PASANTÍA EN CONSULTORÍA PARA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE PATOLOGÍA DEL PROYECTO SUB-ESTACIÓN ELÉCTRICA UBICADO EN GALAPA, ATLÁNTICO

PARA OBTAR AL TITULO DE TECNÓLOGO EN CONSTRUCCIONES CIVILES

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

RUBÉN FELIPE GÓMEZ BAUTISTA
CÓD. 20141379086

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES CIVILES
BOGOTÁ D.C
2018

PASANTÍA EN CONSULTORÍA PARA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE PATOLOGÍA DEL PROYECTO SUB-ESTACIÓN ELÉCTRICA UBICADO EN GALAPA, ATLÁNTICO

PARA OBTAR AL TITULO DE TECNÓLOGO EN CONSTRUCCIONES CIVILES

RUBÉN FELIPE GÓMEZ BAUTISTA
CÓD. 20141379086

TUTOR ACADÉMICO:
ING. MILTON MENA SERNA

INFORME FINAL PASANTÍAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES CIVILES
BOGOTÁ D.C
2018

Nota de aceptación.

_____

Firma de jurado

_____

Firma Del docente tutor

Contenido

1 INTRODUCCIÓN 1
2 JUSTIFICACIÓN 2
3 OBJETIVOS 3
3.1 OBJETIVO GENERAL. 3
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 3
4 MARCO TEÓRICO 4
4.1 Patología de la construcción 4
4.1.1 Generalidades 4
4.1.2 Origen de las patologías 4
4.1.3 Lesiones en una Edificación 5
4.1.4 Tipos de Lesiones 6
4.2 Proceso Patológico y Estudio Patológico 8
4.3 Metodología Empleada 9
4.3.1 Investigación Preliminar 10
4.3.2 Investigación detallada. 10
5 DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES EN LA PASANTÍA 11
5.1 Investigación Preliminar 13
5.1.1 Fase documental 13
5.1.2 Descripción y localización del Proyecto 13
5.1.3 Características climatológicas 14
5.1.4 Sismicidad 14
5.2 Fase de observación en campo 14
5.2.1 Recuento Fotográfico 15
5.2.2 Descripción del sistema constructivo de la sub-estación eléctrica de Galapa 29
5.3 Fase de toma de datos 29
5.3.1 Calificación por tipo de lesión 30
5.3.2 Levantamiento gráfico de daños 38
5.4 Fase de muestreo y material de prueba 42
5.4.1 Prueba de ultrasonido 42
5.4.2 Relación entre la resistencia a la compresión y parámetros de ultrasonido 45
5.4.3 Ensayo de Ferroscan (norma ACI 228.2r) 46
5.4.4 Ensayo de Esclerómetro 52

5.4.5 Relación entre la resistencia a Compresión y parámetros de esclerómetro 54
5.4.6 Baja de pH y Carbonatación 56
5.4.7 Ensayo frente de Carbonatación 63
5.4.8 Tiempo estimado para la despasivación del acero de refuerzo 71
5.4.9 Ensayo a compresión de los núcleos NTC 3658 71
5.4.10 Baroscopio de Fisuras 72
5.5 Diagnóstico y Análisis de Resultados 78
6 APORTES 82
7 CONCLUSIONES 83
8 RECOMENDACIONES 84
9 COMENTARIOS 84
10 ANEXOS 84
11 REFERENCIAS 85

1 INTRODUCCIÓN

Conforme a las prácticas desempeñadas dentro de la pasantía, la cual se desarrolló específicamente en el área de la patología de la construcción, mediante la elaboración del informe de estudio de patología de una edificación de un nivel, que presta el servicio como sub-estación eléctrica, perteneciente a la empresa ELECTRICARIBE S.A. El presente trabajo, dentro del alcance de la tecnología en construcciones civiles, desarrolla los conceptos trabajados por medio de un instructivo práctico del estudio de patología para una edificación, detallando así mismo, cada una de las tareas efectuadas dentro del periodo de la pasantía.

Dentro del campo de la Ingeniería civil en Colombia, la patología de la construcción, no ha sido una de las áreas más exploradas, contando con no muchas referencias, metodologías y normas establecidas que permitan llevar a cabo de manera acertada los procedimientos concernientes a un estudio patológico. En ese orden de ideas, el informe realizado en el cuál el pasante tuvo parte como Auxiliar, se sustenta sobre la metodología desarrollada por la Ingeniera Patricia Díaz en su Tesis de maestría "*Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia*" (2014), con lo cual el aporte que se desea dar, es una extensión práctica que ejemplifique el procedimiento efectuado dentro del estudio y que en el campo de conocimientos en los que se desempeña un tecnólogo, se pueda facilitar la concepción y aplicación de los conceptos manejados respecto a cada componente a tratar, para cualquier otra edificación.

La metodología que se desarrolla, se trabaja sobre las distintas fases que componen el estudio del proyecto trabajado. Estas son: la Investigación preliminar, la fase de documentación, Fase de observación de campo, toma de datos, informe preliminar, Documentación, observación de campo, muestreo y material de prueba, evaluación e informe final. Este informe presenta el trabajo realizado para cada una de las fases en las que el pasante tuvo parte, mostrando los componentes y resultados que se fueron obteniendo a lo largo del proceso.

Finalmente, Concorde a los resultados obtenidos, se hacen las valoraciones y conclusiones pertinentes obtenidas del estudio en el aspecto de identificación del proceso patológico, presentado en el caso desarrollado. Lo referente al análisis de vulnerabilidad y reforzamiento estructural, está fuera del alcance de este trabajo.

2 JUSTIFICACIÓN

En Colombia, dentro del campo de la ingeniería civil, la implementación de normativas y guías para la construcción de edificaciones que cumplan con las exigencias sismo-resistentes de la actualidad es bastante reciente, teniendo que el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), la última actualización, se dio hace sólo 8 años. En este orden de ideas, cabe destacar que en una de las disciplinas más importantes, la que se encarga de atender, estudiar y diagnosticar las distintas problemáticas y factores que afectan el comportamiento y funcionamiento de una edificación, como es la patología de la construcción, es aún más notoria la falta de reglamentación y herramientas para la realización de un estudio patológico, contando hasta ahora con los aportes y metodologías que varios profesionales a través de la experiencia y de su trabajo particular han ido sumando, para conformar unos parámetros que permitan realizar el diagnóstico de un proceso patológico de una edificación con éxito. Por este motivo, es importante seguir extendiendo la posibilidad de encontrar herramientas que permitan desempeñar correctamente los diferentes aspectos que conforman esta disciplina. Así pues, este trabajo, dentro del alcance de la tecnología en construcciones civiles, tiene el objeto de generar un instructivo práctico de un estudio de patología, apoyado en una metodología establecida, desarrollando los diferentes componentes en cada una de sus fases para establecer una referencia y aporte para la realización de otros trabajos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar un instructivo práctico sobre el estudio de patología realizado al proyecto Sub-Estación Eléctrica de Galapa, apoyado en las labores realizadas dentro de la pasantía en la empresa LONGENIERIA Proyectos de Ingeniería SAS, limitadas al alcance de la tecnología en Construcciones Civiles.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Definir el marco teórico para el desarrollo del trabajo desde el ámbito de la patología de la construcción, identificando los conceptos relacionados con un proceso y estudio patológico.

- Conocer la tipología de las lesiones que hacen parte de un proceso patológico.

- Identificar y desarrollar los diferentes componentes que conforman la metodología empleada para la elaboración del estudio patológico, previas al estudio de vulnerabilidad y reforzamiento.

- Presentar los resultados obtenidos dentro del proceso de la pasantía, que componen el trabajo realizado.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 Patología de la construcción

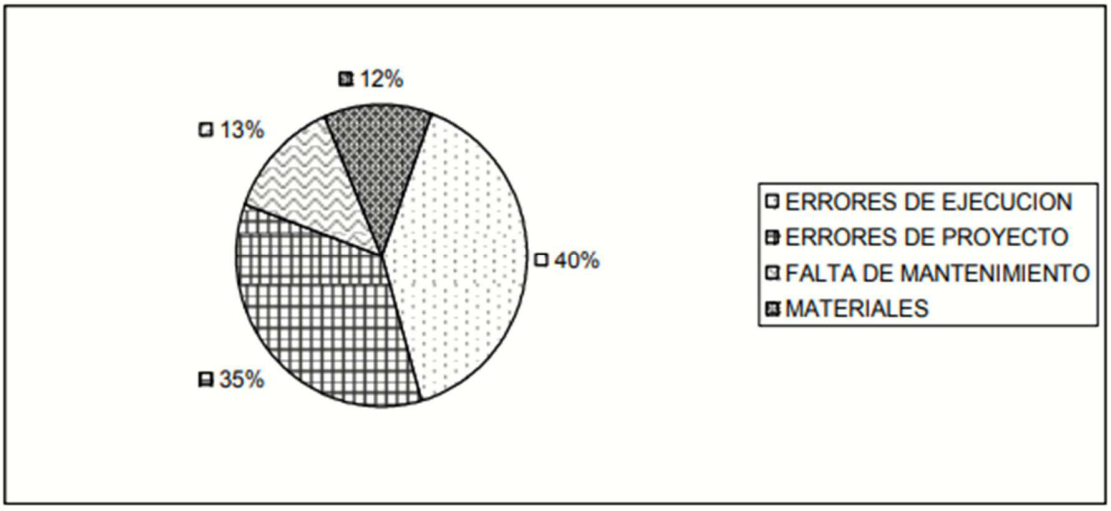
4.1.1 Generalidades

La palabra patología, proveniente del griego *phatos* y *logos*, se puede definir de forma general como el estudio de las enfermedades. Aplicado este concepto al ámbito de la construcción, la patología de la construcción "es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en algunas de sus unidades con posteridad a su ejecución." (Broto, 2006, p. 31). En el *Manual de Patología de la Construcción* se define como "el estudio de las lesiones o problemas que se presentan en un edificio y que determinan la carencia de algunas de sus condiciones básicas de funcionamiento…" (López, Rodríguez, Cruz, Torreño y Ubeda, 2004, p.16). Dichas lesiones o problemas, tienen un origen en algunas de las 3 principales etapas que componen la construcción de una edificación, las cuales son la etapa de diseño, la etapa constructiva, y la etapa de funcionamiento, en donde se desarrolla su vida útil. Por tanto, es importante tener conocimiento o noción, sobre el origen de las diferentes lesiones que se presentan, aunque es cierto que cada caso presenta sus propias particularidades, el origen de cada problema está asociado a grupos establecidos dentro del proceso global de construcción. Conocer su caracterización, permite dar idea de en donde, o en qué aspectos enfocar la atención para desarrollar el proceso de diagnóstico patológico.

4.1.2 Origen de las patologías

Como se mencionó anteriormente, la etiología de las lesiones en una edificación, principalmente está dado en las grandes fases que componen su proceso, es decir, el diseño y proyecto, construcción, y puesta en funcionamiento y uso. Adicional a esto, también se puede presentar un proceso de deterioro que pueden surgir por reacciones viciadas entre sistemas, detrimento natural de los materiales de construcción, o presencia de agentes externos que no se han estipulado en la gestación del proyecto. (López et al., 2004)

Como referencia estadística, la cual no es muy abundante a la hora de definir el origen de las diferentes afectaciones, en la figura 1 se puede observar de forma general los porcentajes que se la atribuyen a las principales fuentes de las patologías:



Tomado de: "Patología de la edificación", López et al., 2004, p. 17

Como se puede observar según las fuentes genéricas, el mayor porcentaje en donde se concentran las fuentes de las patologías, se les atribuye a los errores que se cometen en el proceso constructivo. También es muy frecuente encontrar errores en la etapa de desarrollo del proyecto, como pueden ser los diferentes estudios o diseños. Aunque cabe resaltar, que pueden ser varios factores concatenados los que influyan en la gestación de las diferentes lesiones, en consecuencia, es de vital importancia, dentro del proceso patológico, dar atención a cada componente y a las relaciones que tiene cada uno con las diferentes etapas que conforman la construcción de la edificación.

4.1.3 Lesiones en una Edificación

Las lesiones son las manifestaciones de un problema constructivo, es decir el síntoma final del proceso patológico (Broto, 2006). Es de fundamental importancia saber identificar las diferentes lesiones y su tipología, pues son a partir de ellas que se empieza a desarrollar el estudio de patología, así como la elección del proceso de rehabilitación.

Cabe destacar también, que las lesiones pueden estar relacionadas entre sí, es decir, una lesión puede surgir a partir de otra, por lo que no es común que se presenten de forma separada o aislada. Por tanto, se hace la distinción de las "lesiones primarias" y las que son consecuencias de éstas, es decir, las "lesiones secundarias".

De forma general se encuentran tres principales grupos de lesiones: físicas, mecánicas y químicas. Broto las presenta de la siguiente forma:

4.1.4 Tipos de Lesiones

Lesiones físicas. Son todas aquellas que surgen a partir de fenómenos físicos, como los relacionados con cambios climáticos, vientos, condensaciones, etc. Entre los principales se encuentran*:*

- ***Humedad:*** Ocurre cuando hay un porcentaje de agua mayor del permisivo en el material o elemento constructivo. La presencia de humedad puede conllevar a alteraciones físicas en los materiales. En función de la causa se dan 5 tipos de humedad:

  - Humedad de obra: generada durante el proceso constructivo.
  - Humedad capilar: agua ascendente proveniente del suelo.
  - Humedad de filtración: agua procedente del exterior.
  - Humedad de condensación: originada cuando se condensa el vapor de agua existente en el ambiente interior de la edificación.

- ***Erosión:*** Es el desgaste superficial de un material, el cual puede ser parcial o total.

  - Erosión atmosférica: producida por la acción física de los agentes atmosféricos.

    Usualmente se trata del proceso de **meteorización** de los materiales pétreos, que principalmente se da cuando la absorción del agua lluvia, las heladas y dilatación posterior del material, generan el proceso de disgregación.

- ***Suciedad:*** Depósito de partículas en suspensión, sobre la superficie de una conformación, principalmente fachadas. En algunos casos, se puede presentar incluso penetración en los poros superficiales de dichas fachadas. La suciedad derivada del depósito de estas partículas puede ser por acción de la gravedad, o por la acción del agua de lluvia.

Lesiones mecánicas. Presentan relevancia a la hora de hacer la valoración de una edificación. los factores mecánicos son los que predominan, provocando movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos. Se puede dividir en 5 tipos:

- ***Deformaciones:*** Es cualquier variación en la forma del material, se puede presentar en cualquier elemento de la edificación, sean estos estructurales o de cerramiento. Las deformaciones son producidas por esfuerzos mecánicos, los cuales se pueden generar durante la ejecución de una unidad, o cuando un elemento empieza a recibir carga. A partir de estas lesiones pueden surgir lesiones secundarias como fisuras, grietas y desprendimientos.

- *Flechas*: Es la consecuencia directa de esfuerzos de flexión en elementos horizontales, debido a un exceso de carga vertical o transmisión del esfuerzo por medio de conexiones de empotramiento con otros elementos.
- *Pandeos*: Se producen a causa de esfuerzos de compresión que superan la capacidad de deformación de un elemento vertical.
- *Desplomes*: Son consecuencia de empujes horizontales sobre la cabeza de elementos verticales.
- *Alabeos*: Son originados a causa de la rotación de elementos debida, generalmente, a esfuerzos horizontales.

- ***Grietas*****:** Son aberturas longitudinales que afectan todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento. En función del tipo de esfuerzo mecánico que las originan se encuentran dos grupos:

  - *Por exceso de carga:* afectan principalmente a elementos estructurales y de cerramiento, que superan la carga para la cual fueron diseñados.
  - *Por dilataciones y contracciones higrotérmicas:* Afectan principalmente a elementos de cerramiento, fachada o de cubierta, pero si no se realizan correctamente juntas de dilatación, pueden llegar a afectar a elementos estructurales.

- ***Fisuras*****:** Son aberturas longitudinales que afectan la forma o el acabado de un elemento constructivo. Aunque es similar con la sintomatología de las grietas, su origen y evolución son distintos y en algunos casos se consideran una etapa previa a la aparición de las grietas.

- ***Desprendimiento*****:** Separación entre un material de acabado y el material de soporte, generalmente los desprendimientos son producto de otro tipo de lesiones previas, como humedades, deformaciones o grietas. Los desprendimientos afectan tanto a acabados continuos como a los acabados por elementos.

- **Erosiones *mecánicas*:** Pérdida del material superficial debido a esfuerzos mecánicos, como golpes o rozaduras.

Lesiones químicas: Son las lesiones que se producen en consecuencia de un proceso químico que generalmente tiene sus causas en la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan la integridad del material y su durabilidad. Este tipo de lesiones encierra 4 principales grupos:

- ***Eflorescencias:*** Son cristales de sales de color blanco que se depositan en superficies (ladrillos, cerámica, concreto, etc.) que han tenido humedad. Este tipo de lesión se puede producir cuando los materiales de los muros, revestimientos o pavimentos son porosos y contienen sales solubles.

- ***Oxidaciones y Corrosiones:*** Conjunto de transformaciones moleculares que tiene como consecuencia la pérdida de material en la superficie de metales como el hierro y el acero.

  - *Oxidación:* Transformación de los metales en óxido al entrar en contacto con el oxígeno. La reacción del oxígeno con la superficie del metal, genera una capa de óxido que es químicamente más estable, protegiendo así al resto del metal de la acción del oxígeno, este proceso se conoce como *pasivación.*
  - *Corrosión:* Es la pérdida progresiva de partículas de la superficie del metal. Este proceso se debe a la acción de una pila electroquímica en la cual el metal actuará como ánodo a polo negativo y perderá electrones a favor del cátodo o polo positivo.

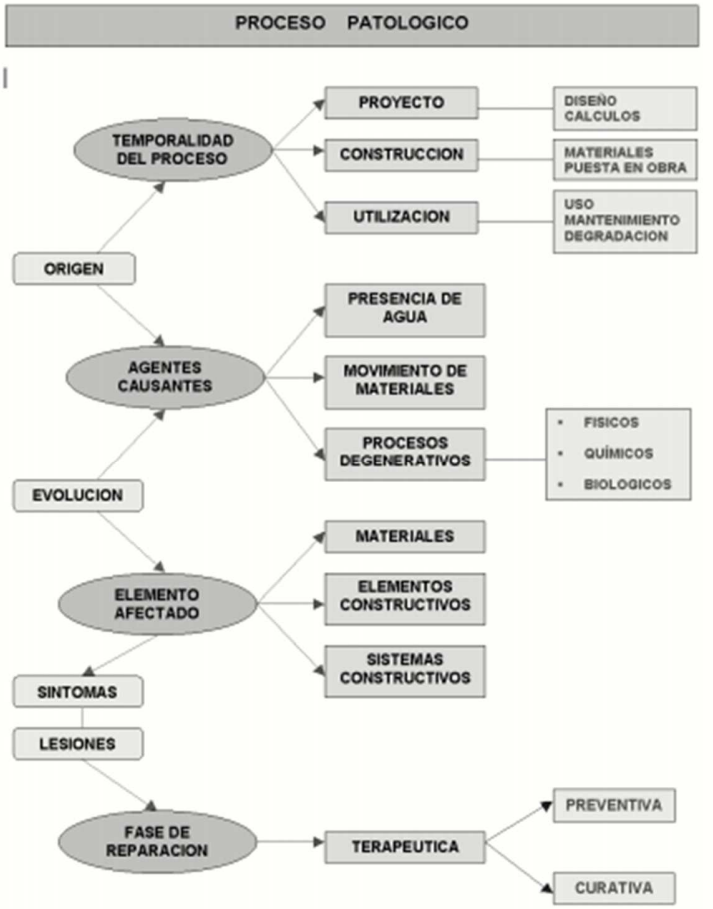
- ***Organismos:*** Los animales y vegetales pueden afectar la superficie de los materiales, su proceso patológico es fundamentalmente químico, puesto que segregan sustancias que alteran la estructura tanto química como física del material, generando principalmente deterioro en el elemento constructivo.

- ***Erosión Química:*** A causa de la reacción química de sus componentes con otras sustancias, producen transformaciones moleculares en la superficie de los materiales.

4.2 Proceso Patológico y Estudio Patológico

Una vez detectada y siendo conocida la lesión o las lesiones en una edificación, que en consecuencia presenta afectaciones en su funcionamiento en uno o varios elementos, existe un proceso patológico. Este se da a partir del momento en el que se produce hasta su reparación. En el mundo profesional, el **proceso patológico** tiene como objeto la solución de dicho proceso, es decir, la reparación o rehabilitación de la unidad constructiva dañada para devolverle su funcionalidad original (Broto, 2006).

En el Manual de la patología de la edificación, mediante el siguiente diagrama, se resume el proceso patológico:



Tomado de: "Patología de la edificación", López et al, 2004, p. 21

A partir del proceso patológico, y con el propósito de llegar a la reparación, es necesario hacer el **Estudio Patológico,** el cual tiene el fin, mediante un análisis exhaustivo del proceso, alcanzar las conclusiones que permitan diagnosticar y dar la solución pertinente.

Este análisis va en orden inverso al del proceso, es decir, se parte desde el efecto, para llegar a la causa u origen respectivo. Para esto, se hace el 'tránsito' por los diferentes y necesarios estados de síntoma o efecto, evolución y origen o causa (Broto, 2006). En tanto, para realizar dicho análisis conviene emplear una metodología sistemática y efectiva que permita alcanzar el objetivo con éxito, siendo precisa a la hora de establecer el diagnóstico.

4.3 Metodología Empleada

Dentro de las pasantías y el estudio de patología realizado sobre el proyecto sub-estación eléctrica de Galapa, se empleó la metodología consolidada por la Ingeniera Patricia Díaz, la cual se recoge en su Tesis de maestría titulada "*Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción de Edificaciones de*

Concreto Reforzado en Colombia" realizada en 2014. Sus componentes se exponen a continuación:

4.3.1 Investigación Preliminar.

Busca recolectar la información inicial sobre el estado de la estructura, así como el tipo y gravedad de los problemas que la afectan, bajo la observación de campo y toma de datos. La investigación preliminar está conformada por los siguientes componentes:

4.3.1.1 Fase documentación

- información general

4.3.1.2 Fase observación de campo

- Detectar la lesión (dónde)
- Identificar la lesión (qué)
- Desviaciones visibles y deformaciones intencionales
- Asentamientos
- Nivel freático
- Geometría y materiales estructurales
- Cargas y medio ambiente
- Vicios ocultos
- Determinar pruebas no destructivas
- Registro fotográfico.

4.3.1.3 Fase toma de datos

- Descripción del sistema estructural
- Levantamiento planimétrico
- Levantamiento gráfico de daños
- Recuento fotográfico, fichas de calificación del daño
- Planeamiento y definición de ensayos de materiales.
- Informe preliminar

4.3.2 Investigación detallada.

4.3.2.1 Fase documentación: información del diseño, información de la construcción

4.3.2.2 Fase observación en campo: preparación y planificación, verificación de la construcción conforme a obra y condición de valoración de la estructura.

4.3.2.3 Fase muestreo y material de prueba

- Prácticas y procedimientos para evaluar el estado y propiedades de los materiales
- Técnicas de muestreo

4.3.2.4 Fase de Evaluación

- Evaluación del análisis de los procesos patológicos
- Evaluación de la capacidad estructural
- Evaluación de las alternativas de rehabilitación
- Evaluación de los costos

4.3.2.5 Informe final

- Finalidad y alcance de la investigación
- La construcción existente y documentación
- Las observaciones de campo y encuestas condición
- El muestreo y ensayo de materiales
- Evaluación: Resultados de la capacidad estructural, estimación de costos e impacto del método de reparación
- Conclusiones y recomendaciones

La *Fase de Evaluación* y el *Informe final*, están fuera del alcance de las disciplinas que maneja la tecnología, por lo que no se desarrollan a lo largo del informe.

5 DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES EN LA PASANTÍA

Las pasantías son actividades prácticas que se llevan a cabo teniendo en cuenta todos los aspectos teóricos aprendidos en la academia. Las siguientes actividades fueron desarrolladas en el tiempo que duro la pasantía, las cuales estuvieron enfocadas en la realización del estudio e informe de patología sobre el proyecto Sub-Estación Eléctrica de Galapa, Atlántico.

