	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>08-07-2021</b>	<b>B</b>
	Dependencia	Aprobado		Pág.
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(1)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	Juan Sebastian Duarte Quintero		
<b>FACULTAD</b>	<b>Ingenierías</b>		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>Ingeniería Civil</b>		
<b>DIRECTOR</b>	Esp. Ray Carlos Ramírez Rincón		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	Apoyo técnico al área físico operativa de la empresa ESPO S.A. en la elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías estructurales.		
<b>TITULO EN INGLES</b>	Technical support to the operational physical area of the company ESPO S.A. in the elaboration of the guide for the diagnosis of structural pathologies.		
<b>RESUMEN</b>			
<p>En el presente informe se detalla las actividades llevadas a cabo en la empresa ESPO S.A. E.S.P. enfocada en el cumplimiento del objetivo general de la pasantía, el cual es apoyar técnicamente al área físico operativa de la empresa ESPO S.A. en la elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías estructurales en los tanques de almacenamiento de agua potable de concreto reforzado.</p>			
<b>RESUMEN EN INGLES</b>			
<p>This report details the activities carried out in the company ESPO S.A. E.S.P. focused on fulfilling the general objective of the internship, which is to technically support the physical operational area of the company ESPO S.A. in the elaboration of the guide for the diagnosis of structural pathologies in reinforced concrete drinking water storage tanks.</p>			
<b>PALABRAS CLAVES</b>	Tanque, Patologías, Guía, Diagnostico, Elaboración, Concreto.		
<b>PALABRAS CLAVES EN INGLES</b>	Tank, Pathologies, Guide, Diagnosis, Elaboration, Concrete.		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 134	PLANOS:5	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



Apoyo técnico al área físico operativa de la empresa ESPO S.A. en la elaboración de la guía para  
el diagnóstico de las patologías estructurales

Juan Sebastián Duarte Quintero

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería Civil

Director: Ing. Ray Carlos Ramírez Rincón

17 de diciembre de 2021

## Índice

<b>Capítulo 1. Apoyo técnico al área físico operativa de la empresa ESPO S.A. en la elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías estructurales en los tanques de almacenamiento de agua potable de concreto reforzado .....</b>	<b>8</b>
1.1.Descripción breve de la empresa .....	8
1.1.1. Misión. ....	11
1.1.2. Visión.....	12
1.1.3. Objetivos de la empresa .....	12
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional .....	12
1.1.5. Descripción de la dependencia.....	16
1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.....	19
1.2.1. Planteamiento del problema.....	21
1.3. Objetivos de la pasantía .....	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos. ....	22
1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma.....	23
1.5. Cronograma de actividades.....	24
<b>Capítulo 2. Enfoques referenciales.....</b>	<b>25</b>
2.1 Enfoque conceptual.....	25
2.2. Enfoque legal .....	31

<b>Capítulo 3. Informe de cumplimiento del trabajo .....</b>	<b>33</b>
3.1. Realizar el estado del arte sobre las patologías en tanques de concreto reforzado de agua potable para su posterior identificación.....	33
3.2. Revisar las patologías presentes en los tanques de concreto reforzado de agua potable empresa ESPO. S.A. "ESP" .....	60
3.3. Crear un checklist para la revisión de las patologías que se puedan presentar en los tanques de concreto reforzado de agua potable .....	86
3.4. Elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías en los tanques de concreto reforzado de agua potable para la empresa ESPO S.A. "ESP" .....	103
<b>Capítulo 4. Diagnóstico final.....</b>	<b>120</b>
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>122</b>
<b>6. Recomendaciones .....</b>	<b>124</b>
<b>7. Referencias.....</b>	<b>125</b>
<b>8. Apéndices .....</b>	<b>132</b>
8.1. Apéndice A. Informes.....	132
8.2. Apéndice B. Evidencias de visitas (Fotografías y planos).....	132

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Funciones del área físico operativo de ESPO .....	17
<b>Tabla 2</b> Matriz DOFA .....	19
<b>Tabla 3</b> Estrategias FO-DO-DA-FA .....	20
<b>Tabla 4</b> Actividades a desarrollar.....	23
<b>Tabla 5</b> Clasificación de las fisuras de acuerdo a su origen y momento de aparición.....	35
<b>Tabla 6</b> Nivel de severidad.....	46
<b>Tabla 7</b> Porcentajes de afectación en el tanque algodónal.....	75
<b>Tabla 8</b> Porcentajes de afectación en Tanque de Cristo Rey .....	81
<b>Tabla 9</b> Porcentajes de afectación tanque 12 de octubre .....	96
<b>Tabla 10</b> Porcentajes de afectación.....	101
<b>Tabla 11</b> Patologías comunes en los tanques.....	102
<b>Tabla 12</b> Clasificación de las fisuras de acuerdo a su origen y momento de aparición.....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
<b>Tabla 13</b> Listas de chequeo.....	106

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Estructura administrativa.....	13
<b>Figura 2</b> Organigrama Área Físico Operativa.....	17
<b>Figura 3</b> Toma de datos sección N°1 .....	47
<b>Figura 4</b> Datos de entrada. Software Modulo Losas NSR-10.....	56
<b>Figura 5</b> Resultado de la revisión de las paredes del tanque; software modulo tanques .....	57
<b>Figura 6</b> Descripción formato de registro de datos.....	59
<b>Figura 7</b> Lista de chequeo.....	61
<b>Figura 8</b> Regla de Fisuras – para su medición (ancho y pendiente) .....	67
<b>Figura 9</b> Flexómetro.....	67
<b>Figura 10</b> Reflector proyector.....	68
<b>Figura 11</b> Ubicación PTAP Algodonal.....	69
<b>Figura 12</b> Vista externa de los tanques .....	71
<b>Figura 13</b> Fotografía #1 .....	72
<b>Figura 14</b> Fotografía #2 .....	73
<b>Figura 15</b> Fotografía #3 .....	73
<b>Figura 16</b> Fotografía #4 .....	74
<b>Figura 17</b> Fotografía #5 .....	74
<b>Figura 18</b> Fotografía #6 .....	75
<b>Figura 21</b> Tanque de almacenamiento Cristo Rey.....	76
<b>Figura 22</b> Vista exterior del tanque.....	77
<b>Figura 23</b> Medición de una afectación física.....	77

<b>Figura 24</b> Presencia de óxido.....	77
<b>Figura 25</b> Óxido en la estructura.....	78
<b>Figura 26</b> Lista de chequeo ajustada.....	88
<b>Figura 27</b> Ubicación tanque barrio San Fermín.....	91
<b>Figura 28</b> Cerca perimetral .....	92
<b>Figura 29</b> Vista exterior del tanque.....	92
<b>Figura 30</b> Vista superior del tanque.....	93
<b>Figura 31</b> Ubicación tanque 12 de octubre .....	93
<b>Figura 32</b> Limpieza de los tanques .....	95
<b>Figura 33</b> Vista exterior del tanque.....	95
<b>Figura 34</b> Ubicación Tanque del barrio Santa Cruz .....	96
<b>Figura 35</b> Vista interna del tanque.....	100
<b>Figura 36</b> Vista externa del tanque .....	100
<b>Figura 37</b> Lista de chequeo.....	107
<b>Figura 38</b> Nivel 2: Análisis destructivo .....	110
<b>Figura 39</b> Procedimientos de evaluación de las propiedades del concreto.....	112
<b>Figura 40</b> Algunos ejemplos de modelos especializados para el estudio de estructuras .....	113
<b>Figura 41</b> Ancho tolerable de grietas en superficies de concreto .....	117
<b>Figura 42</b> Relación A/C y $f'c$ para concretos expuestos a cambios de humedad .....	118
<b>Figura 43</b> Esquema general de metodología de reparación .....	119

## Resumen

En el presente informe se detalla las actividades llevadas a cabo en la empresa ESPO S.A. E.S.P. enfocada en el cumplimiento del objetivo general de la pasantía, el cual es apoyar técnicamente al área físico operativa de la empresa ESPO S.A. en la elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías estructurales en los tanques de almacenamiento de agua potable de concreto reforzado.

En este contexto, se logró estructurar un estado del arte sobre patologías en la construcción, encontrando información relevante en el ámbito internacional y nacional, no obstante, en la escala local la información es muy escasa y poco significativa, lo cual deja ver la baja investigación en esta área de la Ingeniería civil en la región. Por otra parte, a través de la estructuración de una lista de chequeo para inspecciones visuales se llevó a cabo la obtención de información primaria sobre el estado actual de los tanques de almacenamiento de agua potable de la empresa, encontrando algunas patologías como líneas entre capas (Junta fría), variación de color, erosión por cavitación, corrosión del acero, carbonatación del cemento y desalineamiento; siendo estas las que presentan mayor superficie comprometida, principalmente en el tanque de almacenamiento ubicado en Cristo Rey. A raíz de esto, se estructuró una guía para el diagnóstico de patologías para tanques de almacenamiento de agua potable, el cual se propone como insumo fundamental para las operaciones de seguimiento a este tipo de infraestructuras.

Finalmente, se deja como recomendación la necesidad de adelantar estudios más detallados en la materia, haciendo uso de ensayos no destructivos y destructivos coordinados por un especialista, a fin de determinar con mayor exactitud las patologías existentes en la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable de la empresa ESPO S.A. E.S.P.



## Introducción

El estudio de las patologías estructurales de las instalaciones de servicios público es de especial importancia dentro del marco operativo de la empresa, ya que su correcta intervención permite trazar estrategias de tipo preventivo y correctivo las cuales garantizan una constante prestación del servicio. En este sentido, ESPO S.A. E.S.P. como empresa de servicios público requiere de guías y lineamientos para adelantar estos procesos en sus instalaciones, lo cual de al justificante para la realización de la presente práctica en dicha entidad; con esta se cubre una necesidad presente en la organización. Bajo este contexto, se estructuró el estado del arte en el tema de forma que se partiese con base en conocimientos existentes en el estudio de las patologías, permitiendo la construcción de listas de chequeo y material de inspección visual. Gracias a estas herramientas, se logró llevar a cabo la evaluación general de los tanques de almacenamiento de las plantas de ESPO, determinando así la situación actual. Con base a esta información, se estructuró listas de chequeo ajustadas al contexto, además de la elaboración de la guía para el diagnóstico de patologías en estructuras.

Como producto y aporte a la empresa, se entrega la guía para el diagnóstico de las patologías en los tanques de concreto reforzado de agua potable para la empresa ESPO S.A. E.S.P.

## **Capítulo 1. Apoyo técnico al área físico operativa de la empresa ESPO S.A. en la elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías estructurales**

### **1.1. Descripción breve de la empresa**

A continuación, se describe la entidad en forma completa de acuerdo con la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña (ESPO, s.f.):

La organización nace del proceso de ajuste institucional llevado a cabo en la empresa municipal de servicios públicos, entidad descentralizada del orden municipal, quien concluyó que lo más aconsejable para la viabilidad de la prestación de los servicios públicos del Municipio de Ocaña era la creación de una nueva empresa; esta vez de carácter privado. Es así, como el Honorable Concejo Municipal de Ocaña mediante el Acuerdo Municipal No 29 de 1994, facultó al alcalde Municipal de Ocaña para que como representante legal participara en la creación de la susodicha empresa; es de destacar que paralelo al proceso de ajuste institucional, se trabajó al tenor y en concordancia con lo reglado con la nueva ley de servicios públicos domiciliarios, que acababa de ser expedida por el Congreso Nacional y que se conoce como la Ley 142 de 1994.

De esta manera y con la participación de muchas personas naturales y jurídicas que creyeron en el proyecto y con la anuencia del Municipio de Ocaña, como arrendador de los bienes afectados a la prestación de los servicios públicos y como accionista de la nueva empresa,

nace ESPO S.A. E.S.P como sociedad anónima, constituida mediante escritura pública N°246 del 13 de Octubre de 1994 otorgada en la Notaria Segunda de Ocaña, debidamente inscrita en el registro mercantil de la cámara de comercio de Ocaña bajo el No 613 del libro IX en la página No 40, con matrícula mercantil No 49-004652-4 y NIT 800245344-2.

Por su parte, el Ejecutivo Municipal sustentado en las facultades otorgadas por el referenciado Acuerdo No 29 de 1994, suscribe con ESPO S.A. el 13 de octubre de ese mismo año los contratos de arrendamiento N° 05 y 06, los cuales recaían en la infraestructura afectada a la prestación de los Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, con un término de duración de cinco (5) años renovables por acuerdo entre las partes.

Es así, como a mediados de octubre de 1999 el alcalde Jose Aquiles Rodríguez (Q.E.P.D.) haciendo uso de las facultades definidas en el acuerdo No 29 de 1994 y en los contratos en mención, suscribe con el representante legal de ESPO S.A. el acta de renovación contractual del 16 de octubre de 1999, a través de la cual se renuevan los contratos de arrendamiento No 05 y 06 de 1994.

Posteriormente, el 3 de mayo del 2000, el Ing. Iván Alfredo Manzano en su calidad de alcalde encargado de la ciudad, suscribe con el representante legal de la empresa, el acta de renovación No 06, mediante la cual se fija la duración de estos contratos, en el término de cinco (5) años más.

Actualmente, ESPO S.A. E.S.P es una empresa Ocañera que presta los servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo en la mencionada ciudad, suministrando de una manera oportuna, garantizando la continuidad y calidad de los productos y servicios a los usuarios, los cuales está clasificados de la siguiente manera y según dato tomado en el año 2015:

Acueducto: 27.374

Alcantarillado: 26.335

Aseo: 27.120

Así mismo, cabe menciona que ESPO S.A. es una empresa de carácter privado, en la cual el Municipio de Ocaña es accionista con una participación accionaria del 34.19% y el resto 65.81% perteneciente a accionistas particulares. Desde su creación, la empresa se ha comprometido por el mejoramiento, desarrollo de la calidad de vida de nuestros clientes y la ciudad, constituyéndose en una organización bien estructurada, teniendo en cuenta nuestros principios y valores, añadiéndoles la relación que se pueda encontrar entre autoridad-responsabilidad, con el fin de una mayor adaptabilidad al cambio organizacional- empresarial que la sociedad y las políticas de gobierno imponga.

En este sentido, la Empresa ha logrado posesionarse como una de las más sobresalientes del sector, contando con un grupo de talento humano calificado, con sentido de pertenencia, de fácil adaptación al cambio y con un enorme enfoque al trabajo en equipo.

Entre otras cosas, la empresa genera 17 empleos directos que conforman el organigrama de la organización, además representan el personal de nómina vinculado a través de contratos laborales. Igualmente, se brinda apoyo al empresario Ocañero con la contratación de 16 empresas con las que se contrata actividades como recolección y transporte de residuos sólidos, y barrido de calles. En este sentido, MANSEUR S.A.S. y SERVICIOS RECOMBADS.A.S., empresas contratadas para el barrido, mantenimiento, ornato de los parques y zonas verdes de la ciudad; REBASA S.A.S, para el manejo de operación de las plantas de tratamiento el algodonal y llanito; PURIFICAR OCAÑA S.A.S, para el mantenimiento, adecuación y vigilancia del relleno sanitario; MANRESA S.A.S., para el análisis fisicoquímicos y bacteriológicos para el control de la calidad de agua; SERVIANALITICA PROFESIONALES S.A.S, para la toma de lectura, distribución de recibos y actividades conexas; TECFON S.A.S y EZUS S.A.S, para la ejecución de actividades de seguimiento a los usuarios de servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo; EDSAU S.A.S., para el mantenimiento y operación de tanque y sistema de bombeo de Buenavista, Cristo Rey y bocatoma tupia, pertenecientes a la red acueducto del Municipio de Ocaña y servicios generales sede administrativa ESPO S.A. E.S.P. SERVIMOS SAMARA S.A.S. Para el mantenimiento de redes Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Ocaña están: MULTISERVICIOS Y & P S.A.S., SERVITAGUA S.A.S, SERVICIOS RRAA S.A.S., LOS FONTANEROS S.A.S., SERVIREDES OCAÑA S.A.S, Y AGUA RED OCANA S.A.S.

### ***1.1.1. Misión.***

En ESPO S.A. trabajamos con un alto sentido de responsabilidad social, eficiencia y eficacia en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y

Aseo, buscando satisfacer las necesidades de agua potable y saneamiento básico con calidad y continuidad; contribuyendo a mejorar el nivel de vida de la comunidad (ESPO, s.f.)

### ***1.1.2. Visión.***

En el año 2030, la ESPO S.A.” E.S.P” Será una empresa líder en Ocaña y en la provincia en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable, saneamiento básico y complementarios, operando bajos criterios de Sostenibilidad, Competitividad y respeto por el Medio Ambiente (ESPO, s.f.)

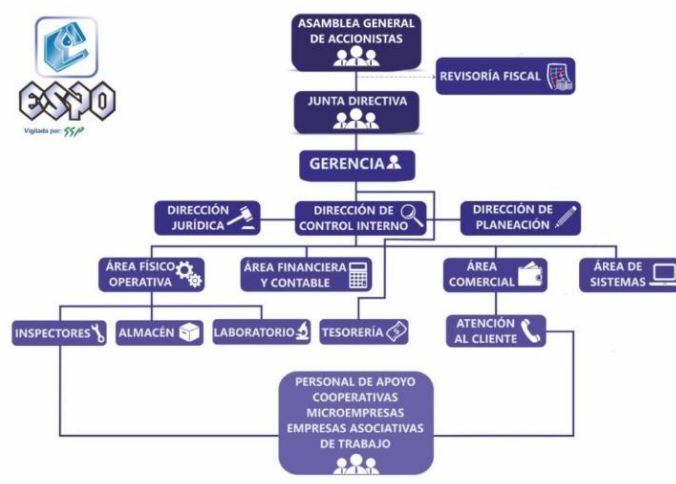
### ***1.1.3. Objetivos de la empresa.***

Los objetivos que maneja la empresa son de acuerdo con Torres (2016) y Álvarez (2014) los siguientes:

- ✓ Prestar servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, con eficiencia y calidad.
- ✓ Promover una cultura de mejoramiento continuo en todos los niveles de la organización.
- ✓ Administrar adecuadamente los recursos de la organización.
- ✓ Garantizar atención eficiente a nuestros usuarios

### ***1.1.4. Descripción de la estructura organizacional.***

Referente a la estructura organizacional, ESPO cuenta con el siguiente organigrama:

**Figura 1***Estructura administrativa*

Fuente: ESPO (s.f.)

En este sentido, las dependencias de la estructura organizacional ilustrada en la *figura 1*, se describen de acuerdo a la recopilación realizada por Ramírez (2015):

**Asamblea de accionistas.** La constituye el número plural de accionistas inscritos en el libro de “registro de accionistas” o de sus representantes o mandatarios. Convocados y reunidos en las condiciones que señalan los estatutos.

**Junta directiva.** La junta directiva está formada por cinco (5) miembros principales quienes tendrán cada uno un suplente personal. La representación de las acciones de propiedad del municipio las ejercerá el alcalde municipal o su delegado, quien además será el presidente de

la junta directiva y la elección de sus cuatro (4) miembros se hará en forma que exista representaron directamente proporcional de la propiedad de accionaria en su composición.

**Gerencia.** Es el representante legal y como tal debe encargarse de la materializar las acciones de necesarias para el cumplimiento del objeto social de la empresa. De igual forma debe ejecutar las direcciones que la junta directiva trace en relación con las políticas y metas empresariales, lo mismo que dirigir, coordinar, vigilar y controlar el personal de la empresa y la ejecución de las funciones o programas de esta.

**Revisor fiscal.** Deberá ser contador público, designado por la asamblea general de accionistas, para un periodo de un (1) año y su función principal es la de cerciorarse de que las operaciones se celebren o cumplan por cuenta de la empresa y se ajusten a las prescripciones de los estatutos, a las decisiones de la asamblea general y de la junta directiva.

**Control interno.** Implementa y evalúa el sistema de control interno de la empresa como parte integral para el cumplimiento de los fines sociales creando los instrumentos precisos para medir la efectividad de la empresa y sus funcionarios.

**Planeación.** Recolecta y prepara toda la información necesaria para la elaboración y puesta en función de los planes y políticas gerenciales y empresariales que sirvan de sustento al cumplimiento del objetivo social.



**Dirección jurídica.** Presta la asesoría legal y jurídica que la empresa y sus empleados requieran previo poder otorgado por la gerencia.

**Área físico operativa.** Planea, organiza, coordina y controla las labores de mantenimiento de la infraestructura física de acueducto, alcantarillado y aseo y las tareas realizadas por los encargados para tal fin.

**Área financiera y contable.** Se encarga de mejorar el sistema financiero de la empresa y realiza las proyecciones económicas y financieras que ella requiere.

**Área comercial.** Establece las políticas y las actividades comerciales indispensables para brindar un servicio oportuno, confiable y eficiente a los usuarios del servicio, de manera que se asegure a la empresa la recuperación de ingresos necesarios para su expansión y crecimiento.

**Área de sistemas.** El responsable de la operación, mantenimiento y actualización de todo lo pertinente a los sistemas de computación de la empresa, así como prestar la asesoría técnica que se requiera.

**Almacén.** Debe establecer un sistema ordenado y seguro de almacenamiento y entrega de todos los elementos y materiales que pertenezcan a la empresa o se vallan a adquirir.

