



**ALTERNATIVAS PARA MITIGAR O EVITAR LOS DAÑOS ASOCIADOS A LOS
ATAQUES QUÍMICOS QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN
REFORZADO PARA EL MEJORAMIENTO FUNCIONAL DE LA PLANTA DE
PROCESAMIENTO DE JUGOS Y PULPAS DE SANTANDER**

Ing. Julián David Acosta Prieto

C.C. 1.110.579.369

Directora de Tesis:

Ing. María Paz Duque Gutiérrez

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Maestría en Patología de la Construcción

Colombia

2025

Tabla de contenido

1. Capítulo 1	5
1.1. Introducción	5
1.2. Identificación del paciente de estudio	6
1.3. Problema	6
1.4. Pregunta de investigación	7
1.5. Hipótesis	7
1.6. Justificación	8
1.7. Objetivos	9
1.7.1. Objetivo general	9
1.7.2. Objetivos específicos	9
2. Capítulo 2	10
2.1. Marco teórico	10
3. Capítulo 3	16
3.1. Metodología	16
3.1.1. Formulación, preparación y planteamiento de la investigación	17
3.1.2. Inspección preliminar del paciente	17
3.1.3. Recopilación de información necesaria para el estudio	17
3.1.4. Análisis de resultados de laboratorio y diagnóstico para la intervención	18

4. Capítulo 4	19
4.1. Antecedentes del paciente.....	19
4.2. Historia clínica.....	20
4.2.1. Fecha de Realización del Estudio	21
4.2.2. Datos Generales del Paciente.....	21
4.2.1. Datos Generales del Entorno:	23
4.2.2. Aplicación Patológica	25
4.3. Ensayos realizados	27
4.3.1. Ensayos de núcleos del concreto.....	27
4.3.2. Ensayo de esclerometría	28
4.4. Diagnostico	29
4.5. Estrategias de intervención	30
4.6. Análisis de medidas y presupuesto	31
5. Capítulo 5	36
5.1. Recomendaciones	36
5.1.1. Recomendaciones correctivas para el paciente.....	36
5.1.2. Recomendaciones preventivas para los diseños de mezcla	37
5.1.3. Recomendaciones preventivas para el proceso constructivo	38
5.1.4. Recomendaciones preventivas para los mantenimientos.....	40
6. Capítulo 6	41

6.1. Conclusión y resultados	41
7. Bibliografía.....	45

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Fachada principal planta.....	21
Ilustración 2 Localización del caso de estudio	23
Ilustración 3 Resultados de la resistencia a compresión de cilindros de concreto	27
Ilustración 4 Grafica rebote del concreto en placa de contrapiso.....	28
Ilustración 5 Cronograma de intervención	32

1. Capítulo 1

1.1.Introducción

Esta investigación se enfoca en identificar alternativas para mitigar y/o evitar los daños asociados a los ataques químicos con ácidos orgánicos que afectan la durabilidad del concreto reforzado, proporcionando medidas efectivas de control para preservar la Planta de Procesamiento de Jugos y Pulpas de Santander. Para esto se profundizará en los componentes que alteran y degradan la composición del concreto ante ataques químicos ácidos dando soluciones con procesos constructivos idóneos y materiales desarrollados con tecnologías actuales.

Existen artículos investigativos de la ScienceDirect como el de Ninan et al. (2023) y el Guidone et al. (2004) que integran dos variables ambientes de exposición acida evaluando su comportamiento al concreto y los efectos microestructurales que condicionan la durabilidad. Sin embargo, en la literatura reciente no se identifica aún un estudio integrador que considere de forma simultánea y sistemática el conjunto de variables de condiciones ambientales, operativas, contextuales, calidad de la mano de obra y selección de los materiales cuya mitigación, seguimiento y control son determinantes para el desempeño y durabilidad del concreto frente a la presencia de ácido cítrico.

1.2. Identificación del paciente de estudio

El paciente de estudio está directamente relacionado con el concreto reforzado utilizado en pisos industriales en áreas de alta exposición química, como es el caso de la empresa de jugos y frutas de Santander, ubicada en el municipio de Lebrija. Fue seleccionado a solicitud formal de los propietarios de la empresa, con el objetivo de identificar las causas de los daños presentes en sus estructuras y proponer soluciones para los pisos ya afectados, así como establecer un plan para las nuevas estructuras que se desarrollen en el futuro.

Con la temática anterior, las lesiones que se presentan en las placas de contrapiso se deben principalmente a los ácidos liberados durante la producción de los jugos. Además, se considera el proceso de limpieza industrial que utilizan, que involucra el uso de agua a alta presión con temperaturas elevadas, junto con desinfectantes agresivos como el cloro y el varsol. Este entorno agresivo resalta la necesidad de un análisis detallado para diseñar materiales y técnicas de construcción más resistentes al ataque con ácidos de este tipo implementando nuevas tecnologías de construcción.

1.3. Problema

El ataque químico compromete la durabilidad de las estructuras de concreto, generando una disminución en la resistencia, corrosión del acero de refuerzo, desintegración de la superficie y posibles impactos ambientales, como la contaminación del suelo y el agua. Además, investigaciones recientes determinaron la reducción de resistencia del concreto al exponerse a soluciones con pH menores al 5 entre un 25% y un 40% después de un año de exposición

continua, esto dependiendo de que tan vulnerable se encuentre el concreto. Aumentando los costos de mantenimiento y reparación, resaltando la necesidad de identificar estrategias efectivas para su prevención y mitigación (Mehta & Monteiro, 2014).

Para el paciente, se han identificado zonas con pérdida de capa superficial, fisuración y decoloración del concreto en un rango del 85% de las áreas operativas, afectando directamente las condiciones de salubridad y el desempeño funcional de la infraestructura.

Por otro lado, la mayoría de los estudios se enfocan en el deterioro del concreto por ataques químicos, pero actualmente falta investigación sobre la evolución de los materiales y las técnicas actuales ante el comportamiento del concreto frente a ataques químicos de naturaleza cítrica y ascórbica. Para el desarrollo se necesita profundizar en la selección adecuada para la estructuración del concreto desde los agregados, aditivos, fibras, sellantes y demás componentes que aporten a la durabilidad del concreto ante ataques químicos.

1.4.Pregunta de investigación

¿Qué tecnologías constructivas y materiales de última generación pueden emplearse de manera preventiva, mitigativa e innovadora para reducir el deterioro del concreto por ataques químicos ácidos, promoviendo la eficiencia en materiales no renovables en la construcción?

1.5.Hipótesis

La aplicación de alternativas constructivas desde el diseño, la formulación de recomendaciones para la etapa de ejecución y la elaboración de un manual de mantenimiento

contribuirán significativamente al aumento de la durabilidad del concreto, la optimización de los recursos constructivos y la reducción del impacto ambiental.

Esta hipótesis parte de la premisa de que la interacción prolongada entre los compuestos ácidos orgánicos y los componentes cementicios del concreto genera una disolución progresiva de los productos de hidratación, afectando la cohesión interna del material y promoviendo la corrosión del acero de refuerzo. En consecuencia, se espera demostrar que el conocimiento preciso de los efectos del ataque químico cítrico sobre el concreto posibilita la creación de soluciones constructivas integrales, con base en tecnologías actuales y materiales resistentes a medios ácidos, que prolonguen la vida útil de las estructuras y mantengan las condiciones de funcionalidad y seguridad requeridas en entornos industriales de procesamiento de alimentos.

1.6. Justificación

Durante la intervención de una construcción, los materiales a reemplazar suelen tener un bajo aprovechamiento y escaso reciclaje además de estar elaborados con fuentes de energía no renovables. Por ello al extender la durabilidad de las estructuras y reducir las frecuencias de los mantenimientos, se estaría favoreciendo a la disminución del impacto ambiental. En este contexto, se hace necesario desarrollar y aplicar nuevas técnicas constructivas abordando los materiales de última generación en función de la durabilidad y la conservación de la infraestructura, permitiendo una optimización de los recursos.

Siendo el concreto el material principal de análisis debido a que es altamente utilizado en las estructuras de construcción en Colombia por su bajo costo, resistencia, y adaptabilidad es

fundamental abordar factores que afectan su desempeño. No obstante, a pesar de sus ventajas, se ve comprometido en diversas patologías y una de las lesiones más comunes en las construcciones industriales está relacionada con ataques químicos que generan deterioro y reducción de la vida útil (Neville, 2011).

Con el propósito de aportar a la profundización en las nuevas tecnologías que logren preservar las estructuras del concreto reforzado en el tiempo, esta investigación se enfoca en actualizar y aplicar las técnicas innovadoras. El objetivo es reducir la aparición de lesiones asociadas con ataques químicos proponiendo soluciones que aumenten la durabilidad y funcionalidad del concreto reforzado.

1.7.Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Proponer alternativas constructivas actuales y basadas en materiales de última generación, a partir del estudio de caso de la Planta de Procesamiento de Jugos y Pulpas de Santander, orientadas desde el diseño preventivo de lesiones, con el fin de establecer recomendaciones para la construcción y lineamientos de mantenimiento enfocados en el tratamiento de los deterioros del concreto reforzado ocasionados por ataques químicos con ácidos orgánicos.

1.7.2. Objetivos específicos

Investigar sobre materiales y técnicas constructivas innovadores que garanticen una vida útil prolongada y sean aplicadas en las infraestructuras de las plantas y bodegas industriales.

Diseñar mezclas de concretos desde el enfoque cualitativo y cuantitativo que mejore el desempeño ante ataques con ácidos.

Diseñar estrategias de prevención y mantenimiento mediante la selección de materiales de última generación que alineados con las tecnologías actuales brinde mayor resistencia al concreto reforzado contra los agentes químicos.

2. Capítulo 2

2.1.Marco teórico

Las patologías en la construcción suelen originarse a partir de factores relacionados con el diseño, ejecución, mantenimientos, materiales, condiciones ambientales y envejecimiento. De esta manera se da origen a la clasificación de las lesiones que pueden darse de tipo directo, cuando se reflejan de manera inmediata y precisa generando el daño principal. Por otro lado, se encuentra la causa de origen indirecto, cuando no produce una afectación visible de forma inmediata contribuyendo a la degradación y disminución de la durabilidad en la construcción (Merino, 2012).

El tema patológico relacionado a esta investigación hace referencia a los ataques químicos en los pisos industriales de concreto y a los procesos de deterioro que afectan a las superficies por factores internos o externos, provocando alteraciones en su estado físico, químico o estructural. Estos ataques pueden ser originados por diversas causas, tales como condiciones

ambientales, deficiencias en el diseño, la ejecución de la obra, uso de materiales inapropiados y falta de mantenimientos.