Actividades a cargo del pasante: El pasante desempeño sus labores como Auxiliar, apoyando en gran parte del proceso que conformó el desarrollo del estudio patológico. Así pues, se exponen las actividades que se realizaron, de acuerdo a la metodología establecida y que permiten generar, dentro del alcance de la tecnología en construcciones civiles, el instructivo práctico del estudio patológico en sus distintas fases. A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso:

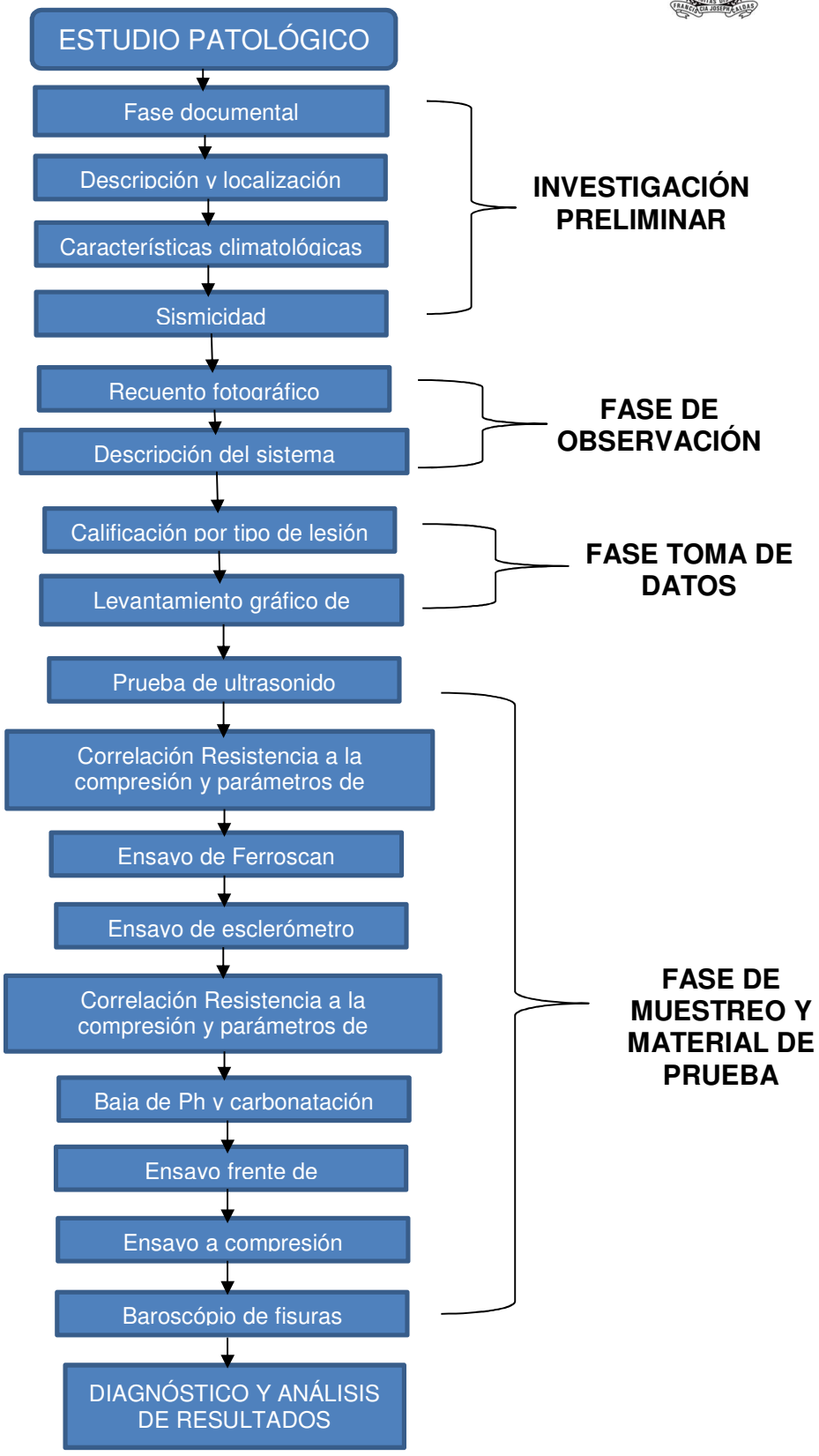


Diagrama de flujo del estudio patológico.

5.1 Investigación Preliminar

5.1.1 Fase documental

Dentro de la fase de documentación, la cual comprende la investigación en distintas fuentes de información que permitan conocer información en aspectos relacionados con el proceso constructivo, técnicas y materiales empleados durante la construcción. En esta labor, no se logró determinar información sobre los procesos constructivos realizados en la obra, siendo esta una de las etapas en donde se pueden presentar causas indirectas para una patología.

5.1.2 Descripción y localización del Proyecto

La Sub-Estación eléctrica de Galapa se encuentra localizada en el municipio de Galapa en Atlántico (Imagen 1)



Imagen 1: Localización del proyecto. Tomado de www.elheraldo.co

La edificación presenta un área aproximada de construcción de 87.24 m2, construida con un solo nivel, se encuentran dos cárcamos y un baño, el sistema estructural es en pórticos de concreto reforzado, de vigas y columnas, con placa de entrepiso aligerada y muros de cerramiento en mampostería de cemento. (ver Imagen 2)

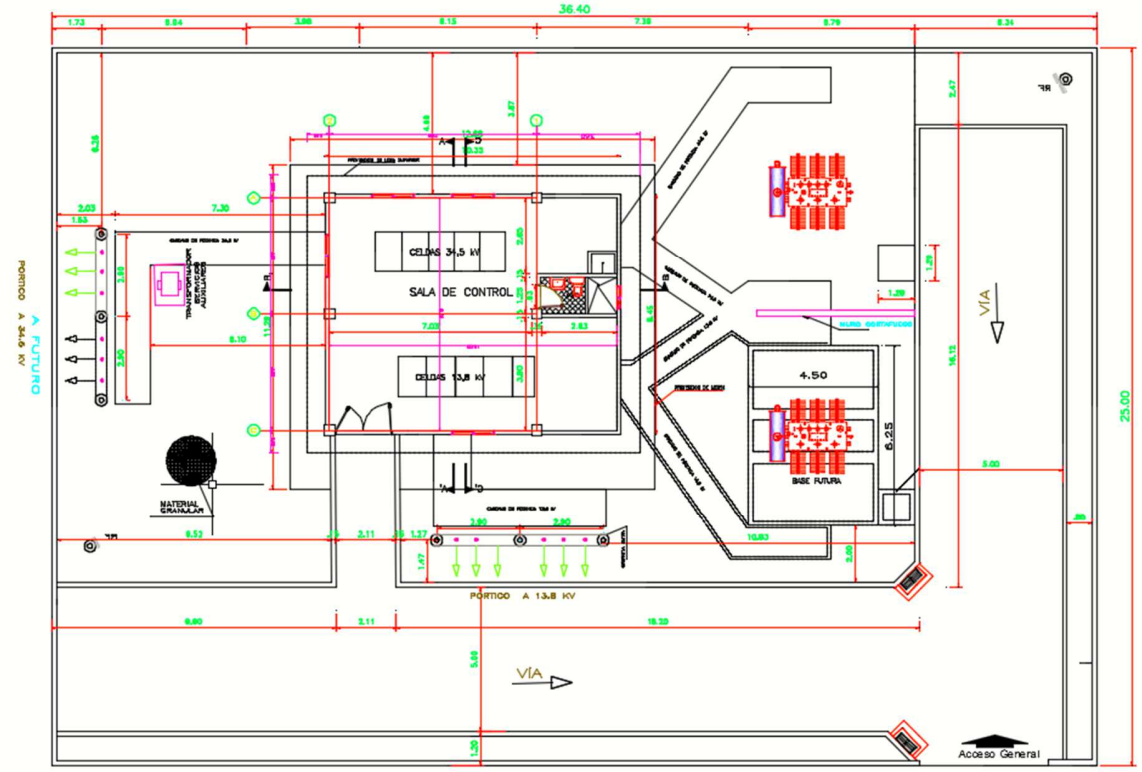


Imagen 2: Planta de distribución. Subestación Galapa Atlántico y cerramiento

5.1.3 Características climatológicas

La temperatura media de la zona está entre 22.8 y 25.8 ºC. Además, el clima se clasifica como subhúmedo seco y presenta muchas precipitaciones, entre 1280 mm hasta 1800 mm anuales. A su vez, la zona presenta humedad relativa anual del 80-85%, (Febrero http://atlas.ideam.gov.co, 2018).

5.1.4 Sismicidad

De acuerdo a la Norma Colombiana de Diseño y construcción Sismo Resistente, NSR-10, (Ley 400 de 1997, modificada Ley 1229 de 2008, y Decreto 926 del 19 marzo de 2010), el Departamento de Atlántico está enmarcado dentro de una zona de amenaza sísmica baja.

5.2 Fase de observación en campo

La observación en campo se llevó a cabo por medio de una visita al lugar de la construcción, apoyado en los planos y en formatos para realizar los respectivos registros fotográficos y ensayos no destructivos. Se verificó las condiciones del sitio, identificación del daño, desviaciones y deformaciones visibles, así como las cargas y factores medioambientales. El pasante no hizo parte de esta visita, pero con base al material obtenido de esta, se realizó el recuento fotográfico.

5.2.1 Recuento Fotográfico

Con base al registro fotográfico que se tomó en campo, se realizó el recuento fotográfico de los daños que presentaba la edificación, identificando de forma general el tipo de afectación, además de la ubicación de esta respecto a los planos constructivos.

REGISTRO FOTOGRÁFICO			
NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	HORA	9:47 a. m.



Foto N°	1
LOCALIZACIÓN	CASETA DE CONTROL

Descripción: Vista general de la edificación Subestacion electrica de Galapa



Foto N°	2
LOCALIZACIÓN	Placa de piso exterior Eje C-1'

Descripción: Fisuración y levantamiento en la placa de piso exterior (anden), material de soporte suelto y placa en concreto de espesor variable entre 7 cm.



Foto N°	3
LOCALIZACIÓN	Fachada Eje C-1'

Descripción:
Desprendimiento y desgaste del recubrimiento (pañete) en parte baja del muro, causada por tiempos de humedecimiento y secado.



Foto N°	4
LOCALIZACIÓN	Losa de piso exterior

Descripción:
Fisura transversal sobre las losas de piso exterior, presentandose principalmente en la junta ocasionado por presiones de expansión sobre los cimientos, material de soporte suelto.

Imagen 3. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible

REGISTRO FOTOGRÁFICO			
NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	HORA	9:50 a. m



Foto N°	5
LOCALIZACIÓN	Muro exterior Eje 2 entre A-B

Descripción:
Fisuración vertical en muro de mampostería, por asentamiento diferencial ocasionado por presiones de expansión sobre los cimientos



Foto N°	6
LOCALIZACIÓN	Muro exterior Eje 2 entre A-B

Descripción:
Fisura vertical con desportillamiento, en muro de mapostería, ocasionado por presiones de expansión sobre los cimientos.



Foto N°	7
LOCALIZACIÓN	Losa de piso exterior Eje A entre 1-2

Descripción:
Presencia de eflorescencias y humedad en losas de piso exterior, causado por tiempos de exposicion de humedecimiento y secado.



Foto N°	8
LOCALIZACIÓN	Losa de piso exterior Eje A entre 1-2

Descripción:
Eflorescencias y humedad en losas de piso exterior. causado por tiempos de exposicion de humedecimiento y secado.

Imagen 4. Recuento fotográfico caseta de control, anden perimetral subestación de Galapa, descripción daño visible

REGISTRO FOTOGRÁFICO			
NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	HORA	9:53 a m



Foto N°	9
LOCALIZACIÓN	Losa de piso exterior eje A entre 1-2

Descripción:
Humedad y desgaste superficial en losas de piso exterior, falta de Drenaje de las aguas de escorrentía



Foto N°	10
LOCALIZACIÓN	Muro exterior eje A entre 1-2

Descripción:
Desgaste superficial y desprendimiento del recubrimiento (pañete) del muro, por humedad y condensacion.



Foto N°	11
LOCALIZACIÓN	Losa de piso exterior Eje A entre 1-2

Descripción:
Fisura horizontal sobre losa de piso exterior Producto de movimientos expansivos en el suelo y un soporte adecuado.



Foto N°	12
LOCALIZACIÓN	Muro exterior Eje A entre 1-2

Descripción:
Patrones de fisuras a 45° sobre muros exteriores. ocasionado por presiones de expansión sobre los cimientos

Imagen 5. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible

REGISTRO FOTOGRÁFICO			
NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	HORA	9:53 a. m.



Foto N°	13
LOCALIZACIÓN	Muro exterior Eje A entre 1-2

Descripción:
Patrones de fisuración a 45° en muros exteriores y fisuras verticales sobre columnas,ocasionadas por presiones de expansión sobre los cimientos



Foto N°	14
LOCALIZACIÓN	Muro exterior Eje 2 entre A-B

Descripción:
Fisuración vertical y a 45° sobre muro exterior, y fisuras verticales en columnas, ocasionadas por presiones de expansión sobre los cimientos



Foto N°	15
LOCALIZACIÓN	Columna B-2

Descripción:
Fisura vertical sobre columna, desprendimiento del recubrimiento.



Foto N°	16
LOCALIZACIÓN	Muros Eje 1'-B

Descripción:
Agrietamiento vertical entre muros y losa de cubierta, por asentamientos diferenciales ocasionados por por presiones de expansión sobre los cimientos.

Imagen 6. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible

REGISTRO FOTOGRÁFICO

NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	**HORA**	10:04 a m



Foto N°	17
LOCALIZACIÓN	Muros Eje 1'-C

Descripción:
Fisuración vertical en muros, y fisura pronunciada entre muros y placa de cubierta.ocasionada por el movimiento generado en la estructura debido a la expansión del suelo.



Foto N°	18
LOCALIZACIÓN	Muros Eje 1'-C

Descripción:
fisuras verticales ramificada en muros, considerable fisuración entre muros y placa de cubierta, ocasionada por el movimiento generado en la estructura debido a la expansión del suelo.



Foto N°	19
LOCALIZACIÓN	Muro 1' entre B-C

Descripción:
Fisuras verticales entre muros y placa de cubierta, así como presencia de humedad y suciedad.



Foto N°	20
LOCALIZACIÓN	Placa de cubierta Ejes B-C

Descripción: Proceso avanzado de humedad y filtración en la cubierta, por deficiencia capilar de esta. La concentración de humedad ha generado la presencia de moho y hongos así como gran desgaste y desprendimiento de la capa de acabado en dichas zonas .

Imagen 7. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible, muros y placa de cubierta.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	**HORA**	10:05 a m



Foto N°	21
LOCALIZACIÓN	Placa de cubierta Ejes B-C

Descripción: Concentración de humedad, presencia de moho y hongos, generando desgate y pérdida del material de acabado.



Foto N°	22
LOCALIZACIÓN	Celdas A-B con 1-2 lateral

Descripción:
Desprendimiento y levantamiento del piso, material de soporte suelto.



Foto N°	23
LOCALIZACIÓN	Baño Eje 1'

Descripción:
Fisuración vertical y rotura del enchape del muro de baño.ocasionada por el movimiento generado en la estructura debido a la expansión del suelo.



Foto N°	24
LOCALIZACIÓN	Baño Eje 1'

Descripción:
Fisuración vertical y rotura del enchape del muro de baño.ocasionada por el movimiento generado en la estructura debido a la expansión del suelo.

Imagen 8. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible, en pisos y muros internos.

REGISTRO FOTOGRAFICO

NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	**HORA**	10:09 a. m.



Foto N°	25
LOCALIZACIÓN	baño, enchape de piso

Descripción:
Fisuración en baldozas de baño. ocasionada por el movimiento generado en la estructura debido a la expansión del suelo.



Foto N°	26
LOCALIZACIÓN	Baño, enchape Muro Eje B

Descripción:
Fisura de esquina en baldoza de baño generado por carcas concentradas en la mamposteria debido a la expansión del suelo.



Foto N°	27
LOCALIZACIÓN	Celdas A-B con 1-2 lateral

Descripción:
Desprendimiento , material de soporte arena suelto.



Foto N°	28
LOCALIZACIÓN	losa de piso entre celdas Eje B entre 2-1

Descripción : Apique realizado a la losa de piso. Se evidencia desprendimiento y material de soporte suelto, lo que ocasionó el fisuramiento.

Imagen 9. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible, en pisos.

REGISTRO FOTOGRAFICO

NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	**HORA**	10:21 a. m.



Foto N°	29
LOCALIZACIÓN	Piso, entre Ejes 1-2 y B-C

Descripción: Desprendimiento de piso, debido al levantamiento de la placa, material de soporte suelto, movimiento 4.8 mm.



Foto N°	30
LOCALIZACIÓN	Piso, entre Ejes 1-2 y B-C

Descripción:
Fisuración longitudinal y transversal en baldozas de piso.



Foto N°	31
LOCALIZACIÓN	Piso, entre Ejes 1-2 y B-C

Descripción:
Fisuración en baldozas de piso, debido al levantamiento de la placa, producto de movimientos se evidencia rellenos material sueltos.



Foto N°	32
LOCALIZACIÓN	Muro Eje 1' entre B-C

Descripción: .
Grieta en muro debido a movimientos generado en la estructura debido a la expansión del suelo

Imagen 10. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible, en pisos y muros internos.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	**HORA**	10:43 a m



Foto N°	33
LOCALIZACIÓN	Placa de piso exterior Eje C-1'

Descripción:
Grieta de 11 mm, se evidencia material de soporte suelto y espesor de placa de 7 cm.



Foto N°	34
LOCALIZACIÓN	Baldozas de piso

Descripción:
Desnivel en tableta de 1 cm,debido a movimientos generado en la estructura debido a la expansión del suelo



Foto N°	35
LOCALIZACIÓN	Muro de celda Eje 1 entre B-C lateral

Descripción:
Fisura a 45° en muro de celda, adyacente a viga de amarre, así como presencia de humedad.



Foto N°	36
LOCALIZACIÓN	Muro de celda Eje 1 entre B-C lateral

Descripción:
Fisura vertical sobre muro de celda.

Imagen 11. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible, en pisos y muros de cárcamos.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	**HORA**	10:50 a. m.



Foto N°	39
LOCALIZACIÓN	Celda entre Ejes 1-2 y B-C lateral

Descripción: Desprendimiento soporte de piso.



Foto N°	40
LOCALIZACIÓN	Celda entre Ejes 1-2 y B-C lateral

Descripción: Desprendimiento soporte de piso



Foto N°	41
LOCALIZACIÓN	Muro Eje 1' entre y A-B'

Descripción:
Fisuración vertical y a 45º entre muros y placa de cubierta.



Foto N°	42
LOCALIZACIÓN	Muro Eje 1' entre A-B'

Descripción:
Fisuras verticales e inclinadas entre muros y placa de cubierta, debido a los movimientos expansivos producidos por el suelo.

Imagen 12. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible, en muros y cárcamo.

NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018 HORA 11:06 a m



Foto N°	43
LOCALIZACIÓN	Muro Eje 1' entre A-B'

Descripción:
Fisuración entre muros y placa de cubierta, son generadas por presiones sobre cimientos,generan movimientos en la estructura.



Foto N°	44
LOCALIZACIÓN	Muro Eje 1' entre A-B

Descripción: Fisuración entre muros y placa de cubierta, son generadas por presiones sobre cimientos,generan movimientos en la estructura.



Foto N°	45
LOCALIZACIÓN	Columneta Eje B-1'

Descripción: Fisuración entre muros y columna, son generadas por presiones sobre cimientos,generan movimientos en la estructura.



Foto N°	46
LOCALIZACIÓN	Muro de cerramiento 1 Ejes 7-8

Descripción:
Fisuración por corte del muro de cerramiento por movimientos debido a presiones sobre el cimiento., se evidencia un mortero de pega pobre.

Imagen 13. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible, en muro de cerramiento.

REGISTRO FOTOGRÁFICO			
NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	HORA	11:21 a. m.



Foto N°	47
LOCALIZACIÓN	Muro de cerramiento 1 Ejes 7-8

Descripción:
Fisuración localizada sobre el mortero de pega, presentando rotura de este con los bloques de cemento, se evidencia desprendimiento del bloque y mortero de pega pobre.



Foto N°	48
LOCALIZACIÓN	Muro de cerramiento 3 Eje 13

Fisura vertical sobre columna de esquina entre muros de cerramiento.



Foto N°	49
LOCALIZACIÓN	Muro de cerramiento 3 Eje 6

Descripción: Gautin de llenado de celdas se enidencia material de mala calidad, se degrado con la extraccion del nucleo.



Foto N°	50
LOCALIZACIÓN	Muro de cerramiento 3 Eje 6

Descripción: Descripción: Gautin de llenado de celdas se evidencia material de mala calidad, se degrado con la extraccion del nucleo.

Imagen 14. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible, en muro de cerramiento, material mortero de grouting.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

NOMBRE DEL PROYECTO	SUBESTACIÓN ELECTRICA		
DIRECCIÓN	MUNICIPIO DE GALAPA - ATLÁNTICO		
FECHA	9 DE FEBRERO DE 2018	**HORA**	9:47 a. m.



Foto N°	1
LOCALIZACIÓN	MACHONES CERRAMIENTO

Descripción:Perdida de material , en partes bajas del elemento por efectos de humedad.



Foto N°	2
LOCALIZACIÓN	Eje 1-(H-G)

Descripción: Grieta lonjitudinal atraves de los traves del ladrillo , causado por asientos diferenciales.



Foto N°	3
LOCALIZACIÓN	Cerramiento J-12. Eje C-1'

Descripción: Desprendimiento del material de soporte del machon con el muro, por causas mecanicas debido a asientos diferenciales.



Foto N°	4
LOCALIZACIÓN	Losa de piso exterior

Descripción: Remate en concreto, pero falta la viga corona,se generan fisuras por falta de confinamiento de muros.

Imagen 15. Recuento fotográfico caseta de control subestación de Galapa, descripción daño visible, en muro de cerramiento.

5.2.2 Descripción del sistema constructivo de la sub-estación eléctrica de Galapa

La composición, geometría y el esquema de la estructura (imagen 2), correspondiente a la caseta de control y cerramiento, es un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado apoyados sobre una cimentación superficial en zapatas y un muro de cerramiento en mampostería estructural de bloques de cemento, apoyado sobre una cimentación superficial con viga de amarre.

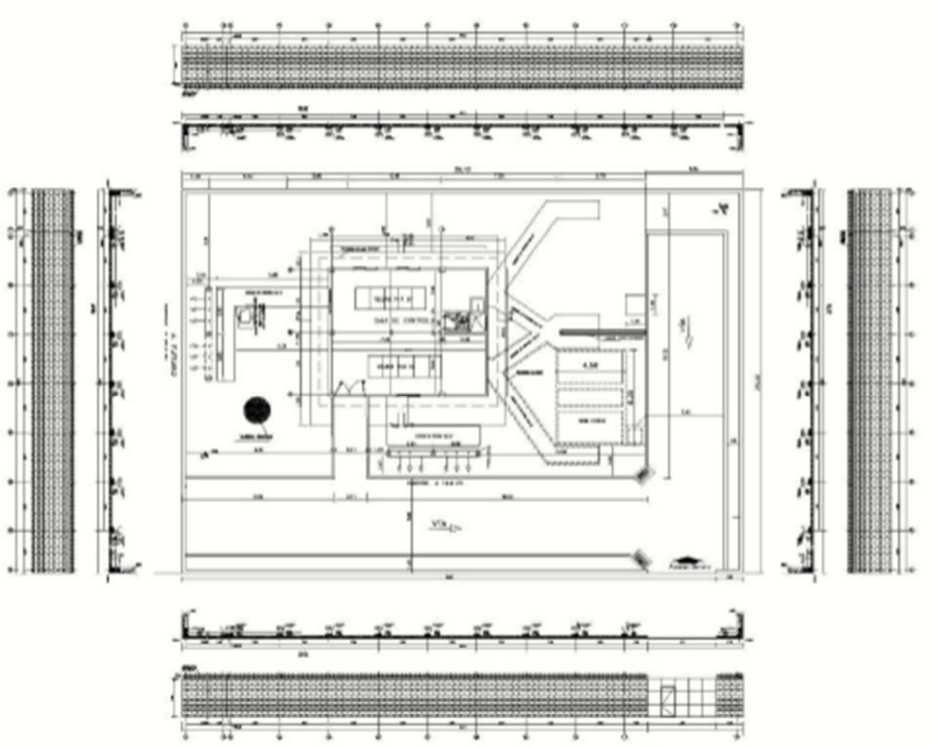


Imagen 16. Planta de distribución sub-estación eléctrica de Galapa.

5.3 Fase de toma de datos

Dentro de la fase de toma de datos se deduce el estado actual de conservación, y mantenimiento de la edificación con atención en los procesos patológicos que han estado presentes, conforme el recuento fotográfico establecido. Esta fase contempla la realización de unas fichas de calificación del daño que permiten determinar el porcentaje de afectación según la tipología del daño.

