

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Evaluación y reparación de fisuras en estructuras de concreto

armado mediante el comité ACI 224 en el Distrito

de Vicco – Pasco 2018

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor: Bach. Rosa Katherine GARCÍA GARCÍA

Asesor: Dr. Hildebrando A. CÓNDROR GARCÍA

Cerro de Pasco- Perú- 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Evaluación y reparación de fisuras en estructuras de concreto

armado mediante el comité ACI 224 en el Distrito

de Vicco – Pasco 2018

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN
PRESIDENTE

Arq. José German RAMÍREZ MEDRANO
MIEMBRO

Mg. Pedro YARASCA CÓRDOVA
MIEMBRO

DEDICATORIA

A DIOS, quien siempre está guiando mi camino, dándome la fuerza necesaria para levantarme de las caídas, quien siempre me ilumina con su bendición.

PRINCIPALMENTE A MI MADRE, quien me brindo los recursos suficientes para tener un sustento en el futuro, quien inculco en mí, valores para ser mejor como persona y como profesional, quien me cobijo entre sus brazos cada vez que desvanecía, y quien me jalo de las orejas cada vez que, hacia algo incorrecto, quien me brinda su amor incondicionalmente.

A MI FAMILIA Y MAESTROS, quienes compartieron sus conocimientos, enseñanzas, valores y consejos; hicieron de mí una persona con valores, con grandes sueños y sobre todo con grandes decisiones.

A MIS MEJORES AMIGOS y COLEGAS DE TRABAJO, quienes siempre están a mi lado, dándome buenos consejos y apoyándome en momentos de grandes dudas y confusiones, gracias por brindarme un abrazo cálido y sincero, por estar en las buenas y en las malas.

RECONOCIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida por qué cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser; gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

Gracia por la buena experiencia dentro de mi universidad, gracias a mi alma mater por permitirme convertirme en una profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como prueba viviente en la historia de esta tesis, que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis, por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimiento, incurrir dentro de su repertorio de información mental.

RESUMEN

Este Trabajo de investigación está elaborado con el fin de determinar las principales causas de la fisuración en estructuras de concreto armado. Se presentarán los procedimientos usados para evaluar la fisuración del concreto y las principales técnicas para reparar fisuras. Se discuten los principales métodos de reparación de fisuras y se brinda una guía para su correcta aplicación.

Dentro del presente proyecto se encontrarán palabras claves como:

Auto Curado; vigas (apoyos); reacciones cemento-agregados; construcciones de concreto; losas de concreto; consolidación; corrosión; fisuración (fractura); perforación; etc.

La intención del presente trabajo de investigación es proveer lineamientos para la planificación, diseño, ejecución e inspección de las construcciones durante el proceso de construcción y luego de la puesta en funcionamiento.

Para nuestro caso se Tomará como estudio el proyecto ejecutado en el año 2015 del cual está ubicado en el distrito de Vicco (Centro penitenciario de alta seguridad- Cochamarca)

En los diversos capítulos de la presente investigación se mencionará el manual del comité ACI 224 del cual esta investigación se ha basado en todos los lineamientos y recomendaciones para su mejore ejecución y tratamiento de las fisuras evaluadas.

Palabras claves: Causas, evaluación y reparación de fisuras

ABSTRACT

This Research Work is prepared in order to determine the main causes of figuration in reinforced concrete structures. The procedures used to evaluate the figuration of concrete and the main techniques to repair cracks will be presented. The main methods of fissure repair are discussed and a guide for proper application is provided.

Within this project you will find keywords such as:

Self-Cured; beams (supports); cement-aggregate reactions; concrete constructions; concrete slabs; consolidation; corrosion; figuration (fracture); drilling; etc.

The intention of this research work is to provide guidelines for the planning, design, execution and inspection of the constructions during the construction process and after commissioning.

In our case, the project executed in 2015 will be taken as a study, which is located in the district of Vicco (High Security Penitentiary Center - Cochamarca)

In the various chapters of the present investigation, the ACI 224 committee manual will be mentioned, of which this research has been based on all the guidelines and recommendations for its better execution and treatment of the fissures evaluated

Keywords: Causes, evaluation and repair of cracks.

INTRODUCCIÓN

La fisuración del concreto es atribuible a numerosas causas. Las fisuras pueden sólo afectar la apariencia de una estructura, pero también pueden indicar fallas estructurales significativas o falta de durabilidad. Las fisuras pueden representar la totalidad del daño, pero también pueden señalar problemas de mayor magnitud. Su importancia depende del tipo de estructura, como así también de la naturaleza de la fisuración. **Por ejemplo, fisuras que pueden ser aceptables para un edificio residencial pueden no serlo para una estructura para almacenamiento de líquidos.** Las fisuras sólo se podrán reparar correctamente si se conocen sus causas y si los procedimientos de reparación seleccionados son adecuados para dichas causas; caso contrario, las reparaciones pueden durar poco. Los procedimientos de reparación exitosos a largo plazo son aquellos que atacan no sólo las propias fisuras sino también las causas de la fisuración. A fin de ayudarle al profesional a determinar cuál es la mejor solución para un determinado problema de fisuración, esta investigación discute las causas, métodos de evaluación y métodos de reparación de las fisuras del concreto. En capítulos posteriores se presenta un resumen de las causas de la fisuración, y está diseñado para brindar información útil para la evaluación de las fisuras. Luego se describe técnicas y criterios de evaluación. Para más adelante describir métodos para reparar fisuras e incluye una discusión de varias técnicas disponibles. Muchas situaciones sólo se podrán corregir completamente aplicando una combinación de métodos.

ÍNDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.2.1. Espacial	15
1.2.2. Ubicación Política.....	15
1.2.3. Temporal.....	15
1.2.4. Conceptual.....	16
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.3.1. Problema general.....	16
1.3.2. Problemas específicos	16
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	17
1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2. Objetivos específicos	17

1.5.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II:		19
MARCO TEÓRICO		19
2.1.	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	19
2.2.	BASES TEÓRICAS- CIENTÍFICAS	22
2.2.1.	Causas y Control de Fisuración	22
2.2.2.	Fisuración del Concreto Endurecido	26
2.2.3.	Evaluación de las Fisuras	53
2.2.4.	Selección de los procedimientos de reparación	59
2.2.5.	Método de reparación de Fisuras	60
2.2.6.	Intención de la norma.....	69
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	70
2.3.1.	Concreto.	70
2.3.2.	Permeable.....	70
2.3.3.	Pavimentos.	70
2.3.4.	Acabado.....	71
2.3.5.	Acero	71
2.3.6.	Adherencia.....	72
2.3.7.	Aditivos	72
2.3.8.	Agregado	72
2.3.9.	Asentamientos	73
2.4.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	73

2.4.1. Hipótesis general	73
2.4.2. Hipótesis específicas	73
2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	74
2.5.1. Variables Dependientes	74
2.5.2. Variables independientes	74
2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES.....	75
CAPITULO III:	76
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	76
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	76
3.1.1. Tipo de investigación	76
3.1.2. Nivel de investigación	76
3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	76
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	77
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	78
3.4.1. Población	78
3.4.2. Muestra	78
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	78
3.5.1. Validez y confiabilidad del instrumento.....	79
3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	79
3.6.1. Evaluación de la estructura (Administración) del centro penitenciario.	79
3.6.2. Evaluación de la estructura (Cercos pasarela) del centro penitenciario.	86

3.6.3. Evaluación de la estructura (Planta de tratamiento) del centro penitenciario	88
3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	93
3.8. SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	94
3.8.1. Validación de instrumentos	94
3.8.2. Confiabilidad de instrumentos	94
3.9. ORIENTACIÓN ÉTICA	95
CAPITULO IV:.....	96
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	96
4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO.....	96
4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	98
4.2.1. Presentación de los resultados	98
4.2.2. Análisis e interpretación de resultados	107
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS	112
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	113
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Ilustración 1: Típica Fisuración por retracción plástica.	24
Ilustración 2: Fisura formada debido a una precipitación obstruida (Price, 1982)	25
Ilustración 3: Fisuración por asentamiento de los agregados en función del tamaño de la barra o alambre, del asentamiento del hormigón y del recubrimiento (Dakhil et al., 1975)	25
Ilustración 4: Patrones de fisuración típicos en ángulos o esquinas reentrantes (Price, 1982)	48
Ilustración 5: Patrón de fisuración típico en el extremo entallado de una viga bajo cargas de servicio	48
Ilustración 6: Comparador para medir anchos de fisura (cortesía de Edmund Scientific Co.)	55
Ilustración 7: Pacómetro (localizador de armaduras) (cortesía de James Instruments).....	57
Ilustración 8: Análisis estructural de la estructura	79
Ilustración 9: Parámetros de Diseño y evaluación.....	80
Ilustración 10: Propiedades del Material	80
Ilustración 11: Análisis estructural del Cerco Pasarela.	86
Ilustración 12: Propiedades del Material	86
Ilustración 13: Propiedades del Material	93
Ilustración 14: Medición de Fisura	96
Ilustración 15: Medición de Fisura	97

Ilustración 16: Medicion de Fisura	97
Ilustración 17: filtracion a causa de fisuras.....	109
Ilustración 18: Paño con fisura del pavimento en el	111
Tabla 1: Resultados del Análisis estructural incluido máxima Fisura.....	85
Tabla 2: Resultados del Análisis estructural incluido máxima Fisura.....	93
Tabla 3: Comparación de dimensión de fisura.....	99
Tabla 4: Comparación de dimensión de fisura.....	101
Tabla 2: Comparación de dimensión de fisura.....	102
Tabla 2: Comparación de dimensión de fisura.....	107

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Fisuración que se genera en el concreto no siempre es resultado de malas prácticas, constructivas, materiales inadecuados, diseños mal elaborados y el mal control en obra. El concreto por su composición tiene gran resistencia a la compresión, sin embargo, esto no es un indicador de su durabilidad, esta característica depende de otros factores como el de impermeabilidad y en el caso de concreto armado el correcto recubrimiento de la estructura de acero. En tal sentido en la ciudad de Pasco se ha visto diversas estructuras de concreto armado donde se evidencia la presencia de fisuras de espesor variable, lo que hace que el cliente se sienta incomodo por la presencia de estas.

Por ejemplo, en el 100% de casas de la ciudad de Pasco se evidencia por lo menos una fisura, esta no necesariamente evidencia un mal comportamiento estructural ya que puede evidencia una liberación de energía. Sin embargo, los clientes sienten una incomodidad y desconfianza hacia esa fisura.

En tal sentido el problema es mayúsculo, ya que los profesionales de ingeniería civil, contratistas, clientes y otros desconocen las causas de estas fisuras, peor aún desconocen su evaluación y reparación si fuera el caso.

Hoy en día en el Perú se viene desarrollados estudios para evitar que una estructura de concreto armado sea demolida antes de su evaluación y posible reforzamiento, parte de ese estudio es la evaluación de la estructura

en relación a las fisuras que presenta, en tal sentido nuestro objetivo es evaluar las fisuras para determinar las causas y su posible mantenimiento o reparación.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Espacial

El presente trabajo de investigación se desarrollará en la ciudad de Pasco específicamente en el distrito de Vicco.

1.2.2. Ubicación Política

Región: Pasco

Provincia: Pasco

Distrito: Vicco

Localidad: Cochamarca

1.2.3. Temporal

Las condiciones climatológicas como la temperatura, velocidad de viento, humedad relativa y las bajas temperaturas influyen en las propiedades del concreto, estos parámetros tienen diversas variaciones durante todo el año en la ciudad de Pasco, por lo que la presente investigación se desarrolló y evaluó durante los meses de octubre de 2018 – mayo de 2019.

1.2.4. Conceptual

La presente investigación se encuentra enmarcada en el ámbito de la Ingeniería Civil, específicamente en el área de Tecnología del Concreto y diseño de concreto armado.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

- ¿Es Sostenible Evaluar y reparar las fisuras en estructuras de concreto armado mediante el comité ACI 224 en el distrito de Vicco - Pasco 2018?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Es Necesario determinar las causas de fisuración en estructuras de concreto armado mediante el comité ACI 224 en el distrito de Vicco - Pasco 2018?
- ¿Es Necesario Evaluar la fisuración en estructuras de concreto armado mediante el comité ACI 224 en el distrito de Vicco - Pasco 2018?
- ¿Es Necesario reparar las fisuras en estructuras de concreto armado mediante el comité ACI 224 en el distrito de Vicco - Pasco 2018?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la sostenibilidad de las estructuras de concreto armado evaluando y reparando las fisuras mediante el comité ACI 224 en el distrito de Vicco - Pasco 2018

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la sostenibilidad de las estructuras de concreto armado determinando las causas de fisuración mediante el comité ACI 224 en el distrito de Vicco - Pasco 2018
- Determinar la sostenibilidad de las estructuras de concreto armado evaluando la fisuración mediante el comité ACI 224 en el distrito de Vicco - Pasco 2018
- Determinar la sostenibilidad de las estructuras de concreto armado al reparar las fisuras mediante el comité ACI 224 en el distrito de Vicco - Pasco 2018

1.5. Justificación de la investigación

En las estructuras de concreto armado las fisuras pueden indicar importantes problemas estructurales y deslucir el aspecto de las construcciones monolíticas. Existen numerosas causas de fisuración específicas. En tal sentido el presente trabajo de investigación es importante a medida que la mayoría de profesionales de ingeniería civil desconocen las causas y problemas que pueden o no ocasionar las fisuras en diferentes tipos de edificaciones.

1.6. Limitaciones de la investigación

Son la no disposición de recursos financieros por que los costos de las pruebas de esclerómetro para dicha investigación fueron limitados debido al costo.

Son la no disposición del tiempo, porque al trabajar y al mismo tiempo realizar la investigación a fin de financiar dicha investigación, solo son días mínimos para la realización de dicha investigación.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Rehabilitacion De Pavimentos Rigidos En Base Al Estudio De La Carretera Tarija – Potosi, Autor: bachiller castillo creamer, renán alfredo. bachiller romero gil, karen lisette.

Este Trabajo de investigación está elaborado con el fin de determinar las principales causas de la fisuración de Pavimento Rígidos observando el caso de la carretera Tarija - Potosí, para seguidamente elegir el método de reparación o recuperación adecuada y las estrategias para la pavimentación de los tramos restantes. Luego de la evaluación, obtención de resultados y análisis de la mejor alternativa de rehabilitación, se asentara un precedente para próximas rehabilitaciones de pavimentos rígidos.

Es de suma importancia la acertada evaluación e identificación de los diferentes tipos de fallas, esto determinará las causas de las fallas y permitirá analizar las posibles alternativas de solución y por consiguiente la acertada elección de la alternativa de rehabilitación del pavimento rígido.

Realizaremos una investigación bibliográfica sobre los métodos de relevamiento de fallas y métodos de rehabilitación, que se emplean para ver la aplicación en futuros casos en el Perú, dentro de los métodos de

rehabilitación que estudiaremos, se verán métodos que no han sido utilizados en el país, es por esto que la tesis que estamos realizando es relevante.

Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado en vigas, columnas y muro de albañilería del mercado buenos aires, distrito de nuevo chimbote, provincia del santa, región áncash, septiembre 2016, Autor: bach. Eduardo Antonio Saldaña Cortez

La presente tesis tuvo como problema, ¿en qué medida la determinación y evaluación de las patologías del concreto en vigas, columnas y muros de albañilería del mercado buenos aires de nuevo Chimbote, provincia de Santa, región Áncash, septiembre 2016 permitirá establecer el nivel de severidad de las patologías del concreto de la estructura del mercado buenos aires?, y como objetivo general determinar y evaluar las patologías del concreto en vigas, columnas y muros de albañilería del mercado buenos aires, distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, región Áncash, septiembre 2016. La metodología utilizada fue de tipo descriptivo, de nivel cualitativo y de diseño no experimental con estudio transversal. La población lo conforma la estructura del mercado buenos aires, y la muestra una fracción de todas las vigas, columnas y muros de albañilería establecida en 23 unidades de muestra. Para la recolección de datos se utilizó la ficha de identificación de la edificación y la ficha de determinación de patologías, y para el análisis de las unidades de muestra se utilizó la ficha de evaluación de patología, con esto se obtuvieron las siguientes conclusiones: existen 6

tipos de patologías en la edificación, erosión (0.77%), grietas (2.12%), fisuras (1.66%), desprendimiento(1.29%), eflorescencia (20.47%) y corrosión (0.98%), siendo la patología más predominante la eflorescencia con 20.47% y con un nivel de severidad media. Se concluye que el nivel de severidad de la edificación es de nivel media.

Donde tiene como conclusiones:

- Se identificó que el área afectada tiene un total de 27.28%, mientras que el área no afectada fue de 72.72%. Así mismo se identificó 6 patologías del concreto, erosión, grietas, fisuras, desprendimiento, eflorescencia y corrosión.
- Se analizó las patologías en vigas, columnas y muros de albañilería de la edificación obteniendo como resultados que la erosión presenta el 0.77% del área total observada, las grietas el 2.12%, las fisuras el 1.66%, el desprendimiento el 1.29%, la eflorescencia el 20.47 % y la corrosión 0.98%. De lo anterior se obtuve que la patología predominante es la eflorescencia con un 20.47% con un nivel de severidad media.
- El nivel de severidad de la muestra que comprenden vigas, columnas y muros de albañilería confinada es de nivel media, siendo la patología más perjudicial a corto plazo la corrosión en el caso de vigas estructurales, y a largo plazo la eflorescencia en la viga estructural, en las columnas la patología más perjudicial es la corrosión, y en el muro de albañilería la patología más perjudicial es la eflorescencia. Así mismo la ficha 5, 7, 18,

19, 20, 21 y 22 presentan corrosión el cual es una patología que debilita la resistencia de la estructura.