Al considerar el concreto como material primordial de estudio, resulta indispensable iniciar con el análisis de su microestructura como punto de partida evaluando su compatibilidad con otros materiales y su respuesta frente a agentes externos. De esta manera el concreto al ser un material altamente alcalino presenta un pH cercano al 13 y lo hace susceptible al ataque de cualquier vapor o líquido de naturaleza ácida. El mecanismo de deterioro se da por la reacción de dichos ácidos con el concreto que debilitan la matriz producto de la hidratación del cemento generando la disolución progresiva de la pasta de cemento. Este proceso ocasiona pérdida de cohesión, reducción de resistencia mecánica y aumento de porosidad comprometiendo la durabilidad (Guzman, 2011).

A continuación, se describen los ataques químicos más comunes que pueden afectar a los pisos industriales en la tabla uno.

Tabla 1
Tipos de ataques

Tipos de ataques	Descripción	Consecuencias
Ataque por ácidos	Los ácidos reaccionan con los compuestos alcalinos del concreto principalmente con el hidróxido de calcio, disolviendo la pasta de cemento (Broto, 2005).	Debilitamiento de la estructura y pérdida de resistencia superficial del concreto.

Ataque por Álcali-Sílice (Reacción Álcali-Sílice)	Los álcalis del cemento reaccionan con sílice reactiva de los agregados, produciendo un gel expansivo que absorbe agua (Broto, 2005).	Expansión del concreto, formación de fisuras y pérdida de resistencia estructural.
Ataque por cloruros	Los cloruros, compuestos por átomos de cloro, atacan principalmente el acero de refuerzo del concreto (Broto, 2005).	Corrosión del acero, pérdida de sección transversal, fisuración y pérdida de adherencia.
Ataque por sulfatos	Los sulfatos presentes en el agua subterránea o introducidos durante la mezcla o curado del concreto reaccionan con el aluminato tricálcico (Neville, 2011).	Expansión, fisuración, desintegración y pérdida de resistencia mecánica.
Carbonatación	El dióxido de carbono (CO ₂) del aire reacciona con el hidróxido de calcio de la pasta de cemento, reduciendo la alcalinidad del concreto (Mehta & Monteiro, 2014).	Disminución del pH, pérdida de pasivación del acero y mayor riesgo de corrosión.

La clasificación de las patologías y sus ataques más comunes da camino a un diagnóstico más claro que se basa en el estudio comprendido en la observación, toma de datos, ensayos en los elementos constructivos y sus materiales para generar el análisis de la información obtenida. Siguiendo las técnicas de diagnóstico sugeridas según Broto (2005) “La elección y orden de esta metodología siempre debe estar en función de cada caso concreto y de la problemática y requerimientos de la propia degradación” (pág. 35) de esta manera es indispensable contar con profesionales especializados en patologías y su intervención.

Uno de los principales desafíos que se enfrentan en el diseño, construcción y mantenimiento de los pisos industriales en concreto es la exposición a sustancias químicas agresivas, especialmente ácidos. A diferencia de otros compuestos químicos, los ácidos pueden reaccionar con los componentes del concreto, debilitándolo y reduciendo drásticamente su vida útil.

Las patologías derivadas de la reacción química entre ácidos y el concreto se originan por la neutralización de la alcalinidad del concreto reduciendo la capacidad de protección frente a la corrosión del acero de refuerzo. De manera continua se da la disolución de compuestos hidratados de la pasta cementicia debilitando su matriz interna, alterando la resistencia mecánica del concreto y aumentando la porosidad. Esto ocasiona desprendimientos superficiales, fisuraciones y hundimientos (Neville, 2011). Asimismo, se genera la pérdida de impermeabilidad del concreto acelerando la penetración de agentes agresivos, aumentando la degradación por cambios volumétricos y la granulometría del afirmado.

El principal motivo de estudio de investigación surge en la conservación de pisos en concreto para uso industrial, esto empieza por el estudio de los componentes que deterioran los elementos en concreto, identificando en primer lugar la clase de exposición a la cual estarán sometidos, como lo establece en el CR4.2.1 el título C del reglamento NSR-10 que incluye cuatro tipos de exposición que afectan los requerimientos del concreto para garantizar una durabilidad adecuada. Desde la etapa de diseño lograr cumplir con todas las cualidades normativas y simultáneamente sea personalizado o configurado para su uso. Con estos conceptos se pueden definir los concretos en el tipo de ensamble granulométrico y las cualidades de cada materia prima que componen la mezcla para preservar su refuerzo. Por lo general terminan siendo diseños únicos para cada tipo de construcción (Ministerio de Vivienda, 2010).

El trabajo de Meta y Monteiro (2014) sobre los ataques químicos en concretos, especialmente en los mecanismos de deterioro que afectan la durabilidad. Genera un punto de partida en el conocimiento de la causa de alteraciones en los componentes del concreto como lo

es la porosidad del concreto considerada como la vía principal de penetración de agentes. A partir de este conocimiento se impulsa la investigación enfocada en mezclas de concreto más densas y menos permeables en conjunto del acabado final que debe garantizar un sellado superficial con baja porosidad. Este enfoque toma como referencia las normativas y reglamentos vigentes aplicados al objetivo de mitigar el deterioro frente a agentes agresivos ácidos.

Como normativa y reglamento aplicable que regula la durabilidad del concreto contra agentes agresivos se encuentra:

NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente establecido por la República de Colombia especifica los estándares que contribuyen a la durabilidad del concreto en contacto con ataques químicos teniendo como extensión las normas ASTM y ACI.

ASTM C150: Requisitos para cementos resistentes a ataques químicos.

ACI 201.2 R-16: Guía para la durabilidad del concreto en condiciones agresivas.

ACI 364.1R-19: Guía para la evaluación de estructuras de concreto antes de su rehabilitación.

ACI 546R-14: Aplicaciones de los materiales usados en reparaciones estructurales.

ACI 562-19: Requisitos de código para la evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto existentes.

UNE-EN 1504: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de concreto.

NTC 3693:2024: Inspección y muestreo en construcciones de concreto endurecido.

Las estrategias de mitigación y mantenimiento que se establecen en las normas y reglamentos anteriormente mencionados aportan en la disminución del impacto ambiental al promover soluciones orientadas a la preservación y prolongación de las estructuras en concreto permitiendo un uso más eficiente de los materiales no renovables empleados en la construcción. Las normas internacionales (ACI y ASTM) ofrecen métodos específicos para evaluar la durabilidad del concreto ante ataques químicos, incluyendo ensayos y criterios de desempeño. En contraste, la normativa colombiana (NSR-10 y NTC) establece requisitos generales sin abordar los ácidos orgánicos. Por ello, se requiere adaptar los estándares internacionales a las condiciones locales para definir mezclas, aditivos y recubrimientos que prolonguen la vida útil del concreto en ambientes industriales agresivos.

Por otro lado, y para finalizar, se encuentra el factor económico el cual origina la investigación de Oreilly (1993), profundizando en las dosificaciones del concreto, enfocándose en el equilibrio entre costo, desempeño y durabilidad. Sus investigaciones resaltan en la importancia de una dosificación optimizada y disminución de los costos de mantenimiento. La integración de estos enfoques técnicos, ambientales y económicos favorecen la toma de decisiones en la construcción contemporánea y contribuyen al desarrollo de nuevas tecnologías integrales. Que al minimizar la necesidad de generar intervenciones frecuentes se optimizan los

recursos y se disminuye la huella ecológica asociada a la extracción, procesamiento y transporte de materiales.

El análisis de patologías en estructuras industriales como la Planta Procesadora de Jugos y Pulpas requiere un enfoque técnico que considere las condiciones ambientales, los agentes químicos presentes y la durabilidad del concreto reforzado. Con la literatura mencionada se destaca la importancia de identificar los mecanismos de deterioro para implementar estrategias de intervención efectivas.

3. Capítulo 3

3.1. Metodología

En esta investigación se implementará un enfoque mixto que ofrece una perspectiva integral. Por medio del componente cuantitativo se evaluarán los aspectos físicos y tangibles que se puedan medir como lo es la resistencia de compresión del concreto, la carbonatación y la pérdida de sección transversal del acero de refuerzo. Por su parte, el enfoque cualitativo abordará la caracterización del daño, las condiciones de la edificación, el análisis contextual, así como las percepciones y opiniones de los involucrados. La metodología se desarrollará por medio de seis etapas descritas a continuación.

3.1.1. Formulación, preparación y planteamiento de la investigación

La investigación surge de la necesidad de incorporar nuevas tecnologías en los procesos constructivos frente a patologías del concreto causadas por ataques químicos ácidos. Se selecciona como paciente la Planta de Procesamiento de Jugos y Pulpas de Santander, por su relevancia económica y su interés en mejorar la durabilidad de sus instalaciones frente a futuras ampliaciones. El estudio se fundamenta en la revisión de antecedentes teóricos, técnicos y normativos, con el propósito de definir objetivos, hipótesis y alcances, y de estructurar un plan metodológico orientado al diagnóstico, evaluación y mitigación de los deterioros identificados.

3.1.2. Inspección preliminar del paciente

La inspección preliminar se realizará con el objetivo de evaluar la condición física y los requerimientos específicos del paciente. La información recopilada será la base para implementar soluciones constructivas adecuadas a las circunstancias particulares que se detecten. Este proceso incluirá visitas al caso de estudio para recoger documentos, testimonios del personal y fotografías que respalden la investigación.

3.1.3. Recopilación de información necesaria para el estudio

El paciente por investigar se encuentra ubicado en el municipio de Lebrija-Santander y, en primer lugar, es mejorar la estética arquitectónica y la durabilidad de la estructura. Complementando con la recolección de datos in situ como también la determinación de los ensayos destructivos y no destructivos acordes a la necesidad del paciente que permitan dar un análisis cualitativo y cuantitativo del estado de la infraestructura. Se extraerán núcleos de concreto de 4" de diámetro para ensayar un total de 18 cilindros, correspondientes a seis

muestras promediadas. En el caso del ensayo de esclerometría, se seleccionarán cuatro zonas de evaluación, en cada una se realizarán 20 mediciones, obteniendo así un valor promedio que caracterizará el comportamiento superficial del concreto en cada zona analizada. Estos valores se promedian acorde a las normas para disminuir el valor de desviación.