5.3.1 Calificación por tipo de lesión

De acuerdo a la metodología establecida se clasificaron las lesiones en los 4 tipos: Físicas, mecánicas, químicas y antropogénicas (Tabla 1):

Tabla 1: Clasificación por tipo de Lesión

TIPOS DE LESION	
A). FISICAS	
A,1, Humedad	B,11, Colapsado
A,2, Filtraciones	B, 12, Dilatado
A,3, Suciedad	B, 13, Quemado
A,4, Erosión	**C). QUIMICAS**
A,5, Manchas /Rayado	C,1, Eflorescencias
A,6, Vibración	C,2, Oxidaciones
B). MECANICAS	C,3, Exfoliación
B,1, Deformaciones	**D). ORGANISMOS VIVOS**
B,2, Grietas	D,1, Insectos Xilófagos
B,3, fisuras	D,2, Mohos y hongos
B,4, Roturas	D,3, Plantas superficiales
B,5, Desprendimientos	D,4, Animales - palomas
B,6, Desplomes	**E). ANTROPOGENICOS**
B,7, Desniveles	E,1, Alteración Volumétrica
B,8, Alabeos	E,2, Alteración Espacial
B,9, Faltantes	E,3, Carencia de Mantenimiento
B,10 Tapiado	E,4, Diseño Inadecuado

Por medio de la visita de campo que se realizó, junto con el recuento fotográfico, se elaboran las fichas de calificación, que permiten identificar el tipo de lesión y la evaluación cualitativa de la clasificación del nivel de daño de cada elemento constructivo. A partir de las fichas de calificación, se establece el porcentaje de daño por medio del análisis de frecuencia según aparición y tipo de lesión, clasificándolo de acuerdo con su grado de conservación y tipo de lesión.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y las fichas de calificación elaboradas:

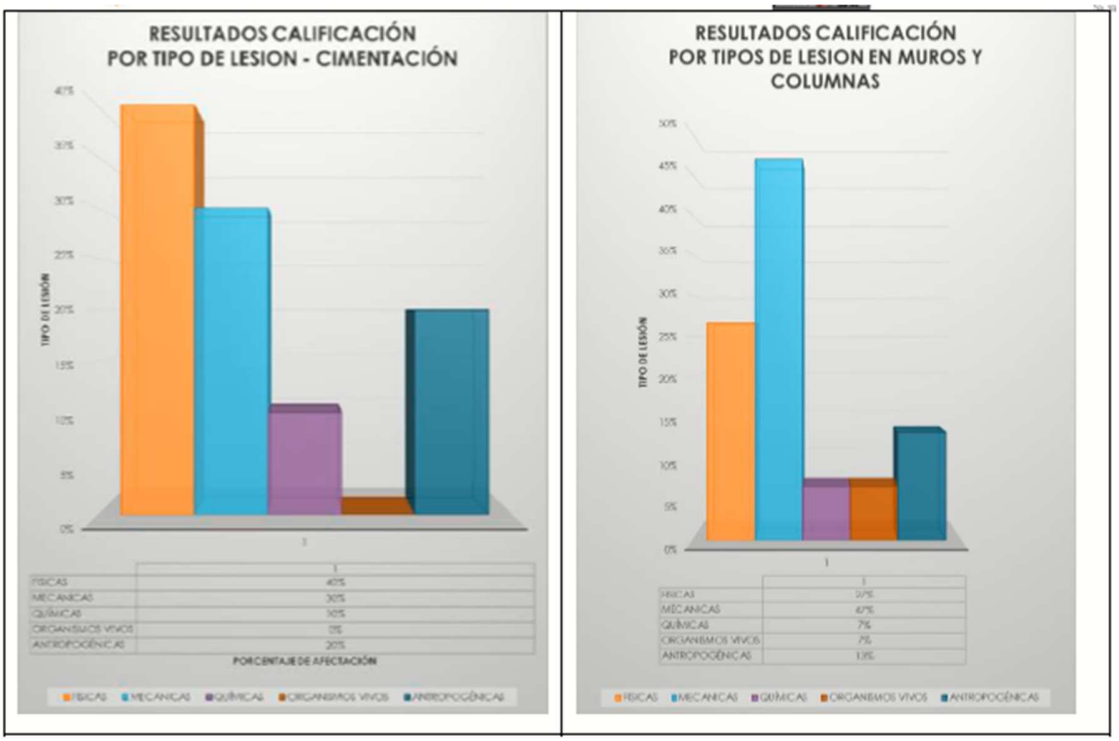


Imagen 17. Calificación por tipo de lesión para la cimentación, muros y columnas de la caseta de control, subestación eléctrica de Galapa.

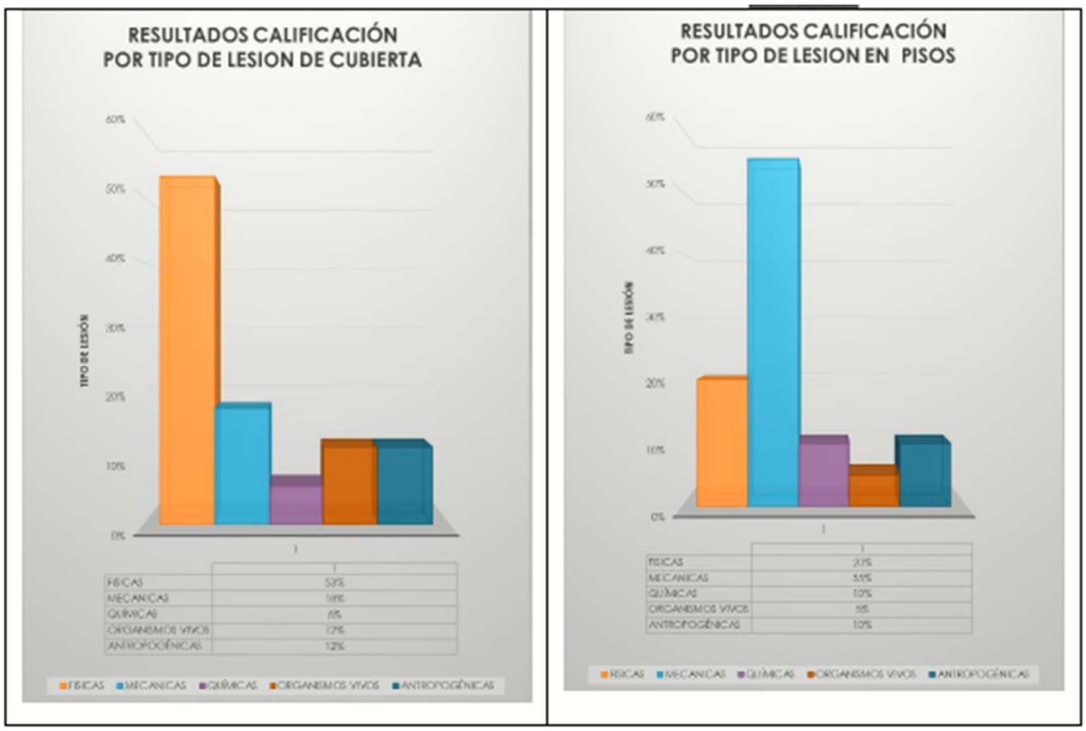


Imagen 18. Calificación por tipo de lesión para la cubierta y pisos de la caseta de control, subestación eléctrica de Galapa.

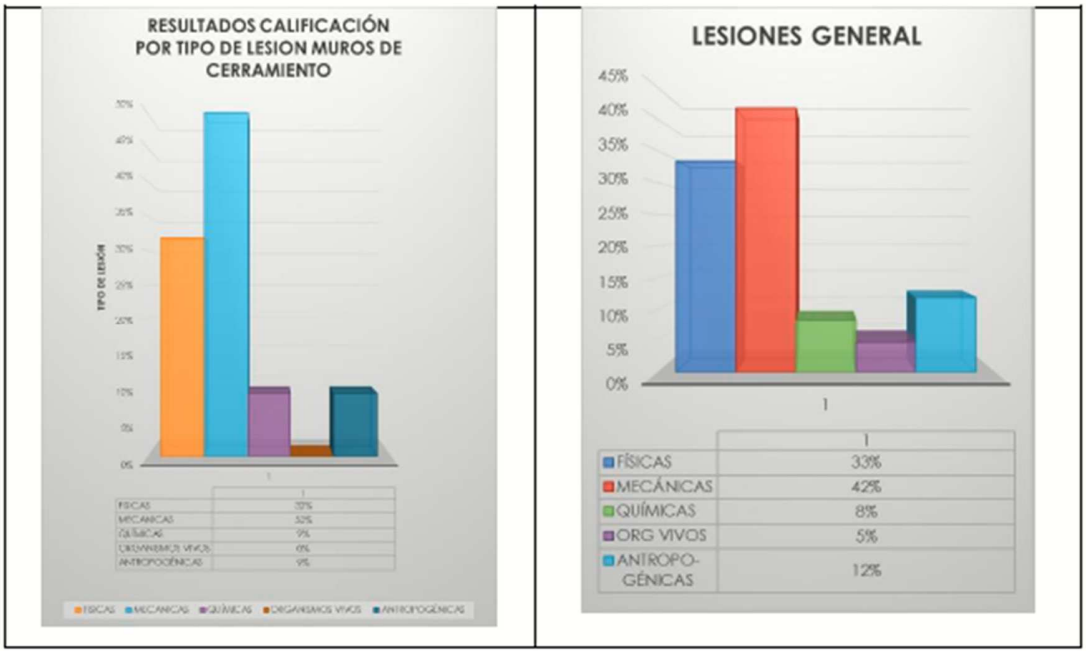


Imagen 19. Calificación por tipo de lesión para muros de cerramiento y consolidado según tipo de lesión predominante.



Imagen 20. Ficha de calificación cimentación, caseta de control, subestación eléctrica de Galapa.



Imagen 21. Ficha de calificación muros y columnas, caseta de control, subestación eléctrica de Galapa.



Imagen 22. Ficha de calificación placa de cubierta, caseta de control, subestación eléctrica de Galapa.



Imagen 23. Ficha de calificación pisos, caseta de control y anden perimetral, subestación eléctrica de Galapa.

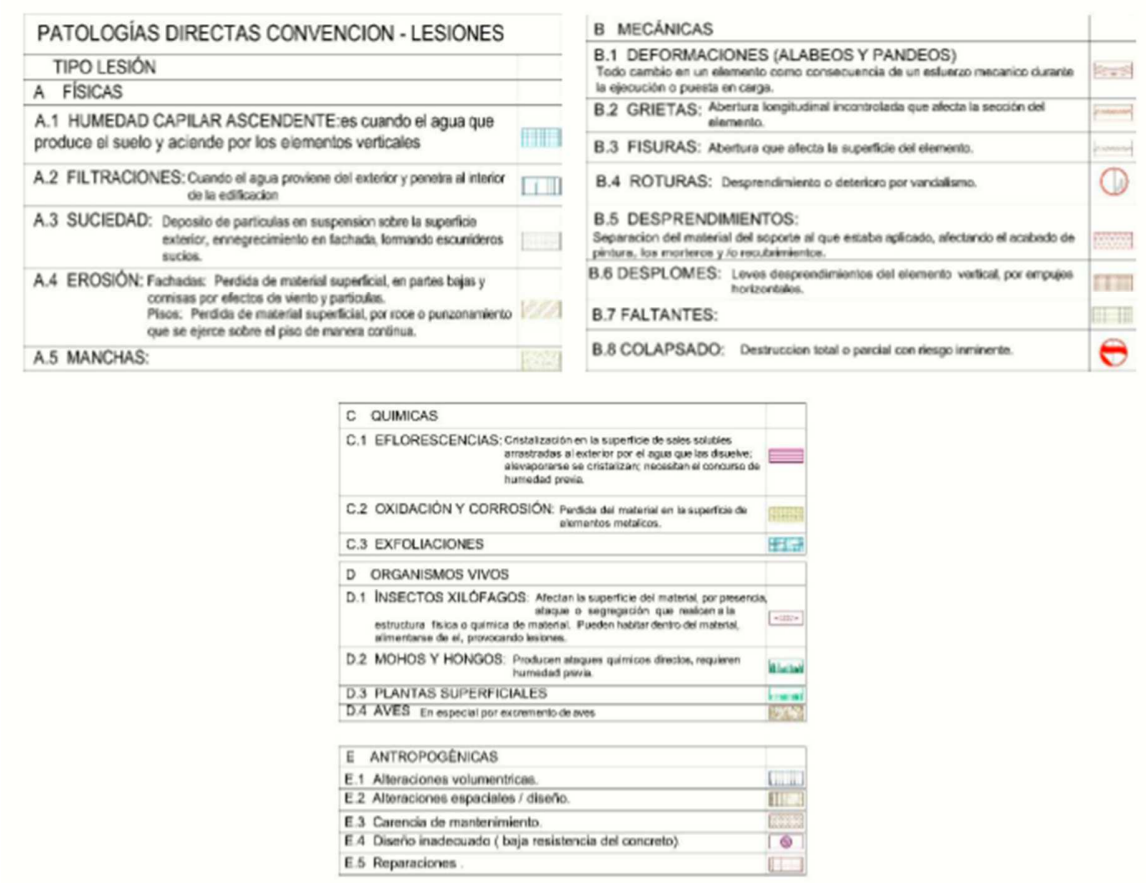


Imagen 24. Ficha de calificación muros de cerramiento, subestación eléctrica de Galapa.

5.3.2 Levantamiento gráfico de daños

Posterior a las fichas de calificación, se estableció un levantamiento gráfico de las diferentes lesiones, acorde con una serie de convenciones gráficas de las patologías relacionadas con el tipo de lesión respectiva (Tabla 2). Posterior a esto, se define el patrón de daño por medio de su calificación y se hace el diagnóstico de su causa. Los planos de calificación estuvieron bajo el diseño de la Ingeniera Patricia Díaz y el Ingeniero Germán Acevedo (figuras 1-3).

Tabla 2. Convenciones gráficas de las patologías.



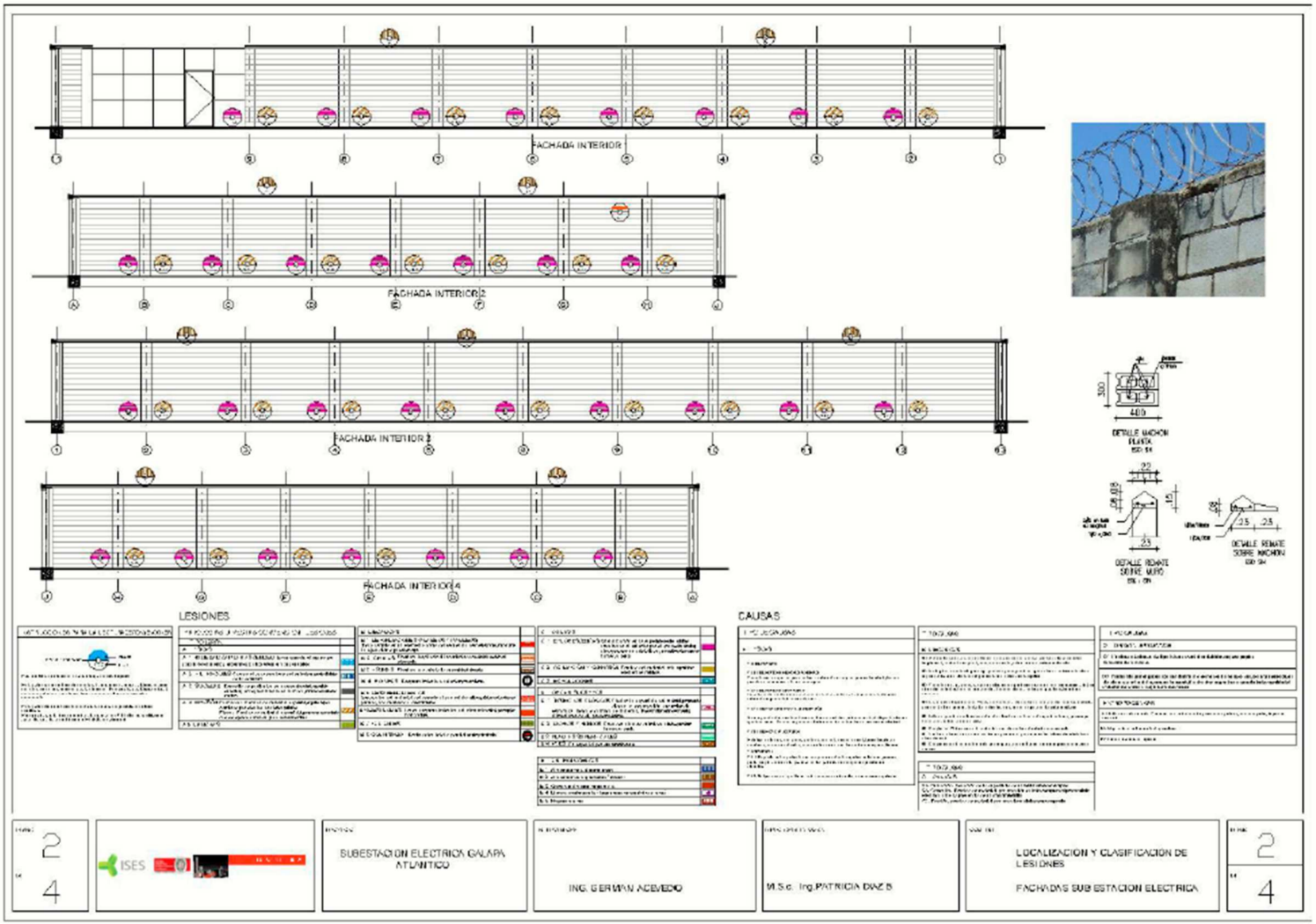


Figura 1. Plano de calificación del cerramiento de la caseta de control.

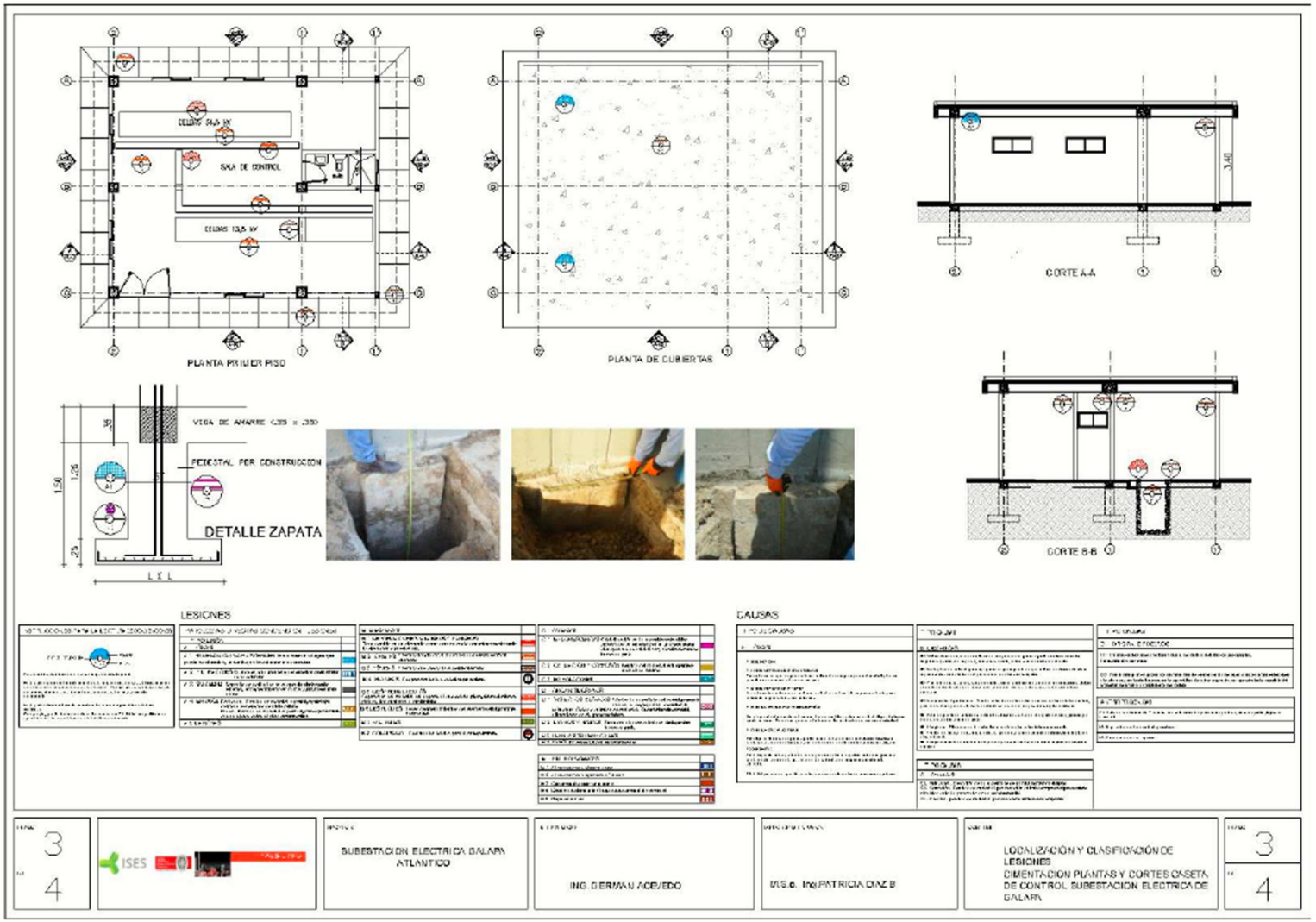


Figura 2. Plano de calificación de la caseta de control.

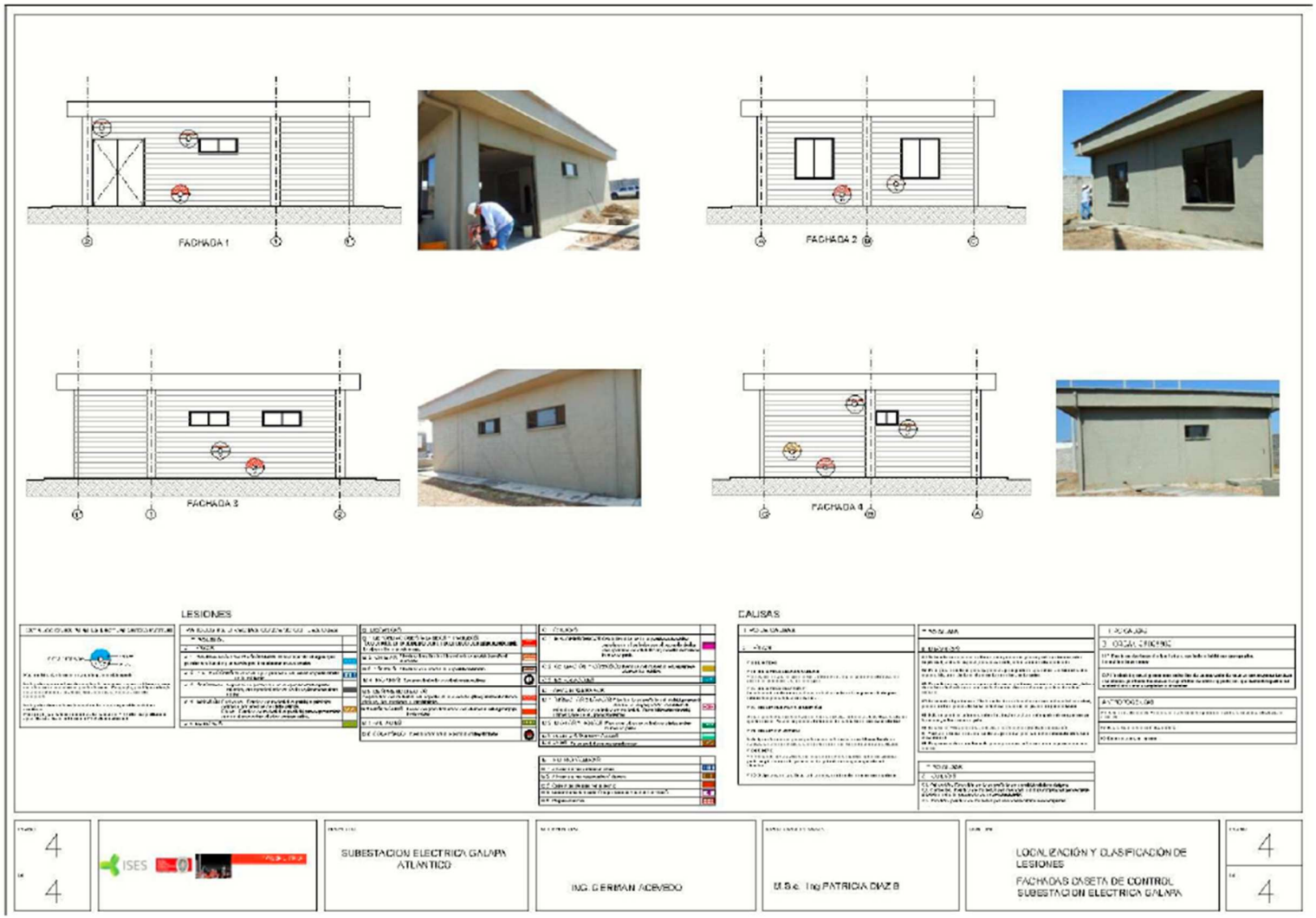


Figura 3. Plano de calificación de la caseta de control.