**Atención al cliente.** Se encarga de la atención al público en general lo mismo que la recepción y trámite de la quejas, reclamos y peticiones que lo usuarios presenten.

**Inspectores.** Revisan, inspecciona, evalúan y entregan todos los trabajos hechos por los contratistas de la parte operativa, lo mismo que lo relacionado con las plantas de tratamiento y el sistema de aseo al área físico operativa.

**Tesorería.** Ejecuta las acciones tendientes a materializar la seguridad de los recaudos de dinero y de la protección de los títulos valores, así como realizar los pagos que se requieran.

**Secretaria.** Revisa, recibe, clasifica, distribuye y controla documentos, datos y elementos correspondientes de la empresa, así como la recepción y atención de público y de llamadas telefónicas.

**Conductor, mensajero y operador de válvulas.** Conduce los vehículos de propiedad, de la empresa, transporta a los funcionarios de la empresa cuando así lo requieren, transporta los materiales adquiridos y entrega la correspondencia.

#### ***1.1.5. Descripción de la dependencia.***

El presente trabajo se llevará a cabo dentro del marco de actuación del área físico operativa de ESPO S.A. E.S.P., la cual se está conformada por su coordinador, inspectores,

almacén, laboratorio y un espacio destinado a pasantes universitarios, tal y como lo muestra la *figura 2*:

**Figura 2**

*Organigrama Área Físico Operativa*



Fuente: Manual de Procesos Gerenciales de la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña ESPO S.A. “E.S.P

En cuanto a las funciones de la dependencia, se encuentran las siguientes:

**Tabla 1**

*Funciones del área físico operativo de ESPO*

<b>Funciones de la dependencia</b>
1. Organizar, dirigir, coordinar y controlar los trabajos de mantenimiento y reposición de las redes de acueducto y alcantarillado y lo pertinente al servicio de aseo y de las actividades conexas con ellas.
2. Ejercer el control y la interventora de los trabajos relacionados con la ejecución de los contratos suscritos por la empresa para el mantenimiento de las redes de acueducto y alcantarillado y para la ejecución del servicio de aseo, así como las de otras actividades conexas con estos servicios.
3. Elaborar mensualmente las actas de liquidación correspondientes a las cuentas de cobro presentadas por los contratistas de la empresa.
4. Suscribir actas de compromiso con relación al cumplimiento de los trabajos contratados luego de evaluar los informes de actividades de los contratistas.

Fuente: Elaboración propia con apoyo de documento de la empresa ESPO

“Tabla 1” “Continuación”

- 
5. Calcular los costos de las instalaciones, mejoras y ampliaciones de las redes.
  6. Coordinar la ejecución de programas, proyectos y actividades, dirigidas a la operación, mantenimiento y reposición de las estructuras, equipos e instalaciones en los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo.
  7. Elaborar los manuales operativos y mantenerlos actualizados.
  8. Evaluar periódicamente los diferentes programas de orden técnico, operativos y preventivos adelantados por la empresa y programar las actividades a desarrollar para el mejoramiento de los servicios.
  9. Realizar visitas de evaluación periódicas a todas las instalaciones de la empresa que dependan del área, tal como, bocatomas, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento, redes de distribución.
  10. Elaborar informes y actualizar planos sobre las redes de acueducto y alcantarillado, rutas de distribución de recibos y rutas de recolección de basuras.
  11. Velar por una correcta aplicación de las políticas de medición, con el fin de detectar fugas en conducciones y redes, medir la producción y controlar desperdicios.
  12. Realizar la estadística sobre los caudales captados y los niveles de agua en las fuentes de abastecimiento.
  13. Realizar visitas de inspección para evitar que se realicen conexiones no autorizadas a las redes de conducción y distribución de los sistemas de acueducto y alcantarillado y tomar los correctivos cuando se presente esta situación.
  14. Inspeccionar el estado y condiciones de funcionamiento de las estructuras de vertimiento, pozos de inspección y de los sumideros existentes en el sistema de alcantarillado y programar las acciones de limpieza y conservación para garantizar su funcionamiento adecuado.
  15. Vigilar los niveles de los tanques de almacenamiento de agua teniendo en cuenta las presiones de descarga.
  16. Inspeccionar permanentemente el equipo y elementos utilizados en el sistema de tratamiento.
  17. En coordinación con la dirección de planeación y siguiendo los alineamientos legales y ejecutar las acciones necesarias para la elaboración del plan integral sobre la disposición final de basuras.
  18. Analizar sobre las solicitudes de disponibilidad para la prestación de servicios de acueducto y alcantarillado y conceptuar sobre su aprobación de conformidad con la debida justificación técnica.
  19. Elaborar la liquidación de los valores a cobrar a los usuarios que se generen en las órdenes de trabajo ejecutadas por los contratistas.
- 

Para propósito específicos de la pasantía, el jefe inmediato es el Ingeniero Ray Carlos Ramírez Rincón, dónde, la función encargada a desarrollar es el apoyo técnico en la elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías estructurales en los tanques de almacenamiento de agua potable de concreto reforzado.

## 1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada

Identificar el contexto y la situación actual de la dependencia es de vital importancia para el enfoque del trabajo, por ello, en este ítem se aborda la construcción del diagnóstico del área físico operativa, haciendo uso de la herramienta conocida como matriz DOFA la cual se expone a continuación:

**Tabla 2**

*Matriz DOFA*

<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
1. Actualmente la empresa cuenta información básica de los tanques existentes	1. Existe una clara limitación en cuanto a disponibilidad de recurso hídrico se refiere, para la consolidación de obras de agua potable y saneamiento
2. Tanques ubicados en casa planta	2. La economía no es estable
3. Existe una base de información básica, la cual es un insumo para la actualización	3. Falta de voluntad política para la gestión de obras complementarias al sistema actual
<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
1. El área físico operativa cuenta con un cubrimiento total de las obras dentro del perímetro de servicios públicos, gracias a la capacidad tecnológica, administrativa, técnica y de recurso humano adjunto a la dependencia	1. Retrasos en la entrega de los proyectos de obra
	2. Suspensiones en el servicio de agua potable para las comunidades
	3. Conexiones ilegales al servicio de acueducto y alcantarillado
	4. No existe mecanismo de evaluación de condiciones físicas de la infraestructura de servicios públicos

Fuente: Elaboración propia con base a información recopilada de documentos existentes

**Tabla 3***Estrategias FO-DO-DA-FA*

<b>Estrategias FO</b>	<b>Estrategias FA</b>
Tomar como base la información del área físico operativa de la empresa	Llevar a cabo seguimiento periódico a las obras y el personal presente en ellas, a fin de maximizar resultados a través de la eficiencia y eficacia en los procesos
Llevar a cabo acompañamiento en las obras del sector a fin de verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos y de ley para cada caso	Formular y aplicar planes de contingencia de acuerdo al contexto de cada obra, de manera que se tenga previsto cualquier situación de emergencia y así evitar pérdidas innecesarias
Realizar visita a los tanques existentes	Consolidar una participación activa de la comunidad Ocañera en la conservación del recurso hídrico
Fortalecer espacios de capacitación tanto para la comunidad vecina a las obras, como al personal del área físico operativa, con el fin de mejorar los resultados y la calidad de los servicios prestados	
<b>Estrategias DO</b>	<b>Estrategias DA</b>
Optimizar los estudios previos y los rendimientos de las obras, de manera que sean mínimas las suspensiones en el servicio y por ende la comunidad no se vea afectada considerablemente	Generar estrategias que permita la regulación en el consumo de agua por parte de la comunidad Ocañera, esto con el fin de conservar las fuentes de abastecimiento, limitando su sobreexplotación.
Realizar seguimiento y control en los puntos de conexión para detectar y eliminar conexiones ilegales, llevando a instancias legales a aquellos infractores que sean identificados	Realizar las gestiones necesarias para ampliar la cobertura de acueducto y alcantarillado en el 100% del área urbana del municipio, de modo que se disminuya la brecha de desigualdad y calidad de vida que esta situación genera dentro de las comunidades

Fuente: Elaboración propia con base a información de Pérez (2019a).

### ***1.2.1. Planteamiento del problema.***

El estudio de las patologías presentes en las obras civiles es vital para la intervención efectiva sobre una situación que puede desencadenar problemas de gran magnitud en el tiempo. Por ende, cuanto más se conozca y entienda la estructura, será menos complejo dar soluciones a las situaciones objeto de intervención que se presenten en ella. En este sentido, es importante conocer los antecedentes de la obra en su respectivo proceso de construcción, diseños, y los materiales utilizados; para así dictaminar con mayor precisión las causas y por ende dar solución en forma eficiente y eficaz (Marín, 2017).

En este sentido, según Pérez (2019b) con el fin de optimizar los procesos constructivos, reducir costos, realizar mantenimientos, mejorar las instalaciones y funcionalidad del sistema de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Ocaña, la Empresa ESPO S.A “ESP”, implementa diversas herramientas en el desarrollo de sus obras y demás procedimientos ejecutados. En esta búsqueda de procesos idóneos la forma como esta pasantía puede apoyar a la organización es mediante la realización de una guía para el diagnóstico de las patologías estructurales en los tanques de almacenamiento de agua potable de concreto reforzado, dónde, debido a la imposibilidad de realizarlo por el personal contratado dada sus funciones y compromiso con la misión institucional, se apoya en un trabajo de pasantía para formular este instrumento técnico de importancia para la empresa. Esta necesidad surge del propósito de brindar un mejor servicio a las comunidades de la ciudad, facilitando las actividades de mantenimiento y control por parte de la empresa.

### **1.3. Objetivos de la pasantía**

#### ***1.3.1. Objetivo general.***

Apoyar técnicamente al área físico operativa de la empresa ESPO S.A. en la elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías estructurales en los tanques de almacenamiento de agua potable de concreto reforzado.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos.***

- Realizar el estado del arte sobre las patologías en tanques de concreto reforzado de agua potable para su posterior identificación.
- Revisar las patologías presentes en los tanques de concreto reforzado de agua potable de la empresa ESPO. S.A. "ESP", para la consolidación de una línea base de las condiciones estructurales de las instalaciones
- Crear un checklist para la revisión de las patologías que se puedan presentar en los tanques de concreto reforzado de agua potable
- Elaborar la guía para el diagnóstico de las patologías en los tanques de concreto reforzado de agua potable para la empresa ESPO S.A. "ESP"



## 1.4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma

**Tabla 4**

*Actividades a desarrollar*

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades a desarrollar en la empresa para hacer posible el cumplimiento de los Obj. Específicos
<p>Apoyar técnicamente al área físico operativa de la empresa ESPO S.A. en la elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías estructurales en los tanques de almacenamiento de agua potable de concreto reforzado.</p>	<p>1. Realizar el estado del arte sobre las patologías en tanques de concreto reforzado de agua potable para su posterior identificación.</p>	<p>1.1. Consultar bases académicas información secundaria relacionada con patologías en tanques de concreto reforzado 1.2. Llevar a cabo la revisión, filtro y selección de información idónea para los propósitos del trabajo 1.3. Consolidar el estado del arte con la información seleccionada</p>
	<p>2. Revisar las patologías presentes en los tanques de concreto reforzado de agua potable empresa ESPO. S.A. "ESP"</p>	<p>2.1. Realizar una lista de chequeo para la recolección de información con base a las normas técnicas aplicables al caso 2.2. Llevar a cabo visita técnica para recopilar información primaria referente al estado actual de los tanques de almacenamiento del sistema 2.3. Consolidar un informe con el estado actual de los tanques, basado en información primaria</p>
	<p>3. Crear un checklist para la revisión de las patologías que se puedan presentar en los tanques de concreto reforzado de agua potable</p>	<p>3.1. Estructurar el checklist con base a la información primaria y secundaria recopilada, además de la norma técnica aplicada al caso de estudio 3.2. Realizar visita técnica a los tanques de almacenamiento para obtener información mediante el checklist ajustado 3.3. Consolidar un diagnóstico final, el cual relacione toda la información recopilada durante las visitas técnicas y el trabajo de oficina</p>
	<p>4. Elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías en los tanques de concreto reforzado de agua potable para la empresa ESPO S.A. "ESP"</p>	<p>4.1. Socializar el diagnóstico final del ítem 3.3 con el coordinador del área y demás funcionarios con injerencia en el tema 4.2. Estructurar la línea base de la guía con base al insumo del ítem 3.3. y los ajustes de la actividad 4.1 4.3 Formular el plan de acción, indicadores y demás aspectos de la guía, para consolidar el documento técnico final titulado "guía para el diagnóstico de las patologías en los tanques de concreto reforzado de agua potable para la empresa ESPO S.A. "ESP"</p>

Fuente: Elaboración propia (2021)

## 1.5. Cronograma de actividades

Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.1. Consultar bases académicas información secundaria relacionada con patologías en tanques de concreto reforzado	■	■														
1.2. Llevar a cabo la revisión, filtro y selección de información idónea para los propósitos del trabajo			■													
1.3. Consolidar el estado del arte con la información seleccionada				■												
2.1. Realizar una lista de chequeo para la recolección de información con base a las normas técnicas aplicables al caso					■											
2.2. Llevar a cabo visita técnica para recopilar información primaria referente al estado actual de los tanques de almacenamiento del sistema						■	■									
2.3. Consolidar un informe con el estado actual de los tanques, basado en información primaria								■								
3.1. Estructurar el checklist con base a la información primaria y secundaria recopilada, además de la norma técnica aplicada al caso de estudio									■							
3.2. Realizar visita técnica a los tanques de almacenamiento para obtener información mediante el checklist ajustado										■	■					
3.3. Consolidar un diagnóstico final, el cual relacione toda la información recopilada durante las visitas técnicas y el trabajo de oficina												■				
4.1. Socializar el diagnóstico final del ítem 3.3 con el coordinador del área y demás funcionarios con injerencia en el tema													■	■		
4.2. Estructurar la línea base de la guía con base al insumo del ítem 3.3. y los ajustes de la actividad 4.1														■	■	
4.3 Formular el plan de acción, indicadores y demás aspectos de la guía, para consolidar el documento técnico final titulado "guía para el diagnóstico de las patologías en los tanques de concreto reforzado de agua potable para la empresa ESPO S.A. "ESP""																■

Fuente: Elaboración propia (2021)

## **Capítulo 2. Enfoques referenciales**

### **2.1 Enfoque conceptual**

#### ***2.1.1 Patologías estructurales***

La patología estructural es la ciencia que estudia el comportamiento de una estructura e identifica sus irregularidades “enfermedades, síntomas y causas”, causado por factores externos o internos que no avalan su seguridad (PSI, 2017).

#### ***2.1.2 Daño estructural***

Daño estructural, perjuicio causado a los elementos del armazón, que son lo que soportan las cargas de la infraestructura poniendo en riesgo la edificación (Latinos seguros, 2021).

#### ***2.1.3 Deterioro***

Se entiende por deterioro a los daños que existen dentro de una edificación, que progresivamente ha cambiado sus condiciones iniciales, poniendo en riesgo la seguridad de la estructura y de los que habitan (Prim, 2018).

#### ***2.1.4 Tanque de almacenamiento de agua potable***

El tanque de almacenamiento de agua potable es una estructura que cumple con labores: Ajusta la adecuada presión en el sistema de distribución y el acopiar la cantidad de líquido suficiente para satisfacer una población en concreto (Roberti-Pérez, s.f.)

#### ***2.1.5 Inspección visual***

La inspección visual es proceso más utilizado ya que no es destructivo a comparación de otros métodos. Radica en la observación minuciosa de discontinuidades visibles. El cual permite la verificación en cada una de las etapas de construcción o el mantenimiento de las estructuras (Nucleom, 2018).

#### ***2.1.6 Ataques físicos***

El ataque físico se relaciona directamente con la alteración de la materia (el concreto), que termina afectado sus propiedades como lo es la porosidad, la estabilidad, resistencia, permeabilidad y su funcionamiento. Donde las causas se asocian directamente a cambios del entorno (Forero y Culma, 2021).

### ***2.1.7 Ataques químicos***

El ataque químico es la degradación del componente por la interacción de los agentes químicos que detonan una reacción, agente agresivo que está en el ambiente y busca introducirse alterando y causando daños en la estructural (Forero y Culma, 2021).

### ***2.1.8 Deterioro por procesos biológicos***

El deterioro por proceso biológico es el causante de patologías que general deterioro y daños físicos, químicos o mecánicos. Se producen por las sustancias acidas derivados del metabolismo de los organismos y los productos de la degradación de los hidrocarburos, que tiene su origen animal o vegetal y se aglomeran en la superficie del elemento (Forero y Culma, 2021)

### ***2.1.9 Daños ocasionados por situaciones extraordinarias***

Los daños causados por extraordinarias situaciones no se encuentran atan un lugar o elemento determinado, en cambio afecta a cualquier elemento de la estructura o infraestructura, ya que estos son causados por situaciones de origen natural o humano, afectado la durabilidad y servicio para la cual fue diseñada. Algunos de estas situaciones son: fuego, sismo, empuje del terreno, asentamiento del terreno, inundaciones, cambio de uso de la estructural (Forero y Culma, 2021).

### **2.1.10 Mantenimiento**

Es el conjunto de actividades para la conservación de un elemento o estructura en un estado determinado para evitar el colapso. Existen diferentes tipos de mantenimiento dependiendo del grado de la severidad.

M. Predictivo. Anticipa la avería mediante un test, atención continua y análisis. Además, el mantenimiento predictivo introduce mantenimiento constante, para prever los fallos que se producen, con la menor regularidad posible (Movil gmao, s.f.)

M. Preventivo. Consiste en la intervención periódica a la estructura para evitar una falla en su funcionamiento, garantizando su vida útil y así poder reducir o evitar daños importantes. Lo que resultaría costos elevados. Este mantenimiento es el más eficaz porque se puede prever sus posibles deficiencias. Tiene tareas como la limpieza, inspección visual.

M. Correctivo. Reside en hacer una intervención para reparar o sustituir un tipo de avería que esté sufriendo la estructura, por causa de un deficiente mantenimiento correctivo o la ausencia de la misma, lo que conlleva en un alto costo por los demás fallos que se desencadena y la suspensión del servicio que prestaba la estructura.

Cual sea el tipo de manteamiento dependerá del tipo de maquinaria o mano de obra que trabajo, Además del factor de presupuesto que se tenga para llevar a cabo (Valuekeep, s.f.)

### ***2.1.11 Tanque enterrado***

El tanque enterrado se construye por debajo de la cota de terreno, se realiza este tipo de tanque cuando el nivel para la distribución hidráulica es el adecuado, también cuando se desea cimentar sobre un terreno que soporte las cargas. El estar enterrados ofrecen la ventaja de que el líquido está protegido a los cambios súbitos de temperaturas.

Las desventajas que tiene los tanques enterrados son los costos elevados por ejecutas excavaciones de gran tamaño, también la dificultad de hacer mantenimiento a las redes como el obstáculo de poder observar las fisuras que se puedan presentar (SAGARPA, s.f.)

### ***2.1.12 Tanque semienterrado***

Los tanques semienterrados, una porción de la estructura está por arriba y la otra por debajo de la cota de terreno. Se debe a que muchas veces la cota para la distribución es insuficiente, como también no es conveniente la construcción por motivos de costos o el terreno no es adecuado para cimentar a gran profundidad (SAGARPA, s.f.).

### ***2.1.13 Tanque superficial***

Los tanques superficiales, su estructura está apoyado sobre el terreno. Se debe porque cumple con la topografía idóneo para la distribución del agua para el consumo, otro motivo corresponde a que el suelo de cimentación es apropiado para soportar las cargas.

La ventaja es facilidad de detección de patologías como fisuras, también su comodidad cuando se ejecuten las actividades de mantenimiento y de operación (SAGARPA, s.f.).

### ***2.1.14 Tanque elevado***

Los tanques elevados se sitúan por encima del nivel del terreno natural, debido a que debe cumplir con la altura necesaria para obtener la presión que es óptima para la distribución. Esta estructura esta soportada por paredes, columnas o pilotes (Cortez, 2018).

### ***2.1.15 Tanque de almacenamiento***

Es una estructura impermeable que esta compone generalmente de concreto reforzado o mampostería y totalmente cubierta, solo contado con una estrada de acceso. El tanque se encuentra ubicado de forma fundamental para su uso como distribuidor.



El objetivo del tanque es de almacenar y regular el volumen del agua para que el consumo en las horas de baja solicitud (noche) y restablecer lo obtenido en las horas de alto consumo (mañanas y horas) (SAGARPA, s.f.)

### ***2.1.16 Periodo de diseño***

Es el tiempo que pasa desde el comienzo del servicio de la estructura presta el 100% de su funcionalidad, hasta que carezca de la capacidad de brindar la utilidad para el cual fue diseñado, ya sea por falta de mantenimiento o desuso.

## **2.2. Enfoque legal**

***201.1R-08 Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service.*** Informado por el Comité ACI 201 (American Concrete Institute).

***364.1R-07 Guía para la evaluación de estructuras de hormigón antes de la rehabilitación.*** Informado por el Comité ACI 364 (American Concrete Institute).

***Capítulo C.23 – Tanques y Estructuras de Ingeniería Ambiental de Concreto.***  
Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). República de Colombia.

*Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.* Título B  
“Aspectos Generales de los Sistemas de Acueducto, Ministerio de Desarrollo Económico,  
Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico.”