Para su ejecución será necesario contar con información de diseños de concretos que con los resultados investigados y el criterio de los investigadores se realizará la optimización de la mezcla de concreto. En esta etapa se debe contar con ensayos de la caracterización de materiales pétreos de la zona que cumplan con la resistencia a factores que puedan alterar su durabilidad. Para la intervención y mantenimiento se recopilará información sobre las nuevas tecnologías de construcción como materiales actuales que sean durables ante ataques químicos con ácidos y que sean de fácil obtención en la zona.

3.1.4. Análisis de resultados de laboratorio y diagnóstico para la intervención

Con base en la información recopilada y los ensayos de laboratorio, se realizará un análisis integral que sustente el diagnóstico técnico del estado de la infraestructura, identificando los mecanismos de deterioro del concreto reforzado causados por la exposición a ácidos cítricos y ascórbicos. Este diagnóstico permitirá determinar los componentes químicos que afectan la durabilidad y establecer las relaciones entre la composición del concreto y su grado de afectación, con el fin de definir el diseño de mezcla más adecuado. A partir de estos resultados se propondrán estrategias de prevención y mantenimiento fundamentadas en la selección de materiales de última generación y tecnologías constructivas innovadoras que incrementen la

resistencia química, optimicen los recursos y prolonguen la vida útil del concreto en entornos industriales.

4. Capítulo 4

4.1. Antecedentes del paciente

Para el estudio de este paciente, se conoce que es una construcción de la década de los 90 y que su primer uso fue para bodegas de almacenamiento de alimentos sólidos, la compañía de jugos y frutas de Santander, compra esta propiedad con toda la infraestructura existente e inicia sus actividades realizando solo remodelaciones para la instalación de sus equipos, con esta novedad reportada, los pisos nunca fueron tratados o mejorados para su nueva función, con el inicio de las actividades y el crecimiento de la empresa fue notorio que el desgaste superficial de los pisos aumentara de una forma drástica, al punto de perder la adherencia e iniciar el desprendimientos masivos.

En la primera visita se solicitaron planos o diseños de la estructura como también los estudios de suelos, el paciente no contaba con esta información y para el caso de estudio no se pudo obtener, esto indicando que el primer paso a seguir es realizar una inspección más profunda para identificar como mínimo el espesor de cada uno de los pisos, su composición de acero de refuerzo y el estado del afirmado.

De la infraestructura se conoce que existen tres bodegas que se clasifican en la tabla dos de la siguiente forma:

Tabla 2*Antecedentes de las estructuras*

ANTECEDENTES ACTUALES DE LAS ESTRUCTURAS (PISOS)			
Elemento:	Pisos industriales		
Cliente:	Jugos y frutas de Santander		
Fecha:	Marzo del 2025		
Bodegas:	#1 recolección	#2 proceso	#3 residuos
Edad de construcción:	34 años	34 años	34 años
Área:	200 m ²	120 m ²	60 m ²
Espesor de placa:	0,15 m	0,12 m	0,17 m
Acero:	Malla 4.5 mm	No presenta	Malla 5 mm
Juntas:	No presenta	Juntas de 3m * 3m	No presenta
Desagües:	No presenta	Dos	No presenta
Apiques:	Dos	Uno	Uno

4.2.Historia clínica

El registro de historia clínica facilitará el diagnóstico del paciente para posteriormente proponer su intervención. Este registro servirá como base para desarrollar estrategias adecuadas que ofrezcan soluciones viables a los problemas identificados.

Además, se asegurará que toda la información recopilada esté debidamente organizada, facilitando así el análisis y la revisión del proceso patológico en el futuro. De este modo, se podrán identificar patrones y realizar ajustes en las intervenciones, optimizando la calidad de las soluciones propuestas y mejorando la eficacia en la atención.

4.2.1. Fecha de Realización del Estudio

La fecha de inicio de este caso se genera sobre el mes de febrero del 2025 basada en el caso de estudio de los maestrantes, su fecha de terminación estará para los meses de agosto y septiembre del presente año.

4.2.2. Datos Generales del Paciente.

En la ilustración uno se aprecia la estructura y arquitectura de fachada de la planta procesadora de jugos y pulpas de Lebrija - Santander.

Ilustración 1

Fachada principal planta



Nombre: Planta procesadora de jugos y frutas de Santander.

Dirección: Calle 7 #16 par barrio Campo Alegre, Lebrija, Santander.

Fecha de construcción: Año 1991.

Uso: Industrial con un área de 450 m² distribuido en tres bodegas y un área administrativa de un solo nivel.

Sistema constructivo: Placa de contrapiso maciza con estructura metálica de vigas y columnas ancladas a las placas por medio de pernos y cubierta liviana.

Importancia del paciente: La fábrica procesadora de pulpas y jugos se encuentra actualmente en producción y aportando a la economía del sector. Al ser una edificación en donde se pueden reunir más de 200 personas en un mismo salón el grupo de uso se clasifica en II – Estructuras de ocupación especial. Santander cuenta con una zona de amenaza sísmica alta con capacidad de disipación energía DES (Disipación de Energía Especial).

Normativa vigente de la construcción: Decreto 1400 de 1984.

Sistema estructural y constructivo: El sistema estructural de la edificación es atípico al normativo ya que solo cuenta con losas en el contra piso y sobre ellas estructura metálica compuesta por cerchas, columnas y cubierta liviana, no se encuentra estudio estructural o de diseño arquitectónico.

Tipo de cimentación: Placas de contrapiso, moduladas en tres salones principales, no se encuentra cimentación debajo de las estructuras ni acero en algunas de ellas, se define que no presenta ningún tipo de cimentación ya que funciona como placa flotante para toda la estructura de su época.

Estado general de construcción: El paciente se encuentra en un estado que no representa riesgo en su integridad como construcción presentando fisuras, descascamiento del concreto como también humedades por capilaridad en la mampostería con eflorescencias y delaminación de la pintura de acabado final.

El paciente no tiene ningún tipo de plano o levantamiento de las áreas construidas, se realizaron apiques aleatorios encontrando una subbase mal gradada.

4.2.1. Datos Generales del Entorno:

Edificaciones vecinas: Por los costados norte y sur, se encuentran edificaciones de la misma altura colindantes, y por los costados oriente viviendas y occidente se encuentra la vía de acceso. A 250 metros se encuentra la quebrada Angula. En la ilustración dos se aprecia su distribución.

Ilustración 2

Localización del caso de estudio



Medio ambiente: Se pueden encontrar valores de humedad en la ciudad de Lebrija, entre 66% y 82% dependiendo de la etapa del año, en general se presentan condiciones de ambiente húmedo (Atlas, 2024).

Temperatura: En la zona se tiene una temperatura entre 2 °C y 26 °C.

Precipitaciones: Entre 50% y 70% dependiendo de la época del año.

Nivel freático y escorrentías: Las vías y estructuras aledañas cuentan con adecuados sistemas de drenaje que permiten el flujo de agua y no provocan afectación a los suelos.

Arquitectura: El diseño de esta estructura es muy básico ya que está compuesta de una losa en concreto que funciona como piso y cimentación, acompañada de estructura metálica. Sus divisiones internas están en sistemas livianos como láminas de fibrocemento y yeso, algunas partes de los pisos están con acrílicos y otros con cerámicas.

Materiales: Concreto, acero, estructura metálica, materiales láminas de fibrocemento y yeso.

Suelos y cimentaciones: No se dispone de un estudio de suelos, por lo que se recomienda al cliente realizar esta evaluación para poder completar el informe de forma técnica y efectiva. La obtención de estos datos es crucial para asegurar la adecuación de las cimentaciones al tipo de terreno. La falta de información geotécnica representa una limitación significativa en el análisis. Por ello, se sugiere considerar la realización de un estudio apropiado que permita enriquecer el

informe y garantizar que todas las consideraciones estructurales se aborden de manera adecuada y profesional.

4.2.2. Aplicación Patológica

Geriátrica: Considerando la antigüedad de la edificación, se realizará un análisis geriátrico de las lesiones que podrían haber surgido a lo largo del tiempo, como resultado de las condiciones inherentes a la durabilidad del proyecto. Esta evaluación permitirá identificar daños que necesitan atención especial, asegurando una comprensión completa del estado actual de la obra.

Forense: La estructura ha estado expuesta a diversos tratamientos para abordar las patologías en los pisos, lo que ha llevado al uso de productos de limpieza y reparaciones que han generado daños colaterales. Es fundamental analizar estos efectos adicionales para poder desarrollar un plan de acción adecuado para las intervenciones futuras.

Preventiva: Se diseñará un plan de tratamiento que garantice la funcionalidad y sostenibilidad de la estructura a largo plazo. Esto involucrará la implementación de medidas proactivas que aseguren la integridad de la estructura y prevengan futuros deterioros.

Descripción de la Patología más Relevante en el Paciente: Desgaste máximo de la placa en concreto de contrapiso en gran parte de la superficie y desprendimientos o fragmentación con fisuración en paños de dos metros de distancia y en cambios de rigidez. Empozamiento de ácidos cítricos, aceites y agua en la placa de contrapiso con falta de

pendientado y desagües. En la tabla tres se aprecia la ficha patológica con toda su caracterización.

