas estructuras de concreto empleadas para diversos fines, se encuentran con problemas de fisuración, ya sea por el desgaste debido al tiempo de funcionamiento que tienen o por diversos agentes tales como fuerzas sísmicas que comprometen la estabilidad de los elementos estructurales que la conforman, trayendo consigo la aparición de fisuras las cuales si no se tratan o controlan a tiempo, pueden poner en riesgo la vida de las personas ya que dichas estructuras estarían expuestas a sufrir grandes daños y llegar a colapsar. Es por ello que, en busca de una solución a este problema que en ocasiones no solo afecta la parte estética, sino que llega a tener repercusiones importantes en la estabilidad de la estructura, es que se opta por emplear ciertas alternativas o métodos normados que ayuden a controlar este problema y así poder realizar intervenciones a tiempo cuando se trata de estructuras ya existentes o en el caso de estructuras nuevas,

tener en cuenta un procedimiento adecuado durante la elaboración de la mezcla hasta su acabado final.

En el presente estudio se pretende elaborar una propuesta basada en los criterios del ACI 224.1R-07 para la elaboración de una guía para el control de fisuración de concreto en elementos horizontales, enfocándonos para ello en las alternativas para el control de fisuración utilizadas en los antecedentes; asimismo, analizar los resultados de los estudios e identificar la alternativa para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales, más efectiva a ser utilizada. Las consecuencias de no desarrollar esta investigación, sería en primer lugar que no se tendría conocimiento de las clases de fisuras que se forman en el concreto tanto en su estado plástico como endurecido, además de las alternativas que existen para controlar este problema y evitar así que el daño estructural se extienda trayendo consigo graves consecuencias. Por otro lado, este estudio no estaría disponible para ser consultado y revisado por futuros investigadores interesados en el tema.

1.2. Antecedentes de la investigación

Córdova (2018), tuvo como objetivo determinar la influencia del uso de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 . Se desarrolló una metodología experimental mediante la elaboración de 06 losas aligeradas de techo de $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$, de las cuales 3 serán las muestras patrón con $f'c$ de 210 kg/cm^2 , 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 y los otros 3 restantes se realizarán con el uso de fibra sintética. Se observaron los resultados obtenidos, evidenciando que, las losas aligeradas que fueron elaboradas con fibra muestran longitudes de fisuración menores que los presentados en las losas patrón, donde se

tiene que, en losas aligeradas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando una longitud de 2.5 cm de fibra sintética de rafia con una dosis de 0.7 kg/m^3 , se logró reducir la cantidad de fisuras en 4.76 %, la longitud en 1.41 %, y el espesor en 23.13 %; en losas aligeradas de $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, se tiene que utilizando una longitud de 3.5 cm de fibra sintética de rafia con una dosis de 1.4 kg/m^3 , se logró reducir la cantidad de fisuras en 53.23 %, la longitud en 76.68 %, y el espesor en 76.89 %; por último en losas aligeradas de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, se tiene que utilizando una longitud de 1.5 cm de fibra sintética de rafia con una dosis de 0.7 kg/m^3 , se logró reducir la cantidad de fisuras en 86.57 %, la longitud en 2.94 %, y el espesor en 85.71 %. Se concluyó que, el uso de la fibra de rafia debe ser considerado en el diseño de mezcla para losas aligeradas debido a que los resultados fueron favorables tanto para la resistencia a la compresión como para la fisuración por contracción plástica. (p. 309).

Esta investigación resulta de gran aporte, pues demuestra que el uso de fibras sintéticas en la elaboración del concreto empleado en losas aligeradas, es de gran beneficio ya que reduce la cantidad, longitud y espesor de las fisuras de manera notable en comparación de las losas patrón; incluso, el autor afirma que el empleo de este material no afecta la propiedad de resistencia a la compresión del concreto.

Cano y Galarza (2020), se plantearon como objetivo reducir la intensidad en la aparición de las fisuras, tanto en frecuencia como en su ancho, que se producen en la fabricación de losas macizas in-situ debido a la contracción plástica, desarrollando un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adiciones de cenizas de cáscara de arroz y fibras de polipropileno. Se llevó a cabo una metodología experimental mediante la elaboración de dos paneles rectangulares de 35.5 cm y 56 cm x 10 cm, los cuales fueron llenados hasta una altura de 7 cm y con la ayuda de marcadores se procedió a

identificar las fisuras que aparecían en el concreto, las cuales fueron medidas empleando un comparador de grietas. Los resultados obtenidos, evidenciaron que, la aparición de fisuras promedio en la mezcla patrón a comparación de las muestras con cenizas de cascara de arroz (CCA) en reemplazo parcial del cemento en 5 %, 10 % y 15 % junto con las fibras de polipropileno (FPP) en rendimiento de 900 g/m^3 , disminuye según como se incrementa los porcentajes de CCA, tal es así que para el 5 % disminuye 12.70 %, para el 10 % disminuye 46.33 %, y con el 15 % disminuye 78.30 %; además indica que el tamaño de las partículas de las cenizas de cáscara de arroz influye en la contracción por secado ya que fortalecen el enclavamiento mecánico del material. Se concluye que, el uso de las cenizas de cáscara de arroz en reemplazo del cemento en 15 % en conjunto con las fibras de polipropileno en proporción de 900 g/m^3 tienen la mayor influencia positiva en el control de fisuración del concreto empleado en losas macizas, pues logra reducir en un 78.30 % el área total fisurada. (p. 61).

Este estudio, es de gran aporte, pues logra demostrar que el uso de fibras de polipropileno en proporción de 900 g/m^3 , en conjunto con las cenizas de cáscara de arroz en reemplazo del cemento en un 15 %, son de gran ayuda para reducir la cantidad de fisuras en el concreto empleado en losas macizas, siempre y cuando se haga un análisis de las propiedades mecánicas como resistencia a la compresión y flexión y se verifique que no son afectadas para tales proporciones.

Calderon (2021), tuvo como objetivo determinar la influencia de las cenizas de hueso de pescado en las fisuras por contracción plástica en concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en losas aligeradas. Se desarrolló una metodología experimental mediante la elaboración de 06 losas aligeradas de dimensiones $1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$ y con f'_c

de 210 kg/cm², de las cuales 2 serán las muestras patrón, 2 losas con reemplazo de cemento en peso por ceniza de hueso de pescado en 3 % y 2 losas con reemplazo de cemento en peso por ceniza de hueso de pescado en 6 %, con el fin de controlar la aparición de las fisuras que se presentan durante el inicio y fin del proceso de fraguado. Los resultados obtenidos evidenciaron que para el 3 % de reemplazo, la cantidad, espesor y longitud de las fisuras incrementa, mientras que para el 6 % de cenizas de hueso de pescado, la cantidad y espesor de las fisuras reduce en porcentajes promedio de 60.4 % y 19.25 % respectivamente, sin embargo, la longitud aumenta en 37.4 %. Concluye que, el reemplazo de cemento en peso por ceniza de hueso de pescado en 6 %, arroja resultados favorables al reducir la cantidad y espesor de las fisuras por contracción plástica, por ello recomienda emplear dosificaciones mayores para tener mejores resultados. (p. 134).

Este antecedente aporta demostrando que el utilizar ceniza de hueso de pescado como alternativa para el control de fisuración por contracción plástica del concreto, es de gran ayuda pues los resultados evidencian que la cantidad de fisuras se reduce en más del 50 %, incluso esto se podría mejorar si se utilizan porcentajes mayores de este material en reemplazo del cemento.

Hyung, Jung y Cho (2014), Se plantearon como objetivo desarrollar un nuevo sistema de curado automatizado que mantiene la diferencia entre la temperatura interna y la temperatura externa de una estructura por debajo de un criterio para minimizar las fisuras térmicas del hormigón en masa. Se desarrolló una metodología experimental mediante la elaboración de 2 especímenes de ensayo con medidas de 3 m de ancho, por 2 m de alto y 5 m de largo, donde uno se curó de manera estándar y el otro utilizando el sistema de curado automatizado. Los resultados evidencian que la

muestra que fue curada empleando el sistema automatizado, logró alcanzar un índice de fisuración térmica igual a 1.47, lo que indica que está cerca para el caso de que no se permita la ocurrencia de fisuras para lo cual debe pasar el valor de 1.5; mientras que la muestra patrón la cual fue curada mediante un procedimiento general, alcanzó un índice de fisuración térmica igual a 0.67, lo que indica una alta probabilidad de ocurrencia de fisuras dañinas. Se concluye que el sistema de curado automatizado es una forma efectiva de controlar el fisuramiento térmico porque puede controlar la diferencia de temperatura entre el centro y la superficie del concreto y, además, puede mejorar la resistencia y durabilidad del concreto. Por lo tanto, será un método muy útil para reducir el fisuramiento térmico de estructuras de concreto masivas o, en particular, importantes. (p. 24).

Esta investigación desarrollada utilizando un sistema de curado automatizado como alternativa para el control de fisuración del concreto, deja como aporte la efectividad de dicho método, ya que, al ser comparado con el procedimiento estándar de curado, este último resulta deficiente pues los resultados muestran que, según el índice de fisuración térmica alcanzado, el método general de curado implica una alta probabilidad de que se produzcan fisuras perjudiciales.

Sulardi (2018), tuvo como objetivo brindar una visión general de las especificaciones del material de microconcreto y el método de reparación del desprendimiento de la manta de concreto y el desconchado del concreto con el método de lechada. Se consideró una metodología experimental a través de la reparación de la estructura de un puente empleando el método de lechada con microconcreto fluido siguiendo las etapas de trabajo correspondientes tales como el mapeo de todas las áreas delaminado y daño por desprendimiento, preparación de equipos, preparación de la

mano de obra, preparación de métodos de trabajo e indicadores para medir los resultados; el método de trabajo de lechada se basa en astillar la superficie del concreto existente con un espesor de 1.5 pulgadas o hasta que alcance un buen núcleo de concreto, limpiar la superficie con viento presurizado, saturar la superficie de concreto existente con chorro de agua, recubrir la superficie con un adhesivo agente, instalación de refuerzo de reemplazo, instalación de encofrado y refuerzo, lechada, trabajo de curado, remoción de encofrado y limpieza de detalles de construcción. Los resultados evidencian que la aparición de desconchados debido a la degradación del material de concreto se ha tratado con éxito utilizando el material de reparación de microconcreto fluido, así como también la estructura se ha mejorado con la forma, dimensiones y configuración de acuerdo con los estándares. Se concluye que, las especificaciones del material de microconcreto son adecuadas y aptas para reparar concreto existente que se ha laminado y desconchado. (p. 34).

Este estudio aporta a nuestra investigación al demostrar que el microconcreto aplicado mediante el método de lechada, es una alternativa eficaz para tratar problemas de laminado y desconchado de concreto existente, pues debido a su naturaleza impermeable, es capaz de llegar a partes detalladas de la construcción a las que no puede llegar el mortero de hormigón convencional y además puede solidificarse por sí mismo sin la ayuda de un compactador.

Gholamhoseini, Khanlou, MacRae, Scott, Hicks & León (2016), se plantearon como objetivo ilustrar los resultados de un estudio experimental sobre el comportamiento a corto y largo plazo del material compuesto continuo de losas con diferentes tipos y cantidades de refuerzo. Se llevó a cabo una metodología experimental completa sobre losas compuestas continuas de concreto armado y reforzado con fibra de acero

(SFRC) para cuantificar el ancho de fisura resultante de la contracción y la carga de gravedad, para ello se elaboraron dieciséis especímenes de losa a escala real se colaron con diferentes tipos de unión de interfaz entre la losa de concreto y la plataforma de acero (por ejemplo, plataforma engrasada, sin relieve o plataforma estándar) y diferentes tipos y cantidades de refuerzo en concreto (por ejemplo, malla, fibra de acero o barras de refuerzo normales); cada losa era continua sobre el soporte interior y tenía un soporte de rodillos en cada extremo; se midió la retracción del concreto y se estudió el comportamiento de servicio de las losas durante un período de 90 días. Los resultados evidenciaron que las deformaciones por retracción a los 98 días de secado en muestras de concreto simple y muestras de concreto fibroreforzado con dosificaciones de hasta 40 kg/m^3 fueron similares y no hubo fisuramiento debido a las deformaciones inducidas por fluencia y contracción en las losas compuestas reforzadas con malla o fibras reforzadas bajo su propio peso hasta los 90 días de secado; además, la aplicación de fibra de acero en exceso de 60 kg/m^3 aumentó la carga de deslizamiento en un 42 % y mejoró significativamente el control de fisuras, ya que el ancho máximo de la fisura a menudo se redujo en un 50 %. Se concluye que, las losas reforzadas presentaron un mejor comportamiento en cuanto al control de fisuración a diferencia de las losas que no tenían refuerzo o losas patrón. (p. 180).

Esta investigación aporta dando a conocer que los refuerzos con materiales como fibras de acero, mallas y barras de refuerzo normales empleadas en losas, sirven de mucha ayuda para controlar la fisuración, donde la aplicación de fibras de acero en una proporción de 60 kg/m^3 mostró una mejora muy significativa en el control de fisuras, ya que el ancho máximo de fisura se redujo en un 50 %.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Concreto

El concreto puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados u áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forman un todo y después de tiempo es capaz de soportar esfuerzos de compresión. (Alayo & Polo, 2019).

El concreto es el material de construcción hecho por el hombre que más se usa. Se diseñan estructuras de concreto durables que logran proporcionar una vida útil de 50 o más años con poco o nulo mantenimiento. Su buen comportamiento depende de las características físicas y químicas de sus componentes, pudiéndose obtener una mezcla óptima a través del diseño de mezcla. (Córdova, 2018).

a) Componentes del concreto.

- **Cemento**

Es el elemento activo del concreto, convirtiéndose en el más usado e indispensable para el desarrollo de la infraestructura. Es un material formado a través de la trituración y calcinación de materiales minerales calcáreos; al combinarse con agua, sufre una reacción química y empieza su proceso de endurecimiento hasta formar una masa rígida. Además, posee propiedades de adhesión y cohesión como el aglutinamiento de los agregados que conforman el concreto. (Reyes & Rodríguez, 2010).

- **Agua**

El agua es un elemento muy importante para la preparación del concreto, encontrándose relacionada con la resistencia, trabajabilidad y las propiedades del concreto endurecido. Para que el agua pueda ser utilizada en la preparación del

concreto, debe estar limpia y libre de agentes perjudiciales como aceites, ácidos, sales y distintas sustancias que puedan dañar el concreto o el acero de refuerzo. (Abanto, 2009).

Tabla 1.

Valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua.

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: (Abanto, 2009).

- **Agregados**

Los agregados son todos aquellos materiales que poseen una resistencia propia, no interfieren ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico, es decir, estos son inertes y garantizan una adherencia suficiente con la pasta del cemento endurecido. Estos materiales pueden ser artificiales o naturales, dependiendo del origen. (Alayo & Polo, 2019).

- Agregado fino o arena: Se considera como agregado fino o arena, al material pasante de la malla N° 4 y retenido en la mala N° 200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 micras (0.074mm). (Gutiérrez, 2003).
- Agregado grueso o grava: Se considera como agregado grueso o grava al material retenido en el tamiz N°4, con un tamaño entre 7.6 cm y 4.76 cm. (Gutiérrez, 2003).

- **Aditivos**

Son aquellos materiales diferentes al agua, agregados y cemento hidráulico, usado como ingrediente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado. Los aditivos deben cumplir con los requisitos de las normas respectivas y las especificaciones de obra, debiendo prestarse especial atención a las recomendaciones del fabricante. (Gutiérrez, 2018).

b) Tipos de concreto.

- **Concreto simple**

Se denomina concreto simple, a la mezcla de agregado grueso, agregado fino, agua y cemento Portland. En dicha mezcla, la pasta de cemento debe envolver totalmente al agregado grueso y al agregado fino; además de que este último deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso. (Abanto, 2009).

- **Concreto armado**

Esencialmente es la versión mejorada del concreto simple, puesto que supera ciertas limitaciones mecánicas del material original (concreto), sin embargo, lo hace a costa de generar nuevas limitaciones e inconvenientes constructivos y de mantenimiento. (Becosan, 2020).

- **Concreto ciclópeo**

Es un material constructivo que surge del campo experimental de la construcción dedicado al estudio de las cualidades estándares del concreto, ya que es un concreto cuya composición ha sido alterada con el fin de responder a exigencias estructurales particulares. Se diferencia del concreto simple esencialmente por el tamaño del agregado grueso, el cual destaca por ser conjunto de piedras

relativamente grandes incorporadas en la masa del concreto común. (Becosan, 2020).

1.3.2. Propiedades del concreto

Las principales propiedades del concreto, son aquellas que afectan o se ven involucradas directamente en el proceso constructivo, por ende, se presentan tanto en estado fresco como endurecido. (Gutiérrez, 2018).

a) Propiedades en estado fresco.

- **Asentamiento**

El asentamiento da una indicación de la manejabilidad, plasticidad y capacidad de flujo el concreto. Se utiliza especialmente como indicador de la uniformidad del concreto fresco entre tandas, tal como se reciben en la obra. Es empleado para determinar la consistencia de las mezclas empleada en construcciones normales. Los concretos que contienen determinados aditivos pueden ser colocados en los encofrados empleando menor compactación mecánica. (Gutiérrez, 2018).

- **Peso unitario**

El peso unitario del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado y las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta el peso unitario. (Gutiérrez, 2018).

- **Exudación**

Es una propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa de concreto y asciende hacia la superficie. Es un caso típico de sedimentación en la cual los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más

finas es la molienda y mayor es el porcentaje de material que pasa el tamiz N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla. La exudación es normal y no debería disminuir la calidad del concreto adecuadamente colocado, acabado y curado. Un poco de exudación es útil en el control de la fisuración por contracción plástica. Por otro lado, si es excesiva aumenta la relación agua/cemento cerca de la superficie; con lo que puede ocurrir una capa superficial débil y con poca durabilidad. (Gutiérrez, 2018).

b) Propiedades en estado endurecido.

- **Resistencia a compresión**

La resistencia a la compresión es una de las propiedades principales del concreto, la cual está definida como la capacidad que tiene este material para resistir una carga por unidad de área; los valores obtenidos para esta propiedad pueden ser expresados en diferentes unidades tales como kg/cm^2 , MPa y en lb/pulg^2 . (Cemex, 2019). Este ensayo consiste en someter muestras cilíndricas de concreto con dimensiones específicas, a una fuerza axial aplicada a una velocidad determinada hasta observar que las muestras presentan una falla. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la máxima carga obtenida por el testigo entre el área de contacto. (NTP 339.034, 2015).

- **Resistencia a la flexión**

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 mm x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa

como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa). El Módulo de Rotura es cerca del 10 % al 20 % de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. (NRMCA, 2008)

1.3.3. Fisuración del concreto

La fisuración del concreto es un fenómeno poco deseado que tiene efectos que van desde variaciones en la composición del material, hasta efectos de cambios térmicos. Una fisura muestra que se perdió la competencia entre la capacidad del material de resistir un esfuerzo versus el efecto de un esfuerzo actuante. Las fisuras tienen un ancho máximo permitido tanto por consideraciones estéticas como de durabilidad de los elementos, en el caso de algunos códigos europeos y otros, éste ancho de fisura máxima depende del medio ambiente y la durabilidad calculada para la estructura, sin embargo, el ancho permitido oscila entre 0 - 0.3 mm. (Cañon & Aldana, 2016).

a) Fisuración en estado fresco

- **Fisuración por retracción plástica**

La fisuración por retracción plástica generalmente se asocia con la rápida pérdida de humedad causada por una combinación de factores que incluyen altas temperaturas del aire y del concreto, baja humedad relativa y alta velocidad del viento en la superficie del concreto. El hormigón con cantidades más bajas de agua de sangrado, como los que contienen aditivos minerales (especialmente el humo de sílice), tiene una mayor tendencia a sufrir fisuras por contracción plástica que

el hormigón con una mayor tendencia a sangrar. Debido a que la fisuración por retracción plástica se debe a un cambio de volumen diferencial en el concreto plástico, las medidas de control exitosas requieren una reducción en el cambio de volumen relativo entre la superficie y otras partes del concreto. (ACI 224.1R, 2007).

- **Fisuración por asentamiento**

El concreto tiende a continuar consolidándose después de la colocación inicial, la vibración y el acabado. Durante este período, el concreto plástico puede ser restringido localmente por acero de refuerzo, una colocación previa de concreto o encofrado. Esta restricción local puede resultar en vacíos, fisuras o ambos, adyacentes al elemento de restricción. Cuando se asocia con acero de refuerzo, el fisuramiento por asentamiento aumenta con el aumento del tamaño de la barra, el aumento del asentamiento y la disminución de la cobertura. El grado de fisuramiento por asentamiento puede intensificarse por vibración insuficiente o por el uso de formas con fugas o altamente flexibles. (ACI 224.1R, 2007).

b) Fisuración del concreto endurecido

- **Retracción por secado**

La retracción por secado es causada por la pérdida de humedad del componente de la pasta de cemento, que puede contraerse hasta en un 1%. Afortunadamente, las partículas de agregado proporcionan una restricción interna que reduce la magnitud de este cambio de volumen a alrededor del 0,06 %. Por otro lado, el concreto tiende a expandirse cuando se humedece (el aumento de volumen puede ser del mismo orden de magnitud que el observado debido a la contracción). Estos cambios de volumen inducidos por la humedad son una característica del concreto.

Si la contracción del hormigón pudiera tener lugar sin restricciones, el hormigón no se fisuraría. Es la combinación de contracción y restricción (proporcionada por otra parte de la estructura, por la subrasante o por el interior húmedo del hormigón mismo) lo que hace que se desarrollen los esfuerzos de tracción. (ACI 224.1R, 2007).

- **Tensiones de origen térmico**

Las diferencias de temperatura dentro de una estructura de concreto pueden ser causadas por partes de la estructura que pierden calor de hidratación a diferentes velocidades o por las condiciones climáticas que enfrían o calientan una parte de la estructura en un grado diferente o a una velocidad diferente que otra parte de la estructura. Estas diferencias de temperatura dan como resultado cambios diferenciales de volumen. Cuando las tensiones de tracción debidas a los cambios de volumen diferencial exceden la resistencia a la tracción, el hormigón se fisurará. (ACI 224.1R, 2007).

- **Reacción química**

Las reacciones químicas nocivas pueden provocar la fisuración del hormigón. Estas reacciones pueden deberse a los materiales utilizados para fabricar el hormigón o a los materiales que entran en contacto con el hormigón después de que se ha endurecido. El concreto puede fisurarse con el tiempo como resultado de reacciones expansivas que se desarrollan lentamente entre el agregado que contiene sílice activa y los álcalis derivados de la hidratación del cemento, aditivos o fuentes externas (como agua de curado, agua subterránea, productos químicos

descongelantes y soluciones alcalinas almacenadas o utilizadas en el acabado).
(ACI 224.1R, 2007).

- **Meteorización**

Los procesos de meteorización que pueden causar fisuras incluyen congelación y descongelación, humectación y secado, calentamiento y enfriamiento. El daño por congelación y descongelación es el deterioro físico relacionado con el clima más común. El concreto puede dañarse por la congelación del agua en la pasta, en el agregado o en ambos. El daño en la pasta de cemento endurecido por congelación es causado por el movimiento del agua a los sitios de congelación y, para el agua en vacíos más grandes, por la presión hidráulica generada por el crecimiento de cristales de hielo. (ACI 224.1R, 2007).

- **Corrosión del refuerzo**

El acero de refuerzo generalmente no se corroe en el concreto porque se forma una capa protectora de óxido muy adherida en el ambiente altamente alcalino. Esto se conoce como protección pasiva. Sin embargo, el acero de refuerzo puede corroerse si la alcalinidad del concreto se reduce por carbonatación o si la pasividad de este acero es destruida por iones agresivos (generalmente cloruros). La corrosión del acero produce óxidos e hidróxidos de hierro que tienen un volumen mucho mayor que el volumen del hierro metálico original; Este aumento de volumen provoca altos esfuerzos de estallido radial alrededor de las barras de refuerzo y da como resultado fisuras radiales locales, las cuales pueden propagarse a lo largo de la barra, dando como resultado la formación de fisuras longitudinales (paralelas a la barra) o el desconchado del hormigón. También se puede formar una fisura ancha en un plano de barras paralelas a una superficie de concreto, lo

que resulta en delaminación, que es un problema bien conocido en las cubiertas de los puentes. (ACI 224.1R, 2007).

