



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**GENERACIÓN DE BASE DE DATOS SOBRE
PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE ACERO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

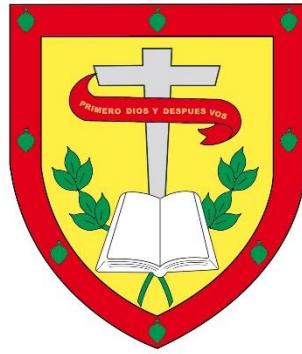
AUTOR: JOSUÉ DAVID JIMÉNEZ ROMERO

DIRECTOR: ING. EDUARDO DONEY PALMA ZAMBRANO

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

GENERACIÓN DE BASE DE DATOS SOBRE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE
ACERO

TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: JOSUÉ DAVID JIMÉNEZ ROMERO

DIRECTOR: ING. EDUARDO DONEY PALMA ZAMBRANO

CUENCA - ECUADOR

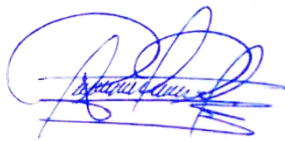
2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARACIÓN

Yo **Josué David Jiménez Romero** portador de la cédula de ciudadanía N° **1105148223**.

Declaro ser el autor de la obra: “**Generación de base de datos sobre patologías en estructuras de acero**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

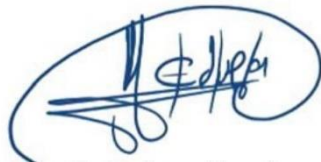


Josué David Jiménez Romero

C.I. 1105148223

CERTIFICADO

Certifico que el presente trabajo de investigación con el tema “**Generación de base de datos sobre patologías en estructuras de acero**” fue desarrollado por **Josue David Jimenez Romero**, bajo mi supervisión.



Ing. Civ. Eduardo Palma Zambrano, M.Sc.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo única y exclusivamente a mis padres Jhon y Rosa, que dejando de lado su propio interés, su tiempo y su economía, decidieron brindarme todo el amor y apoyo para que yo pueda salir adelante. Gracias por siempre confiar en mí, gracias por siempre estar para mí.

Si Dios me da la vida para compensarles todo lo que me han dado, empezaré dedicándoles este trabajo.

Para mi tío Carlos, que en paz descanse. Siempre te recordare.

-Josué Jiménez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida.

A la Universidad Católica de Cuenca y a sus docentes de la carrera de Ingeniería Civil que fueron parte de mi formación académica, en especial al Ing. Eduardo Palma, director de la investigación, quien con su profesionalismo me puso orientar de la mejor manera para el desarrollo de la misma.

A mi familia que siempre supo estar para mí, apoyándome en cada momento de mi vida y fueron un pilar fundamental para mi formación académica. Agradezco el cariño que me supieron demostrar.

A mis amigos, que durante mi formación profesional pude conocer, brindándome su amistad y cariño, haciendo de este tiempo, una etapa que recordare el resto de mi vida.

-Josué Jiménez

RESUMEN

La creación de la base de datos sobre patologías existentes en estructuras de acero realizada en esta investigación, parte de la recolección de información bibliográfica de fuentes y portales científicos y se complementa en un levantamiento de información en campo a través de imágenes y videos que expliquen de manera visual cada patología. Para exponer el uso de la base de datos generada, se tomó como ejemplos de aplicación a tres casos de estudio en los que, con los resultados obtenidos en la búsqueda dentro de la base de datos, se identificaron las patologías presentes en esas estructuras y se plantearon posibles tratamientos.

La estructuración de la base de datos contiene; descripción, características, imágenes, tratamientos, técnicas y equipos de reconocimiento y fuentes bibliográficas en las que citan documentos que hablan sobre la patología expuesta. Todo se organizó dentro del software NOTION. Además, la investigación realizada forma parte un proyecto en el que se pretende formar una amplia base de datos sobre patologías presentes en estructuras de diferente material constructivo como en madera, hormigón, y materiales cerámicos. De igual forma con los equipos y técnicas de reconocimiento para patologías estructurales.

Dentro del desarrollo de la investigación se puede encontrar un extenso marco teórico en el que se aborda todo el contexto del acero como material de construcción. Además, se detalla cada patología que se puede presentar en las estructuras de acero, su clasificación, sus lesiones y los tratamientos que se pueden aplicar.

Palabras clave: Patología, acero, estructuras, base de datos

ABSTRACT

The creation of the database on existing pathologies in steel structures conducted in this research begins with the collection of bibliographic information from scientific sources and websites and is complemented with a field survey of information through images and videos that explain each pathology visually. To demonstrate the use of the generated database, three case studies were taken as examples of applications in which, with the results obtained in the database search, the pathologies present in these structures were identified and possible treatments were proposed.

The structuring of the database contains description, characteristics, images, treatments, recognition techniques, and equipment and bibliographic sources citing documents that talk about the exposed pathology. Everything was organized within the NOTION software. Moreover, the research is part of a project that aims to form a comprehensive database on pathologies present in structures of different building materials such as wood, concrete, and ceramic materials; In the same way with the equipment and recognition techniques for structural pathologies.

Within the development of the research, an extensive theoretical framework can be found in which the whole context of steel as a construction material is addressed. Additionally, each pathology that can occur in steel structures, its classification, its lesions, and the treatments that can be applied are detailed.

Keywords: pathologies, steel, structures, database

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	II
CERTIFICADO	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	4
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 GENERALIDADES DEL ACERO	5
2.1.1 <i>Concepto</i>	5
2.1.2 <i>Breve reseña histórica</i>	5
2.1.3 <i>Características del acero como material de construcción</i>	7
2.1.4 <i>Ventajas y desventajas del acero dentro de la construcción</i>	9
2.1.5 <i>Desarrollo evolutivo del acero en las estructuras</i>	13
2.2 PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS DE ACERO.....	16
2.2.1 <i>Concepto</i>	16
2.2.1 <i>Tipos de patologías</i>	18
2.2.3 <i>Tipos de lesiones en una patología</i>	38

2.3 AGENTES PATOLÓGICOS EN LAS ESTRUCTURAS DE ACERO	39
2.3.1 <i>Ambientes naturales</i>	40
2.3.2 <i>Ambientes constructivos</i>	42
2.3.3 <i>Factores químicos</i>	45
2.3.4 <i>Factores físicos</i>	46
2.3.5 <i>Factores propios del material</i>	48
2.4 RECONOCIMIENTO DE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE ACERO	48
2.4.1 <i>Técnicas de reconocimiento</i>	48
2.4.2 <i>Equipos de reconocimiento</i>	53
2.4.3 <i>Análisis de información reconocida</i>	57
2.5 TRATAMIENTO E INTERVENCIÓN DE PATOLOGÍAS.....	59
2.5.1 <i>Concepto</i>	59
2.5.2 <i>Tratamientos parciales</i>	60
2.5.3 <i>Tratamientos totales</i>	66
2.5.4 <i>Desahucio de estructuras</i>	70
2.6 BASE DE DATOS.....	71
2.6.1 <i>Concepto</i>	71
2.6.2 <i>Tipos de base de datos</i>	73
2.6.3 <i>Tipo de información para las bases de datos</i>	76
2.6.4 <i>Conformación de una base de datos</i>	78
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	81
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	81
3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	82
3.2.1 <i>Información bibliográfica</i>	82
3.2.2 <i>Información de campo</i>	82

3.3 GENERACIÓN DE BASE DE DATOS	83
3.3.1 Organización, clasificación y documentación de la información recolectada.....	83
3.3.2 Vinculación con otras bases de datos.....	86
CAPÍTULO IV RESULTADOS GENERADOS Y EJEMPLOS DE APLICACIÓN	87
4.1 PRESENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS GENERADA	87
4.2 EJEMPLOS DE APLICACIÓN.....	87
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5.1 CONCLUSIONES	103
5.2 RECOMENDACIONES.....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ÍNDICE DE ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Deformación por Impacto de un Puente Peatonal</i>	20
Figura 2 <i>Deformación por Sobrecarga en Cercha</i>	21
Figura 3 <i>Deformación por Incendio en Estructura Metálica</i>	22
Figura 4 <i>Rotura por Fatiga de Elemento Metálico</i>	23
Figura 5 <i>Rotura Frágil de una Placa de Acero Fundido</i>	24
Figura 6 <i>Desgaste Físico de Elemento Metálico</i>	25
Figura 7 <i>Suciedad en cercha metálica</i>	26
Figura 8 <i>Corrosión por picadura en una placa metálica</i>	27
Figura 9 <i>Oxidación por tensión en un perfil metálico</i>	27
Figura 10 <i>Oxidación por oxidación previa en zaranda metálica</i>	28
Figura 11 <i>Oxidación por par galvánica en unión con perno</i>	29
Figura 12 <i>Aireación diferencial en una puerta metálica</i>	30
Figura 13 <i>Oxidación por inmersión en rejilla metálica</i>	30
Figura 14 <i>Erosión química en puerta metálica por sustancias químicas</i>	31
Figura 15 <i>Mala unión entre perfiles metálicos</i>	33
Figura 16 <i>Error de fabricación en perfil metálico</i>	35
Figura 17 <i>Mala práctica constructiva en estructura metálica</i>	36
Figura 18 <i>Soldadura incorrecta en perfil metálico</i>	37
Figura 19 <i>Yugo Electromagnético</i>	54
Figura 20 <i>Boroscopio de 184 x 135</i>	55
Figura 21 <i>Equipos de radiografías industrial</i>	56
Figura 22 <i>Equipo de ultrasonido</i>	56
Figura 23 <i>Platabanda en perfil de acero</i>	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Lesiones, su proceso patológico y causas. (Fuente: Autor)</i>	38
Tabla 2 <i>Identificación de Patología 1, Caso de estudio 1</i>	88
Tabla 3 <i>Identificación de Patología 2, Caso de estudio 1</i>	90
Tabla 4 <i>Identificación de Patología 3, Caso de estudio 1</i>	91
Tabla 5 <i>Identificación de Patología 1, Caso de estudio 2</i>	93
Tabla 6 <i>Identificación de Patología 2, Caso de estudio 2</i>	94
Tabla 7 <i>Identificación de Patología 3, Caso de estudio 2</i>	96
Tabla 8 <i>Identificación de Patologías 1, Caso de estudio 3</i>	98
Tabla 9 <i>Identificación de Patología 2, Caso de estudio 3</i>	99
Tabla 10 <i>Identificación de Patología 3, Caso de estudio 3</i>	101

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Introducción

En las últimas décadas el acero se ha convertido en uno de los materiales más utilizados en la construcción y en la industria. Destacan sus características como ductilidad, resistencia y flexibilidad que son esenciales para los ingenieros y arquitectos a la hora del diseño de edificaciones.

Todas y cada una de las estructuras sin importar el material con el que han sido construidas están expuestas a presentar patologías que pueden terminar por afectar a la durabilidad y desempeño de la estructura. La exposición a diferentes factores ambientales o constructivos pueden llevar a desencadenar patologías que perjudiquen su integridad. Según Olguin & Logascio (1947) resulta muy importante establecer diferencias entre lo que es una patología y lo que es una lesión. Por lo que, un proceso patológico se da por anulado cuando se ataca y corrige desde su origen, mientras que una lesión es parte de una patología, se la puede definir como un síntoma en una patología.

Es muy importante estudiar las patologías partiendo de los métodos de inspección apropiadas, de esta manera se podrá intervenir adecuadamente para ejecutar su reparación, de igual forma, es preciso establecer las técnicas de prevención oportunas.

La investigación, se enfoca en la creación de una base de datos sobre patologías que se pueden presentar en estructuras de acero. Se parte de un levantamiento de información bibliográfica, la cual es complementada con recolección de información obtenida en campo. La tarea principal, será recolectar la mayor cantidad de información posible y organizarla en una base de datos, con la cual se facilitará la toma de decisiones en estudios patológicos en estructuras de acero. Además, será una pauta para el desarrollo de futuras investigaciones en

enfocadas al reconocimiento de patologías mediante la inteligencia artificial u otro tipo de aplicaciones.

1.2 Descripción del problema

Si bien es cierto, en Latinoamérica las estructuras de acero tienen una reciente participación en la construcción. No obstante, su desarrollo ha sido apoyado con tecnologías tanto en su creación como en su utilidad dentro de la construcción. Sin embargo, son propensas a sufrir patologías que ponen en riesgo la integridad de la estructura.

El conocimiento adecuado del comportamiento de las estructuras dentro de la ingeniería civil es de vital importancia, por lo que, saber cómo funciona una estructura de acero permite a los ingenieros prevenir riesgos que puedan afectar de manera significativa a la misma.

En muchos de los casos se presentan factores que desencadenan la formación de patologías que no fueron contempladas dentro de un diseño estructural, ya sea por el proceso constructivo o a su vez en el entorno ambiental en el que se construye, los cuales pueden afectar de manera directa al desempeño de la obra si no se interviene a tiempo.

En algunos casos los técnicos estructurales desconocen algunas de estas patologías, ya sea por falta de experiencia o por el simple hecho de que no se puede conocer todas las patologías que pueden afectar a un material, ya que el factor ambiental y constructivo no siempre es el mismo.

La recolección de información de fuentes científicas y de campo sobre las diferentes patologías que pueden afectar a las estructuras de acero se torna necesaria, ya que con una base de datos de este tipo se ampliaría el conocimiento técnico sobre patologías que ponen en riesgo una estructura, ayudando a la formación de profesionales y/o estudiantes en la construcción. A su vez, esto daría pauta al desarrollo de investigaciones que se enfoquen en la detección de patologías en las estructuras de cualquier material mediante inteligencia

artificial u otro tipo de tecnologías, innovando la práctica constructiva y sus criterios técnicos.

1.3 Justificación

En las últimas décadas, se ha venido perfeccionando las técnicas de fabricación del acero, para adaptarlo, a casi todas las necesidades en función de sus propiedades físico-químicas y resistencia frente a la acción de agentes externos. Como todos los materiales que se utilizan en una construcción, el acero no está libre de exponerse a diversos agentes que desencadenen la presencia de una o varias patologías que afecten su desempeño como tal.

En una estructura en la que se ha decidido que el material predominante para su construcción es el acero, podemos encontrar elementos muy importantes en el funcionamiento estructural. La afectación de cualquier tipo de patología a estos elementos de acero, pone en riesgo la seguridad y garantía que se le ha dado dentro del diseño

Por consiguiente, es de gran importancia el generar una base de datos sólida y precisa de las patologías que se pueden presentar en estructuras de acero, ya sea por factores ambientales, constructivos o propias del material. Con la ayuda de esta base de datos se mejoraría en gran medida, el desarrollo de los análisis en estructuras que están haciendo afectadas por estas patologías, proporcionando criterios más acertados por parte de los estudiantes y/o profesionales de la construcción, aportando con soluciones, tratamientos y técnicas de detección empleadas por técnicos en patologías similares. Por otro lado, la generación de la ya mencionada base de datos, daría pauta al desarrollo de softwares, aplicaciones u otro tipo de programación que ayuden al reconocimiento de estas patologías partiendo de la información recolectada y organizada de la misma.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

- Generar una base de datos sobre patologías presentes en estructuras de acero a través de revisión bibliográfica e inspecciones de campo, para facilitar la toma de decisiones en estudios patológicos.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Indagar información científica, a través de una búsqueda bibliográfica que permita el desarrollo de una base teórica sobre patologías del acero.
- Inspeccionar estructuras de acero en campo, con el fin de recaudar información fotográfica y documental que respalde y complemente la base teórica de patologías.
- Determinar un proceso específico que ayude a la recolección, organización, clasificación y compilación de patologías en estructuras de acero que permita la creación de la base de datos.
- Relacionar la base de datos propuesta con otras de similar enfoque a través de un mismo proceso para la recolección de información y con un mismo formato, para establecer un conjunto de información sólida y variada sobre patologías estructurales.
- Demostrar el funcionamiento de la base de datos a través de casos de estudio que permitan reconocer patologías en estructuras de acero.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Generalidades del acero

2.1.1 Concepto.

Para dar una definición debemos aclarar que el acero no es lo mismo que el hierro, por lo tanto, no deben confundirse. Según L. M. Gómez (2012) “El acero es una combinación de hierro y carbono, en el cual, su contenido de carbono es relativamente bajo. Por lo que la mayoría de aceros contienen menos de nueve átomos de carbono por cada cien de hierro”.

La cantidad de carbono presente en los aceros influye de manera directa en el comportamiento mecánico y en las propiedades físico-químicas. Para el autor L. M. Gómez (2012) el porcentaje de carbono en los aceros se clasifica como de bajo, mediano y alto. Los aceros que tienen menos del 0.25% de carbono en su aleación son de bajo carbono, por lo tanto, son más “dúctiles”. Los de mediano carbono poseen entre el 0.25% y el 0.60% tratando de buscar mayor resistencia sin dejar de lado la ductilidad. Los aceros de alto carbono van de entre el 0.60% hasta el 1.2% en su aleación, por lo que hace que su resistencia sea muy alta pero su fragilidad es muy notoria.

El hierro conserva sus características metálicas en estado puro dentro el acero, pero al ser una aleación con el carbono y otros elementos metálicos, esta mejora sus características físico-químicas ampliamente dando paso a la formación de un material mucho más resistente y trabajable como lo es el acero. (L. M. Gómez, 2012)

2.1.2 Breve reseña histórica.

Resulta muy difícil establecer una fecha exacta dentro de la historia que nos permita conocer cuando se dio el descubrimiento del acero como tal. Sin embargo, algunos estudios como E. P. Gómez (2014), señalan que hace 4000 años en las regiones de Egipto y Mesopotamia, ya existía la utilización del hierro meteórico como regalo para los dioses y

como elementos decorativos. Todavía no se puede hablar del acero como tal, pero al ser el hierro un elemento que forma parte de la creación del acero, podemos empezar hablando de él.

La utilización del hierro ha tenido una gran influencia dentro del desarrollo de la civilización, ya sea para la fabricación de armas para la guerra o la creación de herramientas de trabajo. La llamada “Edad de hierro” empieza entre los años 1000 y 1200 A.C. aproximadamente, esta época se caracteriza por el descubrimiento del material y la utilización en herramientas para el hombre. Las técnicas utilizadas eran muy rústicas y con muchos errores, según E. P. Gómez (2014) “Los primeros artesanos en trabajar el hierro, producían aleaciones que hoy se clasificarían como hierro forjado, esto mediante una técnica que implicaba calentar una masa de mineral de hierro y carbón vegetal en un gran horno con tiro forzado, de esta manera se reducía el mineral a una masa esponjosa de hierro metálico llena de una escoria de impurezas metálicas, junto con cenizas de carbón vegetal. Esta masa de hierro se retiraba mientras permanecía incandescente, dándole fuertes golpes con pesados martillos para poder expulsar la escoria y soldar el hierro.”

A comienzos del siglo XVIII, se descubre que se puede reemplazar el carbón vegetal, extraído de los bosques, por un material llamado “Coque”, que es un combustible sólido, el cual, provocó un acelerado cambio en las técnicas empleadas, además, asentó las bases para que se dé hoy la conocida “Revolución industrial” (Moffit, 2012).

Aunque el hierro en la antigüedad dio mucho desarrollo tecnológico, no es hasta el final del siglo XVII donde se lo utiliza como material de construcción. En los periodos Gótico y el Renacimiento, se lo puede encontrar dentro de las construcciones de madera como clavos, herrajes y anclajes, además, en la construcción de máquinas y herramientas que facilitaban el montaje de los elementos constructivos. (E. P. Gómez, 2014)

La aparición del acero surge por error a partir inicios del siglo XIX, los hornos en los que fundían el hierro aumentaron considerablemente su tamaño, al igual, que los tiros para obligar la entrada de los gases de combustión. Los hornos al poseer mayor tamaño hacían que el mineral del hierro de la parte superior se redujera a hierro metálico en la parte inferior, por lo tanto, consumía más carbono como resultado de los gases que se encontraban dentro. El resultado que se obtenía a través de este erróneo proceso se lo denominaba “Arrabio”, el cual, si se lo refinaba daba paso a la obtención del acero. (Moffit, 2012)

A partir de este descubrimiento comenzaron a realizarse experimentos como el enfriamiento rápido con agua y aceite, que pretendía mejorar las características del material. Si bien es cierto, el acero se convirtió en un material muy codiciado, pero que presenta un gran inconveniente, ya que se requería muchísimo tiempo y recursos para elaborar una cantidad reducida de acero.

Con la necesidad de conseguir más acero para el desarrollo de innumerables elementos, surge en 1855 la fabricación de un horno, por parte del ingeniero Henry Bessemer, que consistía básicamente en refinar el arrabio, dando paso a la obtención del acero en grandes cantidades (Moffit, 2012).

Desde el año 1960 funcionan varios hornos que emplean electricidad para producir acero a partir de residuos, es decir, chatarra. Gracias a esto, el acero se pudo usar para muchas más cosas. Actualmente la producción de acero tiene en funcionamiento hornos que son modelos mejorados de los que se usaban en tiempos pasados. (L. M. Gómez, 2012)

2.1.3 Características del acero como material de construcción.

A pesar de que en el sector constructivo la demanda de los distintos materiales se va diversificando día a día, el acero sigue siendo unos de los principales materiales a la hora de construir. Destaca por sus propiedades esenciales como dureza, resistencia y trabajabilidad

por nombrar algunas, las mismas que lo han mantenido al acero en la cima del competitivo mercado de la construcción.

En cuanto a las características que tiene el acero como material dentro de un ambiente constructivo podemos destacar las siguientes:

Rapidez en ejecución; El acero es el material con el que más rápido se construye, se adapta a cualquier necesidad en la construcción. Según ITEA (2014) en muchos casos la rapidez en la ejecución se traduce en una notable economía para el cliente. Si se compara la construcción de un edificio típico en hormigón con uno de acero, este representa la disminución del 60% del tiempo de construcción. Si la mayor parte de maquinaria para construir es de alquiler, el tiempo se convierte en un factor muy influyente económicamente.

Adaptabilidad del uso; La adaptabilidad del uso del acero es una de sus principales características, Para el autor ITEA (2014) los elementos de acero son muy útiles para la rehabilitación de construcciones, ya sea para reforzar estructuras existentes o para una completa reconstrucción manteniendo las fachadas.

Las propiedades mecánicas y físicas del acero como la ductilidad, rigidez y resistencia permiten la posibilidad de que el material se pueda ajustar a cualquier tipo de función dentro de un diseño constructivo.

Calidad; En la construcción se requiere la mejor calidad en los materiales constructivos, ya que, siempre se busca la seguridad y garantía para las obras. En la última década la industria del acero ha desarrollado tecnologías de fabricación. Para el año 2005 la producción de acero representaba el 30% de la contaminación mundial, hoy en día este porcentaje se ha reducido drásticamente ya que el acero se recicla por completo. (ITEA, 2014)

Dentro de una construcción, resulta difícil controlar por completo, la calidad de todos los materiales. No obstante, la estructura de acero es un resultado preciso, construido en

talleres por mano de obra calificada. En obra sólo se ejecuta el acoplamiento de elementos prefabricados: un proceso sujeto a fiscalización.

Ligereza; Dentro del diseño de estructuras un punto muy importante que consideran los profesionales es el peso de la estructura, entre más grande sea una estructura más pesada será y por lo tanto se emplearan más recursos y dinero en la cimentación. El acero es un gran aliado de las estructuras livianas, el autor ITEA (2014) nos dice que “Las estructuras de acero son, por lo general, más ligeras que las realizadas con otros materiales; esto supone menor coste en la cimentación, sobre todo en lugares con un suelo de mala calidad. Para edificios con un gran número de columnas, el acero es la única solución viable”.

2.1.4 Ventajas y desventajas del acero dentro de la construcción.

El acero, como cualquier otro material de construcción, presenta varias ventajas que lo hacen único dentro del ámbito constructivo, y así mismo, presenta desventajas que lo ubican por debajo de otros materiales. A continuación, se menciona algunas de las ventajas y desventajas del acero como material dentro de la construcción:

Ventajas

Alta resistencia; El acero es el material estructural con mayor resistencia de todos los utilizados comúnmente. Su alta resistencia se debe a la aleación entre hierro, carbono y otros materiales metálicos. Presenta una considerable resistencia tanto al esfuerzo de tracción como de compresión.

Para otros materiales el tener una alta resistencia representa el incremento de su peso en función a sus medidas, para el acero este no es el caso. Para los autores McCormac & Csernak (2013) los niveles altos de resistencia del acero por unidad de peso señalan que será considerablemente bajo el peso de las estructuras, lo cual hace al acero el mejor candidato para obras de gran longitud como puentes peatonales o vehiculares y estructuras colgantes, de igual forma en obras de gran altura como edificios o rascacielos.

Elasticidad: En una comparativa entre todos los materiales estructurales utilizados normalmente, el acero es el que más se aproxima a un comportamiento linealmente elástico. Según los autores McCormac & Csernak (2013) esto se debe a que sigue la Ley de Hooke hasta esfuerzos considerablemente altos. Debido a este comportamiento del acero, se puede calcular de manera exacta el valor del momento de inercia de una viga de este material, mientras que los valores obtenidos de un elemento de concreto reforzado son relativamente imprecisos.

Ductilidad: Esta propiedad permite al acero soportar grandes deformaciones sin alcanzar el punto de falla. Normalmente en estructuras, los elementos están sometidos a cargas que generan una alta concentración de esfuerzos en zonas determinadas. La ductilidad que presenta el acero, permite que en estas zonas o puntos determinados fluyan localmente, evitando así las fallas prematuras. (McCormac & Csernak, 2013)

De igual forma, las varillas de acero que se colocan en elementos estructurales de hormigón armado, permiten que se pueda evidenciar su falla mediante agrietamientos en el hormigón, anticipando así el colapso de la estructura.

Un material que no tenga ductilidad por lo general no se lo utiliza como elemento estructural. Probablemente este material sea duro y frágil, por lo que, al sufrir un golpe repentino este fallara inmediatamente.

