

Estudio Patológico del Coliseo Castilla de Bogotá D.C.

**Estudio Patológico del Coliseo Castilla de Bogotá D.C.**

Diego Alveiro Narváz Sánchez

Decanatura de Universidad Abierta y a Distancia

Especialización Patología de la Construcción

Arquitecto Magíster Walter Mauricio Barreto Castillo

Diciembre del 2021

Universidad Santo Tomás

Sede Bogotá

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	13
Objetivos.....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos.....	14
Descripción General.....	15
Descripción.....	15
Localización Del Proyecto.....	17
Condición Legal.....	20
Aspectos Relacionados con el Patrimonio Histórico.....	20
Condición Preliminar de la Estructura.....	21
Sobre la Necesidad.....	21
Historia Clínica.....	22
Fase Documentación.....	22
Cronología e Historia.....	22
Condiciones de Uso.....	23
Importancia de la Edificación.....	23
Demanda.....	23
Tecnología.....	24
Intervenciones Anteriores.....	24
Fase De Observación.....	25
Visita de Inspección.....	25
Entorno Físico y del Medio Ambiente.....	25
Clima.....	25
Temperatura.....	26
Precipitación o Lluvias.....	26
Humedad.....	26

Entorno Hidrológico. ....	27
Nivel freático. ....	30
Asoleación. ....	30
Vientos.....	31
Grado de Contaminación. ....	33
Agresividad Ambiental. ....	35
Iteración con la Vegetación Circundante. ....	35
Control de las Causas Globales. ....	37
Sobre el entorno.....	37
Andenes Perimetrales. ....	38
Tratamiento con Cal .....	39
Confinamiento.....	39
Sobre Anchos.....	39
Rellenos con Rajón .....	39
Especificación de Materiales .....	39
Zócalos del Primer Piso. ....	40
Fase Toma de Datos. ....	41
Reconocimiento y Condiciones de Riesgo.....	41
Levantamiento Básico de la Estructura y Registro Fotográfico.....	47
Registro de Redes e Instalaciones y Valoración de su Funcionalidad. ....	48
Estado de la Cubierta. ....	49
Identificación Visual de Lesiones.....	49
Calificación de Lesiones.....	49
Análisis Estadísticos.....	55
Diagnosis. ....	57
Fase de Muestreo.....	57
Análisis Geotécnico. ....	62
Estado General de Conservación.....	66
Fase de Evaluación.....	67

Modelación Estructural.....	67
Parámetros Sísmicos .....	67
Definición de los Diafragmas.....	70
Vulnerabilidad Sísmica. ....	71
Sobreesfuerzo.....	71
Sobreesfuerzo Suelo de Fundación.....	71
Flexibilidad.....	72
Aspectos Probabilísticos del Diseño Sismorresistente.....	74
Propuesta de Reforzamiento.....	75
Cimentación.....	75
Encamisado de Columnas.....	78
Refuerzo de los Elementos No Estructurales.....	79
Procesos Patológicos.....	80
Causas Activas.....	80
Causas Pasivas.....	80
Evolución.....	81
Prediagnósis.....	82
Nivel o Grado de Afectación.....	83
Metodología de la Intervención.....	83
Dictamen. Fase de decisión .....	83
Primeros Auxilios y Acciones Inmediatas.....	84
Terapéutica.....	86
Sobre las Condiciones Generales .....	86
Sobre las Condiciones Locales (considerando que no habrá obras de reforzamiento) .....	87
Tabla de Equivalencias Sika-Toxement-Basf .....	125
Resumen de Terapéuticas Similares.....	128
Seguimiento.....	131
Presupuesto.....	131
Conclusiones Generales del Estudio.....	132

ESTUDIO PATOLÓGICO DEL COLISEO CASTILLA

6

Bibliografía.....	133
Referencias.....	133

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corte esquemático	17
Figura 2. Localización general	17
Figura 3. Relación vial.	18
Figura 4. Localización parque	19
Figura 5. Climograma Localidad de Kennedy (temperatura y lluvia)	25
Figura 6. Humedad relativa ciudad de Bogotá.	26
Figura 7. Entorno hidrológico, Isopiezas y líneas de flujo	27
Figura 8. Canal de aguas lluvias.	29
Figura 9. Asoleación.	30
Figura 10. Arboladas.	31
Figura 11. Dirección de los vientos.	31
Figura 12. Fuentes contaminantes y dirección del viento.	33
Figura 13. Árbol esquina norOriental.	36
Figura 14. Riesgos de remoción en masa	41
Figura 15. Riesgo por inundación.	42
Figura 16. Inspección preliminar de la edificación. Valoración de la seguridad.	43
Figura 17. Sectorización de la restricción 10m.*7m.	46
Figura 18. Panorámicas de la edificación.	48
Figura 19. Calificación fachada norte (vista exterior)	50
Figura 20. Calificación muro norte (vista interior)	51
Figura 21. Calificación fachada sur (vista exterior)	52

Figura 22. Calificación muro sur (vista interior)	53
Figura 23. Calificación piso (N +0.00)	54
Figura 24. Estadística de lesiones	55
Figura 25. Localización de sondeos tomados por el ing Diego A Narváez S	57
Figura 26. localización de sondeos.	63
Figura 27. Esquema de la Cimentación.	64
Figura 28. Localización según Microzonificación sísmica de Bogotá 2010..	64
Figura 29. Comparación de las solicitaciones sísmicas NSR98 y NSR10. (ojo cual es cada una)	
<b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 30. Grupo de uso, Periodo de ocurrencia y Probabilidad de excedencia.	74
Figura 31. reforzamiento de la cimentación.	75
Figura 32. detalle refuerzo cabezales	76
Figura 33. refuerzo típico de pilotes	77
Figura 34. ejemplo de encamisado	78
Figura 35. refuerzo de elementos no estructurales	79
Figura 36. Líneas del viento y arboladas cercanas.	81
Figura 37. Primeros auxilios.	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Para pisos adoquinados, losetas: (tráfico peatonal)	38
Tabla 1-2 Para pisos adoquinados, losetas: (tráfico vehicular liviano)	38
Tabla 1-3 Para pisos concreto: (tráfico vehicular liviano)	38
Tabla 2-1. muestreos realizados por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo.	58
Tabla 2-2. Calidad del concreto, criterio 01.	59
Tabla 2-3. Calidad del concreto, criterio 02.	59
Tabla 2-4. Calidad del concreto, criterio 03.	60
Tabla 2-5. Estratigrafía del suelo.	62
Tabla 2-6. Parámetros NSR10	67
Tabla 2-7. irregularidad geométrica	69
Tabla 2-8. Irregularidades en plana y altura.	69
Tabla 2-9. Factores de seguridad cimentación, para la condición drenada.	71
Tabla 2-10. Revisión de derivas sentido X.	72
Tabla 2-11. Revisión de derivas sentido Y.	72
Tabla 2-12. Valoración de asentamientos.	73
Tabla 3-1. Primeros auxilios.	84
Tabla 3-2. Resumen de terapéuticas similares.	128

INDICE DE ANEXOS

Fotos.

Información preliminar IDR.D.

Estudio Bazzani Arquitectura y Urbanismo.

Análisis estructural.

Estudio geotécnico.

Levantamiento topográfico.

Análisis de la vulnerabilidad.

Ensayos de laboratorio.

Ultrasonido (Diego A Narváez Sánchez).

Fisurómetro (Diego A Narváez Sánchez).

Núcleos.

Esclerómetro.

Profundidad de carbonatación.

Ficha de lesiones.

Valoración de la seguridad.

Certificado DADEP.

Calificación del paciente.

Especificación de materiales.

Antisol.

Emulsión asfáltica.

Granito pulido.

Koraza.

Metacrilato Metilo.

Sellomax.

Sika anchor fix 4.  
Sika concrelisto RE-5000.  
Sika látex.  
Sika limpiador rinse.  
Sika plan 12-r.  
Sika top seal 107  
Sika transparente 10.  
Sika 122.  
Sikadur 32 primer.  
Sikagard-62.  
Sikagrout 212.  
SikaMur InjectoCream-100

Equivalencias Sika-Basf-Toxement

### Resumen

Con base en las metodologías enmarcadas en la especialización de La Patología de la Construcción, e impartidas por la Universidad Santo Tomás, se desenvuelve como parte del trabajo de grado TPI, el estudio patológico del coliseo Castilla.

Con el análisis de las afectaciones, se realizan diagnósticos y estrategias con el fin de abordar las causas que afectan el desempeño de esta edificación, y proponer soluciones para su rehabilitación.

En el presente trabajo se desarrolla igualmente la tesis relacionada con la “progeria estructural”, entendiendo por esto como la condición intrínseca de la estructura que acelera su envejecimiento prematuro.

Palabras clave Progeria microclima succión

## **Introducción.**

Considerando la necesidad imperante de contar con la infraestructura adecuada, que se encuentre en funcionamiento después de un evento sísmico, según el “Plan Institucional de Respuesta a Emergencias” PIRE, la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., ha priorizado los estudios de Patología y reforzamiento estructural de los diferentes polideportivos construidos en el Distrito Capital.

Lo anterior bajo la normatividad del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 (Ley 400 de agosto de 1997, modificada según la Ley 1229 de 2008 y Decretos reglamentarios 926 de marzo de 2010), donde se establece que las construcciones clasificadas como edificaciones indispensables (edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo) deben ser revisadas estructuralmente, de tal forma que tengan las mismas garantías de funcionamiento que tendría una edificación nueva diseñada y construida con la norma actual. En este orden de ideas, es importante resaltar que no basta solamente con estudiar una estructura exclusivamente desde el enfoque de la vulnerabilidad sísmica, siendo imperioso enmarcar dicho análisis desde el mundo de la patología, donde se puede determinar la simbiosis entre la edificación y su entorno.

Finalmente se realizará las propuestas de intervención o tratamiento a partir de los resultados del diagnóstico.

## **Objetivos.**

### **Objetivo General.**

Realizar el estudio patológico del polideportivo Castilla, con el objeto de evaluar su comportamiento y la interacción con el entorno físico, ambiental, geotécnico, etc.

### **Objetivos Específicos.**

Identificar las causas del daño prematuro del coliseo Castilla.

Determinar la capacidad de los elementos estructurales (columnas y vigas) y la rigidez o flexibilidad que poseen,

Definir la necesidad de reforzamiento de la edificación con base en los parámetros de la Norma de Construcciones Sismo Resistente NSR-10.

Definir las acciones del entorno sobre la edificación.

## **Descripción General.**

### **Descripción.**

La edificación en estudio se localiza en el parque zonal Castilla de la ciudad de Bogotá D.C., con una altura construida de un piso, a la cual se le da un uso institucional y cuya estructuración corresponde al sistema de concreto reforzado (pórticos) y cubierta liviana soportada en estructura metálica <sup>1</sup>. Se debe resaltar que esta edificación debe tener la capacidad estructural para permanecer funcional aún después del evento sísmico de diseño, ya que hace parte del sistema del Plan Institucional de Respuesta a Emergencias “PIRE” de la ciudad de Bogotá D.C. (Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017, p. 8)

Construida mediante el sistema estructural de “Pórticos cimentados en zapatas con contrapesos”, la estructura está compuesta por cuatro pórticos principales con distribución rectangular en planta, compuestos por columnas y vigas, las cuales apoyan los muros en mampostería.

La estructura de la cubierta está construida en cerchas metálicas que se encargan de apoyar las correas también metálicas que su vez sirven de soporte a las tejas livianas, y que descansan en ménsulas de concreto que transmiten las cargas a las columnas.

Se ha podido identificar que la cimentación consta de zapatas con contrapesos.

Dentro de los datos más importantes que componen la edificación se puede mencionar:

El coliseo Castilla se encuentra asentado en un terreno plano sin accidentes topográficos relevantes, con alto tráfico vehicular.

---

<sup>1</sup> Ley 1400/1998, Norma sismo resistentes NSR-10 tabla A.3-3 numeral 2.

Características volumétricas: Edificación de un piso con luces internas de 22 m, (totalmente aislado de edificaciones vecinas), y área cubierta de doble altura. En uno de sus costados se encuentran construidas graderías de concreto con una capacidad de 380 personas.

El uso cotidiano de la edificación está relacionado con eventos sociales y deportivos.

No obstante, lo anterior, la edificación también está destinada para la atención de la ciudadanía en los eventos de emergencia, según se determina en el Plan Institucional de Respuesta a Emergencias “PIRE”, de la ciudad de Bogotá D.C.

Tiene una geometría rectangular en planta y se puede decir que no presenta irregularidades desde el punto de vista estructural.

Área total construida: 1200 m<sup>2</sup>

Altura total: 11.80 m.

Sistema estructural y constructivo: La edificación está conformada por pórticos en concreto, con las siguientes características: Ver figura N° 1.

Tipo de Cimentación: Superficial con zapatas aisladas entre 1.30m\*1.0m a 1.3m\*1.3m. <sup>2</sup>

No se tienen sótanos.

24 columnas de concreto perimetrales de sección 0,35m \* 0,30m.

Vigas de concreto perimetrales en los niveles +3.43m y +6.63m.

Muros de fachada en mampostería simple (bloque N°5 de arcilla), adosadas al sistema de resistencia sísmica principal.

Cubierta liviana tipo Cindu, de cuerpo simple y sin recubrimientos térmicos ni acústicos.

---

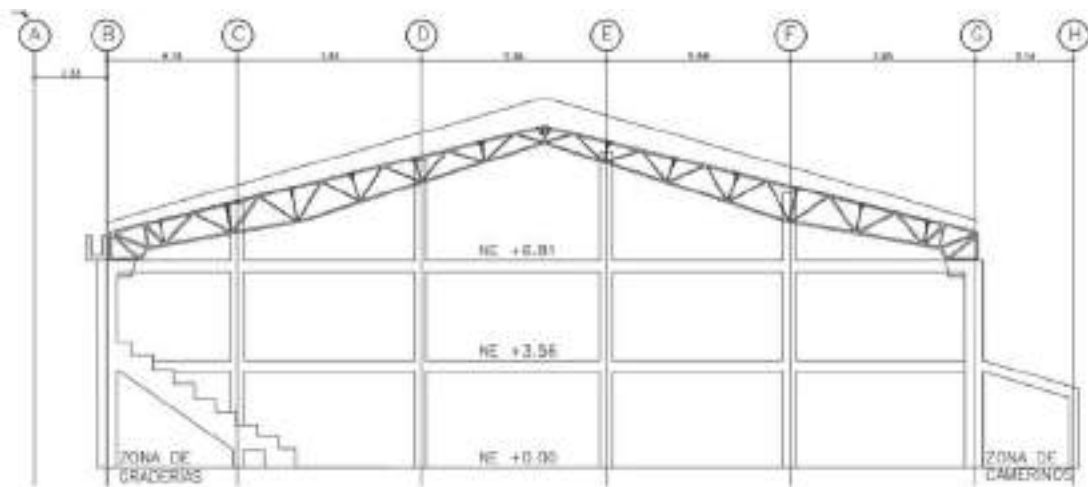
<sup>2</sup> Según estudio de vulnerabilidad elaborado por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo, pag 8

El mobiliario como lo son baños y aparatos sanitarios se encuentran en mal estado y necesitan ser cambiados.

En la figura n° 1 se muestra un corte longitudinal del coliseo Castilla.

**Figura 1.**

*Corte Esquemático*



(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

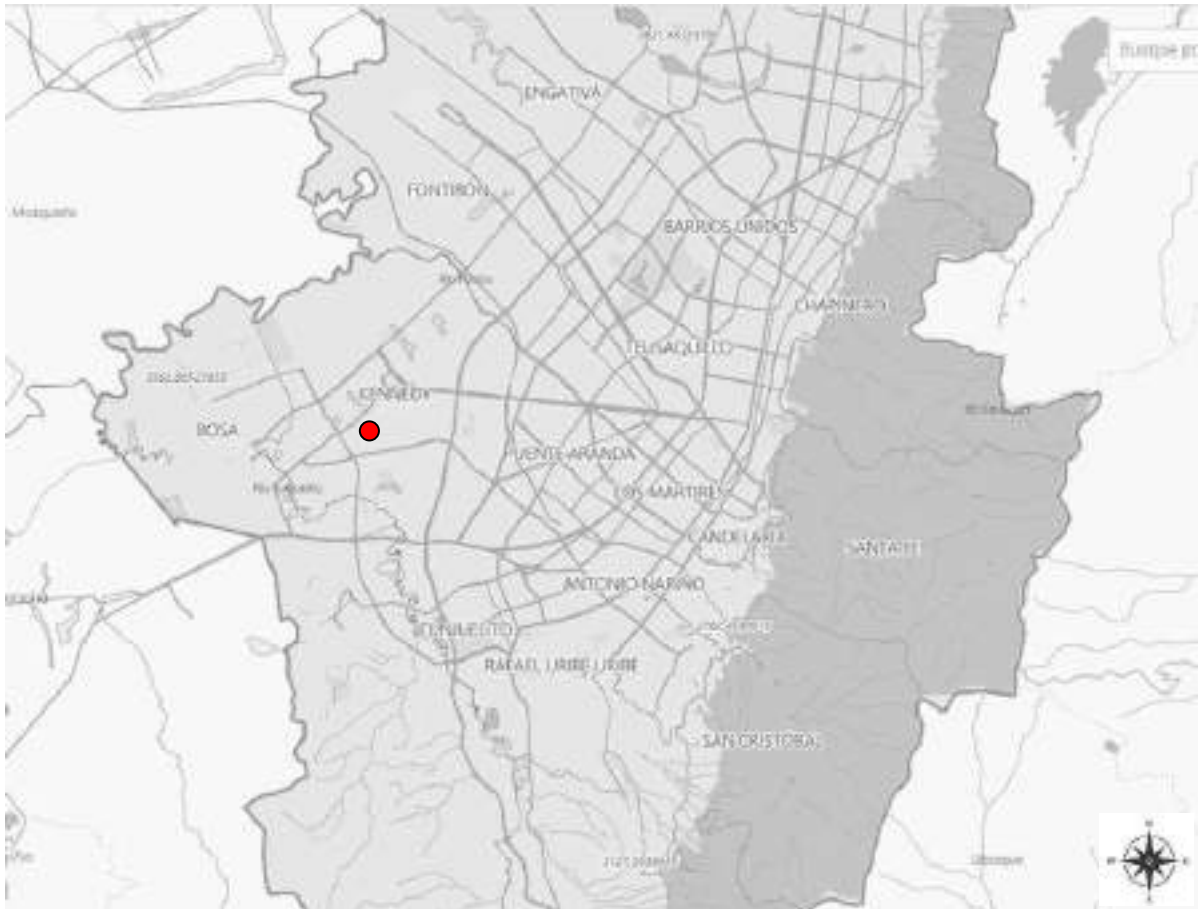
**Localización Del Proyecto.**

El parque zonal Castilla se encuentra localizado en la ciudad de Bogotá D.C., en la carrera 74 con calle 8A, barrio Castilla.

Se presenta en la figura n° 2 la ubicación del coliseo Castilla en el mapa de la ciudad de Bogotá D.C.

**Figura 2.**

*Localización General*



(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019)

En la figura n° 3, se hace énfasis sobre el entorno vial en el que se encuentra ubicado el coliseo Castilla.

**Figura 3.**

*Relación Vial.*



(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019)

Se detalla en la figura n° 4, la geometría del parque zonal Castilla.

**Figura 4.**

*Localización Parque*



(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019)

**Condición Legal.**

Según las verificaciones legales del predio, se obtuvo el certificado de la Defensoría del Espacio Público suscrito por los doctores Carlos Andrés Tarquino y Favio Zamora, donde se da legalidad y cabida del predio parque zonal Castilla. En el anexo G se presenta el certificado en comento.

No se pudo establecer si se contó con “licencia de construcción” para realizar la obra.

**Aspectos Relacionados con el Patrimonio Histórico.**

La edificación no está catalogada como monumento de conservación arquitectónica o antropológica, que la connote de alguna característica especial.

### **Condición Preliminar de la Estructura.**

Con base en la inspección preliminar, se ha podido evaluar los daños que presenta la edificación, observándose deterioros graves de los elementos estructurales y arquitectónicos, que pueden llegar a comprometer la estabilidad de la edificación. Claramente la estructura no cumple con la norma sismo resistente NSR10.

Se presume que los daños observados obedecen a causas geotécnicas, estructurales, de mala construcción y falta de mantenimiento.

De esta forma, una vez identificadas las lesiones y definida su atención, se hace imperante labores de repotenciación estructural y funcionales de la edificación.

### **Sobre la Necesidad**

Con base en la inspección preliminar, las directrices de la necesidad del propietario, la evaluación de la funcionalidad y las condiciones de seguridad, claramente se determina la urgencia de un análisis patológico de la edificación con el fin de cumplir con cada una de las exigencias de uso y normativos, que se espera del coliseo Castilla.

## **Historia Clínica.**

### **Fase Documentación.**

Información Previa.

Planos diseño original según archivos IDR.D. Ver anexo B

Con base en los estudios de vulnerabilidad elaborados por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo, se tiene la siguiente información:

Estudio geotécnico elaborado (dic -2017). Ver anexo C

Levantamiento topográfico de la estructura y la arquitectura del coliseo (dic-2017). Ver anexo C

Estudios de vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural (dic-2017). Ver anexo C

Se corroboró que este predio no cuenta con ningún tipo de licencia de construcción.

### **Cronología e Historia.**

El coliseo Castilla fue edificado en el año de 1995, por lo que en la actualidad tiene una edad de 24 años, según información tomada de la página web [www.idrd.gov.co](http://www.idrd.gov.co). Para dicha construcción se adoptaron diseños típicos tanto arquitectónicos como estructurales, que se implementaron en toda la ciudad para este tipo de polideportivos.

Según indagaciones realizadas a los vecinos del sector y al personal de seguridad y administración del parque, los daños que conllevan al presente estudio se empezaron a evidenciar desde hace apenas año y medio, por tal razón es necesario que se realicen inspecciones desde el punto de vista geotécnico, estructural y patológico que permita conocer las causas de las lesiones observadas.

### **Condiciones de Uso.**

De acuerdo con la información de la administración del IDR, nunca se ha cambiado el uso del polideportivo y siempre ha sido utilizado para eventos deportivos y culturales.

### **Importancia de la Edificación.**

Además de su uso cotidiano como amoblamiento distrital para el disfrute cultural y recreo deportivo, los polideportivos están catalogados como elementos fundamentales para la atención de la comunidad en los eventos de la emergencia PIRE.

De esta forma, en el caso de un terremoto se deberá garantizar que la edificación conserve su estabilidad y funcionalidad para la atención de los damnificados, lo que lo hace catalogarse como una estructura categoría de uso tipo II según la NSR10.

### **Demanda.**

El aforo programado para eventos deportivos-culturales es de 380 personas.

Según los criterios del título K de la NSR10 y las disposiciones del cuerpo de Bomberos, las rutas de evacuación no son las adecuadas y deben ser ajustadas, aspecto que es analizado en los estudios elaborados por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo, ver anexo D.