## **Capítulo 3. Informe de cumplimiento del trabajo**

### **3.1. Realizar el estado del arte sobre las patologías en tanques de concreto reforzado de agua potable para su posterior identificación**

En esta primera fase, se llevó a cabo la revisión de información disponible en los medios de consulta referente a las patologías en tanques de almacenamiento de agua. Durante esta revisión, se filtró la información y sólo se agregó al estado del arte aquella que era pertinente para el propósito de este trabajo.

Con respecto a la recopilación, esta se llevó a cabo en las bases académicas de la plataforma Google Académico, donde la metodología que se utilizó para consolidación del estado del arte adecuado consistió en una revisión exhausta de informes a nivel departamental, nivel nacional y nivel internacional.

Por su parte, la verificación de la información apta para los propósitos de trabajo se llevó a cabo teniendo en cuenta el tema central patologías en tanques de almacenamiento de concreto reforzado; donde, se encontró la mayoría de la información a nivel internacional y nacional, caso diferente a nivel departamental que carece de información relevante para la recopilación documental.

Bajo este contexto, a continuación, se presenta el estado del arte estructurado en este primera objetivo:

### ***3.1.1. Estado del arte***

**Título.** Patología de la construcción. Grietas y fisuras en obras de hormigón. Origen y prevención (Toirac, 2004).

**Objetivo.** Investigar la influencia práctica de las principales causas que originan las grietas y fisuras, relacionando las medidas preventivas y correctivas.

**Aportes del trabajo.** En el mundo de la construcción, se materializan diversas situaciones que deben ser sorteadas y solucionadas por los proyectistas, idealmente desde la planificación; las patologías son una de estas situaciones. Estas, son en esencia aquellas enfermedades estructurales que presentan las obras, siendo las grietas y fisuras las de mayor importancia en estos escenarios de actuación, generadas por acción química (hidratación y oxidación), así como causas físicas derivadas de expansiones y contracciones en la estructura a partir de esfuerzos aplicados

En este sentido, el autor presenta una clasificación de las fisuras y grietas a nivel general, la cual se expone a continuación:

**Tabla 5**

*Clasificación de las fisuras de acuerdo a su origen y momento de aparición*

<b>Originadas en estado plástico</b>	<b>Originadas en el estado endurecido</b>
<b>Contracción plástica</b>	<b>Movimientos espontáneos</b>
Retracción hidráulica durante el fraguado	Retracción hidráulica (Por secado)
Exceso de vibración	Contracción por carbonatación
Exceso de llana	Retracción térmica
<b>Asentamiento plástico</b>	Entumecimiento por dilatación térmica
Acomodamiento	Entumecimiento por oxidación del acero de refuerzo
Poco recubrimiento y excesivos diámetros en el acero	Entumecimiento por exceso de expansivo del cemento
Cambios de consistencia en vaciados continuos	Reacción álcalis-agregados
Desplazamiento del encofrado	<b>Cargas que originan esfuerzos</b>
Deformación del terreno de sustentación	Compresión, tracción, flexión, cortante y torsión
	<b>Otros tipos de fisuras</b>
	Fallo de adherencia-anclaje
	Concentración de tensiones
	Desplazamiento de armaduras principales
	Asentamientos diferenciales en fundaciones

Fuente: Autor (2021) adaptado de Toirac (2004)

En este sentido, en la identificación de las causas, se tiene lo siguiente:

En el fenómeno de retracción hidráulica, la pérdida paulatina de agua en el hormigón es el punto clave a tener en cuenta, pues este fenómeno genera la deformación del agregado, lo que condiciona el resultado final, de tal manera que, si la estructura no tiene la resistencia óptima, esta deformación generará tensión por tracción que fomentará la aparición de fisuras.

En la contracción plástica, el clima juega un papel importante, ya que, al presentarse mayor velocidad de evaporación del agua con respecto a la velocidad de sangrado de la misma desde el interior de la estructura, genera contracciones en la superficie y la consecuente aparición de fisuras. Por otra parte, en este mismo fenómeno son muy recurrente los nidos de fisuras, los cuales son generados por la concentración de pasta rica en cemento y sin agregado grueso, haciendo que seque con mayor rapidez que el resto del hormigón y se retraiga.

Derivado de lo anterior, el autor propone una serie de medidas para minimizar y eliminar estos problemas, siguiendo las siguientes acciones:

- a. Utilizar un contenido de agua tan bajo como sea posible, complementando el proceso con plastificantes
- b. Mitigar la influencia del clima, a través del control de la temperatura en las mezclas, encofrados y demás elementos, mediante el rocío de agua, ubicación en zonas de sombras y vaciados en horas frescas del día. De igual manera, instalar barreras rompe vientos para controlar la influencia de este sobre la evaporación
- c. Controlar excesos de cemento en la mezcla, complementar con supe plastificantes

- d. Si no se requiere altas resistencia en etapas tempranas, debe evitarse el uso de cemento con alto contenido de silicatos tricálcicos; pues genera calor y la consecuente auto desecación
- e. Evitar la utilización de cemento con alta finura molida, pues esto aumenta el calor de hidratación, fomentando así la retracción y posible presencia de fisuras

Pasando al fenómeno del asentamiento plástico, se da cuando hay obstáculos (piedras, acero de refuerzo, etc.) dentro de la mezcla, lo cual dificulta un asentamiento equilibrado, tendiendo a uno diferencial, fomentando la aparición de grietas. Para contrarrestar esto, el autor menciona lo siguiente:

- a. Evitar uso de grandes diámetros en varillas superiores en recubrimientos
- b. Evitar cambios bruscos de espesor de pisos en hormigón por medio de acartelamientos
- c. Tomar medidas de seguridad para evitar la deformación del hormigón fresco en el encofrado
- d. Evitar agregados muy absorbentes

Por otra parte, en el estado endurecido la contracción por secado representa un serio inconveniente para la salud de la estructura, por lo que a continuación se presentan una serie de medidas tendientes a mitigar este tipo de situaciones:

- a) Realizar rápidos y eficientes curados para preservar o restituir la humedad, a través de cubrir con lona, humedecer con agua y aplicación de curadores químicos

Por su parte, la corrosión es de gran relevancia dada sus afectaciones en las varillas y acero que componen la estructura, dándose en su mayoría por la acción del agua que permea al hormigón. Para solucionar esto, es necesario obtener hormigón de alta permeabilidad a través de una baja relación agua/cemento usando aditivos reductores de agua.

En síntesis, las patologías explicadas y las que no, se generan debido a materiales inadecuados, errores de proyecto y ejecución. Así pues, independientemente del tipo de fisura, es necesario estudiarla a fondo y conocer sus causas antes de intentar corregir la situación, ya que el desconocimiento de tal contexto fomenta la aplicación de correctivos no adecuados para el caso específico.

**Título.** Estudio patológico del tanque reservorio de 800 m<sup>3</sup> ubicado en el barrio Cristo del Consuelo en el Cantón Jipijapa (Baque, 2019)

**Objetivo.** Realizar un estudio de patología del tanque reservorio de 800m<sup>3</sup> ubicado en el barrio Cristo del Consuelo en el Cantón de Jipijapa.



**Aportes del trabajo.** Este estudio presenta una serie de técnicas y herramientas útiles para el diagnóstico de estructura tipo tanques. En este sentido, se usó el esclerómetro para medir la comprensión del hormigón, el escáner Wall scanner D-tect 150 para conocer el recubrimiento. En el caso concreto de las patologías, se hizo uso de análisis sísmico, propiedades hidrodinámicas del tanque, cargas sísmicas de diseño y estabilidad del tanque.

Como resultado de la aplicación de este conjunto de herramientas, se evidenció que los deslizamientos del tanque en sus cimientos son causados por un suelo sedimentario, mal drenado, blando, donde las rocas están expuestas a la acción erosiva del ambiente. Así mismo, las fallas en la comprensión del hormigón vienen de la deficiente preparación de este en la etapa de construcción.

**Título.** Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial (Avendaño, 2006)

**Objetivo.** Desarrollar un procedimiento para la detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural y realizar su aplicación a un caso de estudio en infraestructura industrial.

**Aportes del trabajo.** Uno de los aspectos de importancia de este trabajo, es la presentación de un método de diagnóstico para estructuras en servicio, como es el caso de los

tanques en operación de ESPO. Así pues, esta herramienta conocida como método de tres niveles, consiste en tres etapas en orden lógico que se relacionan y retroalimentan en esta secuencia, permitiendo consolidar un diagnóstico aceptable y la proyección de escenarios futuros, además de medidas de intervención para los hallazgos encontrados. En este sentido, el método parte un análisis inicial de naturaleza no destructiva, el cual se basa en la recopilación de información general como condiciones del medio ambiente, información original de diseño del proyecto, información de materiales y proceso constructivo, además de la concerniente al historial de servicio. Seguidamente, se hace inspección a la estructura en la cual se debe llevar a cabo una exhaustiva revisión de toda la estructura presente, registrando toda anomalía encontrada con su respectiva descripción y evidencia fotográfica. Posterior a ello, se ejecutan pruebas no destructivas con el fin de explorar con mayor detalle las patologías encontradas, haciendo uso de herramientas como cinta métrica, lupa, piquetas, entre otras, las cuales permiten llevar estas pruebas sin necesidades de comprometer la estructura, ya que se basan en la descripción, localización y demás características superficiales de las inconsistencias. En este contexto, cuando con estas pruebas no es posible llegar a un diagnóstico aceptable se hace necesario aplicar pruebas destructivas para lograr consolidar un contexto más claro. Este tipo de pruebas se basan en la información recopilada en la etapa anterior (no destructiva), permitiendo determinar el tipo de muestras y pruebas de laboratorio a analizar. En las pruebas destructivas, en primera instancia se lleva a cabo la recolección de muestras de la estructura, las cuales son llevadas al laboratorio para su procesamiento y análisis, siendo estos últimos de tipo físico, químico, mecánico, biológico y microscópicos.

Pasadas las pruebas destructivas y no destructivas, se procede con la evaluación de la estructura específicamente con dimensiones y geometría, comportamiento de la estructura y materiales. Ahora bien, si con todo lo descrito anteriormente no se consiguen los resultados esperados, se hace necesario la realización de análisis de laboratorio y matemáticos especializados.

Bajo este contexto, una vez elaborado el diagnóstico a través de las diferentes pruebas y métodos aplicado según el caso, se procede al diseño correctivo de la estructura de acuerdo con las patologías encontradas, con su naturaleza y causas propias.

En este ámbito, con la aplicación de este método en una estructura en servicio se llegaron a una serie de conclusiones y reflexiones sobre las patologías y las formas de su abordaje. En primera medida, al momento de diseñar una obra, no solamente debe considerarse su resistencia estructural, sino también los factores físicos, químicos y biológicos que desde el ambiente interactúan con la estructura. Por otra parte, las patologías materializadas en concreto se derivan de la composición que este tenga, siendo identificadas en este caso la reacción álcali-agregado, formación de etringita diferida y contracción por secado. Finalmente, se constata la importancia de abarcar la prevención de las patologías desde la planificación, ya que las medidas correctivas son más costosas y representan mayores inconvenientes en la operación de la estructura.

**Título.** Evaluación de las patologías en plantas potabilizadoras de la ciudad de Santa Clara (Ortiz, 2016).

**Objetivo.** Evaluar y diagnosticar las patologías en las plantas potabilizadoras Cerro Calvo, Ochoita y Palmarito de la ciudad de Santa Clara.

**Aporte del trabajo.** Este trabajo ofrece un acercamiento al diagnóstico de patologías para plantas potabilizadoras, un método basado en análisis por etapas. En primera instancia se lleva a cabo una inspección inicial, con el fin de determinar las características fundamentales de la planta y de sus relaciones con elementos del ambiente, de manera que permita sentar las bases para la realización del diagnóstico. Posterior a ello, se desarrolla el levantamiento de deterioros, el cual consiste en identificar, individualizar y relacionar las lesiones presentes en la estructura, a fin de determinar causas y patologías inmersas en la situación presentada; obteniendo datos como tipo de lesión, la descripción, las posibles causas, los materiales afectados, los elementos constructivos dañados, la localización de las lesiones en el edificio o unidad constructiva. Pasadas estas etapas de obtención de información, se procede a la realización de ensayos rápidos o generales a través de equipos de medición sencillos o el sometimiento de muestras de material en laboratorio.

Con este estudio previo realizado, se procede a la recopilación de antecedentes, basándose en revisión de archivo disponible y de declaraciones de trabajadores de la planta, indagando sobre historial de lesiones y problemas similares, además de aquellos factores que tengan relación con el objeto del diagnóstico. Por otra parte, es necesario el diseño de planos en escala 1:100 (plantas y elevaciones) y 1:50 (cortes y detalles) recomendablemente, plasmando en

ellos las lesiones y hallazgos encontrados durante la revisión, de manera que permite sentar un precedente para la toma de decisiones y para acciones futuras.

Concluido estas etapas, es viable iniciar el pre diagnóstico en el cual se establezcan las hipótesis y conclusiones derivadas del análisis de la información. Generalmente, en esta etapa se logra consolidar la propuesta de intervención para corregir las patologías encontradas, no obstante, cuando la información no permite establecer mayor certeza, es necesario llevar a cabo etapas complementarias para llegar a conclusiones más adaptadas con las necesidades de la planta.

Del pre diagnóstico se sigue a la selección de ensayos especiales, principalmente de tipo no destructivo, con el fin de obtener datos que permitan mayor certeza para la construcción del diagnóstico. En esta etapa, la selección debe hacerse por expertos en la materia, basados en el pre diagnóstico y el contexto de la planta, evitando la inclusión de ensayo destructivos, donde en caso de ser necesarios deben formularse con el menor impacto posible hacia la estructura.

Llegados a este punto, con los datos directos obtenidos y la información necesaria recopilada, se inicia la construcción del diagnóstico, el cual se basa en la reconstrucción de los hechos generadores de las patologías presentes, determinan sus causas, orígenes, evolución y el estado actual de las mismas dentro de la estructura. Como resultado de esta reconstrucción, se llega a la consolidación de un pronóstico, el cual prevé lo que podría ocurrir en la obra por

cuenta de las patologías encontradas, su evolución y consecuencias; dándose la demolición de la obra cuando el pronóstico no es favorable.

Finalmente, con todo el análisis realizado, se llega a la etapa de terapia, la cual busca devolver a la obra su función constructiva, atendiendo la causa y el efecto de las patologías, haciendo hincapié en el tratamiento de las causas y de esta manera eliminar la patología de raíz. Una vez ejecutadas estas medidas, es indispensable la evaluación de sus resultados y, dependiendo de estos, surgen propuestas de mejora y mantenimiento; dónde, una vez solucionado el problema, se consolida lo sucedido como un “registro de caso”.

Mediante la aplicación de esta metodología, el autor concluye la eficacia de esta para la solución de problemas relacionados con patologías en las plantas de tratamiento, lo cual es un precedente alentador y de importancia para incluirlo en la ejecución del presente trabajo.

**Título.** Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado del reservorio elevado Tacalá  $v=1000$  m<sup>3</sup> - distrito de castilla - provincia de Piura - departamento de Piura - marzo 2018 (Vértiz, 2018)

**Objetivo.** Identificar que patologías están presentes, mencionando la patología más predominante y el grado de severidad del reservorio.

**Aporte del trabajo.** En este trabajo el autor introduce la calificación del reservorio con respecto a unos valores estándar de 0 a 5, permitiendo simplificar la descripción realizada en la visita de campo. En este sentido, un valor de cero significa un nivel de severidad muy bueno, al no observar problemas en la estructura, dónde a medida que se aumenta en número expone mayor nivel de afectación la estructura, siendo el valor 5 el de mayor afectación, con un nivel de severidad pésimo, descrito como una estructura con gran deterioro y pronta a demolición por riesgos hacia la comunidad.

Estos niveles de afectación se describen a continuación:

**Tabla 6***Nivel de severidad*

Calificación	Rango de afectación	Nivel-Descripción
5	85-100%	<b>Pésimo:</b> Gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos. -Desplazamientos horizontales o verticales que afectan la estabilidad de la estructura hidráulica. -Se considera una demolición del reservorio por ser un peligro para los habitantes.
4	65-84,99%	<b>Muy malo:</b> Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios. -Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto. -Socavación que compromete el apoyo o cimentación de la infraestructura del reservorio. -Conviene poner “Inoperativo” al reservorio.
3	15% - 64,99%	<b>Malo:</b> La pérdida de sección, deterioro o popout afectan seriamente a los elementos estructurales primarios. Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero.
2	10% - 14,99%	<b>Regular:</b> Los elementos primarios están en buen estado, pero algunos elementos secundarios muestran deterioro, algo de pérdida de sección, grietas, Descascaramiento, o popout, pérdida de sección avanzada.
1	2% - %9,99	<b>Bueno:</b> Existen problemas menores. Algunos elementos muestran deterioro sin importancia.
0	0% - 1,99%	<b>Muy bueno:</b> No se observa problemas en la estructura.

Fuente: Autor (2021) adaptado de Vértiz (2018).

Los rangos de afectación vistos en la *tabla 2*, los cuales permiten la clasificación, se obtiene de la sumatoria de áreas parciales con afectaciones dentro de la estructura, comparadas con el total de área de la obra, el cociente entre estos dos valores representa el grado de afectación que tiene la estructura.

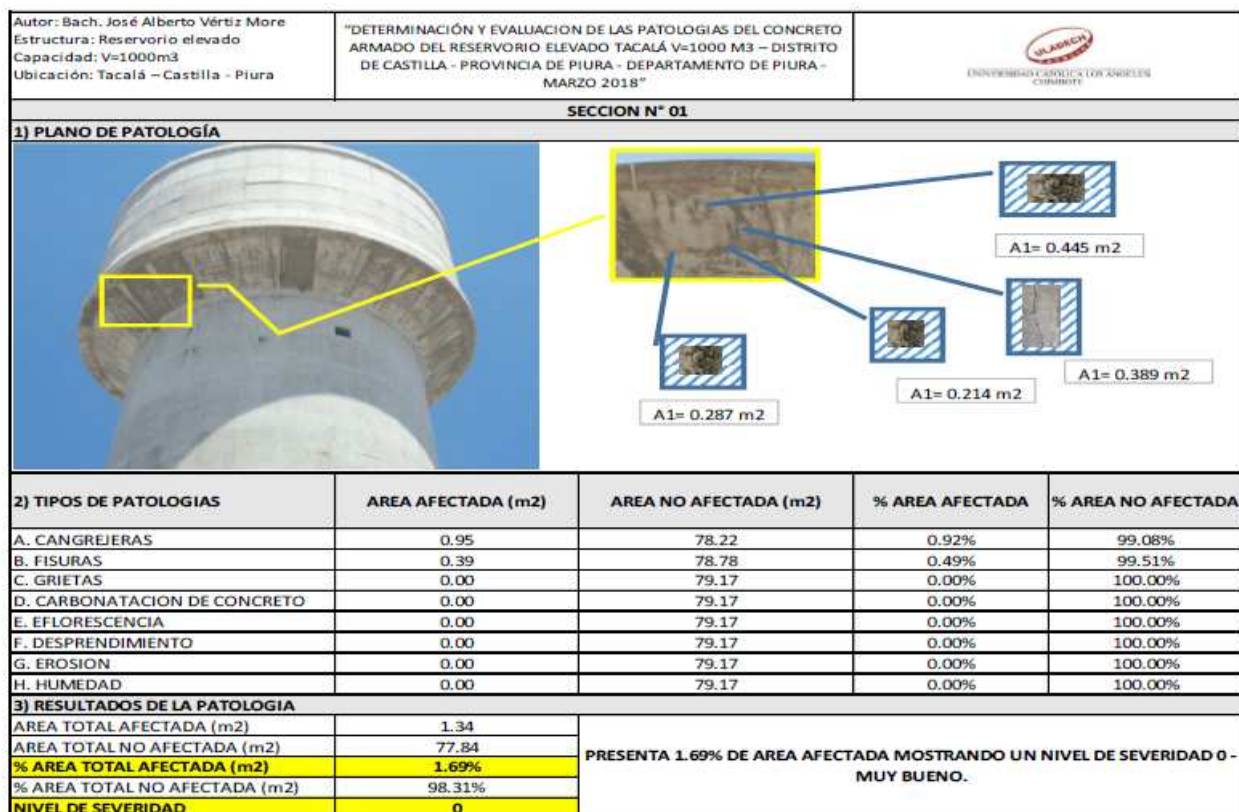
En este sentido, es una forma práctica, cuantitativa y objetiva de realizar la clasificación del estado de una obra, evitando en mayor medida la subjetividad y juiciosos carentes de



argumentos técnicos. A continuación, un ejemplo de la aplicabilidad de este método de calificación:

**Figura 3**

*Toma de datos sección N°1*



Fuente: Tomado de *Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado del reservoirio elevado Tacalá v=1000 m<sup>3</sup> - distrito de castilla - provincia de Piura - departamento de Piura - marzo 2018* (p. 55) por B.J. Vértiz, 2018.

En este sentido, a través de la aplicabilidad dada en este trabajo del método en mención, se puede priorizar las patologías con mayor presencia y severidad, permitiendo una toma de acciones con mayor objetividad.