- **Prácticas constructivas inadecuadas**

Una amplia variedad de prácticas de construcción deficientes puede provocar fisuras en las estructuras de concreto. La más importante de ellas es la práctica común de agregar agua al concreto para aumentar la trabajabilidad. El agua añadida tiene el efecto de reducir la resistencia, aumentar el asentamiento y aumentar la contracción por secado. Cuando se acompaña de un mayor contenido de cemento para ayudar a compensar la disminución de la resistencia, un aumento en el contenido de agua también significará un aumento en el diferencial de temperatura entre las partes interior y exterior de la estructura, lo que resultará en un aumento de las tensiones térmicas y posibles fisuras. (ACI 224.1R, 2007).

- **Sobrecargas durante la construcción**

Las cargas de construcción a menudo pueden ser más severas que las experimentadas en servicio. Desafortunadamente, estas condiciones pueden ocurrir en edades tempranas cuando el concreto es más susceptible al daño, y a menudo resultan en fisuras permanentes. (ACI 224.1R, 2007).

Los miembros prefabricados, como vigas y paneles, son los que más frecuentemente están sujetos a este abuso, pero el hormigón colado en el lugar también puede verse afectado. Un error común ocurre cuando los elementos prefabricados no están correctamente soportados durante el transporte y el montaje. El uso de puntos de elevación arbitrarios o convenientes puede causar daños graves. El diseñador debe detallar o aprobar los cáncamos de elevación, los pasadores y otros accesorios. (ACI 224.1R, 2007).

- **Errores en el diseño y detallado**

Los errores en el diseño y los detalles que pueden resultar en un fisuramiento inaceptable incluyen el uso de esquinas entrantes mal detalladas en paredes, miembros prefabricados y losas; selección o detalles inadecuados del refuerzo, o ambos; restricción de elementos sujetos a cambios de volumen causados por variaciones de temperatura y humedad; falta de juntas de contracción adecuadas; y el diseño inadecuado de los cimientos, lo que resulta en un movimiento diferencial dentro de la estructura. (ACI 224.1R, 2007).

- **Cargas aplicadas externamente**

Es bien sabido que las tensiones de tracción inducidas por cargas provocan fisuración en elementos de concreto. Los procedimientos de diseño actuales usan acero de refuerzo no solo para soportar las fuerzas de tracción, sino también para obtener una distribución adecuada de las fisuras y un límite razonable en el ancho de las mismas. (ACI 224.1R, 2007).

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es la propuesta basada en los criterios del ACI 224.1R-07 para la elaboración de una guía para el control de fisuración de concreto en elementos horizontales, en el año 2022?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta basada en los criterios del ACI 224.1R-07 para la elaboración de una guía para el control de fisuración de concreto en elementos horizontales, en el año 2022.

1.5.2. Objetivos específicos

O.E.1. Dar a conocer cuáles son las clases de fisuras según su ocurrencia en concreto en estado plástico o concreto en estado endurecido, descritas en el ACI 224.1R-07.

O.E.2. Dar a conocer cuáles son las alternativas para el control de fisuración del concreto descritas en el ACI 224.1R-07.

O.E.3. Recopilar estudios relacionados con el control de fisuración del concreto para elementos horizontales, bajo el criterio del ACI 224.1R-07.

O.E.4. Identificar las alternativas para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, utilizadas por cada estudio.

O.E.5. Analizar los resultados de los estudios e identificar la alternativa para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales, bajo el criterio del ACI 224.1R-07, más efectiva.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La propuesta para la elaboración de una guía realizada en el presente estudio, nos permitirá dar a conocer las alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, así como las más efectiva.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según el propósito

Este estudio, según el propósito, se adapta a una investigación aplicada; puesto que su desarrollo depende de la aplicación de teorías que han sido ya descubiertas gracias a la investigación básica.

2.1.2. Según el diseño

Este estudio, según el diseño, se adapta a una investigación no experimental; puesto que no existirá manipulación de variables, sino que el investigador solo se limitará a contemplar las diferentes situaciones en su estado natural para luego proceder a analizarlos.

2.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación del presente estudio, es de tipo descriptivo y transversal, puesto que se llevará a cabo en base a los resultados encontrados por cada una de las investigaciones que fueron consideradas en la muestra, permitiendo de esta manera describir las variables y analizar su comportamiento.

Tabla 2.

Diseño de investigación.

Estudio	T1
M: Estudios relacionados al control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07.	O: Alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales, utilizadas.

Fuente: Propia.

Donde:

M: Muestra

O: Observación

2.3. Variables

2.3.1. Fisuración del concreto

La fisuración del concreto es un fenómeno poco deseado que tiene efectos que van desde variaciones en la composición del material, hasta efectos de cambios térmicos. Una fisura muestra que se perdió la competencia entre la capacidad del material de resistir un esfuerzo versus el efecto de un esfuerzo actuante. Las fisuras tienen un ancho máximo permitido tanto por consideraciones estéticas como de durabilidad de los elementos, en el caso de algunos códigos europeos y otros, éste ancho de fisura máxima depende del medio ambiente y la durabilidad calculada para la estructura, sin embargo, el ancho permitido oscila entre 0 - 0.3 mm. (Cañon & Aldana, 2016).

Tabla 3.

Matriz de clasificación de variables.

Clasificación de variables					
Variables	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Fisuración del concreto	Independiente	Mixto	Razón	Unidimensional	Indirecta

Fuente: Propia.

Tabla 4.

			Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento
<i>Matriz de operacionalización de la variable fisuración del concreto.</i>						
Variab	Definición	Definición Operacional				
V.I.: Fisuración del concreto	Es un fenómeno poco deseado que tiene efectos que van desde variaciones en la composición del material, hasta efectos de cambios térmicos. Una fisura muestra que se perdió la competencia entre la capacidad del material de resistir un esfuerzo versus el efecto de un esfuerzo actuante. (Cañon & Aldana,	Se generan a causa de que la superficie se seca más rápido que el concreto subyacente, cuando la tasa de evaporación en la superficie, debido a condiciones secas o ventosas, es mayor que el sangrado. (Hussam, 2019).	ACI 224.1R-07	Clases de fisuras según su ocurrencia en concreto plástico o concreto endurecido, descritas en el ACI 224.1R-07	Alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales descritas en el ACI 224.1R-07.	Alternativas empleadas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales
		Identificación de las alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, utilizadas por cada estudio		Alternativas para el control de fisuración del concreto para		Ficha resumen

Identificación de alternativa para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, más efectiva.	elementos horizontales	-	Matriz de categorización
--	------------------------	---	--------------------------

Fuente: Propia. 2016).

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

Constituida por todas las investigaciones sobre el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07; las cuales fueron rescatadas de las diversas plataformas de búsqueda, considerando el ámbito nacional e internacional así como las fechas de publicación.

2.4.2. Muestra

2.4.2.1. Técnica de muestreo.

La presente investigación usará la técnica de muestreo no probabilística, debido a que el ingeniero Alberto Rubén Vásquez Díaz, especialista en temas de concreto, será quien mediante su juicio determine el tamaño de muestra correspondiente.

2.4.2.2. Tamaño de muestra.

Teniendo en cuenta el criterio del ingeniero Alberto Vásquez, se considerará como mínimo un total de 20 investigaciones, las cuales tendrán relación con la variable en estudio y formarán parte del tamaño muestral.

Tabla 5.

Tamaño de muestra de la investigación.

Código	Título de investigación	Autor	País	Año
I-01	Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas.	Baldeon Rivera, K.	Perú	2022
I-02	Propuesta de concretos con cementos adicionados y fibras estructurales para mitigar la fisuración por contracción plástica y por secado en edificios de ductilidad limitada en Lima.	Barturén del Villar, C. & Durand Yucra, D.	Perú	2022
I-03	Control de fisuras de retracción plástica en pavimentos rígidos empleando acero reciclado de neumáticos, Juliaca, Puno 2021.	Capia Machaca, Y.	Perú	2022

I-04	Control de fisuras por contracción plástica en concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en losas aligeradas con cenizas de hueso de pescado – Huarochirí.	Calderon Montes, E	Perú	2021
I-05	Fibra de maguey para reducir la formación de fisuras por contracción plástica en tanques elevados.	Chávez Rojas, H.	Perú	2021
I-06	Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac 2021.	Huacho Ochoa, A	Perú	2021
I-07	El efecto de los polímeros superabsorbentes en la mitigación del fisuramiento por contracción plástica del hormigón convencional, resultados de una prueba interlaboratorio realizada por RILEM TC 260 RSC.	Boshoff, W.; Mechtcherine, V.; Snoeck, D.; Schrofl, N.; Bettencourt, A.; Cusson, D.; Wyrzykowski, M.; Toropovs, N. & Lura, P.	Sudáfrica	2020
I-08	Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica.	Chavarry, C.; Chavarría, L.; Valencia, A.; Pereyra, E.; Arieta, J. & Rengifo, C.	Perú	2020
I-09	Propuesta de uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de polipropileno en diseños de mezclas de concreto para el control de fisuras en losas macizas entrepiso in-situ en la ciudad de Lima.	Cano Duplex, B.; Galarza Mateo, E.	Perú	2020
I-10	Efecto combinado de nanosílice, polímeros superabsorbentes y fibras sintéticas sobre el fisuramiento por contracción plástica en el concreto.	Gerhard Olivier, R. & Muzafalu Kayondo, W.	Sudáfrica	2018
I-11	Desempeño de métodos pasivos en la mitigación del fisuramiento por contracción plástica.	Ghourchian, S.; Wyrzykowski, M.; Baquerizo, L. & Lura, P.	Suiza	2018
I-12	Influencia de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 , 280 kg/cm^2 .	Córdova Aquino, C.	Perú	2018
I-13	Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica.	Herrera Lazarte, S. & Polo Roca, M.	Perú	2017

I-14	Evaluación de la contracción plástica y la permeabilidad del hormigón reforzado con fibras de polipropileno.	Sadiqul, I. & Sristi, D.	Bangladesh	2016
I-15	Un estudio experimental sobre la resistencia y la capacidad de servicio de losas mixtas continuas de hormigón armado y reforzado con fibra de acero (SFRC).	Gholamhoseini, A.; Khanlou, A.; MacRae, G.; Scott, A.; Hicks, S. & León, R.	Nueva Zelanda	2016
I-16	Análisis de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno y acero, y su uso en el control de fisuras por contracción plástica.	Gutierrez, M. & Palomino, K.	Perú	2015
I-17	Control térmico de fisuras en estructuras de hormigón en masa mediante un sistema automatizado sistema de curado.	Hyung, J.; Jung, Y. & Cho, Y.	Corea del Sur	2014
I-18	Aplicación de diferentes fibras para reducir fisuramiento por contracción plástica del hormigón.	Rahmani, T.; Kiani, B.; Bakhshi, M. & Shekarchizadeh, M.	Irán	2012
I-19	Efecto de la adición de fibras sintéticas a losas delgadas de concreto sobre el fisuramiento por retracción plástica.	Pelisser, F.; Santos, A.; Rovere, H. & Andrade, R.	Brasil	2010
I-20	Influencia de la geometría de la fibra de polipropileno en el fisuramiento por retracción plástica en el hormigón.	Banthia, N. & Gupta, R.	Canadá	2006

Fuente: Propia.

2.4.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.4. Técnica de recolección de datos

2.4.4.1. Análisis documental.

En la presente investigación se utilizará como técnica de recolección de datos, el análisis documental, mediante la recolección de las investigaciones que guardan relación con el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07; para luego, proceder con la interpretación de sus contenidos.

2.4.5. Instrumentos de recolección de datos

2.4.5.1. Ficha resumen.

La presente investigación considera en primera instancia el instrumento de recolección de datos llamado ficha resumen, el cual servirá para extraer la información precisa de cada uno de los estudios seleccionados como muestra. (Ver Anexo N°2).

2.4.5.2. Matriz de categorización.

La presente investigación considera en segunda instancia el instrumento de recolección de datos llamado matriz de categorización, el cual servirá para estructurar la información en puntos específicos como objetivos, resultados y conclusiones, para que de esta forma sea más fácil comprender el contenido de cada estudio analizado. (Ver Anexo N°2).

Tabla 6.

Matriz de categorización.

Variable	Fuente	Recolección de datos		Instrumento
		Técnica	Herramienta	
Fisuración del concreto	Redalyc			Ficha resumen
	Scielo			
	Dialnet	Análisis documental	Ms. Excel	
	Concytec			Matriz de categorización
	Google Académico			

Fuente: Propia.

2.4.6. Validación del instrumento de recolección de datos

La presente investigación, validará los esquemas de los instrumentos de recolección de datos mencionados anteriormente, mediante la firma del ingeniero Alberto Vásquez, luego de haber corroborado que estos cuenten con la estructura adecuada.

2.4.7. Análisis de datos

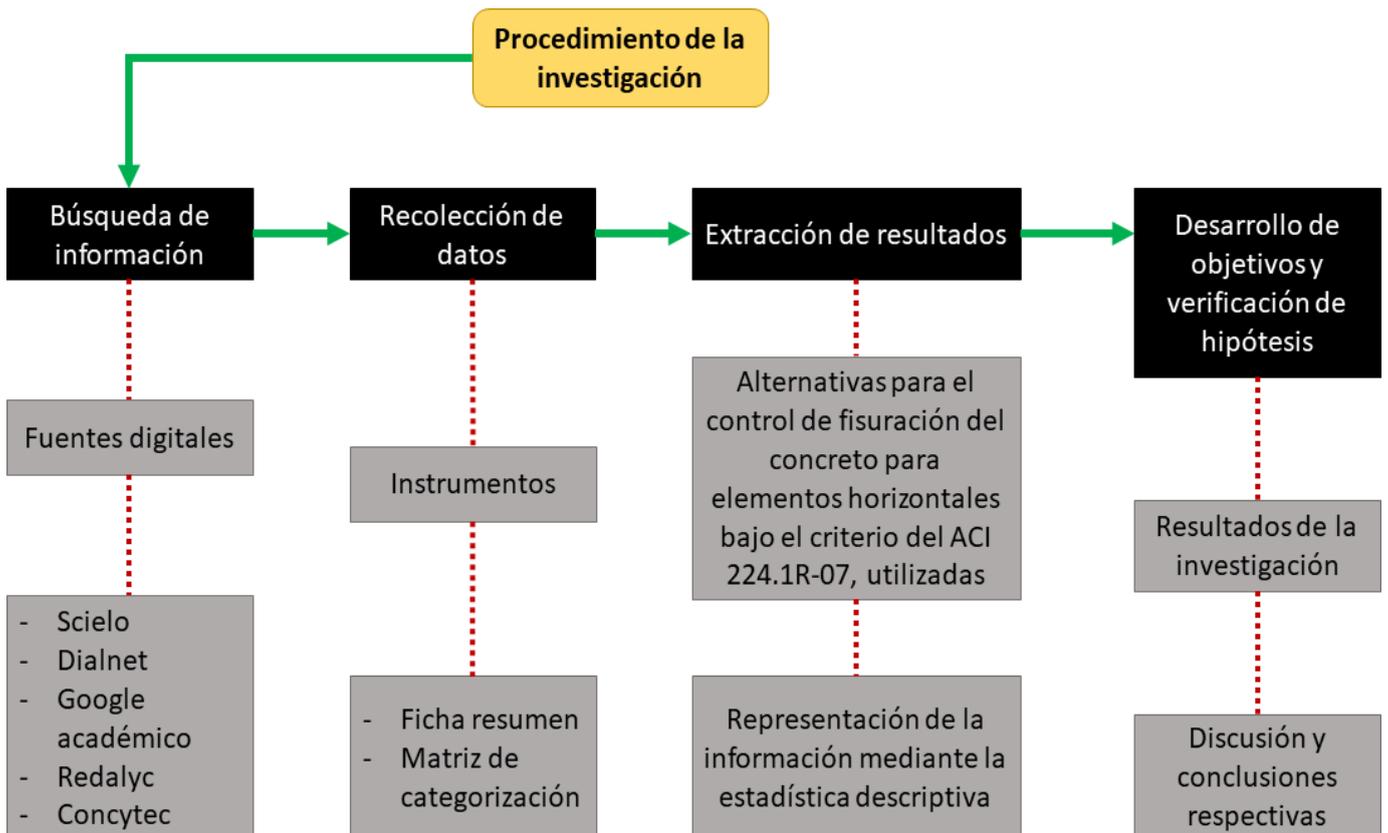
2.4.7.1. Estadística descriptiva.

La presente investigación al pertenecer a un diseño descriptivo y transversal, se realizará mediante la aplicación de la estadística descriptiva, pues la información extraída de cada estudio que forma parte de la muestra, se representará mediante gráficos estadísticos como círculos, barras, líneas, etc., empleando para ello el software denominado Ms. Excel.

2.5. Procedimiento

Figura 1.

Procedimiento de la investigación.



Fuente: Propia.

2.5.1. *Búsqueda de información*

El desarrollo del presente estudio comenzará con la búsqueda de información en las diferentes plataformas digitales confiables tales como Dialnet, Google académico, Concytec, Scielo y Redalyc; para lo cual se empleará ciertas palabras clave con el fin de obtener resultados eficientes y de esta manera rescatar la mayor cantidad posible de investigaciones relacionadas al tema, de los cuales 20 tomarán lugar como tamaño de muestra, luego de haber pasado por un filtro en el cual se tiene en cuenta factores como la antigüedad, estructura y relación con la variable, hasta que finalmente se cuente con el total requerido.

2.5.2. *Recolección de datos*

Contando con las 20 investigaciones que conforman el tamaño de muestra según lo recomendado por el ingeniero especialista a cargo, se procederá con el análisis documental, el cual permitirá rescatar de manera eficaz toda la información relacionada con el control de fisuración del concreto para elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07; además, dentro de este punto se tendrá en cuenta el uso de dos instrumentos que servirán para organizar la información, siendo el primero de ellos la ficha resumen, la misma que consta de título, autor y resumen; y el segundo será la matriz de categorización, cuya estructura consta de título, objetivo y conclusiones.

2.5.3. *Extracción de resultados*

Luego de haber ordenado la información de cada una de las investigaciones en los instrumentos de recolección de datos, se procederá con el análisis y extracción de los resultados que tengan una mejor relación con nuestra variable; luego,

empleando el software Ms. Excel, se representarán mediante gráficos estadísticos como barras, círculos, y líneas para facilitar la comprensión y comparación.

2.5.4. Desarrollo de objetivos y verificación de hipótesis

Después de haber llevado a cabo los pasos anteriores, se continuará con el desarrollo de los objetivos, para que de esta forma se pueda validar la hipótesis planteada. Luego, se redactará los resultados propios de esta investigación, los cuales guardarán relación con el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07; finalmente, después de interpretar los resultados se redactará la discusión y conclusiones.

2.6. Desarrollo de tesis

2.6.1. Búsqueda de información

Se realizó la búsqueda de información en las distintas plataformas digitales confiables como Dialnet, Google académico, Concytec, Scielo y Redalyc; empleando para ello palabras clave que faciliten la búsqueda, hasta que se completó un total de 20 estudios como muestra, luego de que estos hayan sido sometidos a un proceso de descarte según los requerimientos necesarios.

Tabla 7.

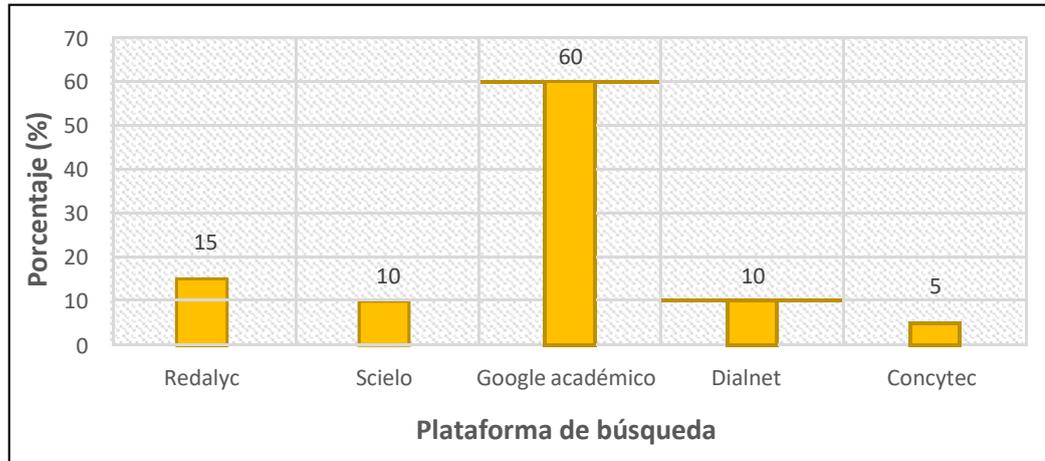
Búsqueda de información.

Código de investigaciones	Plataforma	N°	%
I-08, I-10, I-20	Redalyc	3	15
I-11, I-14	Scielo	2	10
I-01, I-02, I-05, I-06, I-07, I-09, I-12, I-13, I-15, I-16, I-17, I-18	Google académico	12	60
I-04, I-19	Dialnet	2	10
I-03	Concytec	1	5

Fuente: Propia.

Figura 2.

Búsqueda de información.



Fuente: Propia.

Tabla 8.

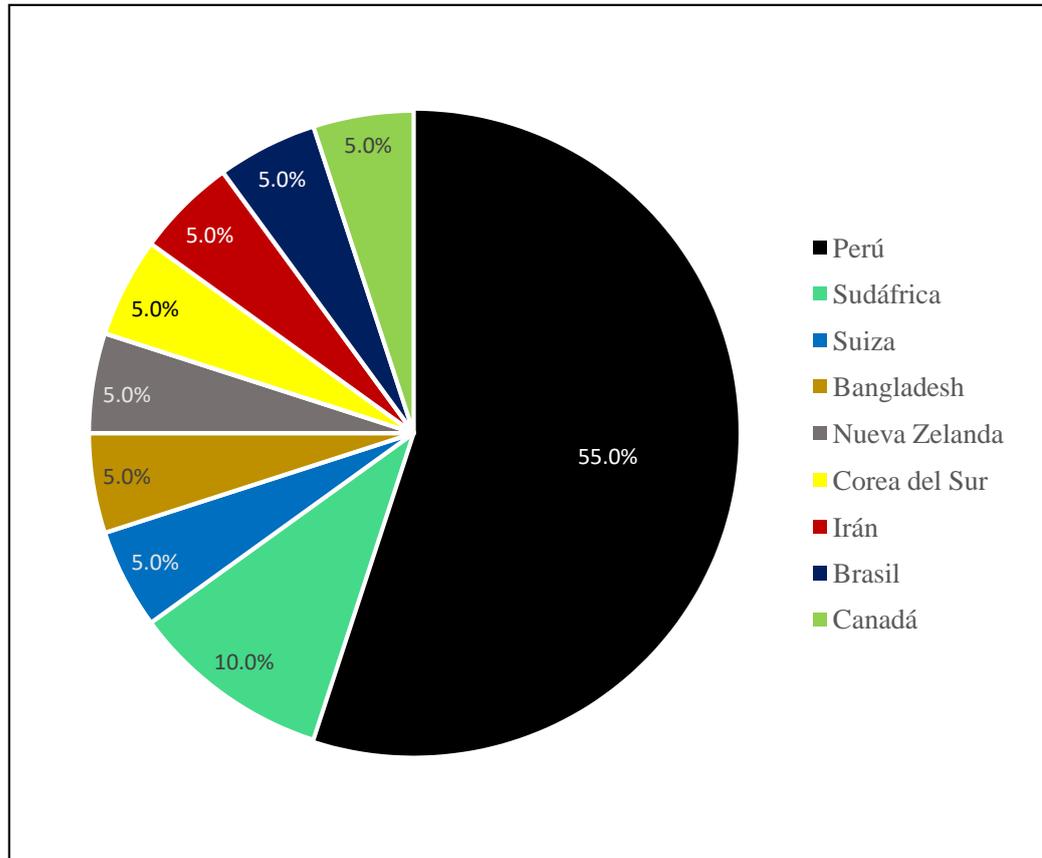
Nacionalidad de estudios.