Se estima que la atención a los ciudadanos en los eventos de emergencia será de 750 personas dentro del recinto, y con atención de usuarios en su entorno de 1500 personas.

### **Tecnología.**

Con base en la Norma Sismo Resistente del año 2010 NSR-10 tabla A.3-3 numeral 2, la estructuración actual del coliseo se puede catalogar como:

Sistema estructural de pórticos de concreto resistente a momentos.

Grado de disipación de energía Moderado DMO (según estudio Bazzani y Arquitectura y Urbanismo).

Uso permitido en zona de riesgo sísmico intermedio. SÍ.

Altura máxima permitida en zona de riesgo sísmico intermedio. Sin límite.

Combinación de sistemas estructurales en planta. Ninguno.

Combinación de sistemas estructurales en altura. Ninguno.

Péndulo invertido. No aplica.

Grupo de Uso II. Tomado de NSR-10 A.2.5.1.3

Coefficiente de importancia: 1.10. Tomado de NSR-10 A.2.5.2

Se presume que la estructura cumple con la norma sismorresistente de 1984.

### **Intervenciones Anteriores.**

De acuerdo con la información suministrada por el IDRD, la edificación no ha sido objeto de ampliaciones, modificaciones, intervenciones, ni reforzamientos anteriores.

## Fase De Observación.

### Visita de Inspección.

Se realizaron varias visitas durante el mes de diciembre del año 2017, en las cuales se elaboró el levantamiento de la estructura y la arquitectura y se procedió a la toma de fotografías. De igual forma, se identificó las lesiones que se observaban en la estructura, tomando registro de dichos daños, los cuales se presentan en el anexo E.

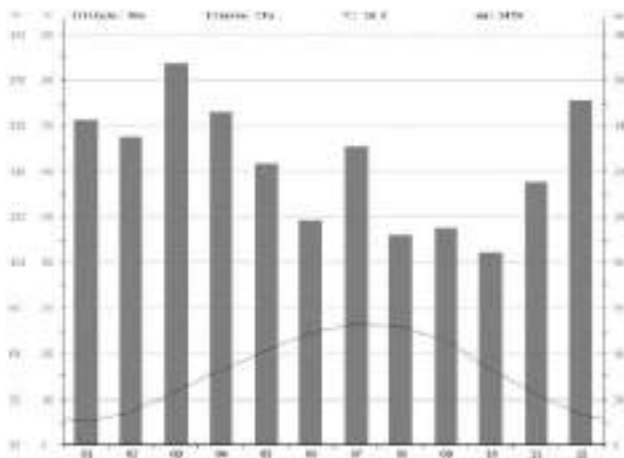
## Entorno Físico y del Medio Ambiente.

### Clima

Con base en las investigaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, se presenta en la figura n° 5 las variaciones de temperatura y lluvia del sector donde se ubica el coliseo Castilla.

**Figura 5.**

*Climograma Localidad De Kennedy (Temperatura Y Lluvia)*



(IDEAM, 2019)

### *Temperatura.*

Durante el año, la temperatura media es de 21.5 °C.

### *Precipitación o Lluvias.*

La precipitación más baja se presenta en el mes de octubre, con una intensidad promedio de 84 mm<sup>3</sup>. Las lluvias más intensas se han observado en el mes de marzo a razón de 167 mm en promedio.

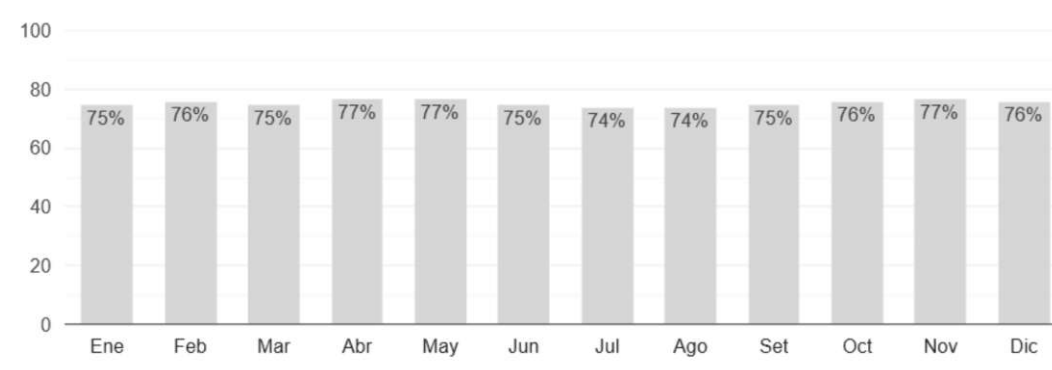
Entre los meses más secos y húmedos, la diferencia en las precipitaciones es 83 mm.

### *Humedad.*<sup>4</sup>

En la figura n° 6, se observan las variaciones de humedad del sector donde se encuentra ubicado el coliseo Castilla.

#### **Figura 6.**

#### *Humedad Relativa Ciudad de Bogotá.*



(CLIMATE-DATA.ORG, 2019)

---

3 Equivale a: litros / (m<sup>2</sup> \* hora)

4  $\omega = W_{\text{agua}} / W_{\text{total}}$  (W=peso)

Los meses con la humedad relativa más alta son abril, mayo y noviembre (77%). Los meses con la humedad relativa más baja son julio y agosto (74%).

### ***Entorno Hidrológico.***

Se puede observar en la figura N° 7, la cercanía de los cuerpos de agua:

Rio Fucha.

Humedal del Burro.

Humedal de Techo.

Canal de aguas lluvias

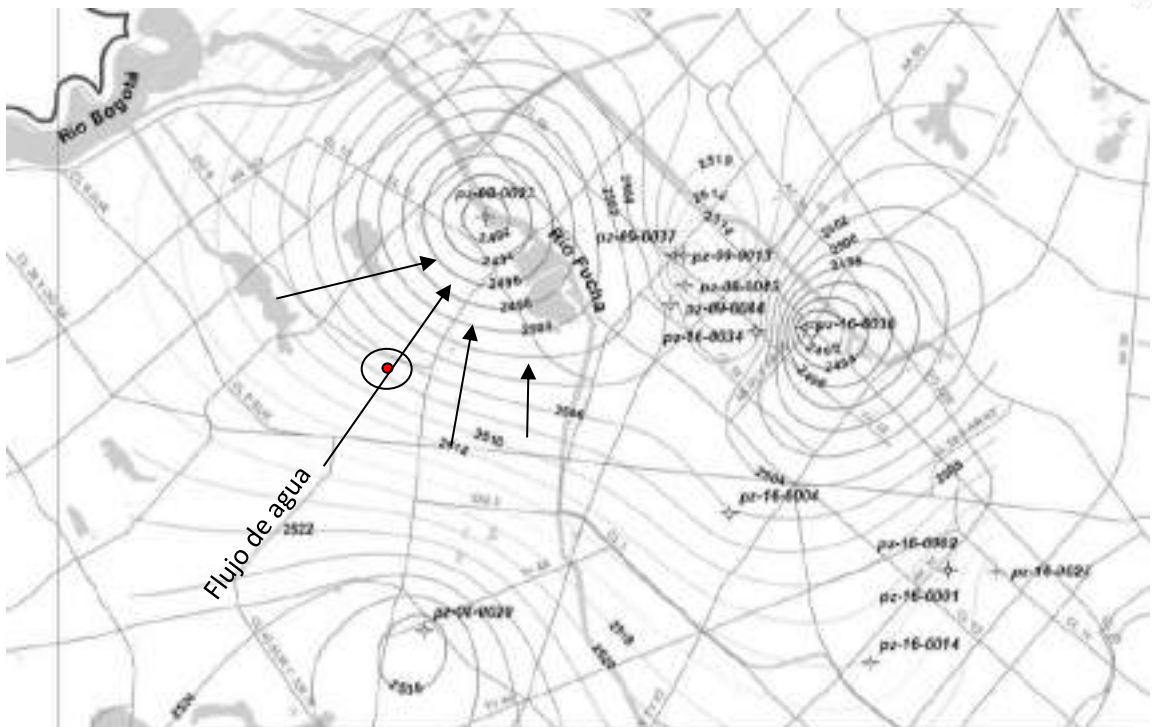
Como se observa en la figura n° 7, se indica las curvas isométricas y líneas de flujo subterráneo del sector donde se encuentra ubicado el coliseo Castilla, igualmente se observa la posición de los cuerpos de agua más importantes en el entorno de la edificación en estudio.

### **Figura 7.**

*Entorno Hidrológico, Isopiezas<sup>5</sup> y Líneas de Flujo*

---

<sup>5</sup> Línea que conecta en un mapa los puntos con igual nivel piezométrico, en un manto freático o en un acuífero confinado.



(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019)

Lo cual sustenta las condiciones de alta humedad del sector y niveles freáticos superficiales con altos gradientes hidráulicos subterráneos dirigidos hacia el río Fucha.

Este es un aspecto de gran importancia ya que cualquier obra hidráulica subterránea para el control del nivel freático puede cambiar drásticamente las condiciones de flujo y repercutir en lesiones aún mayores a la edificación. Por lo que será necesaria la coordinación entre los diseños hidráulicos y los estudios geotécnicos antes de realizar cualquier propuesta al respecto.

Se debe resaltar que, en el costado norte se localiza un canal de aguas lluvias figura n° 8, que incrementa las condiciones de humedad de los vientos predominantes del sector.

**Figura 8.**

*Canal de Aguas Lluvias.*



(Alcaldia Mayor de Bogotá, 2019)

***Nivel freático.***

El nivel freático se detectó a 1.10 m de profundidad. Según el estudio geotécnico de Bazzani Arquitectura y Urbanismo.

***Asoleación.***

En la figura n°9 se representa el tránsito solar, con lo cual se puede determinar las zonas con mayor exposición al secado y las que permanecen prácticamente húmedas.

**Figura 9.**

***Dirección de la Luz Solar.***



(Alcaldia Mayor de Bogotá, 2019)

El polideportivo está totalmente separado de edificaciones vecinas, por lo que no se observan estructuras u otros elementos que propicien sombras durante todo el día.

No obstante, existe una arbolada en el extremo suroccidental que proyecta sombra en horas de la tarde, como se observa en la figura n° 10.

**Figura 10.**

*Arboladas.*



(Google, 2019)

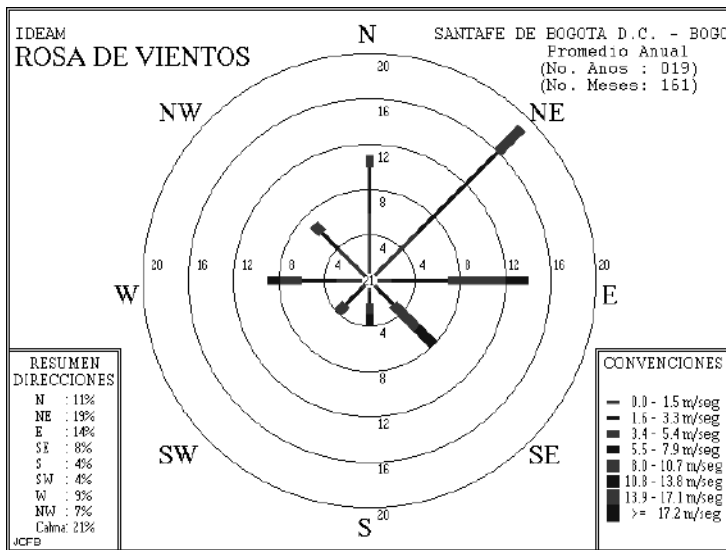
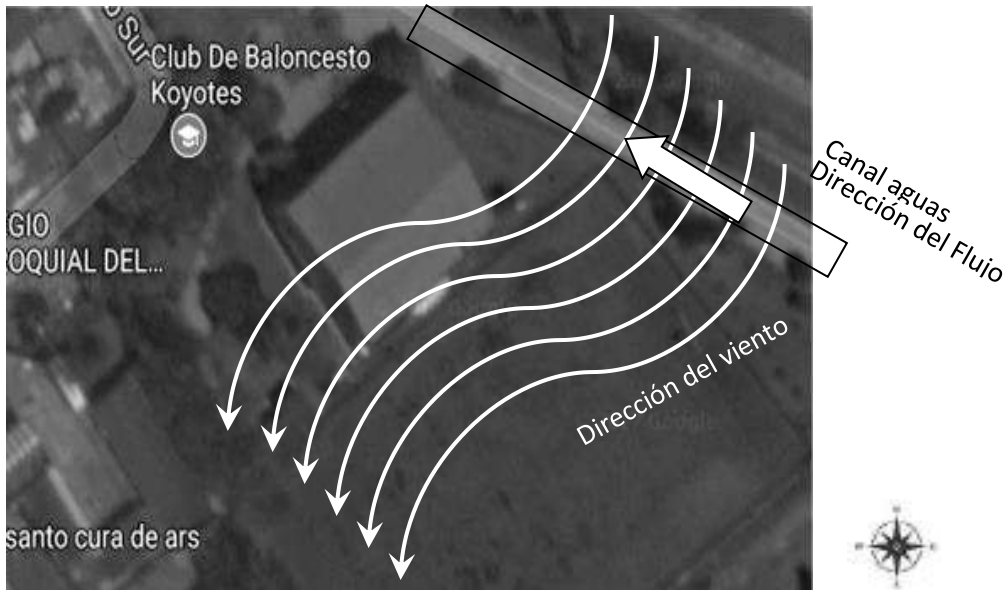
**Vientos.**

De acuerdo con las investigaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales “IDEAM”, se ha determinado para la zona en estudio: “... los vientos más dominantes en la temporada son los del noreste, este y oeste, con velocidades hasta de 6 a 8 m/s. ...” (IDEAM, 2019).

Con base en el cual el autor a identificado las líneas de viento que se observan en la figura n° 11.

**Figura 11.**

*Dirección de los Vientos.*



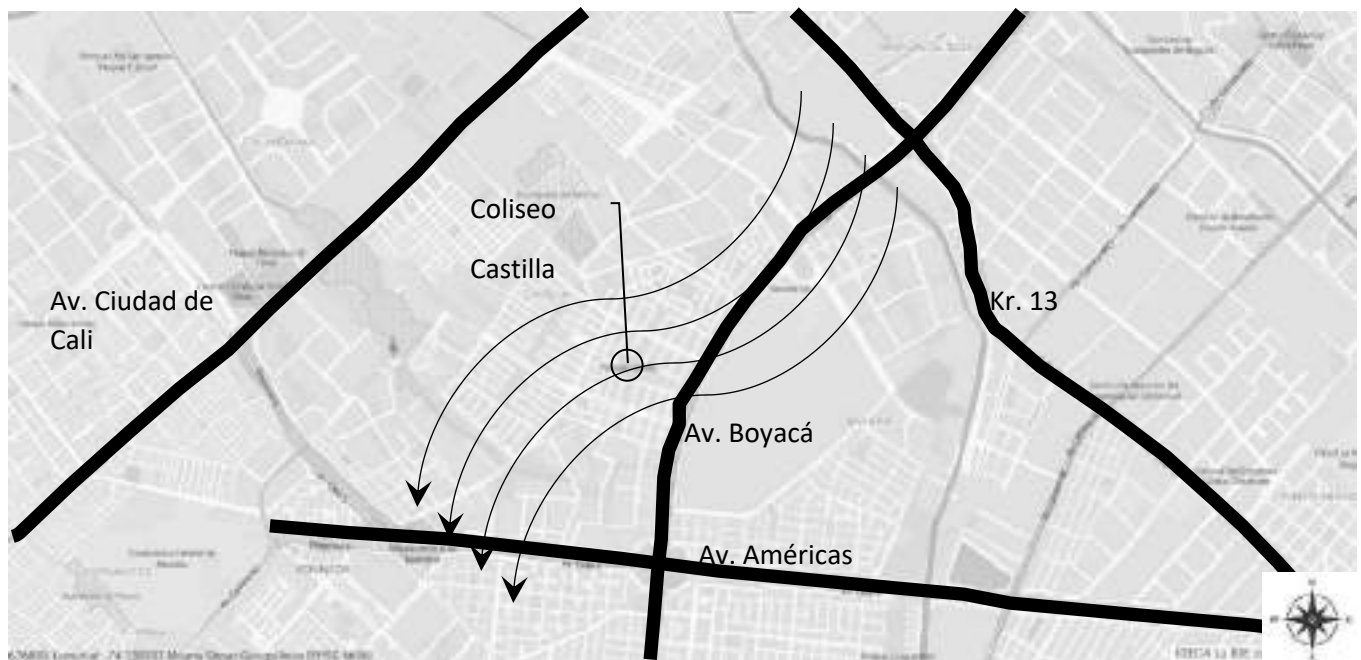
(Google, 2019)

***Grado de Contaminación.***<sup>6</sup>

La localidad de Kennedy está catalogada como una de las de mayor contaminación del aire, la cual está relacionado por el alto flujo de tráfico vehicular pesado de vías como la calle 13, la avenida las Américas, la avenida ciudad de Cali y la avenida Boyacá, ver figura n°12, que forman un triángulo de alta contaminación y que determina las condiciones críticas ambientales de este sector.

**Figura 12.**

*Fuentes Contaminantes y Dirección del Viento.*



(Google, 2019)

<sup>6</sup> Tomado de Google. La FM.

<https://www.lafm.com.co/bogota/kennedy-la-localidad-con-peor-calidad-de-aire-en-bogota>

<https://prezi.com/wfkktv-kbxa/lluvia-acida-en-bogota/>

(Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019)

Dicha contaminación está formada por partículas en el aire con un diámetro de 10 y 2,5 micrómetros, es decir, 100 veces más delgadas que un cabello humano y que provienen del polvo, gases, metales y otras sustancias que además de ser perjudiciales para la salud, propician el fenómeno denominado “lluvia acida”, cuyas características van degradando las estructuras y en especial a las fachadas que están expuestas a dicho ataque.

Las horas en que se presenta mayor contaminación están entre las cinco y las nueve de la mañana. Asimismo, los jueves tienen mayor promedio de material contaminante  $76,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (unidades en microgramos, que equivale a la milmillonésima parte de un kilogramo).

Los domingos este número se reduce de manera significativa a  $42,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , cifra que está por debajo del límite de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido por la OMS.

Esta información fue tomada de las estaciones de monitoreo de la Secretaría de Ambiente ubicadas en Kennedy y el sector conocido como Carvajal.

Datos tomados de Noticias La FM, de su nota titulada “Kennedy, la localidad con peor calidad de aire en Bogotá”, publicada en el sitio WEB el 21 de enero del 2019.

<https://www.lafm.com.co/bogota/kennedy-la-localidad-con-peor-calidad-de-aire-en-bogota>

Y de la publicación PREZI, del 26 de noviembre del 2013, titulada “Lluvia acida en Bogotá”

<https://prezi.com/wfkktv-kbxsa/lluvia-acida-en-bogota/>

### ***Agresividad Ambiental.***

Considerando los altos porcentajes de humedad de la ciudad ( $\omega_{\text{promedio}} = 77.0\%$ ), las concentraciones de óxido nítrico, dióxido de azufre y  $\text{CO}_2$ <sup>7</sup> emitido por las fábricas y vehículos, lo que ha aumentado los fenómenos de acidificación de las aguas lluvias con PH inferiores a 5.6 e incluso hasta 3.0<sup>8</sup>, un sistema de lluvias con caudales entre 84 mm y 164 mm, aunado a vientos con velocidades promedio de 10 km/h, se conjugan las condiciones dañinas, propiciando lesiones y ataques ambientales a la edificación como lo son:

Deterioro de fachadas.

Deterioro de elementos estructurales.

Incremento de la velocidad de carbonatación.

Se han observado profundidades de carbonatación mayores a 100 mm,<sup>9</sup> Aspecto que ha permitido la despasivación del acero de refuerzo y acelerado los procesos de corrosión.

### ***Iteración con la Vegetación Circundante.***

Claramente las lesiones observadas como desniveles en el costado norOccidental están relacionados con cambios volumétricos causados por el cono de succión<sup>10</sup> de un gran árbol sembrado en este sector y que fue talado aproximadamente hace dos años, según la información del administrador.

---

7 Siendo el  $\text{CO}_2$  el más influyente en la formación de la lluvia ácida.

8 El zumo de limón tiene un PH de 2.3

9 Para una estructura de 24 años esta profundidad debería rondar alrededor de los 25 mm. Ver anexo D.

10 <http://www.bdigital.unal.edu.co/24404/1/21557-73719-1-PB.pdf>

Se muestra en la figura n° 13 la ubicación del árbol que genero los daños comentados.

**Figura 13.**

*Árbol Esquina Nororiental.*



(Google, 2019)

Al respecto se puede encontrar en la bibliografía, estudios como el realizado por el Dr. Lisandro Beltrán Moreno Universidad Nacional de Colombia, facultad de ingeniería en su documento de octubre del año 1979, “Evaluación de Daños Producidos por Arboles Ornamentales en Pavimentos de la Zona Norte de Bogotá”, pagina 46, en el cual se resalta las siguientes conclusiones:

*“Esta cantidad de agua es obtenida del suelo por las raíces, aplicando succiones que normalmente llegan hasta los 1500 kN/m<sup>2</sup>.”*

*“el árbol se ve obligado a extender sus raíces y a extraer del suelo la máxima cantidad de agua posible, causando la desecación y la contracción del mismo. (\*\*) Los movimientos causados de esta forma pueden ser tan importantes que produzcan el hundimiento local y la falla del*

*pavimento o el agrietamiento de pisos y paredes de la edificación.” (Univesidad Nacional de Colombia, 1979)*

Una de las recomendaciones relacionadas con la plantación de árboles, es la de garantizar aislamientos con distancias mayores a 15 m entre el individuo arbóreo y las estructuras civiles. Esta premisa no se tuvo en cuenta en el caso del coliseo Castilla, donde se encontró en la esquina norOriental el tocón de un árbol talado a una distancia de 5 m y cuyo diámetro da cuenta de su gran porte en vida.

### **Control de las Causas Globales.**

#### ***Sobre el entorno.***

Es importante plantear sistemas arquitectónicos de cortavientos los cuales pueden ser realizados con barreras vivas, taludes o mediante muros que desvíen la fuerza de los vientos contra la edificación, de forma tal que se controle el vehículo utilizado por los agresores.

Este tipo de estrategias deberá ser analizado por un arquitecto con especialidad en diseño urbano, para que se valore dicho tipo de elementos y la viabilidad funcional de su implementación.

Se debe igualmente planear un manejo silvicultural <sup>11</sup>, que evalúe el traslado o tala de los árboles que estén a distancias menores a 15m del coliseo, aspecto que debe ser coordinado y gestionado con la Secretaría Distrital de Ambiente.

Igualmente se considera necesario realizar una entresaca <sup>12</sup> de la arbolada localizada en el costado surOccidental, que permita una mejor aireación de esta fachada.

---

<sup>11</sup> Disciplina que trata sobre la gestión de los bosques y árboles.

<sup>12</sup> Extraer parte los árboles de la arbolada.