5.4 Fase de muestreo y material de prueba

Se llevaron a cabo distintos ensayos que permitieron estimar los daños que presenta la estructura y sus materiales. Principalmente se les realizaron a diferentes probetas de concreto, ensayos para determinar la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad y ensayos no destructivos de ultrasonido, esclerometría, carbonatación y prueba para determinar el pH del concreto.

Tabla 3. Conteo e identificación de los ensayos practicados

Tipo de Ensayo	# de ensayos insitu
Extracción de núcleos	8 núcleos
Obtención de frentes de carbonatación	6 lecturas
Ensayo de Esclerómetria	6 Ensayos
Escáner detección de refuerzo y diámetro	35 lecturas
pH del concreto	6 Ensayos
Ensayo de compresión	6 Ensayos
Ensayo de módulo de elasticidad	3 Ensayos
Prueba de ultrasonido	5 (in-situ) 6 (núcleos)

5.4.1 Prueba de ultrasonido

Esta prueba se hace para medir las velocidades del pulso ultrasónico, conforme a la norma ASTM-C 597, la cual permite determinar:

- La homogeneidad del concreto.
- Presencia de vacíos, grietas u otras imperfecciones.
- Cambios o deterioro en el concreto con el paso del tiempo.
- Calidad del concreto, en relación a su resistencia y durabilidad

El ensayo practicado tuvo como propósito determinar la calidad del concreto y calibrar su resistencia obtenida con los demás ensayos no destructivos como el de esclerómetro y velocidad de onda para obtener una resistencia promedio y contrastar con la resistencia obtenida en los ensayos de compresión. Los resultados obtenidos se muestran a continuación; por medio de las tablas 4 y 5 en donde se muestra el registro de las lecturas de ultrasonido, y el gráfico 1 y la tabla 6 que permiten hacer la valoración de la calidad del concreto según los parámetros establecidos por Guzmán (2002).

Tabla 4. Lectura de velocidad ultrasónica para determinar la calidad del concreto.

ENSAYO DE ULTRASONIDO EN CAMPO

NOMBRE DEL PROYECTO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE GALAPA
DIRECCIÓN: MUNICIPIO DE GALAPA, ATLÁNTICO
FECHA: 9/02/2018 HORA:

ELEMENTO :	Columna F1				OBSERVACIONES
LOCALIZACÓN :	Ejes C-1				
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Ambient Temperature [°C]
1055	3295	94.7	0.00	50	29.5 °C
1056	3309	94.3	0.00	70	29.5 °C
1057	3323	93.9	0.00	100	29.7 °C



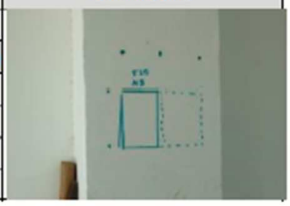
ELEMENTO :	Columna F7, F8				OBSERVACIONES
LOCALIZACÓN :	Ejes A-1				
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Ambient Temperature [°C]
1058	3451	90.4	0.00	50	29.7 °C
1059	3451	90.4	0.00	71	29.7 °C
1060	3435	90.8	0.00	62	30.0 °C



ELEMENTO :	Columna F4, F6				OBSERVACIONES
LOCALIZACÓN :	Ejes B-1				
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Ambient Temperature [°C]
1061	3344	93.3	0.00	100	30.0 °C
1062	3266	95.7	0.00	94	30.0 °C
1063	3260	95.7	0.00	100	30.0 °C



ELEMENTO :	Columna F10				OBSERVACIONES
LOCALIZACÓN :	Ejes B-2				
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Ambient Temperature [°C]
1064	3337	93.5	0.00	100	30.2 °C
1065	3344	93.3	0.00	90	30.2 °C
1066	3348	93.2	0.00	100	30.2 °C



ELEMENTO :	Viga de amarre F3				OBSERVACIONES
LOCALIZACÓN :	Eje 1, B-C				
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Ambient Temperature [°C]
1067	3160	63.3	0.00	30	30.2 °C
1068	3000	63.7	0.00	50	30.2 °C
1069					



Tabla 5. Lectura de velocidad ultrasónica para determinar la calidad del concreto.

ENSAYO DE LABORATORIO DE ULTRASONIDO PARA NÚCLEOS DE CONCRETO

NOMBRE DEL PROYECTO: CASETA DE CONTROL SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
DIRECCIÓN: Municipio de Galapa. Atlántico - Colombia
FECHA: 21/02/2018 HORA:

NUCLEO Nº :	1			h= 15	d=	OBSERVACIONES
ELEMENTO :	Columna					
LOCALIZACIÓN :	Ejes C-1					
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Temperature [°C]	
1071	3279	36.6	0.00	100	24.2°C	
1072	3270	36.7	0.00	100	24.2°C	
1073	3279	36.6	0.00	100	24.2°C	

NUCLEO Nº :	2			h= 13	d=	OBSERVACIONES
ELEMENTO :	Columna					
LOCALIZACIÓN :	Ejes A-1					
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Temperature [°C]	
1074	3519	34.1	0.00	100	24.5 °C	
1075	3540	33.9	0.00	71	24.5 °C	
1076	3519	34.1	0.00	68	24.5 °C	
1077	3509	34.2	0.00	76	24.5 °C	

NUCLEO Nº :	3			h= 15	d=8	OBSERVACIONES
ELEMENTO :	Columna					
LOCALIZACIÓN :	Ejes B-2					
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Temperature [°C]	
1078	3458	34.7	0.00	100	25.0°C	
1079	3509	34.2	0.00	100	25.0°C	
1080	3448	38.8	0.00	100	25.0°C	
1081	3478	34.5	0.00	100	25.0°C	

NUCLEO Nº :	4			h=	d=	OBSERVACIONES
ELEMENTO :	Columna					
LOCALIZACIÓN :	Ejes C-2					
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Temperature [°C]	
1091	3200	30	0.00	100	25.2 °C	
1092	3189	30.1	0.00	100	25.2 °C	
1093	3127	30.7	0.00	100	25.2 °C	

NUCLEO Nº :	5			h= 15 cm	d=	OBSERVACIONES
ELEMENTO :	Columna					
LOCALIZACIÓN :	Ejes A-2					
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Temperature [°C]	
1088	3284	26.8	0.00	100	25.2 °C	
1089	3223	27.3	0.00	100	25.2 °C	
1090	3235	27.2	0.00	100	25.2 °C	

NUCLEO Nº :	8			h= 7	d=6	OBSERVACIONES
ELEMENTO :	Columna					
LOCALIZACIÓN :						
ID	Velocity [m/s]	Time 1 [µs]	Time 2 [µs]	Nivel de señal %	Temperature [°C]	
1094	3237	17.3	0.00	100	25.5 °C	
1095	3237	17.3	0.00	100	25.5 °C	
1096	3128	17.9	0.00	100	25.5 °C	

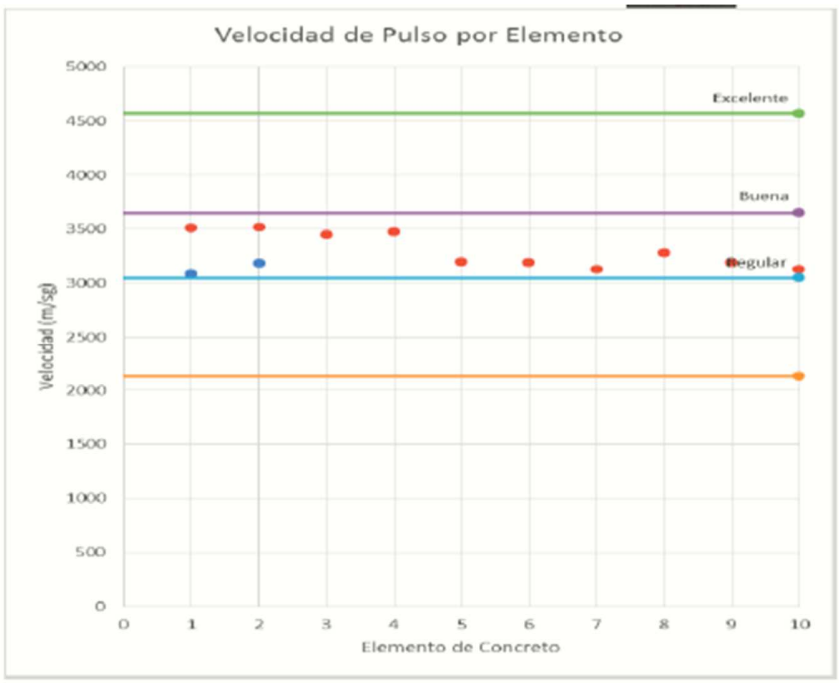


Gráfico 1. Clasificación de la calidad del concreto por medio de la velocidad de onda ultrasónica.

Tabla 6. Clasificación de la calidad del concreto Fuente: (Guzmán, 2002)

Velocidad (m/s)	Calidad del concreto.
+4500	Excelente
3500-4500	Bueno
3000-3500	Regular
2000-3000	Malo
-de 2000	Muy Malo

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que la calidad y homogeneidad del concreto de los elementos estructurales de la caseta de control de la subestación eléctrica corresponde a una calidad de grado REGULAR a MALO.

5.4.2 Relación entre la resistencia a la compresión y parámetros de ultrasonido

Al hacer la correlación entre los resultados obtenidos en el ensayo a compresión de los cilindros de concreto, con los resultados de ultrasonido, obteniendo el factor "k" de correlación el cual es resultado de la relación: velocidad/resistencia para

después promediar “k” y así generar la resistencia corregida. La tabla 7 muestra los resultados de la correlación:

Tabla 7. Correlación entre Resistencia a Compresión y Velocidad de Pulso Caseta de Control Subestación Eléctrica de Galapa.

CORRELACION RESISTENCIA A LA COMPRESION/ ULTRASONIDO EDIFICIO SUB-ESTACIÓN ELÉCTRICA GALAPA ATLÁNTICO						
Nucleo	Elemento	Resistencia a la compresion (Mpa)	Velocidad del pulso (m/s)	Factor de correlacion (K)	K (promedio)	Resistencia corregida (Mpa)
1	Columna Ejes C-1	20.60	3276	159.1	236.2	13.87
2	Columna Ejes A-1	23.23	3519	151.5	236.2	14.90
3	Columna Ejes B-2	9.73	3473	356.8	236.2	14.70
4	Columna Ejes C-2	13.84	3172	229.3	236.2	13.43
5	Columna Ejes A-2	14.11	3247	230.1	236.2	13.75
8	Pedestal Eje C-1 lat.	11.02	3201	290.4	236.2	13.55
Promedio		**15.42**	**3315**	**236.2**		**14.03**

5.4.3 Ensayo de Ferroscan (norma ACI 228.2r)

Proporciona los datos sobre recubrimientos y los diámetros de las barras de refuerzo que son encontradas mediante un escáner que además facilita la información sobre la localización de la armadura. Los resultados obtenidos se comparan con los criterios de aceptación y rechazo de la NSR-10.

Se tomaron 35 lecturas de Ferroscan en diferentes sitios del componente estructural de la caseta y el muro de cerramiento de la subestación con el fin de tener una identificación del refuerzo existente, así como los recubrimientos, para contrastarlos con la norma y los planos de diseño y así hacer la valoración respectiva. La ubicación de las lecturas se muestra en las imágenes 25-27, y los resultados se aprecian en las tablas 8 y 9.

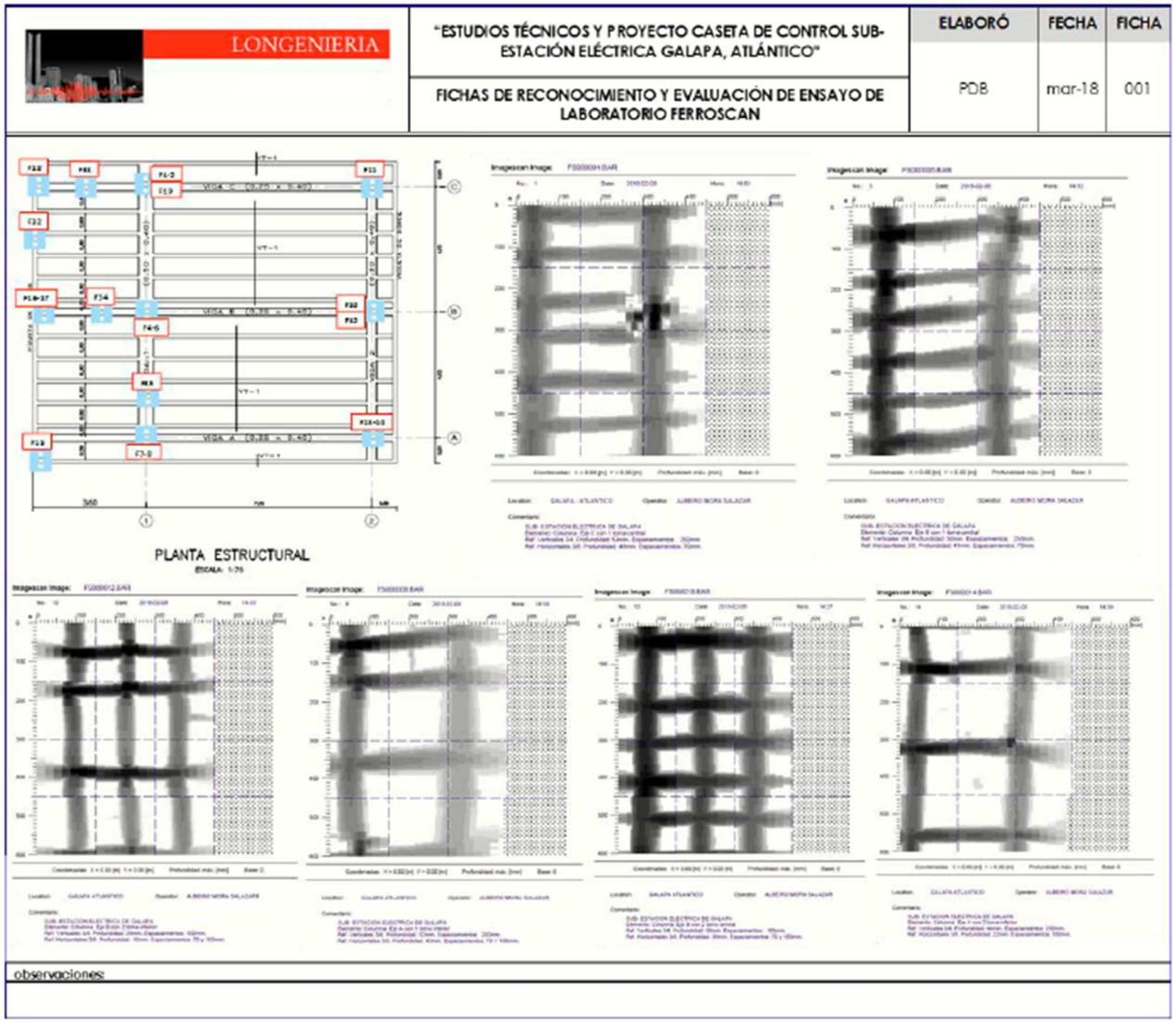


Imagen 25. Ficha de reconocimiento y evaluación ensayo de Ferroscan Caseta de control Subestación Eléctrica de Galapa.

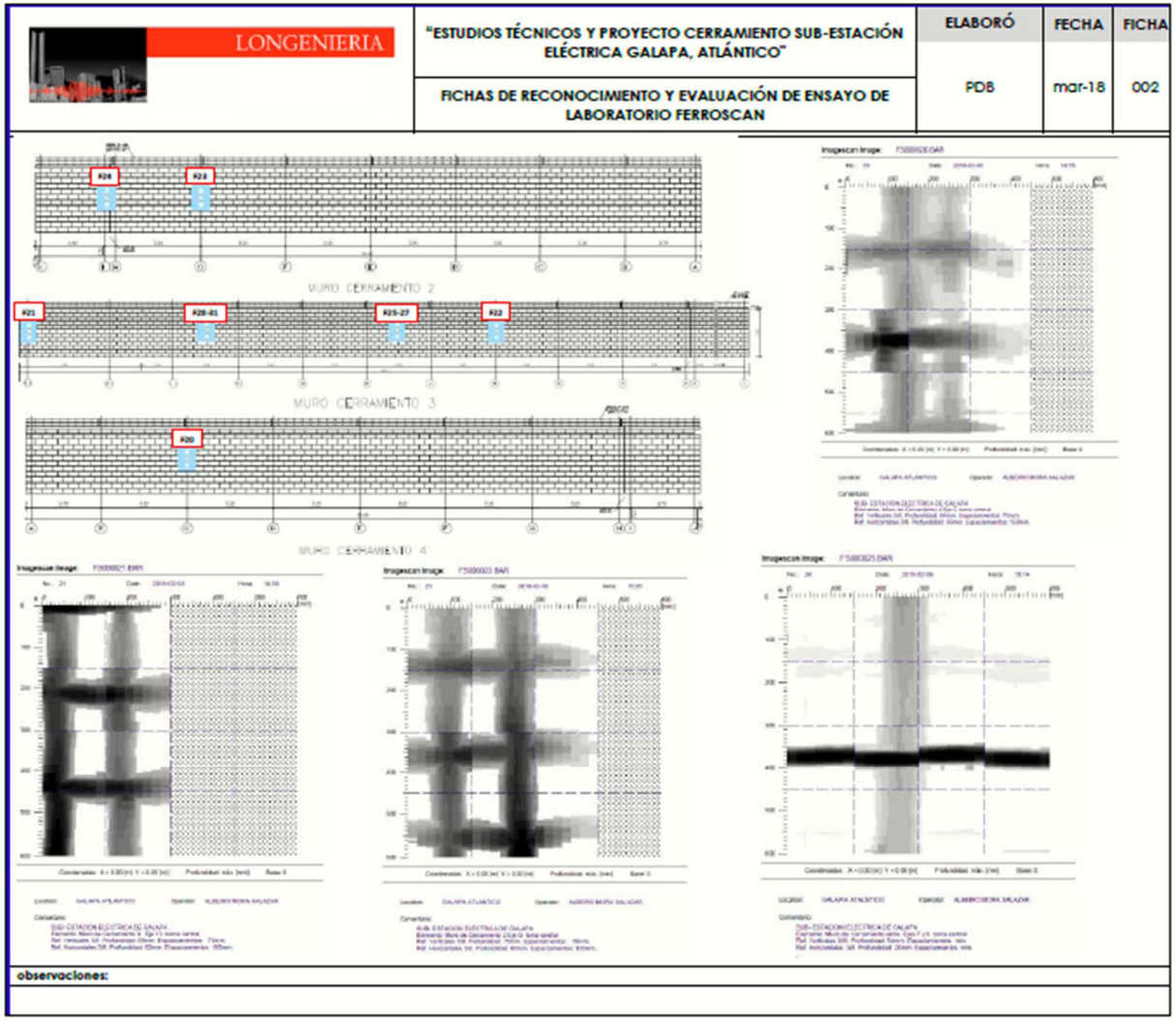


Imagen 26. Ficha de reconocimiento y evaluación ensayo de Ferroscan muros de cerramiento Caseta de control Subestación Eléctrica de Galapa.

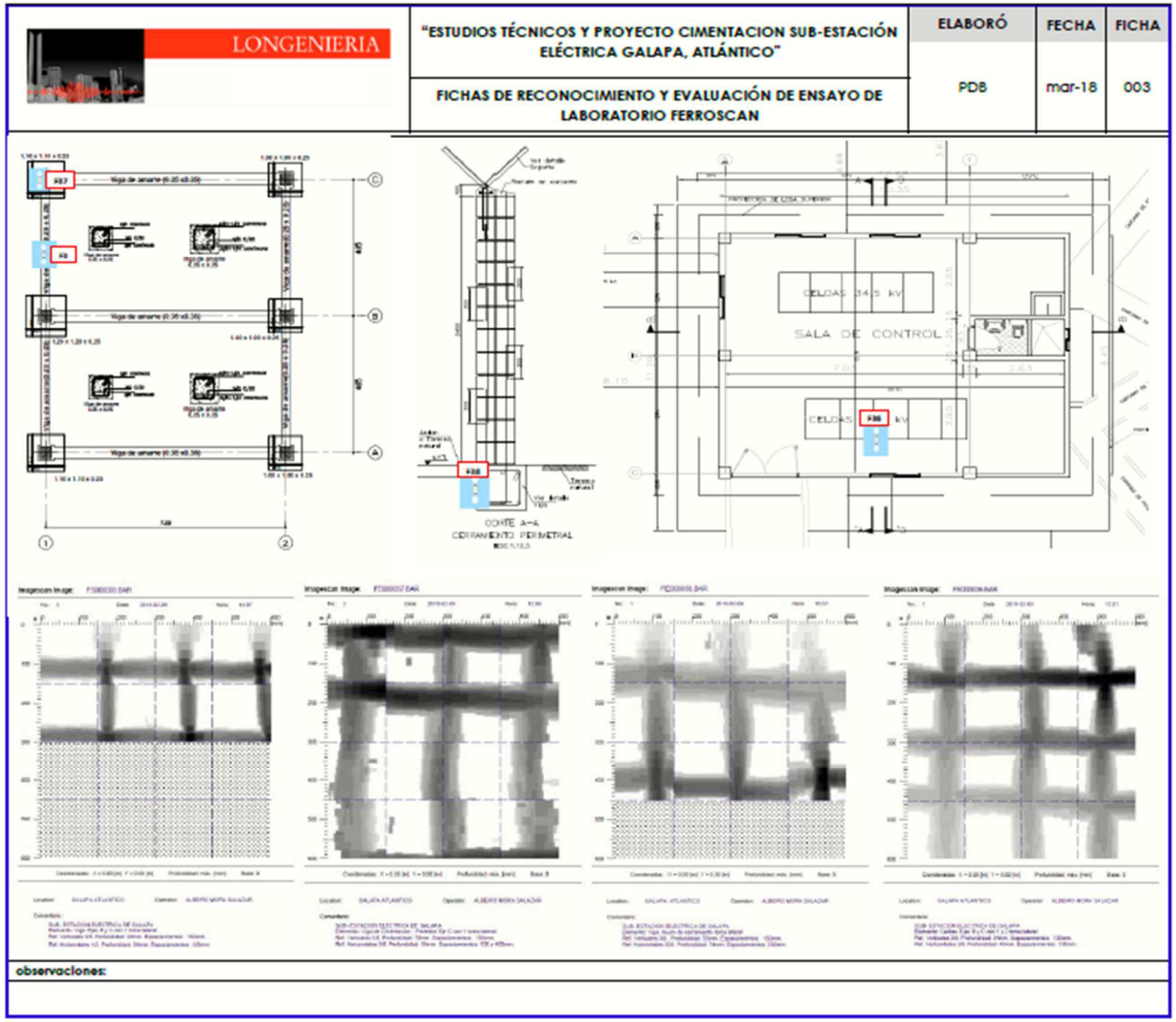


Imagen 27. Ficha de reconocimiento y evaluación ensayo de Ferroscan Pedestal de cimentación Caseta de control Subestación Eléctrica de Galapa.