Código de investigaciones	Nacionalidad	Nº	%
I-01, I-02, I-03, I-04, I-05, I-06, I-08, I-09, I-12, I-13, I-16	Perú	11	55
I-07, I-10	Sudáfrica	2	10
I-11	Suiza	1	5
I-14	Bangladesh	1	5
I-15	Nueva Zelanda	1	5
I-17	Corea del Sur	1	5
I-18	Irán	1	5
I-19	Brasil	1	5
I-20	Canadá	1	5

Fuente: Propia.

Figura 3.

Nacionalidad de estudios.



Fuente: Propia.

2.6.2. *Recolección de datos*

Se realizó la recolección de datos mediante el análisis documental, empleando los instrumentos denominados ficha resumen y matriz de categorización, los cuales se encuentran detallados en las tablas N°13 a la N°52; dichos instrumentos ayudaron a rescatar y ordenar la información necesaria sobre el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07.

2.6.3. *Extracción de resultados*

Después del paso anterior, se extrajeron los resultados relacionados con la variable en estudio, esto para cada una de las investigaciones tomadas como tamaño de

muestra; luego, estos datos fueron representados mediante gráficos circulares, de barras y líneas, para una mejor comprensión.

2.6.4. Desarrollo de objetivos y verificación de hipótesis

Se cumplió con los objetivos planteados y de esta manera se logró realizar el proceso de verificación de la hipótesis. Después, los resultados fueron representados en base al control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07; finalmente, se interpretó cada uno de ellos para así culminar con la discusión y conclusiones respectivas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Clases de fisuras según su ocurrencia en concreto en estado plástico o concreto en estado endurecido descritas en el ACI 224.1R-07.

Se muestra la tabla en la cual se detalla las clases de fisuras según su ocurrencia en concreto en estado plástico o concreto en estado endurecido descritas en el ACI 224.1R-07, de donde, a manera de síntesis se puede rescatar que la fisuración del concreto es un problema que se origina a causa de diferentes factores como el clima, errores de diseño, malos procedimientos constructivos y cargas aplicadas.

Tabla 9.

Clases de fisuras según su ocurrencia descritas en el ACI 224.1R-07.

Ocurrencia	Fisuración	
	Clase	Causas
Concreto en estado plástico	Por retracción plástica	Pérdida de humedad muy rápida debido a factores que incluyen las temperaturas del aire y el concreto, la humedad relativa y la velocidad del viento en la superficie.
	Por asentamiento	Durante el periodo de consolidación el concreto plástico es restringido por las armaduras, por una colada previa de concreto o por los encofrados.

	Retracción por secado	Pérdida de humedad de la pasta cementicia, la cual se puede contraer hasta un 1%.
	Tensiones de origen térmico	Provocadas por partes de la estructura que pierden calor de hidratación a diferentes velocidades, o por condiciones climáticas que enfrían o calientan una parte de la estructura hasta una mayor temperatura o con una mayor velocidad que otra.
Concreto en estado endurecido	Reacciones químicas	Producto de los materiales utilizados para preparar el concreto, o de los materiales que están en contacto con el, una vez endurecido.
	Meteorización	Debido a los procesos como el congelamiento, deshielo, humedecimiento, secado, calentamiento y enfriamiento.
	Corrosión de las armaduras	Debido a un agente oxidante, humedad y flujo de electrones dentro del metal, lo que genera corrosión y ello un aumento de volumen que trae consigo la aparición de fisuras.
Concreto en estado endurecido	Prácticas constructivas inadecuadas	La costumbre de agregarle agua al concreto para mejorar su trabajabilidad, así como el uso de apoyos inadecuados para los encofrados, una compactación inadecuada y la colocación de juntas de contracción en puntos de tensión elevada.
	Sobrecargas durante la construcción	No apoyar correctamente los elementos premoldeados durante su transporte y montaje. El uso de puntos de elevación arbitrarios o simplemente convenientes.

Errores de diseño y detallado	El uso de ángulos reentrantes mal detallados en las esquinas de muros, elementos y losas premoldeados, la incorrecta selección y/o detallado de las armaduras, la falta de juntas de contracción adecuadas y el incorrecto diseño de las fundaciones, que provoca movimientos diferenciales dentro de la estructura.
Cargas aplicadas externamente	Debido a las tensiones de tracción inducidas por las cargas.

Fuente: Propia.

3.2. Alternativas para el control de fisuración del concreto descritas en el ACI 224.1R-07.

A continuación, se muestra la tabla en la cual se detalla las alternativas para el control de fisuración del concreto descritas en el ACI 224.1R-07, de donde, se puede rescatar que la fisuración del concreto se puede evitar o controlar si se tiene un buen conocimiento del comportamiento estructural, así como en el uso de materiales que permitan contrarrestar los efectos climáticos del área donde se labora y una correcta elección de los componentes del concreto los cuales deben ser de calidad y libres de agentes químicos perjudiciales.

Tabla 10.

Alternativas para el control de fisuración del concreto descritas en el ACI 224.1R-07.

Fisuración		
Ocurrencia	Clase	Alternativas para su control
Concreto en estado plástico	Por retracción plástica	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de boquillas de niebla para saturar el aire en contacto con las superficies. - Uso de láminas plásticas para cubrir las superficies entre operaciones de acabado - Rompevientos que reducen la velocidad del viento

<p>Por asentamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Parasoles que reducen la temperatura superficial. - Prever un intervalo de tiempo entre la colocación de concreto en columnas o vigas de gran altura y la colocación de concreto en losas y vigas. - Utilizar un concreto con el menor asentamiento posible y aumentar el recubrimiento.
<p>Retracción por secado</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar la cantidad de agregado y reducir el contenido de agua. - Utilizar juntas de contracción y un adecuado detallado de las armaduras y utilizar cemento compensador de la retracción.
<p>Tensiones de origen térmico</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir la máxima temperatura interna. - Controlar la velocidad a la cual se enfría el concreto. - Aumentar la resistencia a la tracción del concreto.
<p>Reacciones químicas</p> <p>Concreto en estado endurecido</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Una correcta elección de los agregados. - Usar cementos con bajo contenido de álcalis. - Usar puzolanas las cuales contienen sílices muy finas y altamente activas. - La mejor manera de proteger al concreto contra el congelamiento y deshielo consiste en utilizar la menor relación agua-cemento y cantidad total de agua posibles, utilizar agregados durables e incorporar aire adecuadamente.
<p>Meteorización</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar el curado previo a la exposición a condiciones de congelamiento.
<p>Corrosión de las armaduras</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usar armaduras recubiertas, selladores o sobrecapas encima del concreto. - Usar aditivos inhibidores de la corrosión y protección catódica

Concreto en estado endurecido	Prácticas constructivas inadecuadas	- Modificar los materiales y la dosificación de la mezcla para producir un concreto con la mejor resistencia a la fisuración o la mayor capacidad de deformación por tracción posibles.
	Sobrecargas durante la construcción	- Proporcionan información sobre limitaciones de carga para la estructura y si el personal cumple con estas limitaciones.
	Errores de diseño y detallado	- Este problema sólo se puede minimizar por medio de una profunda comprensión del comportamiento estructural (en su sentido más amplio).
	Cargas aplicadas externamente	- Utilizar armaduras no sólo para tomar las fuerzas de tracción sino también para lograr una adecuada distribución de las fisuras e imponer un límite razonable al ancho de las mismas.

Fuente: Propia.

3.3. Estudios relacionados con el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07.

Se presenta la tabla donde se detallan las investigaciones relacionadas con el control de fisuración del concreto para elementos horizontales las cuales fueron consideradas dentro del tamaño de muestra; éstas fueron rescatadas de diferentes plataformas de búsqueda confiables, como Google académico, Redalyc, Dialnet, Concytec y Scielo, observando que la mayoría de los estudios pertenecen al ámbito nacional.

Tabla 11.

Estudios relacionados al control de fisuración del concreto para elementos horizontales.

Código	Título	Tipo de estudio	Plataforma	País
--------	--------	-----------------	------------	------

I-01	Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas.	Experimental	Google Académico	Perú
I-02	Propuesta de concretos con cementos adicionados y fibras estructurales para mitigar la fisuración por contracción plástica y por secado en edificios de ductilidad limitada en Lima.	Experimental	Google Académico	Perú
I-03	Control de fisuras de retracción plástica en pavimentos rígidos empleando acero reciclado de neumáticos, Juliaca, Puno 2021.	Experimental	Concytec	Perú
I-04	Control de fisuras por contracción plástica en concreto $f^c = 210$ kg/cm ² en losas aligeradas con cenizas de hueso de pescado – Huarochirí.	Experimental	Dialnet	Perú
I-05	Fibra de maguey para reducir la formación de fisuras por contracción plástica en tanques elevados.	Experimental	Google Académico	Perú
I-06	Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac 2021.	Experimental	Google Académico	Perú
I-07	El efecto de los polímeros superabsorbentes en la mitigación del fisuramiento por contracción plástica del hormigón convencional, resultados de una prueba interlaboratorio realizada por RILEM TC 260 RSC.	Experimental	Google Académico	Sudáfrica
I-08	Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica.	Experimental	Redalyc	Perú
I-09	Propuesta de uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de polipropileno en diseños de mezclas de concreto para el control de fisuras en losas macizas entrepiso in-situ en la ciudad de Lima.	Experimental	Google Académico	Perú
I-10	Efecto combinado de nanosílice, polímeros superabsorbentes y fibras sintéticas sobre el fisuramiento por contracción plástica en el concreto.	Experimental	Redalyc	Sudáfrica

I-11	Desempeño de métodos pasivos en la mitigación del fisuramiento por contracción plástica.	Experimental	Scielo	Suiza
I-12	Influencia de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 .	Experimental	Google Académico	Perú
I-13	Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica.	Experimental	Google Académico	Perú
I-14	Evaluación de la contracción plástica y la permeabilidad del hormigón reforzado con fibras de polipropileno.	Experimental	Scielo	Bangladesh
I-15	Un estudio experimental sobre la resistencia y la capacidad de servicio de losas mixtas continuas de hormigón armado y reforzado con fibra de acero (SFRC).	Experimental	Google Académico	Nueva Zelanda
I-16	Análisis de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno y acero, y su uso en el control de fisuras por contracción plástica.	Experimental	Google Académico	Perú
I-17	Control térmico de fisuras en estructuras de hormigón en masa mediante un sistema automatizado sistema de curado.	Experimental	Google Académico	Corea del Sur
I-18	Aplicación de diferentes fibras para reducir fisuramiento por contracción plástica del hormigón.	Experimental	Google Académico	Irán
I-19	Efecto de la adición de fibras sintéticas a losas delgadas de concreto sobre el fisuramiento por retracción plástica.	Experimental	Dialnet	Brasil
I-20	Influencia de la geometría de la fibra de polipropileno en el fisuramiento por retracción plástica en el hormigón.	Experimental	Redalyc	Canadá

Fuente: Propia.

3.4. Alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, utilizadas por cada estudio.

Se muestra la tabla en la cual se detallan las alternativas para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales utilizadas por cada estudio; observando que todas tienen un efecto positivo, pues las distintas alternativas utilizadas logran reducir el fisuramiento en más del 50%, ya sea en cuanto a la cantidad, longitud, ancho o área total promedio de fisuras.

Tabla 12.

Alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales utilizadas por cada estudio.

N° Estudio	Alternativas utilizadas para el control de fisuración del concreto	Dosis	Control de fisuración (% de reducción)			
			Cantidad	Longitud	Ancho	Área
I-01	Fibra de maguey	6.02 kg/m ³	-	-	59.76	-
I-02	Macrofibra sintética	4.00 kg/m ³	-	-	53.17	-
	Fibra metálica	20 kg/m ³	-	-	37.30	-
I-03	Acero de neumáticos	20 kg/m ³	-	100.00	100	100.00
I-04	Ceniza de hueso de pescado	6.00%	60.40	-	19.25	-
I-05	Fibra de maguey	1.00%	83.33	50.37	50.43	-
I-06	Microfibra sintética	600 g/m ³	100.00	100.00	100.00	-
I-07	Polímeros super absorbentes	0.30%	-	-	-	55.90
I-08	Vidrio molido verde	5.00%	86.00	-	-	-
	Vidrio molido marrón	5.00%	89.00	-	-	-
I-09	Cenizas de cáscara de arroz	15.00%	-	-	-	78.30
	Microfibra sintética	900 g/m ³	-	-	-	30.22
I-10	Microfibra sintética	900 g/m ³	-	-	-	89.80
	Polímeros super absorbentes	0.30%	-	-	-	69.50
I-11	Master X-Seed 100	Ficha T.	-	-	36.68	-
	Masterlife IC100	Ficha T.	-	-	44.16	-
	Sika Control 60	Ficha T.	-	-	66.12	-
I-12	Fibra sintética de rafia	1.40 kg/m ³	-	53.93	53.33	-
I-13	Microfibra sintética	300 g/m ³	-	79.02	-	-
	Fibra de caña de azúcar	8.08 kg/m ³	-	75.52	-	-
	Fibra de maguey	4.01 kg/m ³	-	82.52	-	-
I-14	Microfibra sintética	0.5%	-	-	99.87	-
I-15	Fibra de acero	60 kg/m ³	-	-	50.00	-
I-16	Microfibra sintética	600 g/m ³	-	92.30	-	-
	Macrofibra sintética	2.00 kg/m ³	-	41.50	-	-
	Fibra de acero	30 kg/m ³	-	93.84	-	-
I-17	Sist. de curado automatizado	-	100	100	-	-
I-18	Fibra de acero	7.80 kg/m ³	-	-	62.21	56.98
	Fibra de vidrio	2.60 kg/m ³	-	-	57.25	52.60
	Microfibra sintética	900 g/m ³	-	-	29.39	42.95

I-19	Microfibra sintética	0.10 %	74.29	88.70	-	-
	Fibra de vidrio	0.10 %	65.71	77.11	-	-
	Nylon	0.10 %	71.43	62.63	-	-
	PET	0.10 %	85.71	79.78	-	-
I-20	Microfibra sintética	0.2%	-	-	94.00	98.84

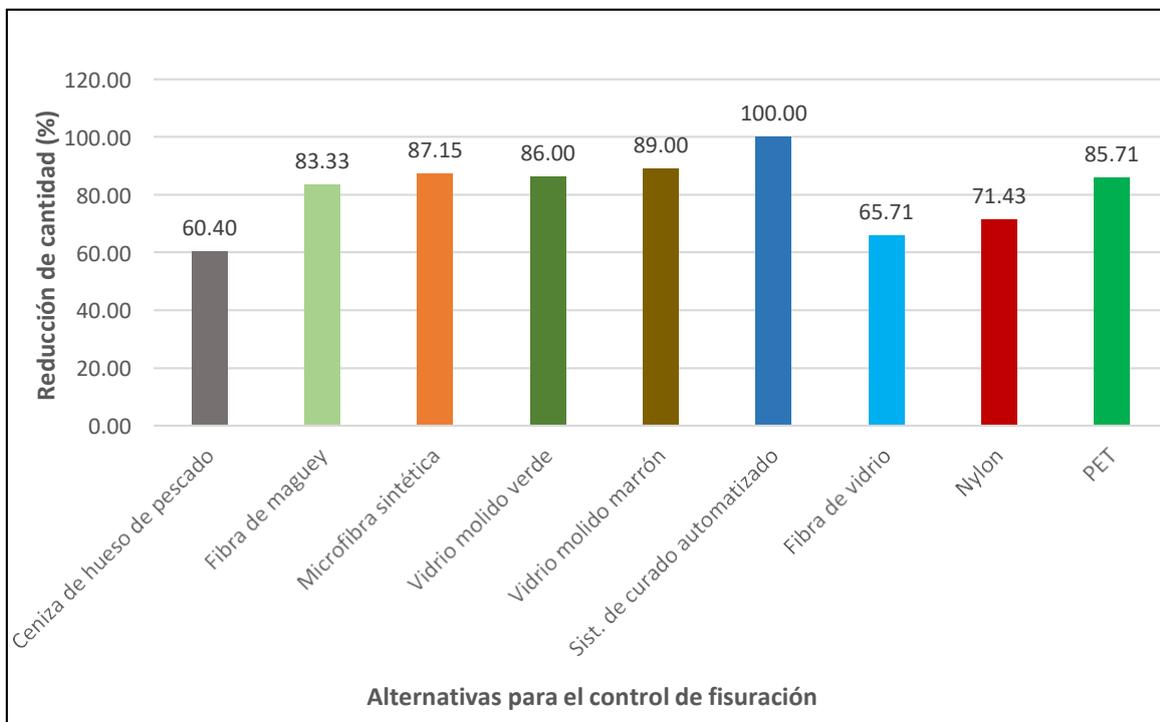
Fuente: Propia.

3.5. Alternativa para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales más efectiva.

Se muestra el gráfico estadístico de barras a modo de representar las alternativas para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales según el porcentaje de reducción promedio de la cantidad de fisuras presentes respecto a una muestra patrón, obtenido del análisis de todos los estudios considerados, observando que el sistema de curado automatizado es la alternativa más efectiva, pues logra reducir la cantidad de fisuras en un 100%.

Figura 4.

Alternativa más efectiva para reducir la cantidad de fisuras del concreto en elementos horizontales, obtenido del análisis de todos los estudios considerados.

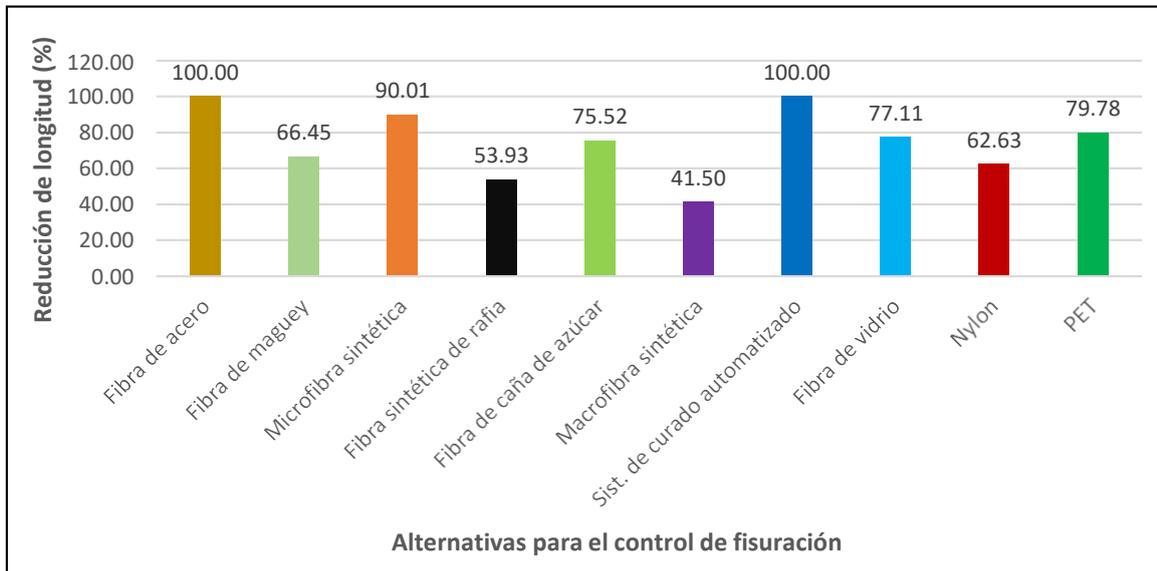


Fuente: Propia.

Se muestra el gráfico estadístico de barras a modo de representar las alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales según el porcentaje de reducción promedio de la longitud de fisuras presentes respecto a una muestra patrón, obtenido del análisis de todos los estudios considerados, observando que el sistema de curado automatizado y la fibra de acero son las alternativas más efectivas, pues logran reducir la longitud de fisuras en un 100%.

Figura 5.

Alternativa más efectiva para reducir la longitud de fisuras del concreto en elementos horizontales, obtenido del análisis de todos los estudios considerados.

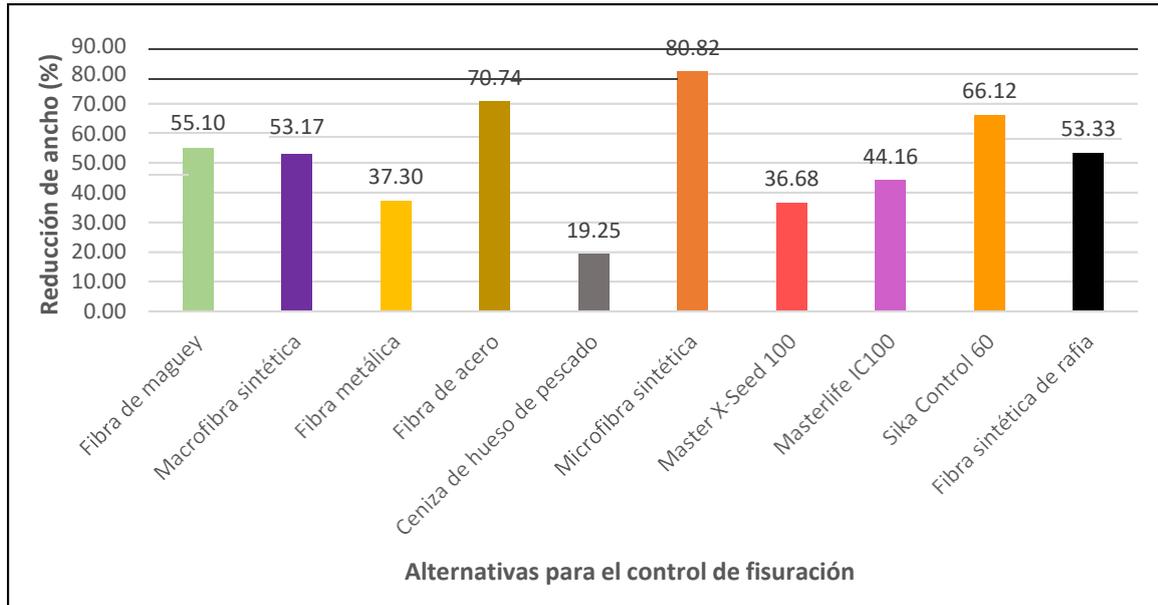


Fuente: Propia.

A continuación, se muestra el gráfico estadístico de barras a modo de representar las alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales según el porcentaje de reducción promedio del ancho de fisuras presentes respecto a una muestra patrón, obtenido del análisis de todos los estudios considerados, observando que la microfibra sintética es la más efectiva, pues logra reducir el ancho de fisuras en un 80.82%.

Figura 6.

Alternativa más efectiva para reducir el ancho de fisuras del concreto en elementos horizontales, obtenido del análisis de todos los estudios considerados.

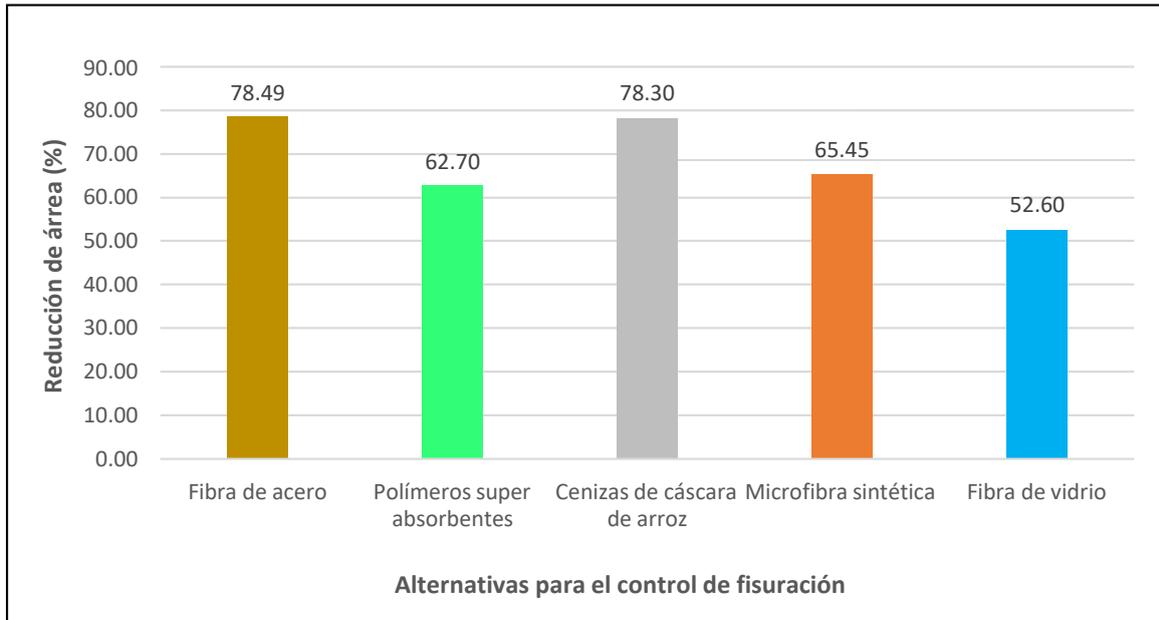


Fuente: Propia.