***Andenes Perimetrales.***

La edificación deber ser enmarcada en todo su perímetro con andenes en concreto o adoquín cuya pendiente dirija las aguas lluvias hacia cañuelas que las conduzca a la red pluvial o al sistema urbano de drenaje sostenible SUDS.

Las características de este pavimento seguirán las recomendaciones dadas por el Instituto Distrital de Recreación y Deporte IDR D para suelos medios, que se transcriben a continuación: <sup>13</sup>

**Tabla 1**

*Pisos Adoquinados, Losetas: (Tráfico Peatonal)*

Capa	espesor
Adoquín	0.06 m
arena	0.03 m
Base granular tipo IDR D	0.15 m
Sub base granular tipo IDR D	0.15 m
geotextil	T-1700 de pavco o similar
Espesor de la caja	0.39 m

(IDRD, 2017)

**Tabla 2**

*Pisos Adoquinados, Losetas: (Tráfico Vehicular Liviano)*

Capa	espesor
Adoquín	0.08 m
arena	0.02 m
Base granular tipo IDR D	0.15 m
Sub base granular tipo IDR D	0.15 m
geotextil	T-1700 de pavco o similar
Espesor de la caja	0.40 m

(IDRD, 2017)

**Tabla 3**

<sup>13</sup> <https://www.idrd.gov.co/lineamientos-especificaciones-tecnicas-IDRD>

*Para Pisos Concreto: (Tráfico Vehicular Liviano)*

Capa	espesor
Concreto 21 kN/m <sup>2</sup>	0.10 m
Capa emulsión asfáltica rompimiento rápido 1.2 lt/m <sup>2</sup>	-
Base granular tipo IDR	0.15 m
Sub base granular tipo IDR	0.15 m
geotextil	T-1700 de pavco o similar
Espesor de la caja	0.40 m

(IDRD, 2017)

### ***Tratamiento con Cal***

Una vez realizada la excavación la subrasante deberá ser tratada con inyecciones de agua cal según especificaciones del IDR, en toda la superficie y sus sobreanchos. (IDRD, 2017)

### ***Confinamiento***

Todos los pisos deberán estar debidamente confinados con bordillos prefabricados A-80

### ***Sobre Anchos***

Se deberá garantizar un sobre ancho después de los bordillos de confinamientos de 1.0m

### ***Rellenos con Rajón***

En aquellos sectores donde se encuentren fallos se deberá realizar el reemplazo con rajón y suavizado en un espesor mínimo de 0.30m.

### ***Especificación de Materiales***

Los recibos deberán seguir con las especificaciones mínimas Base granular tipo IDR, Subbase granular tipo IDR, afirmado tipo IDR y rajón, según el documento “Lineamientos y especificaciones técnicas IDR”, año 2019. Capítulo n° 4 “Estructura de Pisos”.

***Zócalos del Primer Piso.***

Se deberá prever en todo el perímetro exterior de la edificación la construcción de zócalos, el cual puede ejecutarse con el enchape de un material cerámico o en su defecto, para no cambiar las condiciones arquitectónicas, pelar los primeros 0.50 m del pañete de muros de fachada y reemplazarlo con pañetes impermeables tipo SikaTop-Seal 107<sup>14</sup>, después de los cual se realizará la pintura de fachada.

---

<sup>14</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=FQhF5xCE-ss>. Ver ficha técnica en el anexo I

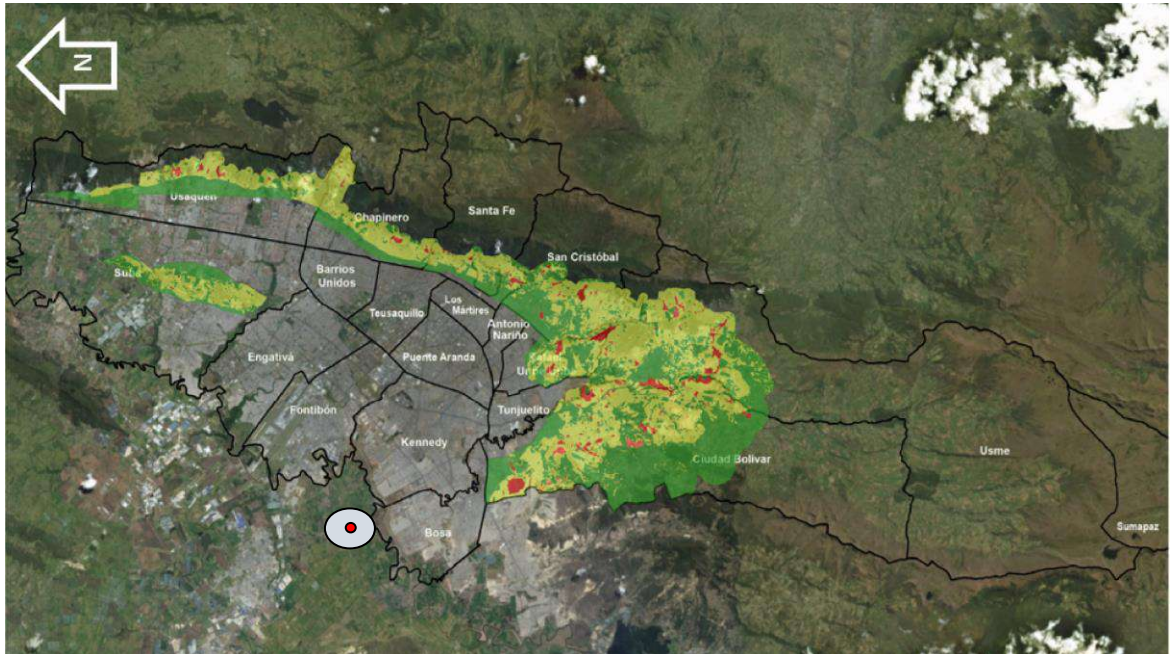
**Fase Toma de Datos.**

***Reconocimiento y Condiciones de Riesgo.***

Según los mapas de riesgos del Idiger, figura n° 14, no se presentan riesgos relacionados con la remoción en masa.

**Figura 14.**

***Riesgos de Remoción en Masa***

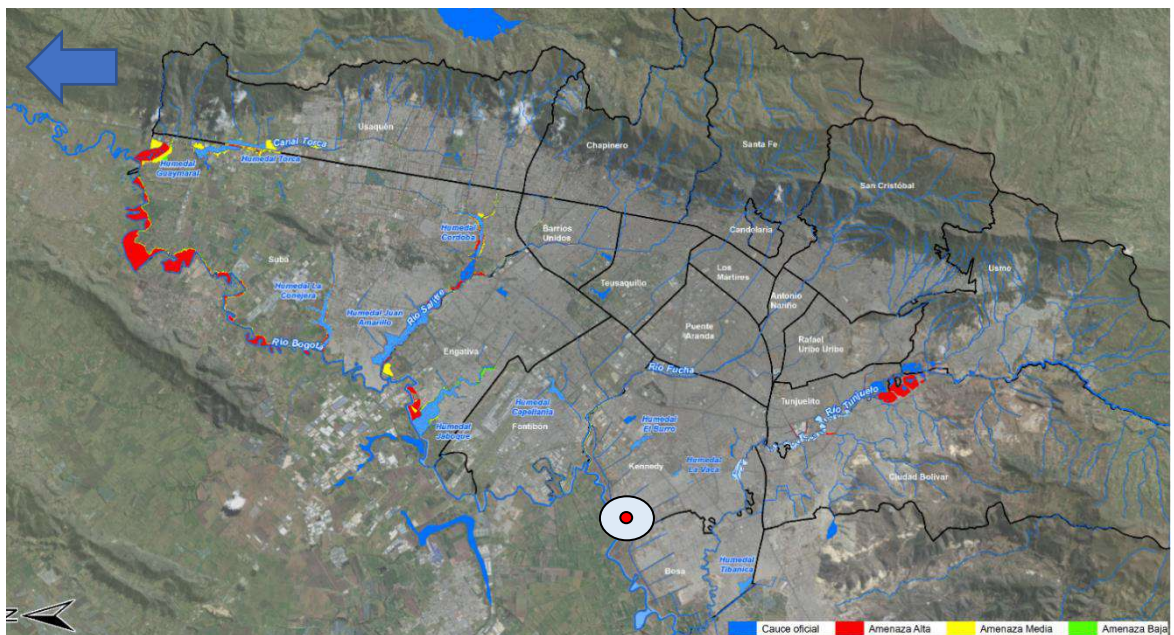


(IDIGER, 2020)

Según los mapas de riesgos del Idiger, figura n°15, no se presentan riesgos relacionados con eventos de inundación.

**Figura 15.**

*Riesgo Por Inundación.*



(IDIGER, 2020)

Con el fin de evaluar las condiciones de seguridad de la edificación, se adoptó la metodología del Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático IDIGER. Si bien es una metodología diseñada para la verificación de las edificaciones después del sismo, se considera adecuada para un auscultamiento previo de la edificación, permitiendo tener un orden de magnitud del riesgo funcional y habitacional del paciente.

Se presenta a continuación los formatos de dicha evaluación, figura n° 16, los cuales igualmente se pueden consultar en el anexo F.

Con base en esta información se concluye que la edificación:

No presenta riesgo de colapso.

Se debe restringir el paso peatonal en el sector norOccidental.

Se debe programar vistas de especialistas en geotecnia y diseño estructural.

**Figura 16.**

*Inspección Preliminar de la Edificación. Valoración de la Seguridad.*

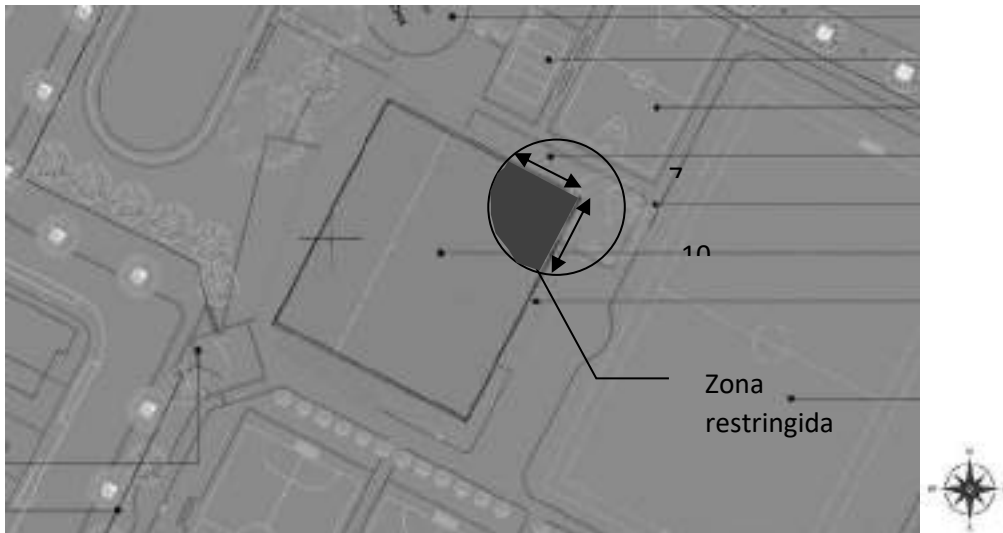




En la figura n° 17, se señala la zona con mayor riesgo de inestabilidad.

**Figura 17.**

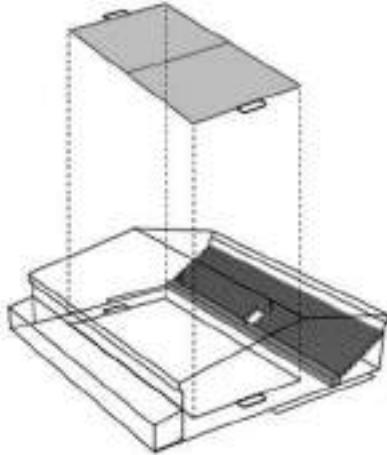
*Sectorización de la Restricción 10m.\*7m.*



(Elaboración propia)

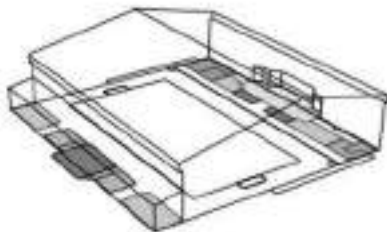
***Levantamiento Básico de la Estructura y Registro Fotográfico.***

Se presenta a continuación una descripción de los diferentes ambientes de la edificación.



Piso en concreto, enchapado granito pulido. Utilizado para cancha deportiva.

Graderías con un aforo de 380 personas, construido en concreto y adosadas al sistema de resistencia principal, lo que genera excentricidades y respuesta torsionales frente al comportamiento sísmico.



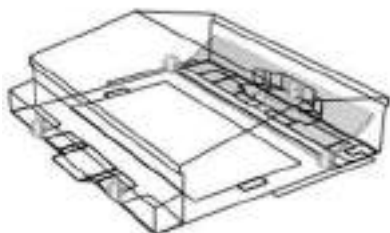
Área de servicios a lado y lado, que incluyen las zonas administrativas, bodegas y baño públicos, poco ventiladas y de difícil movilidad.

Se siente un ambiente húmedo y pesado.

En el exterior se han puesto materas sin ningún tipo de cuidado de aislamiento contra la edificación.



Zonas de circulación peatonal, perimetral que no considera las restricciones de seguridad humana determinado por la norma sismorresistente.



Puntos de evacuación y acceso, que no considera las restricciones de seguridad humana determinado por la norma sismorresistente. Que frecuentemente están cerradas.

Poca circulación de aire y baja iluminación del recinto, las ventanas son pocas.

(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Registro fotográfico de la edificación.

**Figura 18.**

*Panorámicas de la Edificación.*



Un registro fotográfico detallado se presenta en el anexo A.

(Elaboración propia)

***Registro de Redes e Instalaciones y Valoración de su Funcionalidad.***

En el marco de la consultoría contratada por el IDRD <sup>15</sup> con la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo, se realizó la valoración de redes e instalaciones. Aunque no se pudo tener acceso a esta información, se pudo conocer que los ingenieros consultores comprobaron un adecuado funcionamiento de estas. (Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017).

---

<sup>15</sup> Instituto Distrital de Recreación y Deporte.

***Estado de la Cubierta.***

La cubierta del coliseo está construida en teja metálica liviana tipo Cindu, que se encuentra en mal estado, con perforaciones, malos alineamientos, y en muchos lugares suelta, lo que obliga a su cambio inmediato.

***Identificación Visual de Lesiones.***

Se adjuntan en el anexo E, las fichas de calificación donde se tipifica las lesiones. Igualmente se determinó las características relacionadas con las Lesiones primarias y Lesiones secundarias.

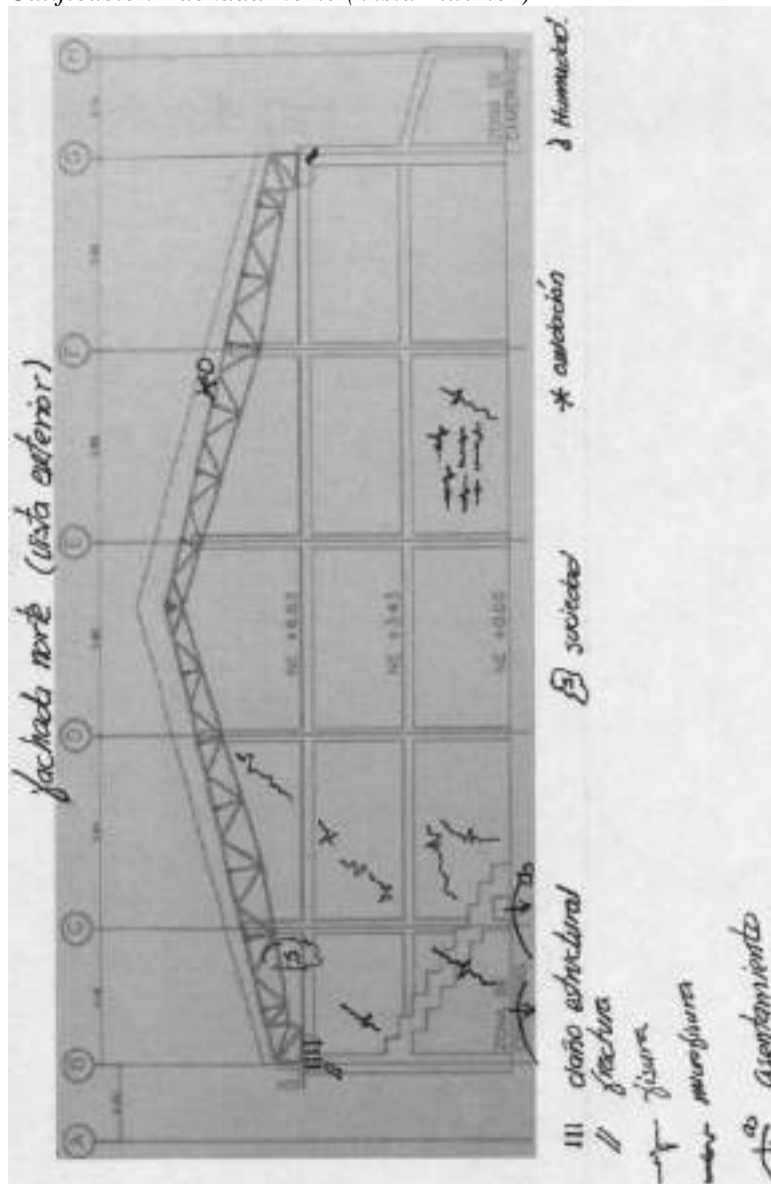
***Calificación de Lesiones.***

Se partió del levantamiento arquitectónico elaborados por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo, que sirvió como insumo para localizar las lesiones encontradas y establecer la calificación y tipificación de lesiones.

Esta identificación se presenta en las figura n° 19 a la figura n° 23.

**Figura 19.**

*Calificación Fachada Norte (Vista Exterior)*



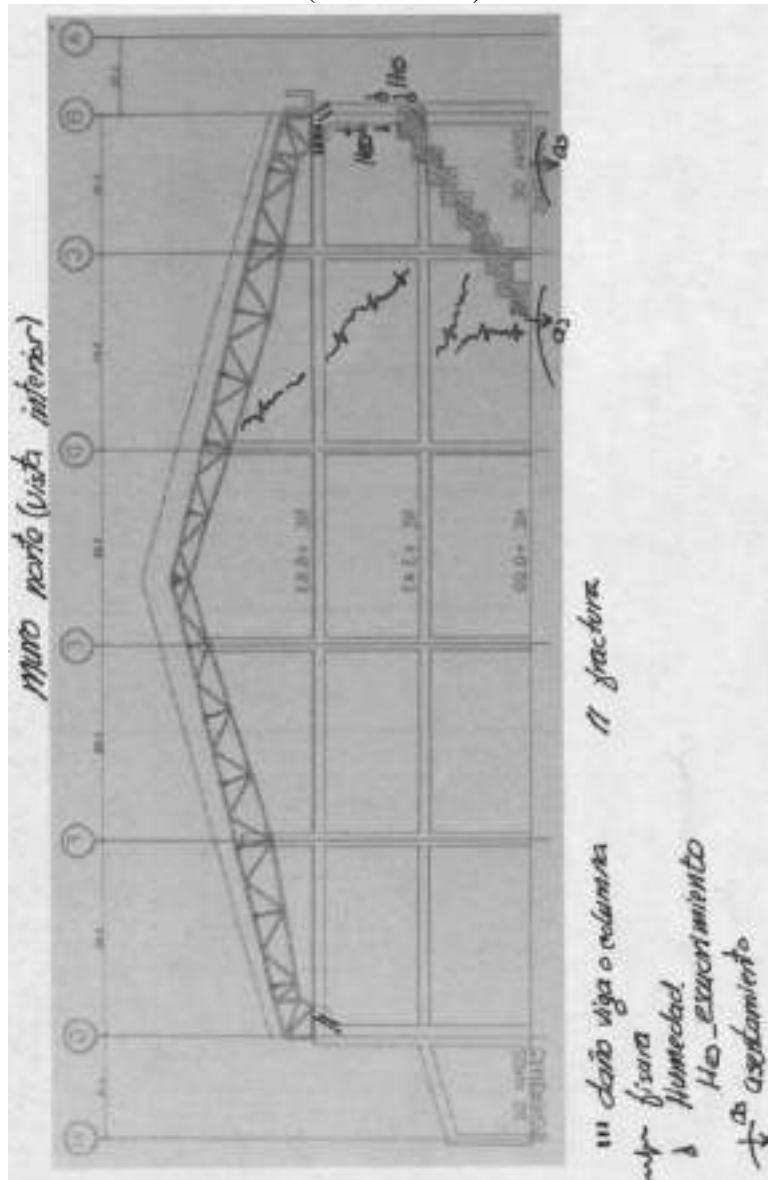
Calificación

Asentamiento esquina norOccidental	lesión	25%
Fisuras y rotura de mampostería	lesión	50 %
Suciedad y oxidación	lesión	1%

(Elaboración propia)

**Figura 20.**

Calificación Muro Norte (Vista Interior)

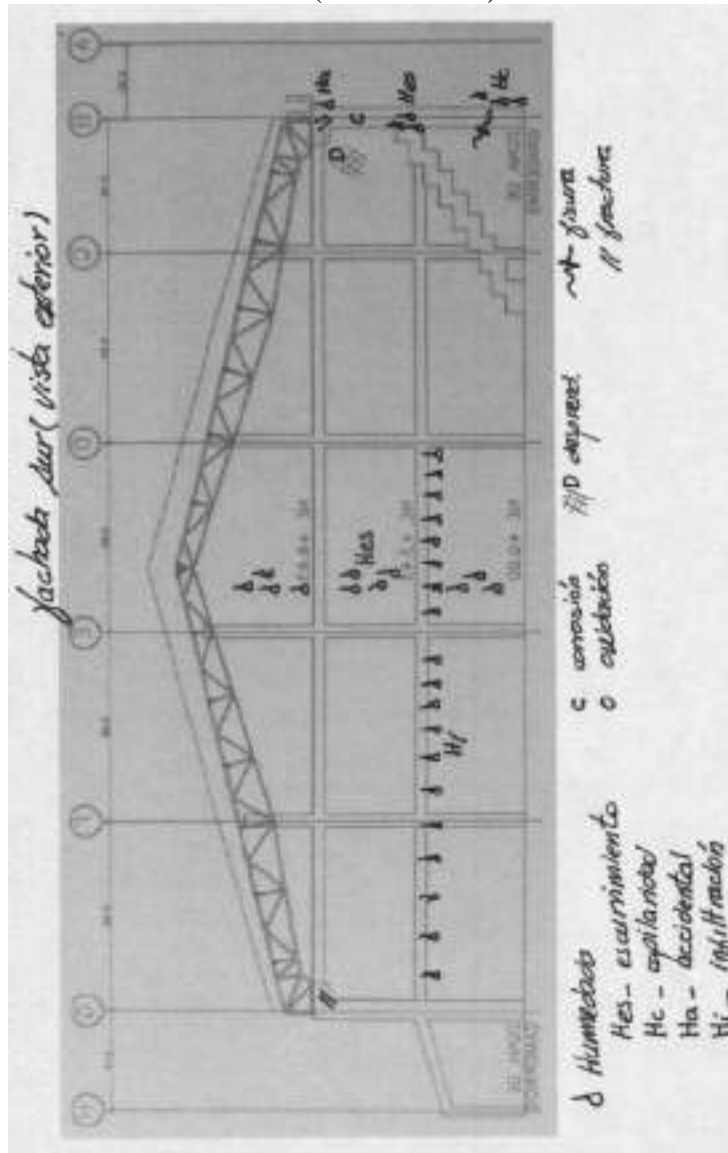


Calificación

Asentamiento esquina norOccidental	lesión	25%
Fisuras y rotura de mampostería	lesión	50 %
Húmedas por escurrimiento (Elaboración propia)	lesión	5%