**Título.** Diagnóstico, patología e intervención de tanques de almacenamiento de agua potable acueducto interveredal del municipio de Támara departamento de Casanare (Barrera, 2017)

**Objetivo.** Determinar las condiciones en que se encuentran los diez (10) tanques de almacenamiento de agua potable, del acueducto interveredal del Municipio de Támara Departamento de Casanare, realizando un estudio patológico.

**Aportes del trabajo.** Este trabajo aplica una metodología ya vista en antecedentes internacionales, la cual inicia con la construcción de la historia clínica de la estructura a partir de la recopilación de información referente al proyecto en todas sus etapas, incluyendo planos de localización, el estudio geotécnico o de suelos, el proyecto estructural, memoria de los cálculos, registros fotográficos e imágenes, además de los ensayos de laboratorio realizados durante el mismo.

Posterior a la historia clínica se continúa con una revisión inicial a los tanques de almacenamiento para identificar en términos generales sus condiciones y/o estado actual; permitiendo entonces, la definición de medidas de intervención o la continuación del proceso de revisión con métodos más detallados.

Una vez tenida la información recopilada, se pasa a la realización análisis de laboratorio como esclerómetros, pruebas de carbonatación, medición de fisuras, análisis de la calidad del agua; además en esta etapa se lleva seguimiento a las afectaciones, toma de evidencias, levantamiento de

daños realizados. Teniendo esta información, se llevan a cabo análisis a fin de determinar las primeras conclusiones tendientes a la formulación de medidas de intervención.

Superadas estas etapas, se procede a construir el diagnóstico respectivo, en el cual deben detallarse los orígenes, causas y demás consideraciones de cada patología encontrada, explicando en la forma más simple posible cada situación encontrada. Así mismo, se elabora el informe de patologías con las respectivas técnicas de reparación para la solución de los problemas encontrados en la obra.

En este estudio, para la toma de muestras no destructivas se utilizó el martillo esclerométrico, a fin de determinar resistencia, además de la naturaleza y el tipo de acciones físicas, mecánicas, químicas y/o biológicas que han actuado sobre las estructuras. Para esta prueba en específico, se determinó que para mayor eficacia debe repetirse 16 veces y promediar sus valores, para sí determinar un valor de resistencia más objetivo.

En los hallazgos encontrados, se encuentran lesiones debidas a fallas en el fraguado en la etapa constructivas de los tanques, así como afectaciones de tipo químico y biológico debido a material vegetal cercano a las estructuras. Así mismo, por posibles fallas a falta de vibrado y/o demasiada agua en el mezclado, se presentan fisuras horizontales. Por otra parte, se evidencia que, por fallas en la disposición de amarres y separadores en la etapa constructiva, se presentan a largo plazo oxidaciones y filtraciones en la estructura.

Así mismo, mediante la aplicación de la prueba esclerométrica se determinó mayor debilidad de aquellas caras de la estructura que están expuesta en mayor medida al sol, dado que esto genera contracción plástica, disminución de resistencia y durabilidad, aumento de la permeabilidad y fraguado acelerado. Así mismo, se evidencia eflorescencia en los tanques debido posiblemente a agua de dudosa calidad en la mezcla, fomentando la presencia de organismos y microorganismos vegetales y animales, los cuales pueden deteriorar la estructura.

Como medidas de intervención, se estableció el almacenamiento seguro de grava y material, impidiendo su contaminación con material externo, así mismo, seguimiento a la calidad del agua utilizada, mejorando sus características en caso de presentar anomalías. De igual manera, establecer mayor rigor con los materiales y mezclas utilizadas, desechando aquellas que no cumplan con las normas establecidas para estos fines.

Para la ácido eflorescencia se establece el ácido muriático diluido como agente limpiador, no obstante, también pueden utilizarse productos comerciales como los anti-salitre o anti-eflorescencia.

En el caso de las figuras y lesiones en la estructura, se deben retirar, dejando el hormigón al descubierto, de manera que se pueda curar con los materiales necesario para cubrir estas áreas afectadas.

**Título.** Estudio patológico del tanque de almacenamiento de agua potable del municipio de Funes departamento de Nariño (Hoyos, Ocaña y Romo, 2018).

**Objetivo.** Realizar el estudio patológico del tanque de almacenamiento del acueducto del Municipio de Funes, Departamento de Nariño.

**Aportes del trabajo.** En esta investigación, se sigue la metodología vista en antecedentes anteriores. En este sentido, permite determinar que los factores que influyen en la durabilidad de una estructura son el diseño, cálculos, materiales, prácticas constructivas y los procedimientos de protección y curado; entonces, son aspectos a tener muy presentes en la recopilación de información, pues desde allí se pueden determinar posibles indicios que expliquen patologías encontradas.

Para la investigación preliminar, se siguieron los lineamientos de la guía para la evaluación de concreto estructural ante de la rehabilitación (ACI 364.1R-07); norma a tener en cuenta en la aplicación de la investigación propia de esta pasantía.

En lo referente al material a consultar en la investigación preliminar, se debe centrar atención en la información del estudio de suelo, memorias de cálculo estructural, planos estructurales, planos de modificaciones, códigos y normas vigentes de diseño y construcción, además de especificaciones técnicas. Referente a información de los materiales, es necesario enfatizar en especificaciones y referencias de materiales empleados, registro de calidad de los componentes del concreto, diseño y dosificación de mezclas, registro de control de calidad del concreto, tipo y duración de las condiciones de curado, registro de calidad del acero de refuerzo y cables o torones. Por otra parte, concerniente a la información de la construcción, es necesario

revisar la bitácora de la obra, correspondencia, registros fotográficos, informes técnicos y actas de avance, planos y documentos sobre cambios realizados. Con la revisión y manejo de esta información, se construye el primer insumo del diagnóstico, permitiendo avanzar con las siguientes etapas.

Pasando al examen de la estructura, se establece la guía ACI 201.1R “Guía para realizar una inspección visual de concreto en servicio” como fuente vital de los formatos pertinentes para una adecuada evaluación de la estructura, evitando así pasar por alto detalles.

Por su parte, para la identificación y caracterización de los efectos y daños, así como de su alcance, el autor del presente antecedente basó esta operación en la guía ACI 364.1R-07 “Guide for evaluation of concrete structure before rehabilitation”.

Con la aplicación del proyecto, el autor deja ver la eficacia de estas guías para un diagnóstico objetivo de patologías dentro de una obra. Así pues, con esta ejecución, encontró aspectos que son importantes tenerlos en cuenta en el desarrollo de esta pasantía:

La principal causa de patologías en los tanques de almacenamiento es el deficiente proceso constructivo y a falta de control por parte de la interventoría.

Las medidas de impermeabilización como alternativa de intervención es más costosa en comparación con sus costos dentro del proceso constructivo, por lo que se establece la necesidad de evitar la aparición de patologías desde la planeación y ejecución de las obras, para de esta manera evitar sobre costos a futuro.

**Título.** Estudio Patológico y análisis comparativo de la calidad del concreto año 2014 – 2018 al Tanque de Almacenamiento Ubicado en el Cerro Sierra Chiquita (Ortega, 2019)

**Objetivo.** Realizar el estudio patológico y hacer el análisis comparativo de la calidad del concreto año 2014 – 2018 al tanque de almacenamiento de agua potable ubicado en el Cerro Sierra Chiquita en la Ciudad de Montería.

**Aportes del trabajo.** Con esta investigación, se permite adentrar un poco más hacia las lesiones típicas encontradas en tanques de almacenamiento y sus causas comunes.

En cuanto a la losa superior, se aprecia corrosión en el acero debido al bajo recubrimiento de concreto. Así mismo, los muros del tanque presentan fisuras debido a los cambios de temperatura y humedad. Por su parte, el fondo y columnas del tanque no presentaron lesiones; lo que deja ver que aquellas áreas con mayor exposición son las más afectadas. Externamente, los deslizamientos presenten se convierten en escenarios de riesgo para la integridad de la estructura.

Para la evaluación de la estructura mediante ensayos de laboratorio, se hizo necesario la ejecución de pruebas no destructivas. En primera instancia, para determinar la profundidad de carbonatación se hizo una regata utilizando un martillo de 15 libras de peso (para evitar microfisuras), en la cual luego de ser limpiada, se aplicó fenolftaleína al 1%, dónde la profundidad se evidenció mediante la coloración violeta derivada, notando poca variación con respecto a la medición del año 2014 con la del 2018.

Por otra parte, para evaluar la durabilidad con base en la calidad del concreto, se extrajeron núcleos de material para evaluar la porosidad, dando un resultado de 10,4%, lo cual lo cataloga como adecuado, ya que valores menores al 10% indican buena calidad, y superiores al 15% mala calidad. Así pues, este tipo de ensayos son muy importantes a considerar dentro del desarrollo de la pasantía.

Para el estudio de suelo, se extrajo muestra a partir de excavaciones de 1m a 3m. Estas muestras pasaron por el laboratorio para determinar la resistencia mecánica del suelo, a partir de los resultados arrojados por las siguientes pruebas: Tamizado mecánico, límites líquido y plástico, determinación de humedad y peso específico.

Como se evidenció anteriormente, la placa superior del tanque en estudio es el área más afectada (85% de afectación), por lo que la medida de intervención formulada es la demolición de esta y reemplazarla por una nueva. Así mismo, el mantenimiento de las paredes, para



erradicar corrosión presente. Por otra parte, el establecimiento de un filtro perimetral al tanque, de tal manera que no haya riesgos por deslizamientos futuros.

Finalmente, se logra concluir que el deterioro de la losa superior, también es influido por las grandes temperaturas que se generan al interior de él con el agua tratada, donde, junto con los gases allí presentes, aumentan el humedecimiento. Adicional a esto, para procesos de nuevas construcciones de losas, es necesario seguir las recomendaciones de la norma NTC 5551.

**Título.** Estudio Patológico Tanque de Almacenamiento de Agua Potable (Parra, 2016).

**Objetivo.** Realizar el estudio patológico del tanque de almacenamiento de agua potable del acueducto del municipio de Tadó, siguiendo los parámetros establecidos en la Norma Sismo Resistente del 2010 (NSR – 10) y el reglamento de Agua y Saneamiento (RAS 2000).

**Aportes del trabajo.** Este estudio aporta la aplicabilidad de software para el cálculo y análisis de aspectos como el índice de sobre esfuerzos de carga sobre la losa, el cual se determina mediante el uso del software modulo losas NSR-10:

**Figura 4**

Datos de entrada. Software Modulo Losas NSR-10.

Referencia del Proyecto:  **RECUPERAR EXISTENTE**

**III. SOLICITACIONES**      **IV. MATERIALES**

**I. GEOMETRIA BASICA**      **II. LONGITUD DE TRAMOS**

Plaquea Superior      Holo Sup 0.08  
 Ancho Viga 0.13      H Casaca 0.000000  
 Ancho Casca 0.7      H LOSA 0.25  
 Sep a Ejes de Vigas 0.83      Holo Inf 0.000000  
 Plaquea Inferior

**CORTE TIP. DE LOSA**

Vigas Corrueras      Vigueta Típica  
 LONG TRAMO I      LONG TRAMO II

**PLANTA TIP. DE LOSA**

**INFORMACION DE LAS VIGUETAS**

Nombre o Referencia de la Vigueta	V1
Número de Tramos de la Vigueta	2
Voladizos en la Vigueta	Sin Voladizo
Ancho B de la Vigueta (m)	0.13
Altura Total de la Placa, H (m)	0.25
Altura (Espesor) Plaquea Sup (m)	0.08
Altura (Espesor) Plaquea Inf (m)	0.00000000
Separación Viguetas (a ejes) (m)	0.83

**DETALLE DE TODAS LAS CARGAS DE LA LOSA Y LA VIGUETA**

TIPO DE CARGA	Detalle Cálculos	Carga Aplicada
Plaquea Superior	0.08 x 2.4	0.192 1/m2
Plaquea Inferior	0.00000000000001 x 2.4	0 1/m2
Vigueta	0.169999999999999 x 2.4	0.084 1/m2
Acabado Superior	80 / 1000	0.08 1/m2
Acabado Inferior	0 / 1000	0 1/m2
Muros Diverstos	0 / 1000	0 1/m2
Aligerante (Casación o Equiv)	35 / 1000	0.035 1/m2
Carga Muerta Total Losa		0.371 1/m2
Carga Viva Aplicada Losa		0.18 1/m2
Carga Muerta Vigueta	0.371 x 0.83	0.308 6/m
Carga Viva Vigueta	0.18 x 0.83	0.149 6/m

**SIGUIENTE**      **ACTUALIZAR TABLA Y GRAFICA**      **DISEÑAR VIGUETA**      **SALIR**

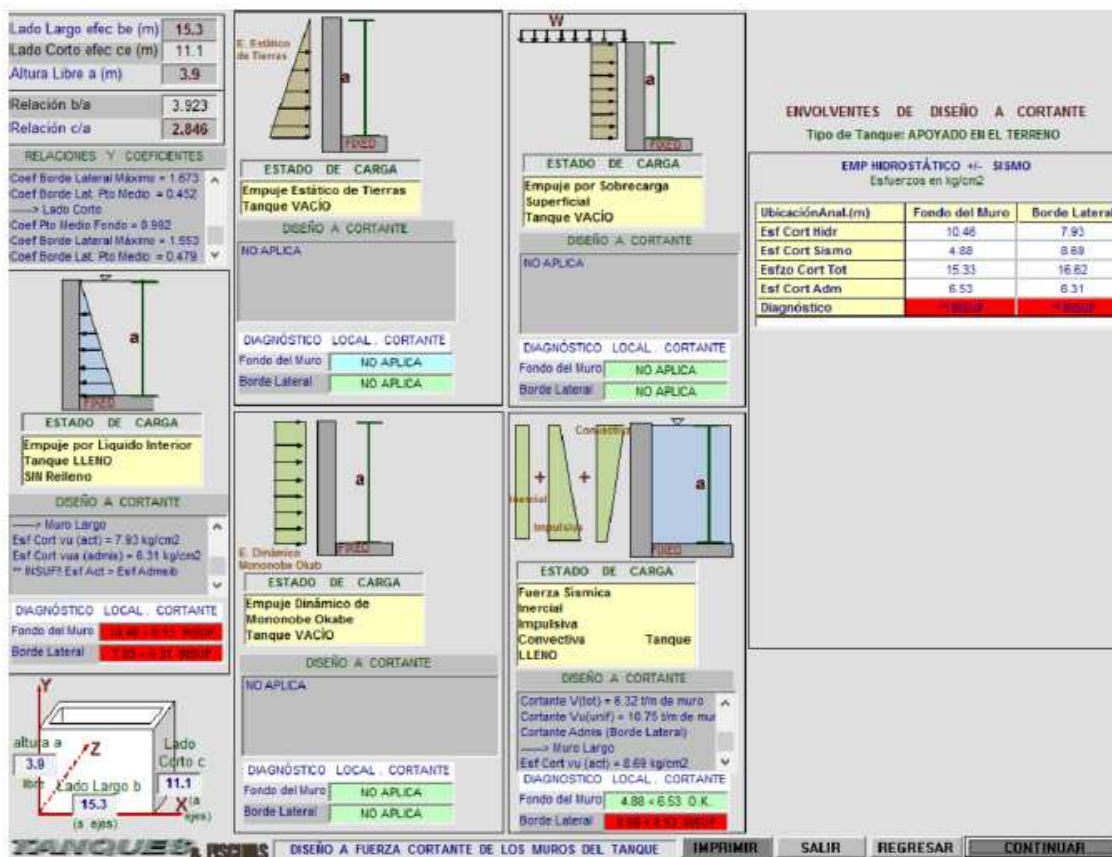
**MÓDULO LOSAS NSR-10 ACI-318-08**      **DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS EN 1 DIRECCION**

Fuente: Tomado de *Estudio Patológico Tanque de Almacenamiento de Agua Potable* (p. 60), por C.A. Parra, 2016.

Así mismo, para el chequeo del tanque, el autor hace uso del Software de Diseño Modulo Tanques NSR-10:

Figura 5

Resultado de la revisión de las paredes del tanque; software modulo tanques



Fuente: Tomado de *Estudio Patológico Tanque de Almacenamiento de Agua Potable* (p. 63), por C.A. Parra, 2016.

Estos softwares fueron creación del Ingeniero Fernando Medina, un insumo muy importante para tener en cuenta en la pasantía, dado el detalle y objetividad de sus resultados.

Por otra parte, dentro de los hallazgos encontrados, se aprecia algunas causas de patologías encontradas:

Junta fría en las paredes creadas por cintas adhesivas contra infiltraciones mal instaladas, generando lesiones longitudinales.

Falta de aceros en “L” generan fisuras de borde

Para determinar filtraciones en el tanque, se recomienda hacer pruebas de estanqueidad, dónde el volumen de filtraciones no debe ser superior a 1lt/min por cada 5000m<sup>3</sup> de agua almacenada.

**Título.** Patología de concreto en estructuras de saneamiento ambiental caso Cundinamarca (Murillo, 2014)

**Objetivo.** Analizar cualitativamente los diferentes tipos de patologías que se presentan en estructuras de concreto reforzado para saneamiento ambiental.

**Aportes al trabajo.** En este trabajo se utilizan formatos que, para el propósito de esta pasantía resultan de gran importancia tener en cuenta. En este formato, se describen las características principales de la estructura, principales aspectos de la planta, tipo de flujo que maneja, entre otros aspectos. A continuación, se muestra esta herramienta:

Figura 6

Descripción formato de registro de datos

TESIS DE GRADO: MAESTRIA EN CONSTRUCCION			
PATOLOGIA DE CONCRETO EN ESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL			
CUADRO RESUMEN DE PLANTAS			
FECHA INSPECCION:	FECHA DE VISITA A ESTRUCTURA	FOTO	
PLANTA No:	IDENTIFICACION DE PLANTA		
IDENTIFICACION	IDENTIFICACION DE ESTRUCTURA		
ESTRUCTURA No:	1 DE		
No de estructuras de la planta	No DE ESTRUCTURAS DE LA PLANTA		
MATERIAL INSPECCIONADO:	CONCRETO		
GEOGRAFIA GENERAL			
MUNICIPIO			
PROVINCIA		FOTO Factores de mayoración de la	
DEPARTAMENTO			
TEMPERATURA MEDIA	(°C)		
ALTURA MUNICIPIO	(msnm)		
ALTURA ESTRUCTURA	(msnm)		
CAPACIDAD DE LA PLANTA	(l/s)		
TIPO DE ESTRUCTURA			
TIPO DE FLUJO			
CIMENTACION			
NOMBRE ESTRUCTURA			
DESCRIPCION GENERAL			
DESCRIPCION BREVE DE LAS FUNCIONES Y CARACTERISTICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO			
DESCRIPCION DETALLADA			
DESCRIPCION DETALLADA DE LAS FUNCIONES Y CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA EN EVALUACION			
INSPECCION EN OBRA			
DIMENSIONAMIENTO DE SECCIONES (Espesor y altura de muros):		PROPORCION ESTRUCTURAL #	
MANTENIMIENTO:		FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO #	
DAÑOS A PRECIABLES EN INSPECCION VISUAL:		ESTADO DE LA ESTRUCTURA: #	
HALLAZGOS		DESCRIPCION	
TIPO DE PATOLOGIA OBSERVADA:	PATOLOGIA OBSERVADA	Descripción de la	Calificación final de la estructura #
	PATOLOGIA OBSERVADA	Descripción de la	#
	PATOLOGIA OBSERVADA	Descripción de la patologia observada	#
	PATOLOGIA OBSERVADA	Descripción de la patologia observada	#
	PATOLOGIA OBSERVADA	Descripción de la patologia observada	#
	PATOLOGIA OBSERVADA	Descripción de la patologia observada	#
HALLAZGOS EN SUPERFICIE: (PROPIEDAD FISICAS)	RESUMEN DE HALLAZGOS DE TIPO FISICO		Calificación preliminar de
HALLAZGOS EN SUPERFICIE: (PROPIEDAD QUIMICAS)	RESUMEN DE HALLAZGOS DE TIPO QUIMICO		
OBSERVACIONES: (condiciones del entorno)	DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES DEL ENTORNO		
ELABORO:			

Fuente: Tomado de *Patología de concreto en estructuras de saneamiento ambiental caso Cundinamarca* (p.77), por C.P. Murillo, 2014.

Por otra parte, esta investigación utiliza la clasificación de las patologías de acuerdo a la frecuencia de estas dentro de la estructura, permitiendo así clasificarlas en categorías de daño. En este sentido, se evidenció que la patología más recurrente es la coloración de la estructura por

causa de agentes químicos y biológicos debido a la interacción con el ambiente. Así mismo, otra patología común es la pérdida superficial del mortero, apareciendo ahí material vegetal. Por su parte, la tercera patología con mayor presencia son las grietas, causadas estas por esfuerzos generados por cambios de sección y la misma presión del flujo. Por su parte, en menor medida hacen presencia patologías como desalineamientos, rebabas, hormiguero, eflorescencias, descascaramientos y corrosión metálica.

### **3.2. Revisar las patologías presentes en los tanques de concreto reforzado de agua potable empresa ESPO. S.A. "ESP"**

Para el cumplimiento de este objetivo, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

#### ***3.2.1. Realizar una lista de chequeo para la recolección de información con base a las normas técnicas aplicables al caso***


La lista de chequeo consiste en un formato para la verificación de aspectos a revisar en una visita técnica, la cual puede ser diligenciada en físico o digital. En este caso, se utilizó para obtener información primaria relevante de los tanques de almacenamiento de la empresa.