Durabilidad: Para tener presente la durabilidad de los elementos y materiales de construcción se debe considerar el tiempo que estarán vigentes dentro de la estructura antes que requiera ser reemplazados o eliminados.

Varios estudios señalan que, la durabilidad del acero como material de construcción es muy extensa. Según el autor Moreno (2014) la vida útil del acero es prolongada, siempre y cuando este contemple un mantenimiento periódico y adecuado para sus elementos.

Los múltiples edificios de décadas anteriores que aún mantienen su servicio en diferentes partes del mundo, a pesar que han soportado diferentes climas y ambientes, demuestran la larga vida útil de las estructuras de acero.

Tenacidad; La tenacidad es la propiedad física de un material que le admite absorber energía en magnas cantidades antes de alcanzar el fallo. El acero en las estructuras proporciona resistencia y ductilidad al mismo tiempo, es decir, proporcionan elementos tenaces.

Los elementos de acero en las estructuras pueden llegar a sufrir grandes deformaciones durante su montaje o fabricación sin fracturarse, por lo que es posible cortarlos, martillarlos, taladrarlos y doblarlos sin afectación aparente. Todo esto posible por su gran tenacidad. (McCormac & Csernak, 2013)

Reciclable; Todo elemento estructural que sea de acero es cien por ciento reciclable, es decir, se lo puede utilizar como materia prima para el desarrollo de nuevas piezas. Por otro lado, el acero es un material no dañino con el medio ambiente, ya que se degrada fácilmente con el tiempo. (ITEA, 2014)

Desventajas

Fractura frágil; Lo contrario a la ductilidad es la fragilidad. El acero puede perder su ductilidad bajo ciertas condiciones, lo que puede ocasionar que se presente una fractura frágil en determinadas zonas donde la concentración de esfuerzos es muy elevada. Las elevadas temperaturas y cargas que producen fatiga en un elemento, son factores que encaminan al acero a perder esta propiedad. (McCormac & Csernak, 2013)

El acero que contiene del 0.6% al 1.2% de carbono en su aleación presenta mucha más fragilidad que un acero dúctil que contiene 0.25% de carbono. Pese a que brinda alta resistencia en comparación con los demás tipos de acero, este no tolera grandes

deformaciones bajo cargas actuantes, por lo que, lo hace susceptible a presentar una fractura frágil. (L. M. Gómez, 2012)

Corrosión; La mayoría de los elementos de acero que se utilizan en la construcción son propensos a sufrir corrosión. Esto se debe por la exposición al aire, lluvia, temperatura ambiental y en algunos casos a factores químicos.

La corrosión de los elementos de acero es probablemente la desventaja que más descalifica al acero como material de construcción. La corrosión puede llevar al acero a su fallo según los autores McCormac & Csernak (2013) “Las fallas por corrosión-fatiga pueden ocurrir si los miembros de acero se someten a esfuerzos cíclicos y a ambientes corrosivos. La resistencia a la fatiga de los miembros de acero puede reducirse apreciablemente cuando los miembros se usan en ambientes químicos agresivos”.

Transferencia de calor; En las estructuras de acero, sus elementos propagan fácilmente su calor debido a la características físico-químicas que presenta el material. En caso de incendio, una estructura de acero incrementa su temperatura rápidamente, haciendo que sus elementos se vean afectados. (McCormac & Csernak, 2013)

Para criterios como los de Grau (2007) donde señala que los elementos de acero convencional transfieren calor 10 veces más rápido que los elementos que presentan algún tipo de combinación con otros metales como los galvanizados.

Fatiga; Otra desventaja del acero es que su propiedad de resistencia puede minimizarse considerablemente si se lo somete a una gran cantidad de inversiones del sentido del esfuerzo, es decir, si a un elemento estructural de acero que tenga esfuerzos de tensión sufre constantes cambios de la intensidad del esfuerzo, este fallará por rotura debido a la fatiga. Por ejemplo, cuando se tiene un alambre: flexionándolo constantemente se desgarrará con facilidad. Por lo tanto, la fatiga es un tipo de rotura que sucede en estructuras sujetas a tensiones fluctuantes y dinámicas como puentes. (McCormac & Csernak, 2013)

2.1.5 Desarrollo evolutivo del acero en las estructuras.

Primeras estructuras

Para saber cuáles fueron las primeras estructuras de acero debemos saber que, al hierro, que es un componente del acero, se lo utilizó primero como material estructural. Si nos ubicamos en la edad media, específicamente en los periodos Gótico y el Renacimiento se lo puede encontrar por primera vez en piezas complementarias dentro de las estructuras de madera. Años después el hierro pasa hacer un sustituto de estructuras o elementos sometidos a compresión, como el arco y el pilar.

Las primeras estructuras metálicas fueron apareciendo en el siglo XVIII como puentes, un ejemplo de esto es el Iron Bridge ubicado en Inglaterra y fue creado en 1805. Este puente metálico tiene una longitud de 20m y fue realizado en dos medios arcos contruidos de 10m cada uno de hierro fundido, cuyo principio estructural se apegaba más a la madera que al acero. Algunos años después se fueron construyendo edificios. En el año de 1887 se construyó en Chicago una estructura de 12 plantas. (L. M. Gómez, 2012)

En las últimas décadas se han hecho estructuras de acero que son una verdadera obra de arte. Sin embargo, vale la pena resaltar al edificio “Empire State Building” creado en 1935 en la ciudad de New York, cuya estructura está formando por vigas y columnas de acero unidas por remaches en caliente. Sin duda, un verdadero desafío para la época donde se logra apreciar el verdadero desarrollo del acero dentro de las estructuras. (Moffit, 2012)

Desarrollo en producción

Aunque el acero ya se produjo hace siglos atrás, no fue hasta hace el siglo anterior que comenzó su uso en el campo de la ingeniería. Los primeros aceros producidos presentan propiedades mecánicas muy variables, esto se debía a los procesos de fabricación que daban como resultado un material de composición incierta.

Debido a la gran demanda del acero, en el último siglo se ha venido perfeccionando los métodos de producción, obteniendo resultados muy favorables para la industria. Sin embargo, no es hasta en las últimas décadas donde ha visto de manera impresionante el desarrollo de producción. Según ITEA (2014) desde el año 1970 hasta la actualidad, la productividad del acero aumentado de 60-100 Kg/hora hombre a 1.250 Kg/hora hombre en gran parte de las industrias que fabrican acero. Esto significa que tenido un gran efecto en los costos relativos del acero.

El acero, al ser un material cien por ciento reciclable, en la actualidad las industrias se encargan de producir este material y a su vez reciben cientos de toneladas de chatarra. La sofisticación de los grandes hornos de producción hace que el acero desechado vuelva a venderse con un material de calidad. Según Aguilar (2016) el 80% del material que entra a este proceso, volverá como acero de calidad al mercado. Listo para usarse en cualquier otro tipo de industria o construcción.

Desarrollo en diseños

Anteriormente se solía considerar que el realizar un diseño estructural de acero, solo lo podían hacer los ingenieros que contaban con muchísima experiencia dentro de este campo. Por supuesto que la experiencia suma mucho a la hora de dar seguridad y calidad en un diseño estructural, pero no olvidemos que en la actualidad los profesionales cuentan con mayores medios de apoyo que les permiten ser más precisos, sin contar con la gran calidad de acero que hoy en día se produce. (ITEA, 2014)

En los puentes, la dureza y resistencia que ofrece el acero ha hecho posible implantar nuevos diseños que ofrecen un elegante resultado, como lo son los puentes atirantados y colgantes. Así mismo, los modernos y precisos diseños de puentes de celosía que presentan una refinada estructuración.

Llevando un mismo concepto de los puentes de celosía, se ha podido implementar estas estructuras de acero en la creación de cubiertas con grandes vanos. Por otro lado, las estructuras trianguladas de acero se han desarrollado y refinado hasta el punto de convertirse en auténticas esculturas. El desarrollo de estas estructuras ha ido de la mano con la formación de nuevas técnicas para la diversificación de aceros más resistentes y con mayor tecnología en su funcionamiento. (ITEA, 2014)

Desarrollo en tipología

La creciente demanda mundial por el acero ha hecho que la industria constantemente desarrolle amplios procesos de innovación de este material. Los sectores como la construcción, infraestructura y automovilismo, han requerido necesidades muy específicas para su crecimiento. El acero, con su progresivo avance e innovación tecnológica es capaz de cubrir con todas estas necesidades gracias a sus diferentes aleaciones. (Moffit, 2012)

Con lo mencionado anteriormente y fruto de ello se puede decir que existe un amplio catálogo en lo referente a tipos de acero. Dentro del ámbito constructivo tenemos:

Acero Corrugado; Son un tipo de barras laminadas que permiten doblarse y cortarse sin problema. Generalmente se usan de refuerzo para las estructuras de hormigón armado.

Acero ASTM A36; Su principal característica se enfoca en la variedad de formas, desde tubos hasta planitas, planchas o perfiles. Esta clasificación se usa generalmente en los Norte América, como acero estructural. Según la normativa ASTM tiene un esfuerzo de fluencia de 2 530 kg/cm² (250 MPa, 36 ksi) y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión de 4080 kg/cm² a 5620 kg/cm² (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi), y su soldabilidad es adecuada.

Acero Corten; la característica principal es la resistencia a la corrosión. La cual se obtiene agregando níquel, cobre, cromo y fósforo. Generalmente se lo utiliza en elementos que estarán expuestos a sufrir corrosión.

Acero Galvanizado; Es un tipo de acero que posee un recubrimiento de zinc con el objetivo de evitar la corrosión. En la construcción lo podemos encontrar en rejas, láminas, alambres, cables, placas, piezas de fundición, tuberías, etc.

Acero "c40"; Este es un modelo de acero mejorado. Posee un proceso de templeado posterior, generalmente por debajo del punto crítico de temperatura. De esta manera se busca aumentar la resistencia a la rotura, su límite elástico y su dureza.

Los modelos de acero nombrados anteriormente son algunas de las combinaciones más distinguidas dentro de la construcción. No obstante, existe una gran cantidad de aceros y, por consiguiente, hay muchas formas de clasificarlo. Según su finalidad, podemos definir otra manera de clasificaciones.

Hoy en día existe en todo el mundo mucha demanda de las estructuras de acero para todo tipo de construcción, por consiguiente, la mano de obra también ha sido solicitada en igual medida. De esta manera se ha aumentado las plazas de trabajo relacionadas con el acero. (ITEA, 2014)

2.2 Patologías en las estructuras de acero

2.2.1 Concepto

Etimológicamente, la palabra "Patología" deriva de los términos "phatos" que tiene algunos significados tales como; enfermedad, dolencia, sufrimiento, etc. Y "logos" que significa: estudio o análisis. Por lo tanto, podemos definir qué; Patología es el estudio o análisis de lesiones o síntomas que afectan a un cierto caso de estudio.

Cuando se habla de patología podemos referirnos a cualquier ámbito. Para los autores Olguin & Logascio (1947) el concepto "patología" se lo emplea para referirse a

alteraciones que amenazan al caso de análisis de diferentes disciplinas técnicas o científicas. Para la presente investigación nos interesa conocer el término de patología estructural.

Patología estructural

La patología estructural se refiere al estudio cuidadoso y ordenado de la conducta anormal que llega a presentar una estructura, o cualquiera de sus elementos. Para autores como Henao & Morales (2017) describen a la patología estructural como el análisis de la conducta de las estructuras cuando presentan evidencias de fallos, enfocándose en buscar sus orígenes y plantear acciones correctivas o su demolición.

El trabajo de un especialista patólogo se basa en realizar una visita técnica y especializada con el fin de analizar los posibles daños o lesiones que sufre una estructura. Además, con la ayuda de estas inspecciones se podrá definir si la causa son deficiencias en el diseño, en los materiales que se usaron durante la construcción, cambios de diseño sin ser previamente evaluados, fuego, viento o sismo, entre otros. Los especialistas deben poseer amplios conocimientos en mecánica de materiales, sistemas estructurales, tecnología de la construcción y lo más importante tener la aptitud para dar diagnósticos acertados que encaminen a una pronta recuperación de la estructura o su oportuno desahucio

Las causas que pueden provocar patologías en las estructuras normalmente son diversas y muy variadas. Por lo general, estas pueden estar relacionadas con los ambientes a los que están expuestas, al mismo diseño del proyecto, a los métodos de construcción que se aplicaron o a la misma naturaleza de los materiales. Cada patología presenta peculiaridades únicas y posibles causas que incluso para un experto resulta difícil analizarlo con certeza (Henao & Morales, 2017).

Patologías en estructuras de acero

Con los conceptos expuestos enteramente, podemos definir a las patologías en estructuras de acero como el estudio de las lesión o síntomas que afectan a los distintos elementos de acero, investigando sus causas y planteamiento de soluciones para recuperar condiciones de seguridad en el funcionamiento estructural. Las estructuras de acero no están libres de sufrir algún tipo de patología en sus elementos. Generalmente están expuestas a varios condicionantes que pueden encaminar a desarrollar algún tipo de enfermedad que afecte su integridad, durabilidad o diseño.

De las afectaciones más comunes que se presentan en estas estructuras tenemos: corrosión, fatiga, deformaciones, entre las más destacadas. Las cuales se manifiestan debido a diferentes entornos patológicos. (Latorre Delgado, 2015)

Para entender este tipo de patologías debemos conocer desde los diferentes procesos que lo provocan, la variedad de lesiones que se manifiestan y por último conocer sus tratamientos o diagnósticos.

2.2.1 Tipos de patologías

Antes de saber cuáles son los tipos de patologías que afectan a las estructuras de acero, debemos entender de manera globalizada la diversidad de patologías que, independiente del material, aparecen y afectan a los elementos estructurales.

De forma general, la presencia de patologías en elementos estructurales de cualquier material, se debe a cuatro procesos patológicos; mecánicos, físicos, químicos y constructivos según Monjo C & Maldonado R., (2001), que afectan a los elementos en razón a su carácter, en definitiva, al tipo de acción que lo provoca. En lo que respecta a los elementos estructurales, los autores describen los siguientes procesos:

Procesos patológicos mecánicos; Normalmente, estos procesos nacen por la función que se les asigna a los elementos dentro de una estructura y afectan de manera global

al sistema estructural. Se presentan en todos los materiales que se emplean en la construcción tanto en el acero, hormigón o madera. La evidencia más común de los procesos mecánicos son las deformaciones, hundimientos, grietas, roturas, etc. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Procesos patológicos físicos; Estos procesos son resultado de la prolongada exposición de las estructuras a los agentes climáticos como: lluvia, sol, agua, viento, nevadas, calor, entre otros. La evidencia de estos procesos patológicos es: la humedad, la erosión, la absorción, la suciedad, etc. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Procesos patológicos químicos; Suelen ser la consecuencia de los contaminantes químicos dentro de un área cercana a las estructuras. Se unen a los agentes físicos para completar su afectación a los materiales estructurales. Su evidencia más común es la corrosión, seguida de la erosión química. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Procesos patológicos constructivos; Dentro del proceso de construcción de una estructura podemos encontrar factores que encaminan a la presencia de patologías en sus elementos, ya sea por errores humanos, procesos constructivos con malas prácticas o errores en el diseño.

Una vez explicado de forma sintetizada los procesos en los cuales tienen origen las patologías estructurales, podemos conocer de manera detallada los tipos que afectan exclusivamente a las estructuras de acero.

A. Patologías mecánicas en estructuras de acero

Dentro de la construcción, las estructuras de acero están sometidas a diseños que presentan grandes desafíos como: extensos vanos, aumento de cargas, disminución de secciones, entre las más destacadas. Como se explicó anteriormente, la presencia de patologías mecánicas se debe a los esfuerzos que realizan las propias estructuras debido a su funcionalidad. En las estructuras de acero encontramos:

A.1 Deformación: La deformación se presenta en casi todos los elementos de construcción. En el acero es más perceptible debido a las propiedades físicas del material. Según Latorre Delgado (2015) es considerada patología la deformación excesiva superior a lo seguro o permisible, dependiendo de las normas este valor puede variar. En la normativa internacional AISC (2010) dicta como flecha máxima una relación de $L/250$ para elementos de acero, mientras que en la normativa argentina CIRSOC-301 (2005) establece como flecha limite la relación de $L/200$. Hay tres motivos por los cuales puede presentar deformación patológica un elemento estructural de acero:

- Deformación por impacto; los impactos en las estructuras son acciones dinámicas de gran intensidad y de corta duración que debido a su naturaleza pueden producir daños significativos sobre las mismas, como deformación en sus elementos o inestabilidad en su estructuración (Goicolea, 2016).

El código AISC 360-16 (2001) es claro al señalar que los elementos terminados no deben tener torceduras, dobleces ni uniones abiertas. La presencia de dobladuras agudas es causal de rechazo del material.

En la Figura 1 se observa un puente peatonal que ha sufrido el choque de un vehículo, los pasamanos presentan deformaciones excesivas, abolladuras y pérdida de color.

Figura 1

Deformación por Impacto de un Puente Peatonal



➤ Deformación por sobrecargas; por la acción de cargas, un elemento estructural se deforma. Esta deformación aumenta en magnitud y sentido según el incremento de cargas, al estar contemplada dentro del diseño se denominará permisible. La presencia de cargas no contempladas en el diseño, causara un aumento de deformación que se torna peligroso. Dentro de la normativa NEC-SE-AC (Norma Ecuatoriana de la construcción (2015) establece que dentro de un diseño estructural se debe considerar las sobrecargas (carga viva) dentro de las combinaciones de carga y considerar el factor de sobrecarga para evitar problemas de este tipo. Por otro lado, en la normativa argentina CIRSOC-301 (2005) señala que las deformaciones en miembros y sistemas estructurales bajo combinaciones de cargas de servicio apropiadas no deben afectar la condición de servicio de la estructura. Sin embargo, señala que los elementos que estén a compresión, flexión o torsión pueden adquirir tolerancias iguales a $L/1000$ en secciones simples y $L/500$ en secciones armadas.

En la Figura 2 se observa la deformación de una cercha por cargas excesivas, la flecha máxima se mantiene en el centro de la luz entre apoyos.

Figura 2

Deformación por Sobrecarga en Cercha



- *Deformación térmica*; estas deformaciones se dan debido al aumento de temperatura en elementos estructurales. Generalmente se ocasionan por exposición al fuego o al momento de realizar soldaduras. En España, la guía NP-200/201 sugiere incluir dentro del diseño estructural ecuaciones donde intervienen factores como carga de fuego (CF), coeficientes de dilatación y velocidad de calentamiento para evitar la deformación excesiva de los elementos que pueden ser alcanzados por algún incendio.

En la normativa AISC 360 no existen tolerancias para la deformación térmica o por incendios, sin embargo, señala que; la deformación del sistema estructural, o los miembros de éste, bajo un incendio no deben exceder los límites preestablecidos y al realizar un diseño contra diseños en estructuras con acero estructural y de refuerzo, los cálculos de incendio a temperaturas mayores a los 65° C el coeficiente de expansión térmica del acero debe ser de $1.4 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ($7,8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{F}$).

En la Figura 3 se observa las deformaciones excesivas causas por un incendio estructural, se nota la pérdida del color en los perfiles y dobladuras muy pronunciadas en los mismos.

Figura 3

Deformación por Incendio en Estructura Metálica



A.2 Rotura por fatiga; es un proceso de degeneración del elemento estructural que está sometido a cargas cíclicas, el elemento va perdiendo sección hasta el instante que no pueda soportar el esfuerzo aplicado.

Esta patología aparece con errores superficiales (entalladuras, ángulos entrantes o inclusiones) que inducen fisuras que trascienden hacia el interior del material, logrando reducir su sección resistente hasta que ésta pierde la capacidad de soportar los esfuerzos aplicados, rompiéndose inesperadamente (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001).

Dentro de la normativa AISC 360-10 señala que no se requiere evaluación de la resistencia a fatiga en miembros cuando el número de ciclos de aplicación de carga viva es menos que 20.000, sin embargo, dentro de la normativa en el Anexo 3 (Diseño por fatiga) establece un rango de tensiones por fatiga admisible (F_{sr}) que debe ser calculado en base a la categoría del elemento y su función (Tabla A-3.1).

En la Figura 4 se observa un elemento de acero que debido a la fatiga ha fracasado, presenta una prolongación de fisuras y una notable pérdida de sección y ángulos entrantes donde se dio la rotura.

Figura 4

Rotura por Fatiga de Elemento Metálico



A.3 Rotura frágil; La rotura frágil ocurre a lo largo de planos cristalográficos denominados planos de fractura, además, posee una rápida propagación de las grietas. Generalmente ocurre en los elementos de acero fundido pues este es un material primordialmente frágil. También, ocurre en algunos aceros, sin alguna explicación que permita definir el "límite de fragilidad" de estos. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

En la norma ecuatoriana NEC-SE-AC menciona que es inaceptable diseñar conexiones de miembros que son parte de un SRCS (sistema resistente a carga sísmica) tal que el estado límite de resistencia (ELR) sea gobernado por estados límites frágiles o no dúctiles tales como fractura en la conexión o en el miembro.

En la Figura 5 se observa una placa de acero fundido que debido a las vibraciones se han prolongado las figuras de forma profunda llevándola a la rotura.

Figura 5

Rotura Frágil de una Placa de Acero Fundido



A.4 Desgarro laminar; Ocurre específicamente en piezas estructurales que han sido soldadas. Generalmente aparecen deformaciones en la misma dirección del plano de la soldadura, esto ocurre debido a la retracción del material de aportación, alcanzando a inducir a una rotura frágil de la unión soldada. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001).

B. Patologías físicas en estructuras de acero

En las estructuras de acero, las patologías físicas más comunes se presentan debido a la exposición que tiene este material a los agentes climáticos. Podemos mencionar las siguientes patologías:

B.1 Erosión física; De denomina como la acción destructora del desgaste físico que produce alteración y deterioro progresivo de los materiales, a veces hasta su destrucción completa, sin que se afecte su composición química.

En estructuras de acero, se encuentra a la erosión física en elementos que están en contacto con otros sin que estos estén unidos por soldadura o tornillos. Al sufrir repetidos movimientos entre sí, estos sufrirán desgaste. En la Figura 6 se observa un elemento de acero donde es notable la reducción de sección y desgaste del material por el uso del mismo, resalta la pérdida del color y sección lisa.

Figura 6

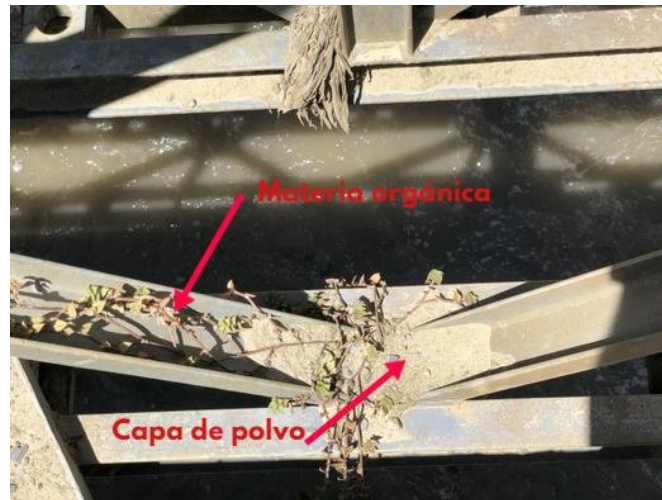
Desgaste Físico de Elemento Metálico



B.2 Suciedad; La suciedad generalmente se presenta por acción del medio ambiente y por la falta de limpieza. La prolongada presencia de suciedad en elementos puede llegar a producir patologías como corrosión y desgaste. En la Figura 7 se puede observar la presencia de materia orgánica y capas de polvo en la parte inferior de una cercha.

Figura 7

Suciedad en cercha metálica



C. Patologías Químicas en Estructuras de Acero

C.1 Corrosión; La corrosión es quizá la enfermedad que más afecta a las estructuras de acero. De acuerdo con Monjo Carrio & Maldonado Ramos (2001) la corrosión hace referencia a un proceso químico que afecta al acero y lo daña superficialmente, perdiendo material y, por tanto, su sección se reduce. Usualmente la corrosión se da por la exposición a agentes químicos.

Dentro de la normativa AISC 360-10 señala que, cuando la corrosión puede afectar la resistencia o la condición de servicio de una estructura, las componentes estructurales serán diseñadas para tolerar la corrosión o en su defecto deberán ser protegidas contra ella.

Hay diferentes tipos de corrosión que pueden afectar a un elemento estructural, entre las más destacadas se encuentran:

- Corrosión por picadura; la corrosión por picaduras aparece cuando la capa protectora de óxido de la parte superficial del acero se pierde, dando paso a que el metal se exponga a la pérdida de electrones. Esta reacción electroquímica es el inicio de la

formación de pequeñas cavidades muy parecidas a picaduras, de ahí su nombre.

(Latorre Delgado, 2015)

En la Figura 8 observamos la Corrosion por picadura de una placa metálica donde se observa pequeños puntos de manera uniforme.

Figura 8

Corrosión por picadura en una placa metálica



- Corrosión por tensión; este tipo de corrosión se inicia en elementos de acero que sufren esfuerzos de tensión, por lo que, al originarse fisuras o microfisuras en el acero se pierde la capa o lamina protectora y ocurre la corrosión en estas zonas. En la Figura 9 se observa un perfil metálico que ha sufrido una rotura por tensión y posteriormente se ha iniciado la corrosión en las zonas donde se han propagado las fisuras.