**Figura 21.**

Calificación Fachada Sur (Vista Exterior)



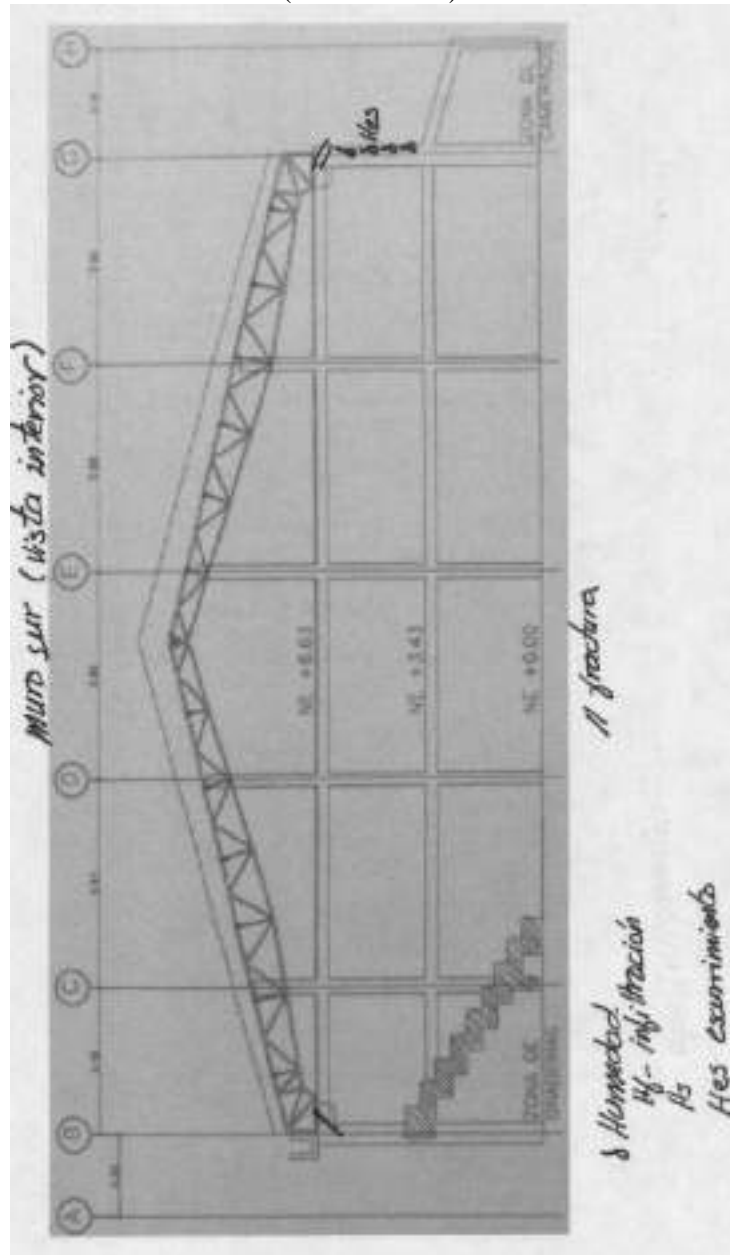
Calificación

Humedad por capilaridad en perímetro	lesión	100%
Humedad por escurrimiento	lesión	10%
Corrosión y oxidación	lesión	10%
Desprendimientos de acabados	lesión	2%

(Elaboración propia)

**Figura 22.**

Calificación Muro Sur (Vista Interior)

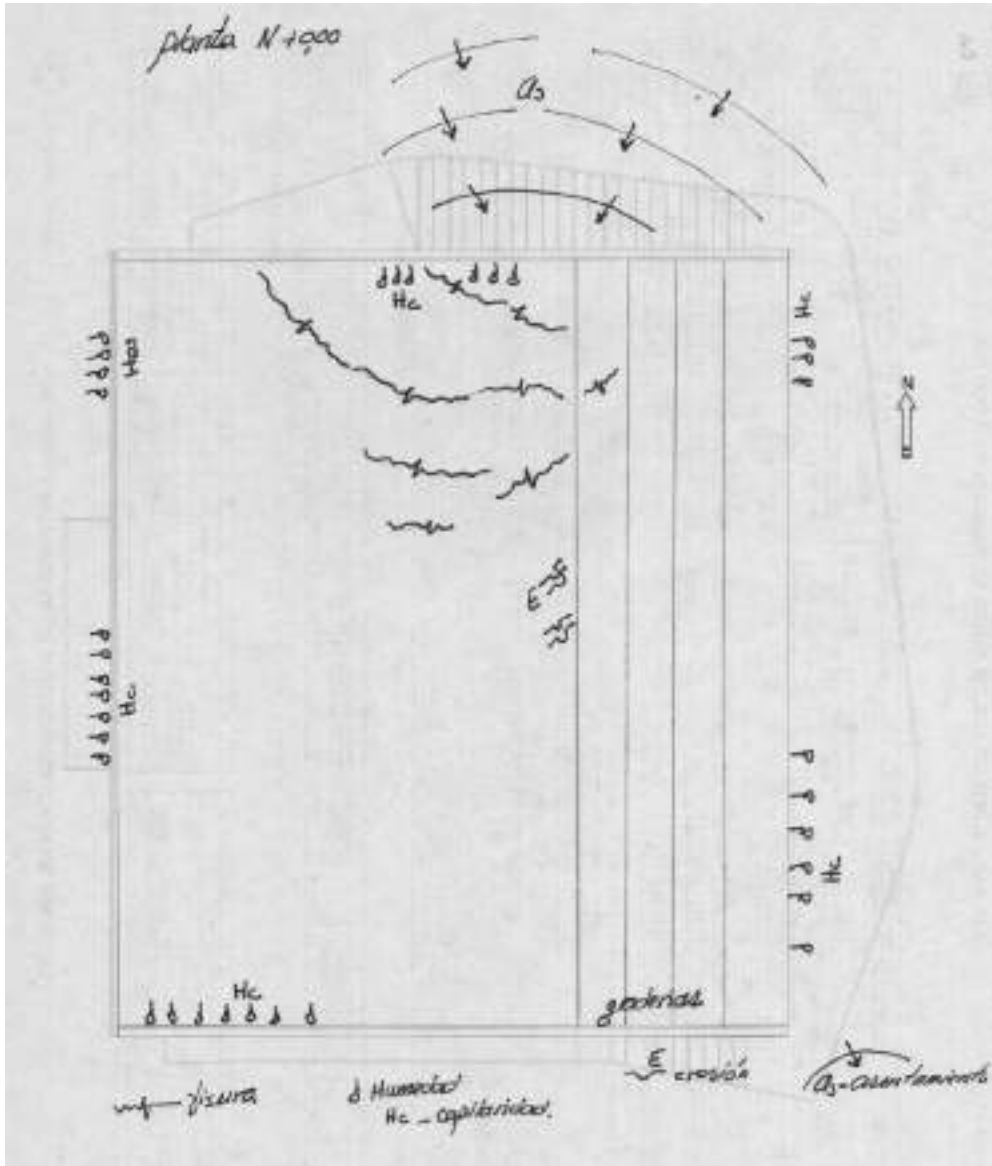


Calificación

Humedad por capilaridad en perímetro  
(Elaboración propia)                      lesión      5%

**Figura 23.**

*Calificación Piso (N +0.00)*



Calificación

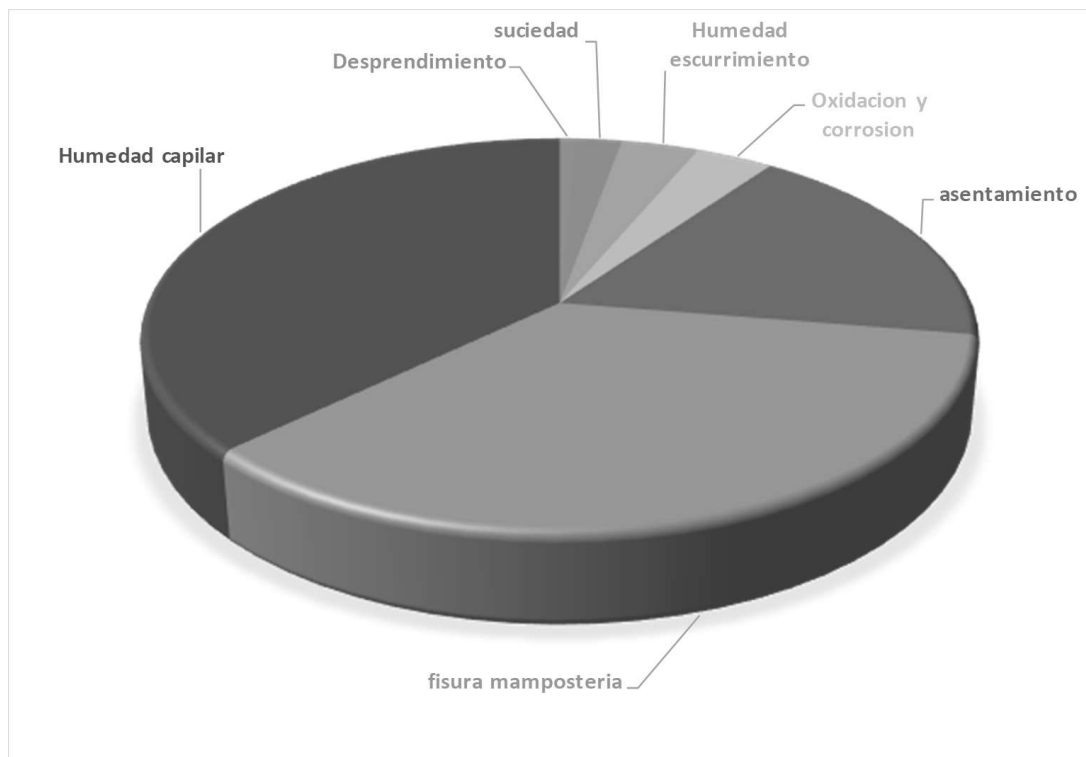
Asentamiento esquina norOccidental	lesión	25% del piso
Humedad por capilaridad en perímetro	lesión	100%
Erosión (zonas de acceso)	lesión	1%
(Elaboración propia)		

*Análisis Estadísticos.*

Se presenta a continuación el grafico n° 24, la distribución de las diferentes lesiones de mayor influencia.

**Figura 24.**

*Estadística de Lesiones*



Desprendimiento	0.50%
suciedad	1.50%
Humedad escurrimiento	2.50%
Oxidacion y corrosion	2.50%
daños asentamiento	12.50%
fisura mamposteria	25.00%
Humedad capilar	26.25%

(Elaboración propia)

Con base en lo anterior podemos concluir:

Los daños más representativos están relacionados con acciones Mecánicas (fisuras y daños por asentamientos).

Le siguen las acciones físicas (humedad).

Entre estas dos categorías se encuentran aproximadamente el 66% de las lesiones.

El detonante de las lesiones mecánicas está relacionado en su mayor parte por el asentamiento de la esquina norOccidental. Generado por el cono de succión de un árbol de gran porte.

Las humedades están relacionadas con un microclima adverso y detalles arquitectónicos inapropiados.

La oxidación y corrosión se concentra en la viga canal de concreto. Elemento estructural que evidencia procesos de construcción erróneos y material muy poroso.

## Diagnosis.<sup>16</sup>

### Fase de Muestreo.

Para determinar las características de los materiales, se realizaron las siguientes exploraciones en campo por parte del autor (ver anexo D):

Ensayos de pulso de ultrasonido (No destructivo). (4 und)

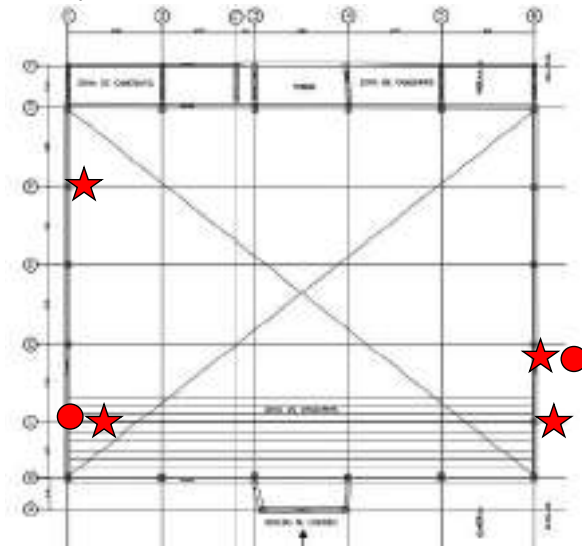
Extracción de núcleos y ensayo de compresión (Destructivo). (2 und)

Ensayos de fisurómetro (No destructivo).

En la figura n° 25, se presenta la localización de los ensayos realizado por el autor.

### Figura 25.

#### Localización de Sondeos



- 2 extracción de núcleos
- ☆ 10 ensay de ultrasonido

(Elaboración propia)

<sup>16</sup> Análisis del origen y su efecto.

Igualmente se obtuvo la información de las exploraciones realizadas por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo, indicados en la figura n° 26, relacionadas con:

Extracción de núcleos y ensayo de compresión (Destructivo).

Profundidad de carbonatación. (Destructivo).

Esclerómetro. (No destructivo).

**Figura 26.**

*Muestras Realizadas por la Firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo.*

UBICACIÓN	Sección (cm)	TIPO DE ENSAYO	NUMERACIÓN ENSAYOS <sup>2</sup>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	ACERO DE REFUERZO IDENTIFICADO		
					Diámetro	Recubrimiento (mm)	Separación (mm)
COLUMBIA: HE+0.00 - EJE F-1 <sup>4</sup>	40x40	Ferroscan y extracción de núcleo	F1 - H1 R1 - C1	33.6	Estribas (E): #1 Refuerzo principal (RP): #5	55 60	100 250
COLUMBIA: HE+0.00 - EJE G-6	40x60	Ferroscan y extracción de núcleo	F2 - H2	13.6	E: #3 RP: #5	30 38	150 200
COLUMBIA: HE+3.43 - EJE B-2	40x60	Ferroscan y extracción de núcleo	F3 - H3	7.90	E: #3 RP: #5	14 22	150 150
COLUMBIA: HE+3.43 - EJE B-6	40x60	Ferroscan y extracción de núcleo	F4 - H4	22.5	E: #3 RP: #5	36 35	150 200
VIGA GRADERÍA EJE 3-(B-C)	30x35	Ferroscan y extracción de núcleo	F5 - H5	14.8	E: #2 RP: #4	46 50	100 150
VIGA GRADERÍA EJE 5-(B-C)	30x35	Ferroscan y extracción de núcleo	F6 - H6	26.1	E: #2 RP: #4	16 19	150 50
VIGA HE+3.43 - EJE 6-(C-D) <sup>5</sup>	30x35	Ferroscan y extracción de núcleo	F8 - H8 R2 - C2	10.5	E: #2 RP: #4	47 60	100 250
VIGA: HE+3.43 - EJE 1-(C-D)	30x35	Ferroscan y extracción de núcleo	F7 - H7	19.0	E: #3 RP: #4	46 52	100 250
COLUMBIA: HE+0.00 - EJE G-3	40x60	Extracción de núcleo	H9	13.7			
COLUMBIA: HE+0.00 - EJE H-2 <sup>1</sup>	30x30	Ferroscan y extracción de núcleo	F10 - H10	16.7	E: #3 RP: #5	31 47	150 200
PLACA GRADERÍAS - EJE B(1)-4)		Ferroscan y esclerómetro	F11 - E11	25.38	E: #2 RP: #4	29 36	150 300
MEZCLA: HE+6.63 - EJE B-1		Ferroscan y esclerómetro	F12 - E12	24.82	E: #3 RP: #5	36 39	100 70
COLUMBIA: HE+0.00 - EJE E-6	40x60	Ferroscan y esclerómetro	F13 - E13	32.83	E: #3 RP: #5	29 40	100 250
COLUMBIA: HE+0.00 - EJE B-4	40x60	Ferroscan y esclerómetro	F14 - E14	28.76	E: #3 RP: #5	48 59	80 150
COLUMBIA: HE+0.00 - EJE G-3	40x60	Ferroscan y esclerómetro	F15 - E15	26.06	E: #3 RP: #5	27 38	150 100
PLACA: HE+3.43 - EJE 1-(C-D)		Esclerómetro	E16	23.90			

(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Con base en estas exploraciones se pudo establecer:

Concreto de Columnas:

Velocidad de onda “V” de: 3626.94 m/s; 3496.16 m/s; 3376.88 m/s; 3178.53 m/s; 3124.85 m/s;  
3262.52 m/s; 3416.76 m/s; 3208.87 m/s; 3039.30 m/s; 3135.09 m/s.

Promedio 3250 m/s, con un valor mínimo de 3039.30 m/s.

Según estos datos y de acuerdo con la bibliografía se pudo establecer en primera instancia que la calidad del concreto es “Aceptable a deficiente”.

**Tabla 4.**

*Calidad del Concreto, Criterio 01.*

Velocidad propagación (m/seg)	Calidad del hormigón
> 4.500	Excelente
3.500 a 4.500	Bueno
3.000 a 3.500	Aceptable
2.000 a 3.000	Deficiente
< 2.000	Muy deficiente

(Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019)

Un Segundo criterio, mostrado a continuación se determina que la calidad del concreto es “cuestionable”.

**Tabla 5.**

*Calidad del Concreto, Criterio 02.*

Velocidad ultrasónica, $v$ (m/s)	Clasificación del concreto
$V > 4.575$	Excelente
$4.575 > V > 3.660$	Bueno
$3.660 > V > 3.050$	Cuestionable
$3.050 > V > 2.135$	Pobre
$V < 2.135$	Muy pobre

(Universidad Autónoma de Yucatán, 2019)

Con base en las correlaciones para obtener la resistencia a compresión del concreto

**Tabla 6.**

*Calidad del Concreto, Criterio 03.*

Propuesta de clasificación calidad del hormigón tabla de correlación de resultados (con velocidad y resistencia)					
Velocidad ultrasónica (m/seg)	Calidad del hormigón (**)	Resistencias medias (N/mm <sup>2</sup> ) (Valor esperado)			
		A	B	C	D
> 4.500	Excelente	> 40	> 32	> 33	> 47
4.000 – 4.500	Muy bueno	28 - 40	23 - 32	29 - 33	26 - 47
3.500 – 4.000	Bueno	18 - 28	17 - 23	24 - 29	13 - 26
3.000 – 3.500	Aceptable	11 - 18	14 - 17	19 - 24	6 - 13
2.500 – 3.000	Dudoso	6 - 11	13 - 14	12 - 19	5 - 6
2.000 – 2.500	Deficiente	5 - 6(*)	15 - 13(*)	4 - 12	11 - 5(*)
< 2.000	Muy deficiente	< 5(*)	< 15(*)	< 4	< 11(*)

(Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019)

La clasificación de los edificios indicados en la tabla anterior corresponde a:

A: Edificios localizados en ambientes agresivos.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Costa del mar u otros ambientes similares.

- B: Edificios localizados en ambientes poco agresivos.
- C: Edificios nuevos.
- D: Edificios antiguos.

Así las cosas, se debería esperar una resistencia  $f^c$  de:

Al catalogar la construcción del polideportivo como antigua (categoría D) entre 6 kN/m<sup>2</sup> a 13 kN/m<sup>2</sup>.

Al catalogar el polideportivo en un ambiente poco agresivo (categoría B) entre 14 kN/m<sup>2</sup> a 17 kN/m<sup>2</sup>

Los resultados de los núcleos tomado por el Ing. Diego Narvárez S han reportado resistencias  $f^c$  de 26.3 kN/m<sup>2</sup> a 27.8 kN/m<sup>2</sup>.

De los ensayos de los núcleos reportados por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo, se obtuvieron resistencias  $f^c$  de 17.8 kN/m<sup>2</sup>

De los ensayos de los esclerómetros reportados por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo se han obtenido resistencias  $f^c$  de 26.96 kN/m<sup>2</sup>

Con base en lo anterior se tiene como media 17.35 kN/m<sup>2</sup>. (2478 psi), la cual se considera como baja resistencia, además de un concreto con alta porosidad y poca durabilidad, lo que se ha podido corroborar en la inspección visual y los ensayos de PH del concreto<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Ensayo de fenolftaleína.

**Análisis Geotécnico.** <sup>19</sup>

Este estudio fue desarrollado por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo, en el mismo se definió la siguiente estratigrafía mostrada en la tabla n° 8. Se puede observar que la estructura está cimentada sobre un suelo arcilloso de color gris con una capacidad de carga medida con el ensayo SPT con  $N_{cor}=17$  golpes ( $8.97\text{ton/m}^2$ ), y con altas características de deformabilidad. El nivel freático se detectó a 1.10m de profundidad. Se presenta a continuación la estratigrafía promedio.