2.2. Bases teóricas- científicas

2.2.1. Causas y Control de Fisuración

En esta parte se presenta un breve resumen de las causas de la fisuración y los medios para el control de la misma. Las fisuras se caracterizan como fisuras en concreto en estado plástico o fisuras en concreto endurecido (Kelly, 1981; Price, 1982). Además de la información proporcionada en este documento, otros textos como ACI 224R y los artículos de Carlson et al. (1979), Kelly (1981), Price (1982) y Abdun-Nur (1983) presentan detalles adicionales.

2.2.1.1. Fisuración del concreto en estado plástico

a) Fisuración por retracción plástica

"La fisuración por retracción plástica ocurre cuando está sujeto a una pérdida de humedad muy rápida provocada por una combinación de factores que incluyen las temperaturas del aire y el concreto, la humedad relativa y la velocidad del viento en la superficie del concreto. Estos factores pueden combinarse de manera de provocar niveles altos de evaporación superficial tanto en clima caluroso como en clima frío." Si la humedad se evapora de la superficie del concreto recién colocado más rápido de lo que puede ser reemplazada por el agua de exudación, el concreto superficial se contrae. Debido a la restricción proporcionada por

el concreto debajo de la capa superficial que se seca, en el concreto débil, plástico y en proceso de rigidización se desarrollan tensiones de tracción que provocan fisuras poco profundas pero de profundidad variable, que pueden formar un patrón poligonal aleatorio, o bien pueden aparecer básicamente paralelas unas a otras. Estas fisuras a menudo son bastante anchas en la superficie. Su longitud varía entre pocos milímetros y más de un metro, y su separación puede ser de pocos milímetros o de hasta 3 m. Las fisuras por retracción plástica comienzan como fisuras de poca profundidad, pero pueden convertirse en fisuras cuya profundidad abarque la totalidad de la altura del elemento. Como la fisuración por retracción plástica se debe a un cambio diferencial de volumen del hormigón, las medidas de control para ser exitosas, requieren reducir el cambio diferencial de volumen entre la superficie y otras partes del concreto.

Para impedir la rápida pérdida de humedad provocada por el tiempo caluroso y los vientos secos se pueden adoptar varias medidas, descritas en los documentos ACI 224R, ACI 302.1R, ACI 305R. Estas medidas incluyen el uso de boquillas de niebla para saturar el aire en contacto con las superficies, y el uso de láminas plásticas para cubrir las superficies entre operaciones de acabado. También resultan útiles los rompevientos que reducen la velocidad del viento y los parasoles que reducen la temperatura

superficial. Otra práctica recomendable es programar la construcción de losas y pavimentos para después que estén construidos los rompevientos.

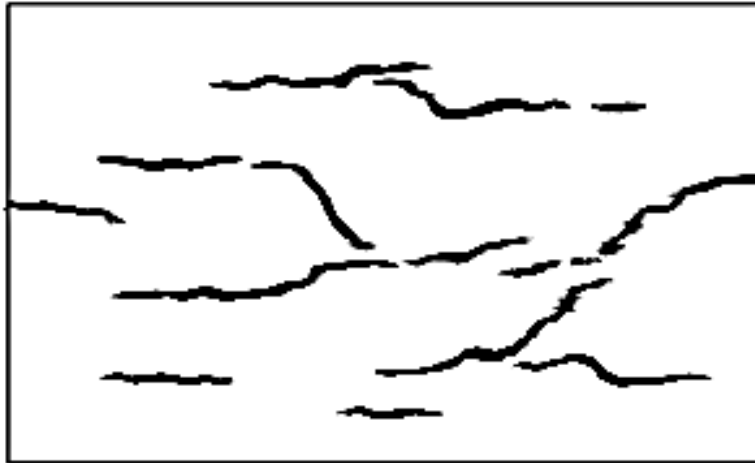


Ilustración 1: Típica Fisuración por retracción plástica.

2.2.1.2. Fisuración por precipitación de los agregados

Luego de su colocación inicial, vibrado y el acabado, el hormigón tiende a continuar consolidándose. Durante este período el hormigón plástico puede estar restringido por las armaduras, por una colada previa de hormigón o por los encofrados. Estas restricciones localizadas pueden provocar vacíos y/o fisuras adyacentes al elemento que impone la restricción. Si está relacionado con las armaduras, la fisuración por asentamiento de los agregados aumenta a medida que aumenta el tamaño de las barras, que aumenta el asentamiento del hormigón y disminuye el recubrimiento (Dakhil et al., 1975). Esto se ilustra en las figuras siguientes para un rango limitado de las variables. El grado de fisuración por asentamiento se puede intensificar si el vibrado es

insuficiente o si se emplean encofrados muy flexibles o con pérdidas

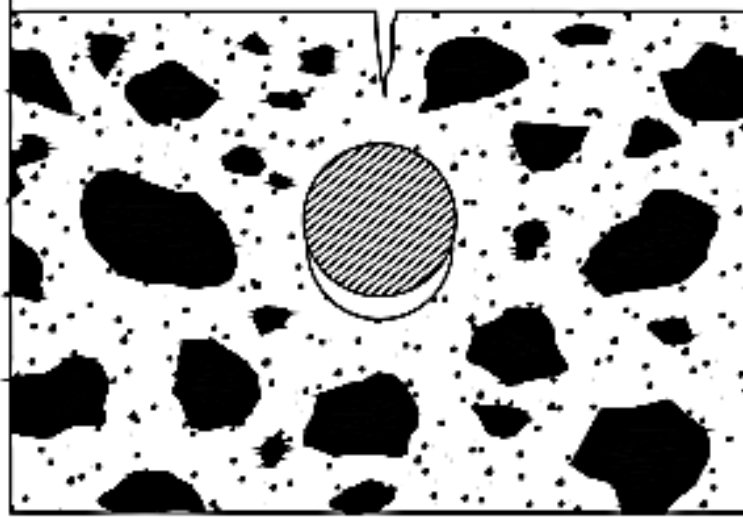


Ilustración 2: Fisura formada debido a una precipitación obstruida (Price, 1982)

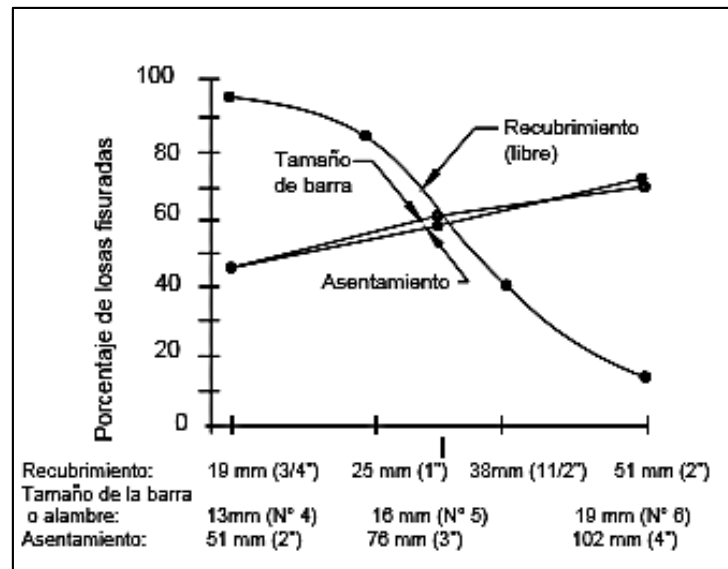


Ilustración 3: Fisuración por asentamiento de los agregados en función del tamaño de la barra o alambre, del asentamiento del hormigón y del recubrimiento (Dakhil et al., 1975)

El diseño de los encofrados (ACI 347R) y su vibrado (y revibrado), prever un intervalo de tiempo entre la colocación de hormigón en

columnas o vigas de gran altura y la colocación de hormigón en losas y vigas (ACI 309.2R), la utilización de un hormigón con el menor asentamiento posible y el aumento del recubrimiento de hormigón son medidas que reducen la fisuración por asentamiento de los agregados.

2.2.2. Fisuración del Concreto Endurecido

2.2.2.1. Retracción por secado

Una causa habitual de la fisuración del hormigón es la restricción de la retracción por secado. La retracción por secado es provocada por la pérdida de humedad de la pasta cementicia, la cual se puede contraer hasta un 1%. Por fortuna, los agregados proveen una restricción interna que reduce la magnitud de este cambio de volumen a aproximadamente 0,06%. Cuando se humedece el hormigón tiende a expandirse. Estos cambios de volumen inducidos por los cambios de humedad son una característica propia del hormigón. Si la retracción del hormigón se produjera de manera no restringida el hormigón no se fisuraría. Es la combinación de la retracción y la restricción (generalmente proporcionada por otra parte de la estructura o por la subrasante) lo que provoca el desarrollo de tensiones de tracción. Cuando se supera la resistencia a la tracción del hormigón éste se fisura. Las fisuras se pueden propagar a tensiones mucho menores que las requeridas para provocar el inicio de la fisuración. En los

elementos de hormigón masivo hay tensiones de tracción provocadas por la retracción diferencial entre el hormigón de la superficie y el hormigón del interior de la masa. La mayor retracción de la superficie provoca el desarrollo de fisuras, que con el tiempo pueden penetrar más profundamente hacia el interior del hormigón.

La magnitud de las tensiones de tracción inducidas por los cambios de volumen está influenciada por una combinación de diferentes factores, incluyendo la magnitud de la retracción, el grado de restricción, el módulo de elasticidad y la magnitud de la fluencia lenta. La magnitud de la retracción por secado depende principalmente de la cantidad y tipo de agregados y del contenido de agua de la mezcla. Cuanto mayor sea la cantidad de agregados, menor será la retracción (Pickett, 1956). Cuanto más rígido sea el agregado, más efectivo será para reducir la retracción del hormigón (por ejemplo, la retracción de un hormigón que contiene arenisca puede ser más del doble que la de un hormigón que contiene granito, basalto o caliza (Carlson, 1938)). Cuanto mayor sea el contenido de agua, mayor será la retracción por secado (U.S. Bureau of Reclamation, 1975). La fisuración superficial irregular en muros y losas (piel de cocodrilo) constituye un ejemplo de retracción por secado a pequeña escala. Generalmente hay fisuración irregular cuando la capa superficial

tiene mayor contenido de humedad que el interior del hormigón. El resultado es una serie de fisuras finas y poco profundas, con poca separación. La retracción por secado se puede reducir aumentando la cantidad de agregado y reduciendo el contenido de agua. Un procedimiento que ayudará a reducir la fisuración por asentamiento de los agregados, como así también la retracción por secado de muros, consiste en reducir el contenido de agua del hormigón a medida que se cuela el muro, desde la parte inferior a la parte superior. Usando este procedimiento, el agua de exudación de las partes inferiores del muro tenderá a igualar el contenido de agua dentro del muro. Para que este procedimiento sea exitoso es fundamental controlar el hormigón cuidadosamente y compactarlo de manera adecuada. La fisuración por retracción se puede controlar utilizando juntas de contracción y un adecuado detallado de las armaduras. La fisuración por retracción también se puede reducir utilizando cemento compensador de la retracción. Reducir o eliminar la restricción bajo una losa también puede ser una medida efectiva para reducir la fisuración por retracción de losas de cimentación (Wimsatt et al., 1987). Los requisitos mínimos de ACI 318 no siempre resultan adecuados para casos donde el control de la fisuración es particularmente importante. Estos temas se evalúan con mayor detalle en ACI 224R, publicación que describe prácticas constructivas

adicionales, diseñadas para ayudar a controlar la fisuración por retracción por secado que efectivamente ocurre, y en ACI 224.3R, documento que describe el uso y la función de las juntas en las construcciones de hormigón.

2.2.2.2. Tensión de origen térmico

Las diferencias de temperatura dentro de una estructura de hormigón pueden ser 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. Estas diferencias de temperatura ocasionan cambios diferenciales de volumen. Si las tensiones de tracción provocadas por los cambios diferenciales de volumen superan la capacidad de deformación por tracción del hormigón, éste se fisurará. Los diferenciales de temperatura provocados por diferentes tasas de disipación del calor de hidratación del cemento normalmente sólo afectan al hormigón masivo (que puede incluir columnas, estribos, vigas y zapatas, además de presas), mientras que los diferenciales de temperatura provocados por cambios de la temperatura ambiente pueden afectar a cualquier estructura. La fisuración del hormigón masivo se puede deber a una temperatura en la superficie de la masa mayor que la temperatura en el interior de la misma. El gradiente de temperatura puede ocurrir ya sea

porque la parte central del hormigón se calienta más que la parte exterior por el calor liberado durante el proceso de hidratación del cemento, o bien por un enfriamiento más rápido del exterior respecto del interior del hormigón. En ambos casos se originan tensiones de tracción en el exterior y, si estas tensiones superan la resistencia a la tracción, habrá fisuración. Las tensiones de tracción son proporcionales al diferencial de temperatura, el coeficiente de expansión térmica, el módulo de elasticidad efectivo (reducido por la fluencia lenta) y el grado de restricción (Dusinberre, 1945; Houghton, 1972, 1976). Cuanto más masiva sea la estructura, mayor será su potencial de generar gradientes térmicos y fisurarse. Los procedimientos para reducir la fisuración de origen térmico incluyen reducir la máxima temperatura interna, demorar el inicio del enfriamiento, controlar la velocidad a la cual se enfría el hormigón y aumentar la resistencia a la tracción del hormigón. En los documentos ACI 207.1R, ACI 207.2R, ACI 207.4R y ACI 224R se presentan estos y otros métodos utilizados para reducir la fisuración del hormigón masivo. El hormigón endurecido tiene un coeficiente de expansión térmica que puede variar entre 7 a 11 x 10⁻⁶ C, con un valor típico de 10 x 10⁻⁶ C. Si una parte de la estructura es sometida a un cambio de volumen de origen térmico, es probable que haya fisuración de origen térmico. Los diseñadores deberían prestar particular atención a las

estructuras en las cuales algunas partes están expuestas a cambios de temperatura mientras otras están parcial o totalmente protegidas. Una caída de temperatura podría provocar la fisuración de los elementos expuestos, mientras que un aumento de temperatura podría provocar fisuración en los elementos protegidos. Los gradientes de temperatura provocan deflexiones y rotaciones en los elementos estructurales; si éstos están restringidos se pueden generar tensiones elevadas (Priestley, 1978; Hoffman et al., 1983; ACI 343R). Este problema se puede aliviar permitiendo el movimiento por medio de juntas de contracción correctamente diseñadas y detallando las armaduras adecuadamente.

2.2.2.3. Reacciones Químicas

Algunas reacciones químicas pueden provocar la fisuración del hormigón. Estas reacciones pueden ser producto de los materiales utilizadas para preparar el hormigón, o de los materiales que están en contacto con el hormigón una vez endurecido

A continuación presentamos algunos conceptos útiles para reducir las reacciones químicas adversas, pero sólo el ensayo previo de las mezclas a utilizar o una gran experiencia en obra pueden determinar la eficacia de una medida en particular. Con el tiempo el hormigón se puede fisurar como resultado de reacciones expansivas de desarrollo lento producidas entre los agregados

que contienen sílice activa y los álcalis derivados de la hidratación del cemento, aditivos o fuentes externas (por ejemplo, el agua usada para el curado, el agua freática, las soluciones alcalinas almacenadas o empleadas en la estructura terminada). La reacción álcali-sílice provoca la formación de un gel expansivo que tiende a extraer agua de otras partes del hormigón. Esto provoca expansiones locales junto con las correspondientes tensiones de tracción, y eventualmente puede provocar el deterioro total de la estructura. Las medidas de control incluyen la correcta elección de los agregados, el uso de cementos con bajo contenido de álcalis y el uso de puzolanas, las cuales a su vez contienen sílices muy finas y altamente activas. La primera medida puede impedir que ocurra el problema, mientras que las dos últimas tienden a reducir la relación entre álcalis y sílice reactiva, provocando la formación de un silicato de calcio alcalino no expansivo. Ciertas rocas carbonatadas participan en reacciones con los álcalis; en algunos casos estas reacciones producen expansión y fisuración. Estas reacciones álcali-carbonato perjudiciales generalmente están asociadas con calizas dolomíticas y arcillosas que tienen una estructura granular muy fina (criptocristalina) (ACI 201.2R). El hormigón afectado se caracteriza por un patrón de fisuración en red. Esta reacción se distingue de la reacción álcali-sílice por la ausencia de depósitos superficiales de gel de sílice en las fisuras.