Figura 9

Oxidación por tensión en un perfil metálico

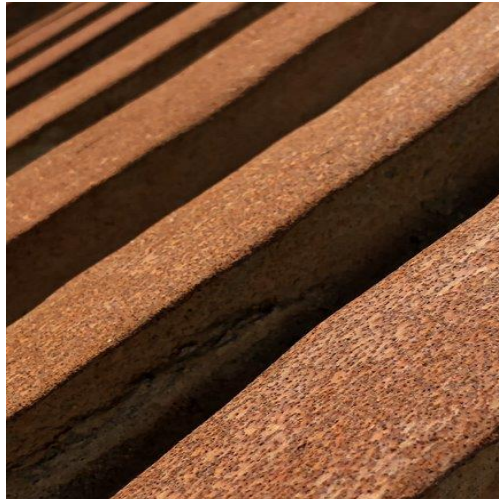


- Corrosión por oxidación previa; se da por la falta de protección al óxido del elemento estructural. Es el tipo de corrosión más común en los elementos estructurales de acero que están expuestos al aire libre. Según Monjo Carrio & Maldonado Ramos (2001) la corrosión por oxidación se da como consecuencia de la oxidación superficial de la pieza al estar desprotegida y en contacto con el oxígeno del aire, proceso, por otra parte, natural y consecuencia de la inestabilidad propia de los metales en estado puro.

En la normativa AISC 360-10 indica que las superficies terminadas a máquina deben ser protegidas contra la corrosión por una cubierta que inhiba el óxido la que puede ser removida previo al montaje, a menos que sus características hagan innecesaria su remoción previa al montaje. En la Figura 10 se observa una rejilla metálica donde la corrosión ha aparecido de manera uniforme y de forma superficial ya que el elemento no presentaba una capa protectora

Figura 10

Oxidación por oxidación previa en zaranda metálica



- Corrosión por par galvánico; esta corrosión ocurre cuando están en contacto dos metales diferentes, es decir, metales que tienen diferente carga eléctrica en su composición. Al estar dentro de un ambiente húmedo o con presencia de agua, generalmente se llega a corroer un solo elemento. Para el criterio de Monjo Carrio &

Maldonado Ramos (2001) también puede darse corrosión por par galvánico cuando se tiene contacto con materiales como cemento o madera que presentan componentes ácidos. En la Figura 11 se observa la corrosión de una cinta metálica que está unida a un perno galvánico que no ha sufrido ningún tipo de corrosión.

Figura 11

Oxidación por par galvánica en unión con perno



- Corrosión por aeración diferencial; Esta forma de corrosión ocurre cuando ciertas partes del elemento estructural están expuestas a humedad por más tiempo que otras. Por lo que, estas zonas adquieren más carga eléctrica que da paso a la corrosión. También se puede encontrar esta corrosión en elementos que por su ubicación dentro de la estructura forman bases para la acumulación de agua, dando paso a exposiciones más prolongadas de humedad. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

En la Figura 12 se puede observar una puerta metálica donde su parte superior ha sufrido corrosión por estar más tiempo expuesto al sol y la humedad.

Figura 12

Aireación diferencial en una puerta metálica



- Corrosión por inmersión; generalmente se presenta en elementos o parte de ellos en los que están permanentemente expuestos a humedad o agua. Generalmente se encuentra en estructuras sumergidas o enterradas. Se forma una capa de hidróxido en el elemento. Depende mucho del pH del agua. Con el tiempo puede provocar una pérdida progresiva del material. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)
En la Figura 13 se observa un armazón metálico sumergido en agua donde se ha evidenciado la formación de costras de óxido y carbonatación del elemento.

Figura 13

Oxidación por inmersión en rejilla metálica



C.2 Erosión química; La erosión química ocurre cuando cualquier tipo de corrosión alcanza niveles muy altos de destrucción, es decir, la corrosión penetra por completo en el elemento y lo destruye de manera física y química desde adentro. Se puede catalogar como erosión química cuando el elemento pierde considerablemente su sección o parte de ella. En elementos estructurales ocasiona reducción de secciones, lo cual, representa un riesgo muy alto a la estabilidad de la estructura. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

En la Figura 14 se observa la destrucción de una puerta metálica debido a la erosión química que ha hecho que el elemento pierda gran parte de su área. La puerta metálica estaba permanentemente expuesta a humedad y sustancias químicas.

Figura 14

Erosión química en puerta metálica por sustancias químicas



D. Patologías relativas al proceso constructivo

Esto hace referencia al conjunto de errores que se pueden presentar en cada una de las fases del proyecto a la hora de construir estructuras de acero. Este tipo de errores facilitan el inicio de procesos patológicos dentro de la estructura.

D.1 Errores normativos; Aunque la gran parte de normativas está muy bien estudiada y establecida, hay circunstancias y casos en los que las normativas de construcción no son muy claras y dejan a criterio de los profesionales encargados del proyecto su solución.

De este vacío normativo pueden surgir problemas que conlleven a desencadenar patologías en las estructuras de acero. Por lo que se debería utilizar al menos tres normas de diseño dentro de un proyecto estructural. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

D.2 Errores de dimensionamiento; las causas más comunes para que se den errores de dimensionamiento podemos destacar las siguientes:

- Mal cálculo numérico; Este tipo de errores puede afectar a cualquier tipo de estructura, muy aparte de los errores de ejecución o en software informáticos, pueden surgir dos problemas que afectan en especial a las estructuras de acero. Por un lado, encontramos la equivocada estimación de la esbeltez del pandeo y, por otro lado, la injustificada ausencia de los estados límites. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Sin embargo, dentro de las normativas señalan algunas tolerancias constructivas y dimensionales que regulan este tipo de errores. Según el código AISC 360-16 (2001) estipula que se admite una variación de 1/32 in. en la longitud total de los elementos que tienen ambos extremos acabados para apoyo por contacto según se define en el Artículo 6.2.2. Por otro lado, los elementos cuyos extremos no están acabados para apoyar por contacto y que se han de unir estructuralmente a otras partes de la estructura de acero pueden tener una variación respecto de la longitud detallada no mayor que 1/16 in. para los elementos cuya longitud es menor o igual que 30 ft, y no mayor que 1/8 in. para aquellos cuya longitud es mayor que 30 ft.

A menos que se especifique lo contrario, los elementos estructurales, ya sea que se trate de un único perfil laminado o un elemento compuesto, pueden desviarse de la condición recta dentro de las tolerancias permitidas por la Especificación ASTM A6 para los perfiles de ala ancha, salvo que la tolerancia para la falta de rectitud de los

elementos comprimidos es igual a 1/1000 de la longitud axial entre los puntos que tendrán apoyo lateral. (AISC 360-16, 2001)

- Mal diseño de uniones; las uniones son unas de las zonas más sensibles dentro de las estructuras metálicas. Generalmente las uniones tienen como objetivo dar continuidad a los elementos estructurales que no pueden ser construidos o pre fabricados en una sola pieza. El error cometido por parte de los constructores al diseñar una incorrecta unión puede poner en peligro la estabilidad total de una estructura. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

En la normativa ecuatoriana NEC-SE-AC señala que, en las uniones viga-columna de acero se lo debe realizar mediante pernos o soldadura que esté debidamente fiscalizada y aprobada, en algunos casos se debe tener barras de respaldo conectadas al ala de la columna usando soldadura de filete de forma continua de 8 mm (5/16 pulg.). Y en caso de ser removidas la soldadura de raíz deberá ser limpiada, pulida y luego reforzada con una soldadura de filete continua con un tamaño mínimo de 8mm (5/16 pulg.).

En la Figura 15 se observa las uniones de dos perfiles metálicos que están unidos por una pequeña soldadura que no cubre toda la zona de contacto.

Figura 15

Mala unión entre perfiles metálicos



C.3 Errores de ejecución; en los errores de ejecución podemos distinguir dos clases; los que se le atribuyen a la fabricación de los elementos y los errores encontrados por causa del montaje en la construcción donde se producen los mayores problemas.

- Diferencias con respecto a las especificaciones; este tipo de error se da por la divergencia que presenta un perfil estructural mandado de la fábrica con respecto al tipo de perfil requerido en los planos o diseño. Usualmente son equivocaciones entre fabricantes y constructores. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)
En la normativa AISC-360 estipula que las variaciones de la geometría de la sección transversal de los elementos laminados deben ser reconocidas por el diseñador, el fabricante y el armador. Estas tolerancias son obligatorias porque el desgaste de los rodillos, las distorsiones térmicas de la sección transversal caliente inmediatamente después de abandonar los rodillos de laminación, y las distorsiones por enfriamiento diferencial que ocurren en las camas de enfriamiento no se pueden controlar de forma precisa y razonable desde el punto de vista económico. La total perfección de la geometría de las secciones transversales no es significativa desde el punto de vista estructural y, si se reconocen y toman en cuenta las tolerancias, tampoco constituyen un problema desde el punto de vista arquitectónico.
- Errores de fabricación; aunque en la actualidad existe una alta calidad en la productividad de elementos estructurales de acero, podemos encontrar casos rezagados donde los elementos no cumplen con las especificaciones propuestas en el catálogo del vendedor. Siendo este un error que puede traer consigo consecuencias significativas. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Dentro de la normativa AISC-360-16 indica que las tolerancias admisibles para la falta de escuadra o la falta de paralelismo, la altura, el ancho y la simetría de las secciones laminadas son como se establecen en las especificaciones ASTM-A6 (2010). No se realiza ningún intento de hacer coincidir las configuraciones de secciones transversales que se encuentran, a menos que la documentación técnica exija hacerlo de forma expresa.

En la Figura 16 se observa un perfil metálico que presenta una deformación en el alma sin que este haya sufrido algún esfuerzo de carga

Figura 16

Error de fabricación en perfil metálico



- Montaje no conforme a los planos; generalmente este error sucede por no colocar las piezas estructurales de forma que dicta el diseño, no colocar las piezas necesarias para un adecuado y seguro montaje o equivocándose en las posiciones de los elementos. La normativa AISC-360-16 menciona que, a menos que la documentación técnica específicamente indique lo contrario, los elementos y componentes se deben verticalizar, nivelar y alinear con una tolerancia no mayor que la mitad de los valores permitidos para el acero estructural. Estas tolerancias para el armado del acero estructural expuesto arquitectónicamente requieren que los planos del propietario especifiquen conexiones ajustables entre estos elementos y el marco de acero

estructural o los apoyos de mampostería u hormigón, a fin de proveerle al armador un medio para realizar los ajustes necesarios.

La falta de alineación angular de la línea de referencia de todas las piezas fabricadas individuales con respecto a la línea entre los puntos de apoyo del elemento en su totalidad en su posición armada no debe ser mayor que 1 en 500. Obsérvese que la tolerancia no está establecida en términos de desplazamiento lineal de algún punto y no se debe tomar como la longitud total entre apoyos dividida por 500. Para este y otros casos se pueden presentar numerosas condiciones dentro de la tolerancia. Esta condición se aplica tanto para la tolerancia en planta como para la tolerancia en altura. (AISC 360-16, 2001)

- Malas prácticas constructivas; en estos tipos de errores son muy comunes por parte del personal encargado de la mano de obra. Van desde la utilización errónea de equipo, hasta los equivocados métodos de construcción que están fuera del diseño o supervisión de profesionales. Generalmente estos errores son muy notables y sin tecnificación, por lo que, es muy fácil identificarlos al sentido común.

En la figura 17 se observa la conexión de un perfil metálico a una columna de hormigón que no corresponde a ningún modelo constructivo seguro ni normado.

Figura 17

Mala práctica constructiva en estructura metálica



- Soldaduras incorrectas; las evidencias más comunes que puede presentar una soldadura incorrecta dentro de una estructura son; fisuras, burbujas internas o falta de homogeneidad. Tanto el código AWS.D1-1 como la normativa AISC son muy claros a la hora de definir estándares y tolerancias para las soldaduras dentro de las estructuras de acero. En resumen, estas dos normativas indican que toda soldadura, realizada en elementos estructurales de acero, debe pasar por controles de calidad como los son los ensayos no destructivos (END) indicando el procedimiento y estándares para cada uno de ellos.

En la figura 18 se observa la soldadura en un perfil metálica que presenta porosidad y falta de penetración en el elemento.

Figura 18

Soldadura incorrecta en perfil metálico



Dentro del mantenimiento de una estructura de acero también podemos encontrar factores que puedan producir procesos patológicos. Sin embargo, varios autores como Latorre Delgado (2015) señalan que los procesos patológicos derivados del mal mantenimiento se pueden incluir dentro de los procesos de construcción mencionados anteriormente. Por lo que, al referirnos a estos procesos patológicos estaríamos redundando.

2.2.3 Tipos de lesiones en una patología.

Una lesión se describe como la manifestación o síntoma de un proceso patológico. De acuerdo con Jelpe & Padilla (2009) son manifestaciones evidenciables de un problema estructural o constructivo. Las lesiones se tratan de un síntoma o efecto final de una patología. Por lo general, una lesión en particular es el inicio de otra, en algunos casos en un mismo elemento se puede evidenciar más de una lesión diferente.

Las lesiones al ser el problema a resolver dentro de un proceso patológico se clasifican de igual manera. Podemos encontrar lesiones mecánicas, físicas y químicas. Hay algunos autores como Jelpe & Padilla (2009) que señalan una clasificación de lesiones según su presencia, es decir, lesiones primarias son las que tienen un origen en causas determinadas, mientras que las lesiones secundarias se presentan en consecuencia a lesiones primarias. Un ejemplo de esto es; en un elemento estructural de acero puede presentar lesiones como la humedad, al ser esta una lesión primaria provocada por factores ambientales, puede causar en el mismo elemento, la oxidación. Obteniendo así dos tipos de lesiones en un mismo componente.

En la *Tabla 1* se indican las lesiones más frecuentes que surgen dependiendo de cada tipo de patología, además, las causas más comunes que las originan.

Tabla 1

Lesiones, su proceso patológico y causas. (Fuente: Autor)

TIPO DE PATOLOGÍA	LESIONES	CAUSAS
FÍSICA	<ul style="list-style-type: none">• Desgaste de material• Reducción de secciones• Presencia de material orgánico• Humedad• Secciones lisas• Presencia de polvo	<ul style="list-style-type: none">• Presencia de agua• Condiciones climáticas• Falta de limpieza
MECÁNICA	<ul style="list-style-type: none">• Roturas• Desgarro laminar• Pandeos• Alabeos	<ul style="list-style-type: none">• Malas soldaduras• Cargas cíclicas• Sobrecargas• Fatiga

	<ul style="list-style-type: none"> • Flechas excesivas • Torciones • Dilataciones • Retracciones • Fisuras 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de temperatura • Esbeltez • Malas prácticas constructivas • Impactos
QUÍMICA	<ul style="list-style-type: none"> • oxidaciones • Cavidades • Fisuras • Desprendimiento del material • Pérdida de propiedades químicas y físicas • Pérdida de color • Contaminación • Presencia de sulfatos • Polvo de óxido 	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de agua • Contacto con distintos materiales de diferente carga eléctrica • Contaminación química • Presencia de sustancias químicas • Exposición a sales minerales • Proceso involutivo • Clima
CONSTRUCTIVA	<ul style="list-style-type: none"> • Distorsión en la forma estructural • Distorsión en las dimensiones de la sección en los elementos • Malas posiciones durante el montaje • Malas soldaduras • Malas uniones en los elementos • Malos dimensionamientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Malas prácticas constructivas • Errores en el diseño • Errores humanos • Errores de fabricación

Para establecer una intervención oportuna dentro de una estructura de acero resulta muy importante identificar de la manera más acertada el tipo de lesión existente en el elemento estructural, ya que, los tratamientos de reparación parten de la identificación de la lesión producida. El diagnóstico dado por parte del personal encargado deberá ser a través de inspecciones visuales y técnicas. Como se mencionó anteriormente, en un mismo elemento estructural se puede encontrar varias lesiones, por lo tanto, resulta primordial saberlas identificar.

2.3 Agentes patológicos en las estructuras de acero

La presencia de una patología en cualquier tipo de estructuras está dada por diferentes agentes que desencadenan su forma. Generalmente estos agentes aparecen cuando se exponen a diferentes ambientes que terminan por ser dañinos. A continuación,

describiremos los diferentes ambientes y factores patológicos que pueden afectar a una estructura de acero.

2.3.1 Ambientes naturales.

A un entorno natural se lo denomina como la agrupación de componentes químicos, físicos y biológicos externos. Además, dicho ambiente abarca todas las condiciones climáticas y atmosféricas donde se desarrolla la vida humana. Aquí podemos encontramos con todas y cada una de las construcciones hechas por el hombre, las cuales, sin excepción, son afectadas de alguna u otra manera por sus implacables condiciones. (Corrales et al., 2018)

Las estructuras de acero no están ajenas a sufrir daños por parte del ambiente natural. Por las propiedades de su material, son más susceptibles a mostrar patologías que puedan afectar su integridad. En la siguiente parte detallaremos las afecciones que pueden desarrollarse al estar expuestas a este entorno:

Exposición a lluvias

Como ya es de conocimiento; la presencia de agua en las estructuras metálicas puede causar la afección que más acontece en este tipo de estructuras, como lo es la corrosión. En una edificación que está expuesta al aire libre, resultaría imposible evitar que sea alcanzada por las lluvias. al no contar con una adecuada protección contra este fenómeno climático, la estructura estaría expuesta a un agente patológico que resulta ser muy dañino, especialmente para estructuras de acero. (Corrales et al., 2018)

Para evitar que las lluvias se conviertan en un factor patológico para las estructuras, existen métodos que contrarrestan esta afección como: diseño de cubiertas que cubran toda la estructura, diseños en los que se evite el estancamiento de agua y pinturas o recubrimientos que evite la penetración de agua.

Exposición al sol

Una estructura de acero envejece mucho más rápido cuando está expuesta a los rayos del sol. Para que la exposición al sol se convierta en un agente patológico en estructuras de acero, se deben sumar otros factores como la falta de mantenimiento, falta de protección, erróneos diseños en cubiertas, etc.

Una prolongada exposición a los rayos solares trae consigo un aumento de temperatura. Este aumento de temperatura no es suficiente para que en estructuras de acero ocurran dilataciones, pero si es un factor que ayuda, a que ocurra en piezas pequeñas, en las que su resistencia al calor es mucho más baja. (Suárez et al., 2014)

La exposición al sol trae consigo un descoloramiento en elementos que no cuentan con algún tipo de capa protectora. Los elementos estructurales que no cuentan con este tipo de protecciones son más susceptibles a sufrir lesiones como erosiones, corrosión, pérdida de brillo, etc. Cuando la penetración de los rayos solares en los elementos es muy elevada, estos pueden llegar a sufrir pérdida de su capa protectora como pintura o antioxidantes, que daría pauta al inicio de patologías en el material, lo cual, un buen mantenimiento sería la mejor solución para evitar problemas mayores. (Suárez et al., 2014)

En general la afección del ambiente natural es casi inevitable en estructuras de cualquier tipo y material. Un adecuado y constante mantenimiento es la solución más viable para que este tipo de afecciones no se conviertan en factores que desencadenen patologías que conlleven a problemas mayores.

Ambientes marinos

Uno de los ambientes naturales más agresivos a los que puede estar expuesta una estructura metálica, son los marinos, debido a la presencia de agentes destructivos como cloruros, dióxido de carbono, sulfatos, oxígeno, entre otros. Estos agentes bajo condiciones

de exposición logran formar problemas patológicos como corrosión del acero de refuerzo, carbonatación, y expansión por ataque de sulfatos. (Suárez et al., 2014)

Ambientes tropicales

Al clima tropical húmedo se lo conoce por ser un hábitat agresor para metales, causado por los datos muy altos registrados anualmente de tiempo de humedad, lo que proporciona las condiciones para provocar corrosión muy rápidamente, inclusive con la provocación de contaminantes en bajos niveles, en relación con los diferentes ambientes templados (Suárez et al., 2014).

Para contrarrestar los efectos de un clima tropical en estructuras metálicas los autores (Corrales et al., 2018) señalan que las pinturas constituyen desde un criterio técnico económico la opción más rentable para contrarrestar el problema corrosivo en elementos metálicos. En ambientes con alta agresividad, generalmente se perfecciona con tratamientos de protección catódica, normalmente por corriente impresa o ánodos de sacrificio. Las exigencias esenciales para elegir el sistema de pintura son las características del sustrato y del ambiente agresivo, tratamiento existente, aplicación, equipos, seguridad, toxicidad y durabilidad.

2.3.2 Ambientes constructivos.

Cuando hablamos de ambientes constructivos nos referimos a todas las actividades y fases por las que pasa la construcción completa de una obra. Un entorno constructivo se torna patológico cuando existen malas prácticas dentro de él que llegan afectar a la estructura de manera directa o indirecta.

No todas las actividades dentro de la construcción se las puede realizar cien por ciento perfectas, por lo que, se han establecido tolerancias constructivas con el propósito de regular estos errores. Dentro de las normativas constructivas se puede encontrar algunas de las tolerancias dimensionales y procedimientos a seguir para llevar a cabo una construcción en

acero, libre de errores. Por ejemplo, en la norma peruana (N.090: Estructuras Metálicas) se estipula que se aceptan variaciones dimensionales generales terminadas de las estructuras, tales variaciones se considerarán que estén dentro de los límites de una buena práctica de montaje cuando ellas no exceden los efectos de las tolerancias de laminación, tolerancias de fabricación y tolerancias de montaje.

Desde el punto de vista de Hernández (2014) dentro de un estudio patológico se identificaron una gran cantidad de posibles causas de los daños, sin embargo, en el análisis de las causas se ha evidenciado que las patologías surgen en gran medida por los errores en mano de obra, por la falta de fiscalización, errores en la supervisión de actividades, sin tomar en cuenta los errores propios de los materiales. En los errores causados por mano de obra podemos encontrar que también es común que la falla de los materiales se desarrolle por un inadecuado de estos. A continuación, se pone en contexto algunos aspectos:

Falta de fiscalización

Dentro del proceso constructivo, las normativas exigen que la construcción se realice tal como se planteó en el diseño, lo cual, se propone un conjunto de controles de calidad que deben ser garantizados y realizados por el constructor, los cuales deben tener una inspección técnica externa para verificar estos procesos. Si el constructor cumple de manera correcta con las exigencias planteadas por la legislación, se logrará evitar errores que conlleven al inicio de patologías en la construcción de obras. (ITEA, 2014)

En la normativa AISC 360-10 señala que debe existir una responsabilidad técnica para el contratista, fiscalizadores, proveedores, y mano de obra calificada para la construcción. Dentro de las responsabilidades técnicas no se establecen tolerancias, ya que, esto se debe cumplir a cabalidad sin dejar ni un solo detalle constructivo sin supervisión. En la norma ecuatoriana NEC-SE-AC estipula que el Plan de Control de Calidad (PCC) incluye aquellos trabajos de inspección realizados por el Contratista para asegurarse que el material, los

procesos y la mano de obra de ejecución empleados cumplan con los requisitos de calidad del proyecto. Además, el contratista deberá presentar al fiscalizador los siguientes documentos:

- Planos de fabricación
- Planos de montaje
- Procedimientos y revisión de soldadura según el código AWS-D1.1
- Certificados de los ensayos no destructivos según el código AWS-D1.1 de ser el caso

Falta de mantenimiento

Esta es quizá la causa más frecuente por la que se presentan patologías en estructuras no solo de acero, si no de cualquier material. El mantenimiento es la actividad que se debe considerar desde el diseño previo de la obra hasta su etapa final. La vida útil y deterioro de una estructura depende muchísimo de la calidad del mantenimiento que se le proporciona.

Un mantenimiento apropiado sobre una construcción garantiza una prolongación de su vida útil, o bien, una reducción en su etapa del deterioro. Las características y reparaciones dependerán estrictamente de la tipología constructiva, época y materiales que se emplearon para su construcción. En lo que se respecta al mantenimiento de estructuras de acero las más comunes son; evitar el estancamiento de agua, protecciones contra los agentes climáticos, retiro de la capa de oxidación superficial en los elementos, entre otros. (ITEA, 2014)

Malas prácticas constructivas

Generalmente la mala práctica constructiva se deriva por una mala mano de obra. Si no se cuenta con mano de obra certificada y calificada para el desarrollo de las obras se

obtendrá un mal producto, independientemente si se generó un buen diseño o se utilizó normativas adecuadas.

Las estructuras metálicas al ser conformadas por elementos pre fabricados en talleres, la colocación in situ se limita a actividades como montaje, uniones y soldaduras entre elementos. Precisamente ahí es donde se producen errores por parte de la mano de obra, podemos encontrar soldaduras mal hechas que pueden presentar fisuras, falta de homogeneidad o burbujas internas. además, hallamos uniones erróneamente diseñadas y piezas mal montadas. (Latorre Delgado, 2015)

2.3.3 Factores químicos.

Los agentes químicos constituyen una fuente de afecciones que se agravan progresivamente si no se controlan las causas que las originaron y las circunstancias que las mantienen vigentes.

Los gases ácidos de la atmósfera en los centros urbanos y el agua que pueden actuar como solventes de ciertas sustancias, conforman causas esenciales de un gran conjunto de deterioros ocasionados por el fenómeno de la oxidación que sucede en virtud de la tendencia de los elementos metálicos particularmente, a volver a su estado natural estable, tomando para ello oxígeno del agua, de la atmosfera, de la lluvia, del suelo o de otro material con el cual esté en contacto. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Los procesos de corrosión pueden también ser de origen electroquímico, los cuales se forman cuando dos materiales de diferentes cargas eléctricas se encuentran en unión directa en presencia de la humedad del ambiente o de otras sustancias contenidas en el polvo acumulado en sus áreas, con ello el material más electronegativo se corroe y se va disolviendo gradualmente hasta desaparecer en el área afectada por dicha patología. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

2.3.4 Factores físicos.

Los agentes físicos son aquellos condicionantes de origen natural que pueden causar patologías en estructuras de forma individual o en muchos de los casos, su acción colectiva genera impactos más agresivos, en el siguiente apartado podemos nombrar los siguientes:

El agua

La presencia de agua en estructuras de acero causa deterioros y acorta la vida útil de la obra. Es un agente destructivo que ataca a las construcciones de forma general por acciones como la absorción de la lluvia por los materiales expuestos a la intemperie, capilaridad en el interior de muros o a través de pisos, filtraciones en cubiertas, ya sea por goteo de cañerías averiadas o con uniones deficientes. El agua a presión (causada por tuberías rotas) dentro de las obras puede ser muy riesgoso, causaría erosión en algunos elementos y afecciones muy importantes como la corrosión en caso de las obras metálicas.