**Tabla 7**

*Estratigrafía del Suelo.*

Nivel	Profundidad (m)	Descripción	Características
A	0.0 – 0.20/0.25	Cv – Capa Vegetal	Compuesta por limo orgánico negro de humedad media y consistencia blanda
B	0.20.25–0.85/1.30	Grs – Depósito de relleno antrópico	Relleno Antrópico compuesto fragmentos de escombros, areniscos tamaño grueso, en matriz de limo café oscuro, a nivel de la disposición de los acabados de contrapiso se tiene la presencia de un espesor de 0.20 a 0.30m de relleno compuesto por fragmentos de areniscos tamaño grueso en matriz arenosa arcillosa arenita de humedad alta y consistencia moderada. En las zonas inferiores del edificio se detecta una capa de limo orgánico negro hasta 0.03m.
C	0.85/1.1 – 3.04.1	Qta – Depósito de terrazo tipo nivel 1	Capa sobre consistencia o capa clara ligeramente densada, compuesta por arcilla marrón grisáceo a gris claro con oxidaciones presencia de algunas lentes y traza esporádicas de arena fina de humedad media a mediana y consistencia media a firme de plasticidad. %Ww: 23.0 – 34.7, %LL:45-63; %LP:18-23; %IP:26 – 43, %Ic:13 -18, USC:CLCH; %Gravas: 0, %Arenas: 2.7, % Fines: 97.3, $Ngp^{(a)}$ (golpes/pie): 16 – 19, $\gamma$ ( $kN/m^3$ ): 18.12 – 19.22; Cu: 33.63 – 49.03, Gs:2.71 – 2.74, $e_c$ :1.082, Cc:0.46, Cr:0.10, $\sigma_p$ :280.3kPa, $V_u$ (m/h): 1605, $V_u$ (min): 998
D	3.04.0 – 8.5/9.0	Qta – Depósito de terrazo tipo nivel 2	Compuesta por arcilla limosa grisácea con presencia de oxidaciones de humedad alta al tope y muy alta a la base <sup>2</sup> de plasticidad alta, de consistencia media a blanda. %Ww: 47.3 – 58.1, %LL:54 – 61; %LP:20 – 23; %IP: 31 – 41; USC:CH; %Gravas: 0, %Arenas:0.1 – 1.9, % Fines:98.1 – 97.3, $Ngp$ (golpes/pie): 2 – 5, $\gamma$ ( $kN/m^3$ ): 16.23 – 17.6, Gs: 17.95 – 22.06, Gs:2.690 – 2.703, $e_c$ :1.129-1.656; Cc:0.45 – 1.04; Cr:0.09 – 0.26, $\sigma_p$ (kPa): 194.1 – 252 %Ww: 75.1 – 82.3, $Ngp$ (golpes/pie): 5 – 8, $\gamma$ ( $kN/m^3$ ): 14.84 – 14.98; Cu(kPa):44.12, $e_c$ :2.274; Gs:1.90; Cr:0.35; $\sigma_p$ :275.9kPa.
E	8.5/9.0 – 12.0/12.5	Qta – Depósito de	Compuesta por Secuencias de arcillas limosas con intercalaciones de arenas limosas de grano fino arenas arcillosas y/o limosas de texturas limo cian, moderadamente densas para el caso de las arenas.

(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

<sup>19</sup> Ver anexo C.

Se muestra en la figura n° 27, la localización de los sondeos realizados por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo.

**Figura 27.**

*Localización de Sondeos.*

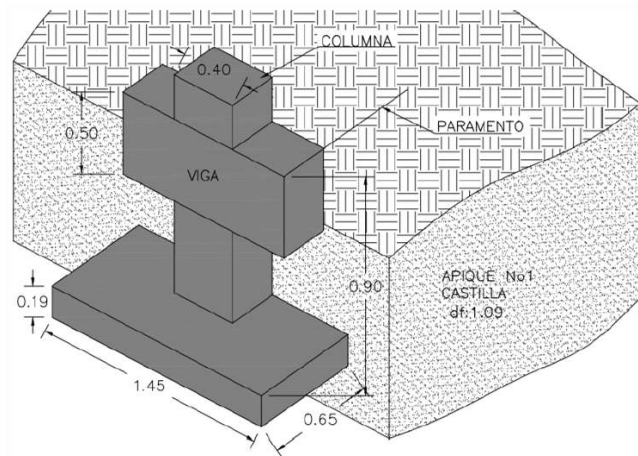


(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Se encontró que la edificación se encuentra cimentada sobre zapatas de concreto reforzado con dimensiones entre 1.15m \* 1.00m hasta 1.45m \* 1.30m, a una profundidad promedio de 0.90m. No se observa acartelamientos, ni pedestales, como se muestra en la figura n° 28.

**Figura 28.**

*Esquema De La Cimentación.*



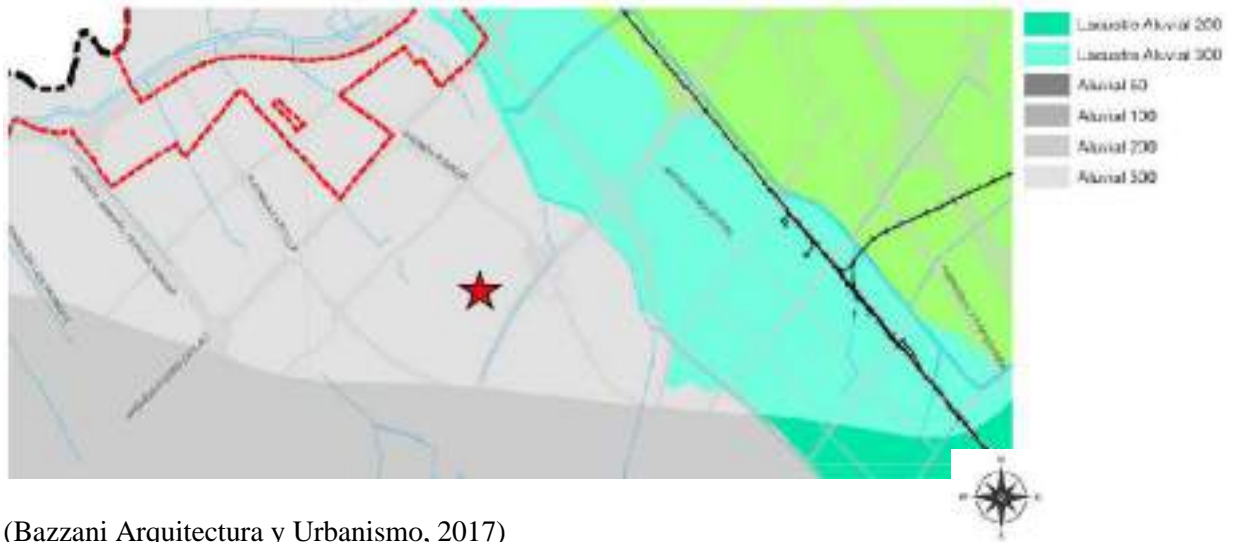
(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Los análisis geotécnicos dan como resultado y ratifican que la cimentación es del tipo superficial, construida mediante zapatas conectadas. Aun así, las dimensiones de las estructuras existentes no son adecuadas y se esperarían deformaciones por consolidación.

Sísmicamente la edificación se encuentra localizada, en el sector de la microzonificación de Bogotá D.C. “Aluvial 300”, como se indica en la figura n° 29

**Figura 29.**

*Localización Según Microzonificación Sísmica De Bogotá 2010.*

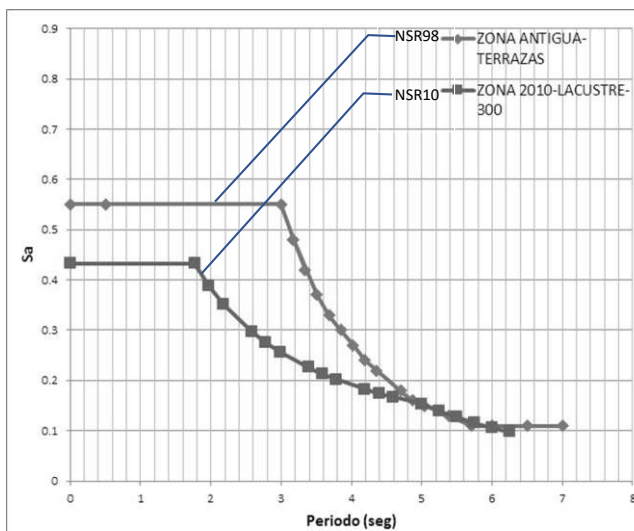


(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Es importante comparar en este momento, figura n° 30, las solicitaciones sísmicas de diseño y construcción del coliseo NSR98, versus las solicitaciones actuales de la norma sismorresistente NSR10.

**Figura 30.**

*Comparación de las Solicitaciones Sísmicas NSR98 Y NSR10.*



(Elaboración propia).

Según la microzonificación sísmica de la ciudad del año 1997<sup>20</sup>, la edificación se encontraba catalogada en la zona de Terrazas, de esta forma y como se puede concluir de la figura n° 29 las aceleraciones sísmicas han disminuido en un 61.9% en comparación con la microzonificación sísmica del año 2010.

### **Estado General de Conservación.**

No obstante, que las condiciones sísmicas son favorables como se describió anteriormente, realmente son los problemas constructivos, la falta de mantenimiento, el detallado estructural incorrecto, la agresión ambiental, la baja capacidad de soporte y deformabilidad del suelo, entre otros, los que no han permitido una adecuada conservación de la edificación, observándose un envejecimiento prematuro de esta<sup>21</sup>.

El estado de la estructura y acabados, atendiendo los siguientes criterios, se considera como “Regular”:

Calidad del diseño arquitectónico. <sup>22</sup>	Regular.	Detalles inapropiados.
Calidad del diseño estructural.	Regular.	Detalles inapropiados.
Calidad de construcción.	Regular.	Hormigueros, concreto poroso y desalineado estruct.
Comportamiento estructural.	Regular.	Fracturas y fisuras.

<sup>20</sup> El coliseo se diseñó y construyó en el marco de la norma NSR98.

<sup>21</sup> Progeria estructural.

<sup>22</sup> Según criterio NSR10 A-10.2.2.1

Mantenimiento. Regular. No hay un adecuado manejo preventivo y correctivo.

**Fase de Evaluación.**

***Modelación Estructural.***

El estudio elaborado por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo, determinó modelaciones estructurales con elementos finitos y el uso del programa especializado de análisis SAP 2000, tanto para los pórticos de concreto como para las cerchas metálicas.

En dichos análisis se realizaron las siguientes consideraciones:

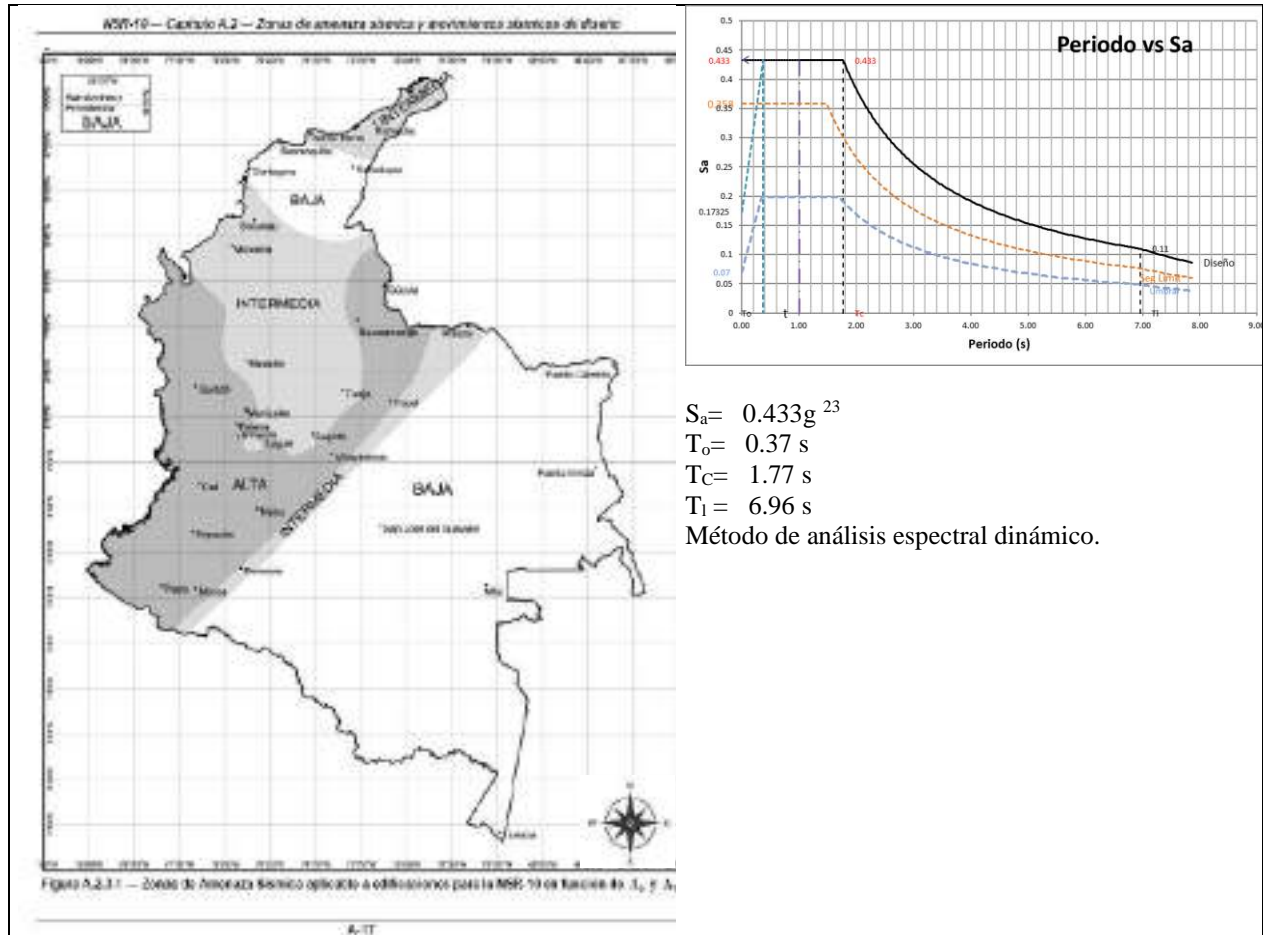
***Parámetros Sísmicos***

En la tabla n° 8, se realiza una breve descripción de los parámetros sísmicos a los que será sometido la estructura del coliseo Castilla

**Tabla 8.**

***Parámetros NSR10***

Condición del riesgo sísmico	Descripción
POLIDEPORTIVO CASTILLA	Zona de riesgo sísmico: NSR10 Intermedio Detallado estructural mínimo: DMO (disipación moderada de energía) $R_0 = 5.0$ Sistema estructural de resistencia sísmica: Pórticos de concreto resistente a momento Uso permitido: Si cumple Altura máxima: Sin restricción cumple Grupo de uso II Coeficiente de importancia 1.1 Microzonificación sísmica: "Aluvial 300". $A_a = 0.15 \text{ g}$ $A_v = 0.20 \text{ g}$ $F_a = 1.05$ $F_v = 2.90$ Espectro de aceleración:



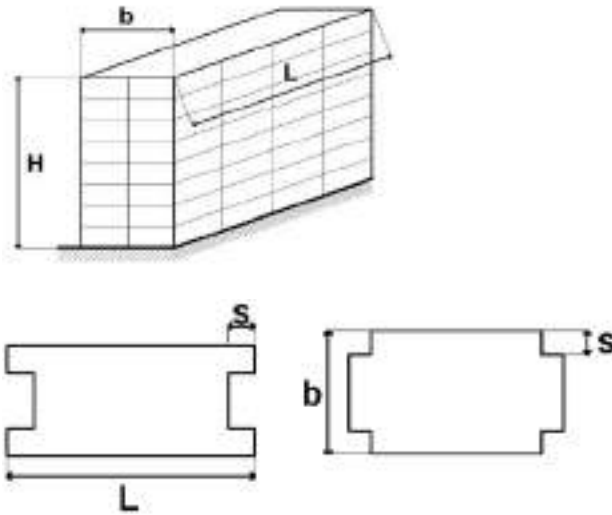
(Elaboración propia)

Se presenta en la figura n° 31 las condiciones de irregularidad geométrica altura y entrantes y salientes del coliseo Castilla.

**Figura 31.**

*Geometría de Irregularidades*

23 El sismo definido en la microzonificación del año 2010 se redujo en un 61.9% comparado con la norma del 1998.



(Elaboración propia)

Las relaciones de irregularidad geométrica se presentan en la tabla n° 9.

**Tabla 9.**

*Irregularidad Geométrica*

<i>H</i> altura del edificio		12 m
<i>L</i> longitud		36.8 m
<i>a</i> ancho	(se tomo el promedio)	32.9 m
Relación	$H/a < 2.5$	0.36474164 ok!!
Relación	$L/a < 2.5$	1.11854103 ok!!
Salientes en X	<i>Sax</i>	0 m
Salientes en Y	<i>Say</i>	0 m
Relación	$Sax/L < 0.2$	0 ok!!
	$Say/L < 0.2$	0 ok!!

(Elaboración propia)

En la tabla n° 10, se hace el análisis relacionado con las irregularidades en planta y altura.

**Tabla 10.**

*Irregularidades en Plana y Altura.*

**Irregularidades en planta (tabla A.3.6 NSR10)**

PARÁMETRO	SI	NO	Factor de correcc
Irregularidad torsional	X		0.8
Retroceso en las esquinas		X	0.9
Irregularidad en el diafragma		X	0.9
Desplazamiento del plano de acción		X	0.8
Sistemas no paralelos		X	0.9

$$\phi_p = 0.8$$

**Irregularidad en la altura (tabla A.3-7 NSR10)**

PARÁMETRO	SI	NO	Factor de correcc
Piso Flexible		X	0.9
Distribución de masas		X	0.9
Geometría		X	0.9
Desplazamiento del plano de acción		X	0.8
Piso débil		X	0.8

$$\phi_h = 1.0$$

(Elaboración propia)

**Redundancia de la estructura (tabla A.3-7 NSR10)**

La estructura es redundante

$$\phi_r = 0.75$$

**Corrección por irregularidad de la estructura**

$$R = \phi_r * \phi_p * \phi_h * R_o$$

$$R = 0.75 * 0.8 * 1.0 * 5.0$$

$$R = 3.0$$

**Definición de los Diafragmas**

La cubierta construida en estructura metálica y teja liviana se debe considerar como un diafragma flexible.

Esta condición estructural determina movimientos independientes de las columnas, por lo que será necesario construir vigas perimetrales en su corona, con el fin de minimizar este comportamiento (a un diafragma semirrígido).

Los análisis, al igual que los datos de entrada y salida del programa de cálculo pueden consultarse en el anexo C.

### ***Vulnerabilidad Sísmica.***

La vulnerabilidad se analiza revisando los diferentes coeficientes de sobreesfuerzo, flexibilidad, capacidad de carga del suelo y asentamiento. Los cuales se encuentran definidos en el estudio de la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo (Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Lo anterior se determinó con base en la modelación previamente descrita, obteniéndose los siguientes resultados:

### ***Sobreesfuerzo***

Elemento	Índice	análisis
Sobreesfuerzo estructura metálica	1.5 <sup>24</sup>	(estudio vulnerab Bazzani pag 44).
Sobreesfuerzo de columnas exteriores	1.6	(estudio vulnerab Bazzani pag 42)
Sobreesfuerzo de columnas interiores	2.5	(estudio vulnerab Bazzani pag 42).
Sobreesfuerzo de zapatas	8.4	(estudio vulnerab Bazzani pag 47).

### ***Sobreesfuerzo Suelo de Fundación.***

Se resumen en la tabla n° 11, los coeficientes de sobre esfuerzo en el suelo.

### **Tabla 11**

*Factores de Seguridad Cimentación, Para la Condición Drenada.*

---

24 Mayor a 1.0 indica sobre esfuerzo

Escenario	Condición	$N_{suelo}$	$N_{suelo}$	$N_{suelo}$	$Q_{último}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$Q_{contacto}$ (ton/m <sup>2</sup> )	F.S.
1	F.S. Directo	18,76	5,73	0,69	26,52	43,50	0,609
2	F.S. Directo	18,76	5,73	0,69	26,52	21,75	1,219
3	F.S. Directo	18,73	5,72	0,68	26,33	30,90	0,852
4	F.S. Directo	19,23	5,84	0,64	26,92	20,00	1,346

(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Índice sobreesfuerzo suelo= 1.64

### *Flexibilidad*

En las tablas n° 12 y n° 13, extraído de estudio realizado por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo se identifican los valores de las derivas esperadas en la estructura del coliseo Castilla.

**Tabla 12.**

*Revisión de Derivas Sentido X.*

Story	Item	Load	Point	DriftX	Máximo permitido	Criterio evaluación
NE+10.13	Max Drift X	Esp. Diseño	28	0.0299	0.01	No cumple
NE+8.79	Max Drift X	Esp. Diseño	28	0.0293	0.01	No cumple
NE+6.63	Max Drift X	Esp. Diseño	28	0.0262	0.01	No cumple
NE+3.43	Max Drift X	Esp. Diseño	28	0.0157	0.01	No cumple
NE+0.80	Max Drift X	Esp. Diseño	28	0.0037	0.01	Cumple
NE+10.13	Max Drift X	Esp. U Daño	28	0.0120	0.004	No cumple
NE+8.79	Max Drift X	Esp. U Daño	28	0.0117	0.004	No cumple
NE+6.63	Max Drift X	Esp. U Daño	28	0.0105	0.004	No cumple
NE+3.43	Max Drift X	Esp. U Daño	28	0.0063	0.004	No cumple
NE+0.80	Max Drift X	Esp. U Daño	28	0.0015	0.004	Cumple

(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Índice de flexibilidad sentido X =2.99<sup>25</sup>

**Tabla 13.**

*Revisión de Derivas Sentido Y.*

Story	Item	Load	Point	DriftY	Máximo permitido	Criterio evaluación
NE+10.13	Max Drift Y	Esp. Diseño	19	0.003059	0.01	Cumple
NE+8.79	Max Drift Y	Esp. Diseño	19	0.00256	0.01	Cumple
NE+8.63	Max Drift Y	Esp. Diseño	11	0.005808	0.01	Cumple
NE+3.43	Max Drift Y	Esp. Diseño	11	0.003213	0.01	Cumple
NE+0.80	Max Drift Y	Esp. Diseño	29	0.003727	0.01	Cumple
NE+10.13	Max Drift Y	Esp. U Daño	19	0.001226	0.004	Cumple
NE+8.79	Max Drift Y	Esp. U Daño	19	0.001066	0.004	Cumple
NE+8.63	Max Drift Y	Esp. U Daño	23	0.003013	0.004	Cumple
NE+3.43	Max Drift Y	Esp. U Daño	11	0.001332	0.004	Cumple
NE+0.80	Max Drift Y	Esp. U Daño	29	0.002496	0.004	Cumple

(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Índice flexibilidad sentido Y = 0.373 ok!!.<sup>26</sup>

Del mismo informe elaborado por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo se han tomado los valores de asentamientos esperados, y como se muestran en la tabla n° 14.