Se muestra el gráfico estadístico de barras a modo de representar las alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales según el porcentaje de reducción promedio del área total de fisuras presentes respecto a una muestra patrón, obtenido del análisis de todos los estudios considerados, observando que la fibra de acero es la más efectiva, pues logra reducir el área total de fisuras en un 78.49%.

Figura 7.

Alternativa más efectiva para reducir el área total de fisuras del concreto en elementos horizontales, obtenido del análisis de todos los estudios considerados.



Fuente: Propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Después de realizar el análisis de los estudios considerados como tamaño de muestra, respecto al control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, se obtuvo que las alternativas más utilizadas para el control de fisuración del concreto son la fibra de maguey, macrofibra sintética, fibra metálica, fibra de acero, ceniza de hueso de pescado, microfibra sintética, polímeros super absorbentes, vidrio molido verde, vidrio molido marrón, cenizas de cáscara de arroz, aditivo Master x-seed 100, aditivo Masterlife IC100, aditivo Sika Control 60, fibra sintética de rafia, fibra de caña de azúcar, fibra de vidrio, nylon, PET y sistema de curado automatizado, de las cuales el sistema de curado automatizado resultó ser el más efectivo para reducir la cantidad de fisuras debido a que obtuvo un valor de 100 %, seguido del 89 % y 87.15 % correspondientes al vidrio molido marrón y microfibra sintética respectivamente, siendo estas tres alternativas las que más resaltaron; en cuanto a la reducción de la longitud de fisuras, las alternativas que resultaron ser las más efectivas fueron la fibra de acero y el sistema de curado

automatizado, pues alcanzaron un porcentaje de reducción del 100 %, seguido de la microfibras sintética con un valor de 90.01 %; en cuanto a la reducción del ancho de fisuras, la alternativa que resultó ser la más efectiva fue la microfibras sintética, pues alcanzó un porcentaje de reducción del 80.82 %, seguido del 70.74 % y 66.12 % correspondientes a la fibra de acero y al aditivo Sika Control 60 respectivamente, siendo estas tres alternativas las que más resaltaron; por último, en cuanto a la reducción del área total de fisuras presentes en el concreto, la alternativa que resultó ser la más efectiva fue la fibra de acero, pues alcanzó un porcentaje de reducción del 78.49 %, seguido del 78.30 % y 65.45 % correspondientes a los polímeros super absorbentes y a la microfibras sintética respectivamente, siendo las tres alternativas más resaltantes. Además, se dio a conocer las clases de fisuración del concreto según su ocurrencia en concreto en estado plástico o en concreto en estado endurecido, así como sus causas y los medios o alternativas para su control, rescatando que la fisuración del concreto es un problema que se origina a causa de diferentes factores como el clima, errores de diseño, malos procedimientos constructivos y cargas aplicadas, y que se puede evitar o controlar si se tiene un buen conocimiento del comportamiento estructural, así como en el uso de materiales que permitan contrarrestar los efectos climáticos del área donde se labora y una correcta elección de los componentes del concreto los cuales deben ser de calidad y libres de agentes químicos perjudiciales. Con esto, se acepta la hipótesis de esta investigación la cual indica que la propuesta para la elaboración de guía realizada nos permitirá dar a conocer las alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, así como la más efectiva; ello gracias a un arduo análisis de los resultados obtenidos por cada antecedente considerado como parte del tamaño de muestra.

En la tabla 9, se puede identificar las clases de fisuras según su ocurrencia en concreto en estado plástico o concreto en estado endurecido descritas en el ACI 224.1R-07, tal es el caso de la fisuración por retracción plástica, la cual ha sido considerada como tema de estudio por la mayoría de las investigaciones tomadas como tamaño de muestra; esta clase de fisuración se origina a causa de diferentes factores climáticos como la humedad, las variaciones de temperatura y la velocidad del viento. Además, entre otras causas que provocan la fisuración del concreto van desde un incorrecto diseño y detalle estructural debido al escaso conocimiento del comportamiento de la estructura frente a diversas cargas y esfuerzos que puedan afectar su estabilidad, así como debido a las malas prácticas constructivas y el uso de materiales de mala calidad en la elaboración del concreto lo que trae consigo ciertas reacciones químicas perjudiciales.

En la tabla 10, se puede apreciar las alternativas para el control de fisuración del concreto descritas en el ACI 224.1R-07, donde se puede rescatar que la fisuración del concreto se puede evitar o controlar de manera correcta si se conocen sus causas y los procedimientos de reparación son los adecuados; de no ser así las reparaciones pueden durar poco. Además, se tiene que las fisuras no solo pueden afectar la estética de una estructura, sino que pueden señalar problemas de mayor magnitud, por ello su importancia depende del tipo de estructura y de la naturaleza de la fisuración ya que por ejemplo pueden ser aceptables para un edificio residencial pero no serlo para una estructura que almacena o retiene líquidos.

En la tabla 11, se puede identificar todos los estudios relacionados con el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, los cuales fueron considerados como parte del tamaño de muestra; dichas investigaciones fueron recolectadas de diferentes plataformas de búsqueda

confiables, como Google académico, Redalyc, Dialnet, Concytec y Scielo, observando que la mayor cantidad de estudios pertenecen al ámbito nacional, exactamente en un 55%.

En la tabla 12, se puede apreciar las alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, utilizadas por cada estudio considerado como parte de la muestra, observando de manera global que, las alternativas empleadas fueron la fibra de maguey, macrofibra sintética, fibra metálica, fibra de acero, ceniza de hueso de pescado, microfibra sintética, polímeros super absorbentes, vidrio molido verde, vidrio molido marrón, cenizas de cáscara de arroz, aditivo Master x-seed 100, aditivo Masterlife IC100, aditivo Sika Control 60, fibra sintética de rafia, fibra de caña de azúcar, fibra de vidrio, nylon, PET y sistema de curado automatizado; en donde, de los 20 estudios analizados, 11 utilizaron una alternativa para su análisis, abarcando el 55 %; 4 estudios utilizaron 2 alternativas, abarcando el 20 %; de igual manera 4 estudios utilizaron 3 alternativas, abarcando 20 %; por último 1 estudio utilizó 4 alternativas, abarcando el 5 % del total.

En la figura 6, se muestra una comparación entre las alternativas para reducir la cantidad de fisuras del concreto empleadas por cada estudio analizado, observando que el sistema de curado automatizado es el que presenta el mayor porcentaje de reducción con un valor de 100 %, seguido del 89 % y 87.15 % correspondientes al vidrio molido marrón y microfibra sintética respectivamente, lo que nos hace notar que, el sistema de curado automatizado vendría a ser la alternativa más efectiva para reducir la cantidad de fisuras del concreto para elementos horizontales; sin embargo, hay que tener en cuenta que aparte de las tres alternativas mencionadas que alcanzaron los mayores porcentajes de reducción, se tienen otras 6 alternativas más

que pueden ser tomadas en cuenta como favorables ya que su efectividad para reducir la cantidad de fisuras logra superar fácilmente el 50 %.

En la figura 7, se muestra una comparación entre las alternativas para reducir la longitud de fisuras del concreto empleadas por cada estudio analizado, observando que el sistema de curado automatizado y la fibra de acero son las que presentan el mayor porcentaje de reducción con un valor de 100 %, seguido del 90.01 % y 79.78 % correspondientes a la microfibras sintética y PET respectivamente, lo que nos hace notar que, el sistema de curado automatizado y la fibra de acero vendrían a ser las dos alternativas más efectivas para reducir la longitud de fisuras del concreto en elementos horizontales; sin embargo, hay que tener en cuenta que aparte de las cuatro alternativas mencionadas que alcanzaron los mayores porcentajes de reducción, se tienen otras 5 alternativas más que pueden ser tomadas en cuenta como favorables ya que su efectividad para reducir la longitud de fisuras logra superar fácilmente el 50 %, y por último la alternativa que presentó el menor valor de efectividad fue la macrofibras sintética, pues alcanzó un valor de 41.50 % de reducción.

En la figura 8, se muestra una comparación entre las alternativas para reducir el ancho de fisuras del concreto empleadas por cada estudio analizado, observando que la microfibras sintética es la que presenta el mayor porcentaje de reducción con un valor de 80.82 %, seguido del 70.74 % y 66.12 % correspondientes a la fibra de acero y Sika Control 60 respectivamente, lo que nos hace notar que, la microfibras sintética vendría a ser la alternativa más efectiva para reducir el ancho de fisuras del concreto en elementos horizontales; por otro lado, las alternativas que menos porcentajes de reducción presentaron fueron la fibra metálica, el aditivo Master Seed 100 y la ceniza de hueso de pescado, cuyos valores están por debajo del 50 %, de las cuales la que

menor valor presentó fue la ceniza de hueso de pescado con un porcentaje de 19.25 % de reducción.

En la figura 9, se muestra una comparación entre las alternativas para reducir el área total de fisuras del concreto empleadas por cada estudio analizado, observando que la fibra de acero es la que presenta el mayor porcentaje de reducción con un valor de 78.49 %, seguido del 78.30 %, 65.45 %, 62.70 % y 52.60 % correspondientes a las cenizas de cascara de arroz, microfibra sintética, polímeros super absorbentes y fibra de vidrio respectivamente, lo que nos hace notar que, la fibra de acero vendría a ser la alternativa más efectiva para reducir el área total de fisuras del concreto en elementos horizontales, no sin tener en cuenta también a las cenizas de cáscara de arroz, pues la diferencia de porcentajes es mínima.

La presente investigación, mediante los resultados, pone en evidencia que existen diferentes alternativas para el control de fisuración del concreto, descritas en el ACI 224.1R-07, las cuales en su mayoría resultan ser altamente efectivas pues los porcentajes de reducción de fisuras en cuanto a cantidad, longitud, ancho y área, se encuentran entre el 70 % y 100 %, por lo que se puede decir que todas las alternativas analizadas pueden ser tomadas en cuenta si se desea controlar la fisuración de elementos horizontales de concreto. Por ello los autores de los diversos estudios considerados como tamaño de muestra, estudian diferentes alternativas que ayuden a controlar el problema de fisuración del concreto, enfocándose en su mayoría en el control de fisuración por contracción plástica, encontrando que todas las alternativas empleadas resultan ser efectivas pues los resultados arrojados logran reducciones aceptables en comparación con las muestras patrón, concordando con Córdova (2018), en su estudio “Influencia de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2, 245 \text{ kg/cm}^2, 280 \text{ kg/cm}^2$ ”, quien luego de elaborar un total de 06 losas aligeradas de techo de 1.5 m x 1.5 m x 0.20 m, de las cuales 3 muestras fueron patrón con $f'c$ de 210 kg/cm^2 , 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 y las otras 3 restantes utilizando fibra sintética de rafia; encontró que, en losas aligeradas de $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ utilizando una longitud de 3.5 cm de fibra sintética de rafia con una dosis de 1.4 kg/m^3 , se logró reducir la longitud de fisuras en 53.93 %, y el ancho en 53.33 %; teniendo relación con Cano y Galarza (2020), a través de su investigación denominada “Propuesta de uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de polipropileno en diseños de mezclas de concreto para el control de fisuras en losas macizas entrepiso in-situ en la ciudad de Lima”, quienes observaron que el tamaño de las partículas de las cenizas de cáscara de arroz influye en la contracción por secado ya que fortalecen el enclavamiento mecánico del material; concluyendo que, el uso de las cenizas de cáscara de arroz en reemplazo del cemento en 15 % en conjunto con las fibras de polipropileno en proporción de 900 g/m^3 tienen la mayor influencia positiva en el control de fisuración del concreto empleado en losas macizas, pues logra reducir en un 78.30 % el área total fisurada; de igual forma, en relación con la investigación de Hyung, Jung y Cho (2014) titulada “Control térmico de fisuras en estructuras de hormigón en masa mediante un sistema automatizado sistema de curado”, quienes luego de desarrollar un nuevo sistema de curado automatizado que mantiene la diferencia entre la temperatura interna y la temperatura externa de una estructura por debajo de un criterio, observando que dicho sistema alcanzó un índice de fisuración térmica igual a 1.47, lo que indica que está cerca para el caso de que no se permita la ocurrencia de fisuras para lo cual debe pasar el valor de 1.5; mientras que la muestra patrón la cual fue curada mediante un procedimiento general, alcanzó un índice de fisuración térmica igual a 0.67, lo que indica una alta

probabilidad de ocurrencia de fisuras dañinas; concluyendo que, el sistema de curado automatizado permite controlar el fisuramiento térmico porque puede controlar la diferencia de temperatura entre el centro y la superficie del concreto y, además, puede mejorar la resistencia y durabilidad del concreto, por ello, será un método muy útil para reducir el fisuramiento térmico de estructuras de concreto masivas o, en particular, importantes; ello se demuestra con los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de la cantidad y longitud de fisuras, las cuales se dieron en un porcentaje de 100 %, lo que pone en evidencia la gran efectividad de esta alternativa.

Para el desarrollo de este estudio, se presentaron ciertas limitaciones, las cuales fueron que algunas investigaciones que tenían una alta relación con el tema tratado, se encontraban con acceso restringido y otros estudios no tenían una estructura adecuada que ayude a comprender mejor lo que se quiere expresar, lo que dificultaba la recolección de la información en los instrumentos de ficha resumen y matriz de categorización.

En resumen, esta investigación se llevó a cabo en base a un procedimiento que comenzó con la búsqueda de información mediante el acceso a diferentes sitios web o plataformas digitales ya conocidas y confiables, seguido del registro de los estudios encontrados, mediante un filtro que permitió obtener el total de 20 estudios como muestra, según lo determinado mediante juicio del ingeniero Alberto Vasquez, especialista en temas de concreto; después se realizó el análisis documental para seleccionar información importante de cada investigación, con ayuda de los instrumentos de recolección de datos denominados ficha resumen y matriz de categorización; luego se continuó con la extracción de resultados que tenían relación con la variable de estudio, los cuales fueron representados mediante la estadística descriptiva para una mejor visualización y comprensión de los mismos; finalmente

se logró cumplir con cada uno de los objetivos y con la verificación de la hipótesis gracias a los resultados propios de esta investigación, dando lugar a la redacción de la discusión y conclusiones respectivas acerca del tema. Este procedimiento se realizó poniendo hincapié en las alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales, bajo el criterio del ACI 224.1R-07; donde se encontró que las diferentes alternativas para el control de fisuración del concreto utilizadas por los estudios analizados, son de gran utilidad ya que logran reducir la fisuración en cuanto a la cantidad, longitud, ancho y área total en porcentajes que se encuentran en su mayoría sobre el 50 %; es así que en cuanto a la reducción de cantidad de fisuras, se tiene al sistema de curado automatizado como mejor alternativa; en cuanto a la reducción de la longitud de fisuras, se tiene también al sistema de curado automatizado y a la fibra de acero; en cuanto a la reducción del ancho de fisuras, se tiene a la microfibras sintética y por último en cuanto a la reducción del área total de fisuración se tiene a la fibra de acero; por lo que dichas alternativas vendrían a ser las más efectivas y por ende recomendadas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales tal y como lo demuestran los autores de los estudios tomados como parte de la muestra.

4.2. Conclusiones

- Se logró elaborar una “Guía para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales bajo criterio del ACI 224.1R-07, Trujillo 2022” (Ver Anexo N°5); empleando para ello tablas y gráficos que ayudaron a facilitar el aprendizaje respecto al tema tratado, encontrando que las diferentes alternativas analizadas para el control de fisuración del concreto, son de gran efectividad, pues se evidencia que el sistema de curado automatizado es la mejor alternativa para

reducir la cantidad y longitud de fisuras; la fibra de acero, para reducir la longitud y el área total y por último la microfibras sintéticas para reducir el ancho.

- Se logró dar a conocer son las clases de fisuras según su ocurrencia en concreto en estado plástico o concreto en estado endurecido, descritas en el ACI 224.1R-07, nombrando en primer lugar las que ocurren en concreto en estado plástico como fisuras por retracción plástica y por asentamiento; así como las que ocurren en concreto en estado endurecido como retracción por secado, por tensiones de origen térmico, por reacciones químicas, meteorización, corrosión de las armaduras, errores de diseño y detallado, prácticas constructivas inadecuadas, sobrecargas durante la construcción y cargas aplicadas externamente.
- Se logró dar a conocer las alternativas para el control de fisuración del concreto descritas en el ACI 224.1R-07, las cuales pueden ayudar a controlar de manera correcta las fisuras del concreto si se conocen sus causas y los procedimientos adecuados de reparación para evitar que estos tengan poca duración.
- Se logró recopilar estudios relacionados con el control de fisuración del concreto en elementos horizontales, bajo el criterio del ACI 224.1R-07, los cuales fueron tomados como tamaño de muestra y rescatados de diferentes plataformas de búsqueda confiables, encontrando que el 55 % del total pertenecen al ámbito nacional.
- Se logró identificar las alternativas para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, utilizadas por cada estudio; observando que, las alternativas empleadas fueron la fibra de maguey, macrofibra sintética, fibra metálica, fibra de acero, ceniza de hueso de pescado, microfibras sintéticas, polímeros super absorbentes, vidrio molido verde, vidrio molido marrón, cenizas de cáscara de arroz, aditivo Master x-seed 100, aditivo

Masterlife IC100, aditivo Sika Control 60, fibra sintética de rafia, fibra de caña de azúcar, fibra de vidrio, nylon, PET y sistema de curado automatizado.

- Se logró identificar la alternativa para el control de fisuración del concreto en elementos horizontales, bajo el criterio del ACI 224.1R-07 más efectiva, la cual cuál fue elegida según el porcentaje promedio de reducción en cuanto a la cantidad, longitud, ancho y área total de fisuras respecto a una muestra patrón, observando que el sistema de curado automatizado ayuda a reducir la cantidad y longitud de fisuras en un 100 %; la fibra de acero ayuda a reducir la longitud y el área total de fisuración en un 100 % y 78.49 % respectivamente; por último, la microfibras sintéticas ayuda a reducir el ancho de fisuras en un 80.82 %, siendo estas tres alternativas las que mayor efectividad presentaron.

REFERENCIAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto (teoría y problemas) (2)*. Perú: San Marcos
- ACI 224.1R (2007). *Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures*. Estados Unidos.
- Alayo, A. & Polo, M. (2019). Influencia del porcentaje de piedra pómez sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos, Trujillo – 2019. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Araujo, A. (2018). Fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto. Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.
- Baldeon, K. (2022). Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Banthia, N. & Gupta, R. (2006). Influence of polypropylene fiber geometry on plastic shrinkage cracking in concrete. En *Revista Cement and Concrete Research*, 36(7), pp. 1263-1267. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2006.01.010>
- Barturén, C. & Durand, D. (2022). Propuesta de concretos con cementos adicionados y fibras estructurales para mitigar la fisuración por contracción plástica y por secado en edificios de ductilidad limitada en Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Becosan (2020). (21 de diciembre de 2017). *Qué es el concreto reforzado y cuáles son sus características*. En Blog: Concreto reforzado. Recuperado de <https://www.becosan.com/es/concreto-reforzado/>
- Boshoff, W.; Mechtcherine, V.; Snoeck, D.; Schrofl, N.; Bettencourt, A.; Cusson, D.; Wyrzykowski, M.; Toropovs, N. & Lura, P. (2020). The effect of superabsorbent

- polymers on the mitigation of plastic shrinkage cracking of conventional concrete, results of an inter-laboratory test by RILEM TC 260-RSC. En *Revista Materials and Structures*, 53(79), pp. 16-24. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1617/s11527-020-01516-6>
- Calderon, E. (2021). Control de fisuras por contracción plástica en concreto $f'c = 210$ kg/cm² en losas aligeradas con cenizas de hueso de pescado – Huarochirí. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Cano, B. & Galarza, E. (2020). Propuesta de uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de polipropileno en diseños de mezclas de concreto para el control de fisuras en losas macizas entrepiso in-situ en la ciudad de Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Cañon, L. & Aldana, F. (2016). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de concreto con fibras de polipropileno Sikafiber® AD de Sika y Toc Fibra500 de Toxement. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Capia, Y. (2022). Control de fisuras de retracción plástica en pavimentos rígidos empleando acero reciclado de neumáticos, Juliaca, Puno. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Cementos Argos, S.A. (2020). (s.f.). *Cómo prevenir las fisuras en los pavimentos de concreto* En Blog: El concreto. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com>
- Chavarry, C.; Chavarría, L.; Valencia, A.; Pereyra, E.; Arieta, J. & Rengifo, C. (2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. En *Revista Pro Sciences*, 4(31), pp. 31-41. Recuperado de <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp31-41>

- Chávez, H. (2021). Fibra de maguey para reducir la formación de fisuras por contracción plástica en tanques elevados. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú
- Córdova, C. (2018). Influencia de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210, 245, 280 \text{ kg/cm}^2$. Universidad Continental, Huancayo, Perú.
- Córdova, C. (2018). Influencia de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210, 245, 280 \text{ kg/cm}^2$. Universidad Continental, Huancayo, Perú.
- Gerhard, R. & Muzafalu, W. (2018). Combined effect of nano-silica, super absorbent polymers, and synthetic fibres on plastic shrinkage cracking in concrete. En *Revista Construction and Building Materials*, 192, pp. 85-98. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.102>
- Gholamhoseini, A.; Khanlou, A.; MacRae, G.; Scott, A.; Hicks, S. & León, R. (2016). An experimental study on strength and serviceability of reinforced and steel fibre reinforced concrete (SFRC) continuous composite slabs. En *Revista Engineering Structures*, 114, pp. 171-180. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.02.010>
- Ghourchian, S.; Wyrzykowski, M.; Baquerizo, L. & Lura, P. (2018). Performance of passive methods in plastic shrinkage cracking mitigation. En *Revista Cement and Concrete Composites*, 91, pp. 148-155. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.05.008>
- Gutiérrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción (2)*. Colombia: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.

- Gutiérrez, L. (2018). Evaluación de las ventajas técnicas y económicas del empleo de aditivos superplastificantes en los concretos de resistencias convencionales. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- Gutiérrez, M. & Palomino, K. (2015). Análisis de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno y acero, y su uso en el control de fisuras por contracción plástica. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Herrera, S. & Polo, M. (2017). Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Huacho, A. (2021). Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac 2021. Universidad Continental, Huancayo, Perú.
- Hussam, A. (2019). Slab and floors cracks and crazing, identified there types and way to repair. En *Revista Structural Engineering*, pp. 1-8. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/333646331>
- Hyung, J.; Jung, Y. & Cho, Y. (2014). Thermal crack control in mass concrete structure using an automated curing system. En *Revista Automation in Construction*, 45, pp. 16-24. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.014>
- NRMCA (2008), (s.f.). ¿Qué es la resistencia a la flexión? En Blog: El concreto en la práctica: ¿Qué, por qué y cómo?. Recuperado de <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>
- NTP 339.034. (2015). CONCRETO. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Perú.

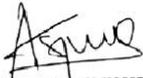
- Pelisser, F.; Santos, A.; Rovere, H. & Andrade, R. (2010). Effect of the addition of synthetic fibers to concrete thin slabs on plastic shrinkage cracking. En *Revista Construction and Building Materials*, 24(11), pp. 2171-2176. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.04.041>
- Rahmani, T.; Kiani, B.; Bakhshi, M. & Shekarchizadeh, M. (2012). Application of Different Fibers to Reduce Plastic Shrinkage Cracking of Concrete. En *Revista RILEM Bookseries*, 7, pp. 635-642. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4566-7_62
- Reyes, J. & Rodríguez, Y. (2010). Análisis de la resistencia a la compresión del concreto al adicionar limalla fina en un 3%, 4% y 5% respecto al peso de la mezcla. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.
- Sadiqul, I. & Sristi, D. (2016). Evaluating plastic shrinkage and permeability of polypropylene fiber reinforced concrete. En *Revista International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(2), pp. 345-354. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.05.007>
- Sika. (2015). Rehabilitación: fisuras en el concreto reforzado.
- Sollero, M. & Bolorino, H. (2016). Investigation and diagnosis of a reinforced concrete reservoir with intense crack formation from several sources. En *Revista Journal of Building Pathology and Rehabilitation* (6), pp. 1-10. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s41024-016-0008-3>
- Sulardi, K. (2018). Improvement of laminate and spalling concrete with microconcrete grouting method. En *Revista Politeknik*, (8), pp. 29-35. Recuperado de jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/download/558/374

ANEXOS

ANEXO N°1. Validación de instrumento por experto

Figura 8.