Tabla 3

Ficha patológica planta procesadora de jugos y pulpas

PACIENTE: PLANTA PROCESADORA DE JUGOS Y PULPAS DE SANTANDER	LESION:	DESPRENDIMIENTO DE CONCRETO EN LA PLACA DE CONTRAPISO		FECHA:	20/03/2025	FICHA No.:	P-01															
	DIRECCION:	Calle 7 #16 par barrio Campo Alegre, Lebrija, Santander	ELABORADO POR:	INGENIERO JULIAN DAVID ACOSTA PRIETO																		
	EDAD DE CONSTRUCCION:	34 Años	TIPO DE USO:	Industrial																		
	AREA CONSTRUIDA:	450 m2	SISTEMA CONSTRUCTIVO:	Placa de contrapiso maciza con estructura metálica de vigas y columnas y cubierta liviana.																		
INFORMACION GENERAL DEL PACIENTE	NORMATIVA CONSTRUCCION:	Decreto 1400 de 1984	TIPO DE INTERVENCON	Rehabilitación																		
	FOTOS																					
		DESCRIPCION GENERAL DEL PACIENTE		Planta procesadora de jugos construida en el año 1991 con el decreto 1400 de 1984 con un area de 450m2. El sistema estructural de la edificación es atípico al normativo ya que solo cuenta con losas en el contra piso y sobre ellas estructura metálica compuesta por cerchas, columnas y cubierta liviana. no se encuentra estudio estructural o de diseño arquitectónico. La cimentación son placas de contrapiso, moduladas en tres salones principales.																		
		DESCRIPCION DE LA LESION		Desgaste máximo de toda superficie y desprendimientos o fragmentación en algunos sectores de la placa de concreto de contrapiso. Condiciones de asepsia excasas debido a la poca planeación en la construcción para su facilidad, estancamiento de residuos productos de la producción de la planta.																		
		PREDIAGNOSTICO		No contar con un concreto de baja permeabilidad, con disminución de porosidad y macrofibras. La falta de acero de refuerzo que asumiera esos esfuerzos a tracción. La falta de un sellado final de los poros para no absorber humedad y líquidos. La falta de dilataciones para proporcionarle movimiento al concreto. El pendienteado y desagües para el retiro fácil de las sustancias evitando el estancamiento afecta la alcalinidad del concreto.																		
PROPUESTA DE INTERVENCON		OPCION UNO			OPCION DOS																	
		Reparación superficial: Consiste en aplicar una mezcla autonivelante de reparación para cubrir grietas o imperfecciones en la superficie del concreto. Esto puede incluir epóxicos, morteros premezclados o compuestos de poliuretano.			Reemplazo de losas: En casos de daño severo, puede ser necesario retirar completamente la losa de concreto afectada y reemplazarla por una nueva. Esto incluye preparación del sustrato antes de la instalación junto con construcción de desagües y pendienteados para la evacuación de líquidos.																	
LOCALIZACION DE LA LESION		CAUSAS		NIVEL DE DAÑO		NIVEL DE RIESGO		NIVEL DE RECUPERACION		PROPUESTA DE INTERVENCON												
		DIRECTA		INDIRECTA																		
		Mecánicas	Físicas	Químicas	Diseño	Materiales	Mano de Obra	Mantenimiento	Seguridad	Funcionalidad	Confort	Aspecto	Bajo	Medio	Alto	Conveniente	Necesario	Imprescindible	Restitución	Reparación	Consolidación	Mantenimiento
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			X	X	X		X

4.3. Ensayos realizados

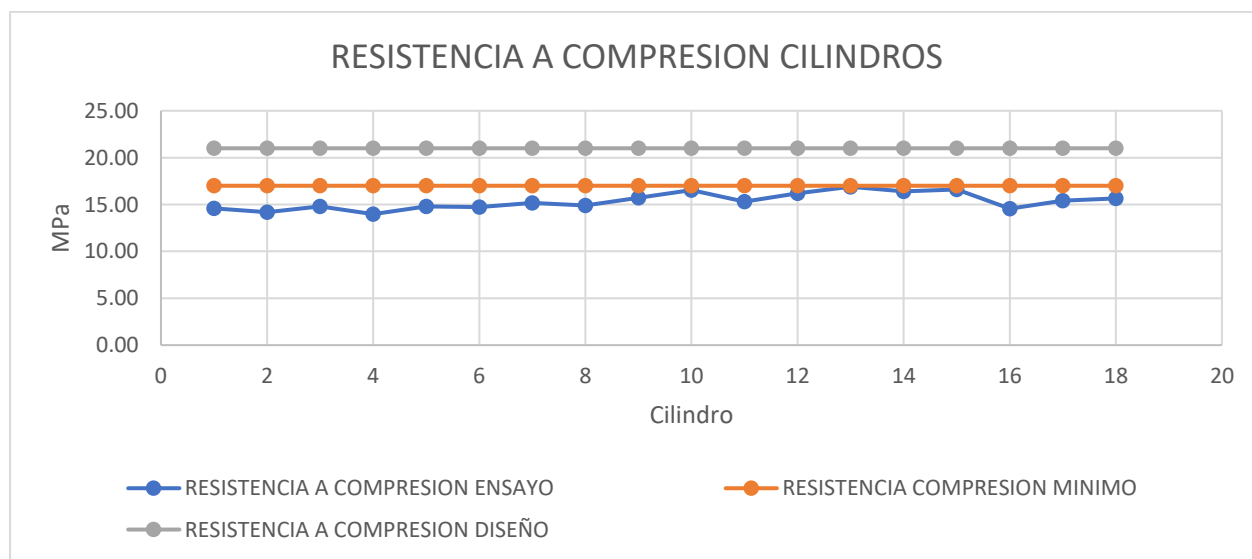
La recolección de datos in situ como también la determinación de los ensayos destructivos y no destructivos acordes a la necesidad del paciente que permiten dar un análisis cualitativo y cuantitativo del estado de la infraestructura.

4.3.1. Ensayos de núcleos del concreto

Ejecutando el ensayo de compresión de cilindros de concreto por medio de la extracción de núcleos para conocer la resistencia a la compresión tomando como parámetro mínimo 17 MPa y como resistencia de diseño 21 MPa. Se establecen 18 tomas con broca de 4" en la placa de contrapiso en diferentes zonas de afectación con una relación uno a uno con respecto al diámetro y altura con la finalidad de dejar una tolerancia para el refrenteo. Según norma NTC 3658. A continuación, se grafican los resultados de los 18 cilindros en la ilustración tres.

Ilustración 3

Resultados de la resistencia a compresión de cilindros de concreto



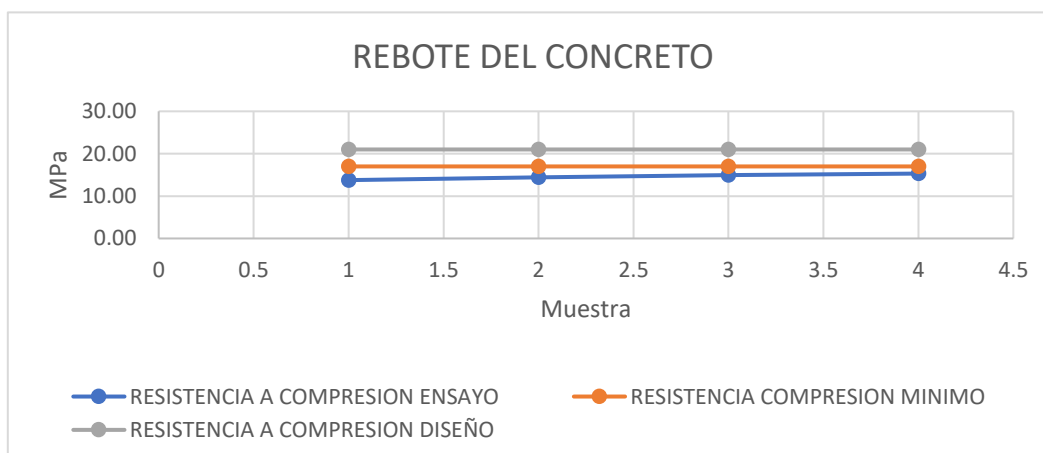
Los resultados de laboratorio se pueden ver en el Anexo 1 Ensayos de laboratorio de resistencia a compresión. Con un promedio total de cilindros de 15.36 MPa, la desviación estándar de 0.88, la varianza de 0.72 y el coeficiente de variación de 0.06. Con esta información se analiza que por estar debajo de la resistencia de diseño se deduce que las muestras han sido afectadas por las sustancias acidas, pero adicional está por debajo de la resistencia mínima por norma NSR-10 por lo que se corrobora con ensayos de esclerometría para generar un comparativo.

4.3.2. Ensayo de esclerometría

El ensayo de esclerometría para la placa de concreto busca determinar la resistencia a la compresión tomando como parámetro mínimo 17 MPa y como resistencia de diseño 21 MPa. Se establecen 80 tomas diferentes zonas de afectación para determinar cuatro promedios de resistencias. Según norma NTC 3692. A continuación, se grafican los resultados de los promedios de muestras con un total de cuatro, ver la ilustración cuatro.

Ilustración 4

Grafica rebote del concreto en placa de contrapiso



Los resultados de laboratorio se pueden ver en el Anexo 2 Ensayos de laboratorio de esclerometría a placa de concreto. Con un promedio total de cilindros de 14.62 MPa, la desviación estándar de 0.67, la varianza de 0.33 y el coeficiente de variación de 0.05. Con estos resultados se determina que las zonas más afectadas son las que tienen más presencia de ácidos en el concreto. Se puede determinar con la experiencia que la zona más afectada del concreto es la superficial manteniendo el criterio de que a mayor profundidad en el concreto más difícil es el acceso del ácido.

4.4.Diagnostico

De acuerdo con el análisis del registro fotográfico, las visitas al sitio y la historia clínica, se puede concluir que la estructura actual está sometida a esfuerzos y cargas para las cuales no fueron concebidas incluyendo un cambio de uso y actualización de normativa a la NSR-10. Por estas razones mencionadas la planta debe ser sometida a un estudio de vulnerabilidad sísmica este nuevo alcance se deberá realizar antes de realizar la intervención planteada.

Dando alcance al estudio de la lesión por ataques químicos ácidos al concreto se deduce que el sellado del concreto en su superficie impide el ingreso de líquidos que alteren la durabilidad del concreto. Al no tener el conocimiento y las tecnologías al inicio de la construcción de la infraestructura faltó un buen diseño de concreto que disminuya la porosidad del concreto y mantenga una baja permeabilidad es ideal para la composición de la mezcla cementicia pero adicional debe estar dilatada para evitar la fisuración en áreas no inducidas.

El concreto al no alcanzar la resistencia mínima por normativa para elementos estructurales no se indaga más a fondo sobre la resistencia del acero ya que este concreto por normativa no es aceptado y debe ser reemplazado.

Las limpiezas industriales no periódicas y de manera abrasiva no aportan durabilidad. Estos parámetros de uso han contribuido a que la estructura presente fallas masivas en diversas áreas, evidenciando la necesidad de una evaluación exhaustiva y un posible rediseño de los métodos de mantenimiento.

La falta de drenajes y pendiente para evacuación de ácidos hace que los líquidos se estanquen y saturen en el concreto. Estos estancamientos de ácido no contribuyen a una buena asepsia en la planta de jugos. Produciendo, aumentando en el deterioro de las placas de contrapiso.

Conociendo los factores principales de la lesión, para concretos nuevos o existentes el sellado final de la placa debe ser capaz de proteger al concreto de agentes químicos, impacto, abrasión y choque térmico. El sellante debe ser a base de epoxicos o poliuretanos que resistan bien a ataques químicos y cumpla con resistencia a la abrasión de carga de tráfico medio.