El problema se puede minimizar evitando los agregados reactivos, diluyendo con agregados no reactivos, utilizando un menor tamaño máximo de agregado y utilizando cemento de bajo contenido de álcalis (ACI 201.2R). Las aguas sulfatadas representan un problema para el hormigón desde el punto de vista de su durabilidad. Los sulfatos que penetran en la pasta cementicia hidratada entran en contacto con el aluminato de calcio hidratado. Se forma un sulfoaluminato de calcio, con el consiguiente aumento de volumen, que provoca elevadas tensiones de tracción localizadas, que a su vez provocan el desarrollo de fisuras poco separadas y un deterioro generalizado del hormigón. Los cementos pórtland de bajo contenido de aluminato tricálcico (ver las normas IRAM 50000 e IRAM 5001), pueden reducir la gravedad del problema. (Atención: en el documento original se hace referencia a "cementos pórtland ASTM C 150 Tipos II y V, de bajo contenido de aluminato tricálcico"). Los cementos compuestos (ver las normas IRAM 50000 e IRAM 50001) también son útiles para este problema.(Atención: en el documento original se hace referencia a "los cementos mezclados especificados en ASTM C 595"). En algunos casos extremos y luego de realizar los ensayos correspondientes, se podrían usar puzolanas que son conocidas por impartir una resistencia adicional contra el ataque de los sulfatos, obviamente luego de

realizar los ensayos correspondientes. También pueden surgir condiciones perjudiciales como resultado de la aplicación de sales descongelantes sobre una superficie de hormigón endurecido. El hormigón expuesto a sales solubles en agua debería tener un elevado contenido de aire incorporado, tener un adecuado recubrimiento de las armaduras y ser hormigón de alta calidad y baja permeabilidad. En ACI 201.2R se discuten en mayor profundidad los efectos de estos y otros problemas relacionados con la durabilidad del hormigón. El hidróxido de calcio de la pasta cementicia hidratada se combinará con el dióxido de carbono del aire para formar carbonato de calcio. Debido a que el carbonato de calcio tiene menor volumen que el hidróxido de calcio, habrá retracción (habitualmente conocida como retracción por carbonatación). Esta situación puede provocar un importante grado de fisuración irregular en las superficies de hormigón, y puede ser particularmente grave en el caso de superficies frescas recién colocadas durante las primeras 24 horas si se usan calentadores sin ventilación adecuada para mantener el hormigón tibio durante los meses invernales. A excepción de la carbonatación superficial, es poco lo que se puede hacer para proteger o reparar el hormigón que ha estado expuesto a los ataques químicos descritos en los párrafos precedentes (ACI 201.2R).

2.2.2.4. Meteorización

Los procesos de meteorización que pueden provocar fisuración, incluyen el congelamiento, deshielo, humedecimiento, secado, calentamiento y enfriamiento. En general la fisuración provocada por los procesos naturales de meteorización es conspicua, y puede dar la impresión de que el hormigón está a punto de desintegrarse, aún cuando el deterioro no haya progresado mucho debajo de la superficie. Los daños provocados por los ciclos de congelamiento y deshielo representan el deterioro físico más habitual relacionado con las condiciones meteorológicas. Tanto el congelamiento del agua de la pasta como el congelamiento del agua en los agregados, o ambos fenómenos, pueden dañar el hormigón (Powers, 1975). Los daños en el hormigón endurecido provocados por el congelamiento se deben al movimiento del agua hacia los sitios de congelamiento y a la presión hidráulica generada por el crecimiento de cristales de hielo (Powers, 1975). Las partículas de agregado están rodeadas por pasta cementicia que impide que el agua escape rápidamente. Cuando las partículas de agregado están por encima de un grado crítico de saturación, la expansión del agua absorbida durante el congelamiento puede fisurar la pasta cementicia circundante o dañar el propio agregado (Callan, 1952; Snowdon y Edwards, 1962). La mejor manera de proteger al hormigón 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. También es importante el curado previo a la exposición a condiciones de congelamiento. Permitir que la estructura se seque luego del curado mejorará su durabilidad con respecto al congelamiento y deshielo. Otros procesos de meteorización que pueden provocar la fisuración del hormigón son los ciclos de humedecimiento y secado y calentamiento y enfriamiento. Ambos procesos generan cambios de volumen que pueden provocar fisuración.

2.2.2.5. Corrosión de las armaduras

La corrosión de un metal es un proceso electroquímico que requiere un agente oxidante, humedad y flujo de electrones dentro del metal; se producen una serie de reacciones químicas en la superficie del metal y cerca de la misma (ACI 201.2R). La clave para proteger un metal contra la corrosión es detener o invertir las reacciones químicas. Esto se puede lograr cortando los suministros de oxígeno o humedad, o proveyendo un exceso de electrones en los ánodos para impedir la formación de los iones metálicos (protección catódica). El acero de las armaduras del hormigón generalmente no se corroe ya que en el ambiente altamente alcalino se forma un recubrimiento de óxido protector, fuertemente adherido al acero. Esto se conoce como protección

pasiva. Sin embargo, el acero de las armaduras se puede corroer si la alcalinidad del hormigón 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, cuyo volumen es mucho mayor que el del hierro metálico original (Verbeck, 1975). Este aumento de volumen provoca tensiones radiales de estallido alrededor de las barras de armadura, y la consiguiente aparición de fisuras radiales localizadas. Estas fisuras radiales se pueden propagar a lo largo de la barra, provocando la formación de fisuras longitudinales (es decir, paralelas a la barra) o provocando el descascaramiento del hormigón. 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. Las fisuras permiten que el oxígeno, la humedad y los cloruros ingresen fácilmente; por lo tanto, las pequeñas fisuras radiales pueden crear una condición que acelerará la corrosión y la fisuración. Las fisuras transversales a las armaduras generalmente no causan un proceso continuo de corrosión de las armaduras, siempre que el hormigón tenga baja permeabilidad. Esto se debe a que la porción expuesta de una barra en una fisura actúa como un ánodo. A edades tempranas, cuanto más ancha

sea la fisura mayor será la corrosión, simplemente porque una parte más extensa de la barra ha perdido su protección pasiva. Sin embargo, para que haya un proceso continuo de corrosión, debe haber oxígeno y humedad disponible en otras partes de la misma barra o en barras eléctricamente conectadas por contacto directo o por medio de herrajes tales como los soportes de las armaduras. Si la combinación de densidad y espesor de recubrimiento de hormigón restringe adecuadamente el flujo de oxígeno y humedad, se dice que el proceso de corrosión es autocurante (Verbeck, 1975). Si se forma una fisura longitudinal paralela a la armadura, la corrosión puede continuar, ya que se pierde la pasividad en muchos puntos y hay oxígeno y humedad fácilmente disponibles a lo largo de toda la longitud de la fisura. Otras causas de fisuración longitudinal, como por ejemplo la presencia de elevadas tensiones de adherencia, tracción transversal (por ejemplo a lo largo de estribos o a lo largo de losas traccionadas en dos direcciones), retracción y asentamiento, pueden iniciar la corrosión. En general, para las construcciones de hormigón la mejor protección contra los daños inducidos por la corrosión es usar hormigón de baja permeabilidad y un recubrimiento de hormigón adecuado. Aumentar el espesor del recubrimiento de hormigón sobre las armaduras resulta efectivo para demorar el proceso de corrosión y también para resistir las hendiduras y descascamientos

provocados por la corrosión o las tracciones transversales (Gergely, 1981; Beeby, 1983). En el caso de barras de gran diámetro y recubrimientos de gran espesor, puede ser necesario agregar pequeñas armaduras transversales (manteniendo los requisitos sobre recubrimiento mínimo) para limitar las hendiduras y para reducir el ancho de las fisuras superficiales (ACI 345R). Si las condiciones de exposición son extremadamente severas es posible que sea necesario adoptar medidas de protección adicionales. Hay varias opciones disponibles, tales como el uso de armaduras recubiertas, selladores o sobrecapas encima del hormigón, aditivos inhibidores de la corrosión y protección catódica (NCHRP Synthesis 57). Cualquier procedimiento que impida de manera efectiva que el oxígeno y la humedad accedan a la superficie de acero, o invierta el flujo de electrones en el ánodo, protegerá el acero. En la mayoría de los casos se debe permitir que el hormigón respire, es decir que cualquier tratamiento superficial del hormigón debe permitir que el agua del hormigón se evapore.

2.2.2.6. Prácticas constructivas inadecuadas

Existe una gran variedad de prácticas constructivas inadecuadas cuyo resultado puede ser la fisuración del hormigón. Entre ellas la más habitual es la costumbre de agregarle agua al hormigón para mejorar su trabajabilidad. El agua agregada reduce la resistencia,

aumenta el asentamiento y aumenta la retracción por secado. Si esta práctica se combina con el uso de un mayor contenido de cemento para contrarrestar la reducción de la resistencia, el aumento del contenido de agua significará un aumento del diferencial de temperatura entre el interior y el exterior de la estructura, cuyo resultado será un aumento de las tensiones térmicas y posiblemente, fisuración. Si se agrega cemento, aún manteniendo constante la relación agua-cemento, habrá más retracción porque aumentará el volumen relativo de pasta. La falta de curado aumentará el grado de fisuración de una estructura de hormigón. Terminar el curado antes de tiempo permitirá mayor retracción en un momento en el cual el hormigón aún tiene baja resistencia. La falta de hidratación del cemento, debida al secado, resultará no sólo en una disminución de la resistencia a largo plazo sino también en una reducción de la durabilidad de la estructura. Otros problemas constructivos que pueden provocar fisuración son el uso de apoyos inadecuados para los encofrados, una compactación inadecuada y la colocación de juntas de contracción en puntos de tensión elevada. La falta de apoyo para los encofrados o la compactación inadecuada pueden provocar el asentamiento y la fisuración del hormigón antes que éste haya desarrollado resistencia suficiente para soportar su propio peso, mientras que la incorrecta ubicación de las juntas de construcción

puede provocar la abertura de las juntas en los puntos de tensión elevada. Los métodos para impedir la fisuración provocada por estas y otras prácticas constructivas inadecuadas son bien conocidos (ver ACI 224R, ACI 302.1R, ACI 304R, ACI 305R, ACI 308, ACI 309R, ACI 345R y ACI 347R), pero requieren especial atención para asegurar su correcta implementación.

2.2.2.7. Sobre cargas durante la Construcción

A menudo las cargas inducidas durante la construcción pueden ser mucho más severas que las que soportará la estructura en servicio. Desafortunadamente, estas condiciones se pueden dar a edades tempranas cuando el hormigón es más susceptible de ser dañado y con frecuencia originan fisuras permanentes. Los elementos premoldeados, tales como vigas y paneles, son los más expuestos a este tipo de abuso, pero el hormigón colado in situ no está exento de ser afectado. Un error común es no apoyar correctamente los elementos premoldeados durante su transporte y montaje. El uso de puntos de elevación arbitrarios o simplemente convenientes puede provocar daños severos. Los ganchos y pasadores usados para levantar estos elementos deben ser detallados o aprobados por el diseñador. Si no es posible utilizar ganchos o pasadores, se debe proveer acceso al fondo del elemento de manera de poder usar correas. El Comité PCI sobre Criterios de Control de la Calidad (1985, 1987) proporciona

información adicional sobre las causas, prevención y reparación de las fisuras relacionadas con la fabricación y transporte de vigas, columnas, losas de núcleo hueco y vigas doble T de hormigón premoldeado o pretensado. Los operarios de los equipos elevadores deben ser cuidadosos y saber que es posible provocar daños aún cuando se utilicen los accesorios adecuados. Si una viga o panel de grandes dimensiones se baja demasiado rápido y el descenso se detiene demasiado bruscamente, habrá una carga de impacto cuya magnitud puede ser varias veces mayor que el peso propio del elemento. Otro error habitual que se debe evitar es hacer palanca sobre una esquina de un panel para levantarlo o "aflojarlo". Al considerar cómo se apoyará un elemento para su transporte, el diseñador debe ser consciente de las cargas que se pueden inducir durante el traslado. Algunos ejemplos de situaciones que ocurren durante el transporte de elementos premoldeados de grandes dimensiones por medio de camiones con acoplado son el pasar sobre cordones pronunciados o pisar el cordón de las aceras en curvas cerradas, la torsión debida al peralte de los caminos que es diferente para el camión y para el acoplado, y la aceleración diferencial del acoplado respecto del camión. Las vigas pretensadas pueden presentar problemas de fisuración particulares en el momento de relajar la tensión – generalmente cuando las vigas tienen menos de un día de edad.

Si hay múltiples cables, éstos se deben relajar siguiendo una secuencia determinada, de manera de no someter el elemento a cargas excéntricas inaceptables. Si se relajan todos los cables de un lado de la viga mientras los cables del otro lado permanecen tensionados, puede haber fisuración del lado de los cables no relajados. Estas fisuras son indeseables, pero es probable que se cierren cuando se relajen los cables restantes. En las vigas T que tienen una de sus alas altamente reforzada y la otra delgada y altamente pretensada, se pueden desarrollar fisuras en las uniones entre el alma y las alas. Otra práctica que puede provocar fisuración cerca de los extremos de las vigas es soldar por puntos las placas de apoyo al banco de colado para mantenerlas en su lugar durante la colocación del hormigón. Con frecuencia los puntos de soldadura no se rompen hasta que durante la aplicación de la fuerza de pretensado se induce una tensión suficiente para romperlos. Hasta ese momento el fondo de la viga está restringido, mientras que el resto de la viga está en compresión. Si las soldaduras son demasiado fuertes se formarán fisuras cerca de las placas de apoyo. Los choques térmicos pueden provocar la fisuración del hormigón curado al vapor si no se lo trata correctamente. El máximo valor de enfriamiento utilizado habitualmente es de 40 °C por hora (ACI 517.2R; Verbeck, 1958; Shideler y Toennies, 1963; Kirkbride, 1971b). Si se usan

agregados frágiles y la capacidad de deformación es baja, el valor del enfriamiento debería ser menor. Se deberían aplicar restricciones de temperatura a toda la viga, no sólo a ubicaciones en las cuales se monitorea la temperatura. Si se retiran las cubiertas protectoras que retienen el calor para acceder a los extremos de las vigas y cortar los cables, y si la temperatura ambiente es baja, se pueden producir choques térmicos. Raramente hay registradores de temperatura en estas zonas críticas. También existen condiciones similares y potencial de fisuración en el caso de bloques, cordones y paneles premoldeados sujetos a una brusca disminución de la temperatura superficial. Muchos creen que los enfriamientos bruscos pueden provocar fisuración sólo en las capas superficiales de unidades de gran espesor, y que los enfriamientos rápidos no perjudican la resistencia ni la durabilidad de los productos premoldeados (ACI 517.2R; Mansfield, 1948; Nurse, 1949; Higginson, 1961; Jastrzebski, 1961; Butt et al., 1969; Kirkbride, 1971a; Concrete Institute of Australia, 1972; PCI Energy Committee, 1981). Una excepción es la fisuración transversal observada en vigas pretensadas sujetas a enfriamiento antes de relajar la tensión de pretensado. Por este motivo, los elementos pretensados se deberían relajar inmediatamente después de discontinuar el curado al vapor (PCI Energy Committee, 1981). En climas fríos el

hormigón colado in situ puede ser sometido involuntariamente a cargas constructivas, si se emplean calentadores para lograr una temperatura de trabajo elevada dentro de una estructura. Típicamente se utilizan cubiertas de lona para cubrir las aberturas para puertas y ventanas, y dentro del área cerrada se disponen potentes calentadores. Si los calentadores están próximos a los elementos de hormigón exteriores, puede producirse un gradiente térmico inaceptable dentro de dichos elementos. El interior del muro se expandirá en relación con el exterior. Para minimizar este efecto, los calentadores se deberían mantener alejados de los muros exteriores. Esto constituye una buena práctica, ya que también evitará retracción por secado y fisuración por carbonatación localizadas. Durante la etapa constructiva el almacenamiento de los materiales y la operación de los equipos pueden provocar condiciones de carga mucho más severas que aquellas para las cuales se diseñó la estructura. Los daños originados por sobrecargas constructivas no previstas sólo se pueden impedir si los diseñadores proporcionan información sobre limitaciones de carga para la estructura y si el personal cumple con estas limitaciones.