Tabla 8. Evaluación ensayo de Ferroscan vs Planos de diseño estructural



LONGENIERIA	*ESTUDIOS TÉCNICOS Y PROYECTO CASETA CONTROL SUB-ELÉCTRICA GALAPA, ATLANTICO	ELABORÓ	FECHA	FICHA
	FICHAS DE RECONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN DE ENSAYO DE LABORATORIO FERROSCAN -	F.G.B	8/02/2018	001

		RESULTADOS FERROSCAN						DISEÑO INICIAL						ACERO DE REFUERZO		RECUBRIMIENTO	
LOCALIZACIÓN	UBICACIÓN	REF. VERTICALES			REF. HORIZONTALES			REF. VERTICALES			REF. HORIZONTALES			CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO		RECUBRIMIENTO SEGÚN DISEÑO	N/E
		Ø(pulg)	Recubr (mm)	Espacia (mm)	Ø(pulg)	Recubr (mm)	Espacia (mm)	Ø(pulg)	Recubr (mm)	Espacia (mm)	Ø(pulg)	Recubr (mm)	Espacia (mm)	REF. VERTICALES	REF. HORIZONTALES	PROMEDIO FERROSCAN	CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO
Columna C-1 superior	F-1	3/4	54	250	3/8	48	70	5/8	50	250	3/8	30	100	CUMPLE	CUMPLE	44.67	*
Columna C-1 inferior	F-2	3/4	46	*	3/8	31	70	5/8	50	250	3/8	30	100	CUMPLE	CUMPLE		
Columna C-1 inferior	F-19	3/4	34	250	3/8	21	100-180	5/8	50	250	3/8	30	100	CUMPLE	CUMPLE		
Viga amarre BC-1 lateral	F-3	3/8	29	150	1/2	36	120	3/8	35	200	5/8	35	149	CUMPLE	NO CUMPLE	36.00	*
Columna B-1 inferior	F-4	3/4	58	80	3/8	41	150	5/8	50	250	3/8	30	100	CUMPLE	CUMPLE	52.00	*
Columna B-1 central	F-5	3/4	50	250	3/8	41	70	5/8	50	250	3/8	30	200	CUMPLE	CUMPLE		
Columna B-1 superior	F-6	3/4	48	80	3/8	43	70	5/8	50	250	3/8	30	100	CUMPLE	CUMPLE		
Columna A-1 central	F-7	3/4	47	200	3/8	38	70-150	5/8	50	250	3/8	30	200	CUMPLE	CUMPLE	41.50	*
Columna A-1 inferior	F-8	3/4	52	200	3/8	43	70-180	5/8	50	250	3/8	30	100	CUMPLE	CUMPLE		
Muro A-1' lateral superior	F-9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Columna B-2 central	F-10	3/4	50	100	3/8	38	70-150	5/8	50	250	3/8	30	200	CUMPLE	CUMPLE	39.50	*
Columna B-2 inferior	F-12	3/4	29	100	3/8	16	70-180	5/8	50	250	3/8	30	100	CUMPLE	CUMPLE		
Columna C-2 inferior	F-11	3/4	38	250	3/8	27	150	5/8	50	250	3/8	30	100	CUMPLE	CUMPLE	38.00	*
Columna A-2 central	F-13	3/4	34	250	3/8	23	70-150	5/8	50	250	3/8	30	200	CUMPLE	CUMPLE	39.00	*
Columna A-2 inferior	F-14	3/4	44	250	3/8	22	180	5/8	50	250	3/8	30	100	CUMPLE	CUMPLE		
Columneta A-1' central	F-15	3/4	38	70	3/8	30	80-150	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E			38.00	*

CONVENCIONES:
Para la ubicación, Se adoptó la siguiente nomenclatura: la primera letra obedece al número del eje. La segunda y tercera de clasificaron en Toma Superior (TS), Toma Inferior (TI) y Toma Central (TC) respectivamente.

* N/E: No especificado en los planos

OBSERVACIONES: En los planos estructurales no se encuentran especificados varios o ninguno de los componentes del refuerzo para diferentes elementos, principalmente, columnetas, pedestales y muros de cerramiento. Esto se denota como N/E.

Tabla 9. Evaluación ensayo de Ferroscan vs Planos de diseño estructural

LONGENIERIA	"ESTUDIOS TÉCNICOS Y PROYECTO CASETA CONTROL SUB-ELÉCTRICA GALAPA, ATLANTICO	ELABORÓ	FECHA	FICHA
	FICHAS DE RECONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN DE ENSAYO DE LABORATORIO FERROSCAN -	F.G.B	8/02/2018	002

		RESULTADOS FERROSCAN						DISEÑO INICIAL						ACERO DE REFUERZO		RECUBRIMIENTO	
LOCALIZACIÓN	UBICACIÓN	REF. VERTICALES			REF. HORIZONTALES			REF. VERTICALES			REF. HORIZONTALES			CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO		RECUBRIMIENTO SEGÚN DISEÑO	N/E
		Ø(pulg)	Recubr (mm)	Espacia (mm)	Ø(pulg)	Recubr (mm)	Espacia (mm)	Ø(pulg)	Recubr (mm)	Espacia (mm)	Ø(pulg)	Recubr (mm)	Espacia (mm)	REF. VERTICALES	REF. HORIZONTALES	PROMEDIO FERROSCAN	CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO
Columneta B-1' central	F-16	3/8	21	70	3/8	13	180	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*	26.00	*
Columneta B-1' Inferior	F-17	3/8	31	70	3/8	22	180	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*		
Columneta C-1' central	F-18	3/8	43	70	3/8	29	180	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*	43.00	*
Muro cerramiento 4 eC cent	F-20	5/8	84	70	3/8	65	150	1/2	75	200	1/4	75	200	CUMPLE	CUMPLE	84.00	*
Muro cerramiento 3 e13 cen	F-21	5/8	69	70	3/8	52	150	1/2	75	200	1/4	75	200	CUMPLE	CUMPLE	70.50	*
Muro cerramiento 3 e6 cent	F-22	5/8	72	70	3/8	60	150	1/2	75	200	1/4	75	200	CUMPLE	CUMPLE		
Muro cerramiento 2 e6 cent	F-23	5/8	75	70	3/8	60	150	1/2	75	200	1/4	75	200	CUMPLE	CUMPLE	75.00	*
Muro cerramiento 2 e1 cent	F-24	5/8	60	250	3/8	46	150	1/2	75	200	1/4	75	200	CUMPLE	CUMPLE	60.00	*
Muro cerramiento 37-8 cent	F-25	3/8	54	*	3/8	25	*	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*	50.67	*
Muro cerramiento 37-8 later	F-26	3/8	47	*	3/8	42	*	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*		
Muro cerramiento 37-8 later	F-27	3/8	51	*	3/8	32	*	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*		
Muro cerramiento 3 e10-11 l	F-28	3/8	59	*	3/8	46	*	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*	57.75	*
Muro cerramiento 3 e10-11 l	F-29	3/8	59	*	3/8	47	*	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*		
Muro cerramiento 3 e10-11 l	F-30	3/8	58	*	3/8	43	*	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*		
Muro cerramiento 3 e10-11 l	F-31	3/8	55	200	3/8	48	200	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	*	*		

CONVENCIONES:
Para la ubicación, Se adoptó la siguiente nomenclatura: la primera letra obedece al número del eje. La segunda y tercera de clasificaron en Toma Superior (TS), Toma Inferior (TI) y Toma Central (TC) respectivamente.

*N/E: No especificado en los planos

OBSERVACIONES: En los planos estructurales no se encuentran especificados varios o ninguno de los componentes del refuerzo para diferentes elementos, principalmente, columnetas, pedestales y muros de cerramiento. Esto se denota como N/E.

5.4.4 Ensayo de Esclerómetro

Siguiendo la norma ASTM-C 805, se estima la resistencia a compresión del concreto, basado en curvas de calibración con alta precisión, así mismo se realiza para comparar la calidad del concreto en diferentes áreas de la estructura.

En el caso de tener concretos viejos, y en consecuencia bastante duros, es necesario quitar hasta 10 mm de la capa superficial, para efectuar de 10 a 12 impactos con el esclerómetro y realizar una corrección por carbonatación, según el frente de avance. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 10. Lecturas ensayo de esclerometría en elementos estructurales A1, B1, B2 y C1

ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ESCLEROMETRO NTC 3692 (ASTM C- 805-94)

1 REPORTE DE RESISTENCIAS ESTIMADAS CON ESCLEROMETRO — Fecha de Ensayo:

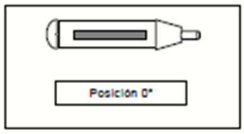
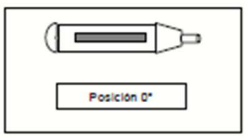
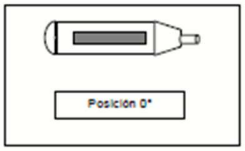
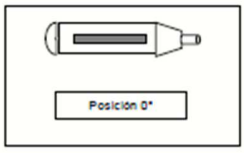
Elemento - localización	Lecturas Rebote				MPa	kg/cm²	Observaciones
Columna F1- C1	40		38		34.69	353.71	
	40		42				
	40		44				
	42		42				
	40		42				
	Prom. Bruto		41.00				
	Prom. Remanente		41.00				
Elemento - localización	**Lecturas Rebote**				**MPa**	**kg/cm²**	**Observaciones**
Columna F10 - B2	38		38		32.15	327.83	
	38		38				
	38		38				
	40		38				
	40		38				
	Prom. Bruto		38.40				
	Prom. Remanente		38.00				
Elemento - localización	**Lecturas Rebote**				**MPa**	**kg/cm²**	**Observaciones**
Columna F6 - B1	34		34		28.28	288.39	
	34		30				
	32		30				
	34		30				
	32		34				
	Prom. Bruto		32.40				
	Prom. Remanente		33.43				
Elemento - localización	**Lecturas Rebote**				**MPa**	**kg/cm²**	**Observaciones**
Columna F8 - A1	34		36		28.76	293.32	
	30		36				
	34		36				
	34		34				
	34		34				
	Prom. Bruto		34.20				
	Prom. Remanente		34.00				

Tabla 11. Lecturas ensayo de esclerometría en elementos estructurales C1, C2, C1' y B1'

ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ESCLEROMETRO NTC 3692 (ASTM C- 805-94)

1 REPORTE DE RESISTENCIAS ESTIMADAS CON ESCLEROMETRO — **Fecha de Ensayo:**

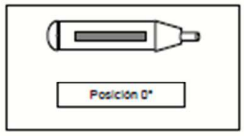
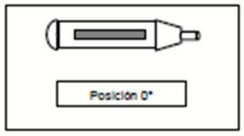
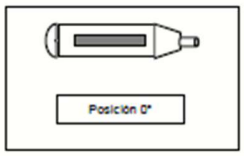
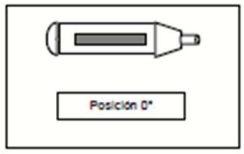
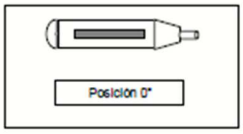
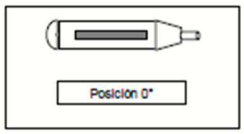
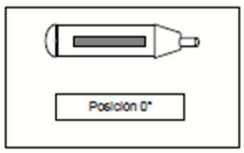
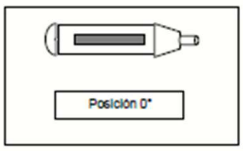
Elemento - Localización	Lecturas Rebote				MPa	kg/cm²	Observaciones
Columna F11 - C2	30		34		27.64	281.82	
	28		34				
	34		34				
	30		34				
	32		32				
	Prom. Bruto		32.20				
	Prom. Remanente		32.67				
Elemento - Localización	**Lecturas Rebote**				**MPa**	**kg/cm²**	**Observaciones**
Columna F19 - C1	34		36		29.82	304.10	
	32		36				
	32		36				
	34		34				
	36		36				
	Prom. Bruto		34.60				
	Prom. Remanente		35.25				
Elemento - Localización	**Lecturas Rebote**				**MPa**	**kg/cm²**	**Observaciones**
Columneta voladizo F18 - C1'	34		38		31.91	325.36	
	38		38				
	38		34				
	40		36				
	38		38				
	Prom. Bruto		37.20				
	Prom. Remanente		37.71				
Elemento - Localización	**Lecturas Rebote**				**MPa**	**kg/cm²**	**Observaciones**
Columneta voladizo F16 - B1'	32		38		30.83	314.41	
	38		34				
	34		38				
	38		36				
	38		34				
	Prom. Bruto		36.00				
	Prom. Remanente		36.44				

Tabla 12. Lecturas ensayo de esclerometría en elementos estructurales A1', A2, BC-1 y BC-1-2

ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ESCLEROMETRO NTC 3692 (ASTM C- 805-94)

1 REPORTE DE RESISTENCIAS ESTIMADAS CON ESCLEROMETRO — Fecha de Ensayo:

Elemento - Localización	Lecturas Rebote				MPa	kg/cm²	Observaciones
Viga F15 - A1'	38		38		32.15	327.83	
	38		38				
	38		36				
	40		38				
	38		36				
	Prom. Bruto		37.80				
	Prom. Remanente		38.00				
Elemento - Localización	**Lecturas Rebote**				**MPa**	**kg/cm²**	**Observaciones**
Columna F13 - A2	40		38		33.84	345.08	
	40		42				
	42		38				
	42		38				
	38		42				
	Prom. Bruto		40.00				
	Prom. Remanente		40.00				
Elemento - Localización	**Lecturas Rebote**				**MPa**	**kg/cm²**	**Observaciones**
Viga de amarre F3 - BC-1	30		34		27.45	279.90	
	28		32				
	32		34				
	34		32				
	30		34				
	Prom. Bruto		32.00				
	Prom. Remanente		32.44				
Elemento - Localización	**Lecturas Rebote**				**MPa**	**kg/cm²**	**Observaciones**
Viga F37 - BC-1-2	30		34		27.64	281.82	
	34		30				
	34		32				
	34		32				
	34		28				
	Prom. Bruto		32.20				
	Prom. Remanente		32.67				

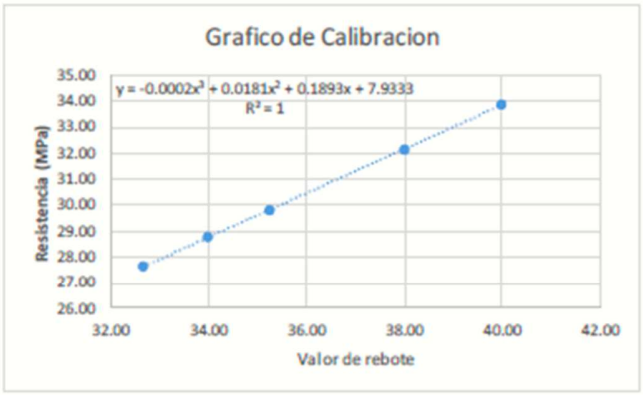
5.4.5 Relación entre la resistencia a Compresión y parámetros de esclerómetro

Los valores que se obtienen en la prueba de esclerometría son adimensionales. Por lo que, para convertir este valor a un estimativo de la resistencia a compresión, se genera una curva dimensionada de acuerdo con las características de rebote remanente y resistencia aproximada. Estos datos son obtenidos por medio de la formulación propuesta en la NTC 3692 "Estimación de resistencia del Concreto con Esclerómetro (ASTM-C 805-94)". A partir de esta curva se genera la ecuación de la recta de la cual se obtienen las constantes a, b, c, y un término independiente, con estos se formula el cálculo de las lecturas de rebote para hallar de esta manera el valor aproximado de la resistencia promedio.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 13. Promedio remanente y resistencia aproximada.

	Prom. Remanente	Resistencia aproximada
E2	38.00	32.15
E4	34.00	28.76
E5	32.67	27.64
E6	35.25	29.82
E10	40.00	33.84



a=	-0.0002
b=	0.0181
c=	0.1893
T.I=	7.9333

Tabla 14. Consolidado de los datos obtenidos en campo por elemento y constantes a, b, c; término independiente F (y), obtenido de la tabla.

E2	E4	E5	E6	E10
Columna Ejes B-2	Columna Ejes A-1	Columna Ejes C-2	Columna Ejes C-1	Columna Eje A-2
30.29	27.43	24.50	27.43	31.67
30.29	24.50	23.03	25.97	31.67
30.29	27.43	27.43	25.97	32.99
31.67	27.43	24.50	27.43	32.99
31.67	27.43	25.97	28.87	30.29
30.29	28.87	27.43	28.87	30.29
30.29	28.87	27.43	28.87	32.99
30.29	28.87	27.43	28.87	30.29
30.29	27.43	27.43	27.43	30.29
30.29	27.43	25.97	28.87	32.99

Tabla 15. Resultados promediados de la tabla 14.

Elemento	f'c (Mpa)
Columna Ejes B-2	30.56
Columna Ejes A-1	27.57
Columna Ejes C-2	26.11
Columna Ejes C-1	27.86
Columna Eje A-2	31.65

	f'c (Mpa)
Media	28.75
Mediana	27.86
Desviación estándar	2.04
Varianza de la muestra	4.17
Rango	4.94
Mínimo	26.11
Máximo	31.05

Tabla 16. Resistencia a la compresión (laboratorio), corregida con el índice Esclerométrico.

CORRELACIÓN ENTRE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN E INDICE ESCLEROMÉTRICO						
Núcleo	Elemento	Resistencia a la Compresión (Asocreto)	Indice Esclerométrico	Factor de correlación	K Promedio	Resistencia Corregida
		(Mpa)		K		(Mpa)
Nº 1	Columna Eje C-1	20.60	35.25	1.71	2.46	14.36
Nº2	Columna Eje A-1	23.23	34.00	1.46	2.46	13.85
Nº3	Columna Eje B-2	9.73	38.00	3.90	2.46	15.48
Nº4	Columna Eje C-2	13.84	32.67	2.36	2.46	13.31
Nº5	Columna Eje A-2	14.11	40.00	2.83	2.46	16.29
	Promedio	**16.30**	**35.98**	**2.46**		**14.66**

5.4.6 Baja de pH y Carbonatación

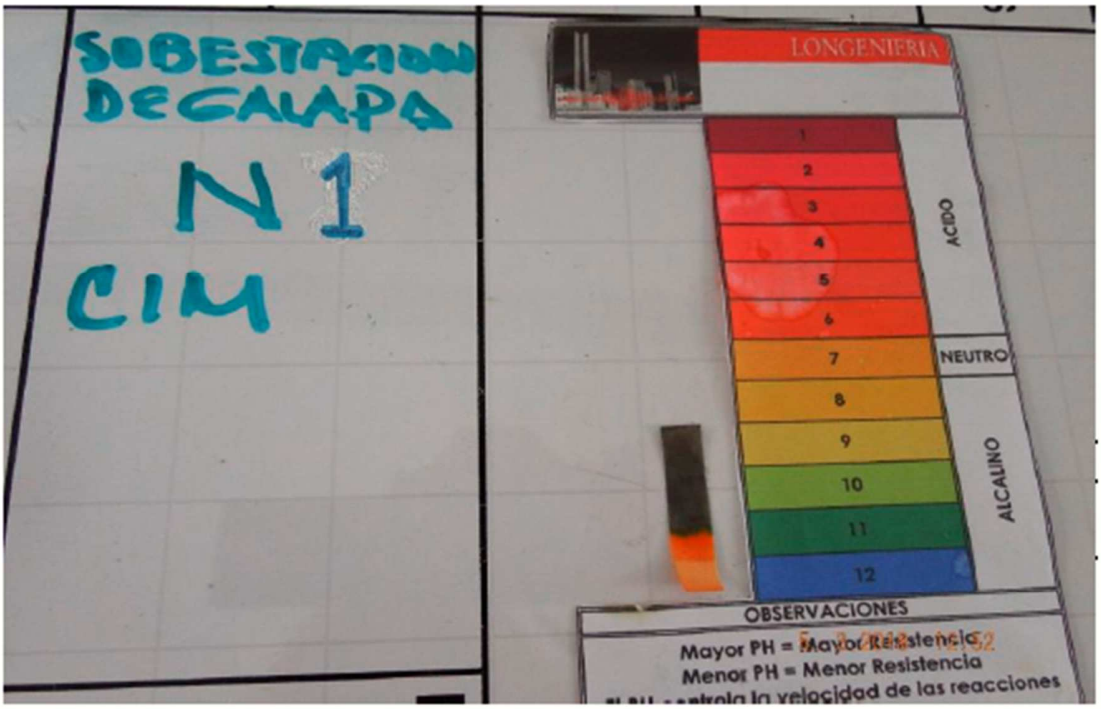
El dióxido de carbono – CO2, es una de las agresiones ambientales más comunes, que unida a la presencia de humedad, ingresa a través de los poros del concreto, generando un proceso de carbonatación el cual tiene un proceso lento pero que culmina en el desarrollo del proceso de corrosión en el acero de refuerzo, lo que puede llegar a dañar seriamente la estructura. El avance de carbonatación es de 1 mm/año.

La corrosión se da por un descenso en la alcalinidad del concreto. Una característica de este proceso es la existencia de un “frente” de avance del proceso que separa las dos zonas con pH diferente, una con valor mayor a 12.5 y la otra con valor menor a 9. Este frente se puede visualizar mediante un indicador apropiado, como es el caso de la fenolftaleína, que se torna incolora en la zona carbonatada y toma un color rojo-púrpura en la que permanece alcalina.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

		Muestra:	Indicadas
Descripción :	Prueba de pH del concreto		
Localización:	Columna Eje C-1	Fecha de ensayo:	7/03/2018



Observaciones:

Se presenta variacion del nivel de pH, lo que indica perdida de la capa pasivadora en el acero de refuezo, es posible que empiece el proceso de corrosion.
Un concreto con un ambiente alcalino se encuentra en el rango pH 12 a 13,.

Imagen 28. Núcleo 1 que presenta un pH DE 10, por debajo de lo especificado para un concreto de buena calidad.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

		Muestra:	Indicadas
Descripción :	Prueba de pH del concreto		
Localización:	Columna Eje A-1	Fecha de ensayo:	7/03/2018



Observaciones:

Se presenta variacion del nivel de pH, lo que indica perdida de la capa pasivadora en el acero de refuezo, es posible que empiece el proceso de corrosion.
Un concreto con un ambiente alcalino se encuentra en el rango pH 12 a 13,.

Imagen 29. Núcleo 2 que presenta un pH DE 10, por debajo de lo especificado para un concreto de buena calidad.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

Descripción : Prueba de pH del concreto
Localización: Columna Eje B-2

Muestra: Indicadas
Fecha de ensayo: 7/03/2018



Observaciones:

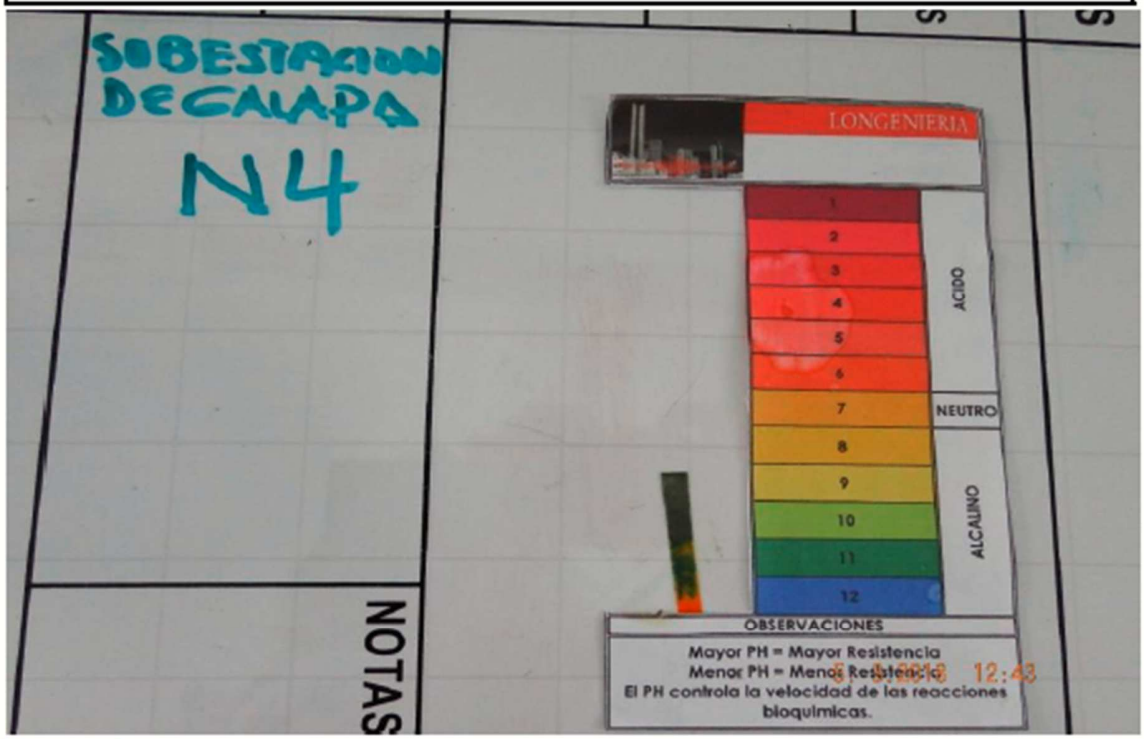
Se presenta variacion del nivel de pH, lo que indica perdida de la capa pasivadora en el acero de refuezo, es posible que empiece el proceso de corrosion.
Un concreto con un ambiente alcalino se encuentra en el rango pH 12 a 13,.