4.5.Estrategias de intervención

Existen varios métodos de intervención para este tipo de patología en pisos de concreto, entre los cuales se destacan la reparación superficial aplicando mezclas de reparación y/o inyecciones con epoxicos y/o microcementos cuando solo tiene un descaste y afectación de la

superficie. Cuando su afectación compromete la estabilidad estructural es necesario realizar reemplazos de losas que es la condición del paciente en estudio.

La intervención inicia con la demolición y retiro de escombros mediante demoledor eléctrico de 15 kg y cargue mecánico con minicargador, garantizando limpieza del área. Posteriormente, se realiza excavación manual para adecuar las pendientes y alojar las redes de desagüe, instalando tuberías conforme al diseño hidráulico y rellenando con material granular tipo sub-base compactado por capas. La compactación general se efectúa con rodillo tipo binitín de 1 tonelada hasta alcanzar la densidad especificada. Luego, se procede al armado del acero de refuerzo según planos estructurales y la fundida del concreto previamente diseñado específicamente para el paciente. Tras tres días, se garantiza el curado del concreto por aspersión o mantas húmedas para evitar fisuración. Se conforma la media caña en los encuentros muro-piso, se ejecutan dilataciones de placa con material elástico sellante para permitir movimiento térmico y finalmente se aplica el sellado superficial con pinturas de poliuretano resistentes a ácidos cítricos asegurando protección, durabilidad y acabado uniforme del contrapiso.

4.6. Análisis de medidas y presupuesto

Para la intervención de demolición y fundida de placa junto con su sellado final el paciente presenta un desafío considerable, ya que todas las intervenciones deben ejecutarse en un plazo máximo de ocho días hábiles, una condición impuesta por la planta para asegurar la continuidad de su producción. Con esta limitación, se sugiere elaborar un plan de trabajo que se base en rutas de intervención breves y segmentadas a lo largo de toda la estructura con una duración de 12 días calendario, con el objetivo de minimizar el impacto general. Se debe trabajar

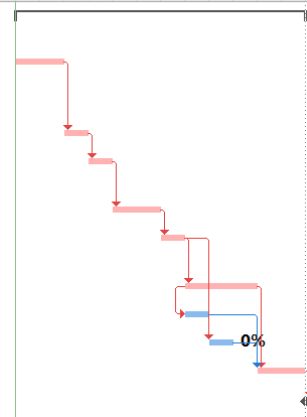
de corrido en horario de 7:00 a.m. a 5:00 p.m. todos los días empezando el sábado y teniendo un día muerto que es el siete que no requiere tanto esfuerzo como los demás días en el cual se lleva a cabo el curado importante para cumplir con la resistencia de diseño al tercer día después de fundido.

Para la actividad se requieren equipos especiales como minicargador, bicilindro, demolidores y cortadora de piso esto para aumentar el rendimiento y cumplir con las fechas ya que es más la pérdida económica de la estacionalidad de la planta versus el costo de los equipos. A continuación, en la ilustración cinco se muestra la programación de intervención para cada una de las bodegas que duran exactamente lo mismo, se aprecia la programación, el diagrama de Gantt con su ruta crítica.

Ilustración 5

Cronograma de intervención

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	
1	INTERVENCIÓN 1 PLANTA DE JUGOS Y PULPAS	12 días	sáb 3/05/25	mié 14/05/25															
1.1	DEMOLICION Y RETIRO DE ESCOMBROS PLACA CONTRAPISO (DEMOLEDOR 15 KG Y MINICARGADOR)	2 días	sáb 3/05/25	dom 4/05/25															
1.2	EXCAVACION MANUAL PARA DESAGUES	1 día	lun 5/05/25	lun 5/05/25	2														
1.3	INSTALACION DE DESAGUES Y LLENO CON SUB-BASE	1 día	mar 6/05/25	mar 6/05/25	3														
1.4	COMPACTACION GENERAL (BINITIN 1 TON)	2 días	mié 7/05/25	jue 8/05/25	4														
1.5	ARMADO DE ACERO Y FUNDIDA CONCRETO A 3 DIAS	1 día	vie 9/05/25	vie 9/05/25	5														
1.6	CURADO DE CONCRETO	3 días	sáb 10/05/25	lun 12/05/25	6														
1.7	MEDIA CAÑA	1 día	sáb 10/05/25	sáb 10/05/25	7CC														
1.8	DILATACIONES DE PLACA DE CONCRETO	1 día	dom 11/05/25	dom 11/05/25	6FC+1 día														
1.9	SELLADO FINAL	2 días	mar 13/05/25	mié 14/05/25	7;8;9														
1.10	ENTREGA	0 días	mié 14/05/25	mié 14/05/25	10														



Sin embargo, estas restricciones de tiempo pueden influir en el presupuesto, dado que será necesario buscar mano de obra altamente eficiente y seleccionar productos disponibles en el mercado cuyas propiedades de secado o puesta en marcha se alineen con los plazos establecidos.

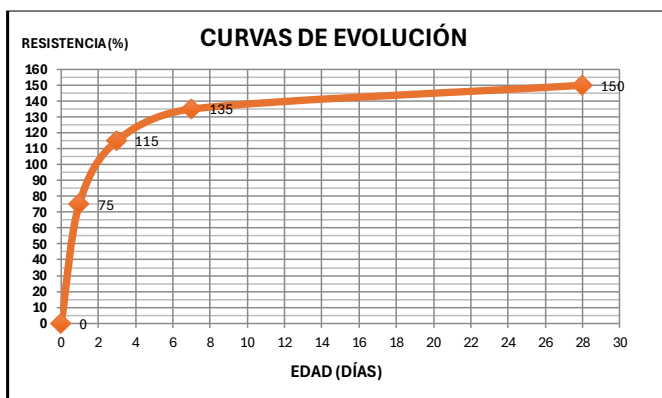
Dando énfasis a la ingeniería de detalle se diseña por parte de los responsables del estudio un concreto de 4000 PSI con resistencia de diseño acelerado a 3 días teniendo en cuenta el diagnóstico y de esta manera proponer un asentamiento bajo de 4” utilizando aditivos plastificantes, reductores de agua y manteniendo una relación agua cemento del 0,35 que proporcione la reducción de la porosidad. Para la mejora de la durabilidad se propone el microsílíce con la finalidad de reducir el tamaño de los poros en la pasta de cemento y mejorar la hidratación de esta manera reduce la permeabilidad del concreto. A continuación, en la tabla cuatro el diseño de mezcla para la Planta Procesadora de Jugos y Pulpas de Santander.

Tabla 4

Diseño de concreto de 4000 PSI

DESCRIPCION VARIABLE	VALOR	COMENTARIO
METODOLOGIA:	ACI, RNL, TABLAS Y GRÁFICAS MEDIO COLOMBIANO Y EXPERIENCIA	
TIPO DE CONCRETO:	CONCRETO A COMPRESIÓN 28 Mpa, TMN 3/4" ACELERADO A 3 DIAS	
REFERENCIA:	PISOS INDUSTRIALES, CONTROL ACIDOS	
1. ELECCION ASENTAMIENTO DISEÑO:	100 mm	Proponemos un valor de asentamiento bajo para ajustar finalmente con el uso de aditivos plastificantes - reductores.
2. ELECCION DEL TAMAÑO MAXIMO:	3/4 "	
3. ESTIMACION DEL CONTENIDO DE AIRE:	1,50%	Por la experiencia en el uso de estos materiales.
4. ESTIMACION DEL AGUA DE MEZCLADO:	193 lt	Figura 8.2. Requerimiento de agua de mezclado.
5. ELECCION DE LA RELACION A/C:	0,35	Figura 8.3. Resistencia v.s. Relaciones A/C y resultados de laboratorio.
RESISTENCIA DE DISEÑO:	28 Mpa	Las tablas no contemplan cementos estructurales, por lo que apelamos a la experiencia en el uso del cemento en uso.
6. CALCULAR EL CONTENIDO DE CEMENTO:	551 kg	
7. ESTIMACION PROPORCIONES DE AGREGADOS		Metodo gráfico, Tabla 8.12. Rango granulométrico recomendado (Fuller y Thompson).
ARENA	56,0%	
GRAVA	44,0%	
8. AJUSTE MEZCLA DE PRUEBA		
AGUA DE MEZCLADO	160 lt	Reducción de agua del por uso de aditivos reductor y obtención del asentamiento requerido con plastificante.
AJUSTE CEMENTO	457 kg	Recalculo.
ARENA	45%	
GRAVA BASE DE BARITA	55%	
ADITIVO PLASTIFICANTE	0,40%	Porcentaje del peso del cemento, para el ajuste del agua de mezclado y otorgar un tiempo de manejabilidad mayor.
ADITIVO RETARDANTE	0,38%	Porcentaje del peso del cemento, para la obtención del asentamiento solicitado por la obra.
MICRO SILICE (Sika Fume)	5,00%	Porcentaje por peso del cemento.
MACROFIBRA SINTETICA ESTRUCTURAL	5 kg/m3	Pisos de alto desempeño entre 4,5-6,0 kg/m3.

MATERIAL	PESO (kg/m3)	DENSIDAD (kg/m3)	VOLUMEN (lt/m3)
CEMENTO ART	457	3120	146,52
A/C	0,35		
AIRE	2%	0	0
AGUA	160	1000	160,00
VOLUMEN ARIDOS			693,48
PESO ARIDOS	1,81		
ARENA PROCESADA	0,81	2,61	311,41
GRAVA PROCESADA	0,99	2,60	382,07
		TOTAL	1000
ADITIVO PLASTIFICANTE	1,83		
ADITIVO RETARDANTE	1,74		
MICRO SILICE (Sika Fume)	22,86		
MACRO FIBRA SINTETICA	5,00		



Notas:

1. Las dosis de los aditivos podrán variar, a saber:

Aditivo retardante: si se requiere un rango de tiempos de manejabilidad diferente.

Aditivo Plastificante: en un rango de un 15% aproximadamente, para conseguir el asentamiento de diseño por variaciones en la humedad y absorción de los áridos, pequeños cambios en los áridos y características del cemento (por ej: finura), tambor mezclador muy seco y caliente, otros cambios y así asegurar que la relación A/C sea la especificada.

2. La proporción de los áridos podrá cambiar, dentro de los rangos que la gráfica nos permita, si la apariencia, trabajabilidad u otro aspecto lo amerite.