2.2.2.8. Errores de Diseño y detallado

Las consecuencias de un diseño y/o detallado incorrecto van desde estructuras no satisfactorias desde el punto de vista estético

hasta la falta de serviciabilidad o fallas catastróficas. Estos problemas sólo se pueden minimizar por medio de una profunda comprensión del comportamiento estructural (en su sentido más amplio). Los errores de diseño y detallado que pueden provocar fisuración inaceptable incluyen 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 restricción de elementos sujetos a cambios de volumen provocados por variaciones de temperatura y humedad, la falta de juntas de contracción adecuadas y el incorrecto diseño de las fundaciones, que provoca movimientos diferenciales dentro de la estructura. Kaminetzky (1981) y Price (1982) presentan ejemplos de estos problemas. Los ángulos reentrantes permiten la concentración de tensiones y, por lo tanto, son ubicaciones preferenciales para el inicio de fisuras. Ya sea que las elevadas tensiones sean el resultado de cambios de volumen, cargas en el plano o flexión, el diseñador debe reconocer que las tensiones siempre son elevadas cerca de esquinas o ángulos reentrantes. Algunos ejemplos bien conocidos son las aberturas para puertas y ventanas en los muros de hormigón y los extremos de las vigas entalladas, ilustrados en las siguientes figuras. Para mantener las inevitables fisuras poco abiertas e impedir su propagación, se requiere armadura diagonal correctamente anclada. El uso de una

cantidad inadecuada de armadura puede provocar fisuración excesiva. Un error típico consiste en armar un elemento ligeramente porque se trata de un " elemento no estructural." Sin embargo, el elemento (por ejemplo un muro) puede estar unido al resto de la estructura de una manera tal que se requiera que soporte gran parte de la carga una vez que la estructura se comienza a deformar. Entonces el "elemento no estructural" comienza a soportar carga de manera proporcional a su rigidez. Debido a que este elemento no ha sido detallado para actuar estructuralmente, se pueden producir fisuras antiestéticas aun cuando la seguridad de la estructura no esté en riesgo. La restricción de elementos sujetos a cambios de volumen frecuentemente provoca fisuración. Las tensiones que se pueden generar en el hormigón debido a la restricción de la fluencia lenta, los diferenciales de temperatura y la retracción por secado pueden ser mucho mayores que las tensiones provocadas por las cargas. No es difícil que una losa o una viga restringida e impedida de acortarse, aún si está pretensada, desarrolle tensiones de tracción suficientes para provocar fisuración. Los muros bien diseñados deberían tener juntas de contracción separadas entre una y tres veces la altura del muro. Se debería permitir el movimiento de las vigas. Las construcciones postesadas coladas in situ que no permiten que un elemento pretensado se acorte pueden provocar

la fisuración tanto del elemento como de la estructura de apoyo (Libby,1977). El problema de la restricción de los elementos estructurales es particularmente serio en los elementos pretensados y premoldeados que se sueldan a los apoyos en ambos extremos. En combinación con otros detalles problemáticos (ángulos reentrantes, etc.) puede resultar catastrófico (Kaminetzki, 1981; Mast, 1981)

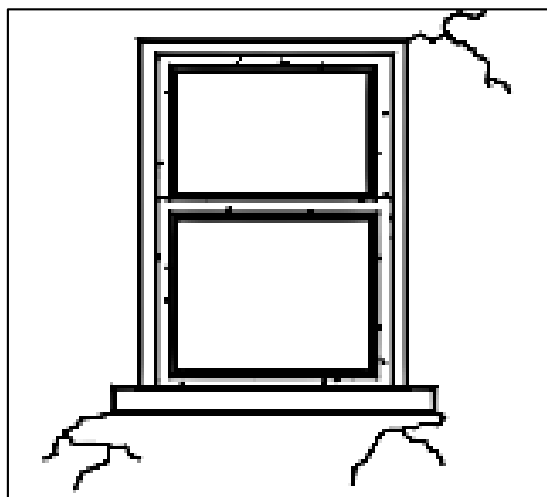


Ilustración 4: Patrones de fisuración típicos en ángulos o esquinas reentrantes (Price, 1982)

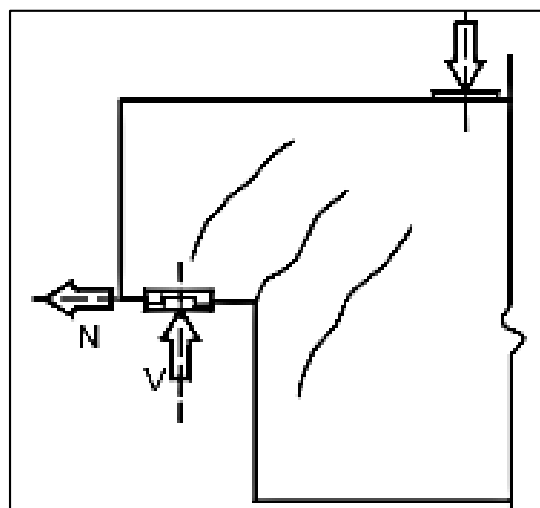


Ilustración 5: Patrón de fisuración típico en el extremo entallado de una viga bajo cargas de servicio

Las fundaciones mal diseñadas pueden provocar movimientos diferenciales excesivos dentro de una estructura. Si el movimiento diferencial es relativamente pequeño, el problema de la fisuración será puramente estético. Sin embargo, si se produce un importante asentamiento diferencial, es posible que la estructura no sea capaz de redistribuir las cargas con la velocidad suficiente para impedir la falla. Una de las ventajas del hormigón armado es que, si el movimiento se produce durante un período de tiempo suficientemente largo, la fluencia lenta permitirá que haya al menos alguna redistribución de la carga. La importancia del correcto diseño y detallado dependerá de la estructura y las cargas particulares involucradas. Se debe tener especial cuidado en el diseño y detallado de aquellas estructuras en las cuales la fisuración podría provocar problemas de serviciabilidad importantes. Estas estructuras también requieren inspecciones continuas durante todas las fases de la construcción para suplementar el diseño y detallado.

2.2.2.9. Cargas Aplicadas exteriormente

Se sabe que las tensiones de tracción inducidas por las cargas provocan la fisuración de los elementos de hormigón. Este hecho es reconocido y aceptado por todos los involucrados en el diseño del hormigón. Los procedimientos de diseño actuales (ACI 318 y las Especificaciones Normalizadas para Puentes Carreteros de

AASHTO) utilizan 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. El estado actual del conocimiento sobre elementos flexionados constituye la base de las siguientes conclusiones generales sobre las variables que controlan la fisuración: El ancho de fisura aumenta con el aumento de la tensión de las armaduras, el espesor del recubrimiento y la sección de hormigón que rodea cada una de las barras. De todas estas variables la más importante es la tensión del acero de las armaduras. El diámetro de las barras no es una consideración importante. El ancho de una fisura en la parte inferior de una viga aumenta a medida que aumenta el gradiente de deformación entre el acero y la cara traccionada de la viga. La ecuación que se considera que permite pronosticar mejor el máximo ancho de fisura superficial probable, en flexión, fue desarrollada por Gergely y Lutz (1968). Una versión simplificada de esta ecuación es:

$$w = 0,076 \beta f_s (d_c A)^{0,33} \times 10^{-3}$$

Siendo:

W: El máximo ancho de fisura probable, en mm.

β : La relación entre la distancia entre el eje neutro y la cara traccionada y la distancia entre el eje neutro y el baricentro de las armaduras (se adopta aproximadamente igual a 1,20 para

vigas típicas en edificios). f_s : La tensión en el acero de las armaduras, en ksi.

d_c : el espesor de recubrimiento entre la fibra traccionada y el centro de la barra más próxima a la misma, en mm.

A : La sección de hormigón simétrica con el acero de las armaduras dividida por el número de barras, mm^2 .

ACI 318 usa una modificación de esta ecuación que efectivamente limita los anchos de fisura a 0,40 mm para exposición exterior y 0,33 mm para exposición interior. Sin embargo, considerando la información presentada en el artículo 1.3.5 que indica que existe poca correlación entre el ancho superficial de las fisuras transversales a las barras y la corrosión de las armaduras, estos límites no parecen justificables desde el punto de vista del control de la corrosión. Para elementos de hormigón pretensado se han desarrollado varias ecuaciones (ACI 224R), pero ninguno de los métodos ha logrado una aceptación generalizada. En elementos traccionados el máximo ancho de fisura es mayor que el pronosticado por la expresión desarrollada para miembros flexionados (Broms, 1965; Broms y Lutz, 1965). La ausencia de un gradiente de deformación y una zona de compresión en los elementos traccionados son probablemente las causas de los mayores anchos de fisura. En base a los limitados datos

disponibles, se ha sugerido la siguiente expresión para estimar el máximo ancho de fisura en tracción directa (ACI 224R):

Ecuación 1: ACI 224R

$$w = 0,10 f_t (d_c A)^{0,33} \times 10^{-3}$$

El documento ACI 224.2R contiene información adicional sobre la fisuración del hormigón en tracción directa. Es dable esperar que los anchos de fisura en flexión y tracción aumenten con el tiempo en el caso de elementos sometidos a cargas de larga duración o a cargas repetitivas. Aunque los datos disponibles evidencian una dispersión considerable, se puede anticipar que los anchos de fisura se duplicarán con el tiempo (Abeles et al., 1968; Bennett y Dave, 1969; Illston y Stevens, 1972; Holmberg, 1973; Rehm y Eligehausen, 1977). A pesar de que aún queda mucho camino por recorrer, los principios básicos del control de la fisuración ya han sido comprendidos. Las armaduras bien distribuidas ofrecen la mejor protección contra la fisuración no deseada al igual que reducir la tensión en el acero, utilizando mayor cantidad de armaduras, también reducirá la cantidad de fisuración. Aunque una reducción del recubrimiento también reducirá el ancho de fisura superficial, los diseñadores deben recordar, como se mencionó en el artículo 1.3.5, que las fisuras

(y por lo tanto los anchos de fisura) perpendiculares a las armaduras no afectarán la corrosión del acero de manera significativa, a la vez que una reducción del recubrimiento de hormigón perjudicará la protección contra la corrosión de las armaduras.

2.2.3. Evaluación de las Fisuras

Antes de reparar las fisuras del hormigón, es importante identificar primero su ubicación y extensión. Se debería determinar si las fisuras observadas indican problemas estructurales actuales o futuros, considerando las condiciones actuales y las condiciones de carga anticipadas para el futuro. Antes de especificar las reparaciones es necesario establecer las causas de la fisuración. Se deberían revisar los planos, especificaciones y registros de construcción y mantenimiento. Si estos documentos, junto con las observaciones recogidas in situ, no proporcionan la información necesaria, antes de proceder con las reparaciones se debería efectuar una investigación in situ y un análisis estructural completo. Las causas de la fisuración fueron descritas en el Capítulo 1. Una evaluación detallada de la fisuración observada permitirá detectar cuáles de estas causas se aplican a una situación determinada. Las fisuras se deben reparar si éstas reducen la resistencia, rigidez o durabilidad de la estructura a niveles inaceptables, o si la función de la estructura resulta seriamente perjudicada. En algunos casos, como el de las fisuras en estructuras

para contención de agua, la función de la estructura determinará la necesidad de realizar reparaciones, aún cuando la resistencia, rigidez o apariencia no estén significativamente afectadas. Las fisuras en pavimentos y losas de cimentación pueden requerir reparaciones para impedir descascamientos en los bordes, migración de agua hacia la subrasante o para transmitir cargas. Además, puede ser deseable efectuar reparaciones que mejoren el aspecto de la superficie de una estructura de hormigón.

2.2.3.1. Determinación de la ubicación y magnitud de la fisuración del concreto

La ubicación y magnitud de la fisuración, así como el estado general del hormigón de una estructura, se pueden determinar mediante observaciones directas e indirectas, ensayos no destructivos y destructivos, y ensayos de testigos extraídos de la estructura.

A. Observación directa e indirecta

Se deben registrar las ubicaciones y anchos de las fisuras utilizando un esquema de la estructura. Marcar una grilla sobre la superficie de la estructura puede ser útil para ubicar con precisión las fisuras en el esquema. Los anchos de las fisuras se pueden medir con una precisión de alrededor de 0,025 mm utilizando un comparador, que es un pequeño microscopio de mano con una escala en el lente más próximo a la superficie observada en la

siguiente figura. Los anchos de las fisuras también se pueden estimar utilizando una tarjeta de comparación, que es una tarjeta con líneas claramente marcadas, cada una de ellas de un ancho especificado. El esquema debe incluir observaciones tales como descascaramientos, armaduras expuestas, deterioros superficiales y manchas de óxido. Las condiciones internas en la ubicación de una fisura específica se pueden observar usando endoscopios flexibles o boroscopios rígidos.



Ilustración 6: Comparador para medir anchos de fisura (cortesía de Edmund Scientific Co.)

B. Ensayos no destructivos

Se pueden realizar ensayos no destructivos para determinar la presencia de fisuras y vacíos internos y la profundidad de penetración de las fisuras visibles en la superficie. 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. La presencia de armaduras se puede determinar usando un pacómetro (Malhotra, 1976). Se pueden conseguir diversos pacómetros, cuya capacidad va desde la mera indicación de la presencia de acero hasta aquellos que se pueden calibrar y le permiten al usuario experimentado una mejor determinación de la profundidad y el tamaño de las barras de armadura. Sin embargo, en algunos casos puede ser necesario retirar el recubrimiento de hormigón (a menudo usando taladros o cinceles) para identificar los tamaños de las barras o para calibrar las mediciones del recubrimiento, especialmente en zonas con congestión de armaduras. Si se sospecha que la corrosión es una causa de fisuración, la manera más sencilla de investigar la corrosión es retirar parte del hormigón para poder observar el acero directamente. El potencial de corrosión se puede detectar midiendo potenciales eléctricos usando una media celda de referencia adecuada. La más usada es una media celda de sulfato de cobre-cobre (ASTM C 876; Clear y Hay, 1973); su uso también requiere acceso al acero de las armaduras.



Ilustración 7: Pacómetro (localizador de armaduras) (cortesía de James Instruments)

C. Ensayos de testigos de concreto

Se puede obtener información importante extrayendo testigos de zonas seleccionadas de la estructura. Los testigos y sus perforaciones ofrecen la oportunidad de medir con precisión el ancho y la profundidad de las fisuras. Además, se puede obtener una indicación de la calidad del hormigón mediante ensayos de resistencia a la compresión, aunque para determinar la resistencia del hormigón no se deben utilizar testigos fisurados. Un análisis petrográfico del hormigón fisurado 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. La petrografía 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 hormigón. 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. Los ensayos químicos para detectar la presencia de cloruros excesivos indican el potencial de corrosión de las armaduras embebidas.

D. Revision 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 hormigón, 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. Para calcular las tensiones de tracción inducidas por las deformaciones del hormigón (fluencia lenta, retracción, temperatura, etc.) se deberían considerar las configuraciones del hormigón, condiciones de vínculo y presencia de juntas de

construcción y de otros tipos. Se debería prestar particular atención a las fisuras que se desarrollan paralelas a losas armadas en una sola dirección, fundamentalmente apoyadas sobre vigas, pero que también cargan las vigas principales que soportan dichas vigas.

2.2.4. Selección de los procedimientos de reparación

En base a una cuidadosa evaluación de la magnitud y las causas de la fisuración es posible seleccionar procedimientos para lograr uno o más de los siguientes objetivos:

- Restablecer y aumentar la resistencia
- Restablecer y aumentar la rigidez
- Mejorar la funcionalidad
- Lograr impermeabilidad
- Mejorar la apariencia de la superficie de hormigón
- Mejorar la durabilidad
- Impedir que se desarrolle un ambiente corrosivo en las armaduras.

Dependiendo de la naturaleza de los daños se puede seleccionar un solo método de reparación o varios. Por ejemplo, se puede restablecer la resistencia a la tracción a través de una fisura inyectando resina epoxi u otro agente adherente de alta resistencia. Sin embargo, puede ser necesario proveer resistencia adicional agregando armaduras o usando postensado. Si no se anticipa mayor fisuración, se puede usar

solamente una inyección de resina epoxi para restablecer la rigidez flexional (ACI 503R). Las fisuras que ocasionan fugas en estructuras para almacenamiento de agua u otros líquidos se deben reparar, a menos que la fuga se considere de poca importancia y exista evidencia que indique que la fisura se está autocurando. Las reparaciones para detener fugas pueden ser complicadas si es necesario efectuarlas mientras la estructura está en servicio. Es posible que se desee reparar las fisuras del hormigón por motivos puramente estéticos. Sin embargo, las ubicaciones donde están las fisuras pueden ser visibles aún después de aplicar procedimientos cosméticos, y es probable que se requiera algún tipo de recubrimiento sobre la totalidad de la superficie. Para minimizar futuros deterioros debidos a la corrosión de las armaduras, se deben sellar las fisuras expuestas a ambientes húmedos o corrosivos.

2.2.5. Método de reparación de Fisuras

Luego de evaluar la estructura fisurada se puede seleccionar un procedimiento de reparación adecuado. Para que un procedimiento de reparación sea exitoso debe tener en cuenta la causa o las causas de la fisuración. Por ejemplo, si la fisuración se produjo principalmente por retracción por secado, es probable que luego de un tiempo la fisura se estabilice. Por el contrario, si las fisuras se deben a un proceso de asentamiento de las fundaciones que aún continúa, las reparaciones serán inútiles hasta que se corrija el problema del

asentamiento. Este capítulo contiene un relevamiento de los métodos de reparación de fisuras, incluyendo un resumen de las características de las fisuras que se pueden reparar con cada procedimiento, los tipos de estructuras que han sido reparadas, y un resumen de los procedimientos usados. El lector también puede consultar el documento ACI 546.1R y la Compilación ACI No. 5 (1980), documentos que tratan específicamente el tema de la reparación del hormigón

2.2.5.1. 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 e inyectar la resina epoxi a presión. La inyección de resinas epoxi se ha usado exitosamente para reparar fisuras en edificios, puentes, presas y otros tipos de estructuras de hormigón (ACI 503R). Sin embargo, a menos que se haya corregido la causa que originó la fisuración, es probable que vuelva a aparecer una fisura cerca de la fisura original. Si no se puede eliminar la causa de la fisuración hay dos opciones disponibles. Una consiste en perfilar y sellar la fisura, tratándola como una junta, o establecer una junta que acomode el movimiento y luego inyectar la fisura con una resina epoxi u otro

material adecuado. Los materiales epoxídicos utilizados para efectuar reparaciones estructurales deberían satisfacer los requisitos de ASTM C 881 (Tipo IV). El documento ACI 504R describe prácticas para sellar juntas, incluyendo el diseño de las juntas, materiales disponibles y métodos de aplicación. A excepción 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. La aplicación de un adhesivo flexible, de bajo módulo de elasticidad, en una fisura, no permitirá un movimiento significativo de la estructura de hormigón. El módulo de elasticidad efectivo de un adhesivo flexible en una fisura es básicamente el mismo que el de un adhesivo rígido (Adams et al., 1984); esto se debe a que la capa de material es delgada y hay restricción lateral impuesta por el hormigón que lo rodea. La inyección de resinas epoxi requiere un alto grado de capacitación, y la aplicación de la técnica puede estar limitada por la temperatura ambiente. Los siguientes son los procedimientos generales involucrados en la inyección de resinas epoxi (ACI 503R):

Limpiar las fisuras.