Para la estructuración de esta lista de chequeo se tuvo en cuenta los lineamientos encontrados en la 201.1R-08 Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service,

informado por el Comité ACI 201 (American Concrete Institute) y la guía metodológica para el reconocimiento in situ de patologías del concreto de (Culma Rodríguez y Forero Osorio). A continuación, se presenta el formato ajustado para este trabajo:

**Figura 7**

*Lista de chequeo*

FORMATO DE INSPECCIÓN VISUAL			
<b>PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CONCRETO REFORZADO</b>			
INFORMACIÓN BÁSICA DEL TANQUE			
FECHA	NUMERO DE REPORTE	NUMERO DE TANQUE	
LOCALIZACIÓN			
INFORMACIÓN BÁSICA DEL LUGAR			
PLANTA			
MUNICIPIO	DEPARTAMENTO		PAIS
TEMPERATURA	°C		
OBSERVACIONES (Condiciones de Naturaleza)			
DETALLES DEL TANQUE			
NOMBRE DEL TANQUE			
TIPO DE TANQUE	TIPO DE SUELO		
CAPACIDAD	DIMENSIONES		
RECONOCIMIENTO INICIAL DEL TANQUE			
INDICADORES DE PROBLEMAS <small>(AGRIETAMIENTO, PIGMENTACIÓN, FILTRACIONES, DEPOSITOS Y EXUDACIONES SUPERFICIALES)</small>			
MANTENIMIENTO	TIPO	FRECUENCIA	
DIMENSIÓN DE LA SECCIÓN TOTAL (m <sup>2</sup> )			
RECONOCIMIENTO DETALLADO DEL TANQUE			
DIMENSIÓN DE LA SECCIÓN (m <sup>2</sup> )			
FOTOGRAFIA (Detallado de la condición a evaluar)			
DESCRIPCIÓN DE DAÑOS <small>TIPO DE PATOLOGÍA, EN CONTRADA</small>			
CLASE	PATOLOGIA	DIMENSION (m <sup>2</sup> )	DESCRIPCIÓN
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
PORCENTAJE DE DAÑO		0.00%	GRAVEDAD MUY BUENO
RESUMEN DE HALLAZGOS			
PORCENTAJE DE DAÑO		0.00%	GRAVEDAD MUY BUENO
INSPECTOR ENCARGADO			

Fuente: Elaboración propia, basado en las guías mencionadas previamente.

El anterior formato, se creó con la herramienta Excel para facilidad digitación de los datos para el cálculo y evaluación de la estructura. En este sentido, el formato está dividido por 6 zonas, la zona 1 hasta la 4 se mantendrá igual por cada hoja que salga del análisis, la zona 5 como corresponde una inspección detallada de cada sección del tanque este cambiará por tramo a inspeccionar.

### **Zona 1: Información Básica del Tanque**

- **Fecha:** Fecha (día/mes/año) en el que se hizo la inspección.
- **Numero de reporte:** Espacio para la asignación de un número identificador del reporte
- **Numero de Tanque:** Identificador numérico del tanque
- **Localización:** Ubicación exacta el tanque

### **Zona 2: Información básica del lugar**

- **La planta:** Nombre de la planta en el cual se encuentra ubicado el tanque a analizar si es que corresponde.
- **Municipio, Departamento y País:** nombres respectivos del lugar.
- **Temperatura:** Registro en grados Celsius de la temperatura.
- **Observación:** Descripción del tipo de ambiente que se encuentra el tanque.

### **Zona 3: Detalles del tanque**

- **Nombre de Tanque:** Nombre que le corresponde al tanque.



- **Tipo de tanque:** Se digitará el tipo según su clasificación (T. Enterrado, T. Semienterrado, T. Superficial, T. Elevado).
- **Tipo de suelo:** Según los estudios geotécnicos correspondientes o el mapa geotécnico creado por la alcaldía del municipio.
- **Capacidad:** En metros cúbicos ( $m^3$ ) o litros (lts) que almacena.
- **Dimensiones:** En metros (m), longitud, altura y profundidad.

#### **Zona 4: Reconocimiento inicial de tanque**

- **Indicadores de problema:** Agrietamiento, pigmentación, filtraciones, depósito y exudaciones superficiales; indicio de un padecimiento que externamente el tanque presente.
- **Mantenimiento:** Si o No.
- **Tipo:** M. Predictivo, M. preventivo, M. correctivo.
- **Frecuencia:** Especifica cual es la periodicidad del mantenimiento
- **Dimensión de la sección total:** Corresponde a la sumatoria de las áreas que se analizaron.

#### **Zona 5: Reconocimiento detallado del tanque**

- **Dimensión de la sección del taque:** En metros cuadrados ( $m^2$ ) tomados de su longitud por su altura.
- **Fotografía:** Sección a inspeccionar, señalando las zonas afectadas.

- **Descripción de daños:** Se hace una clasificación de las patologías halladas, con su dimensión y descripción de la severidad.
- **Clase:** Se elige categoría que se encuentra celda.
- **Patología:** Dependiendo de la clase se elige la anomalía que se encuentra en la celda.
- **Dimensión:** En metros cuadrados ( $m^2$ ) correspondiente de área afectada. Descripción: es una explicación dando una idea de lo encontrado y su severidad. Porcentaje de daño: se da respecto a la gravedad de la afectación encontrada en la estructura. Gravedad: nos arrojará de acuerdo a la tabla de (Vértiz More, 2018) de porcentaje de la seriedad del área alterada.

#### **Zona 6: Resumen final**

- **Resumen de hallazgos:** Se hará un compendio de las patologías encontradas en la inspección realizada al tanque.
- **Porcentaje de daño:** Es el promedio de los demás porcentajes dados en el reconocimiento detallado del tanque.
- **Gravedad:** Nos arrojará de acuerdo a la tabla de (Vértiz More, 2018) de porcentaje de la seriedad del área alterada.
- **Inspector encargado:** La persona indicada (persona que lleva conocimiento sobre el tema y de un buen diagnóstico sobre el tema de acuerdo a su experiencia) de la auscultación visual.

### ***3.2.2. Llevar a cabo visita técnica para recopilar información primaria referente al estado actual de los tanques de almacenamiento del sistema***

La visita técnica se llevó a cabo teniendo como referencia la 201.1R-08 Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service, informado por el Comité ACI 201 (American Concrete Institute) y la guía metodológica para el reconocimiento in situ de patologías del concreto.

Para realización de una visita de tipo visual se llevan a cabo métodos no destructivos, donde no se hace pruebas, pero si se documentan cada una de las patologías por medio del formato anteriormente explicado y un registro fotográfico de cada una de las secciones de los tanques a inspeccionar.

Es de aclarar que el diagnóstico para cada uno de los tanques estudiados no fue definitivo, ya que para ello se necesita los conocimientos competentes y el criterio de un experto en el área, también la realización de evaluaciones exhausta (ensayos no destructivos y destructivos), y así llevar acabo un dictamen más exacto de las posibles causas que puedan afectar a cada una de las estructuras analizadas.

Así pues, la valoración dada de acuerdo a las vistas se hizo cualitativamente a cada una de las estructuras, conforme con la regularidad que se presentó el tipo afectación, pudiendo de esta forma decretar un informe lo más adecuado sobre las causas y la solución a todas ellas.

La inspección visual se realizó con 2 de 9 tanques de almacenamiento en concreto reforzado que dispone la empresa de servicios públicos de Ocaña “ESPO.S.A.”, todas localizadas en el municipio de Ocaña. En este sentido, es de aclarar que no se efectuó en su totalidad por la complejidad de restablecer el servicio de distribución de agua potable a la comunidad que dispone del líquido.

A continuación, de acuerdo a diferentes fuentes se recomienda seguir unos lineamientos adecuados para la ejecución de la visita técnica, por ende, se modificó de tal manera que sea lo más proporcionado para la visita de los tanques de almacenamiento de agua en concreto reforzado (Patricia, 2014)

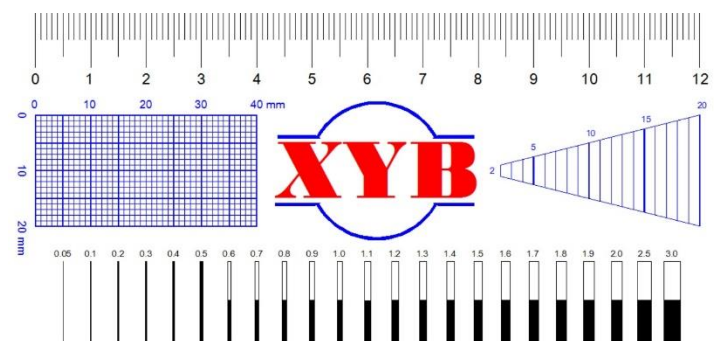
- La visita debe hacerse en compañía de una persona idónea, y que ayude a la toma de dato
- Contar con las medidas de seguridad mínimas correspondientes y solicitadas por la empresa que sea la responsable.
- El tanque debe haber tenido un lavado previo para poder determinar con claridad las dolencias
- Llevar el formato donde se procede a hacer registro de las patologías, también llevar las herramientas para la toma de datos.

- Tomar las fotografías necesarias para llevar un inventario y posterior análisis de lo encontrado en la inspección. (las fotografías deben identificar el tanque) (Vértiz More, 2018).

Los instrumentos que hacen posible una buena realización de una inspección visual y la recolección de datos son las siguientes:

### Figura 8

*Regla de Fisuras – para su medición (ancho y pendiente)*



Fuente: Autor (2021)

Esta regla es un sencillo medidor que nos permite determinar el ancho de la grieta con su pendiente. Contiene una serie de líneas de diferente tamaño, para facilitar su medición e identificación. Y una malla de 20 x 40 mm para determinar la pendiente.

### Figura 9

*Flexómetro*



Fuente: Amazon (s.f.)

Instrumento que nos servirá para medir patologías de gran magnitud, como también poder rectificar medidas.

### **Figura 10**

*Reflector proyector*



Fuente: Luz y color (s.f.)

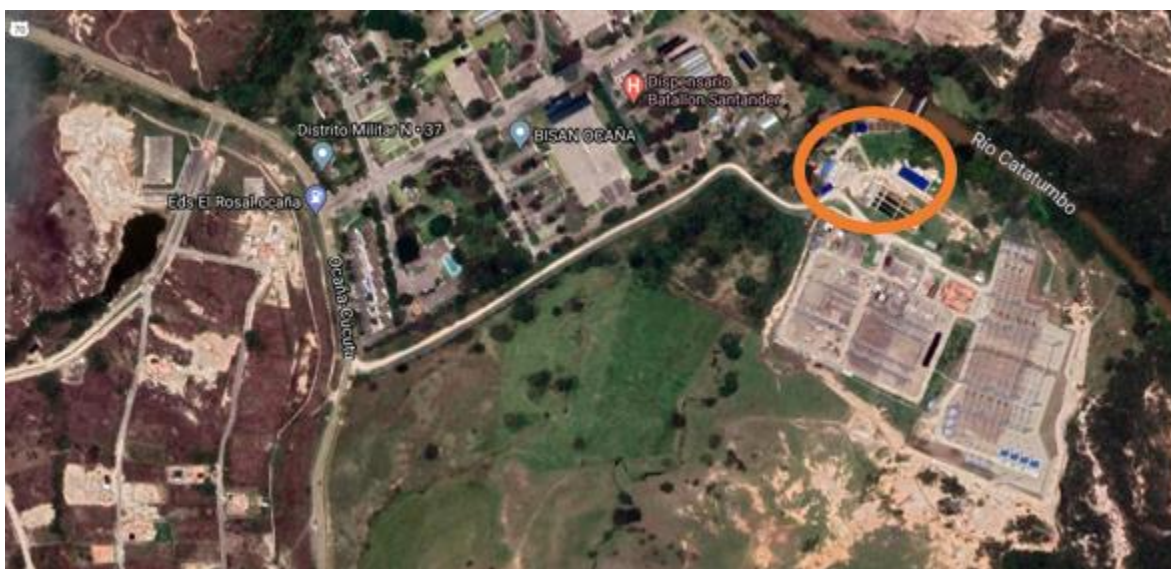
Herramienta el cual permite la obtención de patologías, puesto que los tanques son estructuras de poca iluminación, es de vital importancia que la luz sea bastante brillante y de un color neutral, también que sea fácil movilidad para trasladar a todas las esquinas.

Las visitas se llevaron dependiendo de la disponibilidad de la empresa debido al rigor para agendar por las complicaciones que pueden surgir al suspender el servicio a la comunidad Ocañera.

Por consiguiente, la primera visita se realizó en el nuevo tanque de succión ubicada en la planta de tratamiento de agua potable Algodonal (ver mapa).

### Figura 11

*Ubicación PTAP Algodonal*



Fuente: Google maps

Este tanque fue construido en el transcurso del año 2019 y 2020, con la finalidad de aumentar el caudal para el abastecimiento del consumo de la población el cual va siempre en aumento, de igual manera este servirá por un tiempo como tanque alterno, para hacer reparaciones al tanque principal que viene prestando su función por más de 40 años y que requiere mejoras debido a falencias encontradas y así con esto no afectar la prestación del servicio ya que la PTAP de Algodonal abastece el 85% del gasto de los habitantes.

El tanque como dimensiones tiene 15,70 m de longitud x 7,70 m de profundidad x 5,05m de alto, y tiene la capacidad de almacenar 472.5  $m^3$  o 472500 l.

El diseño del tanque tiene un sistema dual y proceso constructivo de paneles estructurales, en el proyecto se contempló una junta de expansión de 4.0cm y está compuesto por 4 pantallas de aquietamiento, donde en encuentran 3 tubos de 16" que succionaran por medio de unas bombas de centrifuga, consta de una pantalla deflectora con perforaciones que cruza el tanque de forma longitudinal, 3 pantallas que reciben el agua suministrada por 3 tubos de 20" desde el tanque principal, también tiene un tubo de rebose ubicado a una altura de 4,50 m de altura, un sistema de vaciado y lavado por gravedad y por medio de succión a través de una bomba vertical (Anexos).

Observándose que la entrada de agua al tanque está por encima del nivel del agua, con el tiempo la caída del agua sobre el fondo el tanque causaría erosión cada vez que se desea llenar. En los ductos de ventilación no cuenta con mallas de 5mm para evitar la entrada de insectos. De acuerdo al acceso al interior del tanque, no cuenta con una tapa con cierre hermético, lo que permitiría el acceso de iluminación natural que no está permitido por el RAS 2000.

La estructura se encuentra sobre zona de amenaza sísmica intermedia, de acuerdo al estudio geotécnico se encuentra en suelo tipo D, por lo que en el mejoramiento de la cimentación se hizo la instalación de pedraplén de h: 0.4m, adicional material granular mixto del rio de h: 0.3m.



En compañía del ingeniero auxiliar de dirección de planeación estuvieron supervisada las pruebas realizadas:

Primeramente, de acuerdo al artículo 9.8.2 Pruebas de estanqueidad del título B del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS, se realizó la prueba que consiste en dejar el tanque durante un periodo de 72 horas, pasas el tiempo se debe medir la disminución del nivel de la columna de agua. Las filtraciones en un periodo de 24 horas no deben ser mayores que el 0.05% del volumen del tanque.

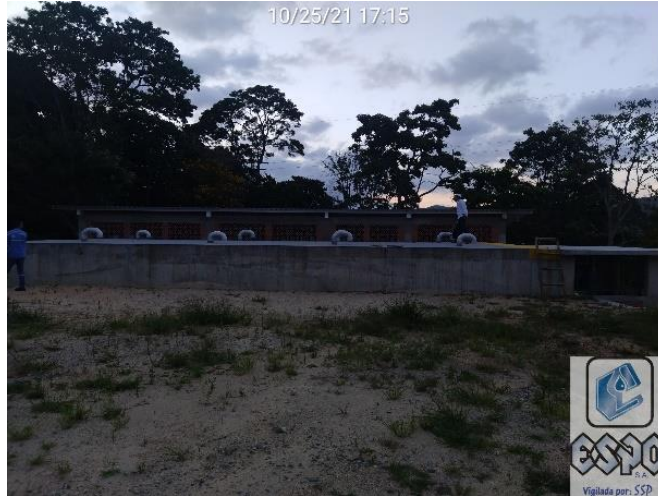
El ensayo se realizó varias veces debido a dar afectación principal que causaba la pérdida significativa de agua.

Seguidamente, se ejecuta la revisión de las patologías para poner a prueba el instrumento evaluativo creado “Check List”, así mismo el tanque que están en muy buenas condiciones debido a su falta de uso y a que esta recientemente construido, sirve de fundamento para comparación con lo demás tanque que se analizaron posteriormente.

Considerando su muy poca longevidad en la estructura se encuentran discontinuidades de ámbitos constructivos correspondientes a los procesos que llevaron a cabo.

## **Figura 12**

*Vista externa de los tanques*



Fuente: Autor (2021)

**Figura 13**

*Fotografía #1*



Fuente: Autor (2021)

### Figura 14

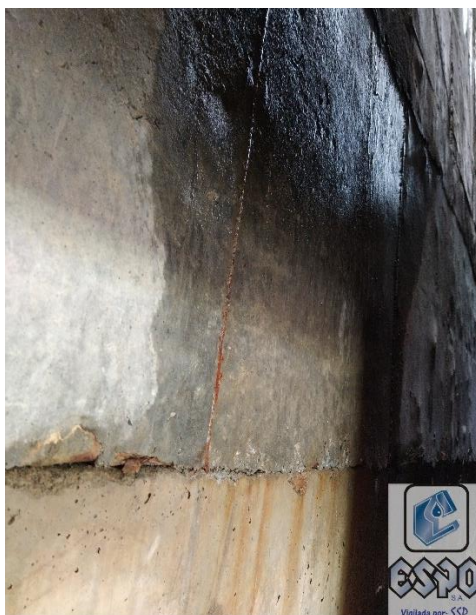
*Fotografía #2*



Fuente: Autor (2021)

### Figura 15

*Fotografía #3*



Fuente: Autor (2021)

### Figura 16

*Fotografía #4*



Fuente: Autor (2021)

### Figura 17

*Fotografía #5*



Fuente: Autor (2021)

## Figura 18

Fotografía #6



Fuente: Autor (2021)

## Tabla 7

Porcentajes de afectación en el tanque algodonol

Patología	Porcentaje de afectación por superficie				
	Muros	Suelo	Pantallas deflectoras	Pantallas deflectoras con orificios	Muros divisorios
Líneas entre capas (Junta fría)	0,78%	0	1,56%	0	0,20%
Desalineamiento	0,39%	5%	0	0	0
Burbuja	0	0	0	0,50%	0
Corrosión del acero	0	0	0	0,16%	0

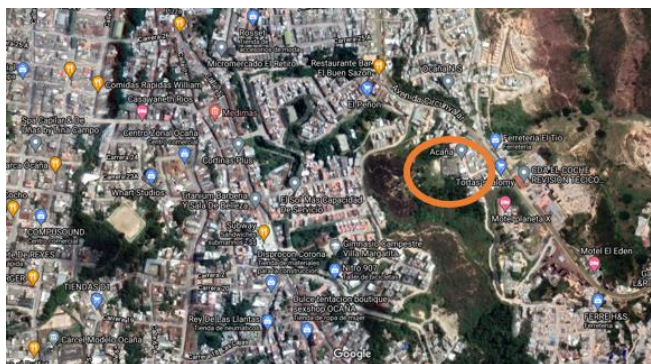
Fuente: Autor (2021)

Como se puede apreciar, las líneas entre capas y el desalineamiento son los aspectos más recurrentes dentro el tanque de almacenamiento ubicado en la PTAP río Algodonal.

La segunda visita realizada en el tanque de almacenamiento Cristo rey, ubicada en el barrio comuneros, la estructura viene brindando su servicio por más de 30 años. (Ver mapa).

### Figura 19

*Tanque de almacenamiento Cristo Rey*



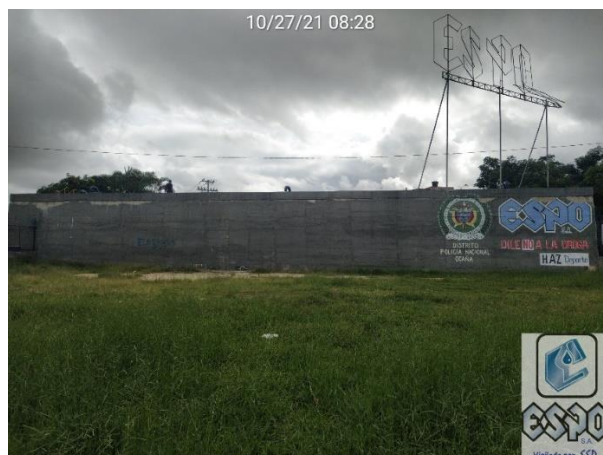
Fuente: Google maps

La estructura tiene una geometría cuadrada de 29.29m por cada lado, pero su altura es de 3.30 m, es construido con un sistema combinado la mayoría del esta por muros fundidos de grosos de 0.30 m constituido por 12 columnas en su interior de dimensiones 0.30x0.30m, dentro de esta estructura se contemplan dos subtanques de menor tamaño, el primer subtanque tiene la función de preservar un nivel de agua, el segundo subtanque tiene como oficio de receptor de agua proveniente de la PTAP algodonal.