En obras civiles la presencia de agua es muy común, incluso en nuestras viviendas. Según Quintero et al. (2013) las aguas negras son más peligrosas por el contenido de sustancias que generan malos olores, aspecto no agradable y son focos infecciosos para las personas. Los daños físicos causados por la abrasión hidráulica se evidencian más al combinarse con sustancias químicas como los álcalis o ácidos, contenidas en el medio ambiente y/o en los mismos materiales.

El viento

El viento consigue ocasionar efectos de abrasión en los materiales expuestos al aire libre, ocasionando deterioros en aquellos más sensibles. Tales efectos dependen, por una parte, de las propiedades físicas del material como resistencia al desgaste y la durabilidad, por la otra, de la frecuencia e intensidad del efecto abrasivo al cual están sometidos. Sin embargo,

ciertos materiales como los metales, son habitualmente inalterables a la abrasión por el viento, por otro lado, los revestimientos de mortero pueden resultar susceptibles y erosionarse, en especial cuando su efecto se combina con la lluvia y/o la arena. (QUINTERO et al., 2013)

La temperatura

Los cambios de temperatura, producen deterioros físicos como las fisuras o cambios químicos en su conformación como, por ejemplo: la cristalización. En ciertas zonas donde se dan muy bajas temperaturas, el ciclo de congelación-deshielo origina efectos destructivos.

A menudo, en estructuras metálicas el ambiente frío o bajas temperaturas se relacionan con fracturas frágiles, en el diseño y desarrollo del acero está comprendida la deformación resultante, usualmente cuando el material sufre un movimiento brusco las dimensiones laterales se acortan, esto se debe al efecto Poisson, el elemento de acero se separará sin desplegar ampliamente su potencial de calidad, la cual se denomina como fractura o rotura frágil que se inicia por una grieta en uno de los elementos.

Por otro lado, los efectos de temperaturas altas en estructuras metálicas se manifiestan por la pérdida de resistencia. La disminución de resistencia es muy evidente a altas temperaturas (incendios) donde se observa que la característica de la resistencia es solamente el 15% de la resistencia a temperatura normal o ambiente normal. De acuerdo con Grau (2007) los perfiles metálicos manifiestan un inapropiado comportamiento en exposición al fuego, mostrando resistencia sin deformarse de forma peligrosa mucho más rápido que las estructuras de hormigón armado, madera o ladrillo. La protección consiste en un recubrimiento de materiales refractarios proyectados, o bien en el aislamiento de los elementos metálicos en cuerpos más resistentes al fuego.

2.3.5 Factores propios del material.

En lo que se refiere a los agentes que pueden desencadenar una patología en elementos metálicos y que son propios del material, hace referencia a los consecuentes de sus propiedades físico-mecánicas, es decir, dentro de un diseño estructural, un elemento de acero es susceptible a sufrir deformaciones por su propio peso debido a su ductilidad. Por otro lado, podemos encontrar roturas ya sea de forma frágil o por fatiga en elementos que están sujetos a cargas cíclicas.

Por otra parte, los elementos metálicos al ser un producto fabricado industrialmente, nos podemos encontrar con factores patológicos como; errores de producción o defectos adquiridos dentro de su creación que hacen que un elemento de acero no se ajuste a las propiedades físicas establecidas por la fábrica. Generalmente estos errores suelen ser enfriamientos bruscos, incorrectas aleaciones entre hierro y carbono o muchas de las veces cambios en el dimensionamiento de la sección transversal. (ITEA, 2014)

2.4 Reconocimiento de patologías en estructuras de acero

Dentro de un proceso patológico resulta muy importante saber identificar cuáles son las causas que conllevan a que enferme una estructura. El tener claro el panorama patológico facilita la toma de decisiones para los profesionales encargados, siempre y cuando planteen una metodología adecuada, en la cual, tomen en cuenta las herramientas necesarias para el reconocimiento de estas patologías. A continuación, detallaremos algunas técnicas y equipos que ayudan a la identificación de patologías en estructuras de acero:

2.4.1 Técnicas de reconocimiento.

Dependiendo del motivo que provoque realizar una inspección a una estructura, se hará necesario aplicar técnicas de evaluación que vayan de lo más sencillo a lo difícil, de esta manera permitiendo comprender la naturaleza y origen de las patologías. En cualquier caso, se necesitan los conocimientos y criterios de parte de los profesionales encargados de la

evaluación puesto que del criterio y responsabilidad de sus apreciaciones podrán derivar procesos de intervención para la estructura.

Las técnicas o métodos para el reconocimiento de patologías en estructuras de acero se clasifican en dos grupos, como lo señala Latorre Delgado (2015) podemos encontrar los siguientes:

1. Técnicas no destructivas

Este tipo de técnicas hace referencia a los métodos que, durante su proceso, no llegan afectar a las estructuras de manera significativa, es decir, su objetivo es identificar patologías sin que estas actividades afecten de manera física, mecánica o química al elemento evaluado. Varias normas y códigos como (AISC-360), (ASME-V) y (AWS D1.1) regulan los procedimientos y requerimientos que se necesitan para ejecutar las técnicas no destructivas. Entre las más utilizadas tenemos:

- *Inspección preliminar*; la intención de esta técnica de inspección es el de analizar de manera temprana o inicial las circunstancias en que se localiza una estructura. Consiste en transitar la construcción y mediante una observación profesional y técnica desarrollar un análisis claro y preciso del estado general de la estructura, valorar el tipo de complicaciones que se están presentando para determinar si es necesario una inspección más rigurosa. (Latorre Delgado, 2015)

En ocasiones la inspección preliminar puede establecer la utilización de una investigación más detallada y radical.

- *Inspección visual detallada*; Este tipo de técnica de inspección solicita de un gran conjunto de información sobre las particularidades del elemento a ser examinado, para que el análisis sea más acertado sobre las indicaciones. Está ampliamente demostrado que cuando se emplea esta técnica como forma de prevención, se encuentran problemas que pueden ser mayores en los pasos derivados de producción o mientras

se da el servicio del elemento individual o en forma general como estructura. La intención de ejecutar un detallado catálogo de los deterioros a través de un levantamiento, es el establecer el nivel de afección de la estructura por tales efectos, además de permitir la cuantificación de la rehabilitación. (Latorre Delgado, 2015)

El Recuento fotográfico o evidencia fotográfica es una herramienta primordial en esta técnica, se debe realizar un levantamiento fotográfico lo más detallado posible y relacionado con la inspección de daños a través de fotografías que respalden cada patología con una breve descripción de ella marcando como referencia el lugar que le pertenece dentro del área en consideración.

- Inspección por sustancias; La inspección por sustancias o líquidos penetrantes es utilizada para revelar y exteriorizar discontinuidades que brotan a la superficie de los materiales inspeccionados. De forma general, esta técnica se basa en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie del elemento que se está examinando, el cual penetra en las discontinuidades del material debido al fenómeno de capilaridad. (Latorre Delgado, 2015)

Dentro del código ASME- señala que los líquidos penetrantes se deben utilizar exclusivamente para identificar fisuras en las soldaduras que se encuentran de manera superficial de entre 8mm a 100mm, para tener información más profunda (mayor a 100mm) se debe realizar una radiografía industrial X-ray

- Inspección por radiografía; esta técnica hace referencia a una forma de inspección no destructivo de tipo físico, creado para revelar discontinuidades macroscópicas y diversificaciones en la estructura interna o conformación física de un material.

Este método de reconocimiento se basa en la relación entre la materia y la radiación electromagnética. Normalmente cuando un elemento se expone a la energía

de los rayos X o gamma, éste los recoge de manera proporcional a su espesor, configuración y densidad. (Latorre Delgado, 2015)

En la normativa AWS-D1.1 señala que dentro del análisis de soldaduras por medio de RT deberán ser alargadas o redondeadas independientemente del tipo de discontinuidad, si la discontinuidad excede 3 veces su ancho se deberá aplicar correcciones.

- Inspección por ultrasonidos; este es un procedimiento del tipo mecánico, que nace de la impedancia acústica, con lo cual se consigue conocer el resultado de la velocidad máxima de transferencia de una onda sonora determinada entre la densidad de un elemento o material. Usualmente se emplea un instrumento electrónico que genera una onda ultrasónica que pasa a través de un cerámico piezoeléctrico y que posee la cualidad de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Dentro de la normativa AWS-D1.1 dicta que los requerimientos para aplicar un UT deben ser que las ranuras o fisuras mantengan espesores de entre 5/11 pulg y 8pulg la prueba debe realizarse conforme a los estándares establecidos en el Anexo Q (AWS-D1.1) y prohibido realizar la prueba para tubos con conexiones en T, Y o K.

- Inspección por partículas magnéticas; esta técnica es muy común en elementos ferromagnéticos debido al uso de campos magnéticos. Esta técnica permite la inspección superficial de los elementos, permitiendo la identificación tanto de grietas como otras anomalías.

Esta es una técnica de inspección mucho más rápida en comparación a los líquidos penetrantes ya que consisten en aplicar partículas o polvo magnético sobre una superficie que ha sido magnetizada. Las partes de la superficie que presenten alguna anomalía o grietas, el campo magnético provocara distorsiones en las

partículas. Las cuales producirán indicaciones visuales que permitan identificar las patologías buscadas. (Latorre Delgado, 2015)

En la normativa AISC-360 señala que este ensayo no destructivo solo puede ser empleado para detectar ranuras o fisuras que tengan un grosor estimado mayor a los 4mm

2. Técnicas destructivas

Cuando se habla de técnicas destructivas se hace referencia a los ensayos que se realizan a un material con el propósito de analizar y detectar posibles anomalías en los elementos estructurales. Los cuales, en su proceso afectan al material de manera irreversible de forma física, mecánica o química. A continuación, tenemos las siguientes técnicas destructivas que se practican en estructuras de acero:

- Ensayo de tracción; usualmente este método se utiliza para determinar el rendimiento y resistencia a cargas finales. Consiste en someter al elemento a fuerzas de tracción hasta su punto de cadencia, con ayuda de máquinas especializadas se puede saber con exactitud el punto de rotura o falla y analizarlo en comparación a otros estudios o diseños. (Latorre Delgado, 2015)

Generalmente este tipo de ensayos se los realiza en laboratorios especializados con máquinas de alta tecnología. Las muestras de los materiales analizados pueden ser de forma cilíndrica o placas con dimensiones normalizadas. Dependiendo del país y tipo de proyecto variaran en ciertos puntos las normativas encargadas de regular estos ensayos.

- Ensayo de resiliencia; también conocido como ensayo de impacto, mide la capacidad de un material para absorber o resistir la aplicación de una carga de manera súbita sin llegar a fallar. Como expresa Latorre Delgado (2015) en diversas operaciones de manufactura, así como durante la vida útil de los elementos estructurales, los

materiales sufren impacto o carga dinámica. La prueba de impacto generalmente se emplea para identificar y analizar la fragilidad de un material bajo estas situaciones.

Dentro los métodos más reconocidos para este tipo de ensayos están los de Izop y Charpy, este último especializado para elementos metálicos. Una prueba de impacto común se basa en colocar una probeta con una muesca en una máquina especializada de impacto y romperlo con un péndulo oscilante. El ensayo de impacto se utiliza con el propósito de establecer la temperatura de transición dúctil-frágil de los materiales que son utilizados como elementos estructurales.

- *Ensayo de dureza*; la dureza en un material es la resistencia que presenta frente a una rayadura o penetración de otro material. Normalmente un ensayo de dureza consiste en ir introduciendo un cuerpo de forma esférica o cónica, por el efecto que produce una fuerza determinada durante un tiempo establecido sobre el cuerpo o elemento que se está analizando. (Latorre Delgado, 2015)

La utilización del ensayo de dureza permite conocer las características de un material o elemento, tales como su ductilidad, resistencia al desgaste y fuerza.

Además, ayuda a establecer si un material o el tratamiento de un material es apto para el propósito requerido.

2.4.2 Equipos de reconocimiento.

Podemos definir como equipo de reconocimiento al instrumento, aparato o herramienta física que sirve para el reconocimiento de patologías, independientemente de la técnica o método que se utilice para tal actividad. En este siguiente apartado detallaremos algunos de los equipos utilizados para el reconocimiento de patologías en estructuras de acero:

Yugos electromagnéticos.

Son equipos utilizados dentro de las técnicas no destructivas, son parte de los ensayos de inspección por partículas magnéticas. Su funcionamiento se basa fundamentalmente en los campos magnéticos que son producidos por un electroimán. En la actualidad estos yugos electromagnéticos cuentan con diseños más rentables que favorecen su utilización en zonas difíciles de llegar, cuentan con una reducción de su peso para favorecer las inspecciones en altura. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Figura 19

Yugo Electromagnético



Nota. Yugo electromagnético. Tomado de Magnaflux C.A

Endoscopios

Los endoscopios y boroscopios son ampliamente utilizados dentro de las inspecciones visuales detalladas, son equipos fácilmente maniobrables y ligeros. Cumplen la misma función que los endoscopios médicos, pero con diferencia que estos son utilizados en mecánica automotriz, construcciones y talleres. Su funcionamiento se basa en dirigir una luz clara y nítida por medio de cavidades donde resulta imposible hacer una inspección visual normal, gracias a lentes oculares en la punta del instrumento se pueden revelar imágenes a través de pantallas de equipo.

Los componentes físicos de un endoscopio al igual que los boroscopios (Figura 20) son lentes oculares en la punta que se encargan de captar las imágenes y son transmitidas por conductos largos y flexibles que llevan las imágenes hacia una pantalla. Hoy en día se

perfeccionan la calidad y nitidez de las imágenes con desarrollo tecnológico que resultan muy cotizadas dentro del mercado.

Figura 20

Boroscopio de 184 x 135



Nota. Tomado de Máquinas y Herramientas A.

Equipos de radiografía industrial

Pertencen a las técnicas no destructivas, son equipos que detectan defectos en los materiales a través de rayos x o rayos gama. Dentro los modelos se encuentran los portátiles y fijos. Dependiendo de la necesidad y del coste se hará uso de ellos.

- Portátiles: Los equipos portátiles de rayos x están diseñados para poder ser llevados al sitio donde se encuentra el elemento a analizar. Cuentan con componentes electrónicos seguros y modernos que generan imágenes de calidad. La mayoría de los equipos portátiles como se observa en la Figura 20 cuentan un tuyo de rayos, un generador y una consola de control, dependiendo del fabricante estos podrán ser de rayos x o rayos gama.
- Fijos: Normalmente estos equipos son de gran tamaño y peso, como su nombre lo dice son equipos fijos que no se pueden mover, por lo que los materiales que se van analizar deben ser llevados al laboratorio donde se encuentren estos equipos. La mayoría de estos equipos cuenta con una gran cabina plomada, un puesto de mando y varios tubos de rayos. Su costo es muy elevado por lo que solo laboratorios se dedican a prestar estos servicios.

Figura 21

Equipos de radiografías industrial



Nota. Tomado de SCI Control e Inspección.

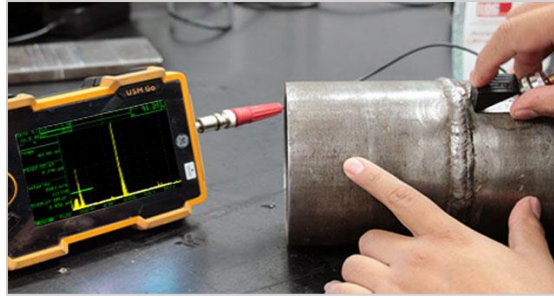
Ultrasonidos automáticos

Son equipos que utilizan una serie de ondas mecánicas generalmente longitudinales cuya frecuencia es imperceptible para el oído humano. Están empleados dentro de las técnicas no destructivas, generalmente se lo utiliza para conocer el estado de las soldaduras en estructuras de acero. En la actualidad estos equipos utilizan la tecnología “*Phased Array*” que no son más que antenas en fase. Este modelo de inspección ha producido un considerable avance, tanto en el modelo de trabajo como en la ejecución del mismo. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Dentro de la normativa AWS-D1.1 señala que los equipos utilizados para realizar ultrasonidos deben ser de tipo pulso-eco para utilizar transductores que oscilen frecuencias entre 1 y 6 megahercios. En la figura 22 se observa un equipo de ultrasonido con frecuencias de entre 1 y 6 MHz

Figura 22

Equipo de ultrasonido



Nota. Tomado por ARCO WELD

Máquinas de ensayo

Las máquinas de ensayo son instrumentos que se utilizan cuando las técnicas de reconocimiento se tornan destructivas. Dentro de estas podemos encontrar la máquina de ensayo a tensión, a compresión e impacto. Generalmente estas máquinas se encuentran en conjunto en laboratorios especializados, por lo que podríamos decir que son equipos fijos. Son utilizados para comprobar y analizar propiedades físico-mecánicas de elementos de acero, madera, hormigón, entre los más destacados. Este modelo de máquinas se fundamenta principalmente en la aplicación de cargas que, dependiendo del análisis a estudiar, estas pueden ser a tensión, a compresión o impacto. En algunos casos estas máquinas presentan tecnología que permite dar resultados muy acertados sin necesidad de cálculo por parte de los técnicos. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

2.4.3 Análisis de información reconocida.

La información obtenida después de aplicar las técnicas de reconocimiento a patologías en estructuras con la ayuda de los quipos necesarios, es el resultado de un proceso meticuloso realizado por técnicos especialistas. La información recolectada proporciona un panorama muy amplio de la situación patológica existente en la estructura intervenida. A partir de esto se comienza un análisis técnico en el cual se plantean soluciones o tratamientos para combatir con las lesiones encontradas dentro de la estructura. La obtención de una correcta información es el inicio de un tratamiento adecuado, así mismo, la obtener una mala

información puede causar que las patologías en la estructura empeoren o se ignoren por falta de criterios.

Dentro del compendio de la información obtenida podemos encontrar una variedad de datos que son el resultado de los ensayos aplicados para el reconocimiento de patologías. Además, podemos ver una amplia galería de evidencias fotográficas que, sin duda, son los registros más abundantes dentro de un estudio patológico. A continuación, describiremos la variedad de información que se consigue encontrar como resultado de un estudio patológico:

- Evidencias fotográficas; Dentro de un estudio patológico las evidencias fotográficas es el tipo de información más importante, ya que, la obtención de datos técnicos o información proporcionada por equipos de reconocimiento no tendría validez sin un respaldo evidente como lo son las fotografías. Sin dejar de lado que, el criterio profesional de parte de los técnicos encargados es el sustento de toda información recolectada. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

La recolección de la evidencia fotografía se pueda organizar de mejor manera con ayuda de organizadores digitales, en los cuales se clasifica y etiqueta como mejor parezca al personal encargado. Generalmente las herramientas utilizadas para recolectar este tipo de información son cámaras digitales, celulares inteligentes, etc.

- Datos técnicos; Este tipo de información es proporcionado por los equipos que son utilizados dentro de los diferentes ensayos. Dentro del estudio patológico en una estructura de acero podemos encontrar datos técnicos como: puntos de rotura obtenidos por ensayos a tensión, discontinuidades en la soldadura de un elemento dados por un ultrasonido o fisuras en el material detectadas en una radiografía industrial, entre otras. (Latorre Delgado, 2015)

El criterio técnico de parte de los profesionales encargados es esencial para que los datos técnicos se tornen importantes dentro de un estudio patológico.

Relacionar los datos obtenidos por los ensayos con la demás información es la pauta para la toma de decisiones en un estudio técnico.

- *Información complementaria*; dentro la información complementaria podemos encontrarnos con apuntes, croquis, planos o estudios ambientales relacionados con la estructura intervenida. Generalmente este tipo información es proporcionada por los técnicos encargados, previo a la realización de inspecciones detalladas o ensayos de reconocimiento. El conocer como está funcionando una estructura y la relación que tienen con los diferentes ambientes a su alrededor, proporciona ideas claras dentro de un estudio patológico. (Latorre Delgado, 2015)

El análisis de información obtenida dentro de un estudio patológico se debe realizar en conjunto con los profesionales que intervinieron en la construcción de la estructura. Como se mencionó anteriormente, de la información obtenida surgen los tratamientos que se le debe aplicar a la estructura afectada. La oportuna intervención en una estructura que está siendo afectada por patologías, puede significar el ahorro de costos ya sea por mantenimiento o tratamientos. Además, se podría evitar pérdidas humanas en caso del colapso estructural.

2.5 Tratamiento e intervención de patologías

2.5.1 Concepto.

La palabra “tratamiento” hace referencia al conjunto de medios, métodos o actividades que se utilizan para aliviar o curar alguna cuestión o cosa. Dentro de la ingeniería civil, el tratamiento no es más que el conjunto de operaciones que tienen como propósito fundamental la eliminación o reducción de las lesiones que están afectando cualquier tipo de construcción.

Dentro de un estudio patológico, el tratamiento es la respuesta que se genera una vez abordado todos los puntos de vista técnicos y económicos que, de alguna u otra manera

afectan a las estructuras analizadas. Al igual que las técnicas de reconocimiento e información obtenida, el tratamiento es sustentado bajo el criterio profesional de los técnicos encargados. La elección del mejor tratamiento para una patología estructural está fundamentada, por un lado, en el tipo de enfermedad que está afectando y por el otro, la calidad y cantidad de recursos disponibles para su intervención.

Desde el punto de vista de Latorre Delgado (2015) el tratamiento de una patología estructural implica abordar todas las causas cuando sea posible, protegerlas de ellas, reforzar cuando sea requerido, reducir los factores que pueden desencadenar patologías a través de la relajación de acciones, disminución de las cargas o cambios de diseño y en última instancia, corregir las lesiones con la aplicación de tecnologías y recursos disponibles en el mercado, tomando en cuenta siempre la mejor alternativa sustentable para su intervención.

Cuando se llega a entender por completo un proceso patológico, se puede llegar a abordar las soluciones o tratamientos que no deben limitarse a una simple reparación de una lesión. Se debe abordar todo el conjunto de factores que han desencadenado y mantienen la vigencia de la enfermedad, es decir, todo el problema patológico en general.

Varios autores como Jelpe & Padilla (2009) entre los más destacados, señala que, el tratamiento de una patología en estructuras de acero, es la aplicación de procesos consecutivos que se deben seguir para erradicar dicha enfermedad. Sin embargo, hay patologías en las que, aplicando parte de los procedimientos dictados sería suficiente para detener su desarrollo. Por tal motivo, en la presente investigación clasificaremos al conjunto de procedimientos en dos partes: tratamientos parciales y totales.

2.5.2 Tratamientos parciales.

Como ya se describió anteriormente, el tratamiento de una patología se debe enfocar, además de la eliminación de las lesiones, en combatir todos los factores y ambientes patológicos que produjeron su desarrollo. No obstante, existen tratamientos parciales que se

enfocan en contrarrestar patologías que afectan de manera superficial a una estructura, es decir, patologías que se pueden erradicar con unos simples procedimientos sin la necesidad de recurrir a técnicas de reparación más invasivas. A continuación, describiremos algunos de los tratamientos parciales que se pueden ejecutar en una estructura de acero:

Limpieza física o mecánica

Quizá este sea el tratamiento más simple que se le puede aplicar a una estructura metálica, pero de las más eficaces, a la hora de prevenir patologías más destructivas. Este tipo de tratamiento consiste en la simple limpieza de los elementos estructurales que están expuestos a la intemperie y que por lo general son atacados por factores climáticos y físicos como lluvia, suciedad, polvo, etc. Generalmente este tratamiento solo es efectivo si el diagnóstico técnico declara que los elementos estructurales no han sufrido lesiones internas o que afecten a su integridad. Dependiendo del tipo de afectación superficial que ataca al elemento, podemos encontrar algunos métodos de limpieza como:

- *Limpieza con fuego*; Esta acción radica en deslizar sobre la superficie de acero un soplete oxiacetilénico de manera rápida y a una temperatura elevada. La rapidez de pasar el soplete por la superficie es muy importante, la oxidación superficial y otros elementos orgánicos que se han pegado al elemento, se quemarían y desprenderían al contacto con el fuego, sin embargo, al permanecer mucho tiempo el soplete sobre la superficie de acero, este llegaría a provocar dilataciones que resultarían muy dañinas para la estructura. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)
- *Limpieza por chorro abrasivo*; esta limpieza consiste en liberar pequeñas partículas a gran velocidad con la ayuda de aire comprimido o agua, de tal manera que salida de estas partículas provoque abrasión en el material no deseado y se desprenda del

elemento intervenido. Normalmente el uso de arena fina para este procedimiento es muy común. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Limpieza química

Al igual que el tipo de limpieza física, esta consiste en mantener limpia la superficie con la diferencia que se utilizan materiales o sustancias químicas para su propósito. Los disolventes químicos son sustancias que permiten que este tipo de tratamiento sea posible. Debido a los avances tecnológicos existen una variedad de disolventes que son utilizados en piezas metálicas, las cuales mencionamos a continuación:

- Disolventes orgánicos; son los más empleados dentro de esta actividad. Su uso se enfoca en la disolución y remoción de materias primas, orgánicas o materiales residuales. Hoy en día se lo considera a este disolvente, como un material no amigable con el medio ambiente debido a su composición química además de ser inflamable y toxico. Entre los más utilizados tenemos: naftas, white, mineral spirit, xilenos, tolueno, benceno, turpentina, hidrocarburos alifáticos, etc. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)
- Disolventes ácidos; son compuestos inorgánicos que tienen una composición química muy completa, por lo que resultan muy útiles dentro de la industria. En muchas ocasiones se los combina con alcoholes o disolventes de grasas y sustancias humectantes que reducen la tensión superficial.