El primer paso consiste en limpiar las fisuras que se hayan contaminado, tanto como sea posible. Los contaminantes tales como el aceite, la grasa, el polvo o las partículas finas del hormigón impiden la penetración y adherencia de la resina epoxi, y reducen la efectividad de las reparaciones. Preferentemente la contaminación se debería eliminar por aspiración o lavado con agua u otras soluciones de limpieza. Luego la solución se elimina utilizando aire comprimido y un agente neutralizante, o bien se deja transcurrir tiempo suficiente para que se seque al aire. Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones prácticas que impiden limpiar completamente las fisuras. Se debería realizar una evaluación razonable de la magnitud y grado de limpieza necesaria. Es posible que haya que realizar una limpieza de prueba.

Sellar las superficies.

Las fisuras superficiales se deben sellar para evitar que el material epoxídico salga antes de gelificarse. Si no se puede acceder a la cara donde está la fisura pero hay material detrás de la misma, o si se trata de reparar una losa de cimentación, algunas veces el material posterior o la sub-base constituyen un sello adecuado; sin embargo, es difícil determinar esta condición de manera anticipada, y una inyección no controlada puede provocar daños

tales como la obturación del sistema de drenaje. Por lo tanto, es necesario actuar con extremo cuidado al inyectar fisuras que no son visibles en todas las superficies. Una superficie se puede sellar aplicando un material epoxídico, poliéster u otro material sellador adecuado sobre la superficie de las fisuras y permitiendo que endurezca. Si no se desea que la superficie a lo largo de la fisura tenga aspecto brillante y si no se requiere inyección a alta presión, se puede aplicar un sellador superficial plástico removible sobre la cara de la fisura. Una vez completado el trabajo el sellador superficial se puede retirar y la superficie no quedará brillante. Si la apariencia de la superficie acabada es importante también se pueden emplear selladores cementicios. Si se requieren presiones de inyección extremadamente elevadas, se puede cortar en forma de V alrededor de la fisura hasta una profundidad de 13 mm y un ancho de alrededor de 20 mm, llenar con material epoxídico y enrasar con la superficie.

Instalar las bocas de entrada y venteo

Hay tres métodos de uso generalizado

a. Accesorios insertados en orificios perforados

Este método fue el primero en utilizarse, y con frecuencia se usa previo perfilado de las fisuras en forma de V. El método consiste en perforar un orificio en la fisura, de aproximadamente 20 mm de diámetro y entre 13 a 25 mm

debajo del vértice de la acanaladura en V. Dentro de este orificio se coloca un accesorio, por ejemplo una boquilla para tubería o vástago de válvula, generalmente adherido con un adhesivo epoxi. Los equipos de mandril y broca al vacío o las barrenas tubulares enfriadas por agua son útiles para impedir que las fisuras se obturen con el polvo generado por la perforación

b. Accesorios adheridos a ras.

Un método generalmente utilizado cuando las fisuras no se perfilan en forma de V, para obtener una boca de entrada, consiste en adherir un accesorio a ras con la cara de hormigón sobre la fisura. El accesorio a ras tiene una abertura en su parte superior para permitir el ingreso del adhesivo y un ala en la parte inferior adherida al hormigón.

c. Interrupción del sellado.

Otro método de entrada consiste en interrumpir el sellado sobre una parte de la fisura. Este método se puede utilizar cuando se pueden conseguir dispositivos especiales tipo arandela que cubren la parte no sellada de la fisura y permiten inyectar el adhesivo directamente en la fisura, sin fugas.

Mezclar la resina epoxi.

Esto se hace por pastones o por métodos continuos. En el mezclado por pastones, los componentes adhesivos se mezclan

previamente de acuerdo con las instrucciones del fabricante, generalmente usando un agitador mecánico tal como una paleta mezcladora. Se debe cuidar de mezclar sólo la cantidad de adhesivo que se pueda usar antes que el material comience a gelificarse. Cuando el material adhesivo comienza a gelificarse, comienzan a cambiar sus características de flujo, lo que dificulta cada vez más la inyección a presión. En el sistema de mezclado continuo, dos componentes adhesivos líquidos pasan a través de las bombas de dosificación antes de pasar a través de un cabezal mezclador automático. El sistema de mezclado continuo permite usar adhesivos de fraguado rápido que poseen una vida útil corta.

Inyectar la resina epoxi.

Se pueden utilizar bombas hidráulicas, tanques de presión o pistolas neumáticas. La presión de inyección a utilizar se debe seleccionar cuidadosamente. Con frecuencia una mayor presión no mejora mucho la velocidad de inyección. De hecho, el uso de una presión demasiado elevada puede propagar las fisuras existentes, provocando daños adicionales.

Si la fisura es vertical o inclinada, el proceso de inyección debería comenzar bombeando resina epoxi en la boca de entrada ubicada a menor altura hasta que el nivel de resina llegue a la boca de entrada inmediatamente superior. Luego la boca de entrada

inferior se obtura y el proceso se repite hasta llenar completamente la fisura y obturar todas las bocas.

Si la fisura es horizontal, la inyección debería proceder de la misma manera desde un extremo de la fisura hasta el otro. La fisura está llena cuando la presión se puede mantener. Si la presión no se puede mantener, esto significa que la resina epoxi aún está fluyendo hacia partes de la fisura que aún están vacías o que hay fugas.

Retirar el sellado superficial

Una vez que se ha curado la resina epoxi inyectada, el sellado superficial se debería retirar por trituración u otros medios, según resulte adecuado

Procedimiento alternativo.

Un procedimiento alternativo para las estructuras masivas consiste en practicar una serie de perforaciones [generalmente entre 20 a 100 mm de diámetro que intersequen la fisura en varias ubicaciones. Típicamente las perforaciones se practican a intervalos de 1,5 m. Otro método que se está utilizando recientemente es un método al vacío o por asistencia de succión. Existen dos técnicas: una consiste en encerrar totalmente el elemento fisurado en una bolsa e introducir el adhesivo líquido en el fondo y luego aplicar vacío en la parte superior. La otra técnica consiste en inyectar las fisuras desde un lado y aplicar vacío

desde el otro. En general se usan resinas epoxi; sin embargo, también se han usado acrílicos y poliésteres de manera exitosa. Stratton y McCollum (1974) describen el empleo de las inyecciones de resina epoxi como un procedimiento efectivo de reparación a mediano plazo para tableros de puentes con fisuras en láminas. Como informan Stratton y McCollum, se omiten el primer paso, el segundo y el sexto, y en una ubicación específica el proceso termina cuando sale resina epoxi de la fisura a una cierta distancia de las bocas de inyección. Este procedimiento no detiene el proceso de corrosión. Este procedimiento también se puede intentar para otras aplicaciones, y constituye una de las opciones disponibles aunque no haya sido universalmente aceptado. El éxito de la reparación depende de la ausencia de contaminantes inhibidores de la adherencia en el plano de fisuración. Si se desea inyectar elementos con fisuras en láminas, las resinas epoxi y los procedimientos de inyección se deben seleccionar cuidadosamente. Smith (1982) presenta información sobre tableros de puentes observados durante períodos posteriores a la inyección de hasta siete años. Smithson y Whiting describen inyecciones de resina epoxi como método para adherir nuevamente una sobrecapa de un tablero de puente fisurado en láminas. El Comité 224 está desarrollando información adicional

sobre esta aplicación para su posterior inclusión en futuras revisiones de este Informe.

2.2.6. Intención de la norma

La intención de la norma es que sirva como una herramienta en el proceso de evaluación y reparación de fisuras en las estructuras de hormigón. Se resumen las causas de la fisuración del hormigón, junto con los principales procedimientos utilizados para controlar la fisuración. Se consideran tanto el hormigón en estado plástico como el hormigón endurecido. Se evalúan importancia del diseño, el detallado, los procedimientos constructivos, la dosificación del hormigón y las propiedades de los materiales. Se describen las técnicas y metodologías usadas para evaluar fisuras. Se evalúan tanto requisitos analíticos como requisitos prácticos de aplicación en obra. Se enfatiza la necesidad de determinar las causas de la fisuración como prerrequisito para su reparación. Para seleccionar técnicas de reparación exitosas se deberían determinar las causas de la fisuración, si las fisuras son activas o inactivas. Los criterios para seleccionar los procedimientos de reparación de fisuras se basan en el resultado deseado para las reparaciones. Se presentan doce métodos de reparación de fisuras, incluyendo las técnicas, ventajas y desventajas, y áreas de aplicación de cada uno de ellos.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Concreto.

Palbol (1996) citado por Chan, Solis y Moreno (2003) Definen al concreto como un material artificial pétreo, producto de ciertas proporciones de pasta (cemento y agua) y minerales, que al combinarse forman un conglomerante muy parecido al de una roca.

Barahona, Martinez y Zelaya (2015) conceptualizan al concreto como un material que se puede trabajar de forma líquida, adquiriendo así cualquier figura, siendo así un material popular en el mundo de la construcción.

2.3.2. Permeable.

Mattio (2014) mencionado por Corcuera y Vela (2018) Define a la permeabilidad como la capacidad que tiene un material para dejar pasar un líquido debido a su porosidad.

Hermida (2014) mencionada por Corcuera y Vela (2018) refiere que la permeabilidad es la penetración de fluidos en presencia de un gradiente de presión.

2.3.3. Pavimentos.

Astini (2001) Define al pavimento como un conjunto de capas lisas hechas por cemento o asfalto que sirve como base para la buena transitabilidad de cualquier persona, animal o vehículo.

2.3.4. Acabado

Conjunto de operaciones finales ejecutadas sobre una superficie a fin de dotarla de un determinado aspecto o aplicar sobre ésta un producto de protección. Es la textura final que se le da a una superficie; de esta manera se pueden encontrar pisos, muros, paredes, de diferentes apariencias: lisos, rugosos, rústicos, con distintos materiales como maderas, granito, morteros, cerámicas y muchos otros más. La función principal de los acabados es proporcionarle cierta estética al elemento, sin embargo, los acabados también pueden servir para eliminar micro fisuras en las superficies, evitar la acumulación de contaminantes, influir sobre las propiedades mecánicas, proteger contra corrosiones, variar rugosidades, entre otras funciones

2.3.5. Acero

El acero es un material de gran resistencia y de poco peso, originado por la aleación de hierro con carbono, es un material muy versátil empleado en múltiples funciones dentro del campo de la construcción. Unas de las principales propiedades del acero son su gran elasticidad y ductilidad, ya que es capaz de deformarse ampliamente antes del colapso, ante la presencia de grandes cargas. El acero tiene tenacidad, es capaz de doblarse sin fracturarse, resistiendo a grandes deformaciones

2.3.6. Adherencia

Capacidad de agarre entre materiales distintos, considerando la fricción entre los mismos. Por ejemplo, adherencia entre el cemento y los agregados, entre el mortero y el concreto, entre el concreto y las armaduras u otras superficies contra las cuales se coloca. La falta de adherencia se convierte en fisuras, desprendimientos, desconchamientos del material, así como en la exposición de los elementos a sustancias perjudiciales para su funcionamiento

2.3.7. Aditivos

son sustancias químicas que se agregan a la mezcla del concreto para modificar sus propiedades y lograr condiciones específicas, tales como mayor resistencia, mayor trabajabilidad, mayor o menor tiempo de endurecimiento, entre otros.

2.3.8. Agregado

Material granular de composición mineral que se mezcla en distintos tamaños junto con cemento y agua, para formar concreto. Los agregados pueden ser arenas, gravas, roca triturada. Su función dentro del concreto se basa fundamentalmente, en proporcionar una masa de partículas capaces de resistir las acciones de desgaste o de intemperismo que puedan actuar sobre el concreto, forman una especie de esqueleto adecuado para la pasta de agua y cemento

2.3.9. Asentamientos

Son desplazamientos verticales que pueden experimentar los elementos apoyados sobre suelos poco o inapropiadamente consolidados, o sobre suelos que hayan sufrido licuefacción.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- Evaluar y reparar las fisuras mediante el Comité ACI 224 de las estructuras de concreto armado se determinará la Sostenibilidad de la estructura en el distrito de Vicco - Pasco 2018

2.4.2. Hipótesis específicas

- Determinando las causas de las fisuras mediante el Comité ACI 224 de las estructuras de concreto armado se determinará la Sostenibilidad de la estructura en el distrito de Vicco - Pasco 2018
- Evaluando las fisuras mediante el Comité ACI 224 de las estructuras de concreto armado se determinará la Sostenibilidad de la estructura en el distrito de Vicco - Pasco 2018
- Reparando las fisuras mediante el Comité ACI 224 de las estructuras de concreto armado se determinará la Sostenibilidad de la estructura en el distrito de Vicco - Pasco 2018

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables Dependientes

Y= Sostenibilidad de las estructuras (fisuras)

Dimensiones: Resultados Alcanzados

Y1= Conformidad

Y2= Beneficios

Y3= Efectividad

2.5.2. Variables independientes

- X1= Causas de las fisuras

Dimensiones: Características

X11= Procesos constructivos

X12= Control de vaciado de concreto

X13= Verificación de diseño estructural

- X2= Evaluación de fisuras

Dimensiones: Recolección de datos

X21= Dimensiones de fisuras

X22= Fuerza a la compresión del concreto

- X3= Reparación de fisura

Dimensiones: Métodos de reparación

X31= Propiedades de materiales

X32= Gravedad de fisura

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente: Causas de fisuras	Identificar la razón o el motivo para la ocurrencia de las fisuras.	Características	Procesos constructivos.
			Control de vaciado de concreto.
			Verificación de diseño estructural.
Variable independiente: Evaluación de fisuras	Permite indicar, valorar, establecer, apreciar o calcular la causa u la gravedad de las fisuras.	Recolección de datos	Dimensiones de fisuras.
			Fuerza a la compresión del concreto.
Variable independiente: Reparación de fisuras	Implica arreglar o solucionar las fisuras a fin de que los elementos estructurales no resulten perjudicadas.	Métodos de reparación	Propiedades de materiales.
			Gravedad de fisuras.

CAPITULO III:

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación que se realizara, es de tipo **aplicada** de acuerdo con Sánchez y Reyes (2006, p. 37) quienes expresan que este tipo de investigación se caracteriza por el interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven.

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación corresponde al nivel EXPLICATIVO porque en concordancia con Cohen y Manion haciendo referencia a Kerlinger (1970) menciona que la investigación ex post facto:

(...) estudia la variable o variables independientes retrospectivamente, para hallar su posible relación y efectos con la variable o variables independientes (Sic). (1990, p. 224).

3.2. Métodos de investigación

El método del **muestreo por conveniencia** permite seleccionar una muestra con muchísima facilidad. Suele utilizarse en estudios iniciales para comprobar si se cumplen las hipótesis que se plantea el investigador. Una vez realizado el estudio, si se comprueba que los resultados son favorables a sus predicciones, ya se puede plantear la

posibilidad de hacer el estudio con muestras probabilísticas para generalizar el resultado.

Si se quisieran obtener resultados para generalizar a toda la población, este método no es aconsejable.

El **muestreo por conveniencia** es una técnica de muestreo no probabilístico que trata de obtener una muestra de elementos convenientes, es decir, se selecciona a los entrevistados porque se encuentran en el lugar adecuado en el momento oportuno.

Características del muestreo por conveniencia:

- Las unidades de muestra suelen ser accesibles, fáciles de medir y cooperativas.
- Están presentes algunas fuentes de sesgo de selección (auto-selección o “sobre-muestreo” de ciertos grupos de la población).
- Suelen usarse en generación de hipótesis, exploración de ideas o estudios piloto.

3.3. Diseño de la investigación

Según, SAMPIERI “El Diseño de la investigación es el procedimiento estandarizado concebido para responder a las preguntas de la investigación”

O Ma O Mb O Mc O Md O Me

Donde:

O: Observación Necesaria

M Letra: Muestra de Lugares Diferentes.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Según (SAMPIERI, 2014), la población es un conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones, bajo este enfoque la población de la presente investigación serán las estructuras de concreto armado en el distrito de Vicco.