Imagen 30. Núcleo 3 que presenta un pH DE 9, por debajo de lo especificado para un concreto de buena calidad.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

		Muestra:	Indicadas
Descripción :	Prueba de pH del concreto		
Localización:	Columna Eje C-2	Fecha de ensayo:	7/03/2018



Observaciones:

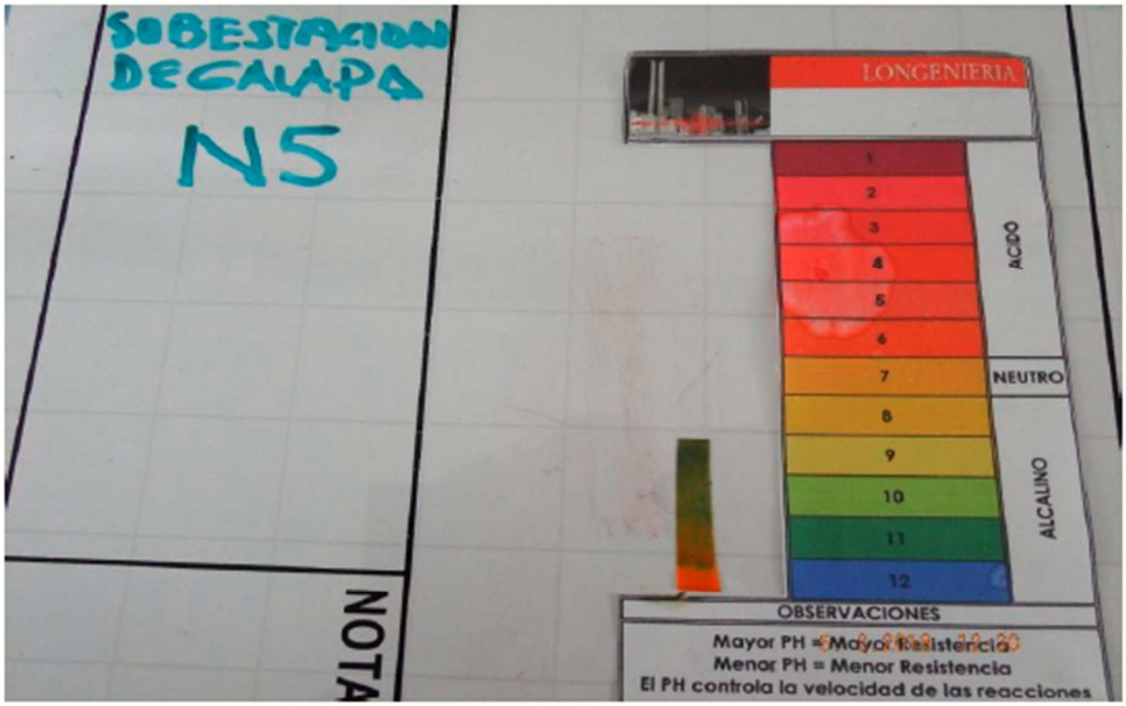
Se presenta variacion del nivel de pH, lo que indica perdida de la capa pasivadora en el acero de refuezo, es posible que empiece el proceso de corrosion.
Un concreto con un ambiente alcalino se encuentra en el rango pH 12 a 13,.

Imagen 31. Núcleo 4 que presenta un pH DE 10, por debajo de lo especificado para un concreto de buena calidad.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

		Muestra:	Indicadas
Descripción :	Prueba de pH del concreto		
Localización:	Columna Eje A-2	Fecha de ensayo:	7/03/2018



Observaciones:

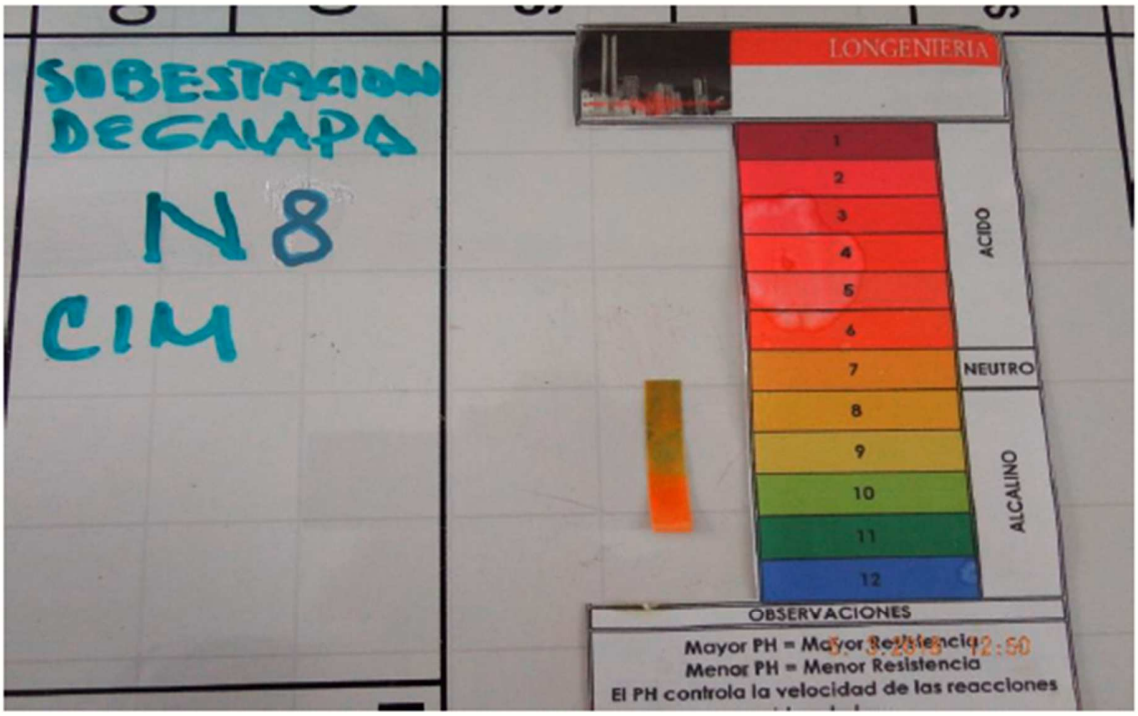
Se presenta variacion del nivel de pH, lo que indica perdida de la capa pasivadora en el acero de refuezo, es posible que empiece el proceso de corrosion.
Un concreto con un ambiente alcalino se encuentra en el rango pH 12 a 13,.

Imagen 32. Núcleo 5 que presenta un pH DE 10, por debajo de lo especificado para un concreto de buena calidad.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

		Muestra:	Indicadas
Descripción :	Prueba de pH del concreto		
Localización:	Pedestal Eje C-1	Fecha de ensayo:	7/03/2018



Observaciones:

Se presenta variacion del nivel de pH, lo que indica perdida de la capa pasivadora en el acero de refuezo, es posible que empiece el proceso de corrosion.
Un concreto con un ambiente alcalino se encuentra en el rango pH 12 a 13,.

Imagen 33. Núcleo 8 que presenta un pH DE 8, por debajo de lo especificado para un concreto de buena calidad.

5.4.7 Ensayo frente de Carbonatación

Mediante la aplicación de la fenolftaleína en una solución del 1% en la superficie del núcleo de concreto, se identificó el fenómeno de carbonatación. Este procedimiento se realiza también para determinar el contenido de hidróxido de calcio que está presente en el cemento, el cual es un factor determinante para estimar la calidad del material existente en la estructura y su interacción con el medio ambiente.

Para las muestras obtenidas de la caseta de control, se alcanzaron los siguientes resultados de frente de carbonatación:

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

		Muestra:	1
Descripción :	Columna C-1		
Localización:	1er piso	Fecha de ensayo:	9/02/2018



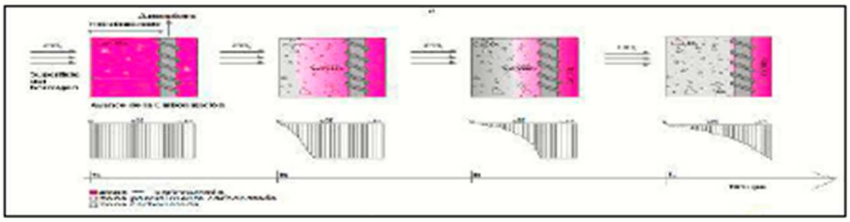
De acuerdo con la ley de Fick,el avance de carbonatacion en el concreto es proporcional a la raiz cuadrada del tiempo así:

$$x = \alpha\sqrt{t}$$

x: Profundidad del frente
k: Coeficiente de carbonatación
t: Tiempo transcurrido en años



Tiempo en uso de la edificacion		
Año de la construccion	2010	
Tiempo en uso de la edificacion		
	Años	
Frente de carbonatacion	25.0	
	mm	



Observaciones: Se suponer un valor de k igual a 6 (que es un valor medio para concretos normales en ambientes agresivos

Imagen 34. Determinación del frente de carbonatación en el núcleo 1.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

Muestra: 2

Descripción : Columna A-1

Localización: 1er piso

Fecha de ensayo: 9/02/2018



De acuerdo con la ley de Fick,el avance de carbonatacion en el concreto es proporcional a la raiz cuadrada del tiempo así:

$$x = \alpha\sqrt{t}$$

x: Profundidad del frente
k: Coeficiente de carbonatación
t: Tiempo transcurrido en años

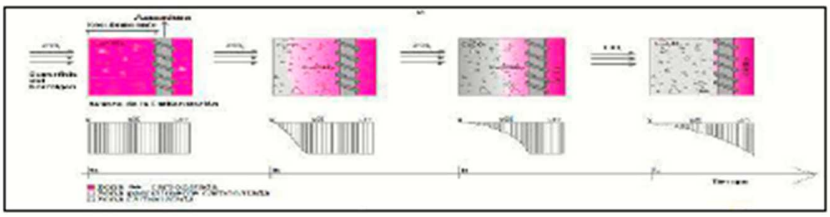


Tiempo en uso de la edificacion

Año de la construccion: 2010

Tiempo en uso de la edificacion: Años

Frente de carbonatacion: 20.0 mm



Observaciones: Se suponer un valor de k igual a 6 (que es un valor medio para concretos normales en ambientes agresivos

Imagen 35. Determinación del frente de carbonatación en el núcleo 2.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

		Muestra:	3
Descripción :	Columna B-2		
Localización:	1er piso	Fecha de ensayo:	9/02/2018



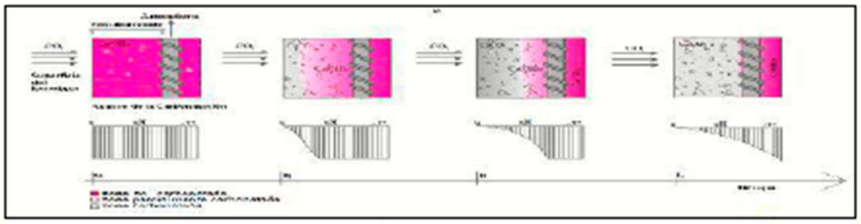
De acuerdo con la ley de Fick,el avance de carbonatacion en el concreto es proporcional a la raiz cuadrada del tiempo así:

$$x = \alpha\sqrt{t}$$

x: Profundidad del frente
k: Coeficiente de carbonatación
t: Tiempo transcurrido en años



Tiempo en uso de la edificacion		
Año de la construccion	2010	
Tiempo en uso de la edificacion		
		Años
Frente de carbonatacion	30.0	
		mm



Observaciones: Se suponer un valor de k igual a 6 (que es un valor medio para concretos normales en ambientes agresivos

Imagen 36. Determinación del frente de carbonatación en el núcleo 3.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

		Muestra:	4
Descripción :	Columna C-2		
Localización:	1er piso	Fecha de ensayo:	9/02/2018



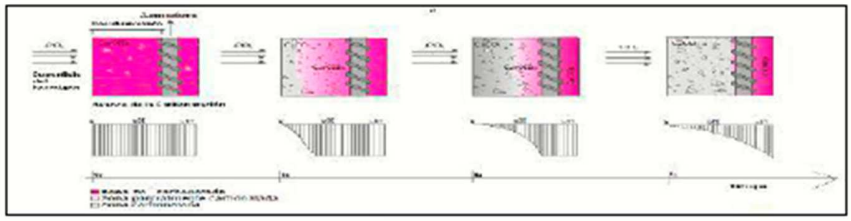
De acuerdo con la ley de Fick,el avance de carbonatacion en el concreto es proporcional a la raiz cuadrada del tiempo así:

$$x = \alpha\sqrt{t}$$

x: Profundidad del frente
k: Coeficiente de carbonatación
t: Tiempo transcurrido en años



Tiempo en uso de la edificacion		
Año de la construccion	2010	
Tiempo en uso de la edificacion		
	Años	
Frente de carbonatacion	25.0	
	mm	



Observaciones: Se suponer un valor de k igual a 6 (que es un valor medio para concretos normales en ambientes agresivos

Imagen 37. Determinación del frente de carbonatación en el núcleo 4.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

		Muestra:	5
Descripción :	Columna A-2		
Localización:	1er piso	Fecha de ensayo:	9/02/2018



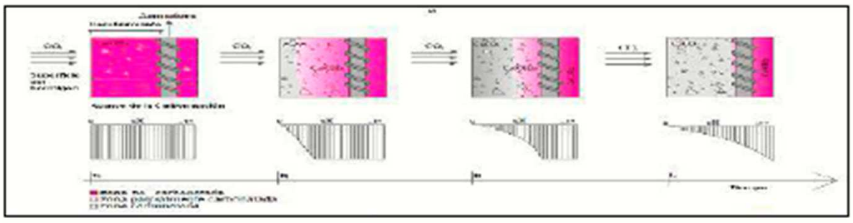
De acuerdo con la ley de Fick,el avance de carbonatacion en el concreto es proporcional a la raiz cuadrada del tiempo así

$$x = \alpha\sqrt{t}$$

x: Profundidad del frente
k: Coeficiente de carbonatación
t: Tiempo transcurrido en años



Tiempo en uso de la edificacion		
Año de la construccion	2010	
Tiempo en uso de la edificacion		
		Años
Frente de carbonatacion	25.0	
		mm



Observaciones: Se suponer un valor de k igual a 6 (que es un valor medio para concretos normales en ambientes agresivos

Imagen 38. Determinación del frente de carbonatación en el núcleo 5.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

Muestra: 6

Descripción : Muro de cerramiento 3-9

Localización:

Fecha de ensayo: 9/02/2018



De acuerdo con la ley de Fick,el avance de carbonatacion en el concreto es proporcional a la raiz cuadrada del tiempo así:

$$x = \alpha\sqrt{t}$$

x: Profundidad del frente
k: Coeficiente de carbonatación
t: Tiempo transcurrido en años



Tiempo en uso de la edificacion

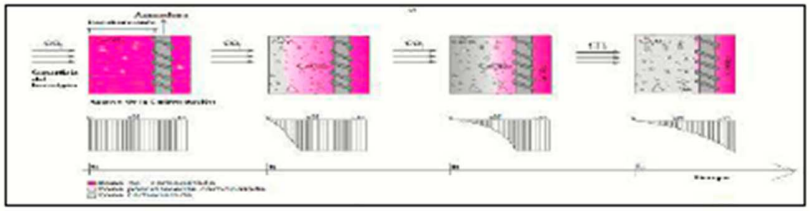
Año de la construccion 2010

Tiempo en uso de la edificacion

Años

Frente de carbonatacion Carbonatado

mm



Observaciones: Se suponer un valor de k igual a 6 (que es un valor medio para concretos normales en ambientes agresivos

Imagen 39. Determinación del frente de carbonatación en el núcleo 6.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Sub-Estación Eléctrica Galapa, Atlántico

Muestra: 8

Descripción : Pedestal de cimentación C-1

Localización:

Fecha de ensayo: 9/02/2018



De acuerdo con la ley de Fick,el avance de carbonatacion en el concreto es proporcional a la raiz cuadrada del tiempo así

$$x = \alpha\sqrt{t}$$

x: Profundidad del frente
k: Coeficiente de carbonatación
t: Tiempo transcurrido en años



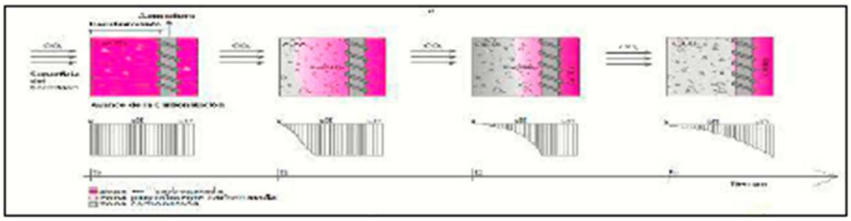
Tiempo en uso de la edificacion

Año de la construccion 2010

Tiempo en uso de la edificacion

Años

Frente de carbonatacion 20.0 mm



Observaciones: Se suponer un valor de k igual a 6 (que es un valor medio para concretos normales en ambientes agresivos

Imagen 40. Determinación del frente de carbonatación en el núcleo 8.

5.4.8 Tiempo estimado para la despasivación del acero de refuerzo

De acuerdo a los frentes de carbonatación obtenidos, se procede a realizar la estimación del tiempo de despasivación del acero de refuerzo. Los resultados se aprecian en la tabla 17 y el gráfico 2.

Tabla 17. Tiempo estimado para la despasivación del acero de refuerzo.

Núcleo	Frente de carbonatacion (mm)	Criterio de calificacion	Ubicación	Nivel	KCO2	Tiempo de carbonatacion T (años)
1	25	ACEPTABLE	Col C-1	1er piso	7.9	7
2	20	ACEPTABLE	COL A-1		6.3	4
3	30	CARBONATADO	COL B-2		9.5	2
4	25	CARBONATADO	COL C-2		7.9	5
5	25	CARBONATADO	COL A-2		7.9	5
8	20	ACEPTABLE	PEDESTAL		6.3	6

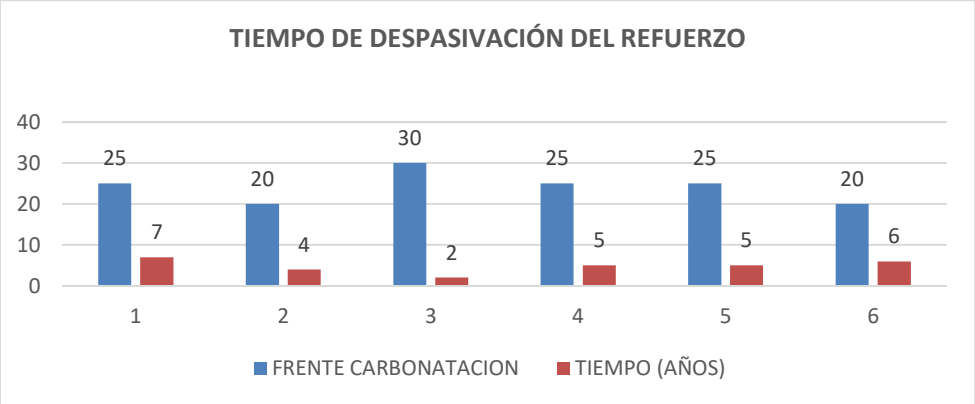


Gráfico 2. Tiempo que se requiere para alcanzar la despasivación del acero de refuerzo en los elementos estructurales.

5.4.9 Ensayo a compresión de los núcleos NTC 3658

Se realizó la prueba destructiva de compresión a las 8 probetas extraídas de diferentes elementos constructivos y estructurales de la sub-estación, entre los que se encuentran (5) en columnas, (1) en cimentación y (2) en el muro de cerramiento, para determinar la calidad del concreto por indicios de deterioro tanto en la caseta como en el cerramiento de la sub-estación eléctrica.

La norma recomienda tener cuidado a la hora del análisis de estos resultados, pues la resistencia a compresión del concreto no es una propiedad fundamental intrínseca de este, sino que depende de muchos factores propios del material, y de los procesos constructivos que se llevaron a cabo (NTC 673, 2010). En este

orden de ideas, los valores de las resistencias obtenidas para cada probeta fueron los siguientes:

Tabla 18. Resistencia a la compresión

Elemento	Localizacion	Resitencia Kg/cm2
N1	C-1	210.00
N2	A-1	236.97
N3	B-2	99.27
N4	C-2	141.12
N5	A-2	143.92
N8	Pedestal	112.42

Los valores que muestra la tabla 18 son menores con respecto a los de diseño, es decir 210 kg/cm2 (21 Mpa), para zapatas, pedestales y columnas.

Además, la norma NTC 5551 de durabilidad para las estructuras en concreto y acorde al grado de exposición el cual está en el grupo 2 y subgrupo 2.3 para la subestación eléctrica de Galapa, la resistencia del concreto reforzado debe ser de 28 Mpa, la relación agua/cemento debe ser de 0.5 y el contenido mínimo de material cementante debe ser de 300 kg/m3. Sumado a esto los agregados deben cumplir los requerimientos de la NTC 174.

Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, y el registro fotográfico de los núcleos extraídos se evidencia que no se cumple con las especificaciones de los materiales para conformar la resistencia y la durabilidad que exige la norma.

5.4.10 Baroscopio de Fisuras

Para llevar el control de fisuras, se tuvieron en cuenta las especificaciones de la NTC 5551. Para el grado de exposición de la estructura de la subestación, se clasifica como clase 2 y subclase 2.3, para lo cual se tienen los siguientes valores acorde a la norma:

Tabla 19. Valores máximos de separación de fisuras. NTC 5551

Tipo de Ambiente	1	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3	4,1	4,2	4,3	5,1	6,1	6,2	6,3	7
Separación máxima de fisuras (mm)	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6

De acuerdo con el levantamiento de las fisuras, a partir del registro fotográfico, y conforme a la clasificación dada por la norma, se evidencia que la subestación no cumple con la condición estipulada. Las fichas de calificación de las fisuras se muestran a continuación:

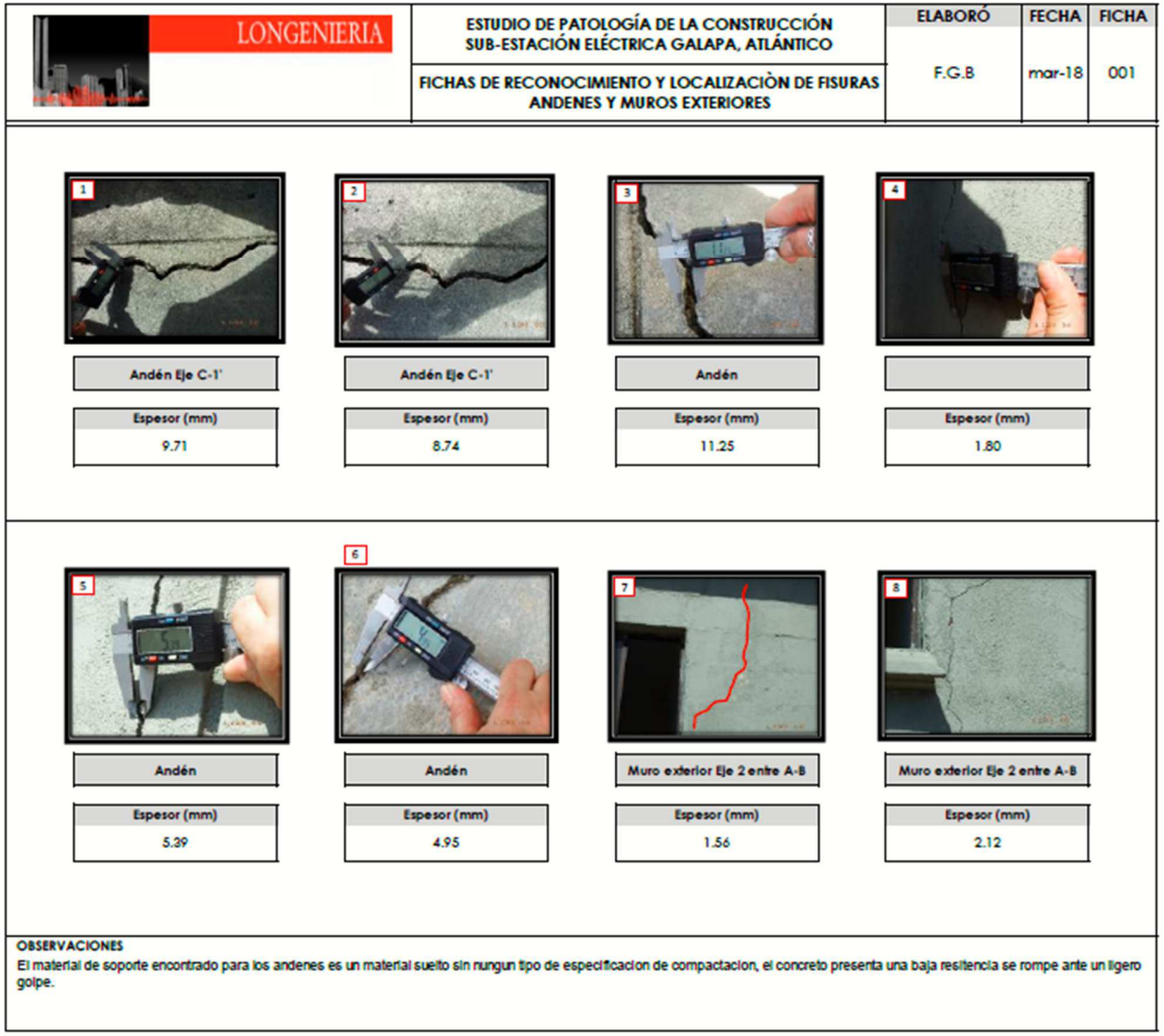


Imagen 41. Ficha de levantamiento de fisuras y grietas en muros y andenes perimetrales.