A pesar de que este tratamiento se realiza en base a compuestos químicos, no llegan afectar la composición química del elemento que se está interviniendo, por lo tanto, resulta rentable su utilización. Siempre se realizan estas limpiezas con el fin de despejar de suciedad las superficies afectadas y dar paso al recubrimiento del elemento estructural con

esmaltes o pinturas protectoras. El no realizar este último proceso provocaría un tratamiento parcial erróneo. (Monjo Carrio & Maldonado Ramos, 2001)

Protección catódica - Protección interna

Esta forma de protección se refiere a la aplicación de corriente eléctrica al elemento intervenido, con el propósito de prevenir y reducir la velocidad de corrosión del acero. Este procedimiento hace que el elemento de acero cree una capa protectora de óxido a través de las cargas eléctricas recibidas y por tal motivo no se corroe. (Latorre Delgado, 2015)

Es primordial que se detallen y se establezcan de manera correcta las características necesarias para la protección interna o catódica de una instalación o estructura; es fundamental establecer una adecuada atención de los medidores eléctricos y del comportamiento en general. Generalmente esta protección resulta eficiente cuando la corrosión del material no ha penetrado de manera profunda. Para que este tratamiento parcial tenga efecto a largo plazo se debe tener identificados los agentes climáticos o físicos que están enfermando al elemento y erradicar su actuación sobre la estructura.

Protección externa

La protección externa se aplica después de realizar cualquier tipo de tratamiento interno o superficial. Este tipo de protección consiste en aplicar capas protectoras a la estructura, generalmente son esmaltes o pinturas. Dependiendo de las especificaciones por parte de los técnicos, existen algunos tipos de protección externa, entre estas tenemos;

- Esmalte vítreo; este esmalte está formado por una mezcla de silicatos y pigmentos para dar color los cuales forman una capa resistente y anticorrosiva. Generalmente es aplicado en piezas de acero y hierro fundido.

- Galvanización en caliente del acero; desde el punto de vista de Latorre Delgado (2015) este tratamiento es muy eficaz y económico para proteger a las superficies de hierro o acero contra la corrosión. Genera una capa protectora muy resistente, compuesto por zinc y varias capas de aleaciones zinc-hierro mezcladas metalúrgicamente al metal base. Consiste en sumergir elementos con la superficie bien preparada en un baño de zinc fundido, logrando que queden completamente cubiertos con un recubrimiento uniforme y elegante.

El tiempo en los cuales los recubrimientos galvanizados brindan protección al acero, depende en gran medida al ambiente al que están expuestos. El zinc y sus diferentes combinaciones tienen una excelente resistencia a la corrosión atmosférica, además, es eficaz contra la corrosión producida por aguas estancadas.

- Protección con pinturas; al igual que los esmaltes, son una mezcla de materiales químicos que general capas protectoras a la estructura. En algunos casos están pinturas dan un aspecto agradable a la estructura aparte de protección.

Para la protección de estructuras metálicas podemos encontrar algunos tipos de pintura como; Pinturas al aceite que son aplicadas a estructuras expuestas a la intemperie. Pinturas alquídicas que son aplicadas a elementos estructurales vulnerables a condiciones atmosféricas marinas, rurales o industriales. Pinturas fenólicas que son aplicadas especialmente a estructuras que están sumergidas en agua, además, para la vulnerabilidad a la intemperie en entornos químicos. Pinturas vinílicas que son buenas para estructuras con exposición severa a condiciones climáticas o sumergidas en agua dulce o salada, además, son resistentes al fuego y disolventes químicos. (Latorre Delgado, 2015)

Tratamiento anticorrosivo

El riesgo de corrosión en una estructura depende de la situación estructural y al medio ambiente a la que está expuesta. Por lo que, lo primero que se debe realizar en un tratamiento de este tipo es eliminar la causa que lo está provocando, es decir, los diferentes factores patológicos que provocan corrosión en el acero como; el agua y humedad. A esta actividad se le llama eliminación de agentes, normalmente se basa en el sellado de las posibles infiltraciones de agua con materiales como silicona.

Desde el punto de vista de Jelpo & Padilla (2009) cuando ya se tenga controlado los agentes patológicos que provocan la corrosión, se puede actuar de la siguiente manera, dependiendo de los ambientes en los que se encuentra la estructura:

“En los entornos agresivos:

- *Preparar la zona utilizando un chorro de arena de grado Sa-2.5. Chorreado meticuloso. Se retira casi toda la capa de laminación, el óxido desprendido y las partículas no deseadas. La zona superficial se limpiará con aire comprimido seco, con aspirador de polvo o cepillo limpio.*
- *Imprimación epoxi rica en zinc, con grosor de 23 μ de la capa de protección seca*
- *Con lamina gruesa intermedio epoxi con espesor de 80 μ de capa seca*
- *Con esmalte epoxi de acabado de 40 μ de grosor*

En los entornos regularmente agresivos:

- *El St.3 raspado, lijado de forma manual con cepillo de acero, lijado a máquina manera minuciosa. A través del tratamiento se retirarán las capas libres de laminación, las partículas extrañas y el óxido. Después se limpiará la zona superficial con un aspirador de polvo, un cepillo limpio o aire comprimido seco. Por lo tanto, debe obtener un brillo metálico claro.*
- *Imprimación con cloro caucho, con grosor de 35-50 μ de la capa de protección seca*

- *Con lamina gruesa intermedia de cloro caucho con un grosor de 45 μ de capa seca*
- *Con lamina de acabado de cloro caucho con 35-40 μ de grosor de pintura*

En los entornos normales o neutros:

- *El St.2.5 raspado, lijado de forma manual con cepillo de acero, cepillado a máquina, esmerilado a máquina, etc. de una manera minuciosa. Mediante el tratamiento se retirarán las capas libres de laminación, las partículas extrañas y el óxido. Después se limpiará la zona superficial con aire comprimido limpio aspirador de polvo o un cepillo limpio. Por lo tanto, deberá obtener un brillo metálico suave.*
- *Imprimación antioxidante de óxido de hierro o de plomo electrolítico al aceite 40 μ*
- *Tres capas de acabado con esmalte de aluminio o sintético (40 μ cada capa)”.(Jelpo & Padilla, 2009)*

Los tratamientos parciales descritos anteriormente trabajan de manera conjunta y secuencial, es decir, en una patología como la suciedad por efectos físicos, resultaría un tratamiento de limpieza el adecuado para su intervención. Por otro lado, una patología como la corrosión por picadura, intervenirla aplicando todos los tratamientos parciales mencionados anteriormente, daría como resultado la erradicación de dicha enfermedad. Siempre y cuando se controlen los factores y agentes patológicos que iniciaron el problema.

2.5.3 Tratamientos totales.

Dentro de esta investigación se describe a los tratamientos totales como aquellas intervenciones que alteran o llegan a modificar algún tipo de condición dentro de la estructura intervenida. Generalmente los tratamientos totales se dan cuando los parciales no son suficientes para terminar con el problema patológico. En el siguiente apartado describiremos algunos de los tratamientos totales que podemos encontrar en estructuras de acero:

Refuerzo de vigas (Flexión y Compresión)

Este tratamiento se lo realiza cuando las inspecciones técnicas detectan deformaciones excesivas por momento flector que no están contempladas dentro del diseño estructural. La mejor forma de intervenir este problema es utilizando PLATABANDAS (placas de acero) en las cabezas, a lo largo de un tramo semejante a la longitud teórica más dos veces el ancho de la chapa para permitir el desarrollo del anclaje. (Latorre Delgado, 2015)

Figura 23

Platabanda en perfil de acero



En caso de existir otros elementos por encima como cubiertas o entrepisos, se deberá ubicar el refuerzo metálico por debajo del ala superior. Dentro de la normativa argentina CIRSOC señala que sería suficiente que el largo del refuerzo sea por lo menos $3/4$ de la luz del tramo de viga, evitando que llegue o toque los apoyos. Por otro lado, bastaría colocar solamente la platabanda inferior, siempre y cuando solo existan casos de cargas pequeñas o por deformabilidad. (CIRSOC)

Cuando se debe aplicar refuerzos a vigas en compresión, el método señala colocar una cabeza de compresión por encima la viga con sus uniones proporcionadas, transformándose en una viga doble o mixta. Este procedimiento es el más adecuado cuando

se incrementa la sobrecarga de uso. Esta técnica es bastante útil en el caso de vigas sobre las que descansa un entrepiso. (Latorre Delgado, 2015)

Refuerzo de vigas (Cortante)

El método más utilizado para estos casos es el de arrimar o unir chapas del espesor requerido. El mejor método es instalar una en cada lado para mantener la simetría, por lo general se coloca una sola chapa con doble espesor, que permita entrar por un solo lado lateral y disminuir el ancho de la soldadura. Cuando el material no sea apto para soldar se debe consentir a las dos caras para los tornillos, por lo que se coloca una chapa por ambos lados. (Latorre Delgado, 2015)

Otra alternativa es transformar la viga T o doble T en un cuadrado con dos o tres almas, según las chapas que se instalen. Generalmente esto es un problema porque las uniones de apoyos son complicadas, sin contar que el original queda bien cubierto, de tal forma que a la intemperie el cajón tiene que ser bien sellado porque no habría forma de pintarlo. Se implementarán rigidizadores en caso de que las almas tengan esfuerzos cortantes, pero su esbeltez sea excesiva. Generalmente se aplican por un solo lado, y no se incluye si la unión es atornillada. Si se trata de cargas concentradas en la cara superior, deberían unirse. (Latorre Delgado, 2015)

Refuerzo de secciones

Resulta económico y eficaz reforzar la viga aumentando su canto a través de un perfil T, derivado a partir de un doble T, con medios perfiles de H o I. Si el acero no es soldable, el refuerzo se hará con tornillos, o a su vez con el cambio de algún elemento de mayor área en su sección.

Si el elemento es continuo y el problema es de tensiones, los apoyos serán las partes más susceptibles, en cuyo caso se debe reforzar exclusivamente el área adyacente a los

mismos (mitad de la luz a cada lado del apoyo). Cuando no se haya forma de incrementar el canto se deberá instalar una viga complementaria al lado de la existente y evidenciar que el conjunto pueda resistir el aumento de carga, y que mantengan una rigidez pareja entre las vigas y adecuada para absorber la flecha. (Latorre Delgado, 2015).

Refuerzo en uniones

En el tipo de uniones roblonadas es muy común que se encuentren lesiones de corrosión, formándose gruesas capas de óxido en los elementos que forman la sección. El aumento de volumen aparta las piezas, destrozando los roblones por tracción. Para estos casos, la forma más sencilla de arreglar el problema es suplantarlo por otros de mayor resistencia con el mismo diámetro, siempre y cuando el aumento de carga pueda ser absorbido por los tornillos y por la base. Cuando no se pueda aumentar el diámetro del agujero para encajar un tornillo más ancho, o colocar un mayor número de tornillos, respetando una separación adecuada entre agujeros, se debe eliminar el óxido con tratamientos parciales. (Latorre Delgado, 2015)

En uniones de viga-soporte la mejor solución es incrementar el canto del alma por debajo del ala inferior, para ser unido ahí con el soporte o instalando una ménsula. Cuando el elemento es soldable, se debe fortificar utilizando cordones de soldadura, para que de esta manera las cargas traseras al refuerzo se transmitan únicamente a los tornillos de alta resistencia.

Para el incremento del canto a través de una ménsula en cordones de soldadura en ángulo, la solución más utilizada es alargar la longitud del cordón del cuello de soldadura. Para uniones de vigas con un soporte metálico en los extremos se debe reforzar incrementando el canto por debajo y fijándola al soporte a través de una ménsula.

Sustitución de elementos estructurales

Este tratamiento se lo realiza cuando los elementos han sufrido pérdida en el área de su sección debido a la corrosión, por lo que un tratamiento parcial anticorrosivo no es suficiente y el diagnóstico técnico dicta el cambio del mismo. En algunos casos la sustitución se limita a enfocarse en uniones o remaches mas no en el elemento general. (Latorre Delgado, 2015)

Antes iniciar cualquier tipo de sustitución se debe asegurar la estructura, de la manera más segura dependiendo de cada caso. Muchas de las veces es necesario quitar ciertas partes de la estructura que cubre o es mantenida por esta viga, una vez descubierta la zona y desviada la carga, se puede retirar el perfil afectado.

La sustitución de elementos es la forma más eficaz y radical, de forma general aparecen los problemas de descargas y sobrecargas de la estructura. Para el caso de las estructuras metálicas los reemplazos se hacen, la mayoría de veces, con el mismo material (acero) a través del soldado de las piezas o roscado en situaciones específicas. (Latorre Delgado, 2015)

En los procedimientos para conducir las cargas mientras se aplica el reemplazo puede modificarse de acuerdo al estado de la estructura. Se pueden utilizar apuntalamientos, utilización de gatos mecánicos o hidráulicos o utilización de vigas temporales. En cualquier caso, no es adecuado cambiar un elemento hasta que su reemplazante esté debidamente ubicado. La sustitución parcial de un solo elemento siempre será más factible, tanto por la estructura en general, como por la facilidad de apeo.

2.5.4 Desahucio de estructuras.

El desahucio de estructuras metálicas o de otro material constructivo se refiere a la inhabilitación de la obra para desempeñar el servicio del cual ha sido diseñada. Los motivos por los cuales se puede dar por desahuciada una estructura pueden ser muy variados, pero

todos están regidos por normas constructivas establecidas en cada país. Estas normativas sirven como punto de referencia para dar un diagnóstico de este tipo.

Para que una estructura sea desahuciada por motivos patológicos, esta, tuvo que haber pasado con un extenso estudio patológico agotando todos los tratamientos y técnicas de intervención posibles para su recuperación. Generalmente esto pasa cuando la mayoría de los elementos estructurales están afectados seriamente y resulta más viable económicamente, dar por terminado el servicio de la obra.

Para la mayoría de los casos, llegar a este punto es radical, ya que, el desahucio estructural llega a significar pérdidas económicas significantes. Cuando el diagnóstico técnico dicta este tipo de estancias, la mejor alternativa es optar por el reciclaje de materiales. El acero es un material constructivo que tiene como ventaja la reutilización, el cual da resultados muy favorables.

2.6 Base de datos

2.6.1 Concepto.

Las bases de datos se convierten en el resultado de la necesidad humana de acumular información o datos. Para el autor Gutiérrez (2010) la base de datos es un depósito de información relacionada con varios modos de clasificación. Una base de datos simboliza varios aspectos del mundo real, son aquellos que le importan al usuario. Y que almacena datos con un propósito determinado. Al hablar de “datos” se nombra a los hechos o acciones conocidas que se pueden documentarse, como ser direcciones, números telefónicos, nombres, etc.

La aplicación de la tecnología en las bases de datos ayuda en la organización de las actividades diarias, así como la calidad de decisiones que afectan nuestras vidas. Las bases de datos poseen información sobre muchos aspectos en nuestra vida como: uso de telecomunicaciones, historial crediticio, preferencias de consumo, contactos telefónicos, etc.

La tecnología de las bases de datos ayuda a resumir tal volumen de datos en información que sirve y facilita la toma de decisiones en nuestras vidas.

Características de una base de datos

En la actualidad, con el gran alcance del internet y de los sistemas que nos permiten recoger información o datos de forma computarizada, han permitido que las bases de datos de cualquier tipo se conviertan en herramientas eficaces a la hora de resumir una actividad. A continuación, presentamos algunas características de las bases de datos:

Compatibilidad; Esto significa que las bases de datos pueden tener diversos usos y usuarios. Una base de datos facilita una memoria común para varias funciones en una empresa u organización. Por ejemplo, una base de datos de trabajadores de una empresa puede servir para calcular muchas otras utilidades como: hacer evaluaciones sobre ocupación, nóminas de pago, reportes de asistencia, clasificación de edad, etc. (Gutiérrez, 2010)

Interrelación; Esto significa que los datos o información que se ha agrupado individualmente se pueden relacionar para mostrar un cuadro completo. Para entender esta característica podemos tomar como ejemplo la base de datos de clientes que relaciona los datos de estos (direcciones, nombres, etc.) con los datos de una compra (número de compra, fecha de compra, etc.) para facilitar su procesamiento.

Persistencia; Significa que los datos que se han agrupado o recolectado residen en un almacenamiento estable. La seguridad de la información dependerá del tipo de organización, persona o sistema que lo administre. La persistencia dependerá del uso que se le quiera dar a la información o datos. (Gutiérrez, 2010)

Hoy en día, el enfoque se les ha dado a las bases de datos en el ámbito constructivo ha sido básicamente para llevar registros. Por ejemplo, en las ciudades podemos encontrar un registro sobre el número de casas que especifican su tipo de material, número de pisos, ubicación, etc. En el mercado de la construcción encontramos una variedad de catálogos que

nos muestran la diversificación de materiales que disponen con tan solo dar un clic. En temas como sismos o terremotos encontramos el registro de los que han afectado a algún lugar en específico, mostrándonos datos técnicos, daños materiales, numero de afectaciones, etc. Los mismos que sirven para guiarse a la hora de construcciones futuras sin que estén se vean afectadas de la misma manera.

2.6.2 Tipos de base de datos

Se puede encontrar varias formas de agrupar y organizar la información para que esta sea accesible a los usuarios que la solicitan. Debido a los diferentes requerimientos que presenta los usuarios, las bases de datos pueden dividirse dependiendo de la estructura que mejor se acople a estas necesidades. De acuerdo con Gutiérrez (2010) las bases de datos se pueden clasificar de la siguiente manera:

Según la variabilidad de datos almacenados

Bases de datos estáticas; generalmente este tipo de bases de datos son solo de lectura, es decir, solo se puede extraer información, pero no se la puede modificar. Son muy requeridas dentro del ámbito empresarial y otras áreas de análisis histórico.

Este tipo de bases de datos son empleadas esencialmente para almacenar datos históricos que consecutivamente se pueden utilizar para analizar la conducta de un conjunto de datos a través del tiempo, ejecutar proyecciones y tomar decisiones. (Gutiérrez, 2010)

Bases de datos dinámicas; A diferencia de las bases de datos estáticas, en este tipo la información se puede modificar a través del tiempo. Dando apertura para acciones como la actualización, reorganización o adición de datos. Usualmente se utilizan en ámbitos donde la información necesariamente se debe actualizar, un ejemplo, son las bases de datos utilizadas en los censos poblacionales. (Mannino, 2007)

Según el contenido almacenado

Base de datos bibliográficas; básicamente este tipo de base de datos contienen una diversidad de material de lectura como: libros, periódicos, cuentos, revistas, artículos, etc. Únicamente poseen una etiqueta de la fuente principal que permiten localizarlas. Generalmente están organizadas por registro como: autor, editor, año de publicación, contenido, temática, etc. (Gutiérrez, 2010)

En la actualidad las bases de datos bibliográficas se acopian en catálogos informáticos, que facilitan un acceso rápido y directo a la información referencial que almacenan, aunque todavía es posible hallar ficheros físicos en bibliotecas, donde se acumula todo el catálogo de la misma.

Base de datos de texto completo; Este tipo de base datos se conforma con textos históricos o documentales, cuya preservación es la mayor prioridad y se consideran como fuentes primarias. Por ejemplo, todas las ediciones de una colección de libros o revista científica. Las bases de datos de texto completo a diferencia de las bibliográficas, están nos permiten acceder a la información desde la fuente primaria, es decir, nos permiten leer la información completa, descargarla, imprimirla o guardarla. (Mannino, 2007)

Directorios; son listados de gran extensión que contienen información simple como datos personalizados, direcciones, nombres, números de teléfono. Generalmente son buenas herramientas de apoyo para empresas que tienen una larga lista de clientes o de productos. (Mannino, 2007)

Bases de datos especializadas; son bases de datos que contienen información especializada o técnica, propiamente para usuarios que cuentan con necesidades puntuales o específicas. No están dirigidas a todo público por el hecho de tener información que solo es entendible para ciertos usuarios. Por ejemplo, las bases de datos sobre cartografía de una ciudad o país, la información georreferencial de un portal digital, entre otros. (Mannino, 2007)

A parte de la clasificación de las bases de datos por su funcionalidad, todavía se pueden encontrar diversos tipos en función al modelo de utilización de sus datos. El modelo de datos es sencillamente la estructura de la cual se manejará y organizará la información recolectada. A continuación, presentaremos algunos tipos de bases de datos dependiendo su estructuración:

Bases de datos jerárquicas; este modelo forma una organización de jerarquía con los datos que consienten una conformación estable cuando se maneja una gran cantidad de datos interrelacionados.(Gutiérrez, 2010)

Bases de datos de red; este modelo proviene de las bases de datos jerárquicas, con la diferencia que optimizan la gestión de datos repetidos conservando su rendimiento en búsquedas de datos.(Gutiérrez, 2010)

Bases de datos transaccionales; usualmente este modelo está diseñado para la transferencia de datos a grandes velocidades y de forma prolongada. El único propósito de este modelo es transferir información, sin contar con la gestión de almacenamiento o redundancia.(Gutiérrez, 2010)

Bases de datos relacionales; este modelo es el más empleado en estudios reales. Se recolecta la información sin dejar de hacer referencia a otra por lo que se facilita y mejora la gestión y su uso de los usuarios. En este modelo el lugar y la forma donde se compile la información pasa a segundo plano (Mannino, 2007).

Bases de datos orientadas a objetos; este tipo de bases de datos es utilizada por objetos, es un modelo de agrupación de base de datos con la cual se simboliza la información a través de objetos que se les da uso en programación orientada a la detención de objetos. En algunas bases de datos que se enfocan a objetos han sido delineadas para desarrollarse muy bien con lenguajes de programación tales como Delphi, Ruby, Python, Perl, Java, Visual Basic, NET, etc. (Gutiérrez, 2010)

En cuanto se refiere al desarrollo de esta investigación se tomará en consideración la estructuración de las bases de datos orientas a objetos y las bases de datos relacionales, ya que, estos modelos se ajustan al enfoque establecido y ayudaran a la generación de la base de datos sobre patologías en estructuras de acero.

2.6.3 Tipo de información para las bases de datos

La creación de una base de datos se resume a la agrupación de información o datos que tienen un interés común, por lo tanto, resulta primordial establecer una diferencia entre los conceptos de información y dato. El autor Gutiérrez (2010) presenta las siguientes definiciones:

Datos: los datos son hechos que representan actividades y entidades. La palabra “dato” hace referencia a más de un hecho. Cuando hablamos de un solo hecho se denomina “dato-ítem”.

Los datos son emblemas que narran situaciones, valores, hechos o condiciones. Los datos se identifican por no tener información. El dato consigue representar una letra, un símbolo, un número, una palabra u otro tipo de emblema que simbolice una cantidad o descripción.

Información; con la palabra información se le conoce a un conjunto organizado de datos que han sido procesados para que el usuario pueda entender el mensaje. De acuerdo con Gutiérrez (2010), la información es más bien una agrupación de datos característicos y oportunos que narran sucesos o entidades. A diferencia de los datos, la información tiene sentido o concepto para quien la recibe, por lo que, la información sería el producto del proceso de los datos extraídos de una base de datos.

Tipos de datos

Una base de datos se estructurará según el tipo de información que se desee almacenar, como se mencionó anteriormente la información es el conjunto de datos. De acuerdo con Barranco F. (2012), existen cinco tipos de datos que se pueden almacenar, tales como;

1. *Datos Web y Social Media*; este tipo de datos son los que se encuentran exclusivamente en páginas web y redes sociales como: Twitter, Facebook, blogs, entre los más destacados. Estos datos hacen referencias a perfiles digitales de personas y todo su contenido que cuelgan en internet de manera pública.
2. *Machite-to-machine*; o más conocidos por su abreviatura M2M que hacen referencia a las tecnologías que admiten las conexiones a diferentes dispositivos. Los datos M2M utilizan dispositivos como los sensores de temperatura, los sensores de velocidad, los aparatos que miden la presión, etc. Estos dispositivos transmiten los datos a través de redes inalámbricas, alámbricas o hídricas a otras aplicaciones que se encargan de procesar y dar como resultado información entendible.
3. *Big transacción data*; son los datos que generan grandes transacciones como los registros de una factura, el registro de llamadas en las compañías telefónicas, etc. A este tipo de datos se los pueden encontrar de forma estructurada y no estructurada. Son datos muy conocidos dentro del ámbito empresarial.
4. *Datos biometric*; los datos biométricos hacen referencia a los que se pueden utilizar como seguridad digital, entre estos tenemos: huellas digitales, reconocimiento facial, escaneo de retina, etc. Los datos biométricos son de gran importancia para las empresas de investigación e inteligencia.
5. *Human generate*; estos hacen referencia a todos los datos que como humanos generamos. Por ejemplo, correos electrónicos, documentos electrónicos, estudios digitales, fichas médicas, números telefónicos, etc.

Esta clasificación de datos hace referencia a formas globalizadas que permiten entender de donde provienen los datos, haciendo alusión que una base de datos la podemos encontrar en cualquier parte nuestra vida cotidiana. No obstante, esta clasificación de datos puede ser muy general, si queremos hablar de una base de datos en la que se enfoque exclusivamente a enfermedades respiratorias pues la tipología de datos será orientada a la medicina, dependiendo de los usuarios, esta se consigue transformar en una base de datos digital o física.

En lo respecta al desarrollo de esta investigación, el tipo de datos que se necesitan para el desarrollo de la base de datos será estrictamente bibliográfico y técnico. Además, se pretende que la base de datos sea en forma digital.

2.6.4 Conformación de una base de datos

La conformación de una base de datos está dada de acuerdo al tipo de datos, relaciones o vínculos que va almacenar, además, la estructura se basa en los propósitos y restricciones que esta vaya a cumplir. Generalmente la estructuración de una base de datos está diseñada o descrita basándose en algún tipo de modelo de datos.