3.4.2. Muestra

Según (SAMPIERI, 2014), la muestra de la presente investigación es a conveniencia la cual será desarrollada entre los proyectos de Cochamarca y el distrito de Vicco.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según los medios utilizados:

Observación estructurada o sistemática: cuando el investigador estructura un guion que le permite establecer de antemano los aspectos que desee observar. En este tipo de observación, el investigador no solo se vale del guion, sino también podrá poner a su alcance una variedad de instrumentos, escalas, anotaciones, así videogradora, grabador de voz y otros. Orosco y Pomasunco (2014).

3.5.1. Validez y confiabilidad del instrumento

Para este proyecto de investigación se adjuntará en los anexos los siguientes documentos para dar confiabilidad a los resultados obtenidos:

- Certificados de Calibración de Equipos de Laboratorio.
- Pruebas in situ del mejoramiento de fisuras.

Además, se adjuntará los certificados de laboratorio de resultados, siendo:

- Ensayo de resistencia a la compresión del concreto, si fuera el caso.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Evaluación de la estructura (Administración) del centro penitenciario.

Se ha evaluado la estructura de acuerdo a lo encontrado en campo, siendo dimensiones, ubicación, esfuerzos, resistencia y demás.

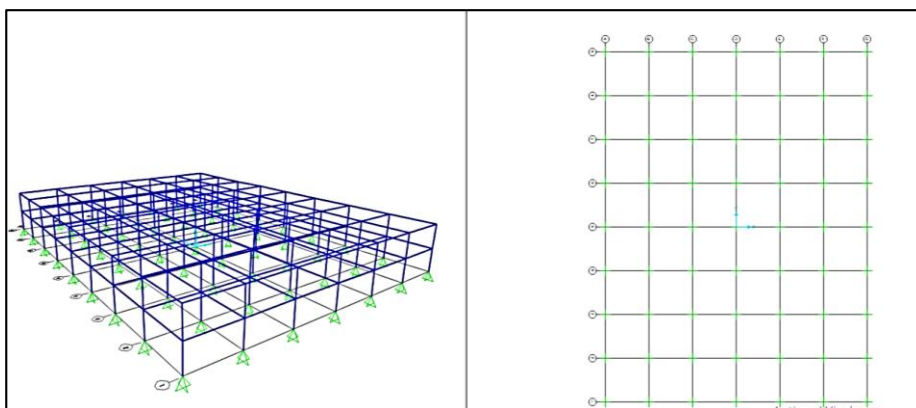


Ilustración 8: Análisis estructural de la estructura

	Item	Value
1	Design Code	ACI 318-11
2	Multi-Response Case Design	Envelopes
3	Number of Interaction Curves	24
4	Number of Interaction Points	11
5	Consider Minimum Eccentricity?	Yes
6	Seismic Design Category	D
7	Phi (Tension Controlled)	0.9
8	Phi (Compression Controlled Tied)	0.65
9	Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
10	Phi (Shear and/or Torsion)	0.75
11	Phi (Shear Seismic)	0.6
12	Phi (Joint Shear)	0.85
13	Pattern Live Load Factor	0.75
14	Utilization Factor Limit	0.95

Ilustración 9: Parametros de Diseño y evaluacion.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: 210

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2.400E-03

Mass per Unit Volume: 2.447E-06

Units: Kgf, cm, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 253456.35

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 105606.81

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 281.2279

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Ilustración 10: Propiedades del Material

TABLE: Element Forces - Frames					
Frame	Station	P	V2	V3	F
Text	m	Kgf	Kgf	Kgf	(mm)
1	0	-556.35	-9.96	-2.35	0.85
1	1.5	-506.14	-9.96	-2.35	0.85
1	3	-455.94	-9.96	-2.35	0.85
1	0	-78.2	-0.16	-64.73	0.85
1	1.5	-78.2	-0.16	-64.73	0.85
1	3	-78.2	-0.16	-64.73	0.85
1	0	-109.22	17.72	-107.9	0.85
1	1.5	-109.22	17.72	-107.9	0.85
1	3	-109.22	17.72	-107.9	0.85
1	0	-148.17	0.78	-124.92	0.85
1	1.5	-148.17	0.78	-124.92	0.85
1	3	-148.17	0.78	-124.92	0.85
1	0	-112.23	27.59	-122.58	0.85
1	1.5	-112.23	27.59	-122.58	0.85
1	3	-112.23	27.59	-122.58	0.85
1	0	-119.97	1.03	-105.07	0.85
1	1.5	-119.97	1.03	-105.07	0.85
1	3	-119.97	1.03	-105.07	0.85
1	0	-54.58	26.3	-75.47	0.85
1	1.5	-54.58	26.3	-75.47	0.85
1	3	-54.58	26.3	-75.47	0.85
1	0	42.76	-0.51	39.28	0.85
1	1.5	42.76	-0.51	39.28	0.85
1	3	42.76	-0.51	39.28	0.85
1	0	114.07	97.04	0.09222	0.85
1	1.5	114.07	97.04	0.09222	0.85
1	3	114.07	97.04	0.09222	0.85

1	0	-240.49	-204.6	-0.26	0.85
1	1.5	-240.49	-204.6	-0.26	0.85
1	3	-240.49	-204.6	-0.26	0.85
1	0	388.81	330.88	0.13	0.85
1	1.5	388.81	330.88	0.13	0.85
1	3	388.81	330.88	0.13	0.85
1	0	-562.8	-479.14	-0.81	0.85
1	1.5	-562.8	-479.14	-0.81	0.85
1	3	-562.8	-479.14	-0.81	0.85
1	0	-761.49	-649.82	-0.0894	0.85
1	1.5	-761.49	-649.82	-0.0894	0.85
1	3	-761.49	-649.82	-0.0894	0.85
2	0	-276.01	-41.2	-9.64	0.85
2	1.5	-225.81	-41.2	-9.64	0.85
2	3	-175.6	-41.2	-9.64	0.85
2	0	-13.24	-0.01425	-28.06	0.85
2	1.5	-13.24	-0.01425	-28.06	0.85
2	3	-13.24	-0.01425	-28.06	0.85
2	0	-16.35	3.71	-46.22	0.85
2	1.5	-16.35	3.71	-46.22	0.85
2	3	-16.35	3.71	-46.22	0.85
2	0	-24.46	-0.04264	-52.08	0.85
2	1.5	-24.46	-0.04264	-52.08	0.85
2	3	-24.46	-0.04264	-52.08	0.85
2	0	-14.64	6.05	-48.9	0.85
2	1.5	-14.64	6.05	-48.9	0.85
2	3	-14.64	6.05	-48.9	0.85
2	0	-18.32	0.39	-39.22	0.85
2	1.5	-18.32	0.39	-39.22	0.85
2	3	-18.32	0.39	-39.22	0.85

2	0	-4.22	6	-26.03	0.85
2	1.5	-4.22	6	-26.03	0.85
2	3	-4.22	6	-26.03	0.85
2	0	5.82	-0.28	12.54	0.85
2	1.5	5.82	-0.28	12.54	0.85
2	3	5.82	-0.28	12.54	0.85
2	0	30.88	22.31	0.27	0.85
2	1.5	30.88	22.31	0.27	0.85
2	3	30.88	22.31	0.27	0.85
2	0	-65.08	-46.94	-0.36	0.85
2	1.5	-65.08	-46.94	-0.36	0.85
2	3	-65.08	-46.94	-0.36	0.85
2	0	105.35	75.58	0.61	0.85
2	1.5	105.35	75.58	0.61	0.85
2	3	105.35	75.58	0.61	0.85
2	0	-152.24	-108.75	-0.24	0.85
2	1.5	-152.24	-108.75	-0.24	0.85
2	3	-152.24	-108.75	-0.24	0.85
2	0	-206	-146.24	-0.51	0.85
2	1.5	-206	-146.24	-0.51	0.85
2	3	-206	-146.24	-0.51	0.85
3	0	-835.15	-9.96	0.51	0.85
3	1.5	-784.95	-9.96	0.51	0.85
3	3	-734.74	-9.96	0.51	0.85
3	0	32.53	0.03612	-68.51	0.85
3	1.5	32.53	0.03612	-68.51	0.85
3	3	32.53	0.03612	-68.51	0.85
3	0	52.63	-1.26	-114.17	0.85
3	1.5	52.63	-1.26	-114.17	0.85
3	3	52.63	-1.26	-114.17	0.85

3	0	61.78	-0.16	-132.16	0.85
3	1.5	61.78	-0.16	-132.16	0.85
3	3	61.78	-0.16	-132.16	0.85
3	0	56.21	-3.36	-129.62	0.85
3	1.5	56.21	-3.36	-129.62	0.85
3	3	56.21	-3.36	-129.62	0.85
3	0	49.99	-0.28	-111.05	0.85
3	1.5	49.99	-0.28	-111.05	0.85
3	3	49.99	-0.28	-111.05	0.85
3	0	29.71	-4.98	-79.71	0.85
3	1.5	29.71	-4.98	-79.71	0.85
3	3	29.71	-4.98	-79.71	0.85
3	0	-17.8	0.17	41.46	0.85
3	1.5	-17.8	0.17	41.46	0.85
3	3	-17.8	0.17	41.46	0.85
3	0	568.12	484.47	0.09948	0.85
3	1.5	568.12	484.47	0.09948	0.85
3	3	568.12	484.47	0.09948	0.85
3	0	-1043.75	-890.73	-0.24	0.85
3	1.5	-1043.75	-890.73	-0.24	0.85
3	3	-1043.75	-890.73	-0.24	0.85
3	0	1333.72	1140.14	0.04519	0.85
3	1.5	1333.72	1140.14	0.04519	0.85
3	3	1333.72	1140.14	0.04519	0.85
3	0	-1361.86	-1168.08	-0.64	0.85
3	1.5	-1361.86	-1168.08	-0.64	0.85
3	3	-1361.86	-1168.08	-0.64	0.85
3	0	-1101.14	-949.61	0.18	0.85
3	1.5	-1101.14	-949.61	0.18	0.85
3	3	-1101.14	-949.61	0.18	0.85

4	0	-416.82	-41.2	2.27	0.85
4	1.5	-366.61	-41.2	2.27	0.85
4	3	-316.4	-41.2	2.27	0.85
4	0	4.88	0.01448	-36.91	0.85
4	1.5	4.88	0.01448	-36.91	0.85
4	3	4.88	0.01448	-36.91	0.85
4	0	7.7	-0.18	-60.9	0.85
4	1.5	7.7	-0.18	-60.9	0.85
4	3	7.7	-0.18	-60.9	0.85
4	0	8.98	-0.02863	-68.94	0.85
4	1.5	8.98	-0.02863	-68.94	0.85
4	3	8.98	-0.02863	-68.94	0.85
4	0	7.45	-0.73	-65.21	0.85
4	1.5	7.45	-0.73	-65.21	0.85
4	3	7.45	-0.73	-65.21	0.85
4	0	6.58	-0.21	-52.95	0.85
4	1.5	6.58	-0.21	-52.95	0.85
4	3	6.58	-0.21	-52.95	0.85
4	0	2.9	-1.16	-35.66	0.85
4	1.5	2.9	-1.16	-35.66	0.85
4	3	2.9	-1.16	-35.66	0.85
4	0	-2.02	0.13	17.46	0.85
4	1.5	-2.02	0.13	17.46	0.85
4	3	-2.02	0.13	17.46	0.85
4	0	153.7	111.46	0.31	0.85
4	1.5	153.7	111.46	0.31	0.85
4	3	153.7	111.46	0.31	0.85
4	0	-282.23	-204.43	-0.28	0.85
4	1.5	-282.23	-204.43	-0.28	0.85

Tabla 1: Resultados del Análisis estructural incluido máxima Fisura

Considerando el análisis estructural, apoyándonos a utilizar el software SAP2000 se evidencia con los parámetros del ACI la máxima fisuras en todos los elementos estructurales, en tal sentido debe ser evaluado con los datos que se tiene en campo en cuanto a dimensión de las fisuras se refiere.

3.6.2. Evaluación de la estructura (Cercos pasarela) del centro penitenciario.

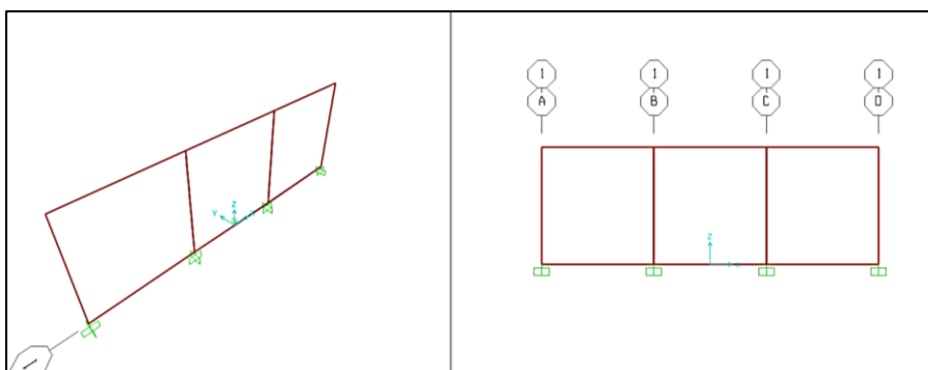


Ilustración 11: Análisis estructural del Cerco Pasarela.

	Item	Value
1	Design Code	ACI 318-11
2	Multi-Response Case Design	Envelopes
3	Number of Interaction Curves	24
4	Number of Interaction Points	11
5	Consider Minimum Eccentricity?	Yes
6	Seismic Design Category	D
7	Phi (Tension Controlled)	0.9
8	Phi (Compression Controlled Tied)	0.65
9	Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
10	Phi (Shear and/or Torsion)	0.75
11	Phi (Shear Seismic)	0.6
12	Phi (Joint Shear)	0.85
13	Pattern Live Load Factor	0.75
14	Utilization Factor Limit	0.95

Ilustración 12: Propiedades del Material

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	F
Text	Kgf/m	Kgf/m	Kgf/m	Kgf/m	Kgf/m	Degrees	mm
1	-2.095E-12	-1.047E-11	-1.297E-10	1.235E-10	-1.361E-10	-44.075	1.1
2	-9.813E-11	-4.907E-10	-1.623E-11	-9.746E-11	-4.913E-10	-2.364	1.1
3	-8.521E-11	-4.881E-10	-1.614E-10	-2.851E-11	-5.448E-10	-19.353	1.1
1	1.083E-11	-7.888E-12	-2.749E-10	2.765E-10	-2.736E-10	-44.025	1.1
2	-8.039E-11	-4.019E-10	4.981E-11	-7.285E-11	-4.095E-10	8.607	1.1
3	1.309E-11	6.543E-11	2.719E-11	7.699E-11	1.52E-12	66.955	1.1
1	1.533E-10	9.347E-11	9.969E-11	2.275E-10	1.931E-11	36.648	1.1
2	5.982E-11	-3.739E-10	1.223E-10	9.194E-11	-4.06E-10	14.712	1.1
3	-8.456E-11	-4.228E-10	-5.581E-11	-7.559E-11	-4.318E-10	-9.131	1.1
1	8.763E-11	4.381E-10	-3.176E-11	4.41E-10	8.478E-11	-84.865	1.1
2	7.911E-11	4.364E-10	-4.779E-11	4.427E-10	7.283E-11	-82.513	1.1
3	-9.308E-11	-4.245E-10	-7.184E-11	-7.818E-11	-4.394E-10	-11.718	1.1
1	2.526E-11	1.263E-10	-6.487E-11	1.58E-10	-6.447E-12	-63.954	1.1
2	-3.478E-11	-1.739E-10	-2.119E-10	1.187E-10	-3.274E-10	-35.913	1.1
3	1.289E-09	9.076E-11	-2.133E-10	1.325E-09	5.391E-11	-9.802	1.1
1	1.349E-09	3.909E-10	-6.629E-11	1.353E-09	3.864E-10	-3.941	1.1
2	-183703.53	-918517.64	-162760.77	-149266.07	-952955.09	-11.947	1.1
3	21992.49	109962.47	-262574.53	332210.58	-200255.62	-49.755	1.1
1	341545.94	173873.16	-344324.98	612093.85	-96674.75	-38.158	1.1
2	135849.92	-854606.95	-244511.21	192922.98	-911680	-13.139	1.1
3	-248331.15	-1241655.76	-114716.96	-235254.87	-1254732.04	-6.503	1.1

**3.6.3. Evaluación de la estructura (Planta de tratamiento) del
centro penitenciario**

TABLE: Element Forces - Area Shells						
Área	F11	F12	FMax	FMin	FAngle	F
Text	Kgf/m	Kgf/m	Kgf/m	Kgf/m	Degrees	(mm)
Lecho de Secado	-3.163E-11	9.628E-11	2.032E-11	-2.101E-10	28.347	0.75
Lecho de Secado	3.712E-10	2.234E-10	4.634E-10	-1.698E-10	22.435	0.75
Lecho de Secado	3.047E-10	1.109E-10	3.215E-10	-4.269E-10	8.617	0.75
Lecho de Secado	1.309E-11	2.719E-11	7.699E-11	1.52E-12	66.955	0.75
Lecho de Secado	4.807E-12	2.653E-12	2.44E-11	4.448E-12	82.286	0.75
Lecho de Secado	8.37E-11	-5.539E-12	8.439E-11	3.913E-11	-7.083	0.75
Lecho de Secado	9.198E-11	1.9E-11	1.063E-10	6.685E-11	37.085	0.75
Lecho de Secado	8.763E-11	-3.176E-11	4.41E-10	8.478E-11	-84.865	0.75
Lecho de Secado	2.163E-10	-9.423E-11	1.092E-09	2.062E-10	-83.856	0.75
Lecho de Secado	5.128E-10	-5.188E-11	1.145E-09	5.085E-10	-85.31	0.75
Lecho de Secado	3.841E-10	1.059E-11	4.984E-10	3.831E-10	84.707	0.75