3. La manejabilidad del diseño se podrá mejorar hasta 4" con el uso de aditivo plastificante, esta opción la podrá solicitar el cliente de ser necesario.

4. El buen desempeño de la mezcla esta valorada en generar un acabado superficial adecuado, se recomienda pulir la superficie con equipos mecanicos (allanadora o helicóptero para concreto)

Estableciendo la programación y el diseño de mezcla se da desarrollo al presupuesto para intervención de la bodega uno con 200 m2 de placa de contrapiso, ver en la tabla cinco.

Tabla 5

Presupuesto de intervención para bodega uno

ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UND	CANTIDAD	VLR UNITARIO	VLR TOTAL
1.1	DEMOLICION Y RETIRO DE ESCOMBROS PLACA CONTRAPISO (DEMOLEDOR 15 KG Y MINICARGADOR)	M2	200	\$	30.218,88
	ALQ MINICARGADOR CON ACCESORIOS CUCHADA Y MARTILLO INCLUYE ACPM INCLUYE EL TRANSPORTE	HR	0,08	\$	270.000,00
	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	0,1	\$	60.000,00
	DEMOLEDOR 15 KG	DIA	0,01	\$	55.000,00
	OPERADOR	DIA	0,01	\$	206.888,00
1.2	EXCAVACION MANUAL PARA DESAGUES	ML	20	\$	20.688,80
	1 OFICIAL + 2 AYUDANTES	DIA	0,05	\$	413.776,00
1.3	INSTALACION DE DESAGUES Y LLENO CON SUB-BASE	ML	20	\$	39.188,80
	MATERIALES SANITARIOS	GL	0,05	\$	370.000,00
	1 OFICIAL + 2 AYUDANTES	DIA	0,05	\$	413.776,00
1.4	COMPACTACION GENERAL (BINITIN 1 TON)	M2	200	\$	3.199,38
	ALQ BINITIN 1 TON INCLUYE ACPM	DIA	0,01	\$	113.050,00
	OPERADOR	DIA	0,01	\$	206.888,00
1.5	ARMADO DE ACERO Y FUNDIDA CONCRETO A 3 DIAS	M2	200	\$	123.692,71
	ALQ HELICOPTERO	DIA	0,005	\$	75.000,00
	CONCRETO 4000 PSI CON MACROFIBRA ACELERADO 3 DIAS	M3	0,15	\$	570.000,00
	MALLA ELECTROSOLDADA ESTANDAR	KG	4,0071	\$	4.761,00
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N 18	KG	0,0006	\$	5.793,00
	DISTANCIADORES DE CONCRETO	UND	4	\$	500,00
	POLIBILENO NEGRO CAL 3,5	M2	1	\$	1.239,78
	SIKA FLOOR 3 QUARTZ TOP NEUTRO	KG	5	\$	1.858
	3 OFICIAL + 6 AYUDANTES	DIA	0,005	\$	1.241.328,00
1.6	CURADO DE CONCRETO	DIA	3	\$	103.444,00
	1 AYUDANTE	DIA	1	\$	103.444,00
1.7	MEDIA CAÑA	ML	60	\$	5.473,13
	MORTERO 15 Mpa MEZCLADO EN OBRA	M3	0,005	\$	405.000,00
	2 OFICIALES	DIA	0,017	\$	206.888,00
1.8	DILATAIONES DE PLACA DE CONCRETO	ML	120	\$	3.509,07
	ALQ CORTADORA DE PISO INCLUYE DISCO	DIA	0,008	\$	214.200,00
	OPERADOR	DIA	0,008	\$	206.888,00
1.9	SELLADO FINAL	M2	200	\$	8.354,44
	SIKA UCURETE HF 100RT	KG	3	\$	2.440,00
	2 OFICIALES	DIA	0,005	\$	206.888,00
	SUBTOTAL			\$	34.929.353,01
	ADMINISTRATIVO (8%)			\$	2.794.348,24
	IMPREVISTO (5%)			\$	1.746.467,65
	UTILIDAD (5%)			\$	1.746.467,65
	IVA (19%)			\$	331.828,85
	TOTAL			\$	41.548.465,41

Presupuesto para intervención de bodega dos 120 m2 de placa de contrapiso tabla seis.

Tabla 6

Presupuesto de intervención para bodega dos

ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UND	CANTIDAD	VLR UNITARIO	VLR TOTAL
1.1	DEMOLICION Y RETIRO DE ESCOMBROS PLACA CONTRAPISO (DEMOLEDOR 15 KG Y MINICARGADOR)	M2	120	\$ 46.364,80	\$ 5.563.776,00
	ALQ MINICARGADOR CON ACCESORIOS CUCHADA Y MARTILLO INCLUYE ACPM INCLUYE EL TRANSPORTE	HR	0,13	\$ 270.000,00	\$ 36.000,00
	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	0,1	\$ 60.000,00	\$ 6.000,00
	DEMOLEDOR 15 KG	DIA	0,017	\$ 55.000,00	\$ 916,67
	OPERADOR	DIA	0,017	\$ 206.888,00	\$ 3.448,13
1.2	EXCAVACION MANUAL PARA DESAGUES	ML	14	\$ 29.555,43	\$ 413.776,00
	1 OFICIAL + 2 AYUDANTES	DIA	0,071	\$ 413.776,00	\$ 29.555,43
1.3	INSTALACION DE DESAGUES Y LLENO CON SUB-BASE	ML	14	\$ 55.984,00	\$ 783.776,00
	MATERIALES SANITARIOS	GL	0,071	\$ 370.000,00	\$ 26.428,57
	1 OFICIAL + 2 AYUDANTES	DIA	0,071	\$ 413.776,00	\$ 29.555,43
1.4	COMPACTACION GENERAL (BINITIN 1 TON)	M2	120	\$ 5.332,30	\$ 639.876,00
	ALQ BINITIN 1 TON INCLUYE ACPM	DIA	0,017	\$ 113.050,00	\$ 1.884,17
	OPERADOR	DIA	0,017	\$ 206.888,00	\$ 3.448,13
1.5	ARMADO DE ACERO Y FUNDIDA CONCRETO A 3 DIAS	M2	120	\$ 128.082,79	\$ 15.369.934,37
	ALQ HELICOPTERO	DIA	0,008	\$ 75.000,00	\$ 625,00
	CONCRETO 4000 PSI CON MACROFIBRA ACELERADO 3 DIAS	M3	0,15	\$ 570.000,00	\$ 85.500,00
	MALLA ELECTROSOLDADA ESTANDAR	KG	4,007	\$ 4.761,00	\$ 19.077,80
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N 18	KG	0,001	\$ 5.793,00	\$ 5,80
	DISTANCIADORES DE CONCRETO	UND	4	\$ 500,00	\$ 2.000,00
	POLIETILENO NEGRO CAL 3,5	M2	1	\$ 1.239,78	\$ 1.239,78
	SIKA FLOOR 3 QUARTZ TOP NEUTRO	KG	5	\$ 1858	\$ 9.290,00
	3 OFICIAL + 6 AYUDANTES	DIA	0,008	\$ 1.241.328,00	\$ 10.344,40
1.6	CURADO DE CONCRETO	DIA	3	\$ 103.444,00	\$ 310.332,00
	1 AYUDANTE	DIA	1	\$ 103.444,00	\$ 103.444,00
1.7	MEDIA CAÑA	ML	44	\$ 6.727,00	\$ 295.988,00
	MORTERO 15 Mpa MEZCLADO EN OBRA	M3	0,005	\$ 405.000,00	\$ 2.025,00
	2 OFICIALES	DIA	0,023	\$ 206.888,00	\$ 4.702,00
1.8	DILATACIONES DE PLACA DE CONCRETO	ML	76	\$ 5.540,63	\$ 421.088,00
	ALQ CORTADORA DE PISO INCLUYE DISCO	DIA	0,013	\$ 214.200,00	\$ 2.818,42
	OPERADOR	DIA	0,013	\$ 206.888,00	\$ 2.722,21
1.9	SELLADO FINAL	M2	120	\$ 9.044,07	\$ 1.085.288,00
	SIKA UCRETE HF 100RT	KG	3	\$ 2.440,00	\$ 7.320,00
	2 OFICIALES	DIA	0,008	\$ 206.888,00	\$ 1.724,07
	SUBTOTAL			\$ 24.462.746,37	
	ADMINISTRATIVO (8%)			\$ 1.957.019,71	
	IMPREVISTO (5%)			\$ 1.223.137,32	
	UTILIDAD (5%)			\$ 1.223.137,32	
	IVA (19%)			\$ 232.396,09	
	TOTAL			\$ 29.098.436,80	

Presupuesto para intervención de bodega tres 60 m2 de placa de contrapiso tabla siete.