Es de aclarar que el tanque no cuenta con ninguno de los planos originales con que se ejecutó el proyecto, únicamente se encuentra con planos arquitectónicos realizado por un inspector encargado del cuidado del tanque. (Anexos)

**Figura 20**

*Vista exterior del tanque*



Fuente: Autor (2021)

**Figura 21**

*Medición de una afectación física*



Fuente: Autor (2021)

**Figura 22**

*Presencia de óxido*



Fuente: Autor (2021)

### **Figura 23**

*Óxido en la estructura*





Fuente: Autor (2021)

Siendo una estructura de gran importancia, en la norma pueden clasificarse como uno de grupo IV - Edificaciones indispensables de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo para atender la emergencia y preservar la salud, por lo anterior se hace necesaria ser evaluada de acuerdo con la normatividad actual con el objeto de conocer su grado de vulnerabilidad y los daños patológicos presentados.

Concorde la TITULO B en el artículo 9 Tanques de Almacenamiento y compensación del RASS 2000, el tanque de Cristo Rey está localizado lo más cerca posible de la red de distribución partiendo de los puntos altos población de tal modo que garantiza las presiones adecuadas. La estructura se encuentra sobre terrenos que no son capaces de un deslizamiento

El tubo de desagüe no se encuentra a nivel de suelo, por lo que deja una lámina de agua de 0.12 m, obstaculizando con las labores de mantenimiento lo que provoca estanquidad o no la circulación de agua.

El tanque está aislado y cuenta con la restricción de acceso, debido a que está rodeado por un cercado y en constante vigilancia.

La salida de rebose, desagüe y suministro, es de total independencia. El sistema de rebose cumbre con evacuar los posibles caudales de exceso, de igual forma no limita la capacidad de almacenamiento, asegurando que obtenga el nivel máximo.

El sistema indicador del tanque se observa de modo analógico y es supervisado por la persona encargada.

El acceso del tanque, está protegido por una tapa no hermética, con las dimensiones mínimas para el ingreso de equipos de su mantenimiento.

La entrada del agua para el suministro del tanque, está a nivel del piso, permitiendo la circulación constante del líquido, solo en el subtanque 1.

Solo cuenta con escaleras internas y de un material que afectaría a la calidad del agua, porque son aceros refuerzo y no son lo recomendable como acero inoxidable o de aluminio, ubicados de tal manera que cumplan la función de escalones.

La limpieza del tanque se desinfecta de acuerdo a los procedimientos indicados en la norma técnica NTC. 4576, donde estas actividades se realizan al menos una vez al año, por lo que se ha venido realizado el mantenimiento preventivo semestralmente.

**Tabla 8***Porcentajes de afectación en Tanque de Cristo Rey*

Patología	Porcentaje de afectación por superficie				
	Muros	Columnas	Cubierta	Subtanque 1	Subtanque 2
Líneas entre capas (Junta fría)	0,22%	0	0	0	0
Erosión por cavitación	79%	70%	0	0	4%
Corrosión del acero	0	0	0	0	0
Carbonatación del cemento	79%	50%	0	85%	100%
Deterioro por Sulfatos	0	0	2%	0	0

Fuente: Autor (2021)

De acuerdo a la tabla anterior, es visible evidenciar a la carbonatación del cemento como la patología con más incidencia dentro del tanque, resaltando que su grado de afectación está por encima el 70% en toda la estructura, a excepción de las columnas que sólo alcanza a un 50%; sin embargo, sigue siendo un valor elevado.

### ***3.2.3. Consolidar un informe con el estado actual de los tanques, basado en información primaria***

En el informe que se presenta a continuación tiene como finalidad conocer como línea base el estado actual del tanque de la empresa visitados de acuerdo a plan de trabajo, dando a conocer la obtención de los datos y la exploración de la estructura de tal forma que se pueda apreciar y tener en cuenta cada una de las características de las fallencias encontradas.

La auscultación de las patologías se realizó por medio de la inspección visual, proceso no destructivo que radica en la observación minuciosa de incongruencias visibles, de modo que este punto de referencia se intenta guiar algunos de los problemas que se aparecen en el transcurso de su funcionamiento, concluyendo en lesiones que disminuyen su duración, implicando una afectación a la población en su calidad de vida, como también un aumento en los costos. Por lo que, cada uno de los resultados son expuesto de forma objetiva.

Cada una de las visitas fue realizada en compañía del apoyo de planeación, el área físico operativa y del inspector encargado en ese momento, todos personales de ESPO S.A.

Es de resaltar que debido a que las estructuras de almacenamiento expresan diferentes patologías resultantes de las diferencias entre el tiempo de servicio, causas o síntomas, solo se indican las lesiones más significativas.

El tanque de succión de la planta de tratamiento de agua potable de algodonal, las patologías son encontradas por causa de procesos constructivos.

Previamente con la prueba de estanqueidad el tanque de succión ha arrojado que no cumple con ella, mostrado una pérdida del líquido almacenado de 9% superiores al 0.05% requerido por el artículo 96 de la resolución 0330 del 2017, por causa de fisuras en el sistema de lavado y evacuación.

Se detecta con sencillez líneas entre capas (juntas frías) en la mayoría de las partes que conforman la estructura, estas fallencias puede tener una negatividad en su funcionamiento y estabilidad a los diferentes esfuerzos a los que está sometido durante su vida útil (compresión, tracción, flexión).

Aumento en la dimensión de una de las paredes del tanque, esto debido posiblemente a la mala colocación del encofrado a la hora de ser vertido en concreto.

En la pantalla deflectora con orificios, se observa la presencia de concavidades por las acumulaciones de aire y agua atrapadas entre la formaleta y el concreto. Esto causa es potencialmente para la aparición de daños con mayor severidad en un futuro.

Presenta el descascamiento de la pasta de cemento como la exposición de acero de refuerzo, por motivos de falta de recubrimiento o inatención en la etapa desencofrado, esto volviéndolo propenso a la corrosión del acero, causando daños cruciales.

El tanque está en muy buenas condiciones exceptuando por el sistema de lavado y evacuación, que tiene fisuras originado pérdidas considerables en el almacenamiento del agua.

La visita al tanque de almacenamiento Cristo Rey se encontraron patologías por tiempo de servicio que ha prestado.

Se logra distinguir una capa rojiza en todas las paredes o superficies que tiene contacto con el agua, debido al ataque químico específicamente por carbonatación, esto por los componentes que contiene el líquido para su preservación.

Existe un desprendimiento general de la pasta de cemento dejando al descubierto los agregados, por lo que no cuenta ya con recubrimiento liso recomendado por el RAS 2000, siendo propenso a los ataques químicos. Todo debido al tiempo de uso que ha tenido el tanque.

En el subtanque 2, se evidencia en las caras internas y parte superior un ataque físico por erosión concretamente por cavitación, a causa de las corrientes de agua para el suministro del tanque, provocando desprendimientos considerables del concreto, dejando expuesto el acero de refuerzo y posteriormente originando una corrosión de acero.

El techo del tanque presenta en zonas pequeñas de desprendimiento de la máscara de cemento dejando al descubierto el acero, a partir de la agresión cometida por el agua sumándole la poca capa de recubrimiento dejada en la etapa de construcción.

Las salidas de las motobombas y la salida de rebose, exhiben una capa de corrosión toda el área expuesta.

La estructura en general no tiene desgastes cruciales exceptuando en el sur tanque 2, teniendo en cuenta el servicio prestado desde su inicio y con ayuda del mantenimiento preventivo que se le ha dado anual mente.

### **Conclusión**

Para revertir y prevenir cada una de las falencias encontradas en cada uno de los tanques es:

En el nuevo tanque de succión, constaría de remover parte del hormigón donde se presentan las concavidades, como el desprendimiento, posteriormente aplicación de aditivos que ayuden con la adherencia del nuevo concreto para la reparación (mortero a base de cemento Portland).

Referente al tanque de almacenamiento de Cristo Rey.

Para la resistencia a la cavitación es proporcionada por la pasta de cemento, por lo tanto, se recomienda utilizar concreto con agregado granular de tamaño máximo bajo y con un acabado superficial en buen estado, también prevenir y controlar altas velocidades de flujo de agua que pueden llegar a remover la pasta de cemento y los agregados.

Diseños de mezcla con relaciones de agua/ cemento muy bajas, como evitar que la superficie del concreto es estado endurecido sea porosa y permeable y la utilización de impermeabilizantes.

Remover todo el hormigón contaminado con una limpieza de las superficies, aplicación de compuestos pasavantes y puente de adherencia. Colocación de refuerzo adicional o reposición. Reemplazo de las partes removidas con mortero de reparación (mortero a base de cemento Portland)

### **3.3. Crear un checklist para la revisión de las patologías que se puedan presentar en los tanques de concreto reforzado de agua potable**

Obtenida toda la información realizada de las visitas a cada uno de los tanques permitidos por la empresa, se procede hacer las modificaciones pertinentes al primer formato de chequeo.

La modificación que tiene es la reducción de la lista de patologías, debido a falencias que no son ocurridas en el tanque de almacenamiento de agua potable en concreto reforzado, lo demás fue una restructuración en la ampliación de unos datos, diseño de la hoja para su facilidad en la impresión, simplificado los campos.



***3.3.1. Estructurar el checklist con base a la información primaria y secundaria recopilada, además de la norma técnica aplicada al caso de estudio***

El checklist quedó ajustado de la siguiente manera teniendo en cuenta la visita a los tanques. Primeramente, se encuentra la 1ra región de las 6 regiones mostradas en este formato.

**Información básica del tanque**

Formado por, la Fecha, donde se digitará el día/mes/año de la inspección; número de reporte, allí se colocará la cifra que identifica el formato; número de tanque, el dígito asignado acuerdo al orden que fue visitado para tener un control; localización, se escribe la ubicación del tanque con exactitud; propietario, nombre de la empresa o persona a la que le pertenece el tanque a intervenir; fecha de Construcción, el tiempo de que esta prestar servicio la estructura; planos y especificaciones, una descripción de tipo de planos obtenidos; estudio geotécnico, si tuvo algún tipo de estudio geotécnico; tipo de suelo, se concluye el suelo en el que esta cimentado de acuerdo al estudio geotécnico o lo correspondiente al mapa geotécnico por la alcaldía del municipio.

Figura 24

Lista de chequeo ajustada

FORMATO DE INSPECCIÓN VISUAL					
PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CONCRETO REFORZADO					
INFORMACIÓN BÁSICA DEL TANQUE					
FECHA		NUMERO DE REPORTE		NUMERO DE TANQUE	
LOCALIZACIÓN					
PROPIETARIO					
CONTRATISTA					
FECHA DE CONSTRUCCIÓN					
PLANOS Y ESPECIFICACIONES					
ESTUDIO GEOTÉCNICO	-	TIPO DE SUELO	-		
INFORMACIÓN BÁSICA DEL LUGAR					
PLANTA					
MUNICIPIO		DEPARTAMENTO		PAIS	
TEMPERATURA					
OBSERVACIONES (Condiciones de Naturaleza)					
DETALLES DEL TANQUE					
NOMBRE DEL TANQUE					
TIPO DE TANQUE		OBSERVACIÓN			
CAPACIDAD (M <sup>3</sup> )		DIMENSIONES			
RECONOCIMIENTO INICIAL DEL TANQUE					
INDICADORES DE PROBLEMAS (AGRIETAMIENTO, FEGMENTACIÓN, FETRACTOPES, DEPOSITO Y EXUDACIONES SUPERFICIALES)					
MANTENIMIENTO					
TIPO					
FRECUENCIA					
FOTOGRAFIA (De la estructura externa y condiciones)					
DIMENSION TOTAL ANALIZADA (m <sup>2</sup> )					
RECONOCIMIENTO DETALLADO DEL TANQUE					
DIMENCIÓN DE LA SECCIÓN (m <sup>2</sup> )	100				
FOTOGRAFIA (Detallado de la condición a evaluar)					
DESCRIPCIÓN DE DAÑOS					
TIPO DE PATOLOGIA EN CONTRADA					
CLASE	PATOLOGIA	DIMENSION (m <sup>2</sup> )	DESCRIPCIÓN	P.D.	SEVERIDAD
Proceso_Constructivo	Seleccione	0		0%	MUY BUENO
Físico	Seleccione	0		0%	MUY BUENO
Químico	Seleccione	0		0%	MUY BUENO
Agentes_y_Procesos_Biologicos	Seleccione	0		0%	MUY BUENO
Acción_Mecanica	Seleccione	0		0%	MUY BUENO
Extraordinarias	Seleccione	0		0%	MUY BUENO
PORCENTAJE DE DAÑO	0.00%		SEVERIDAD	MUY BUENO	
RESUMEN DE HALLAGOS					
PORCENTAJE DE DAÑO	0.00%		SEVERIDAD	MUY BUENO	
INSPECTOR ENCARGADO					

Fuente: Autor (2021)

### Información básica del lugar

Integrado por, la planta, nombre de la planta en el cual se encuentra ubicado o que le consigne; Municipio, Departamento y País, nombres pertenecientes donde se encuentra; observación (Condiciones de naturaleza), en él se copiará las condiciones que se encuentra

afectado la estructura como el tipo de carga soportado, de exposición, drenaje, el ambiente la que siempre se encuentra expuesto etc; temperatura, registro en grados Celsius de la temperatura.

### **Detalles del tanque**

Unificado por, nombre de Tanque, nombre que fue designado para su identificación; tipo de tanque, se escribirá la clasificación que pertenece (T. Enterrado, T. Semienterrado, T. Superficial, T. Elevado); observación, se hace una breve descripción del tipo de tanque; capacidad, en metros cúbicos ( $m^3$ ) o litros (lts) el volumen útil de almacenamiento; dimensiones, en metros (m), longitud, altura y profundidad de la estructura externa.

### **Reconocimiento inicial del tanque**

Indicadores de problema, agrietamiento, pigmentación, filtraciones, depósito y exudaciones superficiales, indicio de un padecimiento que externamente el tanque presente; mantenimiento, Si o No; tipo, referente al que clase de mantenimiento se le ha dado; frecuencia, con que lapso se está haciendo; fotografía, se adjunta evidencia de la estructura y entorno que lo rodea; dimensión total analizada, lo correspondiente al total de las dimensiones de cada sección analizada.

### **Reconocimiento detallado del tanque**

Conformado por, dimensión de la sección, es el área escogida para analizar meticulosamente; fotografía, se sustenta las áreas analizadas y un detallado de las patologías identificadas; descripción de daños, se hace una clasificación de las patologías halladas, con su

dimensión y descripción de la severidad; clase, se elige categoría que se encuentra celda; patología, dependiendo de la clase se elige la anomalía que se encuentra en la celda; dimensión, en metros cuadrados ( $m^2$ ) correspondiente de área afectada; descripción, es una explicación dando una idea de lo encontrado y su severidad; porcentaje de daño, se da respecto a la gravedad de la afectación encontrada en la estructura; gravedad, nos arrojará de acuerdo a la tabla de (Vértiz More, 2018) de porcentaje de la seriedad del área alterada.

### **Resumen final**

Formado por, resumen de hallazgos; se hará un compendio de las patologías encontrada en la inspección realizada al tanque; porcentaje de daño, es el promedio de los demás porcentajes dado en el reconocimiento detallado del tanque; gravedad, nos arrojará de acuerdo a la tabla de (Vértiz More, 2018) de porcentaje de la seriedad del área alterada; inspector encargado, la persona indicada (persona que lleva conocimiento sobre el tema y de un buen diagnóstico sobre el tema de acuerdo a su experiencia) de la auscultación visual.

### ***3.3.2. Realizar visita técnica a los tanques de almacenamiento para obtener información mediante el checklist ajustado***

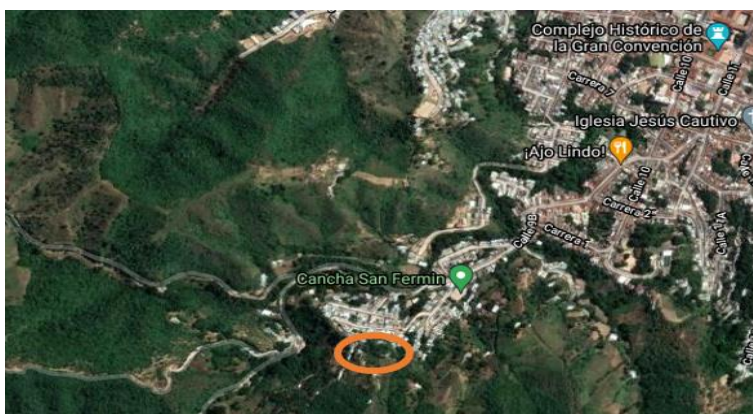
Teniendo en cuenta los permisos por el tiempo acordado por la empresa, y ajustados la mayor cantidad de tanque para visitar dentro del periodo de las pasantías, se concertó la visita en 3 tanques los que son el tanque San Fermín, 12 de octubre y Santa Cruz, en los días 24, 25 y 26 de noviembre, respectivamente.

En este sentido, se procedió la 3ra visita en el tanque San Fermín Ubicado en el barrio con el mismo nombre, la cual no se llevó a término y por consiguiente no se pudo hacer la correspondiente inspección visual para la recolección de datos. Lo que condujo a la no ejecución, fue el estado en que se encontraba el tanque, el tanque clasificado como enterrado sobre la placa del tanque se encontraba heces de origen animal, ya que la estructura que te aísla y cuida de la manipulación humana, fue violada para ser utilizada como depósito de las necesidades de caninos que habitan en el sector y que son utilizados para la crianza y reproducción de su especie con fines económicos.

Debido a que las tapas de acceso al tanque se encuentran por debajo del nivel de la placa, no se procedió a destapararlo porque al hacerlo los residuos caerían adentro contaminando el agua y causando una emergencia.

### **Figura 25**

*Ubicación tanque barrio San Fermín*



Fuente: Google maps

**Figura 26***Cerca perimetral*

Fuente: Autor (2021)

**Figura 27***Vista exterior del tanque*

Fuente: Autor (2021)

## Figura 28

*Vista superior del tanque*

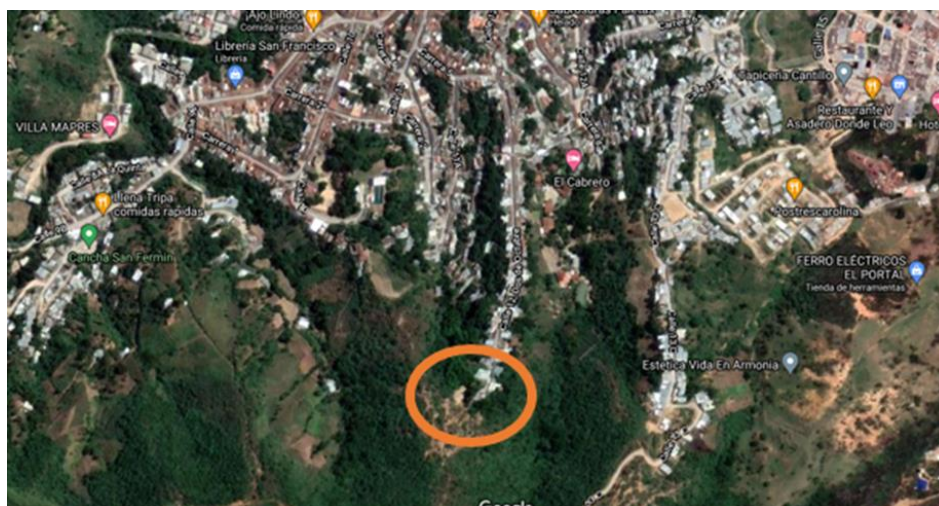


Fuente: Autor (2021)

La cuarta visita fue ejecutada en el tanque 12 de octubre, ubicado en el barrio también llamado 12 de octubre. Este tanque fue construido en el año 1993 suministrado el servicio de agua potable durante 28 años a los barrios la Mercedes, la Crucecitas y el mismo 12 de octubre.

## Figura 29

*Ubicación tanque 12 de octubre*



Fuente: Autor (2021)

### **Características**

La estructura del tanque es total mente visible por lo que es clasificado como un taque de tipo superficial, el tanque está apoyado sobre rocas ígneas del complejo intrusivo – exclusivo en su mayoría de acuerdo al plano geológico y morgodinamico de Ocaña, Norte de Santander (ver Anexo).

El tanque no cuenta con los planos originales que se tomaron para su ejecución, por lo que se elaboraron nuevos planos arquitectónicos (ver anexo).

Está compuesto por muros en concreto reforzado de 0.25m de espesor y una placa que protege al líquido con un grosor de 0.16 m, está cubierta diseñada no permite el acceso de luz natural al interior, al menos solo para su mantenimiento, las dimensiones externas del tanque son de 8 metros de longitud con 8 metros de espesor por 3.73 metros de altura, por lo que tiene una capacidad de almacenamiento hasta 200.812 metros cúbicos.

El tanque recibe suministro por medio de tubo en hierro de un diámetro de 6” pulgadas desde la planta de tratamiento el llanito, y cuenta con 5 tubos de salida con la siguiente función, 3 tubo de 6” de diámetro para la salida de agua en caso de rebose, el segundo para el suministro de agua al barrio 12 de octubre como tercero para el desagüe para su respectivo lavado y



mantenimiento, un tubo de 3" de diámetro para el suministro al barrio la mercedes y un tubo de 2" para el abastecimiento del barrio la Crucecitas.