Matriz para evaluación de experto del instrumento de recolección de datos.

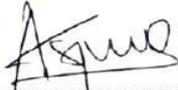
MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS				
Título de la investigación:	Propuesta de guía para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, Trujillo 2022.			
Línea de investigación:	Tecnologías Emergentes			
Apellidos y nombres del experto:	Ing. Vásquez Díaz, Alberto Rubén			
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Fisuración del concreto.			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	✓		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	✓		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	✓		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	✓		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	✓		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	✓		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	✓		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?	✓		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	✓		
Sugerencias:				
Firma del experto:		 ----- Alberto Rubén Vásquez Díaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166228 ----- Ing. Vásquez Díaz, Alberto Rubén		

Fuente: Propia.

ANEXO N°2. Formato de los instrumentos de recolección de datos

Figura 9.

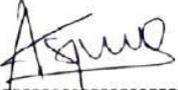
Formato de la ficha resumen.

FICHA RESUMEN	
Título:	
Autor (es):	
Año:	
Resumen	:
Firma de experto validando el instrumento a utilizar en la recolección de datos	
 ----- Alberto Rubén Yásquez Díaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166228	

Fuente: Propia.

Figura 10.

Formato de la matriz de categorización.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
Título:	
Pregunta de Investigación:	
Objetivo:	
Conclusiones:	
Firma de experto validando el instrumento a utilizar en la recolección de datos	
 ----- Alberto Rubén Yásquez Díaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166228	

Fuente: Propia.

ANEXO N°3. Fichas resumen

Tabla 13.

Ficha resumen de la investigación 01.

FICHA RESUMEN I-01

Título: Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas.

Autor (es): Baldeon Rivera, K.

Año: 2022

Resumen:

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficacia del concreto adicionado con fibra de maguey en el control del fisuramiento por retracción plástica en comparación al concreto convencional, para su aplicación en losas aligeradas de la ciudad de Huánuco, caracterizada por sus altas gradientes de temperatura, se hicieron uso de fibras cuyas longitudes estaban entre 4 mm y 5 mm, con dosificaciones del 0.25 %, 0.50 % y 0.75 % respecto al volumen del concreto empleado. Con la aplicación de esta investigación se conocerá también que tipo de dosificación tiene mejor desempeño para controlar el fisuramiento por retracción plástica en el concreto sin comprometer significativamente la resistencia del concreto endurecido. La experimentación de este proyecto comenzó describiendo las propiedades físico-mecánicas de los materiales que se usarían en el diseño de concreto para luego realizarse la evaluación del desempeño del concreto en estado fresco y endurecido, las evaluaciones fueron tomadas comparando un grupo control de concreto sin adición de fibras y otro con las dosificaciones mencionadas, la evaluación principal referida a la fisuración por retracción plástica se realizó mediante los parámetros del ensayo del ASTM C1579-13 cuyos datos finales fueron medidos con un fisurómetro y registrados mediante fichas observacionales. Los resultados obtenidos fueron que desde la dosificación más baja de 0.25 % de fibra de maguey se logra una reducción de la fisuración, por otro lado, la dosificación con mejor desempeño para controlar la fisuración por retracción plástica manteniendo la resistencia del concreto en niveles óptimos respecto al diseño patrón sin fibra es del 0.50 %.

Fuente: Propia.

Tabla 14.

Ficha resumen de la investigación 02.

FICHA RESUMEN I-02

Título: Propuesta de concretos con cementos adicionados y fibras estructurales para mitigar la fisuración por contracción plástica y por secado en edificios de ductilidad limitada en Lima.

Autor (es): Barturén del Villar, C. & Durand Yucra, D.

Año: 2022

Resumen:

La presente tesis contempla el diseño de una gama de concretos de baja contracción, empleando cementos con adición de puzolanas, fibras de polipropileno y fibras metálicas para mitigar la fisuración, mejorando la durabilidad de las edificaciones. Para proponer los diseños se investigó cuáles de las contracciones son la que tienen mayor incidencia en la fisuración del concreto, siendo la contracción plástica y la contracción por secado las más importantes. Asimismo, se estudiaron qué variables son las que provocan la contracción y posterior fisuramiento, afirmando que son producidos por factores ambientales, los componentes del concreto y malas prácticas constructivas. En la primera etapa, se realizó la caracterización de los agregados (fino y grueso), realizándose ensayos como granulometría, absorción, peso específico, contenido de humedad y % pasante de la malla #200. En la segunda etapa se realizaron los ensayos en concreto fresco, siendo el de mayor importancia el ensayo de simulación de contracción plástica, para el cual empleamos la ASTM C1579. Para realizar este ensayo se fabricaron los paneles que simulan restricciones y se construyó una cámara en la que se controla la velocidad del aire, temperatura y humedad relativa. En la tercera etapa se realizaron los ensayos en concreto endurecido, siendo el más importante el ensayo de contracción por secado, para lo cual empleamos la ASTM C490. Para ello, se realizaron probetas rectangulares para la medición de la variación del cambio de longitud durante 31 días. Finalmente, se realizará el análisis costo – beneficio para demostrar la viabilidad de la propuesta.

Fuente: Propia.

Tabla 15.

Ficha resumen de la investigación 03.

FICHA RESUMEN I-03

Título: Control de fisuras de retracción plástica en pavimentos rígidos empleando acero reciclado de neumáticos, Juliaca, Puno 2021.

Autor (es): Capia Machaca, Y.

Año: 2022

Resumen:

La presente investigación titula: Control de Fisuras de Retracción Plástica en Pavimentos Rígidos Empleando Acero Reciclado de Neumáticos, Juliaca, Puno 2021, fijo por objetivo: Determinar el control de las fisuras de retracción plástica en pavimentos rígidos empleando acero reciclado de neumáticos, Juliaca, Puno 2021. Como metodología, se aplicó el método cuantitativo, del tipo: aplicada, del nivel: longitudinal y diseño: experimental, la técnica: fue la observación directa, el instrumento: fue la ficha de recopilación de datos, la población: 17.61 m² de pavimento rígido, la muestra: 196 áreas de fisuración, el muestreo: no probabilístico. Se evaluó el control del desarrollo de las fisuras por retracción plástica durante la etapa de fraguado del concreto, las dosificaciones empleadas de acero reciclado de neumáticos fueron de 0 kg/m³, 10 kg/m³, 20 kg/m³ y 30 kg/m³ por metro cúbico de concreto. Los resultados fueron: que para adiciones de 20 kg/m³ y 30 kg/m³ se logra controlar las fisuras por retracción plástica, mientras que para adiciones de 10 kg/m³ logran controlar las fisuras de manera significativa con respecto a adiciones del 0 kg/m³. En conclusión, se determinó que el acero reciclado de neumáticos controla las fisuras por retracción plástica, siendo 20 kg/m³ la dosificación más adecuada.

Fuente: Propia.

Tabla 16.

Ficha resumen de la investigación 04.

FICHA RESUMEN I-04

Título: Control de fisuras por contracción plástica en concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en losas aligeradas con cenizas de hueso de pescado – Huarochirí.

Autor (es): Calderon Montes, E.

Año: 2021

Resumen:

Esta investigación busca determinar la influencia de las cenizas de hueso de pescado (CHP) en las fisuras por contracción plástica en concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en losas aligeradas, el tipo de investigación aplicada, el diseño de investigación experimental puro. La variable independiente fue la CHP donde trató propuso las dosificaciones, y variable dependiente la fisuración por contracción plástica en concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ losas aligeradas, donde se trató el espesor, longitud y cantidad de fisuras. La población consto de 6 losas aligeradas, divididas en 2 grupos de 3, donde cada grupo contiene una losa aligerada patrón, con remplazo al cemento en peso por 3 % y 6 % de CHP. El muestreo es no probabilístico por conveniencia. Los resultados comparados con el patrón, se observó que con 3 % CHP incrementa la cantidad de fisuras entre 34.9 – 30.0 %, espesor entre 32.6 % - 26.5 % y la longitud entre 50.3 % - 35.1%. Y con 6% CHP reduce la cantidad entre 55.8 % - 65.0%, espesor entre 20.9 % - 17.6%, e incrementa la longitud entre 45.7 % - 29.1%. Se concluye que las losas aligeradas con 3 % CHP incrementara la cantidad, espesor y longitud, pero con 6 % CHP reduce la cantidad y espesor, pero no la longitud.

Fuente: Propia.

Tabla 17.

*Ficha resumen de la investigación 05.***FICHA RESUMEN I-05**

Título: Fibra de maguey para reducir la formación de fisuras por contracción plástica en tanques elevados.

Autor (es): Chávez Rojas, H.

Año: 2021

Resumen:

La investigación buscó determinar la influencia de la fibra de maguey en la formación de fisuras por contracción plástica en los tanques elevados Huancayo-Junín 2020. El método seguido fue el científico, el informe fue aplicada en el tipo, explicativa en el nivel, de diseño experimental factorial. Su población se estructuró de 16 tandas de muestras de prueba del método de anillo para evaluar la cuantificación de las fisuras, utilizando un diseño de mezcla de concreto normal para tanques elevados, esto mismo fue la muestra. Como técnica se empleó la observación, como instrumento se tomó la ficha de observación a fin de registrar los datos. Entre los resultados se obtuvo que la cantidad de fisuras se reducen de 11 a 1, esto de acuerdo al incremento de las dosis a las mezclas. Asimismo, las fibras de maguey añadidas tuvieron influencia en las longitudes de las fisuras, ya que estas evidenciaron reducciones de 4.21 centímetros a 2.09 centímetros, respecto al anchos también se mejoró, ya que se redujeron de 0.117 mm a 0.058 mm. Añadir fibra de maguey en el diseño de la mezcla no influye sobre el aumento de la resistencia de compresión del concreto empleado en la construcción de los tanques elevados. Sin embargo, el promedio de la resistencia a la compresión aumentó de 334.87 kg/cm² a 359.99 kg/cm², pero para una mezcla con dosis de 1 %, baja a 346.23 kg/cm². De ello, se observa que de 0 % a 0.75 % de dosis la resistencia a la compresión aumenta ligeramente, pero sin ser significativo. También se vio que la resistencia a la flexión no varía con la adición de la fibra de maguey. No obstante, se vio que el valor promedio de la resistencia a la flexión con 0 % de fibra fue de 50.382, disminuyendo a 46.151 kg/cm², pero aumentando relativamente a 48.258 kg/cm² para una mezcla con 1 % de fibra; pero esto fue insignificante. Se concluye que el uso de la fibra de maguey reduce la formación de fisuras por contracción plástica en los tanques elevados.

Fuente: Propia.

Tabla 18.

Ficha resumen de la investigación 06.

FICHA RESUMEN I-06

Título: Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac 2021.

Autor (es): Huacho Ochoa, Anibal

Año: 2021

Resumen:

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la reducción de fisuras por retracción en estado plástico de pavimentos de concreto con la adición de fibras de polipropileno. Se aplicó el método científico, del tipo aplicada, del nivel de estudio explicativa, y diseño experimental. Los resultados fueron: en el Concreto Patrón hay un área total de 342.4 mm², en el concreto CF1 300 gr/m³ se presentó un área total de 8.25 mm², logrando una reducción de fisuras al incremento de fibras de polipropileno. Pues en los concretos CF2 600gr/m³ y CF3 1200gr/m³ no se presentó ninguna fisura. En porcentaje tomando el Concreto Patrón como 100 %, en el Concreto Fibroreforzado1 CF1 300 gr/m³ se redujo en 96.13 %, y 100 % de reducción para los paños CF2 600 gr/m³ y CF3 1200 gr/m³. La investigación concluye que: el área de fisuras que aparece en cada paño de cada tipo de concreto, en el C.P. tomado como referencia hay un área total de 342.4 mm² en fisuras, mientras que en el concreto CF1 300gr/m³ se presentó un área total de 8.25 mm² en fisuras, originándose una reducción proporcional al incremento de fibras de polipropileno, simultáneamente en los concretos CF2 600gr/m³ y CF3 1200gr/m³ no se presentó ninguna fisura, por ende, no hay áreas de fisuración.

Fuente: Propia.

Tabla 19.

Ficha resumen de la investigación 07.

FICHA RESUMEN I-07

Título: El efecto de los polímeros superabsorbentes en la mitigación del fisuramiento por contracción plástica del hormigón convencional, resultados de una prueba interlaboratorio realizada por RILEM TC 260 RSC.

Autor (es): Boshoff, W.; Mechtcherine, V.; Snoeck, D.; Schrofl, N.; Bettencourt, A.; Cusson, D.; Wyrzykowski, M.; Toropovs, N. & Lura, P.

Año: 2020

Resumen:

Esta investigación presenta los resultados de un estudio interlaboratorio realizado por seis grupos de investigación internacionales en el marco del Comité Técnico 260 RSC de RILEM “Recomendaciones para el uso de polímeros superabsorbentes en la construcción con hormigón”. Se probaron dos muestras de polímeros superabsorbentes (SAP) comercialmente disponibles con diferentes composiciones químicas en términos de su capacidad para mitigar el fisuramiento por contracción plástica del concreto. Las mezclas de SAP mostraron una clara reducción del fisuramiento por contracción plástica en el concreto convencional. Por el contrario, si solo se agrega agua adicional y no SAP, el área de fisuras por contracción plástica aumenta. Esto sugiere la capacidad de SAP para mitigar el fisuramiento por contracción plástica. Tras la adición de la cantidad predeterminada de SAP y agua adicional, la resistencia a la compresión disminuyó en promedio un 3 % para las mezclas con 0,15 % de SAP (en masa de cemento) y un 10 % para las mezclas con 0,30 % de SAP.

Fuente: Propia.

Tabla 20.

*Ficha resumen de la investigación 08.***FICHA RESUMEN I-08**

Título:	Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica
Autor (es):	Chavarry, C.; Chavarría, L.; Valencia, A.; Pereyra, E.; Arieta, J. & Rengifo, C.
Año:	2020

Se diseña y se hace referencia de forma escalonada mediante ensayos de laboratorio la presencia de fisuras y grietas en losas apoyadas. Se incorpora vidrio molido para controlar la contracción plástica con distintas dosificaciones de vidrio molido de coloración verde y marrón, adoptando 4 tipos de mezcla (1 % y 5 % en relación al volumen del agregado fino), ensayadas a compresión, flexión y fisuración, para una resistencia $f'c=210$ Kg/cm². El método empleado fue el deductivo con orientación aplicada y enfoque cuantitativo. El instrumento de recolección de datos fue retrolectivo, descriptivo, correlacional y explicativo. El diseño fue el experimental, longitudinal, prospectivo y el estudio de cohorte (causa-efecto). Los resultados obtenidos muestran que en los ensayos de potencial de fisuración en losas, cuando se le incorpora 1 % de vidrio molido (verde o marrón), disminuyen un 83,32 % y 85.18 % respectivamente; así mismo, con 5 % de vidrio molido (verde o marrón) disminuye un 85.82 % y 88.88 % respectivamente. Para esta investigación, se concluye que el vidrio molido aporta significativamente a la reducción de fisuras y grietas en una losa de hormigón y, por consiguiente, controla la contracción plástica.

Fuente: Propia.

Tabla 21.

Ficha resumen de la investigación 09.

FICHA RESUMEN I-09

Título: Propuesta de uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de polipropileno en diseños de mezclas de concreto para el control de fisuras en losas macizas entrepiso in-situ en la ciudad de Lima.

Autor (es): Cano Duplex, B.; Galarza Mateo, E.

Año: 2020

Resumen:

La presente investigación fue elaborada con el fin de estudiar la influencia que tiene el agregar cenizas de cascara de arroz (CCA) y fibras de polipropileno (FPP) en la fisuración por contracción plástica del concreto. El estudio de investigación tuvo lugar en la ciudad de Lima, donde nos enfocamos a investigar las propiedades plásticas y mecánicas de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, que se utiliza comúnmente en la fabricación de losas macizas, con reemplazo parcial del cemento por CCA en porcentajes de 5 %, 10 % y 15 % respecto a su peso, y FPP en rendimiento de 900 gr/m^3 . Las principales propiedades en estado endurecido fueron investigadas, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión y la propiedad en estado plástico que se desarrolló fue la fisuración debido a la contracción plástica a través del ensayo ASTM C1579. Teniendo en cuenta que no existe un acuerdo relativo al ancho de fisura máxima en un elemento estructural, se decidió utilizar límites entre 0.2 a 0.4 mm, para ambientes normales, sugeridos por el Mg. Ing. Gianfranco Ottazzi. De los resultados obtenidos, la mezcla adicionada con CCA en reemplazo parcial del cemento en 5 %, 10 % y 15 % junto con las FPP en rendimiento de 900 gr/m^3 , podemos inferir que las CCA reducirán, no de manera significativa, las propiedades de la resistencia de un concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, sin embargo, reducen el promedio de apariciones de fisuras producidas en las losas macizas debido la contracción plástica del mismo.

Fuente: Propia.

Tabla 22.

Ficha resumen de la investigación 10.

FICHA RESUMEN I-10

Título:	Efecto combinado de nanosílice, polímeros superabsorbentes y fibras sintéticas sobre el fisuramiento por contracción plástica en el concreto.
Autor (es):	Gerhard Olivier, R. & Muzafalu Kayondo, W.
Año:	2018

Resumen:

Esta investigación intenta ampliar la base de conocimientos existente sobre la utilización de nanosílice en el hormigón mediante la comprensión de su influencia en la contracción plástica del hormigón, un tema del que apenas hay literatura específica disponible. Los resultados de una extensa experimentación revelan que la adopción de nano-sílice en las mezclas de concreto debe realizarse con cautela, ya que se comporta de tal manera que provoca la aceleración de los mecanismos de contracción plástica. Además, esta investigación se ha realizado junto con los métodos combinados de mitigación de fisuras por contracción plástica, como el uso de fibras sintéticas y polímeros superabsorbentes (SAP) en el hormigón. El uso combinado de nano sílice con SAP puede ser efectivo para aliviar el fisuramiento por contracción plástica asociado. Las microfibras sintéticas también son útiles para reducir el fisuramiento por contracción plástica en las mezclas de nanosílice, pero no son tan eficaces como el SAP. El mecanismo de aceleración del fisuramiento por contracción plástica por parte de la nano sílice se atribuye a las partículas más finas del material, lo que provoca cantidades reducidas de sangrado en las mezclas en las que se incorpora.

Fuente: Propia.

Tabla 23.

Ficha resumen de la investigación 11.

FICHA RESUMEN I-11

Título: Desempeño de métodos pasivos en la mitigación del fisuramiento por contracción plástica.

Autor (es): Ghourchian, S.; Wyrzykowski, M.; Baquerizo, L. & Lura, P.

Año: 2018

Resumen:

La aparición de fisuras por contracción plástica en el hormigón fresco puede comprometer significativamente su vida útil. Por lo tanto, es fundamental reducir el ancho de fisura con métodos apropiados, eficientes y efectivos. Este estudio está dedicado a comparar la capacidad de los métodos de mitigación pasivos, incluidos: aditivos reductores de contracción (SRA), aceleradores basados en agentes de siembra de silicato de calcio hidratado y compuestos de curado, para controlar el fisuramiento por contracción plástica en el estado de secado. El desempeño de los diferentes aditivos se evaluó de acuerdo con la norma ASTM C1579-13. Además, se utilizaron una serie de métodos de prueba complementarios para estudiar el mecanismo de acción de las diferentes mezclas. Entre los métodos de mitigación de fisuras que se estudiaron en este documento, SRA fue el más efectivo.

Fuente: Propia.

Tabla 24.

Ficha resumen de la investigación 12.

FICHA RESUMEN I-12

Título: Influencia de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210, 245, 280 \text{ kg/cm}^2$.

Autor (es): Córdova Aquino, C.

Año: 2018

Resumen:

La presente investigación determina la influencia de la fibra sintética de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica en losas aligeradas. Se utilizó el método científico con un diseño del tipo cuasi experimental con muestras de modo no probabilístico e intencional; teniendo a la fibra como una variable independiente clasificada por longitudes y dosis distintas; además de dos variables dependientes una de ellas la resistencia a la compresión del concreto y la otra fisuración por contracción plástica. Se determinó que empleando distintas dosis y longitudes de la fibra sintética de rafia en los diseños de mezcla para losas aligeradas se alcanza o supera la resistencia especificada del concreto; así mismo como a la resistencia a la compresión promedio requerida del concreto en los tipos $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 . En relación a la fisuración por contracción plástica se obtuvieron valores de reducción que van desde el 4.76 % en una combinación de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ L2-D1 a un 53.23 % en una combinación de mezcla $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ L1-D2 y a un 86.57 % con la combinación de mezcla $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ L3-D1. Concluyendo que controlando la dosis y la longitud de fibra sintética de rafia se logran obtener resultados favorables en la resistencia a la compresión del concreto y en la fisuración por contracción plástica en losas aligeradas.

Fuente: Propia.

Tabla 25.

Ficha resumen de la investigación 13.

FICHA RESUMEN I-13

Título: Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica.

Autor (es): Herrera Lazarte, S. & Polo Roca, M.

Año: 2017

Resumen:

El uso de fibras sintéticas o naturales como refuerzo en el concreto ha cobrado importancia desde hace varios periodos, donde se desarrollaron aplicaciones de fibras metálicas, sintéticas (nylon, polipropileno, poliéster y otras), de vidrio, naturales (yute, bambú, madera, coco, lechuguilla y otras); estas aplicaciones se basaron en la búsqueda de mejorar una matriz de concreto, que mejore la resistencia en los diferentes modos de carga a los que son expuestos (compresión, tracción, flexión, etc.), y también brinde una matriz menos frágil y más dúctil. El presente estudio nace de la necesidad de apostar por el uso del concreto reforzado con fibras para la mejora de su comportamiento, principalmente en pavimentos y losas, donde la relación área/volumen es alta y se requiere de mecanismos de control de fisuras superficiales producidas por la retracción plástica, así como también evaluar su comportamiento frente a ensayos de resistencias a la compresión, tracción, flexión, impacto y/o desgaste del concreto. Aunque en el país se viene aplicando el uso del reforzamiento del concreto con fibras sintéticas, metálicas y de vidrio, por la gran demanda existente; también se puede apostar por el uso de fibras naturales, considerando que por nuestra geografía poseemos gran variedad de materia prima para su extracción (yute, maguey, caña de azúcar, madera, ichu, etc.), aprovechando que son recursos renovables, menos costosos y que requieren menor energía.

Fuente: Propia.

Tabla 26.

*Ficha resumen de la investigación 14.***FICHA RESUMEN I-14**

Título: Evaluación de la contracción plástica y la permeabilidad del hormigón reforzado con fibras de polipropileno.

Autor (es): Sadiqul, I. & Sristi, D.