Tabla 7

Presupuesto de intervención para bodega tres

ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	UND	CANTIDAD	VLR UNITARIO	VLR TOTAL
1.1	DEMOLICION Y RETIRO DE ESCOMBROS PLACA CONTRAPISO (DEMOLEDOR 15 KG Y MINICARGADOR)	M2	60	\$ 92.729,60	\$ 5.563.776,00
	ALQ MINICARGADOR CON ACCESORIOS CUCHADA Y MARTILLO INCLUYE ACPM INCLUYE EL TRANSPORTE	HR	0,27	\$ 270.000,00	\$ 72.000,00
	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	0,2	\$ 60.000,00	\$ 12.000,00
	DEMOLEDOR 15 KG	DIA	0,033	\$ 55.000,00	\$ 1.833,33
	OPERADOR	DIA	0,033	\$ 206.888,00	\$ 6.896,27
1.2	EXCAVACION MANUAL PARA DESAGUES	ML	10	\$ 41.377,60	\$ 413.776,00
	1 OFICIAL + 2 AYUDANTES	DIA	0,1	\$ 413.776,00	\$ 41.377,60
1.3	INSTALACION DE DESAGUES Y LLENO CON SUB-BASE	ML	10	\$ 78.377,60	\$ 783.776,00
	MATERIALES SANITARIOS	GL	0,1	\$ 370.000,00	\$ 37.000,00
	1 OFICIAL + 2 AYUDANTES	DIA	0,1	\$ 413.776,00	\$ 41.377,60
1.4	COMPACTACION GENERAL (BINITIN 1 TON)	M2	60	\$ 10.664,60	\$ 639.876,00
	ALQ BINITIN 1 TON INCLUYE ACPM	DIA	0,033	\$ 113.050,00	\$ 3.768,33
	OPERADOR	DIA	0,033	\$ 206.888,00	\$ 6.896,27
1.5	ARMADO DE ACERO Y FUNDIDA CONCRETO A 3 DIAS	M2	60	\$ 139.057,99	\$ 8.343.479,38
	ALQ HELICOPTERO	DIA	0,017	\$ 75.000,00	\$ 1.250,00
	CONCRETO 4000 PSI CON MACROFIBRA ACELERADO 3 DIAS	M3	0,15	\$ 570.000,00	\$ 85.500,00
	MALLA ELECTROSOLDADA ESTANDAR	KG	4,007	\$ 4.761,00	\$ 19.077,80
	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N 18	KG	0,002	\$ 5.793,00	\$ 11,61
	DISTANCIADORES DE CONCRETO	UND	4	\$ 500,00	\$ 2.000,00
	POLIETILENO NEGRO CAL 3,5	M2	1	\$ 1.239,78	\$ 1.239,78
	SIKA FLOOR 3 QUARTZ TOP NEUTRO	KG	5	\$ 1858	\$ 9.290,00
	3 OFICIAL + 6 AYUDANTES	DIA	0,017	\$ 1.241.328,00	\$ 20.688,80
1.6	CURADO DE CONCRETO	DIA	3	\$ 103.444,00	\$ 310.332,00
	1 AYUDANTE	DIA	1	\$ 103.444,00	\$ 103.444,00
1.7	MEDIA CAÑA	ML	30	\$ 8.321,27	\$ 267.638,00
	MORTERO 15 Mpa MEZCLADO EN OBRA	M3	0,005	\$ 405.000,00	\$ 2.025,00
	2 OFICIALES	DIA	0,033	\$ 206.888,00	\$ 6.896,27
1.8	DILATACIONES DE PLACA DE CONCRETO	ML	36	\$ 11.696,89	\$ 421.088,00
	ALQ CORTADORA DE PISO INCLUYE DISCO	DIA	0,028	\$ 214.200,00	\$ 5.950,00
	OPERADOR	DIA	0,028	\$ 206.888,00	\$ 5.746,89
1.9	SELLADO FINAL	M2	60	\$ 10.768,13	\$ 646.088,00
	SIKA UCRETE HF 100RT	KG	3	\$ 2.440,00	\$ 7.320,00
	2 OFICIALES	DIA	0,017	\$ 206.888,00	\$ 3.448,13
	SUBTOTAL			\$ 16.968.741,38	
	ADMINISTRATIVO (8%)			\$ 1.357.499,31	
	IMPREVISTO (5%)			\$ 846.437,07	
	UTILIDAD (5%)			\$ 846.437,07	
	IVA (19%)			\$ 161.203,04	
	TOTAL			\$ 20.184.317,87	

El costo de intervención de las tres bodegas es de \$90.831.220,08 como se muestra en la tabla ocho.

Tabla 8

Presupuesto total de intervención de las tres bodegas

UNIDAD	COSTO DE INTERVENCION	
BODEGA UNO (200 m2)	\$	41.548.465,41
BODEGA DOS (120 m2)	\$	29.098.436,80
BODEGA TRES (60 m2)	\$	20.184.317,87
TOTAL	\$	90.831.220,08

5. Capítulo 5

5.1.Recomendaciones

5.1.1. Recomendaciones correctivas para el paciente

La estructura afectada se divide en dos partes. Primero, identificar los lugares donde la integridad del concreto no está comprometida para aplicar un sobre piso de poliuretano de alta resistencia y recuperar la superficie. Debido a la baja resistencia del concreto a compresión se descarta esta intervención. En segundo lugar, se sugiere demoler y reemplazar los pisos dañados que también afecta el acero de refuerzo. En la tabla nueve se muestran los materiales a utilizar para el paciente.

Tabla 9

Materiales a utilizar

Variable técnica	Indicadores de análisis	Resultados obtenidos
Material cementante y adiciones minerales	Tipo de cemento, adiciones puzolánicas y reactividad química	Se determinó que los cementos tipo MS y HS con adiciones de microsilíce (SiO_2 amorfo) y ceniza volante presentan reducción de la pérdida de masa del concreto ante exposición prolongada. El diseño con relación a/c ≤ 0.40 , uso de superplastificantes
Diseño de mezcla y relación agua/cemento	Relación a/c, tipo de aditivo reductor de agua, curado	policarboxílicos y curado húmedo controlado por 3 días optimiza la densificación de la matriz cementicia, disminuyendo la penetración de agentes agresivos.
Sistemas de refuerzo y protección superficial	Tipos de recubrimientos, películas y barreras químicas	Los recubrimientos epóxicos bicomponentes y poliuretanos alifáticos muestran alta adherencia ≥ 2.5 Mpa y resistencia a pH ≤ 5 , conservando su integridad química.
Tecnologías emergentes de modificación de matriz	Inclusión de fibras y nanopartículas	La adición de fibras de polipropileno (5 kg/m^3) y microsilíce (5% del peso del cemento) mejora la cohesión interna y reduce la microfisuración superficial.
Prácticas constructivas y mantenimiento preventivo	Procedimientos de ejecución, sellado y control de exposición	Se recomienda la aplicación de sellos de juntas con poliuretano modificado con silicona, control de escurrientías mediante canales revestidos y mantenimiento periódico con limpieza alcalina ligera para neutralizar residuos ácidos.

La limpieza de la planta de jugos prolongara la vida útil de la estructura. La estructura podrá ser lavada a alta presión con agua caliente con un máximo de presión de 17.2 MPa a una temperatura no superior a 104°C. Se debe evitar la limpieza abrasiva que produce desgaste y rayones al sellado de la placa. La limpieza debe ser con productos para descontaminar y desengrasar ya que su terminado liso y sin porosidad facilita la limpieza.

5.1.2. Recomendaciones preventivas para los diseños de mezcla

Para el concreto se recomienda tener cementos con adiciones puzolánicas o mezclas con escoria, cenizas volantes o micro sílice que disminuyan la porosidad y reduzcan la permeabilidad. Para la relación agua cemento puede ser variable según las condiciones y materiales del lugar, pero lo más recomendable es no superar la relación a/c de 0.45 de esta manera se busca tener una permeabilidad baja por otro lado el exceder el contenido de pasta puede aumentar la retracción y la porosidad (Neville, 2011).

Los agregados deben estar bien gradados comparando los resultados con las curvas y rangos granulométricos de la norma NTC 174 y ocupar entre el 60 al 80% del volumen total resistiendo a la abrasión según el ensayo de los Ángeles (ASTM C131 o C535). El desgaste debe estar por debajo del 30% con la finalidad de tener un concreto con alta resistencia a abrasión intensa (Materials, 2020). Deben ser más duros y resistentes que la pasta de cemento con una resistencia mayor de 100MPa garantizando que la falla se de en la pasta de cemento y no en el agregado. Para la resistencia química y durabilidad se recomienda realizar los ensayos de sonoridad y sulfatos (ASTM C88) que permite simular el deterioro natural por cambios de humedad, cristalización de sales o intemperismo. Los mejores agregados para este tipo de concretos son los que tienen características muy duros baja porosidad, químicamente estables y resistentes como granito, basalto, quartita, grava silícea dura y los no recomendados son lutitas, areniscas blandas, arcillas cementadas o materiales porosos (Mehta & Monteiro, 2014).

5.1.3. Recomendaciones preventivas para el proceso constructivo

La preparación de la base y subbase se deben ejecutar según los lineamientos del geotecnista respetando las características de los materiales de llenado, la compactación para evitar asentamientos diferenciales, la protección del llenado por medio de barreras de vapor en caso dado que exista la exposición a químicos líquidos que puedan migrar.

La colocación y compactación del concreto teniendo una planeación durante el vaciado en paños que permita un vaciado continuo evitando juntas y concretos no homogéneos, no interrumpir la fundida del concreto una vez iniciado. La compactación se puede realizar con vibrado de aguja o inmersión que es el más común dentro de la construcción o también con regla

vibratoria. Para el vibrado de aguja se debe poner en posición vertical evitando desplazamientos horizontales que segreguen el concreto. Mantener la aguja entre 5 y 15 segundos dependiendo de la fluidez del concreto, la inmersión de la aguja debe realizarse sucesivamente traslaparse entre 10 a 15 cm para garantizar la homogeneidad. Evitar el contacto directo con del acero de refuerzo. La vibración debe estar entre 8.000 y 12.000 vibraciones por minuto (VPM). Para la regla vibratoria se debe complementar con vibrador interno si el espesor lo requiere.

El curado debe ser inmediatamente después del acabado superficial evitando la evaporación rápida de humedad. Para el clima seco y con viento se deben realizar barreras contra el viento o protección con láminas plásticas, mantas húmedas o membranas. Posteriormente el curado debe ser durante los 3 días contados desde el día de la fundida que es el tiempo que el concreto llega a la edad de diseño. El método de curado puede ser por riego continuo, contención de agua o membranas de curado.

Las juntas para evitar la contracción deben tener una relación L/B inferior a 1.5, el corte de concreto no se debe realizar posterior a las 72 horas adicionando cortes en puertas, vanos, cambios de espesor, desagües y cambio de rigidez. La profundidad del corte no menor al 25% del espesor de la placa, la separación de las juntas no debe ser mayor a 25 veces el espesor de la placa. El sellado de la junta debe realizarse ante ataques químicos con materiales epoxicos o poliurea. Para juntas de construcción deben ser machihembradas con transferencias de cargas o planas con pines lisos.

El acabado superficial debe tener pendientes hacia los desagües como mínimo del 1% que facilite la salida de fluidos por gravedad al igual que un fácil manteamiento. Se recomienda un

recubrimiento protector como epoxicos, poliuretanos o poliésteres resistentes a los ataques químicos. También morteros poliméricos o capas de sacrificio según el tipo de ácido.

5.1.4. Recomendaciones preventivas para los mantenimientos

Para los lavados frecuentes se debe emplear soluciones de pH neutro o ligeramente alcalinas que neutralicen los efectos agresivos del ácido cítrico. Además, se recomienda evitar limpiadores abrasivos que puedan dañar los recubrimientos protectores, realizar los lavados con una presión de hasta 17.2 MPa a una temperatura de 104°C para no deteriorar el recubrimiento protector a base de poliuretano cementicio, garantizando así que el piso conserve sus propiedades mecánicas y su resistencia química.