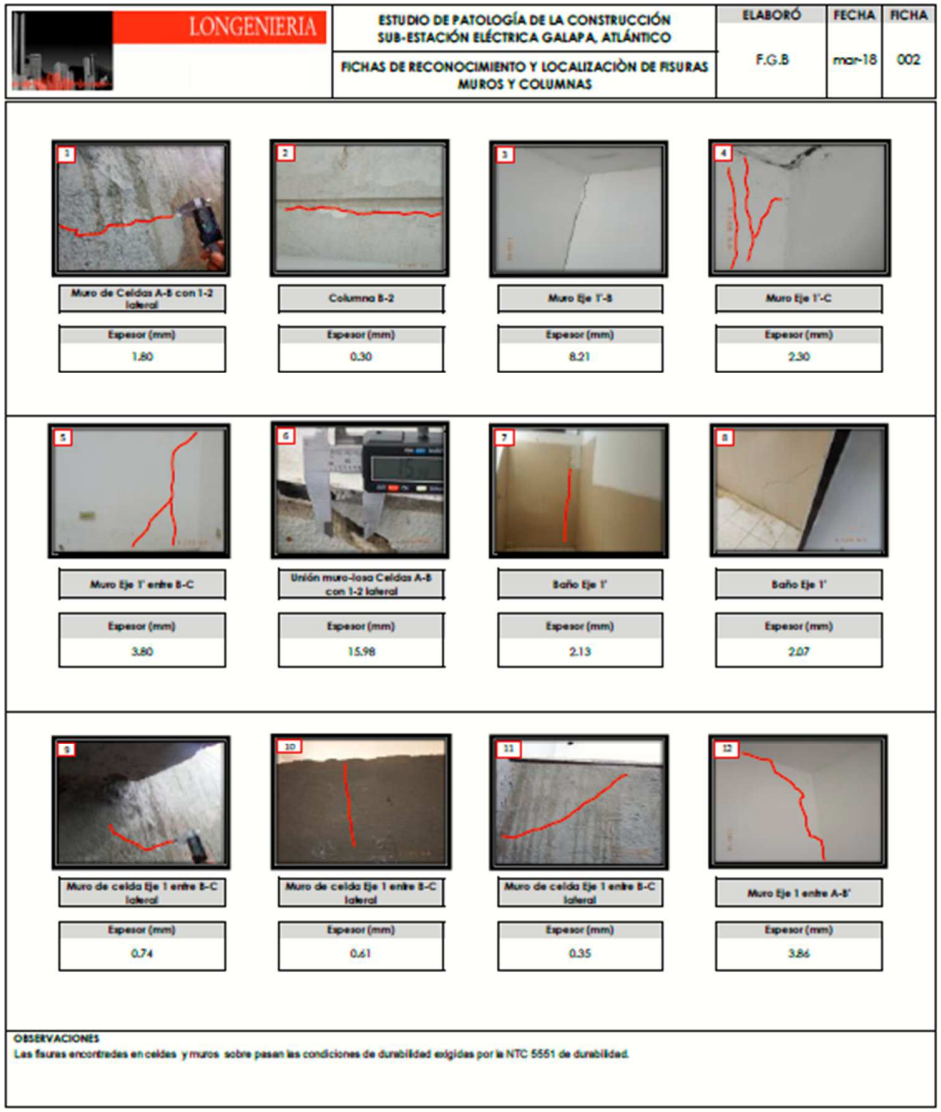


Imagen 42. Ficha de levantamiento de fisuras y grietas en muros y columnas.

LONGENIERIA	ESTUDIO DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN SUB-ESTACIÓN ELÉCTRICA GALAPA, ATLÁNTICO	ELABORÓ	FECHA	FICHA
	FICHAS DE RECONOCIMIENTO Y LOCALIZACIÒN DE FISURAS PLACAS DE PISO	F.G.B	mar-18	003



Piso, entre ejes 1-2 y B-C

Espesor (mm)
7.27



Piso, entre ejes 1-2 y B-C

Espesor (mm)
4.74



Piso, entre ejes 1-2 y B-C

Espesor (mm)
1.84



Piso, entre ejes 1-2 y B-C

Espesor (mm)
4.70



Baño, enchape de piso

Espesor (mm)
0.60



Baño, enchape de piso

Espesor (mm)
0.60



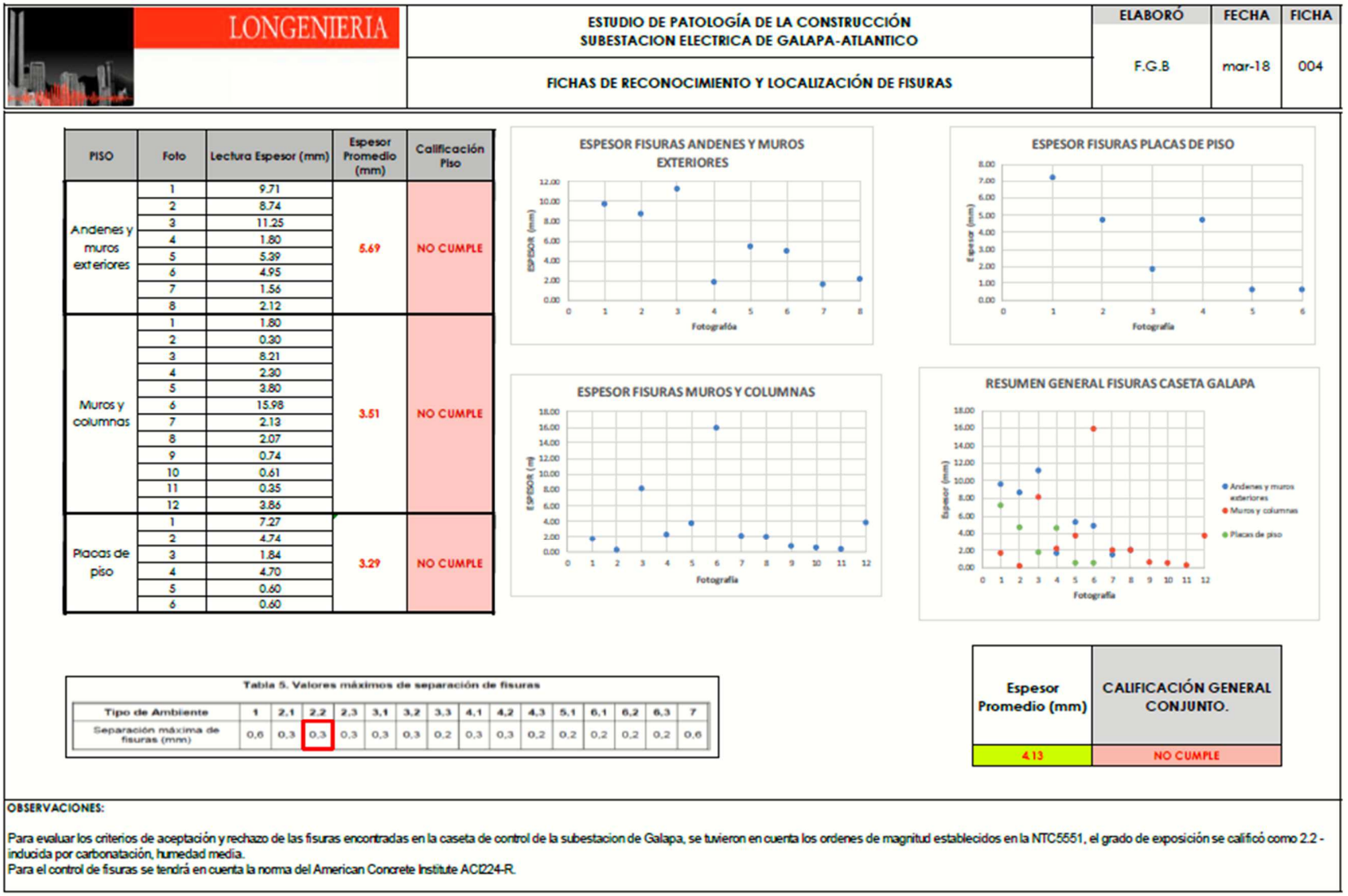
Piso caseta de control



material suelto soporte placa de anten de 40 mm

OBSERVACIONES
Se evidencia material suelto sin compactacion como soporte de piso en la caseta de control.

Imagen 43. Ficha de levantamiento de fisuras y grietas en placa de piso.



LONGENIERIA

ESTUDIO DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
SUBESTACION ELECTRICA DE GALAPA-ATLANTICO

FICHAS DE RECONOCIMIENTO Y LOCALIZACIÓN DE FISURAS

ELABORÓ	FECHA	FICHA
F.G.B	mar-18	004

PISO	Foto	Lectura Espesor (mm)	Espesor Promedio (mm)	Calificación Piso
Andenes y muros exteriores	1	9.71	5.69	NO CUMPLE
	2	8.74		
	3	11.25		
	4	1.80		
	5	5.39		
	6	4.95		
	7	1.56		
	8	2.12		
Muros y columnas	1	1.80	3.51	NO CUMPLE
	2	0.30		
	3	8.21		
	4	2.30		
	5	3.80		
	6	15.98		
	7	2.13		
	8	2.07		
	9	0.74		
	10	0.61		
	11	0.35		
	12	3.86		
Placas de piso	1	7.27	3.29	NO CUMPLE
	2	4.74		
	3	1.84		
	4	4.70		
	5	0.60		
	6	0.60		

Tabla 5. Valores máximos de separación de fisuras

Tipo de Ambiente	1	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3	4,1	4,2	4,3	5,1	6,1	6,2	6,3	7
Separación máxima de fisuras (mm)	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6

Espesor Promedio (mm)	CALIFICACIÓN GENERAL CONJUNTO.
4.13	NO CUMPLE

OBSERVACIONES:

Para evaluar los criterios de aceptación y rechazo de las fisuras encontradas en la caseta de control de la subestacion de Galapa, se tuvieron en cuenta los ordenes de magnitud establecidos en la NTC5551, el grado de exposición se calificó como 2.2 - inducida por carbonatación, humedad media.
Para el control de fisuras se tendrá en cuenta la norma del American Concrete Institute ACI224-R.

Imagen 44. Consolidado de valores de separación de fisuras en la caseta de control, subestación de Galapa.

5.5 Diagnóstico y Análisis de Resultados

De acuerdo con el tipo de lesiones encontradas; físicas, químicas, mecánicas y Antropogénicas, en la subestación eléctrica de Galapa se evidenció que las más representativas son las lesiones de tipo mecánico en la caseta de control y muro de cerramiento. En la cimentación de la caseta se halló un 47% de tipo mecánicas y 27% físicas, en muros y columnas un 55% de mecánicas y 27% de físicas, en pisos un 52% de mecánicas y 32% físicas en el muro de cerramiento, por lo cual, es necesario realizar un mantenimiento correctivo por medio de un proceso de rehabilitación en el sistema de vigas, columnas, pisos y muro de cerramiento para garantizar las condiciones óptimas del comportamiento de la estructura, de forma que cumpla con los parámetros del diseño y las condiciones de durabilidad dadas del grado de exposición en el que se encuentra clasificado la subestación. Además, es necesario proteger el acero de refuerzo, por lo que hay que remover las zonas contaminadas de concreto carbonatado y realizar un proceso de protección contra la corrosión del acero de refuerzo.

Los diferentes procesos patológicos identificados en la subestación, dados a través de las diferentes lesiones físicas, químicas, mecánicas y Antropogénicas encontradas, manifestaciones externas con características que permiten deducir el origen y la naturaleza de los fenómenos presentes, que dan la causas, directas e indirectas de dichas afectaciones, como materiales de construcción deficientes, procesos constructivos inadecuados, diseños que no corresponden al grado de exposición en el que se encuentra la subestación eléctrica de Galapa, de acuerdo a la norma NTC 5551 y la NSR-10.

La NTC 5551 para el grado de exposición, lo clasifica como grado 2, recomendando una resistencia de 28 Mpa que garantiza la durabilidad de la estructura en concreto reforzado, sin embargo, según el diseño estructural, se especifica una resistencia de diseño de 21 Mpa. Se hallaron resistencias entre 10 Mpa y 23.6 Mpa, en promedio 15.70 Mpa para condiciones de laboratorio. De acuerdo a los ensayos no destructivos, en esclerómetro se determinó una resistencia promedio de 14.66 Mpa y ultrasonido de 14.03 Mpa, valores muy por debajo, incluso de la resistencia de diseño.

En los ensayos de carbonatación realizados, los frentes de carbonatación encontrados en los 10 años que presenta la edificación, reflejan un periodo de 2 a 4 años para alcanzar la despasivación del acero de refuerzo en los elementos estructurales, vigas y columnas, que componen la estructura de la caseta de control de la subestación eléctrica de Galapa. Adicionalmente, se presentan altas variaciones de pH en el concreto en rangos de 9 a 10, lo que indica pérdida considerable de la capa pasivadora en el acero de refuerzo, lo que podría indicar que en algunos elementos ya se ha iniciado el proceso de corrosión. Cabe mencionar que en un concreto en ambiente alcalino el pH se encuentra en rango de 12 a 14.

De los resultados obtenidos en los ensayos destructivos y no destructivos, se deduce un material altamente poroso y de regular a baja calidad, como lo indican los ensayos de ultrasonido, con lecturas promedio de 3133.26 m/s, lo que indica una calificación de regular a malo. Ver (tabla 6 y gráfico 1).

En conclusión, de acuerdo a la fase de toma de datos, muestreo y material de prueba, es notoria una mala calidad en los materiales e inadecuados procesos constructivos, además, recubrimientos y cuantías de refuerzo por debajo de los valores que señalan tanto los diseños como la NSR-10.

A continuación, se muestra el consolidado de resultados de los ensayos no destructivos y destructivos para clasificar el nivel de daño que presenta la edificación, en la tabla 20 se evidencia que la edificación presenta un estado de daño GRAVE que necesita inmediata reparación:

Tabla 20. Consolidado de resultados de ensayos destructivos y no destructivos.

TABLA DE CONVENCIONES	
E1 → ORDEN DE TOMA DE MUESTRA	T1= Toma inferior
ENSAYO ESCLEROM	T2= Toma superior
F-1 → ORDEN DE TOMA DE MUESTRA	
ENSAYO FERROSCA	

CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO		CLASIFICACION DEL NIVEL DE DAÑO
0	sin daño o daño insignificante	4
1	daño pequeño pero no se requiere reparación	
2	existe daño, el componente funciona como se diseña	
3	daño significativo, requiere pronta reparacion	
4	daño grave se necesita inmediata reparación	
5	daño extremo, falla total o riesgo de falla total del componente	

FERROSCAN (ACERO DE REFUERZO / DISEÑO EN PLANOS).		NSR-10 C.7.7 — Protección de concreto para el refuerzo		COMPARATIVO CON PLANOS DE DISEÑO	
UBICACIÓN DEL ENSAYO	ELEMENTO ESTRUCTURAL	Recubrimiento (mm)	CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	REF. VERTICALES	REF. HORIZONTALES
F-1	Columna C-1 superior	44.67	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-2	Columna C-1 inferior				
F-19	Columna C-1 inferior				
F-3	Viga amarre 1- BC lateral	36.00	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
F-4	Columna B-1 inferior	52.00	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-5	Columna B-1 central				
F-6	Columna B-1 superior				
F-7	Columna A-1 central	41.50	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-8	Columna A-1 inferior				
F-9	Muro A-1' lateral superior	-	-	-	-
F-10	Columna B-2 central	39.50	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-12	Columna B-2 inferior				
F-11	Columna C-2 inferior	36.00	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-13	Columna A-2 central	39.00	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-14	Columna A-2 inferior				
F-15	Columneta A-1' central	36.00	NO CUMPLE	N/E	N/E
F-16	Columneta B-1' central	26.00	NO CUMPLE	N/E	N/E
F-17	Columneta B-1' inferior				
F-18	Columneta C-1' central	43.00	CUMPLE	N/E	N/E
F-20	Machón - eje C central, Muro 4	84.00	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-21	Machón - eje 13 central, Muro 3	70.50	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-22	Machón - eje 6 central, Muro 3				
F-23	Machón - eje G central, Muro 2	75.00	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-24	Machón - eje 1 central, Muro 2	60.00	CUMPLE		
F-25	Muro cerramiento 3 a7-8 central	50.67	CUMPLE	N/E	N/E
F-26	Muro cerramiento 3 a7-8 lateral				
F-27	Muro cerramiento 3 a7-8 lateral				
F-28	Muro cerramiento 3 a10-11 lateral	57.75	CUMPLE	N/E	N/E
F-29	Muro cerramiento 3 a10-11 lateral				
F-30	Muro cerramiento 3 a10-11 lateral				
F-31	Muro cerramiento 3 a10-11 lateral				
F-32	Vigueta eje BC-1 lateral	54.00	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-33	Viga eje C 1-1 superior	62.00	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
F-34	Union viga placa eje B 1-1 superior	54.00	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-35	Viga eje 1- A5 superior	74.00	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-36	Celdas B-C con 1-2 lateral	54.00	CUMPLE	N/E	N/E
F-37	Viga cimentación-pedestal eje C-1 later	59.00	CUMPLE	CUMPLE	N/E
F-38	Viga muro cerramiento lateral	74.00	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

ESCLEROMETRÍA (Dureza superficial)		NTC 3692	(ASTM C-805.94)		
UBICACIÓN	LOCALIZACIÓN	Promedio lecturas Rebote	Resistencia estimada (Mpa)	COMPARATIVO CON PLANOS DE DISEÑO (Mpa)	CRITERIO DE CALIFICACIÓN
E1	Columna Eje C-1	41.00	34.69	21	CUMPLE
E2	Columna Eje B-2	38.00	32.15	21	CUMPLE
E3	Columna Eje B-1	33.43	28.28	21	CUMPLE
E4	Columna Eje A-1	34.00	28.76	21	CUMPLE
E5	Columna Eje C-2	33.67	27.44	21	CUMPLE
E6	Columna Eje C-1	35.25	29.82	21	CUMPLE
E7	Columneta voladizo Eje C-1'	37.71	31.91	21	CUMPLE
E8	Columneta voladizo Eje B-1'	36.44	30.83	21	CUMPLE
E9	Vigueta Eje A-1'	38.00	32.15	21	CUMPLE
E10	Columna Eje A-2	40.00	33.84	21	CUMPLE
E11	Viga de amarre Eje 1 - BC	33.44	27.45	21	CUMPLE
E12	Viga Eje B-C y 1-2	33.67	27.44	21	CUMPLE

Nota: El ensayo de esclerometria determina el grado de dureza superficial, con la carbonatacion este valor aumenta, por lo que se debe multiplicar por un factor de correccion de 0,90.

ULTRASONIDO*		NSR-10 C.7.7 — Protección de concreto para el refuerzo	
ID Núcleo	LOCALIZACIÓN	VELOCIDAD DE ONDA [m/s]	TIEMPO [µs]
Núcleo Nº 1	Columna Eje C-1	3276.0	36.6
Núcleo Nº 2	Columna Eje A-1	3521.8	34.1
Núcleo Nº 3	Columna Eje B-2	3473.3	35.6
Núcleo Nº 4	Columna Eje C-2	3172.0	30.3
Núcleo Nº 5	Columna Eje A-2	3247.3	27.1
Núcleo Nº 8	Pedestal C-1	3200.7	17.5

Nota:* El ensayo de ultrasonido determino una condicion del material de regular a baja calidad, como lo indican las lecturas desde 3172 a 3521 m/s.

CARBONATACIÓN (Perdida de Ph).		NTC 5551 A.2.4. CARBONATACIÓN	
ID Núcleo	LOCALIZACIÓN	Frente de carbonatación (mm)	CRITERIO DE CALIFICACIÓN
Núcleo Nº 1	Columna Eje C-1	25.0	CARBONATADO
Núcleo Nº 2	Columna Eje A-1	20.0	CARBONATADO
Núcleo Nº 3	Columna Eje B-2	30.0	CARBONATADO
Núcleo Nº 4	Columna Eje C-2	25.0	CARBONATADO
Núcleo Nº 5	Columna Eje A-2	25.0	CARBONATADO
Núcleo Nº 6	Muro de cerramiento 3 Eje 9	50.0	CARBONATADO
Núcleo Nº 8	Pedestal C-1	20	CARBONATADO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOBRE NÚCLEOS DE CONCRETO				NTC 673 : 2010-02-17.		
ID Núcleo	LOCALIZACIÓN	Área Transversal (mm^2)	Carga (kN)	Resistencia de Rotura (Mpa)	COMPARATIVO CON PLANOS DE DISEÑO (Mpa)	CRITERIO DE CALIFICACIÓN
Núcleo Nº 1	Columna Eje C-1	46.67	95.94	20.60	21	NO CUMPLE
Núcleo Nº 2	Columna Eje A-1	46.31	107.39	23.23	21	CUMPLE
Núcleo Nº 3	Columna Eje B-2	46.96	45.62	9.73	21	NO CUMPLE
Núcleo Nº 4	Columna Eje C-2	46.93	64.81	13.84	21	NO CUMPLE
Núcleo Nº 5	Columna Eje A-2	30.25	42.60	14.11	21	NO CUMPLE
Nucleo Nº 8	Pedestal C-1	31.16	34.01	11.02	21	NO CUMPLE

6 APORTES

El pasante tecnólogo en construcciones civiles fue de gran apoyo en la conformación del estudio de patología, ejerciendo las labores de organizar y estructurar la información obtenida de las visitas de campo, ensayos efectuados, e informes previos, para componer lo que sería el recuento fotográfico de daños, las fichas de calificación, los registros de cada ensayo realizado y las valoraciones respectivas desarrolladas para la clasificación del nivel de daño, que en consecuencia iban a ser plasmados en el informe patológico sobre el proyecto trabajado, para proceder con el análisis de vulnerabilidad y reforzamiento estructural pertinente según los criterios del profesional facultado.

Finalmente, se realizaron las correcciones y ajustes al trabajo realizado, siguiendo las recomendaciones de la empresa constructora del proyecto y bajo la supervisión y asesoramiento del profesional encargado, como Tutor externo en la pasantía.

7 CONCLUSIONES

- Durante la pasantía se logró el objetivo de desarrollar el estudio patológico, además se alcanzó un conocimiento más amplio referente a los conceptos relacionados con la patología de la construcción.

- De acuerdo al estudio patológico y los resultados obtenidos, las condiciones estructurales y constructivas de los diferentes elementos que fueron objeto de análisis, dieron evidencia de presentar un muy mal estado.

- Se puede concluir del trabajo realizado, que fueron varias las causas que originaron el proceso patológico evidenciado, principalmente en la fase de construcción, pues concorde a los ensayos practicados a los materiales, estos no se encontraban en las mejores condiciones. También cabe señalar que en la etapa de diseño no se atendieron todas las recomendaciones señaladas en la norma, por ejemplo, la resistencia de los elementos estructurales, que se registra en los planos como 21 Mpa, siendo que la norma en la NTC 5551 recomienda, para las condiciones y grado de exposición de la subestación, diseñar para una resistencia de 28 Mpa. Adicionalmente, se puede señalar que no hubo acoplamiento en el proceso constructivo con los diseños establecidos, pues conforme a los resultados alcanzados en la comparación de la prueba de Ferroscan con los diseños y la NSR-10, los recubrimientos no cumplían con las especificaciones para ambos casos. a su vez, tanto los planos arquitectónicos como los estructurales carecían de las especificaciones y detalles necesarios para llevar a cabo las respectivas actividades constructivas que facilitaran un desarrollo adecuado del proyecto.