### Figura 30

*Limpieza de los tanques*



Fuente: Autor (2021)

### Figura 31

*Vista exterior del tanque*



Fuente: Autor (2021)

### Tabla 9

*Porcentajes de afectación tanque 12 de octubre*

Patología	Porcentaje de afectación por superficie		
	Muros	Cubierta	Suelo
Erosión por cavitación	96%	0	11.11%
Carbonatación del cemento	94%	0	89.42%
Desalineamiento	0	0	4.37%
Deterioros por Sulfatos	0	9%	0

Fuente: Autor (2021)

A través de la tabla 9, se puede apreciar como la carbonatación y la erosión por cavitación son las patologías que generan mayor afectación dentro de este tanque.

La última y quinta visita fue emprendida el día 26 de noviembre, en el barrio Santa Cruz. Este tanque fue construido en el año 1999 suministrado el servicio de agua potable durante 22 años al Barrio.

### Figura 32

*Ubicación Tanque del barrio Santa Cruz*



Fuente: Google maps

El tanque fue construido como sustitución al tanque de almacenamiento de la comunidad y que el suministro del líquido se hacía proveniente del caudal captado por el agua de la virgen.

En la visita nos encontramos con un tanque que prácticamente está debajo del nivel del terreno solo faltando 1.07m para estar cubierto en su totalidad, por lo que es considerado un tanque enterrado. La estructura esta cimentada sobre rocas ígneas del complejo intrusivo – exclusivo en su mayoría de acuerdo al plano geológico y morfodinámico de Ocaña, Norte de Santander (ver Anexo).

La estructura no cuenta con los planos auténticos con los que se ejecutó la obra, por lo que el pasante de la UFPSO realizó unos planos arquitectónicos, de acuerdo a la inspección realizada (ver Anexo).

Se encontró un tanque constituido en muros de concreto reforzado de 0.23m de espesor, con una cubierta de 0.16 de espesor, placa que está diseñada para no permitir la entrada de luz natural o artificial, solo cuando se hace las labores del mantenimiento preventivo. Cuenta con una estructura de almacenamiento cuenta dimensiones de 4.99m de longitud por 5.02m de y una altura de 3.75m. por lo tanto tiene la capacidad de almacenar 74.157 m<sup>3</sup>. Además, en un constado cuenta con un cuarto de válvulas con dimensiones menores de 2.03 de longitud y la misma altura, adicionado dentro del mismo un tanque para el desagüe y rebose de un volumen de 0.24 m<sup>3</sup>.

El tanque es suministrado por un sistema de válvulas y bypass de 4" de diámetro en hierro, con formado por cheque y una válvula de altura, también el sistema de cumplir con el suministro sirve para desagüe.

Conforme con la observación realizadas en las estructuras cumplen con parte del artículo 9 del RASS 200 – TITULO B, se localiza lo más cerca posible de la red de distribución partiendo de los puntos altos de la población y asegura el mantenimiento de presiones adecuadas. no están en terrenos susceptibles de deslizamiento o inundaciones. Está diseñado de tal forma que puede realizarse labores de mantenimiento con mínimas interrupciones.

Cuenta con las medidas mínimas de restricción de acceso solo el tanque de 12 de octubre, debido a que encuentra cercado, como también cuenta con un difícil acceso por lo que solo con los equipos correctos se puede acceder. Al contrario del tanque de Santa Cruz que no cuenta con

un sistema para prevenir la manipulación humana, peligro constante y que de ser violado las tapas de acceso puede ser perjudicial.

La salida del agua del tanque es independiente de la entrada solo en el tanque del 12 de octubre. El sistema de rebose cumple con el fin de evacuar los posibles caudales de exceso, no limita la capacidad de almacenamiento, asegurando que se obtenga el nivel máximo, también cuenta con el desagüe en el fondo a nivel del piso viceversa del tanque Santa Cruz que esta 0.12 del suelo por lo que presenta inconvenientes en la salida del líquido.

De acuerdo con el control de nivel en los tanques, cuenta con sistema indicador de nivel digital que no daña la calidad de agua.

La entrada de agua al tanque, está colocado de tal forma que permite la circulación, pero no cuenta con un sistema que amortigüe la caída del agua por la altura que dispone.

En el acceso al interior del tanque cuenta con una tapa contada con las dimensiones mínimos para el ingreso de equipos de mantenimiento, pero no son herméticas.

Solo cuenta con escaleras internas y de un material que afectaría a la calidad del agua, porque son aceros refuerzo y no son lo recomendable como acero inoxidable o de aluminio, ubicados de tal manera que cumplan la función de escalones.

La limpieza del tanque se desinfecta de acuerdo a los procedimientos indicados en la norma técnica NTC. 4576, donde estas actividades se realizan al menos una vez al año, por lo que se ha venido realizado el mantenimiento preventivo semestralmente.

### Figura 33

*Vista interna del tanque*



Fuente: Autor (2021)

### Figura 34

*Vista externa del tanque*



Fuente: Autor (2021)

Esta inspección fue supervisada en compañía del jefe de plantas, el cual, asignado para cada una de las visitas del mes de noviembre, y como función principal fue el seguimiento del lavado y limpieza del tanque para su posterior funcionamiento y poder brindar un buen servicio a la comunidad dependiente del suministro del agua.

**Tabla 10**

*Porcentajes de afectación*

Patología	Porcentaje de afectación por superficie				
	Muros	Cubierta	Muros del cuarto de válvulas	Suelo	Exterior
Erosión por cavitación	0	0	0	0	0
Carbonatación del cemento	43%	0	0	100%	0
Desalineamiento	0	0	0	0	0
Corrosión del acero	0	0	0	0	0
Líneas entre capas	0	0	1,80%	0	0
Rebaba	0	0	0,62%	0	0
microorganismos y organismos	0	0	0	0	66.7%
Deterioro por sulfatos	0	5.86%	0	0	0

Fuente: Autor (2021)

### ***3.3.3. Consolidar un diagnóstico final, el cual relacione toda la información recopilada durante las visitas técnicas y el trabajo de oficina***

A través del ejercicio de las visitas a los diferentes tanques de almacenamiento, se observa la recurrencia de las siguientes patologías en tanques de almacenamiento de la empresa:

**Tabla 11***Patologías comunes en los tanques*

N°	Patologías comunes
1	Líneas entre capas (Junta fría)
2	Deterioro por sulfatos
3	Erosión por cavitación
4	Corrosión del acero
5	Carbonatación del cemento
6	Desalineamiento

Fuente: Autor (2021)

Con base a lo anterior, es necesario que la empresa genere estrategias de intervención para este tipo de patologías, ya que son las que presentan mayores superficies comprometidas en los tanques de almacenamiento, por lo que es pertinente y necesario la intervención oportuna en el corto plazo; evitando posibles costes adicionales a futuro.



### **3.4. Elaboración de la guía para el diagnóstico de las patologías en los tanques de concreto reforzado de agua potable para la empresa ESPO S.A. "ESP"**

#### ***3.4.1. Descripción del proyecto***

La presente guía establece los lineamientos básicos para el diagnóstico de estructuras en concreto, enfocado en la descripción y pronóstico del comportamiento de las situaciones activas y latentes que pueden darse en este tipo de edificaciones. Así pues, esta guía se constituye de un conjunto de pasos lógicos y secuenciales necesarios para abordar exitosamente el estudio de las patologías, basada en la recopilación de la guía para la evaluación de concreto estructural ante de la rehabilitación ACI 364.1R-07, realizada por Hoyos, Ocaña y Romo (2018).

Es necesario realizar una descripción general del proyecto y todas sus características, así como su localización, condiciones climáticas y geológicas específicas de la zona de incidencia.

#### ***3.4.2. Investigación preliminar***

Mediante este paso, se logra la estructuración de una visión clara y completa del contexto de la estructura, permitiendo estructurar un diagnóstico ajustado y objetivo que permita establecer las formas de intervención ante situaciones encontradas; hallazgos. A continuación, se presentan los elementos fundamentales de este tipo de investigación:

**3.4.2.1. Documentación del proyecto.** Consiste en la recopilación y revisión de la información secundaria disponible de la estructura a estudiar, la cual permitirá establecer las formas, métodos y materiales usados, además de otras consideraciones, permitiendo establecer posibles fallas en este punto. En este sentido, los documentos de mayor importancia a tener en cuenta con:

**Información del diseño estructural.** Concretamente estudios de suelo, memorias de cálculo estructural, planos estructurales, planos de modificaciones, códigos y normas vigentes durante el diseño y construcción, además de las especificaciones técnicas.

**Información de materiales.** Fundamentalmente especificaciones y referencias de materiales empleados, registro de calidad de los componentes del concreto, diseño y dosificación de mezclas, registro de control de calidad del concreto, tipo y duración de las condiciones de curado, registro de calidad del acero de refuerzo y cables o torones.

**Información de la construcción.** Bitácora de la obra, correspondencia durante la construcción, registro fotográfico de la construcción, informes técnicos y actas de avance de obra, planos y documentos de cambios sobre la marcha de la obra.

Una vez obtenida la información secundaria, se debe clasificar y analizar con base al marco normativo y técnico del sector, a fin de encontrar falencias en procedimientos, materiales u otro aspecto de relevancia.

**3.4.2.2. Examen de la estructura.** Para llevar a cabo en forma exitosa este examen, es recomendable ceñirse a los formatos establecidos por la ACI 201.1R “Guía para realizar una inspección visual de concreto en servicio”.

Con este tipo de inspección visual, se busca la identificación de efectos de cargas físicas, deformaciones, defectos, imperfecciones y angustia, además de la estimación de durabilidad y rendimiento. Para esto, se llevan a cabo las siguientes actividades:

**Valoración de la condición actual.** Esta acción se lleva a cabo mediante la utilización de listas de chequeo basadas en las normas NSR-10 y ACI 201.1R-08. A continuación, unos ejemplos de estos formatos:

**Tabla 12***Listas de chequeo*


<b>Formato</b>	<b>Acceso</b>
Lista de chequeo de los procedimientos de diseño de acuerdo a la norma NR-10	<a href="https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15365/2019camilohoyos2.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y">https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15365/2019camilohoyos2.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y</a>
Lista de chequeo de los procedimientos constructivos y de supervisión de acuerdo a la norma NSR-10	<a href="https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15365/2019camilohoyos3.pdf?sequence=4&amp;isAllowed=y">https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15365/2019camilohoyos3.pdf?sequence=4&amp;isAllowed=y</a>
ACI 201.1R-08 guía para realizar una inspección visual de concreto en servicio	<a href="https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15365/2019camilohoyos4.pdf?sequence=5&amp;isAllowed=y">https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15365/2019camilohoyos4.pdf?sequence=5&amp;isAllowed=y</a>
formato de inspección visual ACI 201.1R-08 guía para realizar una inspección visual de concreto en servicio – profundización: Formato de inspección visual de acciones físicas, mecánicas, químicas y biológicas	<a href="https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15365/2019camilohoyos5.pdf?sequence=6&amp;isAllowed=y">https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15365/2019camilohoyos5.pdf?sequence=6&amp;isAllowed=y</a>

Fuente: Elaboración propia, con base a Hoyos, Ocaña y Romo (2018)

Seguidamente se expone la lista de chequeo utilizada para la inspección visual a los tanques de almacenamiento de ESPO S.A. E.S.P.:

Figura 35

Lista de chequeo

FORMATO DE INSPECCIÓN VISUAL			
PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DE CONCRETO REFORZADO			
INFORMACIÓN BÁSICA DEL TANQUE			
FECHA	NUMERO DE REPORTE	NUMERO DE TANQUE	
LOCALIZACIÓN			
INFORMACIÓN BÁSICA DEL LUGAR			
PLANTA			
MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	PAIS	
TEMPERATURA	°C		
OBSERVACIONES (Condiciones de Naturaleza)			
DETALLES DEL TANQUE			
NOMBRE DEL TANQUE			
TIPO DE TANQUE	TIPO DE SUELO		
CAPACIDAD	DIMENSIONES		
RECONOCIMIENTO INICIAL DEL TANQUE			
INDICADORES DE PROBLEMAS <small>(AGRIETAMIENTO, PIGMENTACIÓN, FILTRACIONES, DEPOSITO Y EXUDACIONES SUPERFICIALES)</small>			
MANTENIMIENTO	TIPO	FRECUENCIA	
DIMENSIÓN DE LA SECCIÓN TOTAL (m <sup>2</sup> )			
RECONOCIMIENTO DETALLADO DEL TANQUE			
DIMENSIÓN DE LA SECCIÓN (m <sup>2</sup> )		100	
FOTOGRAFIA (Detallado de la condición a evaluar)			
DESCRIPCIÓN DE DAÑOS			
TIPO DE PATOLOGIA EN CONTRADA			
CLASE	PATOLOGIA	DIMENSION (m <sup>2</sup> )	DESCRIPCIÓN
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
Seleccione	Seleccione		
PORCENTAJE DE DAÑO		0.00%	GRAVEDAD MUY BUENO
RESUMEN DE HALLAGOS			
PORCENTAJE DE DAÑO		0.00%	GRAVEDAD MUY BUENO
INSPECTOR ENCARGADO			

Elaboración propia basada en lo propuesto por Murillo (2014).

### **3.4.3. Diagnóstico de los daños**

Para la identificación de las enfermedades estructurales presentes en la edificación, se hace necesario basarse en los pasos secuenciales establecidos por la ACI 364.1R-07 “Guide for evaluation of concrete structure before rehabilitation”. A continuación, el desarrollo secuencial de este diagnóstico:

**3.4.3.1. Diseño y cálculo de la estructura.** El diseño de la estructura debe contener la resistencia y rigidez exigida por la NSR-10, limitando la deformabilidad ante las cargas de servicio; de manera que esto es un punto obligado a revisar dentro del diagnóstico.

En este punto, es necesario comparar los datos con el marco normativo y técnico del caso.

**3.4.3.2. Materiales utilizados en el proyecto.** Constatar la calidad de los materiales y sus dosis en mezclas, revisando los ensayos de control realizados por el contratista, interventor; además, para evaluar las características de los materiales a detalles se hace necesarios la aplicación de pruebas invasivas, como la extracción de núcleos y sustracción de barras de acero de refuerzo. A través de estas acciones se comprueba o descarta la incidencia de los materiales en las patologías encontradas dentro de la estructura.

**3.4.3.3. Protección y curado del concreto.** Este proceso debe darse después del fraguado, asegurando la resistencia, baja permeabilidad, inexistencia de fisuras y durabilidad. En este aspecto, los cuidados con la temperatura y el encofrado con vitales para la prevención de patologías, por lo cual es fundamental su evaluación. Por ende, la lista de chequeo de los procedimientos constructivos y de supervisión de acuerdo a la norma NSR-10, cuenta con las herramientas para evidenciar posibles fallas en estos aspectos constructivos.

**3.4.3.4. Prácticas constructivas.** En este punto es necesario comparar las especificaciones de diseño con lo construido realmente, de manera que la evaluación arroje las falencias en caso de existir estas.

**3.4.3.5. Pruebas no destructivas.** Con el fin de conocer a mayor detalle la naturaleza de cada patología, se procede con pruebas de tipo no destructivo, aplicadas en cada caso encontrado a través de la ejecución de los pasos anteriores. En este sentido, la ACI 228.2R-98 establece las siguientes pruebas como las principales a tener en cuenta:

- Esclerometría
- Carbonatación
- Control de fisuras con sellos de yeso o vidrios
- Ultrasonografía
- Gammagrafía
- Prueba de carga
- Mediciones de deformaciones y asentamientos
- Pistola de Windsor

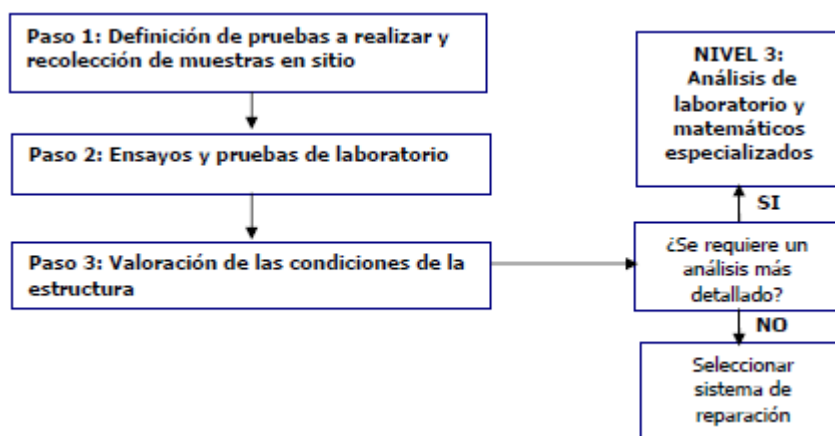
- Termografía infrarroja
- Velocidad de pulso (Culma y Forero, 2021).

**Nota.** Cuando la información aportada por estos ensayos no es concluyente y significativa para estructurar un diagnóstico efectivo, es necesario la aplicación de pruebas de tipo destructivo.

**3.4.3.6. Pruebas destructivas.** Si una vez realizadas las pruebas no destructivas no se lograron diagnosticar correctamente las patologías, se hace necesario la aplicación de pruebas de tipo destructivo para conocer a detalle cada situación encontrada en la estructura. A continuación, con base a Avendaño (2006) se expone los pasos seguidos dentro de este tipo de procedimientos:

**Figura 36**

*Nivel 2: Análisis destructivo*



Fuente: Avendaño (2006).



**Paso 1. Definición de pruebas a realizar y recolección de muestras en sitio.** En primera instancia, se debe establecer los puntos de muestreo, de tal manera que estos sean representativos y abarquen significativamente el escenario expuesto; siendo vital la toma de muestras en sitios que presenten meteorización, eflorescencia, mancha, cambio de color, delaminación, deformación y agrietamiento excesivo. Así mismo, se debe tomar muestras de sustancias presentes en situaciones de afectaciones por acción química, con el fin de determinar las propiedades físicas y químicas de dicha sustancia presente, dentro de las que se encuentra la concentración, pH, acidez, periodo de contacto, temperatura y toxicidad.

De igual manera, es necesaria la extracción de núcleos de concreto para la determinación del patrón de fisuras, el estado físico, entre otras. También, muestras representativas de polvo para caracterización química; así como la extracción de probetas de acero para determinar características mecánicas, físicas y químicas.

**Nota.** Las pruebas de laboratorio son determinadas de acuerdo a los resultados de los ensayos no destructivos y a las recomendaciones de evaluación de la guía técnica aplicable.

**Paso 2. Ensayos y pruebas de laboratorio.** Los ensayos a realizar en laboratorio son del siguiente tipo:

- *Físicos.* Dimensiones, peso, densidad, absorción capilar, porosidad abierta y permeabilidad.

- *Mecánicos*. Resistencia a la compresión, flexión y tracción.
- *Químicos*. Contenido aproximado de cemento, determinación del frente de carbonatación, contenido de sales de sodio y potasio, contenido aproximado de sulfatos y difracción de rayos X.
- *Biológicos*. Contenido de materia orgánica y presencia de microorganismos.
- *Microscópicos*. Análisis petrográfico del concreto, análisis electrónico de contaminantes y microorganismos.

Seguidamente se exponen los métodos de evaluación del concreto contenido en la guía ACI 364.IR-94:

### Figura 37

*Procedimientos de evaluación de las propiedades del concreto*

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN											
	Contenido Aire ASTM C457	Contenido Cemento ASTM C1094	Prueba química	Núcleos ASTM C42	Potencial eléctrico	Resistividad Eléctrica	Flexión ASTM C42	Hielo-Deshielo ASTM C666	Humedad nuclear	Prueba permeabilidad	Análisis Petrográfico ASTM C856	Adherencia ASTM C900
Acidez			•								•	
Contenido de aire	•										•	
Álcali-Carbonato											•	
Álcali-Sílice											•	
Contenido cemento		•	•								•	
Composición química			•								•	
Contenido de Cloruro			•	•							•	
Esfuerzo compresión				•								•
Contaminantes agregado			•								•	
Contaminantes del agua			•								•	
Corrosión del ambiente			•		•							
Agrietamiento				•								
Densidad				•								

Fuente: Adaptado de la ACI 364.IR-94 (1999) por Avendaño (2006).

**Paso 3. Valoración de las condiciones de la estructura.** Con base a los análisis de los ensayos no destructivos y los resultados de las pruebas de laboratorio se procede a la evaluación de las condiciones actuales de la estructura, entre las cuales se encuentran:

- Dimensiones y geometría de los elementos estructurales
- Comportamiento de la estructura
- Materiales

**Nota.** Cuando llegados a este punto y aún no se ha logrado relacionar los mecanismos de deterioro con una patología determinada, es prudente y oportuno optar por llevar a cabo análisis de laboratorio especializados, aplicando modelos matemáticos y probabilísticos, siempre y cuando se cuente con un presupuesto para tales fines. A continuación, se presentan algunos ejemplos de este tipo de métodos:

### Figura 38

*Algunos ejemplos de modelos especializados para el estudio de estructuras existentes*

MODELO	AUTORES
365.1R-00: Predicción de vida de servicio (Service Life Prediction): emplea metodologías de evaluación de las condiciones y propiedades físicas del concreto existente	Comité ACI 365
* Analítico – numérico para encontrar el deterioro por envejecimiento de una estructura usando criterios viscoelásticos de falla y degradación	Oliveira y Creus. Federal University of Rio Grande do Sul - Brasil
* Modelo computacional que calcula un "módulo de elasticidad envejecido" según la fluencia, fisuración y relajación de las armaduras	Gandarillas y Cox. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho - Bolivia

Fuente: Fib (2005) citado por Avendaño (2006).