De igual forma, la inspección periódica y el mantenimiento de juntas son esenciales para prolongar la vida útil de la placa en concreto. La revisión constante permite detectar fisuras, desprendimientos o decoloraciones, los cuales son indicios tempranos de ataque químico. En cuanto a las juntas de dilatación y constructivas, estas deben mantenerse selladas con materiales elásticos resistentes a los ácidos, reemplazándolos oportunamente cuando se presenten deterioros, ya que las filtraciones por estas zonas suelen acelerar el daño del concreto.

El plan de conservación debe contemplar reparaciones localizadas, uso de morteros o concretos resistentes a químicos, e implementación de bandejas de contención, drenajes y protocolos de limpieza ante derrames. Además, se requiere capacitar al personal en manejo de sustancias ácidas. Estas medidas previenen daños estructurales y reducen costos de mantenimiento a largo plazo.

6. Capítulo 6

6.1. Conclusión y resultados

Para este estudio intervienen varios factores de deterioro como no contar con un concreto de baja permeabilidad, con disminución de porosidad y macrofibras, la falta de acero de refuerzo que asumiera esos esfuerzos a tracción, la falta de un sellado final de los poros para no absorber humedad y líquidos, la falta de dilataciones para proporcionarle movimiento al concreto, el pendiente y desagües para el retiro fácil de las sustancias evitando el estancamiento y por ultimo un manual de manteniendo tanto para las asepsias como de la vida útil de los materiales.

Dando alcance al estudio de la lesión se deduce que el sellado del concreto en su superficie impide el ingreso de líquidos que alteren la durabilidad del concreto. Al no tener el conocimiento y las tecnologías al inicio de la construcción de la infraestructura, faltó un buen diseño de concreto que disminuya la porosidad del concreto, manteniendo una baja permeabilidad. Ideal para la correcta composición de la mezcla cementicia, adicionar el uso de juntas de dilataciones en la placa para evitar la fisuración en áreas no inducidas.

El concreto al no alcanzar la resistencia mínima por normativa para elementos estructurales no se indaga más a fondo con ensayos sobre la resistencia del acero y carbonatación ya que este concreto por normativa no es aceptado y debe ser reemplazado.

En el ensayo de compresión de cilindros se concluye que las áreas más expuestas a ácidos como las bodegas y la zona de producción presentan una baja de resistencia mayor comparadas con las que están menos expuestas como la zona de despacho siendo evidente de forma

cualitativa y cuantitativa la alteración de la estructura del concreto. Del ensayo de esclerometría se deduce que al medir la dureza superficial y al estar el ácido más presente en esta zona en donde el concreto más se debilita, presenta resistencias más bajas que las arrojadas por los ensayos de cilindros fallados a compresión en un 15%. Dado a que a mayor profundidad del concreto disminuye la probabilidad del ingreso de líquidos, es la superficie la que se ve más afectada, presentando un mayor debilitamiento y en consecuencia desprendimientos.

El concreto presentó una disminución del 26 % en su resistencia a la compresión respecto al valor de diseño, lo que indica una pérdida significativa en su capacidad estructural. Este comportamiento puede variar según las medidas de mitigación de cada paciente como la exposición a químicos, la calidad de los materiales, la mano de obra y sus mantenimientos.

En el diseño de concreto para el estudio de paciente se utiliza una mezcla de 4000 PSI acelerado utilizando aditivos plastificantes, reductores de agua, proporcionando la reducción de la porosidad. Para la mejora de la durabilidad se utiliza el microsilice con la finalidad de reducir el tamaño de los poros en la pasta de cemento y mejorar la hidratación de esta manera reduce la permeabilidad del concreto.

Para el acabado final los materiales que mejor se comportan ante la presencia de ácidos cítricos son los recubrimientos a base de epoxicos que por medio del epoxi y la hidroxiamina generan una red de alta densidad. Como segunda opción la cual se utilizó como intervención son los poliuretanos cementicios a base de silicato cálcico hidratado, sílice y cuarzo que proporcionan resistencia mecánica y el poliuretano que proporciona flexibilidad y adherencia principales características por las cuales se escogen para la intervención aportando

adicionalmente una flexibilidad ante aparición de fisuras en el concreto evitando que el ácido ingrese al concreto.

De acuerdo con el análisis del registro fotográfico, las visitas al sitio y la historia clínica, se puede concluir que la estructura actual está sometida a esfuerzos y cargas para las cuales no fueron concebidas incluyendo un cambio de uso y actualización de normativa a la NSR-10. Por estas razones mencionadas la planta debe ser sometida a un estudio de vulnerabilidad sísmica.

El costo de la intervención es de \$90.831.220,08 valor que es muy alto cuando se compara con una intervención preventiva como lo es el sellado de la superficie final con un costo de \$4.046.993,03 que corresponde solo al 4,46% del valor total de la intervención. La intervención de cada una de las bodegas tiene una duración de 12 días calendario trabajando de sábado a miércoles pausando la producción del área a intervenir en 8 días hábiles generando pérdidas económicas adicionales en producción. Esta fue la alternativa más eficaz vista desde la planificación. De acá la importancia de los diseños de concretos adecuados según el paciente y los controles de calidad en obra que disminuyan los costos elevados por mantenimientos correctivos, preventivos e intervenciones de mayor incidencia.

Es fundamental considerar parámetros generales en el diseño de concretos resistentes a ataques químicos de naturaleza ácida. Se recomienda emplear cementos con adiciones puzolánicas o mezclas con escoria, cenizas volantes o microsílíce, ya que estos materiales contribuyen a disminuir la porosidad y reducir la permeabilidad. Asimismo, se sugiere que la relación agua/cemento no supere el valor de 0,40, con el propósito de garantizar una baja

permeabilidad. Es importante evitar un exceso de pasta, ya que este puede incrementar la retracción y la porosidad del concreto.

Para asegurar una mayor durabilidad frente a condiciones de abrasión intensa. En cuanto a los agregados, deben estar bien gradados y ocupar entre el 60 % y el 80 % del volumen total de la mezcla, presentar buen desempeño ante la resistencia a la abrasión, los agregados deben ser más duros y resistentes que la pasta de cemento de manera que la falla ocurra en la pasta y no en el agregado.

Es recomendable realizar ensayos de sonoridad y de sulfatos (ASTM C88/C88M-18), que permiten simular procesos de deterioro natural asociados a cambios de humedad, cristalización de sales e intemperismo. Los agregados más apropiados para concretos expuestos a condiciones acidas agresivas son aquellos con baja porosidad, elevada dureza, estabilidad química y alta resistencia mecánica, entre ellos destacan el granito, el basalto, la cuarcita y las gravas silíceas de alta densidad. Por el contrario, resulta desfavorable el uso de lutitas, areniscas blandas, arcillas cementadas o materiales con estructuras porosas.

Los resultados y análisis confirman el cumplimiento de los objetivos, al identificar los factores de deterioro del concreto por ataque de ácidos cítricos, evaluar la influencia ambiental, calidad de materiales y mano de obra, y proponer alternativas de intervención con técnicas modernas y materiales de alta resistencia. Desde un enfoque preventivo, se establecen recomendaciones y diseños optimizados que mejoran el desempeño y la vida útil del concreto.

7. Bibliografía

- American Concrete Institute. (2016). *ACI 201.2R-16: Guide to durable concrete*. American Concrete Institute.
- Arango-Londoño, J. F. (2022). *Patología de la construcción: Fundamentos*. Cemento Alion.
- ASTM International. (2020). *ASTM C150 / C150M-20: Standard specification for Portland cement*. ASTM International.
- Atlas, W. (2024). *Yearly & Monthly weather Lebrija, Colombia*. Lebrija: Weather Atlas.
- Broto, C. (2005). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción*. España: Links Books.
- Colombia, R. d. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Echeverri Jaramillo, P., & Pérez Linaza, A. (2003). *Compendio sobre durabilidad del concreto*. Universidad EIA.
- Echeverri Montes. (2020). *¿Qué es una patología en la construcción?* Recuperado de <https://www.echeverrimontes.com/blog/que-es-patologia-construccion>
- Farny, J. (2015). *Diseño y construcción de pisos en concreto*. Asocreto.
- Fernández Luco, L. (2001). *La durabilidad del hormigón: su relación con la estructura de poros y los mecanismos de transporte de fluidos*. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH).
- Flores, J., & Gomez, P. (2019). *Recubrimientos epóxicos de alta resistencia química en la industria alimentaria*. Ciudad de Mexico: Limusa.
- García Valcarce, A. (1999). *Instrucción de hormigón estructura E.H.E.* Ministerio de Fomento, Centro de Publicaciones.
- García Valcarce, A., & González Martínez, P. (1995). *Manual de edificación. I. Derribos y demoliciones, actuaciones sobre el terreno*. EUNSA.
- Guidone, R. E., Gaona, X., Altmaier, M., & Lothenbach, B. (2004). *Citrate sorption on cement hydrates*. Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier.

- Guzmán, D. S. (2011). *Durabilidad y patología del concreto*. Colombia: Asocreto.
- Helene, P. (2001). *Durabilidad y protección del concreto armado*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Materials, A. S. (2020). *ASTM C131/C131M-20: Standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Mehta, K., & Monteiro, P. (2014). *Microstructure, Properties, and Materials*. California: McGraw-Hill Education.
- Merino, F. L. (2012). *Sobre el concepto de causa, en patología de la construcción*. Madrid: Patorreb.
- Ministerio de Vivienda. (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10*. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Muñoz Hidalgo, M. (2015). *Diagnosis y causas en patología de la edificación*. Ediciones Tébar.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Ninan, C. M., Radhakrishnan, R., Ramaswamy, K. P., & Sajeeb, R. (2023). *Investigation on Aggressiveness of Organic Acids on Degradation of Ordinary Portland Cement Mortar*. India: AIJR Publisher.
- Oreilly, V. (1993). *Métodos para dosificación del concreto*. Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Patología Construcción. (2022). *Patología de la construcción: Fundamentos*. Recuperado de <https://patologiaconstruccion.com/>
- Perona Lucas, J. (2022). *Patologías más frecuentes en construcción: Causas, repercusión, diagnóstico y solución*. Grupo Editorial Círculo Rojo SL.
- Porto Quintian, J. M. (2005). *Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado*. Universidad de A Coruña.
- Salsilli Murua, R. (2011). *Manual de diseño de pisos industriales*. Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile.
- Sánchez de Guzmán, D. (2017). *Durabilidad de pisos*. Asocreto.

Soler & Palau. (2017). *Patologías en edificaciones: cuáles son las más frecuentes y cómo prevenirlas*. Recuperado de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/patologias-edificaciones/>