Año: 2016

El concreto plástico es susceptible de desarrollar fisuras debido a la contracción en condiciones secas y ventosas. La adición de fibras podría reducir la propagación de esta fisura. Por otro lado, la permeabilidad determina las propiedades de durabilidad del hormigón. Este estudio evaluó la resistencia, la contracción plástica y la permeabilidad (gas y agua) del hormigón que incorpora fibra de 'polipropileno' (relación de aspecto 300) en varias proporciones (a saber, 0,10 %, 0,15 %, 0,2 %, 0,25 % y 0,3 %) por volumen de concreto. También se prepararon y probaron muestras de hormigón plano con fines de referencia. La inclusión de 0,1 % de fibra produjo una reducción menor (2 %) en la resistencia a la compresión, mientras que la resistencia a la tracción aumentó un 39 % con el mismo contenido de fibra en comparación con el hormigón simple. Se encontró una reducción significativa en la generación de fisuras, el período de aparición de la primera fisura y el área de fisuras entre el concreto plano y los concretos reforzados con fibras. El resultado experimental con la inclusión de 0.1 a 0.3 % de fibra en el concreto indicó que las fisuras por contracción plástica se redujeron en un 50 a 99 % en comparación con el concreto simple. Para el concreto de referencia (sin fibra), la prueba dentro de la cámara de alta temperatura y humedad controlada arrojó un ancho de fisura mayor que el límite aceptable (3 mm) especificado por ACI 224. Con la inclusión de 0,1 % de fibra, el ancho de fisura se redujo a 1 mm y la tendencia continuó con la adición de más fibras. Sin embargo, los resultados mostraron que con la adición de fibra de polipropileno se incrementó el coeficiente de permeabilidad tanto al agua como al gas. Por lo tanto, se concluye que el concreto reforzado con fibra funcionaría mejor para elementos estructurales susceptibles a la retracción plástica (elementos planos como la losa); sin embargo, requiere un juicio cuidadoso cuando se aplica a estructuras de retención de agua.

Fuente: Propia.

Tabla 27.

Ficha resumen de la investigación 15.

FICHA RESUMEN I-15

Título: Un estudio experimental sobre la resistencia y la capacidad de servicio de losas mixtas continuas de hormigón armado y reforzado con fibra de acero (SFRC).

Autor (es): Gholamhoseini, A.; Khanlou, A.; MacRae, G.; Scott, A.; Hicks, S. & León, R.

Año: 2016

Resumen:

Se llevó a cabo un estudio experimental completo sobre losas compuestas continuas de hormigón armado y reforzado con fibra de acero (SFRC) para cuantificar el ancho de fisura resultante de la contracción y la carga de gravedad. Se colaron dieciséis muestras de losa a escala real con diferentes tipos de unión de interfaz entre la losa de hormigón y la cubierta de acero (p. ej., cubierta engrasada, sin relieve o cubierta estándar) y diferentes tipos y cantidades de refuerzo en el hormigón (p. ej., fibra de acero o barras de refuerzo normales). Cada losa era continua sobre el soporte interior y tenía un soporte de rodillos en cada extremo. Se midió la retracción del concreto y se estudió el comportamiento de servicio de las losas durante un período de 90 días. Se encontró que las deformaciones por retracción a los 98 días de secado en muestras de concreto simple y muestras de concreto fibroreforzado con dosificaciones de hasta 40 kg/m³ fueron similares. No hubo fisuramiento debido a las deformaciones inducidas por fluencia y contracción en las losas compuestas reforzadas con malla o fibras reforzadas bajo su propio peso hasta los 90 días de secado. Posteriormente, todas las losas fueron ensayadas bajo carga creciente hasta la falla. Se monitorearon la deflexión en la mitad del claro y el deslizamiento en el extremo versus la carga aplicada y se obtuvieron los tamaños de fisura para cada losa para diferentes niveles de carga aplicada. La aplicación de fibra de acero en exceso de 60 kg/m³ aumentó la carga de deslizamiento en un 42 % y mejoró significativamente el control de fisuras, ya que el ancho máximo de la fisura a menudo se redujo en un 50 %.

Fuente: Propia.

Tabla 28.

Ficha resumen de la investigación 16.

FICHA RESUMEN I-16

Título: Análisis de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno y acero, y su uso en el control de fisuras por contracción plástica.

Autor (es): Gutierrez, M. & Palomino, K.

Año: 2015

Resumen:

La fisuración del concreto es un fenómeno inevitable y no deseable cuyas causas van desde variaciones en la composición del material hasta efectos por cambios térmicos. Las fisuras de contracción plástica son antiestéticas; sin embargo, raramente afectan la resistencia y durabilidad de los pisos y los pavimentos. No obstante, si a través de éstas ingresan sustancias perjudiciales pueden afectar el desempeño de la estructura y disminuir su durabilidad. Por lo tanto, es importante controlar, evaluar y evitar la aparición de fisuras por contracción plástica para lograr estructuras más durables que aseguren un ciclo de servicio aceptable con el menor costo de mantenimiento. Se aprecia un considerable aporte de las fibras, ya que un concreto diseñado a una resistencia 210 kg/cm² con el método Walker presenta decrementos de fisuras hasta en 92 %, 42 % y 94 %; para el método Módulo de Fineza presenta decrementos de fisuras hasta en 77 %, 96 % y 93 % para las fibras PE, PP65 y CHO 80/60 respectivamente. A su vez se observa que los porcentajes óptimos de las fibras PE, PP65 y CHO 80/60 son 0.4, 2 y 30 kg/m³ respectivamente.

Fuente: Propia.

Tabla 29.

Ficha resumen de la investigación 17.

FICHA RESUMEN I-17

Título: Control térmico de fisuras en estructuras de hormigón en masa mediante un sistema automatizado sistema de curado.

Autor (es): Hyung, J.; Jung, Y. & Cho, Y.

Año: 2014

Resumen:

El calor de hidratación eleva la temperatura interna del concreto y también induce tensión térmica. Posteriormente, las fisuras térmicas ocurren cuando la tensión de tracción alcanza la resistencia a la tracción del hormigón. Los investigadores de este estudio desarrollaron un nuevo sistema de curado automatizado que mantiene la diferencia entre la temperatura interna y la temperatura externa de una estructura por debajo de un criterio de temperatura para minimizar las fisuras térmicas del hormigón en masa. El método de curado desarrollado se demostró con éxito a través de una prueba de simulación y una aplicación de campo. En consecuencia, se concluye que el sistema de curado automatizado desarrollado en este estudio puede mejorar la calidad de la estructura de hormigón en masa.

Fuente: Propia.

Tabla 30.

Ficha resumen de la investigación 18.

FICHA RESUMEN I-18

Título: Aplicación de diferentes fibras para reducir fisuramiento por contracción plástica del hormigón.

Autor (es): Rahmani, T.; Kiani, B.; Bakhshi, M. & Shekarchizadeh, M.

Año: 2012

Resumen:

El fisuramiento generado por la contracción es una preocupación importante, particularmente en estructuras con una alta relación superficie/volumen. Ha sido bien establecido que la inclusión de fibras en el concreto contribuye a la reducción de fisuras por contracción. En el presente estudio, se investigó la eficiencia de diferentes fibras para detener las fisuras en compuestos cementosos debido a la contracción plástica restringida. Este documento se centró en los efectos del uso de fibras de acero, vidrio y polipropileno en una fracción de volumen del 0,1 %. Las características de las fisuras, incluido el ancho máximo de fisuras, el ancho promedio de fisuras y el área total de fisuras, se midieron mediante el análisis de imágenes. Los resultados de las pruebas indican que las fibras de acero fueron más efectivas para reducir el fisuramiento por contracción plástica restringida en comparación con otras, mientras que las fibras de vidrio tuvieron un mejor rendimiento que las fibras de polipropileno.

Fuente: Propia.

Tabla 31.

Ficha resumen de la investigación 19.

FICHA RESUMEN I-19

Título: Efecto de la adición de fibras sintéticas a losas delgadas de concreto sobre el fisuramiento por retracción plástica.

Autor (es): Pelisser, F.; Santos, A.; Rovere, H. & Andrade, R.

Año: 2010

Resumen:

Las fisuras por contracción plástica pueden ocurrir incluso cuando se han tomado las precauciones estándar, lo que puede afectar la durabilidad y la capacidad de servicio de las estructuras de concreto. Una forma de prevenir tales fisuras es agregar fibras cortas a la mezcla de concreto. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la adición de fibras sintéticas, como fibras de polipropileno, vidrio, nylon y PET, en el control del fisuramiento del concreto. Se llevó a cabo un programa experimental para investigar el fisuramiento por contracción plástica en losas pequeñas y delgadas, variando la fracción de volumen de fibra de las fibras en las mezclas. Al final del trabajo se dan algunas observaciones finales y algunas recomendaciones.

Fuente: Propia.

Tabla 32.

Ficha resumen de la investigación 20.

FICHA RESUMEN I-20

Título: Influencia de la geometría de la fibra de polipropileno en el fisuramiento por retracción plástica en el hormigón.

Autor (es): Banthia, N. & Gupta, R.

Año: 2006

Resumen:

El fisuramiento por contracción plástica sigue siendo una preocupación principal para las colocaciones con una alta relación superficie/volumen que están sujetas a un secado temprano. El refuerzo de fibra de polipropileno controla este fisuramiento, pero se desconoce la influencia exacta del diámetro, la longitud y la geometría de la fibra. Se llevó a cabo un programa de prueba para comprender la influencia de estas variables. Se investigaron cuatro fibras de polipropileno comercialmente disponibles a tasas de dosificación que varían de 0,1 % a 0,3 %. Se empleó una técnica recientemente desarrollada de prueba de contracción plástica utilizando un recubrimiento completamente adherido. En esta técnica, se vierte una capa de hormigón reforzado con fibra sobre una subbase completamente madura con protuberancias y se deja secar todo el conjunto en una cámara ambiental. El fisuramiento en la superposición se controla con el tiempo y se caracteriza. Los resultados indican que, si bien las fibras de polipropileno en general son efectivas para controlar el fisuramiento por contracción plástica en el concreto, una fibra más fina es más efectiva que una más gruesa, y una fibra más larga es más efectiva que una más corta. Además, las fibrilaciones de las fibras parecen ser muy eficaces para controlar el fisuramiento por contracción plástica.

Fuente: Propia.

ANEXO N°4. Matrices de categorización

Tabla 33.

Matriz de categorización de la investigación 01.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-01	
Título:	Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas.
Pregunta de Investigación:	¿Cuál es la eficacia del concreto adicionado con fibra de maguey para el control del fisuramiento por retracción plástica, en comparación al concreto convencional, para su aplicación en losas aligeradas de la ciudad de Huánuco?
Objetivo:	Determinar la eficacia del concreto adicionado con fibra de maguey en el control del fisuramiento por retracción plástica en comparación al concreto convencional, para su aplicación en losas aligeradas de la ciudad de Huánuco.
Conclusiones:	
<p>Los concretos adicionados con fibra de maguey mostraron mejoras significativas en el control del ancho máximo de fisuras por retracción plástica, evaluados mediante el ensayo ASTM C1579, en comparación a los concretos convencionales.</p> <p>Los concretos adicionados con fibra de maguey mostraron mejoras significativas en el control del índice de reducción de fisuras por retracción plástica, evaluados mediante el ensayo ASTM C1579, en comparación a los concretos convencionales.</p> <p>Los concretos adicionados con fibra de maguey en dosificaciones menores al 0.75 %, mostraron mejoras significativas en el control del fisuramiento por retracción plástica, sin afectar el desempeño de resistencia a compresión y flexión del concreto, en comparación a los concretos convencionales.</p>	

Fuente: Propia.

Tabla 34.

Matriz de categorización de la investigación 02.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-02	
Título:	Propuesta de concretos con cementos adicionados y fibras estructurales para mitigar la fisuración por contracción plástica y por secado en edificios de ductilidad limitada en Lima.
Pregunta de Investigación:	¿De qué manera se puede minimizar la fisuración debido a la contracción plástica y por secado en edificios de ductilidad limitada en Lima, mejorando el diseño de la mezcla comúnmente utilizado?
Objetivo:	Mitigar la fisuración en edificios de ductilidad limitada para minimizar el ingreso de agentes externos que disminuyan su servicio y durabilidad mediante el diseño de concretos de baja contracción plástica y por secado.
Conclusiones:	
El cemento que mostró un mejor desempeño fue el tipo IPM, obteniendo un CCR de 21.43 % (mezcla sin considerar la adición de fibras). Mientras que con una dosis de 4 kg/m ³ de fibra de polipropileno se obtuvo un CRR igual a 53.17 % en la mezcla M6. Con lo cual, se concluye que al usar cementos con 15 % de adición de puzolanas y una dosis de 4 kg de fibra de polipropileno se controla de manera eficaz la fisuración por contracción plástica.	

Fuente: Propia.

Tabla 35.

Matriz de categorización de la investigación 03.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-03	
Título:	Control de fisuras de retracción plástica en pavimentos rígidos empleando acero reciclado de neumáticos, Juliaca, Puno 2021.
Pregunta de Investigación:	¿Cuánto se controla las fisuras de retracción plástica en pavimentos rígidos empleando acero reciclado de neumáticos, Juliaca, Puno 2021?
Objetivo:	Determinar el control de las fisuras de retracción plástica en pavimentos rígidos empleando acero reciclado de neumáticos, Juliaca, Puno 2021.
Conclusiones:	En esta investigación se concluye que el concreto con adiciones de acero reciclado de neumáticos de 10 kg/m^3 , 20 kg/m^3 y 30 kg/m^3 controlan la longitud, el ancho, el tiempo de inicio y el área de las fisuras por retracción plástica. Siendo el valor máximo alcanzado las adiciones de 20 kg/m^3 y 30 kg/m^3 de acero reciclado, adiciones de 10 kg/m^3 logra controlar las fisuras de manera significativa con respecto a adiciones de 0 kg/m^3 , para adiciones mayores se logra controlar las fisuras por retracción plástica.

Fuente: Propia.

Tabla 36.

Matriz de categorización de la investigación 04.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-04	
Título:	Control de fisuras por contracción plástica en concreto $f'c = 210$ kg/cm ² en losas aligeradas con cenizas de hueso de pescado – Huarochirí.
Pregunta de Investigación:	¿Cómo influyen las cenizas de hueso de pescado en el control de fisuras por contracción plástica en concreto $f'c=210$ kg/cm ² en losas aligeradas?
Objetivo:	Determinar la influencia de las cenizas de hueso de pescado en las fisuras por contracción plástica en concreto $f'c=210$ kg/cm ² en losas aligeradas.
Conclusiones:	
<p>Se concluye que la ceniza de hueso de pescado en dosificación de 3 % en remplazo al cemento en peso, incrementara la cantidad de fisuras entre un 34.9 - 30.0 %. Además, cuando se utiliza la dosificación de 6 % CHP se obtendrá una reducción de la cantidad de fisuras entre un 55.8 - 65.0 %.</p> <p>Se concluye que la ceniza de hueso de pescado en dosificación de 3 % de CHP en remplazo al cemento en peso, incrementara el espesor de las fisuras entre un 32.6 % - 26.5 %. Además, cuando se utiliza la dosificación de 6 % CHP se obtendrá una reducción en el espesor de las fisuras entre un 20.9 % y- 17.6 %.</p> <p>Se concluye que la ceniza de hueso de pescado en dosificación en 3% en remplazo al cemento en peso, incrementara la longitud de las fisuras entre un 50.3 % - 35.1 %. Además, cuando se utiliza la dosificación de 6 % CHP se obtendrá un incremento de longitud de las fisuras entre un 45.7 % - 29.1 %.</p>	

Fuente: Propia.

Tabla 37.

Matriz de categorización de la investigación 05.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-05	
Título:	Fibra de maguey para reducir la formación de fisuras por contracción plástica en tanques elevados.
Pregunta de Investigación:	¿Cuál es la influencia de la fibra de maguey en la formación de fisuras por contracción plástica en los tanques elevados Huancayo-Junín 2020?
Objetivo:	Establecer la influencia de la fibra de maguey en la formación de fisuras por contracción plástica en los tanques elevados Huancayo-Junín 2020.
Conclusiones:	
<p>Se concluye que el uso de la fibra de maguey reduce la formación de fisuras por contracción plástica en los tanques elevados Huancayo- Junín 2020. Esto debido a que se redujo el promedio de la presencia de 11 fisuras observadas a 1 una sola fisura, esto según el incremento de las dosis a las mezclas. Asimismo, las fibras de maguey añadidas tuvieron influencia en las longitudes de las fisuras, ya que estas evidenciaron reducciones de 4.21 cm a 2.09 cm, respecto al ancho también se mejoró, ya que se redujeron de 0.117 mm a 0.058 mm. Esto fue apoyado por la prueba Análisis de Varianzas (ANOVA), ya que el nivel de significancia para número, longitud y ancho de las fisuras fue inferior a 0.05, comprobando la diferencia de medias entre los grupos. Esto indica que la adición de la fibra de maguey en el diseño de la mezcla está influenciando en la formación de fisuras por contracción plástica en los tanques elevados.</p>	

Fuente: Propia.

Tabla 38.

Matriz de categorización de la investigación 06.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-06	
Título:	Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac 2021.
Pregunta de Investigación:	¿Cuánto reducen las fisuras por retracción en estado plástico de pavimentos de concreto la adición de fibras de polipropileno?
Objetivo:	Cuantificar la reducción de fisuras por retracción en estado plástico de pavimentos rígidos con la adición de fibras de polipropileno.
Conclusiones:	
<p>Los distintos anchos de fisuras que se encontraron en nuestros variados tipos de concreto fueron los siguientes, en el concreto patrón (CP) se originó una abertura del rango de $e < 0.10\text{mm}$, a la cual se le denomina microfisura; también se apreció 3 aberturas que están en el rango de $0.11 < e < 0.20\text{ mm}$, a las cuales se les da la denominación de fisuras; 3 aberturas que están en el rango de $0.20 < e < 0.40\text{ mm}$, denominadas macrofisuras; y, por último, una abertura que encaja en el rango de $0.41 < e < 1.00\text{mm}$, que se le denomina fisura. Por otra parte, en el concreto CF1 300 gr/m^3 se produjo una abertura que encaja en el rango de $e < 0.10\text{ mm}$, por ende, recibe el nombre de microfisuras, y una abertura que encaja en el rango de $0.11 < e < 0.20\text{ mm}$, a la cual se le da el nombre de fisura. Los concretos CF2 600gr/m^3 y CF3 1200 gr/m^3 no presentaron fisuras de lo que se infiere que las fibras ayudan a controlar que se desarrollen en estado plástico.</p> <p>El área de fisuras que apareció en cada paño de cada tipo de concreto fue, en el Concreto Patrón C.P. tomado como referencia se observó un área total de 342.4 mm^2 en fisuras, 67 mientras que en el Concreto Fibrorreforzado 1 (CF1) 300 gr/m^3 presentó un área total de 8.25 mm^2 en fisuras, originándose una reducción de fisuras proporcional al incremento de fibras de polipropileno; simultáneamente en los Concretos Fibrorreforzados CF2 600 gr/m^3 y CF3 1200 gr/m^3 no se presentó ninguna fisura por ende no hay áreas de fisuración.</p>	

Fuente: Propia.

Tabla 39.

Matriz de categorización de la investigación 07.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-07	
Título:	El efecto de los polímeros superabsorbentes en la mitigación del fisuramiento por contracción plástica del hormigón convencional, resultados de una prueba interlaboratorio realizada por RILEM TC 260 RSC.
Pregunta de Investigación:	-
Objetivo:	Determinar el efecto de los polímeros superabsorbentes en la mitigación del fisuramiento por contracción plástica del hormigón convencional.
Conclusiones:	<p>La mayoría de las pruebas revelaron que agregar SAP al concreto convencional, junto con la cantidad apropiada de agua de curado interna adicional, reduce la severidad del fisuramiento por contracción plástica. Esto ocurrió tanto para SAP que retienen el agua absorbida (los llamados retentivos) y para SAP que liberan su agua prematuramente. Cuando se añadió la misma cantidad de agua adicional, pero sin SAP, el fisuramiento por contracción plástica fue más significativo que para las mezclas con SAP y agua adicional. Se puede concluir que SAP efectivamente reduce el fisuramiento por contracción plástica y que no se debe solo al agua adicional.</p>

Fuente: Propia.

Tabla 40.

Matriz de categorización de la investigación 08.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-08	
Título:	Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica.
Pregunta de Investigación:	-
Objetivo:	Determinar la influencia del vidrio molido para controlar la contracción plástica con distintas dosificaciones de vidrio molido de coloración verde y marrón, adoptando 4 tipos de mezcla (1 % y 5 % en relación al volumen del agregado fino).
Conclusiones:	De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos de potencial de fisuración en losas, cuando se le incorpora 1% de vidrio molido (verde o marrón) disminuyen un 83,32 % y 85.18 % respectivamente, así mismo; con 5 % de vidrio molido (verde o marrón) disminuyen un 85.82 % y 88.88 % respectivamente, esto quiere decir que el vidrio molido aporta significativamente a la reducción de fisuras y grietas en una losa de hormigón, por consiguiente, controla la contracción plástica. Se concluye que el vidrio molido aporta significativamente a la reducción de fisuras y grietas en una losa de hormigón y, por consiguiente, controla la contracción plástica.

Fuente: Propia.

Tabla 41.

Matriz de categorización de la investigación 09.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-09	
Título:	Propuesta de uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de polipropileno en diseños de mezclas de concreto para el control de fisuras en losas macizas entrepiso in-situ en la ciudad de Lima.
Pregunta de Investigación:	¿Cómo podemos controlar las fisuras producidas por contracción plástica de las losas macizas de concreto tradicional manteniendo adecuados resultados en sus propiedades mecánicas a través de la elaboración de nuevas propuestas para el diseño de mezcla?
Objetivo:	Reducir la intensidad en la aparición de las fisuras, tanto en frecuencia como en su ancho, que se producen en la fabricación de losas macizas in-situ debido a la contracción plástica, desarrollando un concreto estándar ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) con adiciones cenizas de cáscara de arroz y fibras de polipropileno.
Conclusiones:	
Luego de analizar los resultados obtenidos, se llega a concluir que la aparición de fisuras promedio en la mezcla patrón a comparación de la mezcla con CCA y FPP, disminuye a medida que se incrementan los porcentajes de reemplazo de CCA. Con un reemplazo del 5 % disminuye 12.70 %, mientras que con 10 % disminuye 46.33 %, y con el 15 % disminuye 78.30 %.	

Fuente: Propia.

Tabla 42.

Matriz de categorización de la investigación 10.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-10	
Título:	Efecto combinado de nanosílice, polímeros superabsorbentes y fibras sintéticas sobre el fisuramiento por contracción plástica en el concreto.
Pregunta de Investigación:	¿Cuál es el efecto combinado de nanosílice, polímeros superabsorbentes y fibras sintéticas sobre el fisuramiento por contracción plástica en el concreto?
Objetivo:	Realizar los métodos combinados de mitigación de fisuras por contracción plástica, como el uso de fibras sintéticas y polímeros superabsorbentes (SAP) en el hormigón.
Conclusiones:	
<p>Luego de analizar los resultados obtenidos, se concluye que la adición de SAP parece ser una de las más efectivas métodos para contrarrestar el aumento del fisuramiento por contracción plástica cuando se utiliza nano-sílice. Además, las microfibras sintéticas reducen el comportamiento de contracción plástica, pero no son tan eficaces como SAP. Sin embargo, se debe prestar atención a los requisitos de resistencia a la compresión cuando se utiliza SAP, debido a la reducción observada en la resistencia a la compresión al agregar este material.</p>	

Fuente: Propia.

Tabla 43.

Matriz de categorización de la investigación 11.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-11	
Título:	Desempeño de métodos pasivos en la mitigación del fisuramiento por contracción plástica.
Pregunta de Investigación:	-
Objetivo:	Comparar la capacidad de los métodos de mitigación pasivos, incluidos: aditivos reductores de contracción (SRA), aceleradores basados en agentes de siembra de silicato de calcio hidratado y compuestos de curado, para controlar el fisuramiento por contracción plástica en el estado de secado.
Conclusiones:	<p>Se encontró que la siembra de hidrato de silicato de calcio aceleró tanto la evolución de la presión como la evolución de las propiedades mecánicas en etapas muy tempranas. La rápida hidratación, acompañada de un rápido aumento de la rigidez y la resistencia, detuvo la propagación de fisuras y disminuyó el tamaño final de la fisura. Sin embargo, también se observó que la siembra de hidrato de silicato de calcio redujo ligeramente la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días.</p> <p>Se concluyó entonces que la mezcla reductora de la contracción era la mezcla más efectiva en este estudio. Además, se aceptó la hipótesis de que la combinación de diferentes métodos pasivos, dirigidos tanto a la curva de retención de agua como a la aceleración de la evolución de las propiedades mecánicas, podrían representar una solución robusta para la mitigación de las fisuras por contracción plástica.</p>

Fuente: Propia.

Tabla 44.