**3.4.3.7. Consolidación del diagnóstico.** Una vez evaluadas las situaciones encontradas a través de las diferentes metodologías, relacionándolas a una patología concreta, se procede a estructurar un diagnóstico claro del estado estructural del tanque, dejando claro cuáles son patologías a intervenir.

#### ***3.4.4. Medidas de intervención***

Para establecer medidas de intervención acertadas, es pertinente basarse en la ACI 201.2R “Guía para la durabilidad del hormigón”, como un referente de lineamientos para este ámbito. A continuación, se describe algunas consideraciones generales a tener en cuenta en las reparaciones de daños en estructuras:

##### **3.4.4.1. Especificaciones generales para el diseño de mezclas de concreto.**

Independiente de las condiciones del medio y demás requisitos, las mezclas deben cumplir lo siguiente:

- Dosificar el concreto por peso y realizar correcciones por humedad de los agregados
- Controlar la relación A/C ( $A/C \leq 0,50$ )
- Controlar las cuantías mínimas de cemento
- Utilizar agregados con granulometrías continuas y con baja relación de vacíos
- Verificar la calidad y las características de los agregados, del agua de mezclado y del cemento

- Utilizar el menor revenimiento posible, que permita un adecuado manejo y colocación del concreto
- Diseñar el concreto utilizando el mayor tamaño nominal de agregado grueso que sea compatible con las dimensiones de la estructura y la configuración del acero de refuerzo
- Controlar la T° del concreto fresco, al inicio de la colocación debe ser menor a 35°C

#### **3.4.4.2. Especificaciones para deterioros provocados por agentes químicos.**

##### *Ataque de ácidos*

- Uso de cemento con menor contenido de C<sub>3</sub>S; para menor liberación de cal
- Mezclas con baja relación A/C y alta compactación

##### *Corrosión del acero de refuerzo*

- Utilizar concretos con baja relación A/C
- Compactar y vibrar el concreto sin provocar segregación
- Limitar el ancho de fisuras y juntas
- Controlar la cantidad del ión cloruro, con un máximo de 0,15% del peso de cemento
- Emplear aditivos a base de nitritos
- Garantizar recubrimientos adecuados del acero de refuerzo

### *Ataque de sulfatos*

- Utilizar concreto resistente a sulfatos (Bajo contenido de  $C_3A$  y relación  $C_3A/SO_3$  por debajo de 3)
- Limitar el contenido de hidróxido de calcio, adicionado compuestos como ceniza volante, escorias de alto horno, etc...

### *Carbonatación*

- El concreto del recubrimiento debe tener baja permeabilidad mediante una baja relación A/C, adecuada compactación y curado eficiente.

### **3.4.4.3. Especificaciones para deterioros provocados por agentes mecánicos.**

#### *Sobrecargas*

- Las fisuras provocadas por esfuerzos de tracción deben ser controladas mediante la cantidad y adecuada colocación del acero de refuerzo, siguiendo las pautas de la guía técnica aplicable al caso
- Para el control de las fisuras que posibilitan la penetración de sustancias agresivas dentro del concreto, se especifican los siguientes anchos tolerables:

**Figura 39**

*Ancho tolerable de grietas en superficies de concreto*

CONDICIÓN DE EXPOSICIÓN	ANCHO TOLERABLE (mm)
Aire seco o con protección	0,40
Ambiente húmedo o saturado	0,30
Presencia de agentes químicos	0,20
Humedecimiento y secado de agua de mar	0,15

Fuente: Sánchez de Guzmán (2002) citado por Avendaño (2006).

*Impactos y vibración*

- Las fracturas provocadas por este tipo de acción mecánica pueden ser controlada a través del uso de macro y micro refuerzos de fibras de nylon, polipropileno o metálicas

*Abrasión*

- Para pisos que sufren desgastes, se requiere que el revenimiento de la mezcla sea menor a 120mm, utilizando además concreto con módulo de rotura cercanos a los 4MPa
- Utilizar coronamientos compuestos por materiales metálicos o agregados minerales como es el caso del cuarzo

- Para situaciones de erosiones excesivas por la abrasión, es recomienda los macro refuerzos de fibra, agregados duros y densos, y aplicar curado intensivo por 28 días

#### 3.4.4.4. Especificaciones para deterioros provocados por agentes mecánicos.

##### *Fisuras por cambios de humedad*

- El concreto debe tener baja permeabilidad y porosidad, por lo que la relación de A/C y resistencias recomendadas por la norma son las siguientes:

#### Figura 40

*Relación A/C y  $f'_c$  para concretos expuestos a cambios de humedad*

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	A/C MÁXIMA	$f'_c$ MÍNIMA (MPa)
Concreto sin acero de refuerzo expuesto al agua	0,50	24
Concreto reforzado expuesto al agua de mar	0,40	35

Fuente: Sánchez de Guzmán (2002) citado por Avendaño (2006).

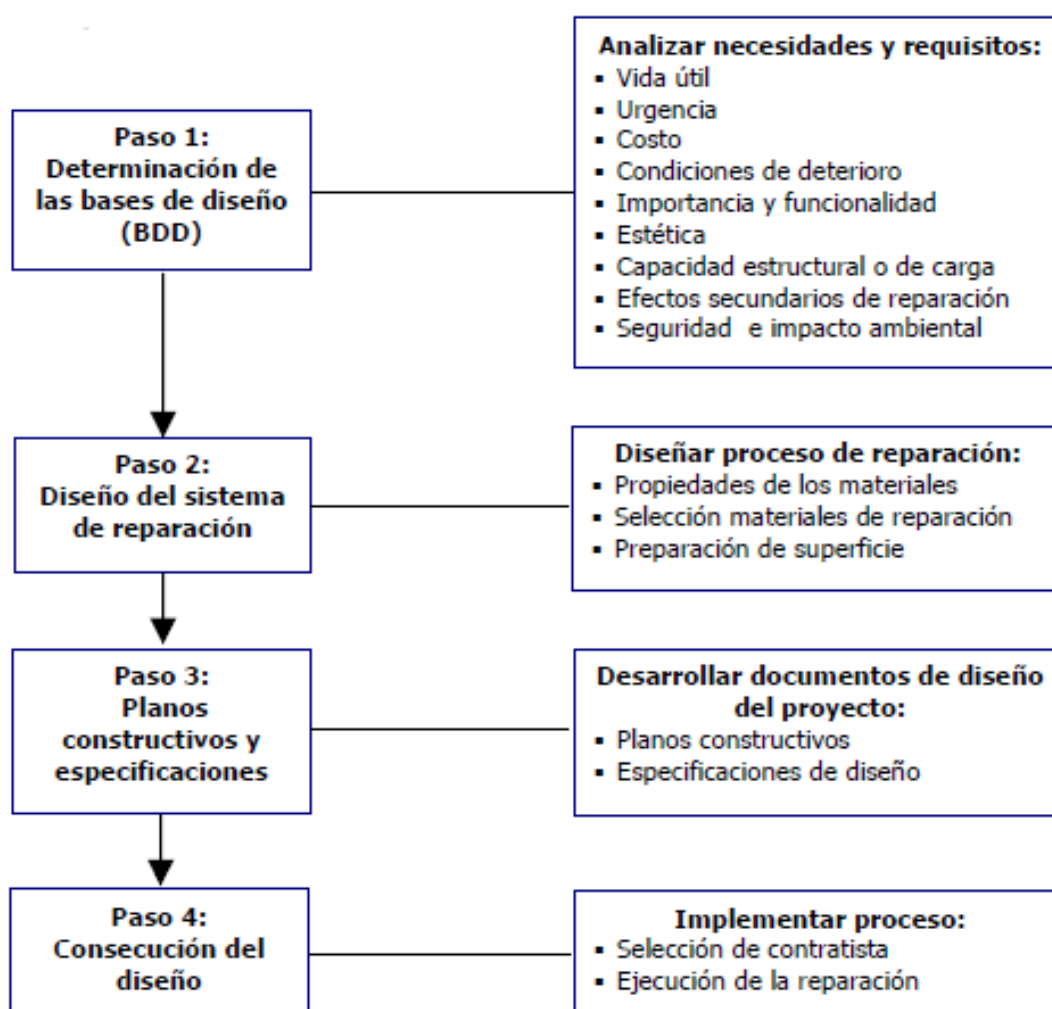
**Nota.** Las especificaciones dependen del tipo de patología encontrada, en este documento se plasmó las más comunes dentro de estos contextos.



**3.4.4.5. Sistemas de reparación.** Para la corrección de los daños, se deben tener en cuentas las especificaciones de los puntos anteriores, aplicadas a través de una metodología clara y pertinente según cada caso. A continuación, se presenta una propuesta de metodología de tres niveles para las reparaciones de daños propuesta por Avendaño (2006):

**Figura 41**

*Esquema general de metodología de reparación*



Fuente: Avendaño (2006).

## Capítulo 4. Diagnóstico final

Dentro del desarrollo de esta pasantía, se lograron aportar tres insumos valiosos para la empresa, como son la información primaria obtenida de las patologías en los tanques, la lista de chequeo ajustada y la guía para el diagnóstico de patologías en tanques de almacenamiento de agua de la empresa ESPO S.A. E.S.P.

Referente a la lista de chequeo, es un insumo de importancia para el proceso de la empresa, ya que permite diagnosticar a nivel básico las condiciones estructurales de los tanques, lo cual es fundamental para el buen desarrollo de la operación de estos.

Entre tanto, la información recopilada sobre las patologías presentes en los tanques representa una mirada general de la condición estructural de estos, lo cual permite a la empresa la posibilidad de tomar acciones oportunas para atender este tipo de situaciones a fin de evitar problemas en un futuro.

Por su parte, la guía para la identificación de patologías recoge los fines de los insumos anteriores, además que permite darle continuidad a estos procesos de diagnóstico dentro de la empresa a través de un marco general de actuación que puede ser aplicado por futuros pasantes o por un ingeniero de apoyo específico para estos fines. Por tanto, la guía elaborada fruto de esta pasantía es el aporte más significativo que como pasante se deja en la empresa.

Finalmente, con este aporte realizado a la empresa, se logra cubrir una debilidad de la organización, la cual dentro de la matriz DOFA se relacionaba con la falta de mecanismos de evaluación de la estructura, por lo que esta guía permite aportar a estos procesos y así mitigar esta debilidad de ESPO S.A. E.S.P.

## 5. Conclusiones

En cumplimiento del primer objetivo, se logró consolidar un estado del arte a nivel general sobre las patologías en tanques de almacenamiento de agua para consumo humano. Sin embargo, mediante este proceso se encontró información significativa del nivel internacional y nacional, caso diferente a nivel departamental que carece de información relevante para la recopilación documental; por tanto, los estudios a nivel local no son relevantes y profundos, dejando ver escasa investigación en esta temática.

Referente al segundo objetivo, las visitas permitieron observar que la mayoría de patologías encontradas son de tipo superficial, resaltan el tanque de Cristo Rey, el cual presenta un mayor deterioro en comparación con los demás tanques visitados, presentando principalmente patologías como la cavitación y carbonatación; desprendiendo el cemento de la estructura.

Abarcando el tercer objetivo, se logró ajustar la lista de chequeo, principalmente con el cálculo de porcentaje de área afectada, aspecto que presentaba ciertos pasos innecesarios a la hora de determinar estos datos; por lo que con el ajuste llevado a cabo para la segunda visita se mejoró este aspecto.

Finalmente, a través del ejercicio en campo y oficina se logró establecer una guía básica para la identificación de patologías en tanques de almacenamiento, la cual ofrece una orientación a nivel general sobre los procedimientos necesarios para el desarrollo de diagnóstico de

patologías en infraestructura tipo tanques de almacenamiento. No obstante, es una guía básica, por lo cual procesos adicionales deben complementarse durante cada proceso específico.

## **6. Recomendaciones**

La principal recomendación, dentro del contexto de ESPO S.A. E.S.P., es la realización de estudios con mayor detalle, que impliquen ensayos no destructivos y, destructivos en caso de así requerirlo, ya que este estudio se basó en visitas oculares, las cuales son una forma muy superficial de abordar este tipo de escenario, pues deja sin analizar aspectos que a simple vista no se identifican con claridad. Por tanto, es necesario el análisis con mayor profundidad, coordinado por un especialista en la materia.

## 7. Referencias

- Álvarez, E.E. (2014). *Actualización del catastro de la red de acueducto del municipio de Ocaña (norte de Santander)* (Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña). Repositorio institucional.  
<http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/2050/25107.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Avendaño, E. (2006). *Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial* (Trabajo de grado, Universidad de Costa Rica). Repositorio.  
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/936/1/27252.pdf>
- Baque, W.J. (2019). *Estudio patológico del tanque reservorio de 800 m<sup>3</sup> ubicado en el barrio Cristo del Consuelo en el cantón Jipijapa* (Trabajo de grado, Universidad Estatal del sur de Manabí). Repositorio institucional.  
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1746>
- Barrera, J.P. (2017). *Diagnóstico, patología e intervención de tanques de almacenamiento de agua potable acueducto interveredal del municipio de Támara departamento de Casanare* (Trabajo de postgrado, Universidad Santo Tomás). Repositorio institucional.  
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10166>

Cortez, J.G. (2018). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado del tanque elevado de agua potable de 1500 m<sup>3</sup> del parque infantil Miguel Cortès, en el distrito de Piura, provincia y región Piura, marzo – 2018* (Trabajo de grado, Universidad Católica los Ángeles Chimbote). Repositorio.

[http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/8158/PATOLOGIA\\_PATOLOGIAS\\_DEL\\_CONCRETO\\_CORTEZ\\_VALLE\\_JHARA\\_%20GREYS.pdf?sequence=1](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/8158/PATOLOGIA_PATOLOGIAS_DEL_CONCRETO_CORTEZ_VALLE_JHARA_%20GREYS.pdf?sequence=1)

Empresa de Servicios Públicos de Ocaña [ESPO]. (s.f.). *Misión y visión*. ESPO S.A. Consultado el 03 de agosto de 2021. <http://www.espo.com.co/mision-y-vision/>

Empresa de Servicios Públicos de Ocaña [ESPO]. *Estructura administrativa* [Imagen de archivo]. ESPO S.A. Consultado el 10 de agosto de 2021.

<http://www.espo.com.co/quienes-somos/>

Empresa de Servicios Públicos de Ocaña [ESPO]. (s.f.). *Quiénes somos*. ESPO S.A. Consultado el 03 de agosto de 2021. <http://www.espo.com.co/mision-y-vision/>

Forero, C. y Culma, R.C. (2021). *Guía metodológica para el reconocimiento in situ de patologías del concreto* (Trabajo de grado, Universidad Militad Nueva Granada). Repositorio.



<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38026/ForeroOsorioCamilo2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hoyos, C.J.; Ocaña, D.J. y Romo, C.G. (2018). *Estudio patológico del tanque de almacenamiento de agua potable del municipio de Funes departamento de Nariño* (Trabajo de postgrado, Universidad Santo Tomás). Repositorio institucional.  
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/15365?show=full>

Latinos seguros. (2021, 18 de junio). *¿Qué es un daño estructural en la vivienda?* Latinos seguros. <https://latinosseguros.com.mx/sitio2021/que-es-un-dano-estructural-en-la-vivienda/>

López, R.A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (1ª ed.). Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.  
[https://www.academia.edu/38610655/Elementos\\_de\\_Dise%C3%B1o\\_para\\_Acueductos\\_y\\_Alcantarillados\\_Ing\\_Ricardo\\_Alfredo\\_L%C3%B3pez\\_Cualla\\_?auto=download&email\\_work\\_card=download-paper](https://www.academia.edu/38610655/Elementos_de_Dise%C3%B1o_para_Acueductos_y_Alcantarillados_Ing_Ricardo_Alfredo_L%C3%B3pez_Cualla_?auto=download&email_work_card=download-paper)

Marín, I.D. (2017). *Causas y soluciones de patología presente en cabaña Villa Luján, ubicada en la vereda de Yayatá (Silvania)* (Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia). Repositorio institucional.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15497/1/CAUSAS%20Y%20SOLUCIONES%20DE%20PATOLOGIA%20EN%20CABA%C3%91A%20VILLA%20LUJAN.pdf>

Movil gmao. (s.f.). *¿Qué diferencia hay entre mantenimiento preventivo y predictivo?* Movil gmao. Consultado el 17 de diciembre de 2021. <https://movilgmao.es/diferencia-mantenimiento-preventivo-predictivo/>

Murillo, C.P. (2014). *Patología de concreto en estructuras de saneamiento ambiental caso Cundinamarca* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Repositorio institucional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69239>

Nucleom. (2018). *Inspección visual (VT)*. Nucleom. <https://nucleom.ca/es/soluciones-end/visual/>

Ortega, J.A. (2019). *Estudio Patológico y análisis comparativo de la calidad del concreto año 2014 – 2018 al Tanque de Almacenamiento Ubicado en el Cerro Sierra Chiquita* (Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás). Repositorio institucional. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/16054?show=full>

Ortiz, A.C. (2016). *Evaluación de las patologías en plantas potabilizadoras de la ciudad de Santa Clara* (Trabajo de grado, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas).

Parra, C.A. (2016). *Estudio Patológico Tanque de Almacenamiento de Agua Potable*. Espina & Delfin Colombia. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10069?show=full>

Pérez, A.L. (2019a). *Apoyo técnico al área físico operativa de la empresa ESPO S.A “ESP”, en la realización del catastro y mantenimiento de hidrantes existentes en la ciudad de Ocaña, norte de Santander* (Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña). Repositorio institucional.  
<http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/2111/32701.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, A.L. (2019b). *Apoyo técnico al área físico operativa de la empresa ESPO S.A “ESP”, en la realización del catastro y mantenimiento de hidrantes existentes en la ciudad de Ocaña, norte de Santander* (Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña). Repositorio institucional.  
<http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/2111/32701.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PSI. (2017). *¿sabes que es patología estructural?* PSI. <http://www.psi-sas.com/sabes-que-es-patologia-estructural/>

Prim, N. (2018, 14 de abril). *Cómo detectar daños estructurales en una edificación*. Láminas y aceros. <https://blog.laminasyaceros.com/blog/c%C3%B3mo-detectar-da%C3%B1os-estructurales-en-una-edificaci%C3%B3n>

Roberti-Pérez, L. (s.f.). *Tanque de almacenamiento*. SSWM. Consultado el 17 de diciembre de 2021. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento>

Ramírez, R.C. (2015). *Realización del catastro de las redes principales del sistema de alcantarillado de las zonas de estudio 6, 7, 8, 9 y 10 del casco urbano de la ciudad de Ocaña (norte de Santander)* (Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña). Repositorio institucional. <http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/handle/123456789/1104>

SAGARPA. (s.f.). *Tanques de almacenamiento en concreto y mampostería*. SAGARPA. Consultado el 17 de diciembre de 2021. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SAGARPA%20s.f.%20Tanques%20de%20almacenamiento%20en%20concreto%20y%20mamposter%C3%ADa.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SAGARPA%20s.f.%20Tanques%20de%20almacenamiento%20en%20concreto%20y%20mamposter%C3%ADa.pdf)

Toirac, J. (2004). Patología de la construcción. Grietas y fisuras en obras de hormigón. Origen y prevención. *Ciencias y sociedad*, 29(1), 72-114.

<https://www.redalyc.org/pdf/870/87029104.pdf>

Torres, N. (2016). *Ejecutar los procesos contables y tributarios para la elaboración y presentación de informes de la empresa de servicios públicos de Ocaña ESPO S.A E. S.P* (Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña). Repositorio institucional. <http://repositorio.ufpso.edu.co/bitstream/123456789/1450/1/28635.pdf>

Valuekeep. (s.f.). *Mantenimiento preventivo y correctivo: ¿qué son?* Valuekeep. Consultado el 17 de diciembre de 2021. <https://valuekeep.com/es/recursos/e-books-articulos/mantenimiento-preventivo-y-correctivo/>

Vertiz, B.J. (2018). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado del reservorio elevado Tacalá  $v=1000\text{ m}^3$  - distrito de Castilla - provincia de Piura - departamento de Piura - marzo 2018* (Trabajo de grado, Universidad Católica los Ángeles Chimbote). Repositorio institucional. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/4502?show=full>

## **8. Apéndices**

### **8.1. Apéndice A. Informes**

Enlace de acceso:

[https://drive.google.com/drive/folders/1dC0l8Fw0ThR6w2kntX856Bekg2ngGr\\_D?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1dC0l8Fw0ThR6w2kntX856Bekg2ngGr_D?usp=sharing)

### **8.2. Apéndice B. Evidencias de visitas (Fotografías y planos)**

Enlace de acceso:

[https://drive.google.com/drive/folders/1g955eVOWk7LClt29m8gyjQ5mXYETKAUZ?usp=shari  
ng](https://drive.google.com/drive/folders/1g955eVOWk7LClt29m8gyjQ5mXYETKAUZ?usp=sharing)