- Es fundamental tener una coordinación y relación activa entre cada una de las fases del proceso constructivo de una edificación, ya que, cuando hay falencias en este aspecto, es más probable que se cometan errores que puedan afectar cuestiones tan delicadas como la integridad estructural de una edificación.

- Como aprendizaje durante la pasantía, además de los conceptos trabajados se tiene que es, ante todo, fundamental el buen desempeño de las prácticas profesionales, apoyadas en los correctos principios y valores, entendiendo que, para el proyecto trabajado, una de las causas de su mal estado y nulo funcionamiento, ha sido la corrupción y el derroche del dinero público, afectando de forma crítica a la comunidad (Periódico El Heraldo, 2015)

8 RECOMENDACIONES

Llevar un correcto y sistemático registro de la información adquirida, con el propósito de desarrollar correctamente la metodología, buscando que, en cada una de las fases del proceso, la información que se vaya obteniendo sea lo más completa posible, para de esa forma, llegar a las conclusiones pertinentes que permitan dar el diagnóstico correcto de procesos patológicos evidenciados durante el estudio.

Tener las herramientas y equipos adecuados para llevar a cabo cada una de las pruebas y ensayos respectivos a las muestras recogidas, para obtener fiabilidad y compatibilidad entre lo obtenido en el laboratorio, con lo que se encuentra en campo.

9 COMENTARIOS

Al concluir la pasantía la empresa LONGENIERIA Proyectos de Ingeniería, me contrató como auxiliar de Ingeniería, para desarrollar diferentes labores relacionadas con la empresa, con lo cual tengo la oportunidad de seguir vinculado a ella, dando evidencia del desempeño y la actitud correcta frente a las tareas y actividades realizadas como pasante.

10 ANEXOS

Planos Estructurales y Arquitectónico del proyecto.

11 REFERENCIAS

- Broto, C. (2005). *Enciclopedia Broto De patologías de la construcción.* Barcelona: links.

- López, F., Rodríguez, V., Cruz, J., Torreño, I. y Ubeda, P. (2004). *Manual de Patología de la Edificación (Tomo 1).* Madrid: Departamento de Tecnología de la Edificación (E.U.A.T.M), Universidad Politécnica de Madrid.

- Guzmán, D. (2002). *Durabilidad y Patología del Concreto.* Colombia: Asociación Colombiana de productores de Concreto, Asocreto

- Díaz, P. (2014). *Protocolo para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia* (Tesis inédita de maestría). Bogotá: Universidad Javeriana.

- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo – Resistentes. NSR-10. 2010. Bogotá D.C.

- Norma Técnica Colombiana, NTC 5551. *Durabilidad de Estructuras de Concreto.* 2007. Bogotá D.C

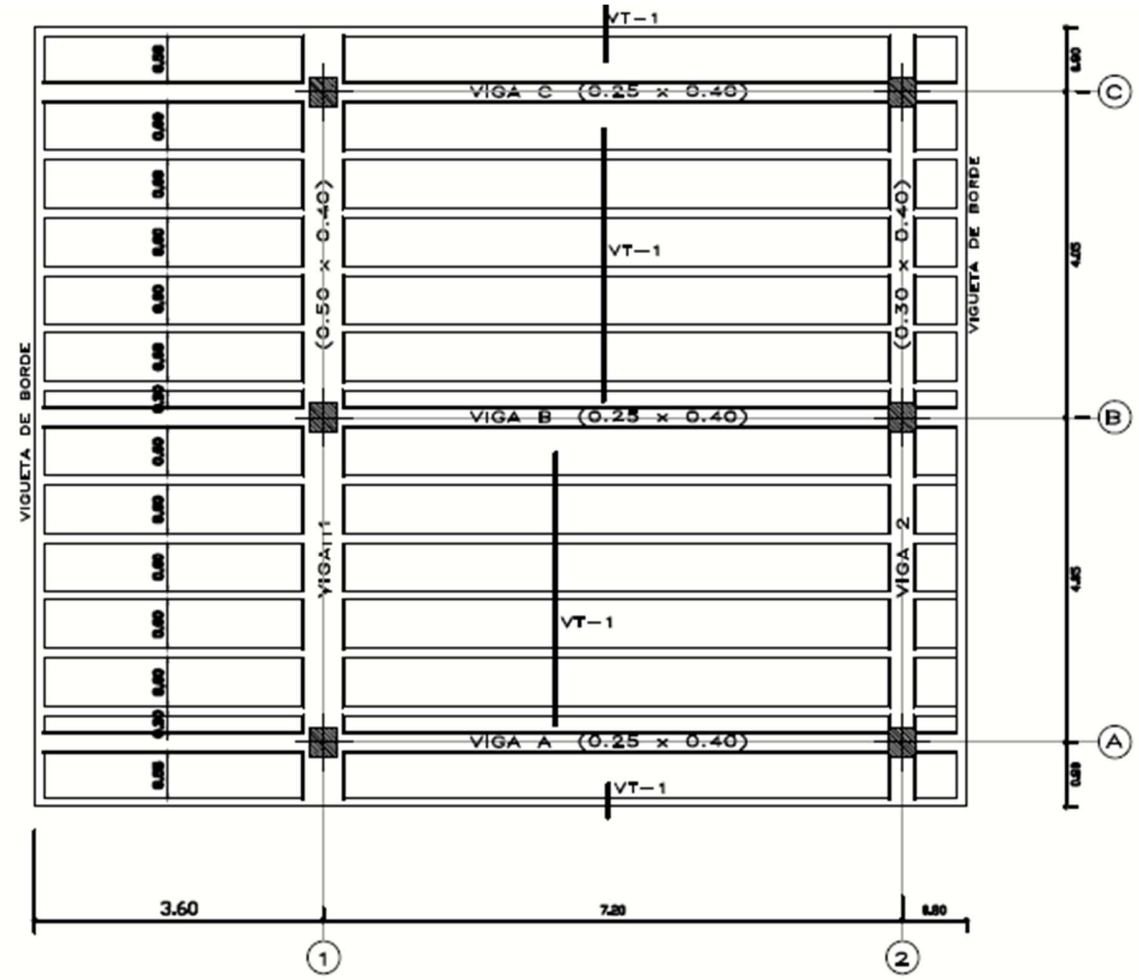
- Norma Técnica Colombiana, NTC 673. *Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.* 2010. Bogotá D.C

- http://atlas.ideam.gov.co, 2018

- (28 de junio de 2015). *Subestación de Galapa: 7 años de retraso y $3.400 millones en el aire.* El Heraldo. Recuperado de: https://www.elheraldo.co/local/quien-responde-por-la-subestacion-varada-202560

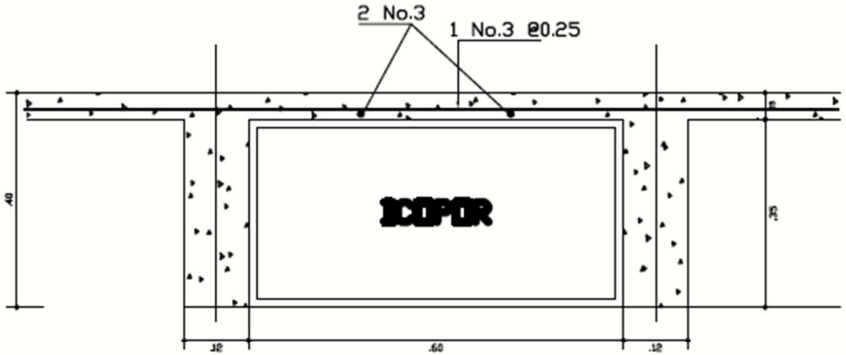
ANEXOS.

PLANOS ESTRUCTURALES Y ARQUITECTÓNICOS SUBESTACIÓN GALAPA, ATLÁNTICO

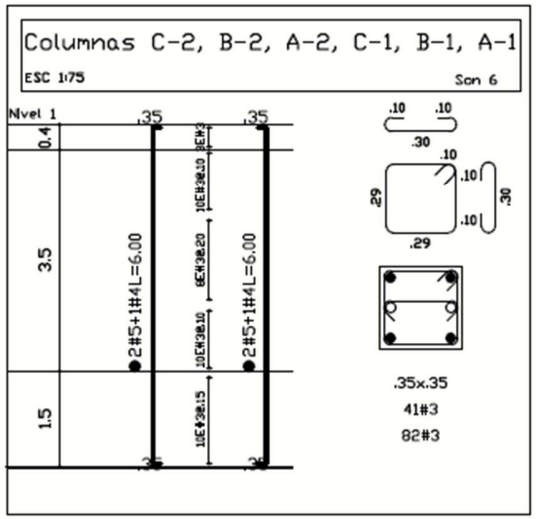


PLANTA ESTRUCTURAL

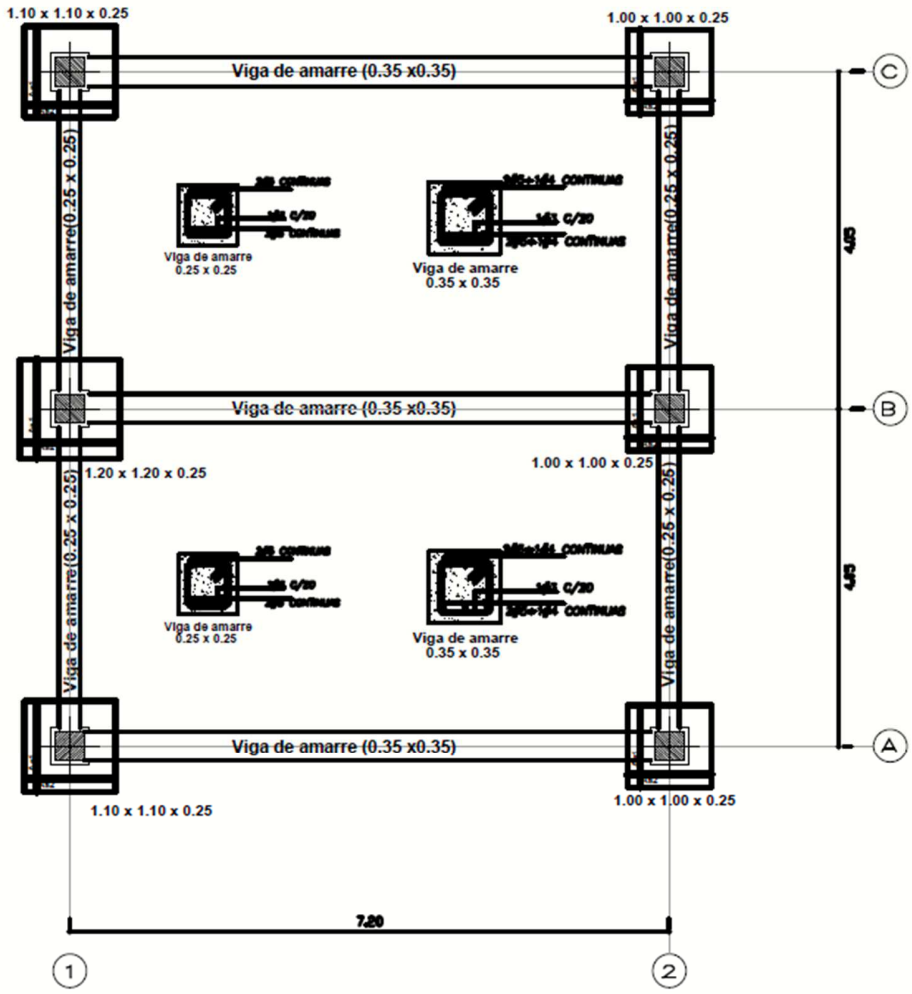
ESCALA: 1:75



SECCION LOSA

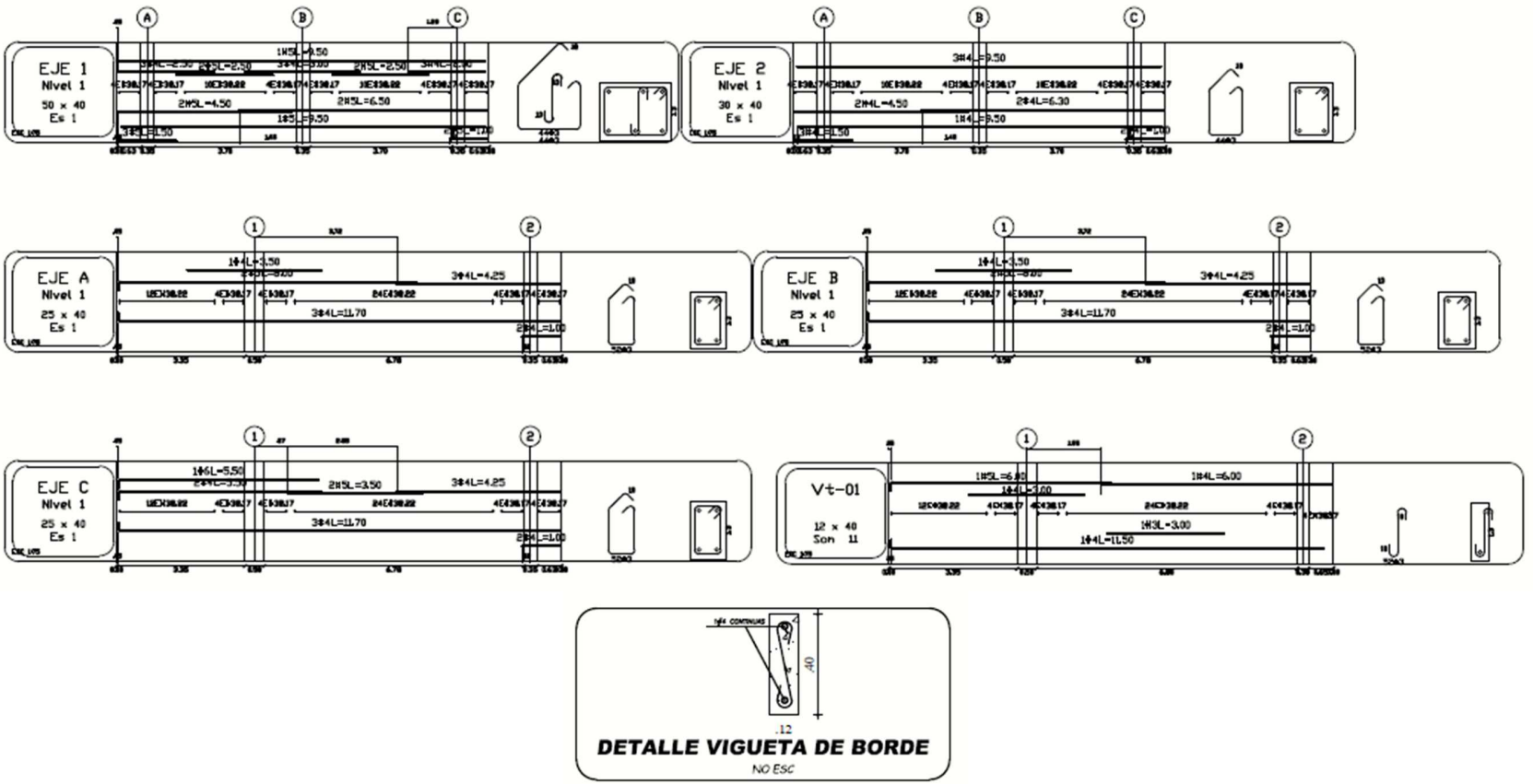


Sección losa de entrepiso y despiece de Columnas.

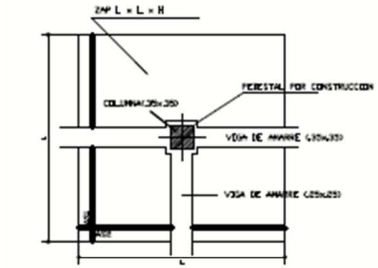


PLANTA CIMENTACION

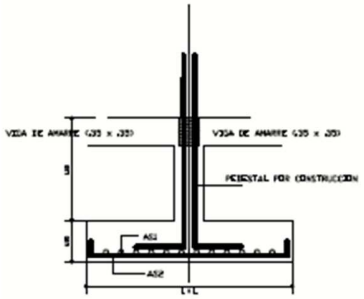
ESCALA: 1:75



Despiece de Vigas y detalle Vigueta de borde.



PLANTA ZAPATA
NO ESC.

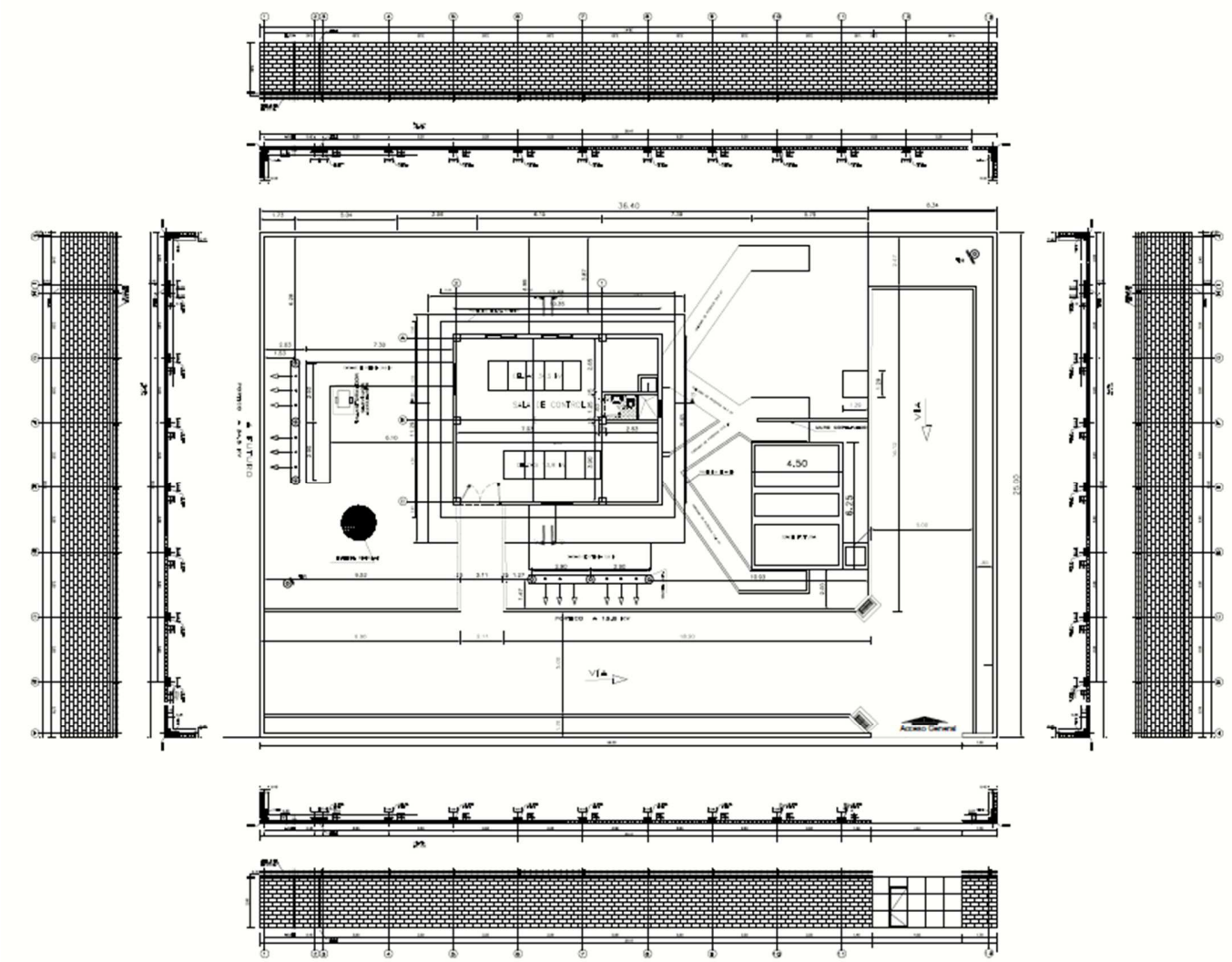


CORTE ZAPATA
NO ESC.

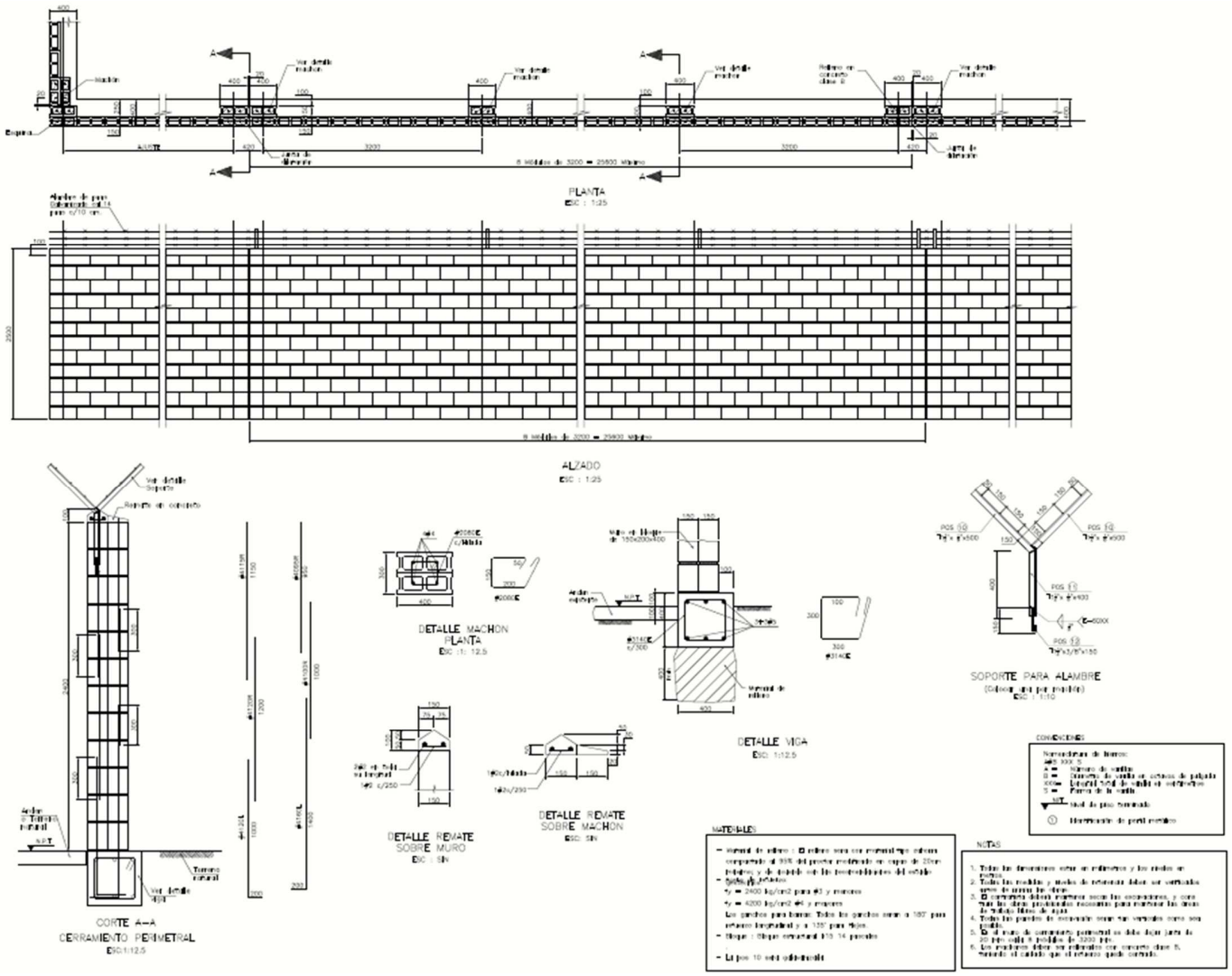
CUADRO DE ZAPATAS

ZAPATA TIPO	REFERENCIAS	DIMENSIONES B x L x H	AS1 REFUERZO	AS2 REFUERZO
1.0	A2 - B2 - C2	1.00 x 1.00 x 0.25	1 # 4 @0.25-1.20	1 # 4 @0.25-1.20
2.0	A1 - C1	1.10 x 1.10 x 0.25	1 # 4 @0.25-1.30	1 # 4 @0.25-1.30
3.0	B1	1.20 x 1.20 x 0.25	1 # 4 @0.25-1.40	1 # 4 @0.25-1.40

Detalle Cimentación y cuadro de zapatas.



Planta Caseta de Control y Cerramiento – Subestación Eléctrica de Galapa.



Detalle Cerramiento – Subestación Eléctrica de Galapa.