**Tabla 14**

*Valoración de Asentamientos.*

Escenario	Asentamiento diferencial (m)	L/300 <sup>26</sup> (m)	Cumple
1-2	0.059	0.0196	No
1-3	0.055	0.0196	No
3-4	0.024	0.0140	No

(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Índice deformación suelo > 3

Con base en los anteriores resultados, el autor del presente documento concluye que la edificación es vulnerable desde los puntos de vista sobreesfuerzo y deformación, por lo tanto, recomiendan el

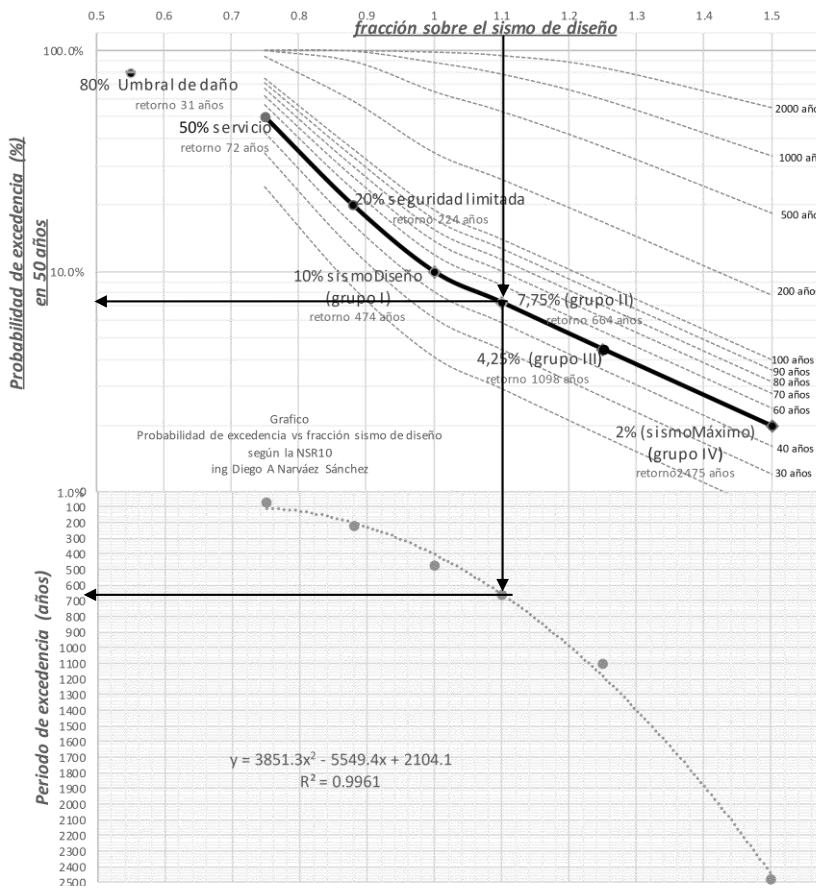
reforzamiento del coliseo Castilla, ratificando la postura de los ingenieros diseñadores de la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo.

**Aspectos Probabilísticos del Diseño Sismorresistente.**

Se valida con la figura n° 32, las condiciones de diseño adoptadas por la firma Bazzani Arquitectura y Urbanismo.

**Figura 32.**

*Grupo de Uso, Periodo de Ocurrencia y Probabilidad de Excedencia.*



(Elaboración propia.)

Se puede concluir de los parámetros definidos por el ingeniero de estructuras, realizó el cálculo para un sismo con un periodo de excedencia de 664 años<sup>27</sup> y una probabilidad de excedencia del 7.75% en 50 años.

### **Propuesta de Reforzamiento.**

#### ***Cimentación***

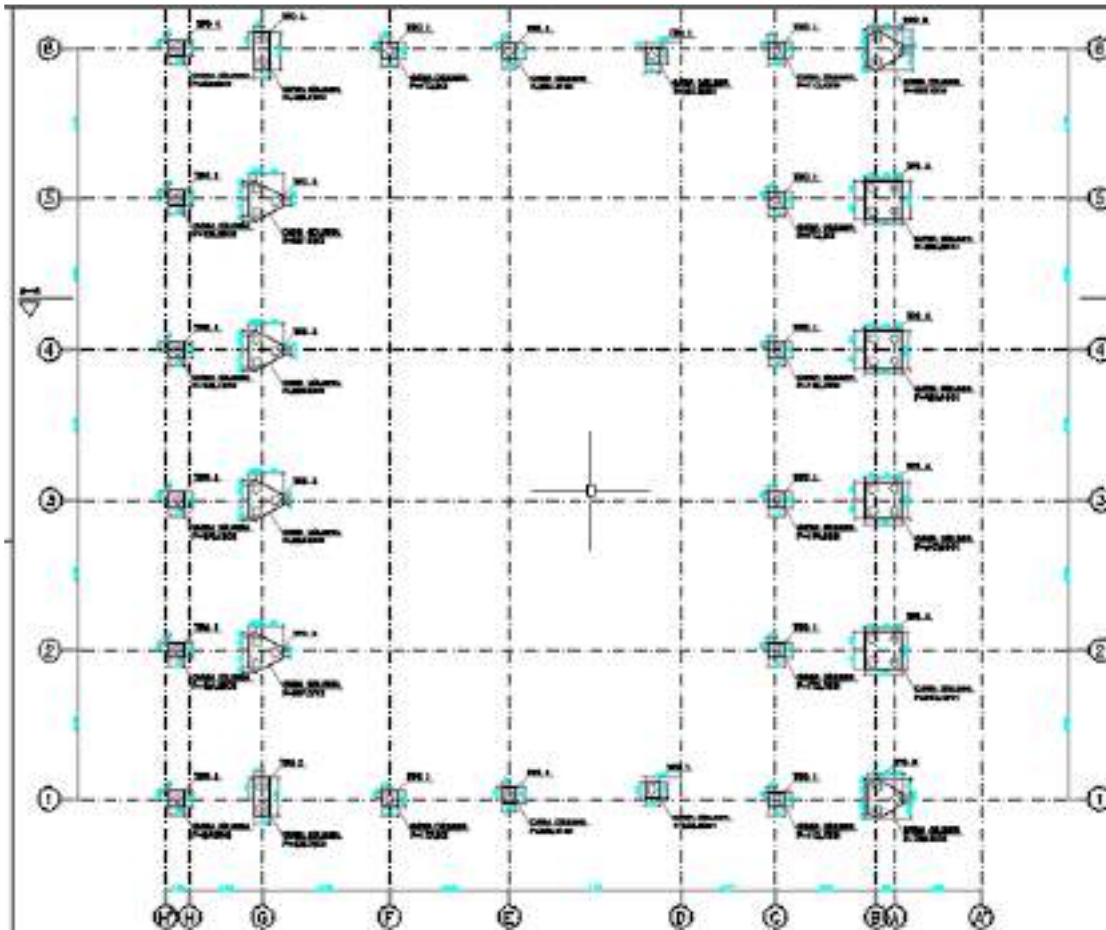
Se propone la construcción de cimentaciones profundas, ver figuras n° 33 y n° 34, que sustenten las reacciones de cada una de las columnas.

#### **Figura 33.**

*Reforzamiento de la Cimentación.*

---

<sup>27</sup> El sismo de diseño está fundamentado para un periodo de excedencia de 465 años.

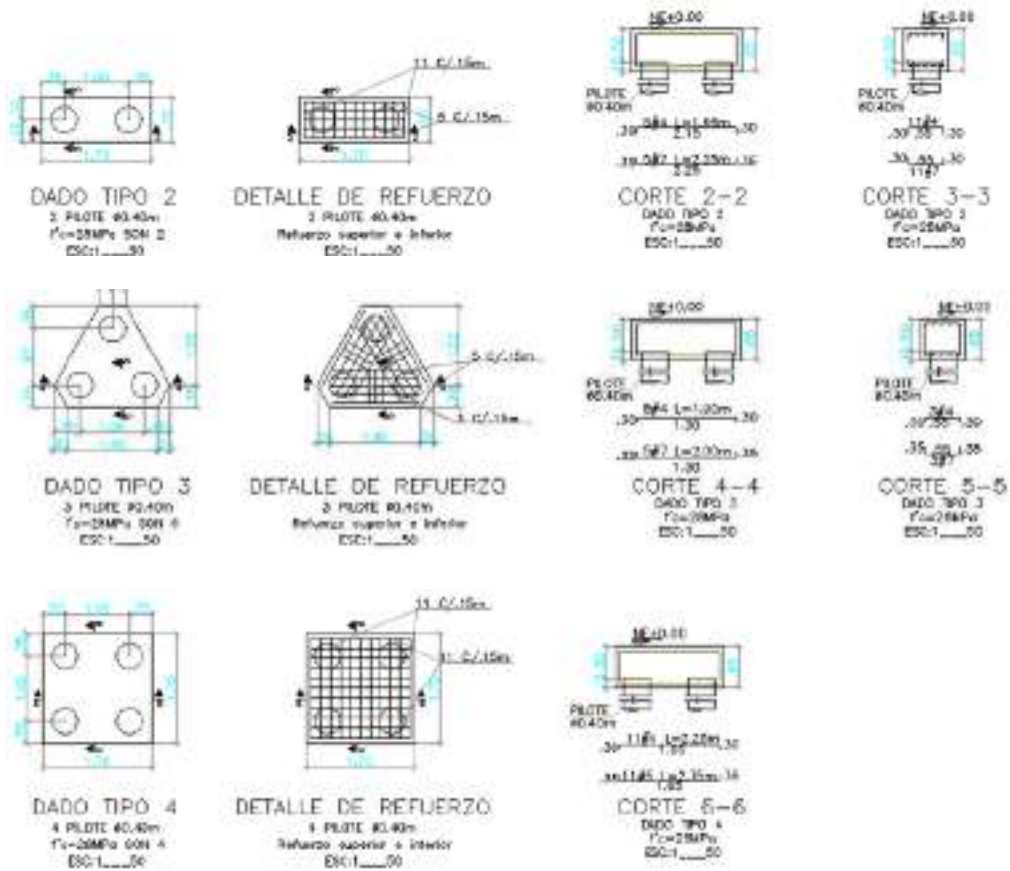


(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

**Figura 34.**

*Detalle Refuerzo Cabezales*





(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Esto es necesario, al considerar las propiedades de baja resistencia de los suelos. Los detalles y planos estructurales pueden ser consultados en el anexo C.

**Figura 35.**

*Refuerzo Típico de Pilotes*<sup>28</sup>

28 Tomado del estudio Bazzani Arquitectos



Tipo: Pilotes

Pre-excavados  $\phi = 0.40\text{m}$

Grupos de 2, 3 y 4 pilotes.

Profundidad 11m

Cabezal  $h = 0.65\text{m}$

Sistemas de soporte      fricción del fuste.

(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Los cabezales se conectarán mediante vigas de concreto de  $0.40\text{m} * 0.40\text{m}$ .

$f'c = 28 \text{ kN/m}^2$

$Fy = 420 \text{ kN/m}^2$

Recubrimiento del concreto 0.07 m según normas de durabilidad NSR10.

Se deberá prever incorporadores de aire para disminuir la permeabilidad de los concretos.

### ***Encamisado de Columnas.***

El coliseo está estructurado con 24 columnas de  $0.40\text{m} * 0.60\text{m}$ . El reforzamiento propuesto por el diseñador es ampliar la sección de estas a  $0.60\text{m} * 0.60\text{m}$ , atendiendo los criterios de rigidez, debemos recordar que los índices de flexibilidad en el sentido X es de 2,99<sup>30</sup>, y como segundo factor los de sobreesfuerzo.

Esto se logra encamisando la columna existente como se muestra en la figura N° 36.

### **Figura 36.**

*Ejemplo de Encamisado*



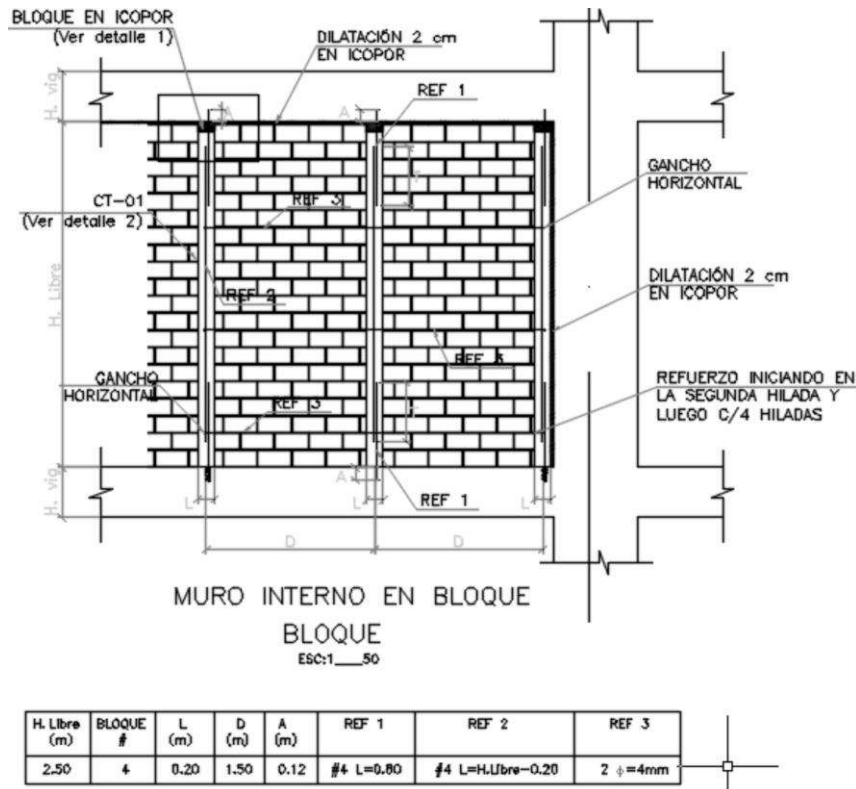
(SIKA, 2019)

***Refuerzo de los Elementos No Estructurales.***

La estrategia del diseñador para el refuerzo de los elementos no estructurales es la implementación del sistema de confinamientos de la mampostería con columnetas y viguetas, que permiten dar resistencia a la carga horizontal y soltar los muros de la estructura sismorresistente. Se observa en la figura N° 37 la propuesta del diseñador Bazzani Arquitectura y Urbanismo.

**Figura 37.**

*Refuerzo de Elementos no Estructurales*



(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

### Procesos Patológicos.<sup>29</sup>

#### *Causas Activas.*

Agresión ambiental.

Acción succión del agua de árbol costado norOccidental.

#### *Causas Pasivas.*

Diseños arquitectónicos incorrectos.

Diseños estructurales con errores.

<sup>29</sup> Evolución del daño.

Procesos constructivos deficientes.

Baja calidad de materiales.

### ***Evolución.***

La agresividad del microclima que cobija a la edificación ha coadyuvado a los procesos de deterioro observados.

Claramente, el costado norte tiene mayor cantidad de lesiones donde precisamente se manifiesta el choque de los vientos húmedos y ácidos.

Se puede observar en el costado norte, un canal de aguas lluvias, que aumenta los niveles de humedad del viento y por lo tanto la agresión sobre la edificación.

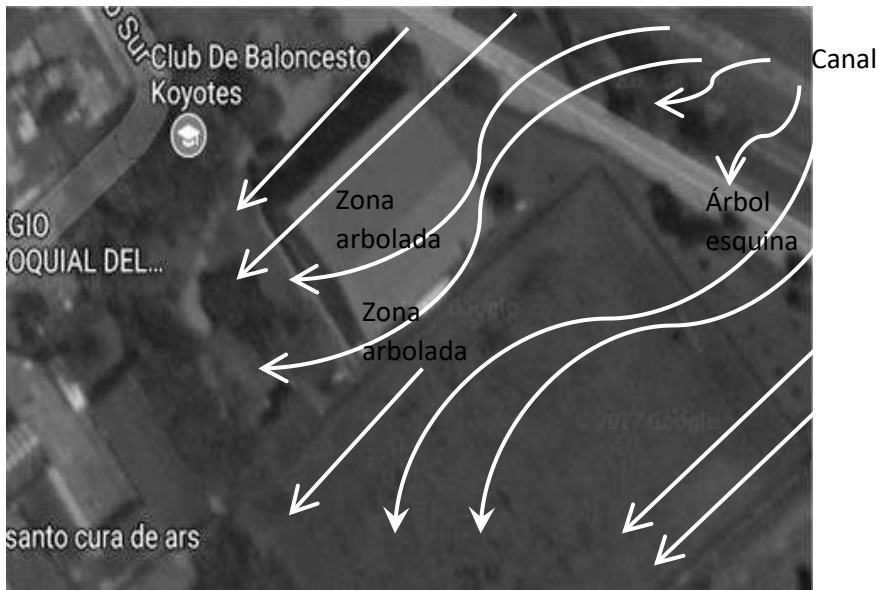
Es el costado surOccidental, el segundo de mayor afectación sobre todo relacionado con lesiones de humedad (costado en sotavento) y poca asoleación, igualmente se evidencia una serie de árboles de gran altura que no permiten que los rayos solares sequen dicha fachada.

Rodeado de este ambiente, ver figura n° 38, la estructura no ha tenido posibilidad de responder adecuadamente a los agresores, ya que en su construcción han confluído una serie de errores que han permitido un acelerado daño de sus elementos tanto estructurales como arquitectónicos.

De las condiciones particulares del entorno puede resaltarse el hecho de la siembra de un árbol en la esquina norOriental, que generó un cono de succión y por lo tanto cambios volumétricos del suelo en dicha zona, hundiendo el terreno entre 0.10m a 0.15m generando el daño de la mampostería.

### **Figura 38.**

*Líneas del Viento y Arboladas Cercanas.*



(Google, 2019)

### **Prediagnósis.**<sup>30</sup>

Según lo anterior se puede dictaminar la Progeria estructural.<sup>31</sup> La cual se trata de una temprana vejez de la estructura y procesos acelerados de deterioro de materiales, por deficiencias de los diseños y construcción, agravado con el ataque medio ambiental, que conlleva a una degeneración acelerada de los elementos constructivos.

---

<sup>30</sup> Determinación de la enfermedad.

<sup>31</sup> Envejecimiento prematuro de la edificación por condiciones intrínseca de sus materiales.

**Nivel o Grado de Afectación.**<sup>32</sup>

Se puede establecer, tomando como parámetro las profundidades de carbonatación, que la estructura se comporta como una edificación muy vieja (mayor a los 50 años)<sup>33</sup>, con un nivel de afectación del 100% y una intensidad estimada del 60%.

**Metodología de la Intervención.**

Con base en la recopilación y análisis de la historia clínica, se identificaron las diferentes lesiones, y el proceso de deterioro de estas en el tiempo; para lo cual puede atribuirse que en su mayoría corresponden a lesiones causadas por errores constructivos y malas prácticas durante la ejecución y adecuación del inmueble.

**Dictamen.**<sup>34</sup> Fase de decisión

Tipo de Obra. (Reforzamiento estructural, Adecuación funcional, Restauración, Obra nueva, Ampliación, Demolición, Modificación, Reconstrucción, Reintegración).

Será necesario obras del tipo “reforzamiento estructural” y “adecuaciones funcionales”.

Nivel de intervención. (Acciones de preservación, Acciones de conservación<sup>35</sup>, Acciones de consolidación, Acciones de liberación).

---

32 Medida de la intensidad.

33 Se puede considerar que la profundidad de carbonatación tiene una velocidad de 1.5 mm por año, así las cosas, una edificación de 20 años de construida debería tener aproximadamente una profundidad de carbonatación de 0.03m y no de 0.10m como se ha podido establecer en los ensayos de campo.

34 Establecer la Patología.

35 Primeros auxilios, Reparación Locativa y Mantenimiento.

Todos los elementos estructurales desde la cimentación hasta la cubierta deberán ser intervenidos, de la misma forma que los acabados arquitectónicos, con acciones del tipo de Conservación y Consolidación estructural bajo los dictámenes de la norma sismorresistente NSR10.


### Primeros Auxilios y Acciones Inmediatas.

Será necesario implementar un sistema de codales y apoyos provisionales del muro de la fachada norOriental, cuyo daño compromete la seguridad de los usuarios del polideportivo.

Para tal fin se deberá utilizar parales y cerchas metálicas con las características presentadas en la tabla n° 15 y en la figura n° 39:

**Tabla 15.**

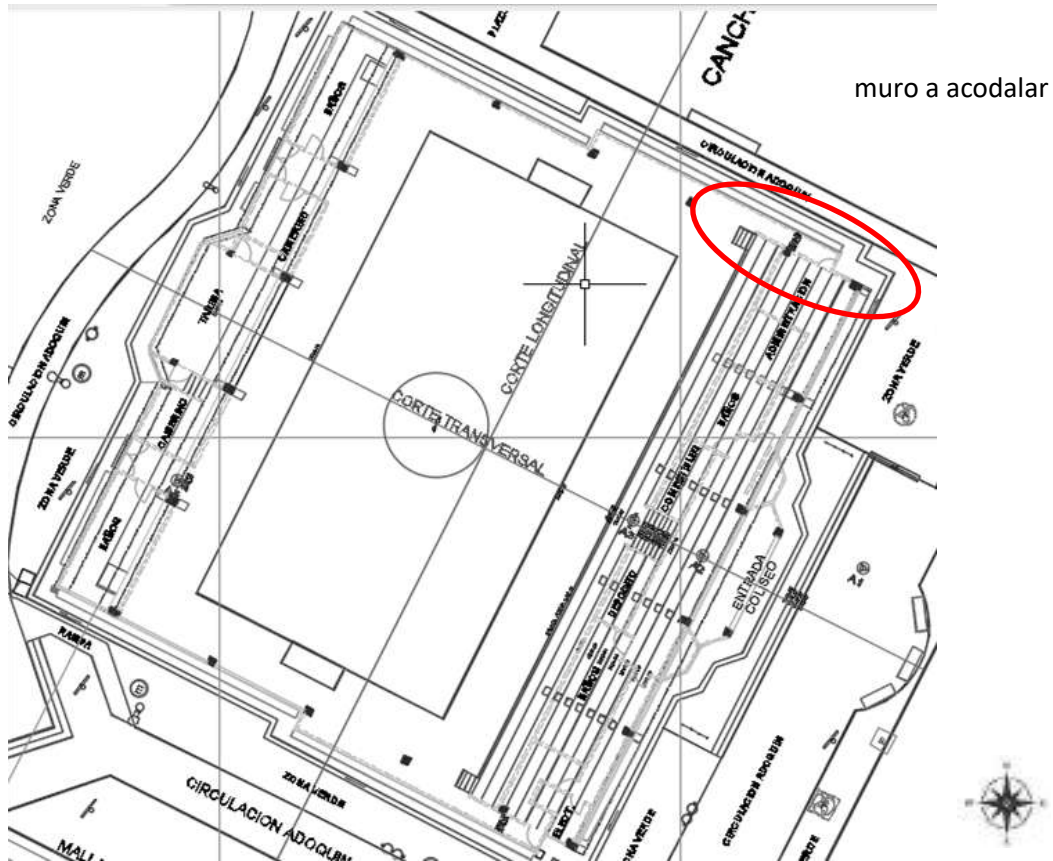
*Primeros Auxilios.*

	<p><b>Paral</b></p> <p>extralargo 3 m a 5.5m. capacidad de carga 60000 kN. crucetas largas. pines de seguridad.</p> <p><b>Cercha</b></p> <p>longitud 3m. altura 0.25m. ancho 0.15m. capacidad de carga 46900 kN.</p>
---	--

(Elaboración propia)

**Figura 39.**

*Primeros Auxilios.*



(Bazzani Arquitectura y Urbanismo, 2017)

Los primeros auxilios deberán conservarse por lo menos hasta que se dé la reconstrucción o reforzamiento del muro afectado.

## **Terapéutica.**

### ***Sobre las Condiciones Generales***

Prever cortavientos providentes del costado norOccidental.

Siendo el viento uno de los principales agentes que transportan los agresores, recurrir a barreras que controlen la presión eólica y los ángulos de ataque, permitirá tener un control adecuado de este fenómeno, aspecto que debe ser estudiado concienzudamente por un arquitecto que determine su viabilidad, funcionalidad y su correlación con el entorno.

Prever filtros paralelos al canal de aguas lluvias en el costado norte.

Realizar entresacas de árboles del costado surOccidental y retirar especies de gran porte y de alta demanda de agua, e igualmente retirar todos los árboles que se encuentren en el perímetro de la edificación a una distancia menor a 15m.