La estructuración de una base datos comprende todos y cada uno de sus componentes, normativas y formatos necesarios para su buen funcionamiento. Además, se incluye a los métodos o procesos necesarios para que cumpla con un efectivo almacenamiento de información sin que se pierdan datos durante la ejecución del sistema, software o programa que esté enlazado a dicho modelo de almacenaje de información en formato digital. (Gutiérrez, 2010)

Como se mencionó anteriormente la conformación de una base de datos varía dependiendo del propósito de dicha base. A continuación, presentaremos la estructuración general que debe presentar una base de datos independientemente de su tipología:

1. Información; este es el componente más importante de una base de datos. Partiendo del tipo de información recolectada se buscará una adecuada estructuración para la creación de la base de datos. La información en una base de datos generalmente es integrada y a la vez compartida, es decir, se habla de información integrada porque podemos referirnos a una sola unificación de diferentes archivos de datos.
Información compartida porque a un mismo elemento individual de información puede ser compartida entre varios usuarios, en el sentido de que cada uno de ellos puede tener acceso a un mismo elemento.
2. Equipo; esto hace referencia sencillamente a las unidades de almacenamiento primarios y secundarios, a los de transferencia de información y la computadora en sí, en cuanto se hable de base de datos digitales. Cuando se habla de base de datos físicas como una biblioteca o guía telefónica, el componente equipo se convierte en todo lo físico que permita almacenar información.
3. Programas; se refiere al sistema de administración de la base de datos. Estos programas permiten el manejo de las bases de datos, se encargan de actividades como ingreso de usuarios, adición y eliminación de datos, actualización, seguridad de archivos, etc. En la actualidad hay muchos sistemas muy reconocidos para la administración de base de datos, entre los más destacados tenemos: “MySQL” que es basado en un servidor, “Oracle” que es una de los más grandes hoy en día, “Microsoft SQL Server” que tiene muchísima capacidad de acceso para usuarios y recopilación de información.
4. Usuarios; tenemos tres tipos de usuarios que interactúan con las bases de datos. Los primeros son los usuarios normales que tienen acceso a las bases de datos a través de aplicaciones, las cuales les permiten simplemente leer la información, navegar entre ella y modificar ciertos campos. Los usuarios sofisticados son los que interactúan con

el sistema sin programas escritos, tienen permitido la configuración de información, la actualización, adición o eliminación de datos, etc.

A esta conformación mencionada anteriormente se le pueden agregar componentes siempre y cuando sean necesarios para el desarrollo de una base de datos en forma general. Sin embargo, para la recolección de información en la base de datos, lo primero que se necesita es crear la estructura interna apropiada para que los datos se guarden de manera correcta y legible. La estructura interna de una base de datos en forma general consta de los siguientes componentes:

Tablas; son la estructuración esencial de un método de administración de base de datos. Es el conjunto de registros que se acumulan en filas y columnas. En las filas se ingresan registros y en las columnas los campos. Los datos que se ingresan en una tabla tratan de un tema en específico en la base de datos.

Campo; se denomina como la unidad de una tabla que posee un elemento específico. Cada campo debe tener al menos una descripción o nombre, un tipo o formato. Un campo puede representarse como: números, fechas y horas; de texto o bien condicional.

Registro; la agrupación de datos acerca de un objeto, persona, suceso, o actividad se le denomina registro. Un registro puede mostrarnos una parte de la información que se ingresa en las tablas.

Formularios; es un formato usado para poder adicionar, consultar o modificar datos a la información de una base de datos.

Capítulo III

Metodología

3.1 Tipo de investigación

Para el presente trabajo se aplicó el tipo de investigación documental-investigativo, que corresponde al tipo bibliográfico, lo que quiere decir, que parte de la información se obtuvo de fuentes bibliográficas científicas y validadas, además, se apoyó en datos recogidos en campo como parte complementaria. Garantizando de esta manera, que el resultado obtenido al final de la investigación, fuese carácter científico y respaldado por información levantada en campo.

En este tipo de investigaciones resulta muy importante respaldar la información obtenida de bases científicas con información levantada en campo, ya que, muchas de las veces una revisión bibliográfica no es suficiente para satisfacer las necesidades académicas de los estudiantes y/o profesionales. Generalmente se busca información verificada que se ajuste a lo escrito teóricamente en fuentes científicas.

El desarrollo del extenso marco teórico presentado anteriormente en esta investigación, será fundamental para tener conceptos claros sobre patologías en estructuras de acero, sabiendo su clasificación, sus orígenes y tratamientos. Esto permitirá que la búsqueda de información sea más directa, clara y concisa.

Para la recolección, organización y clasificación de la información obtenida tanto en la revisión bibliográfica como en campo, se utilizó como herramienta principal la aplicación denominada NOTION que proporciona componentes para el desarrollo de notas, bases de datos, tablas, calendarios, etc. La versatilidad de esta aplicación permitió la vinculación de diferentes bases de datos como la que se desarrollará en la presente investigación.

3.2 Recolección de información

En lo que se refiere a la recolección de información, en la presente investigación, se dividió en dos partes que se describen a continuación:

3.2.1 Información bibliográfica

La recolección de información bibliográfica sobre patologías en estructuras de acero se hizo a través de una exhaustiva búsqueda en portales digitales científicos o fuentes bibliográficas de idioma español o inglés. Se hizo uso de artículos, libros, revistas o tesis que describan al menos una patología en estructuras de acero, tratando de esta manera, cubrir con todas las patologías descritas en el marco teórico. Se verificó cada uno de los documentos en lo que se encuentre información requerida, para que, de esta forma los usuarios que hagan uso de esta base de datos, tengan la seguridad que la información presentada tiene validez científica.

Uno de los objetivos específicos de esta investigación fue la recolección de información bibliográfica. Por lo tanto, la realización de esta parte fue primordial para dar paso a la parte complementaria que es la recolección de información en campo.

3.2.2 Información de campo

Una vez realizada la recolección de información bibliográfica se dio paso a la recolección de información en campo.

La recolección de información en campo se hizo de manera minuciosa, es decir, se visitaron diferentes estructuras de acero, en las cuales, mediante una inspección visual detallada se pudieron identificar la mayor cantidad de patologías descritas en las fuentes bibliográficas. Con la ayuda de cámaras digitales o teléfonos celulares se levantó la mayor cantidad de evidencias fotográficas que permitió alimentar la base de datos en función de la patología encontrada.

Con la aplicación NOTION fue posible agrupar y clasificar de manera ordenada las imágenes proporcionadas, dándoles una descripción e identificación digital. De esta manera, en un futuro podrán ser parte del desarrollo de nuevas investigaciones enfocadas al reconocimiento de patologías por inteligencia artificial.

3.3 Generación de base de datos

3.3.1 Organización, clasificación y documentación de la información recolectada

Con las diversas herramientas que nos ofrece la aplicación NOTION, siendo este un software privado, se desarrolló la creación de la base de datos, que es del tipo jerárquica y relacional, la cual, tiene como conformación principal las tablas de registro, que a su vez constan de las siguientes partes (columnas):

Patología; A este campo se le asignó el nombre de la patología que se va a detallar, se colocó el nombre con el que se la conozca en la mayoría de bibliografía disponible. Un ejemplo, “A.1-Corrosión por picadura”, se le agregó una numeración y letra al inicio para tener conocimiento a que material estructural pertenece la patología. En este caso es el acero, por lo cual, le corresponde la letra A.

Descripción; este es el campo que como su nombre lo dice, describe brevemente la patología ingresada. De esta manera, el usuario que ingrese a la base de datos podrá saber a qué se refiere cada patología en una rápida observación.

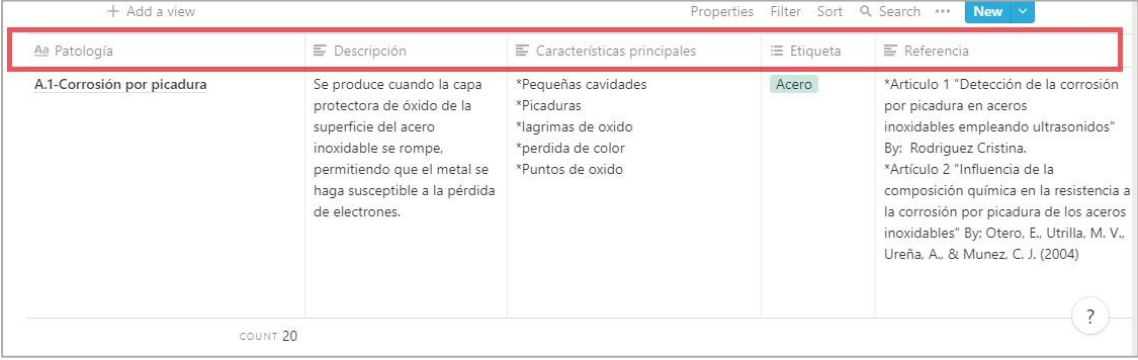
Características principales; resultado muy importante establecer características propias de cada patología, para que, con la ayuda de filtros se pueda hacer una búsqueda más profunda y detallada. Algunas patologías en estructuras de acero comparten ciertas características que pueden llegar a confundir a los usuarios.

Referencias; Este es uno de los campos más importantes dentro de la base de datos, ya que, en él se ingresan las referencias bibliográficas del documento que hable de la patología ingresada en ese registro. Los usuarios al identificar una patología dentro de la base

de datos pueden hacer uso de las referencias bibliográficas y tener acceso a información más detallada.

Figura 24

Base de datos parte 1



Patología	Descripción	Características principales	Etiqueta	Referencia
A.1-Corrosión por picadura	Se produce cuando la capa protectora de óxido de la superficie del acero inoxidable se rompe, permitiendo que el metal se haga susceptible a la pérdida de electrones.	*Pequeñas cavidades *Picaduras *lagrimas de oxido *perdida de color *Puntos de oxido	Acero	*Artículo 1 "Detección de la corrosión por picadura en aceros inoxidables empleando ultrasonidos" By: Rodriguez Cristina. *Artículo 2 "Influencia de la composición química en la resistencia a la corrosión por picadura de los aceros inoxidables" By: Otero, E., Utrilla, M. V., Ureña, A., & Munez, C. J. (2004)

Enlaces de referencia; En este campo se hizo el ingreso de las mismas referencias bibliográficas de cada documento en formato BibTeX que servirá como herramienta de apoyo para desarrollar programaciones de búsqueda.

Imágenes: Este campo ayudará al usuario a tener un concepto mucho más gráfico de lo que se está exponiendo en cada registro. En el están ingresados enlaces que dirigirán al usuario a un banco de imágenes y videos que se han generado de la recolección de información levantada en campo.

Equipo de medición: En este campo se detalló el nombre del equipo con el que se identificó la patología. Pudo ser tomado del mismo documento donde se describa la patología o basado en otros documentos donde se haya hecho la recolección bibliográfica. Usualmente una patología puede ser identificada con varios equipos o uno solo.

Técnica de reconocimiento; Normalmente la utilización de un equipo de reconocimiento está dada en base a una técnica empleada. Por lo que, en este campo se detalló las técnicas empleadas en el reconocimiento de la patología. Una revisión más detallada de las técnicas de reconocimiento se puede encontrar en una investigación que se ha realizado a la par, la cual se denomina "Técnicas y métodos para revisar patologías" por

Acero Diego. Dentro de la base de datos se expone solamente el nombre de la técnica empleada.

Tratamiento; En este apartado se ingresaron documentos o links donde se pueda encontrar información científica y verificada que exponga el tratamiento adecuado para cada patología ingresada. De esta manera el usuario puede saber cuál es la solución parcial o total del problema patológico.

Con los campos mencionados anteriormente se buscó que el usuario pueda contemplar todo el estudio patológico que es de su interés, Desde el nombre de la patología, pasando por sus lesiones y causas hasta llegar a su solución.

En cuanto a la información recolectada en campo, esta tuvo una organización con la que se pueda relacionar de manera directa a la base de datos, es decir, se clasifico la información de igual manera que la base de datos, con los mismos nombres y numeración. De esta manera cada patología ingresada tiene un respaldo de información visual recolectada en campo. Toda esta información se subio a la nube y de manera digital.

Figura 25

Base de datos parte 2

Página	Imágenes	Enlaces de referencia	Equipo de medición	Técnica para reconocimi...	Tratamiento
2	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACI%C3%93N/pregrado/patolog%C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.1-Corrosi%C3%B3n%20por%20picadura?csf=1&web=1&e=0fNLEC	(1): http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/1310/1344 (2): @article{otero2004influencia, title={Influencia de la composici(\'o)n qu(\'i)mica en la resistencia a la corrosi(\'o)n por picadura de los aceros inoxidables), authors={Otero, E and Urbilla,	Ultrasonido automatico	Inspeccion por ultrasonido Inspeccion visual detallada	http://enclave.cev.es/unoi/wp-content/uploads/2011/01/Recubrimientos-frente-Corrosi%C3%B3n-y-Desgaste-6-Mayo-2011.pdf

3.3.2 Vinculación con otras bases de datos

La base de datos sobre patologías en estructuras de acero que se desarrolló en la presente investigación forma parte de un proyecto en el que se generó una amplia base de datos sobre patologías estructurales. En dicha base de datos se puede encontrar patologías que afecten a las estructuras de hormigón por parte del autor (Cordero Luis), patologías sobre estructuras de madera según (Portoviejo William), y patologías en estructuras de materiales cerámicos realizado por (Illescas Charly). De igual manera, se puede encontrar una vinculación con el trabajo realizado por (Acero Diego) en el que expone las técnicas y equipos de reconocimiento para patologías estructurales, las cuales, como ya se expuso anteriormente, se puede encontrar dentro de los campos de la base de datos.

Las bases de datos mencionadas anteriormente tienen una vinculación directa con la que desarrollo en la presente investigación, ya que, están regidas por un mismo formato dentro del desarrollo de tablas y registros, de igual forma, con la información recolectada en campo. El uso de etiquetas como: acero, madera, hormigón, cerámicos, dentro de la base de datos fue fundamental a la hora de diferenciar y clasificar las patologías dependiendo de su material de origen.

El proyecto en general sobre la creación de una base de datos sobre patologías en estructuras, independientemente de su material de construcción, es una pauta para desarrollo de investigaciones tales como el reconocimiento de patologías mediante procesamiento de imágenes por los autores (Contreras J. & Castro A.) que se sirvieron del banco de imágenes generadas por la recolección de información en campo, para cumplir con sus objetivos.

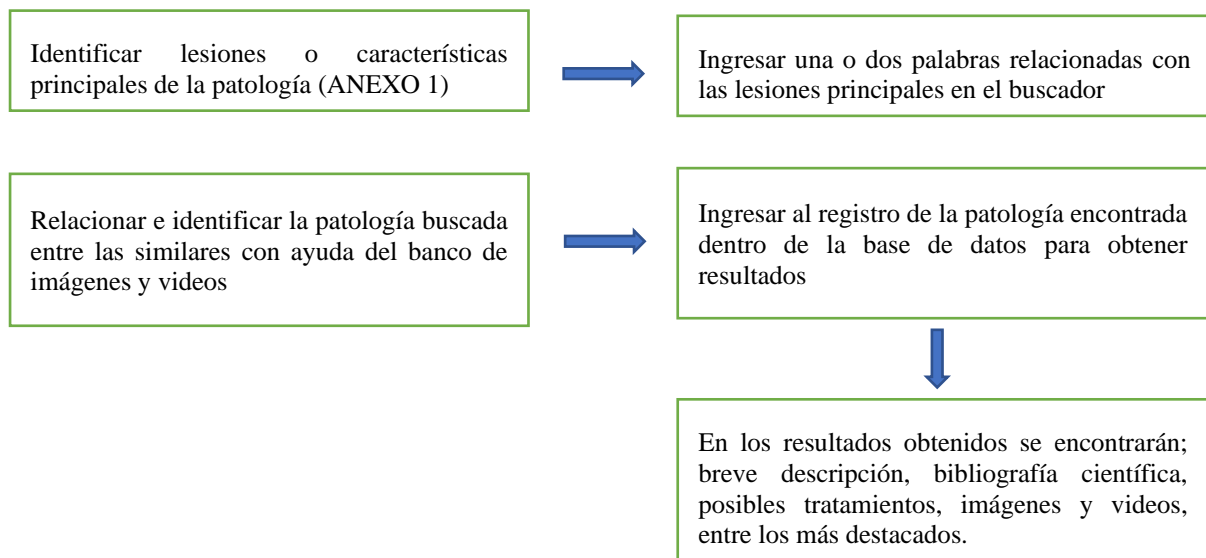
Capítulo IV

Resultados Generados y Ejemplos de Aplicación

4.1 Presentación de la base de datos generada

Link de acceso para base de datos generada: <https://bit.ly/3ybmFhu>

En el siguiente esquema se describen los pasos para el buen funcionamiento de la base de datos:



4.2 Ejemplos de aplicación

Dentro de esta investigación se ha decidido exponer 3 casos de estudio como ejemplos de aplicación para dar a conocer el funcionamiento de la base de datos generada y los resultados obtenidos dentro de la misma. A continuación, exponemos lo siguiente:

La identificación de las características o lesiones dentro de una patología es de vital importancia para la realización de las búsquedas dentro de la base de datos. Para los casos de estudio se identificaron características muy esenciales y evidentes para que la base de datos arroje resultados concretos.

Figura 26

Caso de estudio 1




Descripción; Para el caso de estudio número 1 se ha tomado como ejemplo al puente tipo Bailey ubicado en la ciudad de Loja. El puente no cuenta con un nombre específico ya que, se lo construyó como en un inicio como puente provisional para arreglos en la vía.

Ubicación; Esta ubicado en la provincia de Loja (Ecuador), específicamente en la Ciudad de Loja en la Av. Reinaldo Espinoza, sector Universidad Nacional de Loja. El puente cuenta con las coordenadas UTM WSG84 17s (699694.08 m E; 9554037.76 m S).

Tabla 2

Identificación de Patología 1, Caso de estudio 1

PUENTE BAILEY (UNL)	
	Lesiones identificadas
	<ul style="list-style-type: none">• Presencia de materia orgánica• Presencia de polvo
	Comentario
	Se visualizó presencia de materia orgánica en la esquina inferior del puente. La mayor parte enraizada en material no retirado de la obra.

<i>Imagen 1. Fuente: Autor</i>	
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS	
Patología identificada:	Suciedad
Técnica de reconocimiento:	Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento:	Visual
Tratamiento	Remoción de la capa de material orgánica e inorgánica, capa de polvo, lodo, plásticos. Se pueden aplicar las técnicas como limpieza con agua a presión o las descritas en el siguiente documento Técnicas de limpieza
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Artículo "Problemática en la inspección de puentes metálicos antiguos" By: Ismael Carpintero García (2017)
Enlaces de referencia (BibTeX)	@ARTICLE {, author = "Ismael Carpintero García", title = "Problemática en la inspección de puentes metálicos antiguos", journal = "ScienceDirect", year = "2017" }
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue_educ/Documents/3.INVESTIGACION%20+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.8-Suciedad?csf=1&web=1&e=WRDet2
Recomendaciones: Utilizar la técnica de limpieza con chorro de agua	

Tabla 3


Identificación de Patología 2, Caso de estudio 1

PUENTE BAILEY (UNL)	
	Lesiones identificadas
	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste del material • Material carcomido • Perdida de color natural
	Comentario
	<p>El alto tráfico existente en la zona y la variedad de carros que pasan por el puente ha hecho que el material pierda su color natural</p>
<i>Imagen 2. Fuente: Autor</i>	
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS	
Patología identificada:	Erosión física
Técnica de reconocimiento:	Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento:	Visual, Medidores de espesores
Tratamiento	<p>Los tratamientos termoquímicos son una muy buena alternativa para combatir la erosión física en elementos metálicos. Hay algunos tipos de estos tratamientos, los cuales se pueden encontrar aquí Tratamiento para la erosión física</p>
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	<p>Artículo: "Identificación de mecanismos de desgaste en rieles de vía comercial del metro de Medellín" By: Sánchez, J. C., Santa, J. F., Idárraga, G., & Toro, A. (2014)</p>
Enlaces de referencia (BibTeX)	

	@article{sanchez2014identificacion, title={Identificaci{\'o}n de mecanismos de desgaste en rieles de v{\'i}a comercial del metro de Medell{\'i}n}, author={S{\'a}nchez, Juan Camilo and Santa, Juan Felipe and Id{\'a}rraga, Guillermo and Toro, Alejandro}, journal={Revista Colombiana de Materiales}, number={5}, pages={72--77}, year={2014} }
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20C3%93N/pregrado/patolog%20C3%ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/A.15-Erosi%20C3%B3n%20f%20C3%ADsica?csf=1&web=1&e=HfVlrf
Recomendaciones: Se recomienda reforzar o cambiar la plancha metálica de rodadura	

Tabla 4

Identificación de Patología 3, Caso de estudio 1

PUENTE BAILEY (UNL)	
	<p>Lesiones identificadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dos metales distintos • Corrosión en una sola pieza • Pérdida de color natural
	<p>Comentario</p> <p>La corrosión identificada solo se presenta en un solo elemento, sin que afecte al otro que está en contacto</p>
	<p><i>Imagen 3. Fuente: Autor</i></p>
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS	
Patología identificada:	Corrosión galvánica
Técnica de reconocimiento:	Inspección visual detallada Inspección por ultrasonido

Equipo de reconocimiento:	Visual, Ultrasonidos, endoscopios
Tratamiento	Un tratamiento efectivo para este tipo de corrosión es la Galvanización
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Artículo: "Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales" by: José A. Salazar Jimenez
Enlaces de referencia (BibTeX)	https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822015000300127
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%2093N/pregado/patolog%C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.2-Corrosi%C3%B3n%20galv%C3%A1nica?csf=1&web=1&e=a8X0jF
Recomendaciones:	Utilizar un mismo tipo de metal para placas y pernos

Figura 27

Caso de estudio 2




Descripción; Para el caso de estudio número 2 se ha tomado como ejemplo a la Planta de beneficio “Vivanco” la cual, es un conjunto de estructuras metálicas en la que se realiza el procesamiento de minerales pesados.

Ubicación; La Planta de Beneficio está ubicada en la provincia de El Oro (Ecuador), cantón Portovelo sector El Pache. Sus coordenadas son UTM WSG84 17s (651763.80 m E; 9589436.36 m S).

Tabla 5

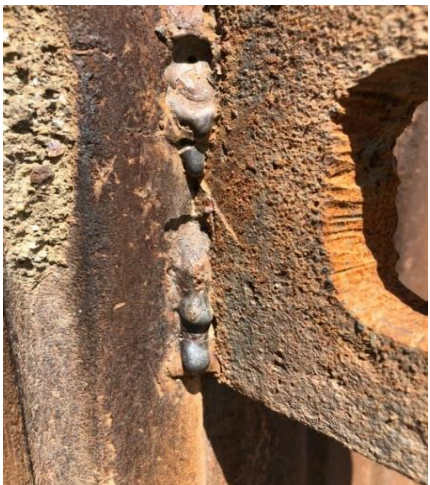
Identificación de Patología 1, Caso de estudio 2

PLANTA DE BENEFICIO “VIVANCO”	
	<p align="center">Lesiones identificadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puntos de oxido • Lágrimas de oxido • Perdida de color natural • cavidades
	<p align="center">Comentario</p> <p>La corrosión identificada presenta una distribución de puntos, tipo picaduras. No hay una distribución uniforme de las picaduras</p>
	<p align="center"><i>Imagen 4. Fuente: Autor</i></p>
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS	
Patología identificada:	Corrosión por picadura
Técnica de reconocimiento:	Inspección visual detallada Inspección por ultrasonido
Equipo de reconocimiento:	Visual, Ultrasonidos, endoscopios
Tratamiento	Existen algunos tratamientos para combatir la corrosión en elementos estructurales, los cuales se pueden encontrar en el siguiente documento Tratamientos anticorrosivos
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	*Artículo 1 "Detección de la corrosión por picadura en aceros inoxidable empleando ultrasonidos" By: Rodríguez Cristina. * Artículo 2 "Influencia de la composición química en la resistencia a la corrosión por

	<p>picadura de los aceros inoxidable" By; Otero, E., Utrilla, M. V., Ureña, A., & Muñes, C. J. (2004)</p>
<p>Enlaces de referencia (BibTeX)</p>	<p>(1): http://revistademetalurgia.revistas.sic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/1310/1344 (2): @article{otero2004influencia, title={Influencia de la composición química en la resistencia a la corrosión por picadura de los aceros inoxidables}, author={Otero, E and Utrilla, MV and Ureña, Alejandro and Munez, CJ}, journal={BOLETIN-SOCIEDAD ESPANOLA DE CERAMICA Y VIDRIO}, volume={43}, number={2}, pages={190--192}, year={2004}, publisher={SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERAMICA Y VIDRIO} }</p>
<p>Galería fotográfica relacionada con la patología</p>	<p>https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue_educ/Documentos/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%20ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.1-Corrosion%20por%20picadura?csf=1&web=1&e=0fNLEC</p>
<p>Recomendaciones: Utilizar pinturas protectoras para sustancias químicas</p>	

Tabla 6


Identificación de Patología 2, Caso de estudio 2

<p>PLANTA DE BENEFICIO “VIVANCO”</p>	
	<p>Lesiones identificadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de homogeneidad • Porosidad • Poca penetración de soldadura • Cavidades
	<p>Comentario</p>
	<p>Se idéntico una soldadura mal realizada, por la posición de los elementos unidos se nota que la soldadura se deslizo hacia a bajo</p>

<i>Imagen 5. Fuente: Autor</i>	
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS	
Patología identificada:	Soldaduras incorrectas
Técnica de reconocimiento:	Inspección visual detallada Inspección por líquidos penetrantes Inspección por radiografías
Equipo de reconocimiento:	Visual, radiografía industrial, líquidos penetrantes
Tratamiento	Un tratamiento adecuado para corregir malas soldaduras debe seguir una serie de procedimientos, los cuales se detallan en el siguiente documento Reparación de soldaduras incorrectas
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Artículo "EVALUACION DE FATIGA DE PUENTES EXISTENTES EN ARCO EN ACERO QUE HAN SIDO REHABILITADOS Y/O PRESENTAN PROBLEMAS DE CORROSION" By: Darío Alfonso Molano Sánchez (2014)
Enlaces de referencia (BibTeX)	@ARTICLE {, author = "Darío Alfonso Molano Sánchez", title = "EVALUACION DE FATIGA DE PUENTES EXISTENTES EN ARCO EN ACERO QUE HAN SIDO REHABILITADOS Y/O PRESENTAN PROBLEMAS DE CORROSION", journal = "PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA", year = "2014" }
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/T RABAJO%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%C3%ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acer o/A.16-Soldaduras%20incorrectas?csf=1&web=1&e=twXqXJ
Recomendaciones: Utilizar personal capacitado para realizar soldaduras	

Tabla 7

Identificación de Patología 3, Caso de estudio 2

PLANTA DE BENEFICIO “VIVANCO”	
	Lesiones identificadas
	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras profundas • Rotura del elemento • Acero fundido
	Comentario
<p style="text-align: center;">Se idéntico una rotura repentina en un elemento de acero fundido, el elemento pertenece a una estructura que presenta muchas vibraciones</p>	
<i>Imagen 6. Fuente: Autor</i>	
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS	
Patología identificada:	Rotura frágil
Técnica de reconocimiento:	Inspección visual detallada Inspección por radiografías
Equipo de reconocimiento:	Visual, radiografía industrial
Tratamiento	Reemplazo del elemento afectado. Seguir un procedimiento que sea seguro para la estructura. Apuntar la zona afectada antes del reemplazo y no retirarlo hasta que la nueva pieza sea colocada.
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Artículo "Fatigue damage of PBH shear connector of steel-concrete composite structure" By: Yan, L. B., Han, B., Fan, L., & Li, X. (2020)
Enlaces de referencia (BibTeX)	

	<p>@article{yan2020fatigue, title={Fatigue damage of PBH shear connector of steel-concrete composite structure}, author={Yan, Long B and Han, Bing and Fan, Liang and Li, Xiao}, journal={Engineering Structures}, volume={213}, pages={110540}, year={2020}, publisher={Elsevier} }</p>
<p>Galería fotográfica relacionada con la patología</p>	<p>https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20N/pregrado/patolog%20ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.14-Rotura%20fr%20A1gil?csf=1&web=1&e=kRFIT4</p>
<p>Recomendaciones: Utilizar placas de acero más dúctil</p>	

Figura 28

Caso de estudio 3




Descripción; Para el caso de estudio número 3 se ha tomado como ejemplo el puente tipo Bailey con una longitud de 22 metros y un ancho de 3.5m. El puente se lo conoce como “Puente de Sauces”.