Matriz de categorización de la investigación 12.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-12	
Título:	Influencia de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 , 280 kg/cm^2 .
Pregunta de Investigación:	¿Cuál es la influencia del uso de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 ?
Objetivo:	Determinar la influencia del uso de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 .
Conclusiones:	
Se concluye que el uso de las fibras sintéticas de rafia influyó significativamente en fisuración por contracción plástica, sobre todo en dimensión y longitud, determinando que las losas aligeradas con fibra ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2) muestran longitudes menores que los presentados en las losas patrón. En la dimensión espesor los resultados muestran que los espesores de la losa patrón son menores que las losas aligeradas con fibra con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 245 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 . Del mismo modo en relación a las cantidades de fisuras se muestran que los losas con fibra presentan menor cantidad de fisuras respecto a las muestras patrón.	

Fuente: Propia.

Tabla 45.

Matriz de categorización de la investigación 13.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-13	
Título:	Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica.
Pregunta de Investigación:	-
Objetivo:	Analizar las propiedades mecánicas de un concreto adicionando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica.
Conclusiones:	
<p>De los resultados obtenidos en el concreto fresco se puede concluir que a medida que se incrementa el valor porcentual de contenido de fibra en la mezcla, menor será la trabajabilidad. De igual forma, el volumen y velocidad de exudación será inversamente proporcional al incremento de contenido de fibra en la mezcla; y con ello, la posibilidad de reducir considerablemente la aparición de fisuras en la superficie debido a la retracción plástica.</p> <p>Sobre los resultados observables por la adición de fibra de polipropileno; en todos los casos se obtiene una disminución de fisuras en las losetas de medición. Por otro lado, sobre los resultados observables por la adición de fibra natural de maguey; en todos los casos el incremento porcentual de contenido de fibra disminuye el fisuramiento en las losetas de medición, siendo la fibra de longitud igual a 10.0 cm la que tuvo mejor comportamiento; sin embargo, en el 1.0% de contenido de fibra no se podía evidenciar la presencia de fisura alguna, pero el concreto adquiriría un acabado nada estético y con muchas fibras expuestas.</p> <p>De los resultados obtenidos se puede concluir que una dosificación de 0.1 % de contenido de fibra natural de maguey para una longitud igual 5.5 cm. es óptima, cuando se busca mejorar las propiedades del concreto convencional, principalmente para disminuir el fisuramiento por retracción plástica y el desgaste al impacto. En esta</p>	

dosificación, la incorporación de la fibra de natural de Maguey incrementa en 13.1% el costo unitario por m³ respecto a un concreto convencional.

Fuente: Propia.

Tabla 46.

Matriz de categorización de la investigación 14.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-14	
Título:	Evaluación de la contracción plástica y la permeabilidad del hormigón reforzado con fibras de polipropileno.
Pregunta de Investigación:	¿De qué manera se puede realizar la evaluación de la contracción plástica y la permeabilidad del polipropileno hormigón reforzado con fibras?
Objetivo:	Evaluar la resistencia, la contracción plástica y la permeabilidad (gas y agua) del hormigón que incorpora fibra de polipropileno (relación de aspecto 300) en varias proporciones (0,10 %, 0,15 %, 0,2 %, 0,25 % y 0,3 %) por volumen de concreto.
Conclusiones:	
<p>Con un aumento en el contenido de fibra de polipropileno, el ancho de fisuras se redujo significativamente en un 72–93 % para un 0,25 % de fibra y las fisuras casi se eliminaron con una adición de fibra de 0,3 %. Mientras que la fisuras de hormigón de control simple estaba por encima de la límite recomendado, la adición de fibra redujo el ancho dentro del límite aceptable (3 mm) especificado por el ACI 224 (2007).</p> <p>En general, se encontró que la inclusión de 0.1 % de fibra de polipropileno es beneficiosa para el concreto considerando las resistencias a la compresión (2 % de reducción) y a la tracción (39 % de aumento) y las propiedades de contracción (50 % de reducción de fisuras).</p>	

Fuente: Propia.

Tabla 47.

Matriz de categorización de la investigación 15.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-15	
Título:	Un estudio experimental sobre la resistencia y la capacidad de servicio de losas mixtas continuas de hormigón armado y reforzado con fibra de acero (SFRC).
Pregunta de Investigación:	-
Objetivo:	Ilustrar los resultados de un estudio experimental sobre el comportamiento a corto y largo plazo del material compuesto continuo de losas con diferentes tipos y cantidades de refuerzo.
Conclusiones:	
<p>Luego de que los resultados evidenciaron que e las deformaciones por retracción a los 98 días de secado en muestras de concreto simple y muestras de concreto fibroreforzado con dosificaciones de hasta 40 kg/m³ fueron similares y no hubo fisuramiento debido a las deformaciones inducidas por fluencia y contracción en las losas compuestas reforzadas con malla o fibras reforzadas bajo su propio peso hasta los 90 días de secado; además, la aplicación de fibra de acero en exceso de 60 kg/m³ aumentó la carga de deslizamiento en un 42 % y mejoró significativamente el control de fisuras, ya que el ancho máximo de la fisura a menudo se redujo en un 50 %. Se concluye que, las losas reforzadas presentaron un mejor comportamiento en cuanto al control de fisuración a diferencia de las losas que no tenían refuerzo o losas patrón.</p>	

Fuente: Propia.

Tabla 48.

Matriz de categorización de la investigación 16.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-16	
Título:	Análisis de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno y acero, y su uso en el control de fisuras por contracción plástica.
Pregunta de Investigación:	-
Objetivo:	Evaluar el comportamiento físico mecánico del concreto reforzado con fibras de polipropileno y acero; y su uso óptimo en el control de fisuras.
Conclusiones:	
Se concluye que las fibras presentan un considerable aporte, ya que por ejemplo para el concreto diseñado a una resistencia 210 kg/cm ² con el método Walker presenta decrementos de fisuras hasta en 92 %, 42 % y 94 %; para el método Módulo de Fineza presenta decrementos de fisuras hasta en 77 %, 96 % y 93 % para las fibra PE, PP65 y CHO 80/60 respectivamente. A su vez se observa que los porcentajes óptimos de las fibras PE, PP65 y CHO 80/60 son 0.4 kg/m ³ , 2 kg/m ³ y 30 kg/m ³ respectivamente.	

Fuente: Propia.

Tabla 49.

Matriz de categorización de la investigación 17.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-17	
Título:	Control térmico de fisuras en estructuras de hormigón en masa mediante un sistema automatizado sistema de curado.
Pregunta de Investigación:	-
Objetivo:	Desarrollar un nuevo sistema de curado automatizado que mantiene la diferencia entre la temperatura interna y la temperatura externa de una estructura por debajo de un criterio para minimizar las fisuras térmicas del hormigón en masa.
Conclusiones:	Se concluye que el sistema de curado automatizado es una forma efectiva de controlar el fisuramiento térmico porque puede controlar la diferencia de temperatura entre el centro y la superficie del concreto y, además, puede mejorar la resistencia y durabilidad del concreto. Por lo tanto, será un método muy útil para reducir el fisuramiento térmico de estructuras de hormigón masivas o, en particular, importantes.

Fuente: Propia.

Tabla 50.

Matriz de categorización de la investigación 18.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-18	
Título:	Aplicación de diferentes fibras para reducir fisuramiento por contracción plástica del hormigón.
Pregunta de Investigación:	-
Objetivo:	Determinar la eficiencia de diferentes fibras para detener las fisuras en compuestos cementosos debido a la contracción plástica restringida.
Conclusiones:	Se concluye que la adición de fibras redujo significativamente el fisuramiento por contracción plástica restringida y retrasó la aparición de la primera fisura. La reducción del ancho máximo de fisura y el área total de fisura oscilaron entre 30 % y 50 % y entre 40 % y 60 %, respectivamente. Entre las diversas fibras investigadas en una fracción de volumen del 0,1 %, se descubrió que la fibra de acero es la más eficaz para reducir el ancho y el área de las fisuras, porque las fibras de acero mejoran la capacidad de deformación por tracción del concreto y restringen el crecimiento de las fisuras. Las fibras de vidrio se desempeñaron significativamente mejor que las fibras de polipropileno.

Fuente: Propia.

Tabla 51.

Matriz de categorización de la investigación 19.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-19	
Título:	Efecto de la adición de fibras sintéticas a losas delgadas de concreto sobre el fisuramiento por retracción plástica.
Pregunta de Investigación:	¿Cuál es el efecto de la adición de fibras sintéticas a losas delgadas de concreto sobre el fisuramiento por retracción plástica?
Objetivo:	Evaluar el efecto de la adición de fibras sintéticas, como fibras de polipropileno, vidrio, nylon y PET, en el control del fisuramiento del concreto.
Conclusiones:	
<p>Luego de analizar los resultados se llega a concluir que la adición de fibras cortas de polipropileno a la mezcla de mortero fue más eficiente para restringir considerablemente la formación de fisuras debido a la contracción plástica. Las fibras de vidrio y PET mostraron resultados similares, mientras que las fibras de nylon mostraron los peores resultados. Considerando un factor de forma de equivalencia entre las fibras, estos resultados muestran la diferencia de eficiencia entre las fibras estudiadas, probablemente debido a distintas características en los procesos de fabricación de las mismas y, en consecuencia, a la interacción fibra/cemento. Las fibras cortas de botellas de PET recicladas demostraron ser una excelente alternativa para frenar la contracción plástica en materiales de hormigón y cementos de construcción.</p>	
Fuente: Propia.	

Tabla 52.

Matriz de categorización de la investigación 20.

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN	
I-20	
Título:	Influencia de la geometría de la fibra de polipropileno en el fisuramiento por retracción plástica en el hormigón.
Pregunta de Investigación:	¿Cuál es Influencia de la geometría de la fibra de polipropileno en el fisuramiento por retracción plástica en el hormigón?
Objetivo:	Llevar a cabo un programa de prueba para comprender la influencia de cuatro fibras de polipropileno comercialmente disponibles a tasas de dosificación que varían de 0,1 % a 0,3 %.
Conclusiones:	
<p>Se concluye que si bien las fibras de polipropileno en general son efectivas para controlar el fisuramiento por contracción plástica en el concreto, una fibra más fina es más efectiva que una más gruesa, y una fibra más larga es más efectiva que una más corta. Además, las fibrilaciones de las fibras parecen ser muy eficaces para controlar el fisuramiento por contracción plástica.</p> <p>En general, las fibras reducen el área total de la fisura, el ancho máximo de la fisura y el número de fisuras a medida que aumenta la fracción de volumen de fibra, la eficacia de la fibra aumenta el reforzamiento entre las diversas fibras investigadas.</p>	

Fuente: Propia.

ANEXO N°5. “Guía para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales bajo criterio del ACI 224.1R-07, Trujillo 2022”



UPN

UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

Guía para el control de fisuración del concreto para elementos horizontales bajo el criterio del ACI 224.1R-07, Trujillo 2022

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Creado por:

Bach. Ferrer Esquivel Eloíza Vanessa

Bach. Soliz Díaz Sandra Eloisa



2022

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO I.....	5
CONCEPTOS TEÓRICOS	5
¿Qué es el concreto?	6
¿Qué es la fisuración del concreto?.....	10
Tipos de fisuración del concreto en estado plástico	11
• Fisuración por retracción plástica.....	11
• Fisuración por asentamiento	11
Tipos de fisuración del concreto en estado endurecido	12
• Retracción por secado	12
• Tensiones de origen térmico	12
• Reacción química	13
• Meteorización.....	13
• Corrosión del refuerzo	14
• Prácticas constructivas inadecuadas	14
• Sobrecargas durante la construcción.....	14
• Errores en el diseño y detallado	15
• Cargas aplicadas externamente	16
CAPÍTULO II.....	17
EVALUACIÓN DE LA FISURACIÓN	17
Ubicación y magnitud de la fisuración del concreto.....	18
1. Observación directa e indirecta.....	18
2. Ensayos no destructivos.....	19
3. Ensayos destructivos.....	21
4. Revisión de planos y datos constructivos	21
CAPÍTULO III.....	22
MÉTODOS DE REPARACIÓN DE FISURAS	22
Métodos de reparación	23
• Inyección de resinas epoxi	23
• Perfilado y sellado	23
• Costura de fisuras	24
• Armadura adicional	24

- **Perforación y obturación..... 25**
- **Llenado por gravedad 25**
- **Llenado con mortero 26**
- **Colocación de mortero como mezcla seca (Drypacking) 26**
- **Impregnación con polímero 27**
- **Sobrecapas y tratamientos superficiales..... 27**
- **Autocurado 27**

REFERENCIAS..... 28

INTRODUCCIÓN

A la fecha el concreto sigue siendo el material universal empleado en la construcción de diferentes estructuras capaces de satisfacer las necesidades de la población en general; es por ello que, se viene estudiando sus propiedades y comportamiento frente a diferentes agentes que puedan afectar su calidad y durabilidad, tal es el caso de la fisuración de este material, el cual se produce debido a factores como el clima, elaboración, calidad de los componentes entre otros; es por ello que, en busca de una solución a este problema que en ocasiones no solo afecta la parte estética, sino que llega a tener repercusiones importantes en la estabilidad de la estructura, es que se opta por emplear ciertas alternativas o métodos normados que ayuden en su control y así poder realizar intervenciones a tiempo cuando se trata de estructuras ya existentes o en el caso de estructuras nuevas, tener en cuenta un procedimiento adecuado durante la elaboración de la mezcla hasta su acabado final; es así que, para la realización de la presente guía se tendrá en cuenta solamente aquellos métodos que se encuentran especificados en el ACI 224.1R-07.



UPN

UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

CAPÍTULO I. CONCEPTOS TEÓRICOS

¿Qué es el concreto?

El concreto es el material de construcción hecho por el hombre que más se usa cuyo buen comportamiento depende de las características físicas y químicas de sus componentes, pudiéndose obtener una mezcla óptima a través del diseño de mezcla. (Córdova, 2018). Además, puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados u áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forman un todo y después de tiempo es capaz de soportar esfuerzos de compresión. (Alayo & Polo, 2019).

Figura 01: Concreto



Fuente: Reinar S.A. (2020)

1. Componentes

1.1. Cemento

Es el elemento activo del concreto más usado e indispensable para el desarrollo de la infraestructura. Es un material formado a través de la trituración y calcinación de materiales minerales calcáreos; al combinarse con agua, sufre una reacción química y empieza su proceso de endurecimiento hasta formar una masa rígida. Además, posee propiedades de adhesión y cohesión como el aglutinamiento de los agregados que conforman el concreto. (Reyes & Rodríguez, 2010).

Figura 02: Cemento



Fuente: Pacasmayo (2020)

1.2. Agua

El agua es un elemento muy importante para la preparación del concreto, encontrándose relacionada con la resistencia, trabajabilidad y las propiedades del concreto endurecido. Para que el agua pueda ser utilizada en la preparación del concreto, debe estar limpia y libre de agentes perjudiciales como aceites, ácidos, sales y distintas sustancias que puedan dañar el concreto o el acero de refuerzo. (Abanto, 2009).

Figura 03: Valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua.

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: (Abanto, 2009)

1.3. Agregados

Los agregados son todos aquellos materiales que poseen una resistencia propia, no interfieren ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico, es decir, estos son inertes y garantizan una adherencia suficiente con la pasta del cemento endurecido. Estos materiales pueden ser artificiales o naturales, dependiendo del origen. (Alayo & Polo, 2019).

- Agregado fino o arena: Se considera como agregado fino o arena, al material pasante de la malla N°4 y retenido en la mala N°200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 micras (0.074mm). (Gutiérrez, 2003).

Figura 04: Agregado fino o arena



Fuente: Supermix (2021)

- Agregado grueso o grava: Se considera como agregado grueso o grava al material retenido en el tamiz N°4, con un tamaño entre 7.6 cm y 4.76 mm. (Gutiérrez, 2003).

Figura 05: Agregado grueso o grava



Fuente: Miyai (2019)

1.4. Aditivos

Son aquellos materiales diferentes al agua, agregados y cemento hidráulico, usado como ingrediente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado. Los aditivos deben cumplir con los requisitos de las normas respectivas y las especificaciones de obra, debiendo prestarse especial atención a las recomendaciones del fabricante. (Gutiérrez, 2018).

Figura 06: Aditivos plastificantes para concreto



Fuente: Konstrutecnia (2020)

2. Tipos

2.1. Concreto simple

Se denomina concreto simple, a la mezcla de agregado grueso, agregado fino, agua y cemento Portland. En dicha mezcla, la pasta de cemento debe envolver totalmente al agregado grueso y al agregado fino; además de que este último deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso. (Abanto, 2009).

Figura 07: Concreto simple



Fuente: Perú construye (2019)

2.2. Concreto armado

Esencialmente es la versión mejorada del concreto simple, puesto que supera ciertas limitaciones mecánicas del material original (concreto), sin embargo, lo hace a costa de generar nuevas limitaciones e inconvenientes constructivos y de mantenimiento. (Becosan, 2020).

Figura 08: Concreto armado



Fuente: Arqhys (2016)

2.3. Concreto ciclópeo

Es un material constructivo que surge del campo experimental de la construcción dedicado al estudio de las cualidades estándares del concreto, ya que es un concreto cuya composición ha sido alterada con el fin de responder a exigencias estructurales particulares. Se diferencia del concreto simple esencialmente por el tamaño del agregado grueso, el cual destaca por ser conjunto de piedras relativamente grandes incorporadas en la masa del concreto común. (Becosan, 2020).

Figura 09: Concreto ciclópeo



Fuente: Arquitecturapura (2019)

¿Qué es la fisuración del concreto?

La fisuración del concreto es un fenómeno poco deseado que tiene efectos que van desde variaciones en la composición del material, hasta efectos de cambios térmicos. Una fisura muestra que se perdió la competencia entre la capacidad del material de resistir un esfuerzo versus el efecto de un esfuerzo actuante. Las fisuras tienen un ancho máximo permitido tanto por consideraciones estéticas como de durabilidad de los elementos, en el caso de algunos códigos europeos y otros, éste ancho de fisura máxima depende del medio ambiente y la durabilidad calculada para la estructura, sin embargo, el ancho permitido oscila entre 0 - 0.3 mm. (Cañón & Aldana, 2016).

Figura 10: Fisuras



Fuente: Destefano (2021)

Tipos de fisuración del concreto en estado plástico

- **Fisuración por retracción plástica**

La fisuración por retracción plástica generalmente se asocia con la rápida pérdida de humedad causada por una combinación de factores que incluyen altas temperaturas del aire y del concreto, baja humedad relativa y alta velocidad del viento en la superficie

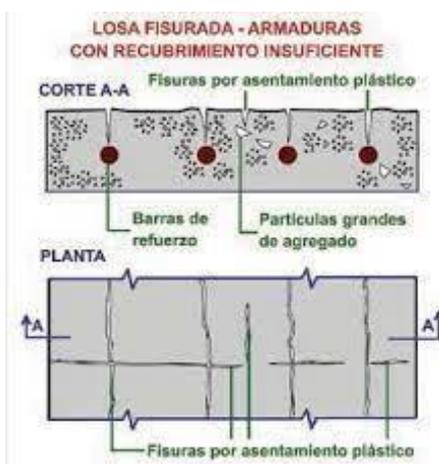
Figura 11: Fisuración por retracción plástica



Fuente: Google

del concreto. El concreto con cantidades más bajas de agua de sangrado, como los que contienen aditivos minerales (especialmente el humo de sílice), tiene una mayor tendencia a sufrir fisuras por contracción plástica que el concreto con una mayor tendencia a sangrar. Debido a que la fisuración por retracción plástica se debe a un cambio de volumen diferencial en el concreto plástico, las medidas de control exitosas requieren una reducción en el cambio de volumen relativo entre la superficie y otras partes del concreto. (ACI 224.1R, 2007).

Figura 12: Fisuración por asentamiento



Fuente: Google

- **Fisuración por asentamiento**

El concreto tiende a continuar consolidándose después de la colocación inicial, la vibración y el acabado. Durante este período, el concreto plástico puede ser restringido localmente por acero de refuerzo, una colocación previa de concreto o encofrado. Esta restricción local puede resultar en vacíos, fisuras o ambos, adyacentes al elemento de restricción.

Cuando se asocia con acero de refuerzo, el fisuramiento por asentamiento aumenta con el aumento del tamaño de la barra, el aumento del asentamiento y la disminución de la cobertura. El grado de fisuramiento por asentamiento puede intensificarse por vibración insuficiente o por el uso de formas con fugas o altamente flexibles. (ACI 224.1R, 2007).

Tipos de fisuración del concreto en estado endurecido

- **Retracción por secado**

La retracción por secado es causada por la pérdida de humedad del componente de la pasta de cemento, que puede contraerse hasta en un 1%. Afortunadamente, las partículas de agregado proporcionan una restricción interna que reduce la magnitud de este cambio de volumen a alrededor del 0,06 %. Por otro lado, el concreto tiende a

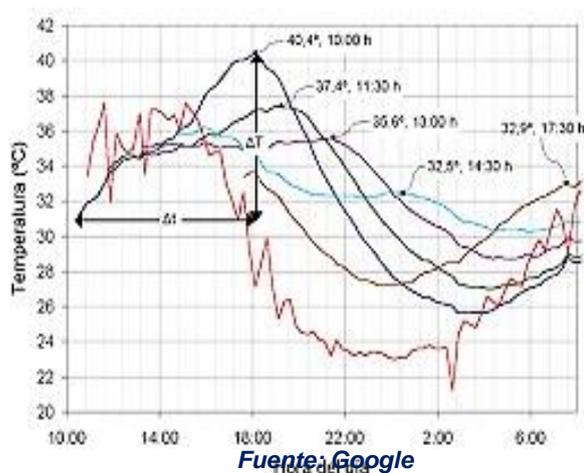
Figura 13: Retracción por secado



Fuente: Google

expandirse cuando se humedece (el aumento de volumen puede ser del mismo orden de magnitud que el observado debido a la contracción). Si la contracción del concreto pudiera tener lugar sin restricciones, este no se fisuraría. (ACI 224.1R, 2007).

Figura 14: Variaciones de temperatura en el concreto



Fuente: Google

- **Tensiones de origen térmico**

Las diferencias de temperatura dentro de una estructura de concreto pueden ser causadas por partes de la estructura que pierden calor de hidratación a diferentes velocidades o por las condiciones climáticas que enfrían o calientan una parte de la estructura en un grado diferente o a una velocidad diferente que otra parte de la

estructura. Estas diferencias de temperatura dan como resultado cambios diferenciales de volumen. Cuando las tensiones de tracción debidas a los cambios de volumen diferencial exceden la resistencia a la tracción, el concreto se fisurará. (ACI 224.1R, 2007).

- **Reacción química**

Las reacciones químicas nocivas pueden provocar la fisuración del concreto. Estas reacciones pueden deberse a los materiales utilizados para fabricar el concreto o a los materiales que entran en contacto con el concreto después de que se ha

Figura 15: Daño químico en el concreto

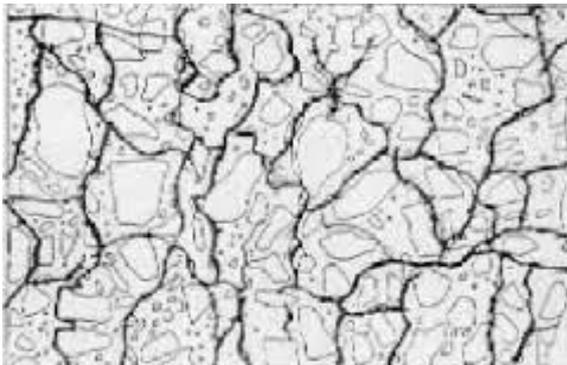


Fuente: Google

endurecido. El concreto puede fisurarse con el tiempo como resultado de reacciones expansivas que se desarrollan lentamente entre el agregado que contiene sílice activa y los álcalis derivados de la hidratación del cemento, aditivos o fuentes externas (como agua de curado, agua subterránea, productos químicos descongelantes y soluciones alcalinas almacenadas o utilizadas en el acabado). (ACI 224.1R, 2007).

- **Meteorización**

Figura 16: Influencia de ciclos de hielo y deshielo en el concreto



Fuente: Google

Los procesos de meteorización que pueden causar fisuras incluyen congelación y descongelación, humectación y secado, calentamiento y enfriamiento. El daño por congelación y descongelación es el deterioro físicorelacionado con el clima más

común. El concreto puede dañarse por la congelación del agua en la pasta, en el agregado o en ambos. El daño en la pasta de cemento endurecido por congelación es causado por el movimiento del agua a los sitios de congelación y, para el agua en vacíos más grandes, por la presión hidráulica generada por el crecimiento de cristales de hielo. (ACI 224.1R, 2007).