Lecho de Secado	-3.478E-11	-2.119E-10	1.187E-10	-3.274E-10	-35.913	0.75
Lecho de Secado	-4.459E-10	-3.472E-10	-3.807E-10	-2.295E-09	-10.636	0.75
Lecho de Secado	-2.205E-09	-9.652E-10	-1.41E-09	-3.377E-09	-39.488	0.75
Lecho de Secado	-1.794E-09	-8.299E-10	-1.155E-10	-2.205E-09	-63.694	0.75
Lecho de Secado	21992.49	-262574.53	332210.58	-200255.62	-49.755	0.75
Lecho de Secado	-21992.49	-262574.53	200255.62	-332210.58	-40.245	0.75
Lecho de Secado	-21992.49	-641971.45	577499.04	-709454	-43.04	0.75
Lecho de Secado	21992.49	-641971.45	709454	-577499.04	-46.96	0.75
Lecho de Secado	71675.43	-46155.01	365624.27	64428.3	-81.076	0.75
Lecho de Secado	71675.43	46155.01	365624.27	64428.3	81.076	0.75
Lecho de Secado	1333663.7	46155.01	1336598.69	607839.81	3.639	0.75
Lecho de Secado	1333663.7	-46155.01	1336598.69	607839.81	-3.639	0.75
INHOFF	219531.6	86103.57	1106021.13	211168.47	84.452	0.6
INHOFF	-219531.6	86103.57	-211168.47	-1106021.13	5.548	0.6
INHOFF	-219531.6	-378248.68	-79070.38	-1238119.23	-20.372	0.6

INHOFF	219531.6	-378248.68	1238119.23	79070.38	-69.628	0.6
INHOFF	-207884.11	327928.76	-94123.79	-1153180.88	19.132	0.6
INHOFF	207884.17	327928.73	1153181.12	94123.88	70.868	0.6
INHOFF	207884.14	1014061.72	1719638.11	-472333.14	56.147	0.6
INHOFF	-207884.14	1014061.75	472333.24	-1719637.95	33.853	0.6
INHOFF	-297203.9	-142827.22	-280285.07	-1502938.32	-6.756	0.6
INHOFF	-297203.86	142827.28	-280285.01	-1502938.14	6.756	0.6
INHOFF	28913.2	142827.34	42850.75	-1434733.44	5.573	0.6
INHOFF	28913.16	-142827.15	42850.68	-1434733.59	-5.573	0.6
INHOFF	12294.44	-282707.03	320657.68	-246891.02	-47.485	0.6
INHOFF	12294.44	282707.03	320657.68	-246891.02	47.485	0.6
INHOFF	1760814.23	282707.03	1817639.92	354350.49	11.365	0.6
INHOFF	1760814.23	-282707.03	1817639.92	354350.49	-11.365	0.6
INHOFF	42033.62	-68180.58	234340.85	17860.89	-70.479	0.6
INHOFF	-42033.62	-68180.58	-17860.89	-234340.85	-19.521	0.6
INHOFF	-42033.62	-579990.33	459950.4	-712152.14	-40.876	0.6
INHOFF	42033.62	-579990.33	712152.14	-459950.4	-49.124	0.6
INHOFF	6462.85	43874.51	65127.45	-26350.34	53.208	0.6
INHOFF	6462.85	-43874.51	65127.45	-26350.34	-53.208	0.6
INHOFF	-2318729.49	-43874.51	-431704.1	-2319749.6	-88.668	0.6
INHOFF	-2318729.49	43874.51	-431704.1	-2319749.6	88.668	0.6
INHOFF	-436.54	36.28	-435.78	-2183.43	1.19	0.6
INHOFF	-507.92	105.02	-502.51	-2545.02	2.951	0.6
INHOFF	52.37	164.98	63.3	-2438.48	3.789	0.6
INHOFF	123.76	96.24	127.97	-2074.83	2.506	0.6
INHOFF	-3.163E-11	9.628E-11	2.032E-11	-2.101E-10	28.347	0.6
INHOFF	-2.137E-11	5.262E-11	3.68E-12	-1.319E-10	25.457	0.6

INHOFF	-1.367E-10	1.041E-10	-2.915E-11	-2.374E-10	45.929	0.6
INHOFF	-1.469E-10	1.478E-10	-1.532E-11	-3.128E-10	41.692	0.6
INHOFF	4.807E-12	2.653E-12	2.44E-11	4.448E-12	82.286	0.6
INHOFF	-3.032E-12	-6.935E-12	1.165E-13	-1.831E-11	-24.417	0.6
INHOFF	-1.566E-10	-8.754E-12	-4.518E-11	-1.573E-10	-85.506	0.6
INHOFF	-1.487E-10	8.343E-13	-6.668E-12	-1.487E-10	89.664	0.6
INHOFF	2.163E-10	-9.423E-11	1.092E-09	2.062E-10	-83.856	0.6
INHOFF	1.392E-11	-1.672E-10	2.113E-10	-1.277E-10	-49.728	0.6
INHOFF	4.789E-10	-3.868E-10	7.387E-10	-9.71E-11	-33.881	0.6
INHOFF	6.813E-10	-3.138E-10	1.327E-09	5.288E-10	-64.083	0.6
INHOFF	-4.459E-10	-3.472E-10	-3.807E-10	-2.295E-09	-10.636	0.6
INHOFF	-2.202E-10	-4.186E-11	-2.182E-10	-1.103E-09	-2.714	0.6
INHOFF	1.761E-10	-2.666E-11	1.766E-10	-1.022E-09	-1.274	0.6
INHOFF	-4.964E-11	-3.32E-10	1.59E-12	-2.202E-09	-8.771	0.6
INHOFF	-21992.49	-262574.53	200255.62	-332210.58	-40.245	0.6
INHOFF	183703.53	-162760.77	952955.09	149266.07	-78.053	0.6
INHOFF	-135849.92	-244511.21	911680	-192922.98	-76.861	0.6
INHOFF	-341545.94	-344324.98	96674.75	-612093.85	-51.842	0.6
INHOFF	71675.43	46155.01	365624.27	64428.3	81.076	0.6
INHOFF	-248331.15	114716.96	-235254.87	-1254732.04	6.503	0.6
INHOFF	648259.49	116058.91	656097.82	-1070175.96	3.864	0.6
INHOFF	968266.07	47496.96	973443.28	532518.06	6.221	0.6
INHOFF	-219531.6	86103.57	-211168.47	-1106021.13	5.548	0.6
INHOFF	194800.36	415443.41	1153946.46	14855.69	66.581	0.6
INHOFF	-966628.82	953669.1	1167815.11	-1392727.98	65.925	0.6
INHOFF	-1380960.78	624329.26	-730602.16	-1980302.46	46.17	0.6
INHOFF	207884.17	327928.73	1153181.12	94123.88	70.868	0.6

INHOFF	267576.61	-26034.41	1338515.93	266943.71	-88.607	0.6
INHOFF	-516088.89	-28690.48	1181634.79	-516573.74	-89.032	0.6
INHOFF	-575781.33	325272.66	951942.59	-645036.18	77.98	0.6
INHOFF	-297203.86	142827.28	-280285.01	-1502938.14	6.756	0.6
INHOFF	-43672.52	294356.86	176024.98	-438060.09	36.736	0.6
INHOFF	222537.94	612816.83	671448.35	-614030.91	36.224	0.6
INHOFF	-30993.4	461287.24	107182.86	-1570953.46	16.675	0.6
INHOFF	12294.44	282707.03	320657.68	-246891.02	47.485	0.6
INHOFF	334038.71	478601.87	1823935.56	180296.69	72.191	0.6
INHOFF	179286.18	999600.14	2147032.34	-328503.12	63.07	0.6
Filtro Biológico	-142458.09	803705.31	752377.49	-864313.86	48.071	0.8
Filtro Biológico	-42033.62	-68180.58	-17860.89	-234340.85	-19.521	0.8
Filtro Biológico	209831.99	542017.79	1314989.34	-55997.38	63.875	0.8
Filtro Biológico	2567148.68	1025079.41	3194795.04	892976.94	31.479	0.8
Filtro Biológico	2315283.07	414881.04	2395918.5	180659.78	10.999	0.8
Filtro Biológico	6462.85	-43874.51	65127.45	-26350.34	-53.208	0.8
Filtro Biológico	110287.62	229086.45	648878.64	12847.08	66.958	0.8
Filtro Biológico	2703242.4	362996.89	2780287.34	992984.12	11.983	0.8

Filtro	2599417.64	90035.93	2603367.27	546955.58	2.512	0.8
Biológico						

Tabla 2: Resultados del Análisis estructural incluido máxima Fisura

Ilustración 13: Propiedades del Material

3.7. Tratamiento estadístico

El plan de análisis adoptado estará comprendido de la siguiente manera:

- El análisis se realizará, teniendo el conocimiento general del tipo de estructura que está en estudio. Según las diferentes dimensiones de fisuras y resistencia a la compresión del concreto para mejor evaluación.

- Evaluando de manera comparativa las dimensiones permisibles con las medidas en campo, para así determinar diferentes métodos de reparación que se va aplicar.
- Procedimiento de recopilación de información de campo, mediante mediciones para obtener cuadros informativos de las dimensiones de las fisuras.

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

3.8.1. Validación de instrumentos

La Validación es un instrumento en la cual se sigue un proceso de recopilación y Valoración (resultados) de la evidencia de Validez. A través de la comparación de las dimensiones máximas permisibles de las fisuras, determinar la gravedad de estas.

3.8.2. Confiabilidad de instrumentos

La Confiabilidad se convierte en verdad en un instrumento que establece la consistencia, en nuestra investigación se ha elaborado mediante la toma de datos de dimensiones de fisuras, como resultado de la medición exacta de las fisuras y se procedió a usar el método adecuado para la reparación de estas y la verificación de los resultados.

3.9. Orientación ética

Todos los datos obtenidos de las fisuras en estructuras de concreto armado el distrito de Vicco mediante tablas de recolección de datos, fueron realizadas objetivamente y con veracidad ya que esto implica la validez de la presente investigación y la demostración de la sostenibilidad de las estructuras.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Se ha visualizado y medido las dimensiones de cada una de las fisuras encontradas en las estructuras de concreto armado con el siguiente instrumento.



Ilustración 14: Medicion de Fisura



Ilustración 15: Medición de Fisura

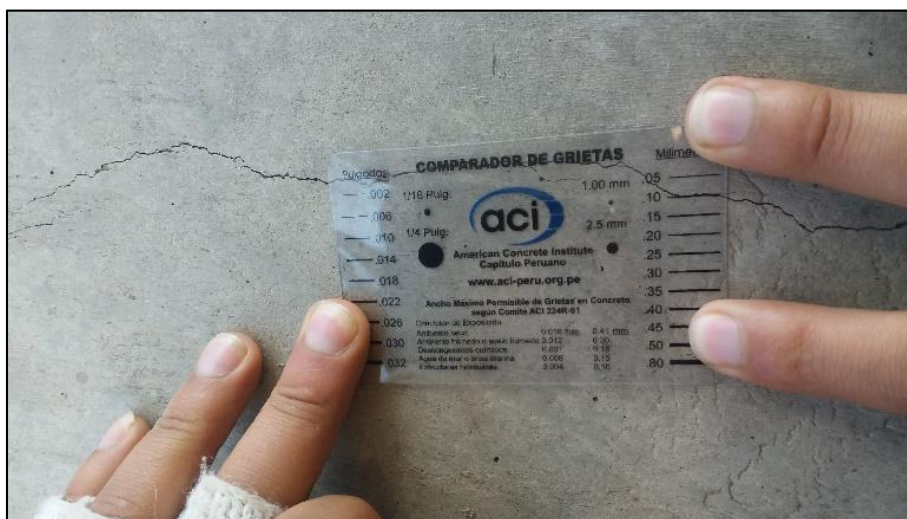


Ilustración 16: Medición de Fisura

Luego se procedió a anotar la medida de las fisuras en (mm) en una tabla identificando el tipo de estructura las cuales son:

- Cerco pasarela del Centro Penitenciario de Cochamarca
- Edificio de Admisión y Control del Centro Penitenciario de Cochamarca
- Sobre la Planta de tratamiento del Centro Penitenciario de Cochamarca
- Sobre los paños en los pavimentos (Pavimentación del centro poblado de Cochamarca)

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Presentación de los resultados

Se presenta tablas en donde se realizó la comparación de los resultados de campo con las dimensiones permisibles de obtenidas del modelamiento de las estructuras y los máximos permisibles de los pavimentos de acuerdo al manual de la MTC.

1. Cerco pasarela del Centro Penitenciario de Cochamarca

# de Paño Evaluado	Dimensión de Fisura (mm)	Máximo Permissible (mm)	Diferencia (mm)	Realizar Tratamiento
1	0.25	1.1	0.85	No
2	0.25	1.1	0.85	No
3	0.25	1.1	0.85	No
4	0.25	1.1	0.85	No
5	0.35	1.1	0.75	No
6	0.25	1.1	0.85	No
7	0.25	1.1	0.85	No
8	0.25	1.1	0.85	No
9	0.4	1.1	0.7	No
10	0.25	1.1	0.85	No
11	0.25	1.1	0.85	No
12	0.25	1.1	0.85	No
13	0.25	1.1	0.85	No

14	0.9	1.1	0.2	No
15	0.25	1.1	0.85	No
16	0.95	1.1	0.15	No
17	0.25	1.1	0.85	No
18	0.25	1.1	0.85	No
19	0.25	1.1	0.85	No
20	0.25	1.1	0.85	No
21	0.25	1.1	0.85	No
22	0.25	1.1	0.85	No

Tabla 3: Comparación de dimensión de fisura

2. Edificio de Admisión y Control del Centro Penitenciario de Cochamarca

# de Viga Evaluado	Dimensión de Fisura (mm)	Máximo Permissible	Diferencia	Realizar Tratamiento
1	0.00	0.85	0.6	No
2	0.00	0.85	0.6	No
3	0.00	0.85	0.6	No
4	0.05	0.85	0.6	No
5	0.00	0.85	0.6	No
6	0.00	0.85	0.6	No
7	0.00	0.85	0.6	No
8	0.05	0.85	0.6	No
9	0.25	0.85	0.6	No

10	0.30	0.85	0.6	No
11	0.60	0.85	0.6	No
12	0.00	0.85	0.6	No
13	0.00	0.85	0.6	No
14	0.00	0.85	0.6	No
15	0.00	0.85	0.6	No
16	0.70	0.85	0.6	No
17	0.00	0.85	0.6	No
18	0.00	0.85	0.6	No
19	0.00	0.85	0.6	No
20	0.00	0.85	0.6	No
21	0.50	0.85	0.6	No
22	0.50	0.85	0.6	No
23	0.50	0.85	0.6	No
24	0.00	0.85	0.6	No
25	0.00	0.85	0.6	No
26	0.00	0.85	0.6	No
27	0.05	0.85	0.6	No
28	0.05	0.85	0.6	No
29	0.00	0.85	0.6	No
30	0.00	0.85	0.6	No
31	0.20	0.85	0.6	No

32	0.20	0.85	0.6	No
33	0.00	0.85	0.6	No
34	0.00	0.85	0.6	No
35	0.00	0.85	0.6	No
36	0.00	0.85	0.6	No
37	0.50	0.85	0.6	No
38	0.00	0.85	0.6	No
39	0.25	0.85	0.6	No
40	0.00	0.85	0.6	No
41	0.00	0.85	0.6	No

Tabla 4: Comparación de dimensión de fisura

3. Planta de tratamiento del Centro Penitenciario de Cochamarca

# de Paño Evaluado	Dimensión de Fisura (mm)	Máximo Permisible	Diferencia	Realizar Tratamiento
Lecho de Secado	0.25	0.75	0.5	si
Lecho de Secado	0.25	0.75	0.5	si
Lecho de Secado	0.25	0.75	0.5	si
Lecho de Secado	0.25	0.75	0.5	si

Tanque IMHOFF	0.25	0.85	0.6	si
Tanque IMHOFF	0.25	0.85	0.6	si
Tanque IMHOFF	0.25	0.85	0.6	si
Tanque IMHOFF	0.3	0.85	0.55	si
Filtro Biológico	0.8	0.8	0	si
Filtro Biológico	0.25	0.8	0.55	si
Filtro Biológico	0.25	0.8	0.55	si
Filtro biológico	0.25	0.8	0.55	si