Según las disposiciones de la Secretaría Distrital de Ambiente en coordinación con el Jardín Botánico, se deber realizar el levantamiento de las fichas forestales de los árboles localizados en el costado surOccidental y requerir los permisos de manejo silvicultural de talas o traslados de dichas especies.

Corregir detalles arquitectónicos en especiales con los relacionado con el manejo de la lluvia y escurrimiento en las fachadas.

En el marco del buen ejercicio de la arquitectura se debe reevaluar detalles como goteros, alfajías, gárgolas, ventanas, sistemas de ventilación, andenes perimetrales, tratamiento de jardines, análisis de vientos, etc.

Prever sistemas de impermeabilización de fachadas.

La mampostería de fachada debe ser trata con repelentes de agua tipo Sika transparente 10.

Realizar estudio de reforzamiento estructural.

Atendiendo la norma sismorresistente NSR10, y la necesidad de grupo de uso tipo II.

***Sobre las Condiciones Locales (considerando que no habrá obras de reforzamiento)***

Lesión tipo: Oxidación somera.

(ficha 1 de 36)

(ficha 3 de 36)

(ficha 26 de 36)

Objetivo.

Evitar que el oxígeno y el agua lleguen hasta los aceros de refuerzo.

Postura Teórica.

Los agentes ambientales agresores penetran a través de concreto del recubrimiento, dañando el acero.

Hipótesis.

La bajante de aguas lluvias está dañada.

No hay alerones que protejan a la estructura de la lluvia.

Porcentaje de Porosidad altos en la matriz de concreto.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Realizar detalles arquitectónicos que eviten el escurrimiento del agua sobre la fachada.

Prever sistemas de sellado superficial.

Programación.

Aplicar selladores y repelentes de agua cada 5 años.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>36</sup>

Objetivo.

Arreglar el escurrimiento inapropiado de la bajante.

No se pueden construir alerones o enchapes de protección, ya que cambiaría las condiciones arquitectónicas.

Proceso.

Retiro del tubo PVC.

El sosco de la bajante pasa por entre la ménsula de concreto, por lo que se debe retirar de este elemento estructural. Dicha tarea deberá realizarse con supremo cuidado, evitando golpes al elemento estructural que lo puedan micro fisurar.

---

<sup>36</sup> Anular la causa.

El acero de refuerzo corroído que no comprometa la capacidad estructural se debe limpiar con tratamientos mecánicos tipo hidro lavado hasta un perfil de rugosidad mínimo grado comercial o SSPC-SP6.<sup>37</sup>

La reparación de la ménsula se deberá realizar con base en las recomendaciones del ingeniero estructural.

El hueco que quede en la ménsula, una vez retirado el tubo, debe ser llenado con sikagroud 212, mortero liquido de gran penetrabilidad sin contracciones.<sup>38</sup>

Se recomienda agregar gravilla limpia, de alta densidad, sana y saturada, con un tamaño entre 0.005m y 0.012 m hasta un máximo del 40% del peso del SikaGrout-212. Para espesores mayores se debe agregar grava limpia, sana, saturada y bien gradada con un tamaño máximo de 0.025 m y cuya cantidad no exceda el 50% del peso del SikaGrout-212.

Como segunda alternativa se puede usar Sika Concrelisto RE-5000 que es un concreto fluido sin retracción, listo para usar en reparaciones y reforzamiento.<sup>39</sup>

Instalar nuevo sistema de bajante de aguas lluvias, que no interfieran con los elementos estructurales.

37

Tipo de Limpieza	SSPC	NACE	SIS
Solvente	SP1	-	-
Manual	SP2	-	-
Mecánica	SP3	-	-
Abrasivo metal blanco	SP6	NACE 1	Sa 3
Abrasivo nivel comercial	SP6	NACE 3	Sa 2
Abrasivo ligero	SP7	NACE 4	Sa 1
Química	SP8	-	-
Abrasivo metal casi blanco	SP10	NACE 2	Sa 2 1/2
Agua a altas presiones	SP12	NACE 5	-

38 <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=sikagroud+212> Ver ficha técnica en el anexo I

39 <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Sika%2520Concrelisto%2520RE%25205000-1> Ver ficha técnica en el anexo I

Prever unión de expansión en PVC.

**Figura 40.**

*Unión Expansiva*



(HOME CENTER, 2019)

\*Acción secundaria.<sup>40</sup>

Especificaciones.

Utilizar sellante superficial tipo Sika transparente 10. <sup>41</sup>

Programación.

Realizar las labores en las estaciones del año de poco viento y lluvia, se aconseja en los meses de junio y julio.

Proceso.

Limpiar la superficie con agua.

---

40 Reparación de la lesión.

41 <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Sika+Transparente-10> Ver ficha técnica en el anexo I

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie de concreto debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión o hidroarenado. (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA, 2015)

Esperar el secado para aplicación del producto

La base debe estar seca, sana y limpia.

El producto usado para lavar la superficie debe retirarse totalmente, asegurando que no queden residuos sobre la superficie.

Estos residuos pueden generar futuras manchas blancas después de aplicado el hidrofugo.

Si existen grietas o fisuras, éstas deben ser reparadas, dejando transcurrir 4 días por lo menos antes de aplicar el Sika Transparente-10 para permitir completo fraguado y secado del mortero utilizado en las reparaciones.

Lesión tipo: Humedad (Hc-por capilaridad).

(ficha 2 de 36)

(ficha 15 de 36)

(ficha 20 de 36)

Objetivo.

Evitar altos contenidos de agua en el suelo.

Postura Teórica.

La base de la bajante está rota por lo que se presenta fugas de agua que constantemente saturan el suelo, que posteriormente por capilaridad ascienden por los elementos verticales.

Los andenes perimetrales no tienen pendiente y en general están en un alto deterioro.

No se previó zócalos en el perímetro de la edificación.

Hipótesis.

La bajante aguas lluvias está dañada.

Porcentaje de Porosidad altos en la matriz de concreto.

Detalles arquitectónicos inadecuados.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Arreglar la bajante o elementos dañados que conduzcan el agua.

Implementar el Sistema de inyección SikaMur InjectoCream-100.<sup>42</sup> Procedimiento con el cual se podrá crear una barrera horizontal en todos los muros de fachada que evitar el ascenso capilar.

Prever sistemas de sellado superficial.

Reconstruir los andenes perimetrales

Estudiar la viabilidad de construir zócalos en los muros del primer piso.

Programación.

Reparación inmediata.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>43</sup>

Objetivo.

Arreglar las descargas de agua provenientes de la bajante.

Proceso.

Retiro del tubo PCV

Instalar nuevo sistema de bajante de aguas lluvias, que no interfieran con los elementos estructurales.

Prever unión de expansión.<sup>39</sup>

---

42 <https://www.cymper.com/blog/sikamur-injectocream-100-adios-a-la-humedad-por-capilaridad/> Ver ficha técnica en el anexo I

43 Anular la causa.

\*Acción secundaria.<sup>44</sup>

Especificaciones.

Utilizar sellante superficial tipo Sika transparente 10.<sup>41</sup>

Programación.

Realizar verificaciones mensuales de la integridad de las bajantes, y sobre todo antes de los periodos invernales.

Proceso.

Limpiar la superficie con agua.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión o hidroarenado. (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA, 2015)

Esperar el secado para aplicación del producto

La base debe estar seca, sana y limpia.

El producto usado para lavar la superficie debe retirarse totalmente, asegurando que no queden residuos sobre la superficie.

Estos residuos pueden generar futuras manchas blancas después de aplicado el hidrofugo.

---

<sup>44</sup> Reparación de la lesión.

Si existen grietas o fisuras, éstas deben ser reparadas, dejando transcurrir 4 días por lo menos antes de aplicar el Sika Transparente-10 para permitir completo fraguado y secado del mortero utilizado en las reparaciones.

Lesión tipo: Corrosión (C).

(ficha 4 de 36)

Objetivo.

Recuperar la sección del acero de refuerzo, impedir que los agentes agresores penetren hasta el acero de refuerzo.

Postura Teórica.

Condiciones superficiales del concreto, el cual se somete a humedad constante y a ambientes agresivos, han despasivado el acero de refuerzo, permitiendo que se inicie procesos de corrosión.

Las características del daño son incipientes, por lo que no hay gran afectación.

Hipótesis.

La superficie de la fachada surOriental está sometida a condiciones constante de alta humedad.

Porcentaje de Porosidad altos en la matriz de concreto.

Vientos con altos porcentajes de agua-acida.

El daño se presenta horizontalmente, que corresponde al acero transversal (fleje).

El daño se observa a una distancia mayor a lado mayor de la columna, por lo que se puede decir que no afecta la zona de confinamiento.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Prever sistemas de sellado superficial.

Programación.

Aplicar selladores y repelentes de agua cada 5 años.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>45</sup>

Objetivo.

Reconstruir el acero afectado.

No permitir que los agentes agresores penetren en el concreto.

Ya que el concreto es muy permeable, se debe prever selladores superficiales.

Proceso.

Limpiar toda la superficie para retirar los elementos sueltos.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

---

<sup>45</sup> Anular la causa.

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión o hidroarenado. (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA, 2015)

Picar el recubrimiento del estribo afectada realizando una caja que posteriormente se reemplazará con morteros de reparación sin contracciones.

Anclar “U” de Acero de refuerzo  $F_y = 420 \text{ kN/m}^2$ , junto al rama del estribo afectado.

El diámetro de la barra será de 3/8” y las ramas penetrarán en el concreto por lo menos 0.10m.

Usar anclaje epóxico tipo sika anchorfix 4, pasta adhesiva para anclaje de pernos, varillas y fijaciones especiales en concreto.

#### **Figura 41.**

##### *Fijación de Aceros*



(SIKA, 2019)

Finalmente se realizará el reemplazo del recubrimiento demolido para lo cual se utilizará Mortero de reparación tipo sika 122 y puente de adherencia tipo sikadur 32 primer.

\*Acción secundaria.46

Especificaciones.

Utilizar sellante superficial tipo Sika transparente 10.

Programación.

Realizar las labores en las estaciones del año de poco viento y lluvia, se aconseja en los meses de junio y julio.

Proceso.

Limpiar toda la superficie de la fachada para retirar los elementos sueltos.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto) (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA, 2015)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión o hidroarenado.

La base debe estar seca, sana y limpia.

Si existen grietas o fisuras, éstas deben ser reparadas, dejando transcurrir 4 días por lo menos antes de aplicar el Sika Transparente-10 para permitir completo fraguado y secado del mortero utilizado en las reparaciones.

---

46 Reparación de la lesión.

Lesión tipo: Desprendimiento de acabado (D).

(ficha 5 de 36)

(ficha 12 de 36)

Se pudo medir el ancho de fisura 0,1 mm

Objetivo.

Reconstruir el acabado superficial de las fachadas.

Postura Teórica.

Condiciones superficiales de la superficie que se somete a humedad constante y a ambientes agresivos hacen perder las características mecánicas y físicas de los acabados.

Deficientes tratamientos superficiales que garanticen la adecuada adherencia entre el acabado y la fachada

Hipótesis.

Baja adherencia acabado y muro.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Raspar todo el acabado, decapado que deberá retirar los elementos sueltos.

Usar productos hidro repelentes.

Aplicar selladores superficiales.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>47</sup>

Objetivo.

Instalar nuevamente el acabado arquitectónico.

Especificaciones.

Pintura Koraza para exteriores 10 años. Norma NTC-5828

Selladores de superficie para tratamientos superficiales previos Sellomax 10270 ó 10272.

Imprimante imprimax para Koraza 3501.

Programación.

Realizar las labores en las estaciones del año de poco viento y lluvia, se aconseja en los meses de junio y julio.

Proceso.

Decapar toda la superficie del paño de la fachada relacionada con la pintura desprendida.

Limpiar toda la superficie de la fachada para retirar los elementos sueltos.

---

<sup>47</sup> Anular la causa.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión o hidroarenado. (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA, 2015)

La base debe estar seca, sana y limpia.

Si existen grietas o fisuras, éstas deben ser reparadas.

Verificar que una superficie seca, limpia, libre de polvo, grasa y pintura deteriorada.

Resane las fisuras con anchos mayores de 1.0 mm con selladores Sellomax. dejando transcurrir 4 días por lo menos antes de aplicar el acabado.

Selle toda la superficie con imprimax.

Aplicar una capa de Koraza.

Lesión tipo: Grieta (G).

(ficha 6 de 36) Se pudo medir el ancho de grieta 1,10 mm<sup>48</sup>

(ficha 7 de 36) Se pudo medir el ancho de fisura 0,40 mm

(ficha 8 de 36) Se pudo medir el ancho de fisura 0,35 mm

(ficha 9 de 36) Se pudo medir el ancho de fisura 0,40 mm

(ficha 31 de 36) Se pudo medir el ancho de fisura 0,10 mm

Objetivo.

Reconstruir el pañete y acabado de fachada.

Postura Teórica.

Se considero inicialmente un asentamiento diferencial de la cimentación de la zapata, no obstante, con base en el levantamiento topográfico, se pudo establecer que dicha zona no presenta deformaciones debidas a condiciones geotécnicas.

Se puede determinar que el mortero de pañete se ha desprendido de la base del muro y que la mampostería no tiene la fisura observada en el mortero.

Hipótesis.

Falta de adherencia mortero de pañeta y la base del muro.

---

<sup>48</sup> Cuando la fisura atraviesa de lado a lado el espesor de una pieza, o su espesor es mayor a 1,0 mm, se convierte en grieta.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Decapado del mortero del pañeta hasta el muro, retirando todo el material suelto.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>49</sup>

Objetivo.

Reconstruir el pañete suelto.

Especificaciones.

Mortero 1:4 en volumen.

Puente de adherencia sika látex <sup>50</sup>

Programación.

Cuando se presente la falla.

Proceso.

Decapar toda la superficie del mortero desprendido.

Verificar que el muro en mampostería no esté fisurado.

---

49 Anular la causa.

50 <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=sika+latex> Ver ficha técnica en anexo I

Si existen grietas o fisuras, éstas deben ser reparadas.

Lavar y saturar la superficie con agua.

Imprimir la superficie con lechada con pasta de cemento y sika látex.<sup>49</sup>

Aplicar el pañete con mortero y allanar con el fin de garantizar una planitud con el pañete en contorno.

Prever curado con agua durante por lo menos 3 días.

Dejar secar al aire libre por lo menos 15 días.

Aplicar el acabado arquitectónico.

Lesión tipo: Humedad (H).

(ficha 10 de 36)

(ficha 11 de 36)

(ficha 13 de 36)

(ficha 14 de 36)

(ficha 16 de 36)

(ficha 17 de 36)

(ficha 24 de 36)

Objetivo.

Evitar el escurrimiento.

Postura Teórica.

El concreto de la viga canal es muy poroso.

Errores de construcción permitieron juntas frías por donde puede ingresar el agua.

No se previó mantos impermeables.

La capacidad estructural de la viga canal en concreto está comprometida, se observan lavados y manchas de oxido en toda su longitud, lo que permite evidenciar procesos de corrosión general de este elemento estructural.

Se recomienda la demolición del elemento lo cual deberá ser compaginado con los análisis de reforzamiento estructural.

Hipótesis.

El agua se filtra en la matriz de cemento de la viga canal, material con porcentaje de Porosidad altos.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Sellado interno con metacrilatos metilo.<sup>52</sup>

Programación.

Aplicar selladores y repelentes de agua cada 5 años.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>51</sup>

Objetivo.

No permitir que el agua se infiltre en al cuerpo de la viga canal.

Ya que el concreto es muy permeable, se debe prever selladores internos y superficiales.

Proceso.

---

51 Anular la causa.

Limpiar toda la superficie para retirar los elementos sueltos.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión. (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA, 2015)

Esperar al secado del concreto por lo menos en un periodo de una (1) semana.

Sellar la cara inferior de la viga canal con Sikagard-62 <sup>52</sup>

Sellado interno con metacrilatos metilo. <sup>53</sup>

\*Acción secundaria. <sup>54</sup>

Especificaciones.

Impermeabilizar la cara superior de la viga canal con mantos impermeables tipo sikaplan 12-r. <sup>55</sup>

Utilizar sellante superficial de las caras laterales con Sika transparente 10.

Programación.

Realizar las labores en las estaciones del año de poco viento y lluvia, se aconseja en los meses de junio y julio cada 5 años.

---

<sup>52</sup> <https://col.sika.com/content/colombia/main/es/coating-redirect/pinturas-decorativas/02a010/02a009sa99101.html> Ver ficha técnica en el anexo I

<sup>53</sup> <https://www.antala.es/categoria/adhesivos-sellantes/metacrilato-metilo/> Ver ficha técnica en el anexo I

<sup>54</sup> Reparación de la lesión.

<sup>55</sup> <http://solindusonline.com/tienda/impermeablizantes/membrana-pvc-sikaplan-12-r>. Ver ficha técnica en el anexo I

Proceso.

Limpiar toda la superficie de la fachada para retirar los elementos sueltos.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión. (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA, 2015)

La base debe estar seca, sana y limpia.

Aplicar el manto impermeable sikaplan 12-r<sup>54</sup> y el sellante superficial sika transparente.

La mancha de la fachada deberá ser limpiada con sika Limpiador Rinse.<sup>55</sup>

Finalmente, la facha se deberá impermeabilizar con sikatransparente 10.<sup>56</sup>

---

<sup>56</sup> Ver ficha técnica en el anexo I

Lesión tipo: Hormigueros y daño estructural.

(ficha 18 de 36)

(ficha 21 de 36)

(ficha 22 de 36)

(ficha 27 de 36)

(ficha 33 de 36)

Objetivo.

Recuperar la sección del concreto, impedir que los agentes agresores penetren hasta el acero de refuerzo.

Postura Teórica.

Malos procedimientos constructivos relacionados con la compactación del concreto cuando este está en estado plástico.

Hipótesis.

Impericia del constructor.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Demolición sectorizada de la zona afectada y reconstrucción.

Programación.

No Aplica.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>57</sup>

Objetivo.

Reconstruir la zona afectada.

No permitir que los agentes agresores penetren en el concreto.

Proceso.

Demoler la zona afectada, hasta encontrar concreto bien cementado.

Limpiar toda la superficie para retirar los elementos sueltos.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión. (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA, 2015)

Aplicar puente adherencia tipo sika 42 primer.

Realizar los rellenos estructurales con sikagrout 212<sup>58</sup>

Prever curado mediante sellado con antisol.

---

<sup>57</sup> Anular la causa.

<sup>58</sup> Ver la ficha técnica en el anexo I

\*Acción secundaria.<sup>59</sup>

Especificaciones.

Utilizar sellante superficial tipo Sika transparente 10.

Programación.

Realizar las labores en las estaciones del año de poco viento y lluvia, se aconseja en los meses de junio y julio.

Proceso.

Limpiar toda la superficie de la fachada para retirar los elementos sueltos.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión.

La base debe estar seca, sana y limpia.

Si existen grietas o fisuras, éstas deben ser reparadas, dejando transcurrir 4 días por lo menos antes de aplicar el Sika Transparente-10 para permitir completo fraguado y secado del mortero utilizado en las reparaciones.

---

<sup>59</sup> Reparación de la lesión.

Lesión tipo: Daño estructural.

(ficha 19 de 36)

(ficha 28 de 36)

(ficha 29 de 36)

(ficha 35 de 36)

Objetivo.

Recuperar la sección del concreto, impedir que los agentes agresores penetren hasta el acero de refuerzo.

Postura Teórica.

Malos procedimientos constructivo.

Hipótesis.

Impericia del constructor.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Demolición sectorizada de la zona afectada y reconstrucción.

Programación.

No Aplica.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>60</sup>

Objetivo.

Reconstruir la zona afectada.

No permitir que los agentes agresores penetren en el concreto.

Proceso.

Demoler la zona afectada, hasta encontrar concreto bien cementado.

Limpiar toda la superficie para retirar los elementos sueltos.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión. (Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA, 2015)

Aplicar puente adherencia tipo sika 42 primer.

Realizar los rellenos estructurales con sikatop 212 <sup>61</sup>

Prever curado mediante sellado con antisol.

---

60 Anular la causa.

61 Ver la ficha técnica en el anexo I

\*Acción secundaria.<sup>62</sup>

Especificaciones.

Utilizar sellante superficial tipo Sika transparente 10.

Programación.

Realizar las labores en las estaciones del año de poco viento y lluvia, se aconseja en los meses de junio y julio.

Proceso.

Limpiar toda la superficie de la fachada para retirar los elementos sueltos.

SSPC-SP-13 / NACE N°6 (limpieza de concreto)

Preparación de superficies o limpieza de concreto de tal forma que la superficie debe estar libre de contaminantes, lechada, hormigón débilmente adherido, y el polvo, proporcionando un sustrato uniforme adecuado para la aplicación de recubrimiento o revestimiento de protección. La limpieza se hará con agua a presión.

La base debe estar seca, sana y limpia.

Si existen grietas o fisuras, éstas deben ser reparadas, dejando transcurrir 4 días por lo menos antes de aplicar el Sika Transparente-10 para permitir completo fraguado y secado del mortero utilizado en las reparaciones.

---

62 Reparación de la lesión.

Lesión tipo: Falta de elementos estructurales.

(ficha 23 de 36)

Objetivo.

Construir la viga faltante.

Postura Teórica.

Falta de vigas de coronamiento que determinarán un comportamiento de la edificación inadecuados.

Hipótesis.

Impericia del diseñador y del constructor.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Construcción el elemento faltante.

Programación.

No Aplica.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>63</sup>

Objetivo.

Construir elementos de borde.

Proceso.

Según detalles determinados por el diseñador estructural.

---

<sup>63</sup> Anular la causa.

Lesión tipo: Columna prisionera.

(ficha 25 de 36)

Objetivo.

Evitar la rigidización de la columna por la acción de la mampostería.

Postura Teórica.

Columna corta.

Hipótesis.

Impericia del constructor.

El diseñador no previó juntas.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Prever juntas de construcción entre la columna estructural y la mampostería

Construir columnetas de confinamiento para sostener la mampostería.

Programación.

Inmediato.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>64</sup>

Objetivo.

Soltar la columna de los elementos no estructurales.

Proceso.

Según detalles determinados por el diseñador estructural.

---

<sup>64</sup> Anular la causa.

Lesión tipo: Daño soldaduras de barandas.

(ficha 30 de 36)

Objetivo.

Evitar la rigidización de la columna por la acción de la mampostería.

Postura Teórica.

Sobre esfuerzo.

Hipótesis.

Las personas se recargan contra la baranda.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Evitar acumulación de personas contra las barandas

Programación.

Prever mantenimientos mensuales.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>65</sup>

Objetivo.

Construir los elementos de borde.

Proceso.

Limpiar

Limpiar todas las superficies metálicas para retirar los elementos sueltos.

SSPC-SP-3 (Limpieza con herramientas manuales mecánicas) (Steel Structures Painting Council,

Pittsburgh USA, 2015)

Metal blando.