- **Corrosión del refuerzo**

El acero de refuerzo puede corroerse si la alcalinidad del concreto se reduce por carbonatación o si la pasividad de este acero es destruida por iones agresivos (generalmente cloruros). La corrosión del acero produce óxidos e

Figura 17: Corrosión del acero de refuerzo



Fuente: Google

hidróxidos de hierro que tienen un volumen mucho mayor que el volumen del hierro metálico original; este aumento de volumen provoca altos esfuerzos de estallido radial alrededor de las barras de refuerzo y da como resultado fisuras radiales locales, las cuales pueden propagarse a lo largo de la barra, dando como resultado la formación de fisuras longitudinales (paralelas a la barra) o el desconchado del concreto. También se puede formar una fisura ancha en un plano de barras paralelas a una superficie de hormigón y esto puede llevar a la fisuración laminar (en láminas), próxima a la superficie problema bien conocido en el caso de tableros de puentes. (ACI 224.1R, 2007).

- **Prácticas constructivas inadecuadas**

Una amplia variedad de prácticas de construcción deficientes puede provocar fisuras en las estructuras de concreto. La más importante de ellas es la práctica común de agregar agua al concreto para aumentar la trabajabilidad. El agua añadida tiene el efecto de reducir la resistencia, aumentar el asentamiento y aumentar la contracción por secado. Cuando se acompaña de un mayor contenido de cemento para ayudar a compensar la disminución de la resistencia, un aumento en el contenido de agua también significará un aumento en el diferencial de temperatura entre las partes interior y exterior de la estructura, lo que resultará en un aumento de las tensiones térmicas y posibles fisuras. (ACI 224.1R, 2007).

- **Sobrecargas durante la construcción**

Las cargas de construcción pueden ser más severas que las experimentadas en servicio. Desafortunadamente, estas condiciones pueden ocurrir en edades tempranas cuando el concreto es más susceptible al daño, y a menudo resultan en fisuras permanentes. Los miembros prefabricados, como vigas y paneles, son los que más frecuentemente están sujetos a este abuso, pero el concreto colado en el lugar también puede verse afectado. Un error común ocurre cuando los elementos prefabricados no están correctamente soportados durante el transporte y el montaje. El uso de puntos de elevación arbitrarios o convenientes puede causar daños graves. El diseñador debe detallar o aprobar los cáncamos de elevación, los pasadores y otros accesorios. (ACI 224.1R, 2007).

Figura 18: Transporte de elementos prefabricados



Fuente: Google

- **Errores en el diseño y detallado**

Los errores en el diseño y los detalles que pueden resultar en un fisuramiento inaceptable incluyen el uso de esquinas entrantes mal detalladas en paredes, miembros prefabricados y losas; selección o detalles inadecuados del refuerzo, o ambos; restricción de elementos sujetos a cambios de volumen causados por variaciones de temperatura y humedad; falta de juntas de contracción adecuadas; y el diseño

inadecuado de los cimientos, lo que resulta en un movimiento diferencial dentro de la estructura. (ACI 224.1R, 2007).

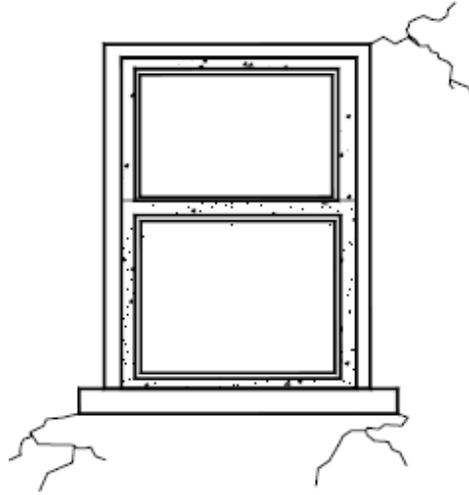
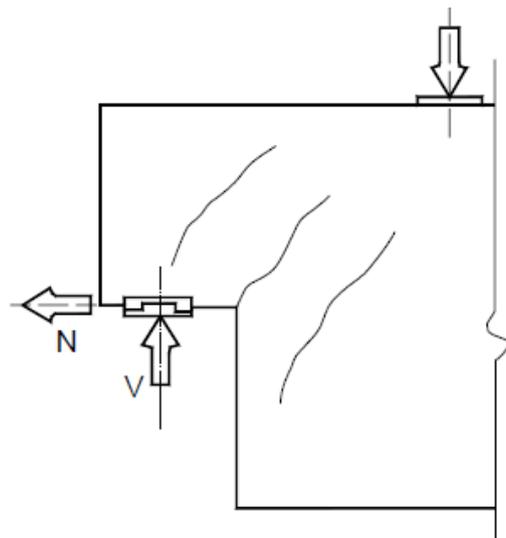


Figura 19: Patrones de fisuración típicos en ángulos o esquinas reentrantes

Fuente: ACI 224.1R (2007)

Figura 20: Patrón de fisuración típico en el extremo entallado de una viga bajo cargas de servicio



Fuente: ACI 224.1R (2007)

- **Cargas aplicadas externamente**

Es bien sabido que las tensiones de tracción inducidas por cargas provocan fisuración en elementos de concreto. Los procedimientos de diseño actuales usan acero de refuerzo no solo para soportar las fuerzas de tracción, sino también para obtener una distribución adecuada de las fisuras y un límite razonable en el ancho de las mismas. (ACI 224.1R, 2007).



UPN
UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

CAPÍTULO II. EVALUACIÓN DE LAS FISURAS



Ubicación y magnitud de la fisuración del concreto

1. Observación directa e indirecta

1.1. Ubicación

Se debe hacer un levantamiento en planta y/o en corte, donde se señale la ubicación, longitud, forma y dirección de las fisuras a evaluar. (ACI 224.1R, 2007).

1.2. Ancho de fisuras

Los anchos de las fisuras se pueden medir con una precisión de alrededor de 0,025 mm. (ACI 224.1R, 2007). Se puede emplear lo siguiente:

- **Comparador**

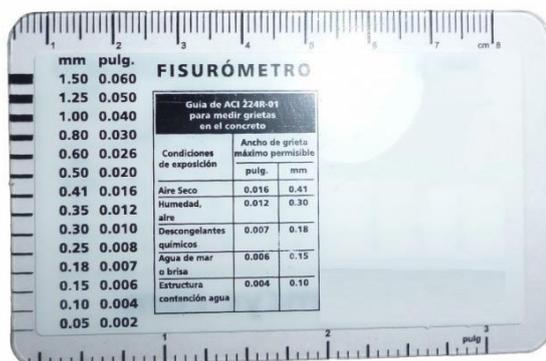
Es un pequeño microscopio de mano con una escala en el lente más próximo a la superficie observada.

Figura 21: Comparador de fisuras



Fuente: Google

Figura 22: Tarjeta de comparación de fisuras



Fuente: Google

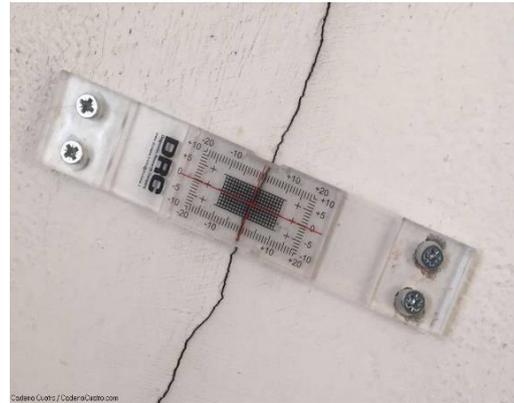
- **Tarjeta de comparación**

Es una tarjeta con líneas claramente marcadas, cada una de ellas de un ancho especificado.

1.3. Movimiento de fisuras

El movimiento de las fisuras se puede monitorear mediante indicadores de movimiento mecánicos, los cuales permiten la lectura directa del desplazamiento y rotación de las fisuras, amplificando su movimiento hasta en 50 veces e indicando el máximo rango de movimiento durante el

Figura 23: Fisurómetro de regleta



Fuente: Google

período de medición; además, tienen la ventaja de no requerir protección contra la humedad. (ACI 224.1R, 2007).

2. Ensayos no destructivos

2.1. Golpear la superficie con un martillo o usar una cadena de arrastre

Son técnicas sencillas que permiten identificar la fisuración laminar próxima a la superficie. Un sonido hueco indica la presencia de una o más fisuras debajo de la superficie y paralelas a la misma. (ACI 224.1R, 2007).

2.2. Pacómetro

Es un detector de armadura metálica para localizar barras de refuerzo en el concreto armado, se pueden conseguir de diversos tipos desde la mera indicación de la presencia de acero hasta aquellos que se pueden calibrar y le permiten al usuario experimentado una

Figura 24: Pacómetro



Fuente: Google

mejor determinación de la profundidad y el tamaño de las barras de armadura. Si se sospecha que la corrosión es una causa de fisuración, la manera más sencilla de investigar la corrosión es retirar parte del concreto para poder observar el acero directamente. (ACI 224.1R, 2007).

Figura 25: Equipo de ultrasonido



Fuente: Google

2.3. Equipos de ultrasonido

Con personal adecuadamente capacitado y una correcta evaluación es posible detectar fisuras usando equipos de ensayo ultrasónicos no destructivos (ASTM C 597). Un pulso mecánico es transmitido a una cara del elemento de concreto y es recibido en la otra. El tiempo que tarda el pulso en atravesar el elemento

se mide electrónicamente. Si se conoce la distancia entre los transductores de transmisión y recepción se puede calcular la velocidad del pulso. Si varía la velocidad del pulso o no llega ninguna señal al transductor, esto significa que hay una discontinuidad interna importante, como una fisura o vacío. (ACI 224.1R, 2007).

2.4. Radiografías

Se usan para detectar las discontinuidades internas. Existen equipos de rayos X y de rayos gama. Los procedimientos son más adecuados para detectar planos de fisuración paralelos a la dirección de la radiación; resulta difícil discernir planos de

Figura 26: Escáner de concreto



Fuente: Google

fisuración perpendiculares a la radiación. Los equipos de rayos gama son menos costosos y relativamente más portátiles que los equipos de rayos X, y por lo tanto parecen adaptarse mejor a los ensayos in situ. (ACI 224.1R, 2007).

3. Ensayos destructivos

3.1. Toma de núcleos

Consiste en la extracción de una muestra de concreto de la estructura por medio de una broca cilíndrica hueca en cuyo extremo van engastados cristales de diamante y que por abrasión desgasta el material circundante. Una vez

Figura 27: Toma de núcleos para verificar la profundidad de fisuras



Fuente: Google

obtenido el cilindro de concreto, es posible medir con precisión la profundidad y el ancho de las fisuras. (ACI 224.1R, 2007).

3.2. Análisis petrográfico

Permite identificar las causas materiales de la fisuración, tales como reactividades alcalinas, daño por ciclos de congelamiento, fisuración de borde, presencia de partículas de agregado expansivas, daños relacionados con incendios, retracción y contracción. Además, también permite identificar otros factores que pueden estar relacionados con la fisuración, tales como la relación agua-cemento, el volumen relativo de pasta y la distribución de los componentes del concreto. A menudo la petrografía sirve para determinar la edad relativa de las fisuras e identificar depósitos secundarios en superficies de fractura, los cuales afectan los programas de reparación. (ACI 224.1R, 2007).

4. Revisión de planos y datos constructivos

Se debería revisar el diseño estructural y la disposición de las armaduras originales, u otros planos que permitan confirmar que el espesor y la calidad del concreto, junto con las armaduras existentes, satisface o supera los requisitos de resistencia y serviciabilidad indicados en el, o los códigos de edificación aplicables. Se debería prestar particular atención a la revisión detallada de las cargas actuales y su comparación con las cargas de diseño. (ACI 224.1R, 2007).



UPN

UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

CAPÍTULO III. MÉTODOS DE REPARACIÓN DE FISURAS



Métodos de reparación

- **Inyección de resinas epoxi**

Mediante la inyección de resinas epoxi se pueden adherir fisuras de muy poca abertura, hasta 0,05 mm. La técnica generalmente consiste en establecer bocas de entrada y venteo a intervalos poco espaciados a lo largo de las fisuras, sellar la fisura en las superficies expuestas inyectar la resina epoxi a presión. excepción

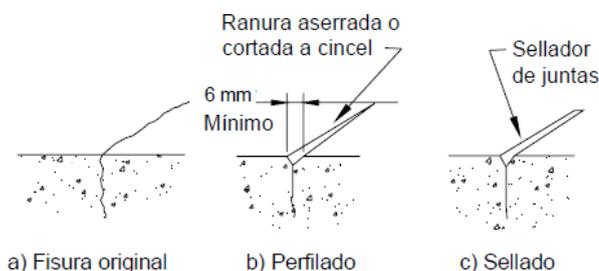
Figura 28: Inyección de resina epoxi en fisuras



Fuente: Google

de ciertos materiales epoxídicos que toleran el agua, esta técnica no es aplicable si las fisuras tienen fugas activas y no se pueden secar. Las fisuras húmedas se pueden inyectar usando materiales que toleren la humedad, pero los contaminantes presentes en las fisuras (incluyendo material fino y agua) pueden reducir la efectividad del material epoxídico para reparar las fisuras estructuralmente. (ACI 224.1R, 2007).

Figura 29: Reparación de una fisura mediante perfilado y sellado



Fuente: ACI 224.1R (2007)

- **Perfilado y sellado**

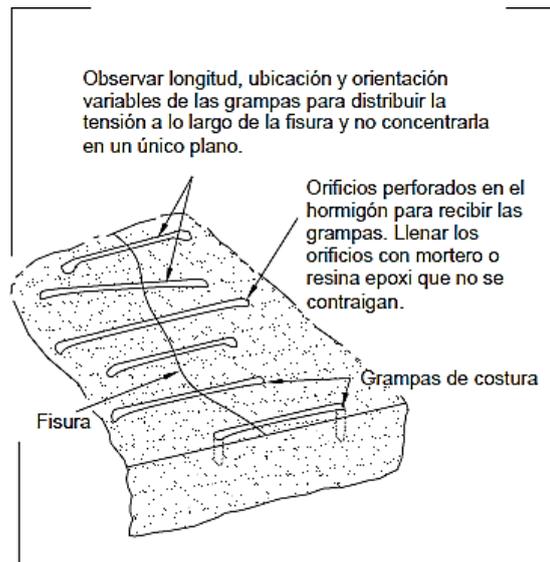
El perfilado y sellado de fisuras se puede aplicar en condiciones que requieren una reparación inmediata y cuando no es necesario efectuar una reparación estructural. Este método consiste en

agrandar la fisura a lo largo de su cara expuesta y llenarla y sellarla con un sellador adecuado. Esta es una técnica habitual para el tratamiento de fisuras, y es relativamente sencilla en comparación con los procedimientos y capacitación requeridos para la inyección de resinas epoxi. (ACI 224.1R, 2007).

- **Costura de fisuras**

Los pasos del procedimiento de costura son perforar orificios a ambos lados de la fisura, limpiar los orificios y anclar las patas de las grampas en los orificios, utilizando un mortero que no se contraiga, o bien un sistema adhesivo en base a resina epoxi. Las grampas deben ser variables en longitud, en orientación, o en

Figura 30: Costura de una fisura



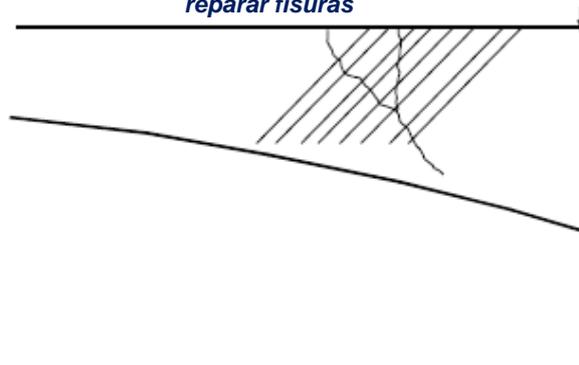
Fuente: ACI 224.1R (2007)

ambos aspectos, y se las debe ubicar de manera que la tracción transmitida a través de la fisura no se aplique sobre un único plano dentro de la sección sino que se distribuya sobre cierta superficie. (ACI 224.1R, 2007).

- **Armadura adicional**

Esta técnica consiste en sellar la fisura, perforar orificios que intersequen el plano de fisuración aproximadamente a 90 grados, inyectar adhesivo epoxi en el orificio y la fisura hasta llenarlos y colocar una barra de

Figura 31: Orientación de las barras utilizadas para reparar fisuras



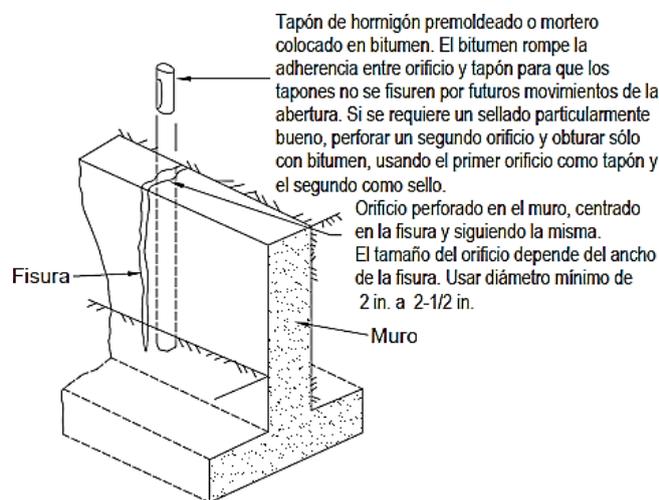
Fuente: ACI 224.1R (2007)

armadura en el orificio perforado. Típicamente se usan barras No. 4 ó 5 (10 M ó 15 M), y se las extiende al menos 0,5 m a cada lado de la fisura. La separación de las barras de armadura se selecciona en función de los objetivos de la reparación. (ACI 224.1R, 2007).

- **Perforación y obturación**

La perforación y obturación de una fisura consiste en perforar hacia abajo en toda la longitud de la fisura y llenarla con mortero de manera de formar una cuña o tapón. Esta técnica sólo es aplicable cuando las fisuras son de forma razonablemente recta y uno de sus extremos es accesible. La utilización más frecuente de este método es en la reparación de fisuras verticales en muros de contención. Se debe perforar un orificio (típicamente entre 50 a 75 mm de diámetro), centrado sobre la fisura y siguiendo la misma. (ACI 224.1R, 2007).

Figura 32: Reparación de una fisura mediante perforación y obturación



Fuente: ACI 224.1R (2007)

- **Llenado por gravedad**

El procedimiento comienza por limpiar la superficie con chorro de aire y/o chorro de agua. Para lograr el mejor llenado posible se debería permitir que las superficies húmedas se sequen durante varios días. El monómero o resina se puede verter sobre la superficie y esparcir empleando cepillos, rodillos o escobas de goma. Debido a que el monómero o la resina penetra en las fisuras lentamente, se debe trabajar el material sobre las fisuras moviéndolo hacia adelante y hacia atrás para lograr el máximo llenado. Se pueden usar monómeros y resinas de baja viscosidad para sellar fisuras con anchos superficiales de entre 0,03 a 2 mm, aplicándolos por este método. (ACI 224.1R, 2007).

- **Llenado con mortero**

Las fisuras anchas, particularmente en presas de gravedad y muros de concreto de gran espesor, se pueden reparar llenándolas con mortero de cemento portland. Este método es efectivo para detener las fugas de agua, pero no unirá estructuralmente las secciones fisuradas. (ACI 224.1R, 2007). Por otro lado, se tiene también el llenado con morteros químicos los cuales tienen ventajas como una aplicabilidad en ambientes húmedos (humedad disponible en exceso), sus amplios límites de control del tiempo de gelificación y la posibilidad de aplicarlos en fisuras muy finas. (ACI 224.1R, 2007).

Figura 33: Llenado de fisura con mortero químico



Fuente: Google

- **Colocación de mortero como mezcla seca (Drypacking)**

Es la colocación manual de mortero de bajo contenido de agua y su posterior apisonado. De este modo se produce un contacto íntimo entre el mortero y el concreto existente. Debido a la baja relación agua-cemento del material, hay poca retracción y el parche permanece hermético y puede resultar de buena calidad desde el punto de vista de la durabilidad, resistencia e impermeabilidad. (ACI 224.1R, 2007).

- **Impregnación con polímero**

Para reparar algunas fisuras se pueden usar sistemas monoméricos. Un sistema monomérico es un líquido compuesto por monómeros que se polimerizarán formando un sólido. Los monómeros adecuados poseen diversos grados de volatilidad, toxicidad e inflamabilidad, y no son aptos para ser mezclados con agua. Tienen muy baja viscosidad y penetran el concreto seco llenando las fisuras, tal como lo haría el agua. El monómero más frecuentemente utilizado para este propósito es el metacrilato de metilo. (ACI 224.1R, 2007).

- **Sobrecapas y tratamientos superficiales**

Las fisuras superficiales finas en losas y pavimentos se pueden reparar empleando una sobrecapa adherida o un tratamiento superficial cuando se tenga la certeza de que ya no sufrirán movimientos significativos. Las sobrecapas adheridas se pueden utilizar para cubrir

Figura 34: Tratamiento superficial de fisuras



Fuente: Google

una losa, pero no necesariamente para repararla. Las sobrecapas y tratamientos superficiales pueden ser adecuados para las fisuras provocadas por hechos únicos y que no han penetrado totalmente la losa. (ACI 224.1R, 2007).

- **Autocurado**

Es el proceso natural de reparación de fisuras del concreto que puede ocurrir en presencia de humedad y en ausencia de tensión de tracción. Tiene aplicación práctica para cerrar fisuras inactivas en ambientes húmedos, condición habitual en muchas estructuras de hormigón. (ACI 224.1R, 2007).

REFERENCIAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto (teoría y problemas) (2)*. Perú: San Marcos
- Alayo, A. & Polo, M. (2019). Influencia del porcentaje de piedra pómez sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos, Trujillo – 2019. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Arqhys (2016). (s.f.). *Historia del concreto armado* En Blog: Concreto armado. Recuperado de <https://www.arqhys.com>
- Arquitecturapura (2019). (s.f.). *Origen del concreto ciclópeo* En Blog: El concreto. Recuperado de <https://www.arquitecturapura.com>
- Cementos Pacasmayo S.A.A. (2020). (s.f.). *Cemento Tipo I* En Blog: Tipos de cemento. Recuperado de <https://www.cementospacasmayo.com.pe>
- Córdova, C. (2018). Influencia de las fibras sintéticas de rafia en la resistencia a la compresión del concreto y fisuración por contracción plástica, en losas aligeradas de $f'c = 210, 245, 280$ kg/cm². Universidad Continental, Huancayo, Perú.
- Destefano, M. (2021). ¿Se pueden evitar fisuras en el concreto?. Zulers Anticorrosión y protección. <http://www.zulers.com>
- Gutiérrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción (2)*. Colombia: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
- Gutiérrez, L. (2018). Evaluación de las ventajas técnicas y económicas del empleo de aditivos superplastificantes en los concretos de resistencias convencionales. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- Konstrutecnia (2020). (s.f.). *Aditivos plastificantes para concreto* En Blog: Materiales de construcción. Recuperado de <https://konstrutecnia.com>
- Miyai, J. (2019). Agregado grueso del hormigón para la construcción. Dreamstime. <https://es.dreamstime.com>
- Perú construye (2019). (15 de noviembre de 2019). *Concreto simple* En Blog: El concreto en obra: Material fundamental para la construcción. Recuperado de <https://peruconstruye.net/>

Reinar S.A. (2020). (02 de diciembre de 2016). *El concreto*. En Blog: Construcciones con concreto. Recuperado de <https://www.reinarsa.com>

Reyes, J. & Rodríguez, Y. (2010). Análisis de la resistencia a la compresión del concreto al adicionar limalla fina en un 3%, 4% y 5% respecto al peso de la mezcla. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

Supermix S.A. (2021). (s.f.). *Agregados para la elaboración de concreto* En Blog: Concretos supermix. Recuperado de <https://www.supermix.com.pe>