Ubicación; El Puente de Sauces está ubicado en la provincia de Loja (Ecuador), cantón Loja sector Sauces. Sus coordenadas son UTM WSG84 17s (697267.63 m E; 9565317.92 m S).

Tabla 8


Identificación de Patologías 1, Caso de estudio 3

PUENTE DE SAUCES	
	Lesiones identificadas
	<ul style="list-style-type: none"> • Perdida de sección • Costras de oxido • Desgaste del material
<p><i>Imagen 7. Fuente: Autor</i></p>	Comentario
	<p>El elemento afectado presenta un tipo de corrosión muy avanzada que hace que la sección del mismo se haya perdido en gran medida</p>
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS	
Patología identificada:	Erosión química
Técnica de reconocimiento:	Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento:	Visual, flexómetro
Tratamiento	<p>Ningún tratamiento anticorrosivo combate la erosión química, la mejor solución está en reemplazar por completo el elemento afectado, una vez realizado este procedimiento se puede aplicar pinturas protectoras para prevenir futuras afectaciones. Se debe analizar los factores que iniciaron una erosión de este tipo y erradicarlos por completo.</p>
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	<p>Artículo: "Corrosion of hydraulic steel structures and preventive measures" By: Jackson Daniel Hinton (2018)</p>

<p>Enlaces de referencia (BibTeX)</p>	<pre>@ARTICLE {, author = "Jackson Daniel Hinton", title = "Corrosion of hydraulic steel structures and preventive measures", journal = "ProQuest", year = "2018" }</pre>
<p>Galería fotográfica relacionada con la patología</p>	<p>https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACI%C3%93N/preg-rado/patolog%C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.7-Erosi%C3%B3n%20qu%C3%ADmica?csf=1&web=1&e=AFJL74</p>
<p>Recomendaciones: Utilizar pinturas anticorrosivas después del tratamiento aplicado</p>	

Tabla 9


Identificación de Patología 2, Caso de estudio 3

<p align="center">PUENTE DE SAUCES</p>	
	<p align="center">Lesiones identificadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxido superficial • Uniformidad • Perdida de color • Polvo de oxido
	<p align="center">Comentario</p> <p>El elemento presentaba una capa superficial de óxido, su apariencia era muy uniforme y su color natural perdido totalmente.</p>
<p><i>Imagen 8. Fuente: Autor</i></p>	
<p align="center">RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS</p>	
<p>Patología identificada:</p>	<p>Corrosión por oxidación previa</p>

Técnica de reconocimiento:	Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento:	Visual
Tratamiento	El tratamiento más adecuado para combatir la oxidación previa es la protección del elemento con pinturas protectoras. La limpieza previa es muy importante para este tratamiento. Hay una variedad de tratamientos como Tratamientos anticorrosivos
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Tesis " EVALUACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS APLICADOS SOBRE EL ACERO DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS DEL TREN 1 DE REACTORES DE ORINOCO IRON S.C.S." By: Álvarez María D. (2008)
Enlaces de referencia (BibTeX)	https://www.monografias.co/trabajos-pdf/evaluacion-recubrimientos-organicos-acero-orinoco-iron-cs/evaluacion-recubrimientos-organicos-acero-orinoco-iron-sc.pdf
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/_layouts/15/onedrive.aspx?csf=1&web=1&e=AFJL74&cid=fc7f5e29%2D991d%2D45f0%2Da9b6%2D13751f4de416&FolderCTID=0x012000E5FFE7707AFC3246863C5AB8524FF51D&id=%2Fpersonal%2Feduardo%5Fpalma%5Fucacue%5Fedu%5Fec%2FDocuments%2F3%2EINVESTIGACION%20I%20BV%20BD%2FTRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO%2Fpatolog%C3%ADAs%2FBASE%20DE%20DATOS%5FRESPALDO%2FAcero%2FA%2E3%2DCorrosi%C3%B3n%20por%20oxidaci%C3%B3n%20previa
Recomendaciones:	Utilizar capas de pintura protectora como tratamiento

Tabla 10

Identificación de Patología 3, Caso de estudio 3

PUENTE DE SAUCES	
	Lesiones identificadas
	<ul style="list-style-type: none"> • Divergencias de dimensiones • Divergencias de espesores • Abolladuras
	Comentario
	<p>Unas de las vigas principales del puente presentan abolladuras o dobleces en el patín superior e inferior. Se observa la diferencia de espesores en cada patín</p>
<i>Imagen 9. Fuente: Autor</i>	
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS	
Patología identificada:	Errores de fabricación
Técnica de reconocimiento:	Inspección visual detallada
Equipo de reconocimiento:	Flexómetros
Tratamiento	<p>Revisar el elemento de manera minuciosa y compararlo con las especificaciones técnicas del fabricante. En caso de que el elemento ya se encuentre ubicado dentro de la estructura proceder a reemplazarlo por otro, caso contrario, aplicar refuerzos metálicos siempre y cuando el elemento soporte las cargas aplicadas.</p>
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	<p>Artículo: "PATOLOGÍAS POR DEFICIENCIAS EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS" By; PATRICIO JAVIER HINOJOSA MONCAYO (2015)</p>

<p>Enlaces de referencia (BibTeX)</p>	<pre>@mastersthesis{hinojosa2015patologias, title={PATOLOGIAS POR DEFICIENCIAS EN LA FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METALICAS}, author={Hinojosa Moncayo, Patricio Javier}, type={B.S. thesis}, year={2015} }</pre>
<p>Galería fotográfica relacionada con la patología</p>	<p>https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20pregrado/patolog%3ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.19-Errores%20de%20fabricacion%3Bn?csf=1&web=1&e=dacBus</p>
<p>Recomendaciones: Cambiar el elemento por uno sin defectos de fábrica</p>	

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

1. Durante la revisión bibliográfica que se realizó como parte teórica de la base de datos, se pudo evidenciar la falta de normativas que regulen los procedimientos a seguir para tratamientos o métodos de reparación en cuanto a las patologías presentes en estructuras de acero. De igual forma, esto sucede con las técnicas de reconocimiento. En la mayoría de los casos se limitan a presentar manuales o documentos guías.
2. A la hora del levantamiento de información en campo se concluyó que, en la mayoría de estructuras inspeccionadas se evidencio de forma exitosa las patologías descritas en la revisión bibliográfica, todo esto, partiendo de la identificación temprana de sus lesiones o características principales. De esta manera, se realizó un levantamiento de información en campo completo y detallado sobre las patologías existentes en estructuras de acero
3. El desarrollo de la base de datos sobre patologías existentes en estructuras de acero realizada en la presente investigación, sirve para facilitar la toma de decisiones y simplificar trabajos en estudios patológicos profesionales debido a la catalogación de información bibliográfica y a la correcta organización en cuanto al banco de imágenes y videos se refiere.
4. El proceso escogido para la recolección, organización y clasificación de información en la base de datos presentó resultados muy favorables para la misma. La base de datos cuenta con una estructuración de información simple y organizada. El software NOTION fue la herramienta digital escogida para el desarrollo de este proceso, además, permite que la base de datos sea exportable.

5. La vinculación que tiene esta base de datos con otras de similar enfoque, establecerá un conjunto de información sólida y variada sobre patologías estructurales, siendo esto un punto de partida para el desarrollo de futuras investigaciones. El aporte que brindaran estas bases de datos será de gran importancia dentro de la formación académica y profesional.
6. Para la demostrar el uso de la base de datos fue muy importante establecer tres casos de estudio, dentro de estos ejemplos se pudo reconocer las patologías existentes en las estructuras con tal solo identificar las lesiones o características principales que estas presentaban. La base de datos arrojó resultados en los cuales se conoció a fondo cada patología identificada.
7. La galería de imágenes y videos que se ha implementado dentro de la base de datos para cada patología, destaca a la hora de saber diferenciar una de otra. En algunos casos, hay patologías que comparten ciertas similitudes. El usuario tendrá la facilidad de observar esta galería y adquirir criterios visuales más acertados.

5.2 Recomendaciones

1. Alimentar la base de datos de manera periódica para tener mayor variedad de imágenes que sirvan como filtro y comparación de las patologías existentes en futuras estructuras.
2. Analizar detenidamente los tratamientos y soluciones sugeridas dentro de la base de datos para que se ajusten de mejor manera al problema patológico real de cada usuario.
3. Si se desea actualizar el banco de imágenes y videos para la base de datos, se recomienda hacerlo con la mejor calidad posible para de esta manera tener imágenes legibles a los detalles.

4. Poseer conocimientos sobre estructuras de acero para tener un mejor manejo en de la base de datos. Dentro de la información recolectada hay términos y datos que se manejan en el lenguaje estructural.
5. Usar las palabras precisas en el buscador de la base de datos, guiándose en el Anexo 1 de la investigación para obtener resultados más acertados de lo que se esta buscando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A. (2016). Reciclado de materiales de construcción. *Boletín CF+S*, 0(2), 12.
<http://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2781/2844>
- Alvarez Ch, M. D. (2014). Evaluación De Los Recubrimientos Orgánicos Aplicados Sobre El Acero De Estructuras Y Equipos Del Tren 1 De Reactores De Orinoco Iron S.C.S. *UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITECNICA*, 1–195.
- Barranco F., R. (2012). ¿Qué es Big Data? *IBM DeveloperWorks*, 1–17.
<http://www.ibm.com/developerworks/ssa/local/im/que-es-big-data/>
- Carpintero García, I. (2018). Problemática en la inspección de puentes metálicos antiguos. *Hormigón y Acero*, 69(285), 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.hya.2017.04.020>
- Corrales, X. S., Gutiérrez, J. M., & Marrero, R. (2018). *Influencia del clima tropical en recubrimientos de pinturas sobre substratos metálicos y no metálicos. June*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17564.39047>
- Feier, A., & Chivu, O. R. (2018). Lamellar Tearing Observations Regarding the Application of European Standards in the Field of Welded Steel Constructions. *Revista de Chimie*, 69(6), 1352–1354. <https://doi.org/10.37358/rc.18.6.6323>
- Goicolea, J. M. (2016). ESTRUCTURAS SOMETIDAS A IMPACTO. *Universidad Politécnica de Madrid*, 1–15.
- Gómez, E. P. (2014). *Historia del Acero como elemento estructural*. 2, 5.
- Gómez, L. M. (2012). *Acero*. Fondo de Cultura Económica.
- GRAU, X. V. (2007). Comportamiento de elementos estructurales de acero frente a incendio. Análisis de la normativa. *Tesina - Universitat Politècnica de Catalunya*, 7–16.
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6112/1/00.pdf>
- Gutiérrez, Alejandro. (2010). Base de Datos clave. *Centro Cultural Itaca S.C.*, 36.
<https://aiu.edu/cursos/base de datos/pdf leccion 1/lección 1.pdf>

- Gutiérrez, Arnaldo. (2016). LA VULNERABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS A LOS 4 ELEMENTOS GRIEGOS. *INGENIERÍA FORENSE Y ESTUDIOS DE SITIO*, 3, 1–25.
- Henao, B. C., & Morales, K. P. (2017). IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL (SECTOR EDUCATIVO). *Universidad Libre Seccional Pereira*, 4, 9–15.
- Hernández, J. A. (2014). Errores constructivos que generan patologías tempranas en el sistema industrializado Outinord -proyecto Belverde etapa I. *Revista Tekhnê*, 11(1), 59–68. <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tekhne/article/viewFile/8952/10326>
- Hyunmin Kim, B. S. (2014). An experimental study of the design and overload capacity of structural grillages subjected to ice loads. *Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, POAC, October*.
- Idárraga, G., Sánchez, J. C., Santa, J. F., & Toro, A. (2014). Identificación De Mecanismos De Desgaste En Rieles De Vía Comercial Del Metro De Medellín. *Revista Colombiana de Materiales*, 5, 72–77.
- ITEA. (2014). Construcción en acero. In *Acero*. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Construcción_en_acero&oldid=78071873
- Jackson Daniel Hinton. (2018). Corrosion of hydraulic steel structures and preventive measures. *ProQuest*, 0(May).
- Jelpo, P., & Padilla, L. (2009). *Patología en elementos estructurales. Madera, acero y muro portante cerámico*. 34. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/4352/5/JEL65.pdf>
- Jiménez Domínguez, M. (2010). Comportamiento de las uniones en estructuras metálicas en edificación (Parte 1). In *Tecnología, Nudos y estabilidad*.
- Lage., C. A. E., Boán., M. E., Boán., C. A. E., & Beltrán., J. E. R. (2014). LOS

PROBLEMAS DE DISEÑO ANTICORROSIVO: FACTORES
DESENCADENANTES DE LA CORROSIÓN EN CONDICIONES CLIMATICAS
DE CUBA. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents.*

Latorre Delgado, E. O. (2015). Análisis De Patologías En Estructuras Metálicas Livianas.

Universidad Nacional de Cajamarca. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/370>

Litwin, M., & Górecki, M. (2009). Błędy wykonawcze podczas realizacji konstrukcji

stalowych. *Budownictwo i Architektura*, 4, nr, 63–72.

Mannino, M. V. (2007). *Administración de Bases de Datos Diseño y desarrollo de*

aplicaciones. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

MANRIQUE, S. V. (2017). IDENTIFICACIÓN DE ERRORES COMUNES Y

SOLUCIONES SEGÚN NORMAS VIGENTES PARA ESTRUCTURAS DE ACERO.

UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPIRITU SANTO, 101.

Maranian, P. (2009). *REDUCING BRITTLE AND FATIGUE FAILURES IN STEEL*

STRUCTURES.

Mastrocola, V. (2007). Mantenimiento para puentes metálicos tipo trabe, bailey y de

armadura. *Escuela Politécnica y Nacional.*

McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2013). Diseño de Estructuras de Acero-Quinta Edición.

Alfaomega, 5, 736.

https://www.academia.edu/28111116/Diseño_de_Estructuras_De_Acero_McCormac_5ta_Ed_pdf

Melchers, R. E., & Jeffrey, R. (2004). Influence of Water Velocity on Marine Immersion

Corrosion of Mild Steel. *Corrosion*, 60(7), 697–703. <https://doi.org/10.5006/1.3287847>

Moffit, A. (2012). La industria del hierro y el acero. *Enciclopedia De Salud Y Seguridad En*

El Trabajo, 3, 19.

Monjo Carrio, J., & Maldonado Ramos, L. (2001). *Patología y técnicas de intervención en*

estructuras arquitectónicas. http://oa.upm.es/45423/1/2001_patologia_MC_opt.pdf

Moreno, H. (2014). Integración De La Planeación De La Vida Útil En El Proceso De Diseño Arquitectónico De Edificios Ambientales En México. In *Revista Legado de Arquitectura y Diseño* (Issue 16).

Ortiz-domínguez, M., Cruz-avilés, A., Morgado-gonzález, I., Farfán-, J. M., Hernández-pérez, J., & Cruz-bustamante, J. D. (2021). *Tratamientos termoquímicos Thermochemical Treatments*. 7(14), 17–31.

Otero, E., Utrilla, M. V., Ureña, A., & Múnez, C. J. (2004). Influencia de la composición química en la resistencia a la corrosión por picadura de los aceros inoxidables. *Boletín de La Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio*, 43(2), 190–192.
<https://doi.org/10.3989/cyv.2004.v43.i2.498>

QUINTERO, M. I., LÓPEZ, C. A., & LOZANO, C. A. (2013). LA DEGRADACIÓN Y EL MANTENIMIENTO EN LAS OBRAS DE EDIFICACIÓN: ESTUDIO DE CASO INSTITUCIÓN EDUCATIVA ANTONIO DERKA SANTO DOMINGO. *Integration of Climate Protection and Cultural Heritage: Aspects in Policy and Development Plans. Free and Hanseatic City of Hamburg*, 26(4), 1–37.

Reyes, M. A. M. (2017). DIAGNÓSTICO DE CONSTRUCCIONES EN ACERO ESTRUCTURAL SOLDABLE EN LA ZONA DE MELIPILLA. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 21(2), 1689–1699. [https://www.oecd.org/dac/accountable-effective-institutions/Governance Notebook 2.6 Smoke.pdf](https://www.oecd.org/dac/accountable-effective-institutions/Governance%20Notebook%202.6%20Smoke.pdf)

Rodríguez, C., & Biezma, M. (2014). Detección de la corrosión por picadura en aceros inoxidables empleando ultrasonidos. *Departamento de Tecnología Electrónica de Sistemas y Automática, Universidad de Cantabria*, 50(March), 1–11.

Sabadell Melado, J. (2014). Galvanización general. Un modo muy eficiente para proteger el acero. *Revista de La Arquitectura Técnica*, 62–66.

- Salazar-Jiménez, J. A. (2015). Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica). *Revista Tecnología En Marcha*, 28(3), 127. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i3.2417>
- Sánchez, D. A. M. (2014). EVALUACION DE FATIGA DE PUENTES EXISTENTES EN ARCO EN ACERO QUE HAN SIDO REHABILITADOS Y/O PRESENTAN PROBLEMAS DE CORROSION. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA*, 3(2), 1–46. <http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127>
- SIGERO, Á. M. (2010). ANÁLISIS DE DEFECTOS Y COMO EVITARLOS EN SOLDADURAS DE ARCO SMAW Y SAW LONGITUDINALES Y CIRCUNFERENCIALES EN DUCTOS DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS. *Industrial, D E L A Soldadura*.
- Suárez, X. I., Villar, R. V., Corvo, F. E., & Marreno, R. (2014). Resistencia al clima tropical de aceros galvanizados con y sin recubrimiento. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(1), 29–40. [https://doi.org/10.1016/s1405-7743\(15\)30004-4](https://doi.org/10.1016/s1405-7743(15)30004-4)
- Yan, L. B., Han, B., Fan, L., & Li, X. (2020). Fatigue damage of PBH shear connector of steel-concrete composite structure. *Engineering Structures*, 213, 110540. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110540>
- Aguilar, A. (2016). Reciclado de materiales de construcción. *Boletín CF+S*, 0(2), 12. <http://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2781/2844>
- Corrales, X. S., Gutiérrez, J. M., & Marrero, R. (2018). *Influencia del clima tropical en recubrimientos de pinturas sobre substratos metálicos y no metálicos*. June. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17564.39047>
- Goicolea, J. M. (2016). ESTRUCTURAS SOMETIDAS A IMPACTO. *Universidad Politécnica de Madrid*, 1–15.
- Henao, B. C., & Morales, K. P. (2017). IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS

ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL (SECTOR EDUCATIVO). *Universidad Libre Seccional Pereira*, 4, 9–15.

Hernández, J. A. (2014). Errores constructivos que generan patologías tempranas en el sistema industrializado Outinord -proyecto Belverde etapa I. *Revista Tekhnê*, 11(1), 59–68. <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tekhne/article/viewFile/8952/10326>

Mannino, M. V. (2007). *Administración de Bases de Datos Diseño y desarrollo de aplicaciones*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero-Quinta Edición*. Alfaomega, 5, 736.

https://www.academia.edu/28111116/Diseño_de_Estructuras_De_Acero_McCormac_5ta_Ed_pdf

Moffit, A. (2012). La industria del hierro y el acero. *Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo*, 3, 19.

Monjo Carrio, J., & Maldonado Ramos, L. (2001). *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. http://oa.upm.es/45423/1/2001_patologia_MC_opt.pdf

Moreno, H. (2014). Integración De La Planeación De La Vida Útil En El Proceso De Diseño Arquitectónico De Edificios Ambientales En México. In *Revista Legado de Arquitectura y Diseño* (Issue 16).

AISC. (2010). *Especificación ANSI / AISC 360-10 para Construcciones de Acero*.

AISC 360-16. (2001). *Código de Práctica Normalizada para Edificios y Puentes de Acero*.

ASTM-A6. (2001). *Requisitos Generales para barras laminadas de acero estructural, placas, formas y tablestacas*.

AWS. (2015). *Structural Welding Code AWS D1.1/D1.1M*. https://pubs.aws.org/Download_PDFS/D1.1-2015-SPA-PV.pdf

CIRSOC-301. (2005). *CIRSOC-301 Reglamento argentino de estructuras de acero para edificios*. 148, 148–162.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (1988). *NTP*

200: *Estructuras metálicas: comportamiento frente al fuego (I). I.*

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2004). Norma E.090: Estructuras Metálicas. *Reglamento Nacional de Edificación (RNE)*, 1–189.