Resoldar.

Usar electrodo E7013, soldadura de arco eléctrico.

Garganta 3/16".

Soldadura en contorno.

---

<sup>65</sup> Anular la causa.

Lesión tipo: Daño mampostería fachada.

(ficha 32 de 36)

(ficha 36 de 36)

Objetivo.

Construir la viga faltante.

Postura Teórica.

Daño de los elementos por asentamiento diferencial.

Hipótesis.

Cono de succión de un árbol de gran porte localizado en la esquina nororiental, produjeron cambios volumétricos del suelo.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Retirar todos los árboles que están a una distancia menor a 15m de la edificación.

Programación.

Inmediata.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>66</sup>

Objetivo.

Reconstruir los muros afectados.

Proceso.

Demoler los muros afectados

Prever columnetas de confinamientos para sepáralos de los sistemas de resistencia principal.

Acoger recomendaciones del diseñador estructural.

---

<sup>66</sup> Anular la causa.

Lesión tipo: Hundimiento del piso.

(ficha 34 de 36)

Objetivo.

Construir la viga faltante.

Postura Teórica.

Daño de los elementos por asentamiento diferencial.

Hipótesis.

Cono de succión de un árbol de gran porte localizado en la esquina nororiental, produjeron cambios volumétricos del suelo.

Metodología.

Preventiva.

Especificaciones.

Retirar todos los árboles que están a una distancia menor a 15m de la edificación.

Programación.

Inmediata.

Curativa.

\*Acción primaria.<sup>67</sup>

Objetivo.

Reconstruir el piso de la cancha.

Proceso.

Demoler el piso afectado

Realizar excavación manual con profundidad mínima de 0.35m.

Identificar fallos.

Realizar renivelación del piso con recebo tipo base granular. Compactado al 95% del Proctor modificado

Realizar imprimación sobre la superficie del recebo compactado, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido 69 a razón de 1.2 lt/m<sup>2</sup>.<sup>68</sup>

Reconstruir pavimento en concreto e=0.10m.

Reforzar el concreto con malla electrosoldada  $\phi = 0.006\text{m}$  cada 0.15m en ambos sentidos.<sup>69</sup>

Enchapar con loseta de granito pulido 0.33m \* 0.33m 70

---

67 Anular la causa.

68 Lo cual reduce el factor de fricción suelo concreto y disminuye la fisuración por retracción de fraguado.

69 Corresponde a una cuantía mínima de 0.0018, según NSR10.

70 Ver proceso de instalación en el anexo I.

**Tabla de Equivalencias Sika-Toxement-Basf**

**Tabla 16.**

*Tabla de Equivalencias*

USO	BASF	SIKA	TOXEMENT	Uso principal	Por lo general se aplica
IMPERMEABILIZANTES	Master 1	Sika-1	Toxement 1A	Impermeabilizante integral líquido	Cimentaciones, sótanos, tanques, piscinas, muros, baños, cocinas
	Master 1 Polvo (Omicron)	Sika-1 (Líquido)	Toxement Polvo	Impermeabilizante integral polvo	Cimentaciones, sótanos, tanques, piscinas, muros, baños, cocinas
	Masterseal 510 B/G	Sika-101 Mortero	Sellotoc B/G	Recubrimiento impermeable	Cimentaciones, sótanos, tanques, piscinas, muros, baños, cocinas
	Masterseal 302	Sika Transparente 10	Limestone Plus	Hidrófugo alta calidad y durabilidad	Fachadas de ladrillo, piedra, mármol, pañete, concreto
	Masterseal 302 E	Sika Transparente 5	Limestone	Hidrófugo uso general	Fachadas de ladrillo, piedra, mármol, pañete, concreto
	Masterseal 485 M	Sika Fill	Eucoflex / Acrilto Plus	Película elástica acrílica impermeable color	Cubiertas, terrazas, tejas, muros, sótanos, culatas, fibrocemento
	Masterseal 504	SikaRapid-1	Quickdone	Acelerante de fraguado sin cloruros	Concreto, roca, mampostería, túneles, sótanos, pases
	Tegraproof (Masterseal 512)			Sellador microfisuras y capilares	Cimentaciones, sótanos, tanques, piscinas, muros, baños, cocinas
	Masterseal 580	Sika 2	Euco Plug	Sellador filtraciones y chorros agua	Concreto, roca, mampostería, túneles, sótanos, pases
	Pozzoplast + MicroAir 920	Plastocrete DM		Impermeabilizante integral de concreto	Cimentaciones, sótanos, tanques, piscinas, muros, baños, cocinas
Sonoguard			Impermeabilizante poliuretano flexible	Parqueaderos, balcones, plazas, estadios, cubiertas, exteriores	
ENDURECEDOR	Mastercron	Sikafloor-3 Quartz Top	Rocktop	Endurecedor superficial de cuarzo	Parqueaderos, bodegas, rampas, pasillos, colegios, almacenes
	Masterplate 200	Sikafloor 1 metal top 1	Exel Top	Endurecedor superficial metálico	Bodegas, talleres, pisos, rampas con tráfico pesado e impacto
	Lapidolith	Sikafloor Curehard-24	Surfhard	Endurecedor y protector químico líquido	Parqueaderos, bodegas, rampas, pasillos, colegios, almacenes
	Kure-N-Harden	Sikafloor Curehard-24	Euco Diamond Hard	Endurecedor y curador líquido	Parqueaderos, bodegas, rampas, pasillos, colegios, almacenes
	Mastertop		Super Euco Top	Coronamiento metálico bajo espesor	Reparaciones pisos de bodegas y rampas hasta @10 mm
	Anvil Top 200		Super Euco Top	Coronamiento metálico alto espesor	Parcheos y juntas @35 mm
ESTAMPADOS	SC - Sealer	Sikaguard Decor		Sellante polimérico y protector	Embellecimiento y protección pisos de color y concreto estampado
	Desmoldante	Separol Polvo		Polvo higroscopico de colores	Aplicación en pisos estampados de cualquier color
	Mastercron neutro	Sika Piso Decor		Pisos Exteriores	Parqueaderos, ingresos a edificios, c. Comerciales
	Mastercron colores	Sika Piso Decor		Pisos Exteriores	Parqueaderos, ingresos a edificios, c. Comerciales
SUP	Adhebal M B/G	BindaExtra	Euco Enchape	Pega enchape y porcelana sanitaria	Baños, cocinas, piscinas, restaurantes, clínicas, hospitales
	Adhebal B.A. Gris	SikaCeram B.A.		Pega enchape baja absorción	Baños, cocinas, piscinas, restaurantes, clínicas, hospitales

USO	BASF	SIKA	TOXEMENT	Uso principal	Por lo general se aplica
COMPLEMENTAR	Acrylset	SikaLatex / SikaTop-77	Adercrlil / Eucolátex	Adherente y mejorador de resistencia	Pega enchapes, maquillajes, hormigueros, pisos
	Masterseal C	SikaColor C	Acrisello blanco	Pintura decorativa, protectora, impermeab	Puentes, fachadas, cubiertas, tejas, fibrocemento, ladrillo
	Thorolastic Fine White			Película elástica acrílica impermeable	Protectores exteriores concreto, mampostería, yeso, estuco
	Encofroil Met	Separol	Eucoslip	Desmoldante uso general (económico)	Protege formaleta, da excelente acabado al concreto a la vista
	Rheofinish 255	Separol	Desmoldatoc	Desmoldante alta calidad y acabado	Protege formaleta, da excelente acabado al concreto a la vista
	Masterkure 122	Antisol Blanco	Curaseal PF Blanco	Curador gran eficiencia (económico)	Pavimentos, pistas, pisos, estructuras, losas, puentes
	Masterkure 123	Antisol Blanco	Curaseal PF Blanco	Curador normalizado uso general	Pavimentos, pistas, pisos, estructuras, losas, puentes
	Masterkure	Antisol Rojo	Curaseal PF Rojo	Curador alta calidad pisos y clima severo	Ambientes extremos, pisos industriales, pavimentos
	Confilm	SikaFilm	Eucobar	Retardador de evaporación	Ambientes extremos, pisos industriales, pavimentos
	SELLANTES DE JUNTAS	NP 1	Sikaflex-1a / Skflex-11 FC	Vulkem 116	Juntas activas verticales y sobre cabeza
SL 1		Sikaflex-1a CSL	Vulkem 45	Juntas activas horizontales y pisos	Pisos, pavimentos, losas, pasillos, balcones, andenes
Sonomeric 1		Sikaflex 15 LM SL	Vulkem 202	Juntas activas pisos contra gasolina	Aeropuertos, bombas gasolina, puentes, muelles
Masterfill 300		Sikadur 51 SL	Euco 700	Juntas control pisos industriales	Bodegas, talleres, pisos, rampas con tráfico pesado e impacto
Sellalon		Sika Rod	Sellasil Soporte	Base y soporte de llenantes de junta	Para ahorro de sellante y mantener su Factor Forma
Primer 733-766		Sikadur-32 Primer		Primer SL1, NP1 y Sonomeric 1	Donde se requiera mejorar la adherencia del sellante
MS-101 Junta Epóxica		Sikafloor 261+Sikadur 306	Toc 8015 Junta Antiácida	Junta antiácida tablón de gres	Juntas pisos tablón de gres
Masterflex JC		Cinta Sika PVC	Cinta PVC	Juntas activas y aislamiento estructuras	Tanques, piscinas, sótanos, muros, túneles, canales
Combipoxi Banda		Sikadur Combiflex		Juntas activas y aislamiento estructuras	Tanques, piscinas, sótanos, muros, túneles, canales
MORADHESIVOS EPÓXICOS		Concesive Líquido	Sikadur-32 Primer	Epotoc	Pega concreto nuevo a endurecido
	Anvil Bond	Sikadur-32 Primer	Epotoc	Pega concreto nuevo a endurecido	Juntas frías en columnas, vigas, muros de concreto, rellenos
	IP - 102 L	Sikadur-32 Primer L	Epotoc L	Pega concreto nuevo a endurecido	Juntas frías en columnas, vigas, muros de concreto, rellenos
	Concesive 1420	SikaAnchor Fix 4	Euco 452 Gel	Anclaje pernos, dovelas y uso general	Refuerzo antisísmico, fachadas colgantes, anclaje estructural
	Concesive 1430	Sikadur Gel	Euco 452 Gel	Anclaje pernos, dovelas y uso general	Refuerzo antisísmico, fachadas colgantes, anclaje estructural
	Concesive 1380	Sikadur-35 HI MOD LV	Toc 8004 Inyección	Inyección epóxica reparación estructural	Columnas, vigas, muros de concreto agrietados; rellenos, anclajes
	Concesive Pasta	Sikadur-31 Adhesivo	Toc 5010	Pega elementos endurecidos	Reparación concreta, ladrillo, tejas, asbesto-cemento, gres, acero
	Concesive Panel	Sikadur Panel		Masilla epóxica paneles fibro-cemento	Uniones láminas fibro-cemento, yeso, mampostería, acero, madera
	G-10 Grout Epóxico	Sikadur-42 Anclaje	E3F Grout	Anclaje pernos, dovelas y uso general	Fijación pernos, platinas, nivelar maquinaria, sellar huecos
	Premix Mortero	SikaListo Resane	Eucolisto	Mortero pre-empacado uso general	Pañetes, nivelaciones, mampostería, reparaciones

USO	BASF	SIKA	TOXEMENT	Uso principal	Por lo general se aplica
ADITIVOS	Latex Cement	SikaTop-121	Hardtop No 1	Mortero acrílico bajos espesores	Parcheos, reparaciones, maquillajes, afinados @ 1-5 mm
	Masterflow 928 Grout	SikaGrout-212 / 200	Groutoc / Hi Flow Grout	Grout precisión agregado cuarzo	Reparación estructural, hormigueros, base maquinaria
	Embeco 885 Grout			Grout precisión metálico	Base maquinaria con vibración y anclaje de pernos
	Emaco S88 C	SikaTop-122	Verticoat 2	Grout rheoplástico FPP	Reparación y nivelación estructural; anclaje pernos
	Emaco S88 CI	SikaTop-122	Verticoat 2	Grout rheoplástico microsíllice	Reparación y nivelación estructural; anclaje pernos
	Emaco S66 CE	SikaConcrelisto RE	Euco Concrelisto	Grout rheoplástico microsíllice	Fluido inhibidor corrosión
	Emaco T-430		Eucofast	Grout alta resistencia inicial	Reparaciones extra-rápidas de pisos y pavimentos
	Emaco P-24	Sikatop-Armatec	Toc Armadura 6037	Recubrimiento inhibidor corrosión	Protector Acero de Refuerzo-epoxi/cemento
	Pozzoplast	Plastiment VB-40	Euco N	Plastificante y reductor de cemento	Mejora concretos normales y bombeados
	Masterapid	Sikaset L / Plastocrete 169 HE	Acelguard HE	Acelerante de fraguado	Altas resistencias tempranas y finales
Pozzoretard	Plastiment VZ	Euco 75R	Plastificante y retardante de fraguado	Mantiene manejabilidad en clima caliente	
Pozzosuper	Sikament-NS	Eucon 537	Superplastificante y reductor agua	Concretos fluidos o reductor de cemento	
Pozzosuper M	Sikament N100	Eucon 1037	Superplastificante alto rango	Concretos superfluidos o reductor de cemento	
Micro Air 920	Sika-Aer D	Air Toc D	Incluser de aire para impermeabilizar	Concretos y morteros impermeables, mínima exudación	
POLIMÉRICOS	Sistema Polykit	Sistema Sikafloor 261	Sistema Euco epoxy	Sistema pisos epóxicos decorativos multicapa	Piso antipolvo y decorativo almacenes, escuelas, hoteles, clínicas, laboratorio
	Mastertop 1110	Sikafloor 89 CO		Recub epoxi acuoso, sin solventes	Piso antipolvo y decorativo almacenes, escuelas, hoteles, clínicas, laboratorio
	Sonoglaze VOC	Sikauretano	Toc 300 P	Recub Poliuretano alifático, HS, UV	Piso antipolvo y decorativo almacenes, escuelas, hoteles, clínicas, laboratorio
	Procepxi Esmalte	Sikafloor 2430 CO	Eucofloor 115	Recub epixiamida, LH, acabado	Muros y cielorrasos almacenes, laboratorios, escuelas, talleres
	Procepxi Revestimiento	Sikaguard 62		Recub 100% sólidos sin solventes	Tanques agua potable, almacenamiento comida, cumple FDA y NFS

(KUPDF, 2019)





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	observación	
34>																																					
35>																																					
36>																																					

(Elaboración propia)

### **Seguimiento.**

Las consideraciones manifestadas y procedimientos definidos en el presente estudio deben ser corroborados en el proceso de la construcción, por lo que debe contar con el seguimiento del patólogo con una dedicación del 25% durante todo este periodo.

Una vez culminadas las obras se deberán realizar evaluaciones mensualmente durante un año, para observar el comportamiento de la estructura y tomar en el caso de que sea necesario los correctivos correspondientes, este seguimiento igualmente deberá ser realizado por el Patólogo.

### **Presupuesto.**

Se estima que la inversión por metro cuadro equivaldría a \$6.12 SMMV /m<sup>2</sup>. Lo que incluye el reforzamiento de las estructuras de cimentación, columnas y vigas, adecuaciones arquitectónicas, cambio de cubierta, cambio de aparatos sanitarios y tratamientos de lesiones.

El valor por lo tanto de la intervención del coliseo es:

Salario mínimo año 2021      \$ 908 526/SMMV

Área coliseo                      1 200 m<sup>2</sup>

Presupuesto 6.12 SMMV /m<sup>2</sup> \* \$908526/SMMV \* 1200 m<sup>2</sup> =      \$ 6.672'214.944 costo directo

Grado de complejidad              15%

Aiu                                      35%

Total                                    \$ 10.008'322.416

No incluye el costo de la interventoría, trámites de licencias de construcción, permisos ESP, seguimiento profesional patólogo y permisos ambientales.

### **Conclusiones Generales del Estudio**

Los daños observados en la estructura del coliseo Castilla, están asociados con un entorno agresivo y malos procesos constructivos, lo que ha determinado la situación del edificio como crítica, por lo que se puede concluir que se necesitan realizar varias intervenciones que permitan adecuarlo a condiciones de seguridad apropiados.

La capacidad estructural y de deformación de los elementos que hacen parte del sistema de resistencia (cimentación, vigas y columnas), no puede catalogarse como sismorresistente, y debe realizarse urgentemente procesos de tratamiento de las lesiones con el fin de atender los daños observados.

La estructura está afectada por progeria estructural y se requiere su reforzamiento, ya que según los análisis sismorresistentes la edificación es altamente vulnerable.

Las lesiones se pueden catalogar en gran medida como Mecánicas y Físicas.

En este momento la edificación ha entrado en un proceso acelerado de daño y la consecuente pérdida de seguridad incrementando el riesgo para sus ocupantes, esto debido a la afectación del medio ambiente sobre la edificación por lo que se recomienda reducir los aforos al 50%, igualmente la esquina norOriental debe ser objeto de primeros auxilios por su condición de gran riesgo de colapso.

## Bibliografía

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR98 (Vol. N.1). Bogotá, Colombia.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2017). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10. Bogotá, Colombia.
- CYTED. (1997). Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión de Estructuras de Hormigón armado. Rio de Janeiro.
- Rochel Awad, R. (2012). En Análisis y diseño Sísmico de edificios (págs. 28-29). Medellín: EAFIT.

## Referencias

- al, N. e. (2001).
- al., D. e. (2002).
- Alcaldia Mayor de Bogotá. (15 de 05 de 2019). *Mapas Bogota*. Obtenido de <https://mapas.bogota.gov.co/#>
- Bardoux, V. &. (2002).
- Bazzani Arquitectura y Urbanismo. (2017). *Estudio de Vulnerabilidad y Reforzamiento Estructural Coliseo Castilla*. Bogotá D.C.
- CLIMATE-DATA.ORG. (15 de 04 de 2019). *Kennedy Clima*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-norte/estados-unidos-de-america/alabama/kennedy-133571/>
- Davis, G. H. (2004). Tentative Correlation Between CIPW Normin pl. *Tentative Correlation Between CIPW Normin pl (Total Plagioclase) and Los Angeles Wear in Precambrian Midcontinental Granites— Examples from Missouri and Oklahoma, with Applications and Limitations for Use*. Reston, Virginia, Estados Unidos : James D. Bliss, Phillip R. Moyle and Keith R. Long, Editors.
- Dunham. (1962).

- Edier Aristizabal, Barry Roser, Shuichiro Yokota. (15 de Mayo de 2009). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de bdigital portal de revistas UN:  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/10859/11337>
- Goodman. (1980).
- Google. (15 de 04 de 2019). *Google maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@4.7374575,-74.1122502,15z>
- HOME CENTER. (15 de 04 de 2019). *Home Center*. Obtenido de <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/17483/juntas-de-expansion-4-sanitaria>
- IDEAM. (15 de abril de 2019). *Caracterización climática Bogotá*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21135/CARACTERIZACION+CLIMATICA+BOGOTA.pdf/d7e42ed8-a6ef-4a62-b38f-f36f58db29aa>.
- IDIGER. (15 de 04 de 2020). *Inundación*. Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/web/guest/rinundacion>
- IDIGER. (15 de 04 de 2020). *Remoción en masa*. Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/rmovmasa>
- IDRD. (15 de 03 de 2017). *Especificaciones constructiva de Parques*. Obtenido de Capítulo 4:  
<https://www.idrd.gov.co/lineamientos-especificaciones-tecnicas-idrd>
- Irfan. (1996).
- Irfan. (1999).
- K. G. Stagg and O. C. Zienkiewicz, E. W. (1968). *Rock Mechanics in Engineering Practice*. New York.
- KUPDF. (15 de 04 de 2019). *Equivalencias*. Obtenido de [https://kupdf.net/download/equivalencias-sika-basf-toxement\\_5b120f42e2b6f58b4320a06c\\_pdf](https://kupdf.net/download/equivalencias-sika-basf-toxement_5b120f42e2b6f58b4320a06c_pdf)
- Monge, Pedro Ramírez Oyanguren & Leandro Alejano. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*.
- Moropoulou, N. K. (2016). Building Materials Capillary Rise Coefficient: Concepts, Determination and Parameters Involved. En J. M. Delgado, *New Approaches to Building Pathology and Durability* (págs. 27 - 44). Porto: Springer.
- Nesbitt & Young, 1. (1982).
- Osorio, J. D. (20 de Mayo de 2017). *BLOG 360° EN CONCRETO*. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/reaccion-alkali-agregado-un-ensayo-importante-en-la-tecnologia-del-concreto/>

Rao, G. &. (2001).

SIKA. (15 de 04 de 2019). *Reforzamiento de estructuras de concreto*. Obtenido de [https://www.google.com/search?q=encamisado+de+columnas&source=lmns&bih=679&biw=1525&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwis3t\\_F6P\\_qAhU7VTABHeiLBPUQ\\_AUoAHoECAEQAA](https://www.google.com/search?q=encamisado+de+columnas&source=lmns&bih=679&biw=1525&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwis3t_F6P_qAhU7VTABHeiLBPUQ_AUoAHoECAEQAA)

Steel Structures Painting Council, Pittsburgh USA. (2015). *Norma SSPC*. Obtenido de [https://www.google.com/search?q=SSPC-SP-13+/+NACE+N%C2%BA6&sxsrf=AOaemvLPOWATi7RgYtRUov-wLkXitoIUWw:1639002765422&source=lmns&sa=X&ved=2ahUKEwjL2fiModX0AhUPSTABHZhTDtMQ\\_AUoAHoECAEQAg&biw=1519&bih=676&dpr=0.9](https://www.google.com/search?q=SSPC-SP-13+/+NACE+N%C2%BA6&sxsrf=AOaemvLPOWATi7RgYtRUov-wLkXitoIUWw:1639002765422&source=lmns&sa=X&ved=2ahUKEwjL2fiModX0AhUPSTABHZhTDtMQ_AUoAHoECAEQAg&biw=1519&bih=676&dpr=0.9)

*Tentative correlation between cipw normin pl and los angeles wear in precambrian midcontinental granites*. (s.f.).

Universidad Autonoma de Yucatán. (15 de 04 de 2019). Obtenido de <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen8/prediccion.pdf>

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (15 de 04 de 2019). *Revista científica*. Obtenido de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index>

Univesidad Nacional de Colombia. (1979). *Evaluacion de daños producidos por Arboles Ornamentales en pavimientos de la zona norte de Bogotá*. Bogotá D.C.

USGS. (s.f.). *Tentative correlation between cipw normin pl and los angeles wear in precambrian midcontinental granites*.

Vargas, A. J. (2005). *ALTERACIÓN Y ALTERABILIDAD DE LAS ROCAS Y APLICACIÓN EN GEOTECNIA*. LIMA – PERÚ: BOLETÍN TÉCNICO M.I.G -Nº12 (Julio-Diciembre).

Velbe, P. &. (2003).

Victor Cardenes, F. J.-L. (22 de Abril de 2013). *Environmental Earth Sciences*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/236865256>