Tabla 5: Comparación de dimensión de fisura

4. Sobre los paños en los pavimentos (Pavimentación del centro poblado de Cochamarca)

# de Paño Evaluado	Dimensión de Fisura (mm)	Máximo Permisible	Diferencia	Realizar Tratamiento
1	0.1	0.9	0.8	No

2	0.1	0.9	0.8	No
3	0.1	0.9	0.8	No
4	0.1	0.9	0.8	No
5	0.1	0.9	0.8	No
6	0.25	0.9	0.65	No
7	0.1	0.9	0.8	No
8	0.1	0.9	0.8	No
9	0.1	0.9	0.8	No
10	0.1	0.9	0.8	No
11	0.1	0.9	0.8	No
12	0.1	0.9	0.8	No
13	0.1	0.9	0.8	No
14	0.1	0.9	0.8	No
15	0.1	0.9	0.8	No
16	0.1	0.9	0.8	No
17	0.1	0.9	0.8	No
18	0.1	0.9	0.8	No
19	0.1	0.9	0.8	No
20	0.1	0.9	0.8	No
21	0.1	0.9	0.8	No
22	0.1	0.9	0.8	No
23	0.1	0.9	0.8	No

24	0.1	0.9	0.8	No
25	0.1	0.9	0.8	No
26	0.1	0.9	0.8	No
27	0.1	0.9	0.8	No
28	0.1	0.9	0.8	No
29	0.25	0.9	0.65	No
30	0.1	0.9	0.8	No
31	0.1	0.9	0.8	No
32	0.1	0.9	0.8	No
33	0.1	0.9	0.8	No
34	0.1	0.9	0.8	No
35	0.1	0.9	0.8	No
36	0.1	0.9	0.8	No
37	0.1	0.9	0.8	No
38	0.1	0.9	0.8	No
39	0.1	0.9	0.8	No
40	0.1	0.9	0.8	No
41	0.1	0.9	0.8	No
42	0.1	0.9	0.8	No
43	0.1	0.9	0.8	No
44	0.1	0.9	0.8	No
45	0.1	0.9	0.8	No

46	0.1	0.9	0.8	No
47	0.1	0.9	0.8	No
48	0.1	0.9	0.8	No
49	0.1	0.9	0.8	No
50	0.1	0.9	0.8	No
51	1	0.9	-0.1	Si
52	0.1	0.9	0.8	No
53	0.1	0.9	0.8	No
54	0.1	0.9	0.8	No
55	1.2	0.9	-0.3	Si
56	0.1	0.9	0.8	No
57	0.1	0.9	0.8	No
58	0.1	0.9	0.8	No
59	0.1	0.9	0.8	No
60	1.6	0.9	-0.7	Si
61	0.1	0.9	0.8	No
62	0.1	0.9	0.8	No
63	0.1	0.9	0.8	No
64	0.1	0.9	0.8	No
65	0.1	0.9	0.8	No
66	0.1	0.9	0.8	No
67	0.1	0.9	0.8	No

68	0.1	0.9	0.8	No
69	0.1	0.9	0.8	No
70	0.1	0.9	0.8	No
71	0.1	0.9	0.8	No
72	0.1	0.9	0.8	No
73	0.1	0.9	0.8	No
74	0.1	0.9	0.8	No
75	0.1	0.9	0.8	No
76	0.1	0.9	0.8	No
77	0.1	0.9	0.8	No
78	0.1	0.9	0.8	No
79	0.1	0.9	0.8	No
80	0.1	0.9	0.8	No
81	0.1	0.9	0.8	No
82	0.1	0.9	0.8	No
83	0.1	0.9	0.8	No
84	0.1	0.9	0.8	No
85	0.1	0.9	0.8	No
86	0.1	0.9	0.8	No
87	0.1	0.9	0.8	No
88	0.1	0.9	0.8	No
89	0.1	0.9	0.8	No

90	0.1	0.9	0.8	No
91	0.1	0.9	0.8	No
92	0.1	0.9	0.8	No
93	0.1	0.9	0.8	No

Tabla 6: Comparación de dimensión de fisura

4.2.2. Análisis e interpretación de resultados

1. Sobre cerco pasarela del Centro Penitenciario de Cochamarca

Considerando que todas las fisuras in situ son notorias, pero estructuralmente las fisuras no evidencian ningún daño a la estructura, en tal sentido puede continuar funcionando tal como ha estado funcionando hasta el momento.

Se ha consultado con el cliente (INPE) la necesidad de hacer un procedimiento de control y reparación de las fisuras, previamente recomendado que no es necesario estructuralmente, el cuestionamiento era sobre si por políticas del cliente pueda perjudicar el buen funcionamiento del establecimiento penitenciario, teniendo una respuesta final de NO de realizar el mantenimiento de las fisuras en el cerco pasarela.

2. Sobre el edificio de Admisión y Control del Centro Penitenciario de Cochamarca

Se ha visualizado las dimensiones de las fisuras en la mayoría de las vigas de este pabellón del centro penitenciario, en tal sentido se ha

evidenciado que todas las fisuras son de dimensiones menores a las permisibles, siendo:

En este caso existe fisuras solo en algunas vigas, las únicas fisuras que se evidencia son aquellas que no superan el valor permisible de acuerdo al análisis estructural y las ecuaciones que nos indica la norma del ACI. Adicional a esta apreciación se puede indicar que en la mayoría de los casos que se evidencia una fisura el cliente inicia o evidencia el temor que su vivienda pueda estar ocurriendo un problema estructural, por lo tanto, en esta investigación es necesario indicar que una fisura no necesariamente indica un error o falla estructural es necesario que se determine las causas y dimensiones permisibles para determinar si pudiera existir un problema estructural.

3. Sobre la Planta de tratamiento del Centro Penitenciario de Cochamarca



Ilustración 17: filtración a causa de fisuras.

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano. La solución más extendida para el control de la polución por aguas residuales, es tratarlas en plantas donde se hace la mayor parte del proceso de separación de los contaminantes, dejando una pequeña parte que completará la naturaleza en el cuerpo receptor. Para ello, el nivel de tratamiento requerido ésta en función de la capacidad de auto purificación natural del cuerpo receptor. A la vez, la capacidad de auto purificación natural es función, principalmente, del caudal del cuerpo receptor, de su contenido en oxígeno, y de su "habilidad" para re oxigenarse. Por lo tanto, el objetivo del tratamiento de las aguas residuales, es producir efluente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización.

Las aguas residuales se generan en residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Estas pueden tratarse en el sitio donde se generan (por ejemplo, fosas sépticas u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías –y eventualmente bombas– a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para recoger y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga habitualmente están sujetos a

regulaciones y normas locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

El tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física de sólidos grandes (basura) de la corriente de las mismas, empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque, también, dichos desechos, pueden ser triturados por equipos especiales; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación, que se utilizan para eliminar plomo y fósforo, principalmente. A continuación, sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de nuevo en una masa de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc). Los sólidos biológicos

segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

Cuando se trata de plantas de tratamiento de estructuras de concreto armado, las fisuras juegan un papel importante, ya que por esas fisuras pueden filtrar cierta cantidad de agua pero esas fisuras no necesariamente puede indicar un problema estructural, en tal sentido se ha determinado y analizado el diámetro de las fisuras y estructuralmente todas están con dimensiones dentro de lo permisible, pero se ha evidenciado que existe filtración de agua, en tal sentido es necesario su mantenimiento y reparación de estas.

4. Sobre los paños en los pavimentos (Pavimentación del centro poblado de Cochamarca)



Ilustración 18: Paño con fisura del pavimento en el centro Poblado de Cochamarca

Como una regla general para pavimentos no reforzados, el espaciamiento en pies no debe exceder dos veces el espesor de la losa en pulgadas. También como una guía general, la relación de la longitud de la losa al ancho no debe exceder 1.25.

Por tanto, el espaciamiento máximo entre juntas para la losa más delgada del proyecto debería ser de 4.56 m aplicando los dos criterios anteriores. Sin embargo, la consideración a nivel internacional, es de reducir estos valores a fin de evitar la potencial fisuración, sin embargo, en la ejecución del proyecto en mención, se ha visto diversos tipos de fisuras de las cuales superaban los rangos permisibles, en tal sentido se ha realizado la reparación de las mismas, resultando un pavimento transitable.

4.3. Prueba de Hipótesis

Según los resultados obtenidos durante la verificación de la reparación de las fisuras, los estados de las fisuras encontradas en las siguientes estructuras fueron:

- Sobre cerco pasarela del Centro Penitenciario de Cochamarca.
SON BUENOS
- Sobre la Planta de tratamiento del Centro Penitenciario de Cochamarca. SON BUENOS
- Sobre los paños en los pavimentos (Pavimentación del centro poblado de Cochamarca). SON BUENOS.

Por las influencias de las fisuras y su consecuente reparación, contrastando con la hipótesis planteada, verificando y resultando ser válida la hipótesis establecida inicialmente

4.4. Discusión de resultados

Los tratamientos aplicados a los distintos tipos de estructuras demuestran y validan que las hipótesis planteadas son verídicas. Ya que al realizar el tratamiento de fisuras por los diferentes métodos se logró validar que las estructuras son sostenibles gracias a que se pueden determinar las causas, y se puede evaluar el tipo de reparación.

CONCLUSIONES

Las estructuras de concreto armado pueden presentar numerosos tipos de problemas, que muchas veces rebasan los simples límites de los fallos resistentes. Así fenómenos como la corrosión o la desagregación química pueden ser incluso más peligrosos y difíciles de reparar que un fallo en la armadura, que normalmente es el que nos parece más grave. Las causas que pueden provocar lesiones en una estructura de concreto armado pueden ser muchas y muy variadas y pueden estar relacionadas con el propio proyecto, con los materiales, con la ejecución y con el uso o explotación de la estructura. Sin embargo, el comité ACI 224 determina las Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de concreto armado considerando que las fisuras son la Rotura en la masa de concreto que se manifiesta exteriormente con un desarrollo lineal. Suponen una rotura aparente en un elemento constructivo y son una importante fuente de información de los fallos del edificio o de una estructura cualquier de concreto. Siempre se producen por esfuerzos de tracción o de cortante, que llegan a superar la tensión admisible del material, produciendo la rotura del mismo. Si se manifiestan sólo en la superficie se denominan fisuras, mientras que, si se producen en todo el espesor y pasan de una cara a otra, se llaman grietas. En tal sentido podemos concluir que al Evaluar y reparar las fisuras mediante el Comité ACI 224 se ha determinado que las estructuras son sostenibles Luego de haberlas evaluado o en algunos casos haberla reparado.

Para el presente trabajo de investigación se evaluado dos proyectos dentro del distrito de Vicco, siendo: Ampliación y Mejoramiento del Servicio de Internamiento Penitenciario de Cochamarca y MEJORAMIENTO DE CALLES EN EL JR. CAJAMARCA CDRA 1, JR. HUANCVELICA CDRAS 1-3, JR. AREQUIPA CDRAS 1-2, JR. APURIMAC CDRAS 1-2, JR. ANDRES A. CACERES CDRAS 1-3, JR. PUNO CDRAS 1-3 Y JR. CERRO DE PASCO CDRAS 1-4 EN EL CENTRO POBLADO DE COCHAMARCA, DISTRITO DE VICCO - PASCO – PASCO de las cuales emana las siguientes conclusiones secundarias.

- Las fisuras o grietas deben ser observadas y estudiadas con mucho detalle, ya que proporcionan valiosísima información sobre su origen y su estado de evolución. Mediante la observación visual se puede determinar si son fisuras o grietas, saber la dirección y la forma por la apertura de sus labios y el sentido de su movimiento. Hay que tener en cuenta la evolución estacional, épocas de calor y de frío, por lo que un estudio completo de la evolución puede durar hasta inclusive años. Para nuestro caso a sido muy importante determinar cuales han sido las causas de la aparición de las fisuras, considerando que en el cerco pasarela la aparición de las fisuras ha sido por liberación de energía en relaciona las cargas solicitadas por la estructura lo cual no comprometía al funcionamiento de la estructura, sin embargo la causa por la cual se fisuró las estructuras de la planta de tratamiento fue por proceso constructivo dejando

juntas de construcción lo que hacía que era necesario repararlas y evitar que siga filtrando agua por las paredes exteriores. Por lo tanto, determinando las causas de las fisuras mediante el Comité ACI 224 de las estructuras de concreto armado se determinará la Sostenibilidad de la estructura en el distrito de Vicco - Pasco 2018 específicamente en las estructuras de concreto armado que se evidencia en la presente investigación.

- La fisuración del concreto es atribuible a numerosas causas. Las fisuras no sólo afectan la apariencia de una estructura, sino que también indican fallas estructurales significativas o falta de durabilidad, o quizá solo indique la liberación de energía, Las fisuras representan en ocasiones la totalidad del daño; pero también es posible que señalen problemas de mayor magnitud. La gravedad depende del tipo de estructura o de la naturaleza de la fisuración, en nuestro caso se ha evaluado el cerco pasarela del centro penitenciario de Cochamarca, y se ha evidenciado que existe por lo menos una fisura en cada paño, estas fisuras se han evaluado y efectivamente son a consecuencia de la liberación de energía, lo que hace que estructuralmente el cerco continua funcionando, sobre las vigas de área de administración también se ha visualizado que son fisuras a consecuencia de liberación de energía no de mal funcionamiento de la estructura, es por ello que evaluar las fisuras

mediante el Comité ACI 224 se determinó la Sostenibilidad de las estructuras en el distrito de Vicco – Pasco 2018.

- Por consiguiente, los procedimientos de reparación exitosos a largo plazo son aquellos que atacan no sólo las fisuras sino también las causas de la fisuración, La inyección de resinas sintéticas rígidas permite restablecer el monolitismo del hormigón si se trata de fisuras inactivas, No obstante, en el caso de que exista movimiento, en una zona de actividad sísmica por ejemplo, habrá que sellar con resinas sintéticas flexibles, que cuentan con una cierta capacidad de deformación. En cambio, para los casos donde las fisuras se producen por esfuerzos excesivos en el Concreto, se deberá reforzar con fibras de carbono u otro método que otorgue a los elementos mayor resistencia, en nuestro caso las estructuras reparadas han sido los tanques de la planta de tratamiento del centro penitenciario y algunos paños en el pavimento del centro poblado de Cochamarca ambos en el distrito de Vicco, en tal sentido el resultado de los tanque se ha visto que no se evidencia ningún filtración de agua, y que los paños de los pavimentos trabajen en conjunto, por lo tanto al reparar las fisuras con las recomendaciones del ACI 224 se ha determinado la sostenibilidad de las estructuras, dando un buen funcionamiento de las mismas.

RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar un análisis más profundo, sobre las mejoras en las calidades del concreto y estudio de mecánica de suelos, para futuras construcciones, ya que las fisuras evidencian un problema en el concreto, o inclusive evidencia solo que la estructura está trabajando.
- Se sugiere que la directiva del Centro penitenciario y de la municipalidad de Vicco realice una evaluación de todas sus estructuras cuanto antes ya que pueda existir un problema que afectan a las estructuras, ya que es una patología que se está extendiendo y tiene trascendencia estructural, el origen es muy probable que sea producto de acciones mecánicas. Por tanto, se tiene que evitar y controlar las fisuras.
- Se recomienda que se realice un plan de conservación de la estructura después de haber realizado las reparaciones, para así controlar la aparición de nuevas patologías. Así mismo estas reparaciones deben ser supervisadas por un ingeniero especialista en reparación y conservación para que no se cometa negligencias

BIBLIOGRAFÍA

224, C. A. (s.f.). *Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón*.

Construmatica metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. (s.f.).

Obtenido de

https://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Diccionario_de_Construcci%C3%B3n

Hernandez, A. G. (2013). *Elementos de concreto simple y reforzado*.

Jose, T. C. (Enero- Marzo de 2004). *Patología de la construcción grietas y*

fisuras en obras de concreto armado. Obtenido de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87029104>

L., I. E. (2002). *Patologías del Concreto "Dictado en el III Congreso Internacional de la Construcción"*.

Olivares, J. P. (2005). *Técnicas de Rehabilitación de Pavimentos de Concreto Utilizando sobrecapas de Refuerzo*. Piura.

Oscar, C. D. (Mayo de 2001). *Patología del Concreto*. Obtenido de

<https://es.slideshare.net/jimmyesk1/patologia-del-concreto>

Pasquel Carbajal, E. (1998). *Topico de tecnología del concreto en el Perú*.

ACADEMIA. Obtenido de Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto* (2a ed.). Lima, Perú: Autor.

Perez Ramirez, L. y. (2013). *Estudio Analítico para contrarrestar las*

patologías en estructuras de concreto armado y contribuir en la vida

útil de las edificaciones de centros educativos. Huaraz.

ANEXOS



Evidencia de fisuras y la filtración de agua en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia de fisuras y la filtración de agua en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia de fisuras y la filtración de agua en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia de fisuras y la filtración de agua en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia de fisuras y la filtración de agua en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia de fisuras y la filtración de agua en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia del tratamiento de fisuras en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia del tratamiento de fisuras en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia del tratamiento de fisuras en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia del tratamiento de fisuras en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Evidencia del tratamiento de fisuras en tanques de la planta de tratamiento de aguas residuales del centro penitenciario.



Vertido de Concreto Masivo



Demolición de Pavimentos con Fisuras