Norma Ecuatoriana de la construcción. (2015). *NEC-SE-AC*.
<https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec3.pdf>

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Características principales o lesiones de cada patología</i>	115
Anexo 2 <i>Base de datos sobre patologías en estructuras de acero</i>	118

ANEXO 1 (Tabla de características principales o lesiones de cada patología)

Anexo 1 Características principales o lesiones de cada patología

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES O LESIONES DE CADA PATOLOGÍA	
A.1-Corrosión por picadura	<ul style="list-style-type: none"> *Pequeñas cavidades *Picaduras *Lágrimas de óxido *Pérdida de color *Puntos de óxido
A.2-Corrosión galvánica	<ul style="list-style-type: none"> *Dos materiales diferentes *Diferentes cargas eléctricas en los materiales *Uniformidad en la corrosión *Pérdida de color
A.3-Corrosión por oxidación previa	<ul style="list-style-type: none"> *Polvo de óxido *Óxido superficial *Uniformidad *Pérdida de color *Exposición a la intemperie
A.4-Corrosión por aireación diferencial	<ul style="list-style-type: none"> *Solo partes específicas oxidadas *Óxido superficial *Pérdida de color *Exposición a la intemperie
A.5-Corrosión por inmersión	<ul style="list-style-type: none"> *Capa de hidróxido *Carbonatación *Desuniformidad de óxido *Erosión *Presencia de agua o humedad
A.6-Corrosión por tensión	<ul style="list-style-type: none"> *Presencia de fisuras *Desuniformidad de óxido *Esfuerzos a tensión *Costras
A.7-Erosión química	<ul style="list-style-type: none"> *Desgaste del material *Reducción de secciones *Costras de óxido *Perforaciones
A.8-Suciedad	<ul style="list-style-type: none"> *Presencia de materia orgánica *Presencia de materia muerta *Capas de lodo *Exposición a la intemperie *Capas de polvo
A.9-Deformación por impacto	<ul style="list-style-type: none"> *Flechas excesivas *Pequeñas fisuras *Inicio de fatiga *Torsión

A.10-Deformación térmica	<ul style="list-style-type: none"> *Flechas excesivas *Pérdida de color natural *Deformación general *Alabeos
A.11-Deformación por sobrecarga	<ul style="list-style-type: none"> *Flechas excesivas *Fatiga *Pandeo local *Alabeos en los extremos * Torsión
A.12-Desgarro laminar	<ul style="list-style-type: none"> *Fisuras paralelas al plano de soldadura *Pérdida de color natural
A.13-Rotura por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> *Pérdida de sección *Fisuras profundas *Fatiga *Rotura del elemento
A.14-Rotura frágil	<ul style="list-style-type: none"> *Prolongación de fisuras *Fisuras profundas *Aceros fundidos *Rotura del elemento
A.15-Erosión física	<ul style="list-style-type: none"> *Desgaste del material *Reducción de sección *Desprendimiento del material *Material carcomido
A.16-Soldaduras incorrectas	<ul style="list-style-type: none"> *Fisuras *Burbujas internas *Falta de homogeneidad *Porosidad
A.17-Uniones incorrectas	<ul style="list-style-type: none"> *Unión sin continuidad *Falta de soldadura
A.18-Montaje no conforme a los planos	<ul style="list-style-type: none"> *Montaje erróneo *Mala posición de elementos
A.19-Errores de fabricación	<ul style="list-style-type: none"> *Erróneos espesores de suelda *Abolladuras *Divergencia de espesores en el elemento *Biselados imperfectos *Divergencia en dimensiones
A.20-Malas prácticas constructivas	<ul style="list-style-type: none"> *Errores en normativas *Mala ejecución *Falta de criterio técnico *Procedimientos empíricos

ANEXO 2 (Base de datos sobre patologías en estructuras de acero)

Anexo 2 Base de datos sobre patologías en estructuras de acero

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11
Patología	Descripción	Características principales	Etiqueta	Referencia	Página	Imágenes	Enlaces de referencia	Equipo de medición	Técnica para reconocimiento	Tratamiento
A.1-Corrosión por picadura	Se produce cuando la capa protectora de óxido de la superficie del acero inoxidable se rompe, permitiendo que el metal se haga susceptible a la pérdida de electrones.	*Pequeñas cavidades *Picaduras *Lágrimas de óxido *Pérdida de color *Puntos de óxido	Acero	*Artículo 1 "Detección de la corrosión por picadura en aceros inoxidables empleando ultrasonidos" By: Rodríguez Cristina. *Artículo 2 "Influencia de la composición química en la resistencia a la corrosión por picadura de los aceros inoxidables" By: Otero, E., Utrilla, M. V., Ureña, A., & Muñes, C. J. (2004)	2	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.1-Corrosion%20por%20picadura?csf=1&web=1&e=0fNLE	(1). http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/1310/1344 (2): @article{otero2004influencia, title={Influencia de la composición química en la resistencia a la corrosión por picadura de los aceros inoxidables}, author={Otero, E and Utrilla, MV and Ureña, Alejandro and Munez, CJ}, journal={BOLETIN-SOCIEDAD ESPANOLA DE CERAMICA Y VIDRIO}, volume={43}, number={2}, pages={190--192}, year={2004}, publisher={SOCIEDAD	Ultrasonido automático, Visual	Inspección por ultrasonido, Inspección visual detallada	Existen algunos tratamientos para combatir la corrosión en elementos estructurales, los cuales se pueden encontrar en el siguiente documento https://www.notion.so/eduardopalma/Tratamientos-anticorrosivos-15d0796fd63149b9b5592669c0cda4d0
A.2-Corrosión galvánica	Ocurre cuando dos metales de diferente composición química están unidos en un ambiente húmedo o en contacto con un electrolito	*Dos materiales diferentes *Diferentes cargas eléctricas en los materiales *Uniformidad en la corrosión *Pérdida de color	Acero	Artículo: "Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales" by: José A. Salazar Jimenez	5	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.2-Corrosion%20galvanica?csf=1&web=1&e=a8X0jF	https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822015000300127	Ultrasonido automático, Visual	Inspección por ultrasonido, Inspección visual detallada	Un tratamiento efectivo para este tipo de corrosión es la galvanización https://www.notion.so/eduardopalma/Galvanizacion-b952acd87da94e758ecf6c35bb12cc08
A.3-Corrosión por oxidación previa	Se da por la falta de protección al óxido del elemento estructural. Se genera una capa superficial de óxido que no penetra en el elemento	*Polvo de óxido *Óxido superficial *Uniformidad *Pérdida de color *Exposición a la intemperie	Acero	Tesis: "EVALUACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS APLICADOS SOBRE EL ACERO DE ESTRUCTURAS Y EQUIPOS DEL TREN 1 DE REACTORES DE ORINOCO IRON S.C.S." By: Álvarez María D. (2008)	68	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/_layouts/15/onedrive.aspx?csf=1&web=1&e=a8X0jF&cid=a9315042%2D6ade%2D4cec%2Dadba%2D15cc0cd44624&FolderCTID=0x012000E5FE7707AFC3246863C5AB8524FF51D&id=%2Fpersonal%2Feduardo%5Fpalma%5Fucacue%5Fedu%5Fec%2FDocuments%2F3%2FINVESTIGACION%20I+V+D%2FTRABAJOS%20DE%20TITULACION%20DE%20DATOS%20DE%20RESPALDO%2FAcero%2FA%2E3%2DCorrosion%20por%20oxidacion%20previa	https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/evaluacion-recubrimientos-organicos-acero-orinoco-iron-scs/evaluacion-recubrimientos-organicos-acero-orinoco-iron-scs.pdf	Visual	Inspección visual	El tratamiento más adecuado para combatir la oxidación previa es la protección del elemento con pinturas protectoras. La limpieza previa es muy importante para este tratamiento. Hay una variedad de tratamientos como https://www.notion.so/eduardopalma/Tratamientos-anticorrosivos-15d0796fd63149b9b5592669c0cda4d0

A.4-Corrosión por aeración diferencial	Ocurre cuando ciertas partes del elemento estructural están expuestas a humedad más que otras. Por lo que, estas zonas adquieren más carga eléctrica que da paso a la corrosión.	*Solo partes específicas oxidadas *Oxido superficial *Pérdida de color *Exposición a la intemperie	Acero	Artículo; "LOS PROBLEMAS DE DISEÑO ANTICORROSIVO: FACTORES DESENCADENANTES DE LA CORROSIÓN EN CONDICIONES CLIMÁTICAS DE CUBA." By: Lage, C. A. E., Boán, M. E., Boán, C. A. E., & Beltrán, J. E. R.	8	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%20ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/A.4-Corrosion%20por%20aeracion%20diferencial?csf=1&web=1&e=dZWO5b	http://monografias.umcc.cu/mos/2004/QuiMec/um04QM01.pdf	Detector de humedad, Visual	Inspección visual detallada	La corrosión por aeración diferencial se puede tratar con diferentes métodos que se detallan en el siguiente documento https://www.notion.so/eduardopalma/Tratamientos-anticorrosivos-15d0796fd63149b9b5592669c0cda4d0
A.5-Corrosión por inmersión	Se presenta en elementos o parte de ellos en los que están permanentemente expuestos a humedad o agua. Generalmente se encuentra en estructuras sumergidas o enterradas	*Capa de hidróxido *Carbonatación *Desuniformidad de óxido *Erosión *Presencia de agua o humedad	Acero	Artículo: " Influence of Water Velocity on Marine Immersion Corrosion of Mild Steel " By: Melchers, RE y Jeffrey, R. (2004)	7	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%20ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/A.5-Corrosion%20por%20inmersion%20en%20agua?csf=1&web=1&e=w79jnr	@article {melchers2004influence, title = {Influencia de la velocidad del agua en la corrosión por inmersión marina del acero dulce}, author = {Melchers, RE y Jeffrey, R}, journal = {Corrosion}, volumen = {60}, número = {1}, páginas = {84--94}, año = {2004} }	Detector de humedad, Visual	Inspección visual detallada	La corrosión por inmersión a diferencia de las demás corrosiones, la presencia de agua o humedad es permanente por lo que la galvanización es la mejor solución https://www.notion.so/eduardopalma/Galvanizacion-b952acd87da94e758ecf6c35bb12cc08
A.6-Corrosión por tensión	Se presenta cuando un elemento de acero sufre esfuerzos de tensión, por lo que, al originarse fisuras en el esfuerzo del metal ocurre la corrosión de zonas específicas.	*Presencia de fisuras *Desuniformidad de óxido *Esfuerzos a tensión *Costras	Acero	Artículo: "Procedimientos comparativos de corrosión baja tensión en soldaduras de plancha de acero de inox AISI 316 y AISI 304 con electrodos de acero AISI 308L" By: Soler Daban, G. (2015).	9	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%20ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/A.6-Corrosion%20por%20tension%20en%20soldadura?csf=1&web=1&e=hwdzbt	@phdthesis{soler2015procedimientos, title={Procedimientos comparativos de corrosión baja tensión en soldaduras de plancha de acero de inox AISI 316 y AISI 304 con electrodos de acero AISI 308L}, author={Soler Daban, Gabriel}, year={2015}, school={Universitat Politècnica de València}}	Ultrasonido automático, Visual	Inspección por ultrasonido, Inspección visual detallada	La corrosión por tensión se puede tratar con diferentes métodos anticorrosivos siempre cuando estos supriman los factores que provocaron su inicio (tensión-fisuras). Dentro de estos métodos tenemos los siguientes https://www.notion.so/eduardopalma/Tratamientos-anticorrosivos-15d0796fd63149b9b5592669c0cda4d0
A.7-Erosión química	Esto ocurre cuando algún tipo de corrosión acelera su proceso al punto de producir un desgaste dentro del material	*Desgaste del material *Reducción de secciones *Costras de óxido *Perforaciones	Acero	Artículo: "Corrosion of hydraulic steel structures and preventive measures" By: Jackson Daniel Hinton (2018)	22	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%20ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/A.7-Erosion%20quimica?csf=1&web=1&e=AFJL74	@ARTICLE{ author = "Jackson Daniel Hinton", title = "Corrosion of hydraulic steel structures and preventive measures", journal = "ProQuest", year = "2018" }	Flexómetro digital, Ultrasonido automático	Inspección por ultrasonido, Inspección visual detallada	Ningún tratamiento anticorrosivo combate la erosión química, la mejor solución está en reemplazar por completo el elemento afectado, una vez realizado este procedimiento se puede aplicar pinturas protectoras para prevenir futuras afectaciones. Se debe analizar los factores que iniciaron una erosión de este tipo y erradicarlos por completo.

A.8-Suciedad	La suciedad se presenta por acción del medio ambiente y por la falta de limpieza.	*Presencia de materia orgánica *Presencia de materia muerta *Capas de lodo *Exposición a la intemperie *Capas de polvo	Acero	Artículo: "Problemática en la inspección de puentes metálicos antiguos" By: Ismael Carpintero García (2018)	2	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%20ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.8-Suciedad?csf=1&web=1&e=WRDet2	@ARTICLE{ author = "Ismael Carpintero García", title = "Problemática en la inspección de puentes metálicos antiguos", journal = "ScienceDirect", year = "2017" }	Visual	Inspección visual detallada	Remoción de la capa de material orgánica e inorgánica, capa de polvo, lodo, plásticos. Se pueden aplicar las técnicas como limpieza con agua a presión o las descritas en el siguiente documento https://www.notion.so/eduardopalma/T-cnicas-de-limpieza-df1b98324bae4310a43e959337bf891b
A.9-Deformación por impacto	Deformación producida por sollicitaciones dinámicas de gran intensidad y de corta duración	*Flechas excesivas *Pequeñas fisuras *Inicio de fatiga *Torsión	Acero	Artículo: " DIAGNÓSTICO DE CONSTRUCCIONES EN ACERO ESTRUCTURAL SOLDABLE EN LA ZONA DE MELIPILLA" By: Milton Andrés Malhue Reyes (2017)	79	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%20ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.9-Deformaci%C3%B3n%20por%20impacto?csf=1&web=1&e=sejuJ0	@ARTICLE{ author = "Milton Andrés Malhue Reyes", title = "DIAGNÓSTICO DE CONSTRUCCIONES EN ACERO ESTRUCTURAL SOLDABLE EN LA ZONA DE MELIPILLA", journal = "Universidad Andres Bello", year = "2017" }	Flexómetro digital, radiografía industrial	Inspección visual detallada, radiografía industrial	Cuando esta deformación presenta flechas exageradas se debe reemplazar el elemento por completo. Siguiendo procedimientos de apuntalamiento estructural en todo momento hasta su reemplazo. https://www.notion.so/eduardopalma/Tratamiento-para-deformaciones-f7b6b26c75f842ee9fbf364e58817e9d
A.10-Deformación térmica	Se ocasionan por exposición al fuego en incendios o al momento de realizar soldaduras. El acero fluye al alcanzar sus límites elásticos	*Flechas excesivas *Perdida de color natural *Deformación general *Alabeos	Acero	Artículo: "LA VULNERABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS A LOS 4 ELEMENTOS GRIEGOS" By: Arnaldo Gutiérrez (2016)	2	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%20ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.10-Deformaci%C3%B3n%20t%C3%A9rmica?csf=1&web=1&e=khvn9j	@ARTICLE{ author = "Arnaldo Gutiérrez", title = "LA VULNERABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS A LOS 4 ELEMENTOS GRIEGOS", journal = "Editor José Grases", year = "2015" }	Flexómetro digital, radiografía industrial	Inspección visual	Un elemento deformado por factores térmicos debe ser reemplazado por completo ya que, pierde todas sus propiedades fisicoquímicas al momento de fluir. Si esta deformación no es general y es causada en pequeñas zonas se puede optar por soluciones como https://www.notion.so/eduardopalma/Tratamiento-para-deformaciones-f7b6b26c75f842ee9fbf364e58817e9d
A.11-Deformación por sobrecarga	Deformación causada por el aumento de cargas sin ser contempladas dentro del diseño estructural o mayores a lo permisible	*Flechas excesivas *Fatiga *Pandeo local *Alabeos en los extremos *Torsión	Acero	Artículo: " AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE DESIGN AND OVERLOAD CAPACITY OF STRUCTURAL GRILLAGES SUBJECTED TO ICE LOADS" By Hyunmin Kim, B.Sc. 2014	68	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20PREGRADO/patolog%20ADAs/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.11-Deformaci%C3%B3n%20por%20sobrecarga?csf=1&web=1&e=isCAZ2	@ARTICLE{ author = "Hyunmin Kim, B.Sc.", title = "AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE DESIGN AND OVERLOAD CAPACITY OF STRUCTURAL GRILLAGES SUBJECTED TO ICE LOADS", journal = "University of Newfoundland", year = "2014" }	Flexómetro digital, radiografía industrial	Inspección visual	Un elemento deformado por sobrecarga generalmente debe ser reemplazado por uno de mayor resistencia. Sin embargo, hay algunas alternativas que se detallan en el documento https://www.notion.so/eduardopalma/Tratamiento-para-deformaciones-f7b6b26c75f842ee9fbf364e58817e9d

A.12-Desgarro laminar	Falla específica de elementos estructurales soldados cuando surgen fisuras en la misma dirección del plano de las capas de soldadura, provocadas por la retracción del material de aporte.	*Fisuras paralelas al plano de soldadura *Perdida de color natural	Acero	Artículo: "Lamellar Tearing Observations Regarding the Application of European Standards in the Field of Welded Steel Constructions." By: Feier, A., & Chivu, O. R. (2018)	1	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20C3%93N/pregrado/patolog%20C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.12-Desgarro%20laminar?csf=1&web=1&e=KlMld7	@article{feier2018lamellar, title={Lamellar Tearing Observations Regarding the Application of European Standards in the Field of Welded Steel Constructions}, author={Feier, Anamaria and Chivu, Oana Roxana}, journal={REVISTA DE CHIMIE}, volume={69}, number={6}, pages={1352--1354}, year={2018}, publisher={CHIMINFORM DATA}	Líquidos penetrantes, Ultrasonido automático, Visual, radiografía industrial	Inspección por líquidos penetrantes, Inspección por ultrasonido, Inspección visual detallada, radiografía industrial	Reemplazo del elemento de laminado (uniones) y proceder con métodos de soldadura calificados. Usualmente el desgarro laminar se produce por malas soldaduras por lo que un buen procedimiento evitaría esta patología. https://www.notion.so/eduardopalma/Reparacion-de-soldaduras-incorrectas-517dc7ab0e0845188be77fc37f3dbf87
A.13-Rotura por fatiga	Se inicia con la degeneración del elemento que está sometido a cargas cíclicas. El elemento va perdiendo sección hasta el punto de rotura	*Perdida de sección *Fisuras profundas *Fatiga *Rotura del elemento	Acero	Artículo: "Reducing brittle and fatigue failures in steel structures" By: Maranian, P. (2009, November)	26	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20C3%93N/pregrado/patolog%20C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.13-Rotura%20por%20fatiga?csf=1&web=1&e=uxTuR8	@inproceedings{maranian2009reducing, title={Reducing brittle and fatigue failures in steel structures}, author={Maranian, Peter}, year={2009}, organization={American Society of civil engineers}}	Ultrasonido automático, Visual	Inspección por ultrasonido, Inspección visual detallada	Reemplazo del elemento afectado. Seguir un procedimiento que sea seguro para la estructura. Apuntar la zona afectada antes del reemplazo y no retirarlo hasta que la nueva pieza sea colocada.
A.14-Rotura frágil	Se produce a lo largo de planos cristalográficos llamados planos de fractura y tiene una rápida propagación de la grieta. Generalmente aparece en aceros fundidos	*Prolongación de fisuras *Fisuras profundas *Aceros fundidos *Rotura del elemento	Acero	Artículo: "Fatigue damage of PBH shear connector of steel concrete composite structure" By: Yan, L. B., Han, B., Fan, L., & Li, X. (2020)	9	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20C3%93N/pregrado/patolog%20C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.14-Rotura%20fr%C3%A1gil?csf=1&web=1&e=kRFLT4	@article{yan2020fatigue, title={Fatigue damage of PBH shear connector of steel-concrete composite structure}, author={Yan, Long B and Han, Bing and Fan, Liang and Li, Xiao}, journal={Engineering Structures}, volume={213}, pages={110540}, year={2020}, publisher={Elsevier}}	Visual, radiografía industrial	Inspección visual detallada, radiografía industrial	Reemplazo del elemento afectado. Seguir un procedimiento que sea seguro para la estructura. Apuntar la zona afectada antes del reemplazo y no retirarlo hasta que la nueva pieza sea colocada.
A.15-Erosión física	Es la acción destructora del desgaste físico que produce alteración y deterioro progresivo de los materiales	*Desgaste del material *Reducción de sección *Desprendimiento del material *Material carcomido	Acero	Artículo: "Identificación de mecanismos de desgaste en rieles de vía comercial del metro de Medellín" By: Sánchez, J. C., Santa, J. F., Idárraga, G., & Toro, A. (2014)	4	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f/r/personal/eduardo_palma_ucacue_edu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20C3%93N/pregrado/patolog%20C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.15-Erosion%20fisica?csf=1&web=1&e=HfVlrf	@article{sanchez2014identificacion, title={Identificación de mecanismos de desgaste en rieles de vía comercial del metro de Medellín}, author={Sánchez, Juan Camilo and Santa, Juan Felipe and Idárraga, Guillermo and Toro, Alejandro}, journal={Revista Colombiana de Materiales}, number={5}, pages={72--77}, year={2014}}	Flexómetro digital, Visual	Inspección visual detallada	Los tratamientos termoquímicos son una muy buena alternativa para combatir la erosión física en elementos metálicos. Hay algunos tipos de estos tratamientos, los cuales se pueden encontrar aquí https://www.notion.so/eduardopalma/Tratamiento-para-la-erosion-fisica-0af4f4e294714226925e3da39fded065

A.16-Soldaduras incorrectas	Es la mala unión o fijación de dos elementos mediante soldadura	*Fisuras *Burbujas internas *Falta de homogeneidad *Porosidad	Acero	Artículo: "EVALUACIÓN DE FATIGA DE PUENTES EXISTENTES EN ARCO EN ACERO QUE HAN SIDO REHABILITADOS Y/O PRESENTAN PROBLEMAS DE CORROSIÓN" By: Darío Alfonso Molano Sánchez (2014)	91	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacueedu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACI%C3%93N/prgrado/patolog%C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.16-Soldaduras%20incorrectas?csf=1&web=1&e=twXqXJ	@ARTICLE{, author = "Darío Alfonso Molano Sánchez", title = "EVALUACION DE FATIGA DE PUENTES EXISTENTES EN ARCO EN ACERO QUE HAN SIDO REHABILITADOS Y/O PRESENTAN PROBLEMAS DE CORROSION", journal = "PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA", year = "2014" }	Líquidos penetrantes, Ultrasonido automático, radiografía industrial	Inspección por líquidos penetrantes, Inspección por ultrasonido, radiografía industrial	Un tratamiento adecuado para corregir malas soldaduras debe seguir una serie de procedimientos, los cuales se detallan en el siguiente documento https://www.notion.so/eduardopalma/Reparaci-n-de-soldaduras-incorrectas-517dc7ab0e0845188be77fc37f3dbf87
A.17-Uniones incorrectas	Forma incorrecta de dar continuidad a los elementos estructurales que no pueden ser construidos o pre fabricados en una sola pieza	*Unión sin continuidad *Falta de soldadura	Acero	Artículo: "Comportamiento de las uniones en estructuras metálicas en edificación (Parte 1)" By: Jiménez Domínguez, M. (2010)	3	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacueedu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACI%C3%93N/prgrado/patolog%C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.17-Uniones%20incorrectas?csf=1&web=1&e=M87YQy	@article{jimenez2010comportamiento, title={Comportamiento de las uniones en estructuras metálicas en edificación}, author={Jiménez Domínguez, Manuel and others}, journal={Alzada}, number={101}, pages={42--45}, year={2010}, publisher={Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Granada} }	Visual	Inspección visual detallada	Para este tipo de problemas se recomienda tener una supervisión técnica y regirse a normativas constructivas desde el diseño para evitar problemas futuros. En el siguiente documento se detalla algunas soluciones https://www.notion.so/eduardopalma/Reparaci-n-de-uniones-incorrectas-d932a83dccc8405cbfd288c87d6b67ed
A.18-Montaje no conforme a los planos	Equivocación en la posición de elementos estructurales a la hora del montaje.	*Montaje erróneo de elementos *Mala posición de elementos	Acero	Artículo 1: "IDENTIFICACIÓN DE ERRORES COMUNES Y SOLUCIONES SEGÚN NORMAS VIGENTES PARA ESTRUCTURAS DE ACERO" By: Vélez Manrique, S. (2017) Artículo 2: "Błędy wykonawcze podczas realizacji konstrukcji stalowych" By: Małgorzata Litwin, Marcin Górecki (2009)	52	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacueedu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACI%C3%93N/prgrado/patolog%C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.18-Montaje%20no%20conforme%20a%20los%20planos?csf=1&web=1&e=ZJv1yK	Artículo 1: http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/3195/1/IDENTIFICACION%20DE%20ERRORES%20COMUNES%20Y%20SOLUCIONES%20SEGUN%20NORMAS%20VIGENTES%20PARA%20ESTRUCTURAS%20DE%20ACERO%20-%20SANTIAGO%20VELEZ%20M.pdf Artículo 2; http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.bazt	Visual	Inspección visual detallada	Revisar las indicaciones propuestas dentro de los planos de diseño bajo la supervisión de personal calificado y rectificar errores. Si el modificar elementos mal posicionados implica un peligro a la estabilidad de la estructura, armar un diseño de apuntalamiento para dar seguridad durante la modificación del elemento.
A.19-Errores de fabricación	Errores en la fabricación de los elementos estructurales como vigas, columnas o placas que se comenten dentro de los talleres de producción	*Erróneos espesores de suelda *Abolladuras *Divergencia de espesores en el elemento *Biselados imperfectos *Divergencia en dimensiones	Acero	Artículo: "PATOLOGÍAS POR DEFICIENCIAS EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS" By: PATRICIO JAVIER HINOJOSA MONCAYO (2015)	38	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacueedu_ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACI%C3%93N/prgrado/patolog%C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.19-Errores%20de%20fabricaci%C3%B3n?csf=1&web=1&e=dacBus	@mastersthesis{hinojosa2015patologias, title={PATOLOGÍAS POR DEFICIENCIAS EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS}, author={Hinojosa Moncayo, Patricio Javier}, type={B.S. thesis}, year={2015} }	Flexómetro digital, Visual	Inspección visual detallada, Visual	Revisar el elemento de manera minuciosa y compararlo con las especificaciones técnicas del fabricante. En caso de que el elemento ya se encuentre ubicado dentro de la estructura proceder a reemplazarlo por otro, caso contrario, aplicar refuerzos metálicos siempre y cuando el elemento soporte las cargas aplicadas.

A.20-Malas prácticas constructivas	Se desarrollan a partir de errores humanos. Van desde la utilización errónea de equipo, hasta los equivocados métodos de construcción que están fuera del diseño o supervisión de profesionales	*Errores en normativas *Mala ejecución *Falta de criterio técnico *Procedimientos empíricos	Acero	Artículo: "IDENTIFICACIÓN DE ERRORES COMUNES Y SOLUCIONES SEGÚN NORMAS VIGENTES PARA ESTRUCTURAS DE ACERO" By: Vélez Manrique, S. (2017)	49	https://ucacueedu-my.sharepoint.com/:f:/r/personal/eduardo_palma_ucacue.edu.ec/Documents/3.INVESTIGACION%20I+V+D/TRABAJOS%20DE%20TITULACION%20N/prgrado/patolog%C3%ADas/BASE%20DE%20DATOS_RESPALDO/Acero/A.20-Malas%20pr%C3%A1cticas%20constructivas?csf=1&web=1&e=tlqHz6	@mastersthesis{velez2017identificacion, title={IDENTIFICACIÓN DE ERRORES COMUNES Y SOLUCIONES SEGÚN NORMAS VIGENTES PARA ESTRUCTURAS DE ACERO.}, author={Velez Manrique, Santiago}, type={{B.S.} thesis}, year={2017}}	Visual	Visual	Para evitar las malas prácticas constructivas se recomienda tener profesionales capacitados que supervisen las actividades en la construcción y rigiéndose a normas constructivas de cada país
------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	--------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Yo, **Josué David Jiménez Romero** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1105148223**. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Generación de Base de datos sobre patologías en estructuras de acero”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **27 de septiembre de 2021**



F:

Josué David Jiménez Romero

C.I. 1105148223