

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea del CRAI-Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la CRAI-Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Solución de Anclajes de Elementos No Estructurales en la Clínica Oncológica San Diego

Mario Fernando Ortiz Tovar

**Trabajo de investigación para optar el título de Especialista en Interventoría y
Supervisión de la Construcción**

Director

Ingeniero Sergio Gutiérrez Blanco

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Interventoría y

Supervisión de la Construcción

2019

Tabla de Contenido

Resumen.....	10
Palabras claves:	11
Abstract	12
Introducción	13
1. Planteamiento del problema	14
2. Objetivos de la investigación.....	16
2.1 Objetivo general.....	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. Delimitación	16
4. Marcos de referencia	18
4.1 Localización del proyecto	18
4.2 Ubicación del lote y su análisis urbano.....	19
4.3 Área del lote y ocupación	20
4.4 Uso del suelo.....	21
4.5 Altura de la edificación.....	21
4.6 Estado de la edificación	22
4.7 Accesibilidad.....	23
4.8 Análisis del sector	24
5. Marco teórico y conceptual	24
5.1 Estado del arte.....	24
5.1.1 Experiencias: teoría de pertinentes.	25

5.1.2 Antecedentes: referentes y referencias.....	29
5.1.3 Teorías de apoyo al proyecto.	31
5.1.4. Teorías de carácter interdisciplinario.....	32
5.1.5 Tendencias de la arquitectura o la ingeniería contemporánea.	33
6. Marco técnico	35
6.1 Alcance del estudio	35
6.2 Componentes no estructurales	36
6.3 Estado actual de la edificación y fallas de protección de elementos no estructurales	36
8. Marco legal	42
9.1 Propuesta para cielos rasos	43
9.2 Propuesta de anclaje de fachada en mampostería y anclaje de muros divisorios	51
9.3 Propuesta de anclaje y amarre de fachada en vidrio.	59
9.3.2 Propuesta de anclaje y amarre de equipos médicos.	67
9.3.2.1 Cabecero horizontal 3 y 4 vías multiservicios.	67
9.3.2.2 Pilar técnico multiservicios.....	74
.....	75
10. Conclusiones	85

Lista de Tablas

Tabla 1. Subgrupo de ocupación institucional de saludo incapacidad.....	60
Tabla 2. Áreas máximas en m2 por espesor para vidrios colocados verticalmente y soportados en los cuatro lados (espesor del vidrio en mm)	61
Tabla 3. Áreas máximas en m2 por espesor para vidrios templados colocados verticalmente, con relación largo/ancho menor o igual a dos (2) y soportados en los cuatro lados	64
Tabla 4. Ficha Técnica Unidad	68

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación general, Clínica Oncológica San Diego, localidad de Teusaquillo Municipio de Bogotá Distrito Capital. Tomado de: (Google Earth, 2018)	18
Figura 2. Mapa de ubicación específica, Clínica Oncológica San Diego, localidad de Teusaquillo Municipio de Bogotá Distrito Capital. Tomado de: (Google Earth, 2018).	19
Figura 3. Imagen satelital del área donde se localiza el lote. Tomado de: (Google Earth, 2018). 20	
Figura 4. Área donde se localiza el lote.....	21
Figura 5. Fachada principal de la Clínica San Diego primera edificación que se construyó completamente.	22
Figura 6. Fachada principal expansión hospitalización segunda edificación que se adecuo para su operación.....	23
Figura 7. Vías de acceso a la clínica.....	23
Figura 8. Zonas del Hospital Félix Bulnes destruidas por el terremoto. Tomado de: Organización Panamericana de la Salud (2010).....	26
Figura 9. Atención de pacientes en la calle posterior al sismo de México el 8 septiembre 2017. Tomado de: Robles (2017).....	27
Figura 10. Daños estructurales en Popayán ante el sismo de 1983. Tomado de: Erazo (2013) ..	28
Figura 11. Armenia ante el sismo de 1999. Tomado de Flórez (2017).	29
Figura 12. Hospitales del Futuro. Tomado de SEISAMED (2015).....	34
Figura 13. Proyección gráfica de los Hospitales del futuro. Tomado de: Pérez (2013)	35
Figura 14. Zonas de hospitalización y camas de atención ubicadas en el piso 3.....	37
Figura 15. Localización piso 2 zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación	38

Figura 16. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación.	38
Figura 17. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación cabeceros de servicios	39
Figura 18. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación pilar técnico	39
Figura 19. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación monitores multiservicios	40
Figura 20. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación monitores multiservicios	40
Figura 21. Zonas de equipo gases medicinales tanque de oxígeno.....	41
Figura 22. Zonas de equipo gases medicinales tanque de oxígeno-soporte de anclaje	41
Figura 23. Perfiles canaleta metálica que conforma la estructura del cielo raso	45
Figura 24. Tensores en perfil de canal tipo rígidos.....	45
Figura 25. Tipos de fijaciones. Tomado de: Volcan (s.f) Manual de Diseño para Arquitectos. ..	46
Figura 26. Tipos de fijaciones laminas Drywall. Tomado de: Volcan (s.f) Manual de Diseño para Arquitectos.	47
Figura 27. Detalle dilatación lámina con muro perimetral. Tomado de: Volcan (s.f) Manual de Diseño para Arquitectos.....	48
Figura 28. . Detalle fijación encuentro de láminas. Tomado de: Volcan (s.f) Manual de Diseño para Arquitectos.	48
Figura 29. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010).....	49
Figura 30. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010).....	49
Figura 31. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010).....	50
Figura 32. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010).....	51
Figura 33. Fachada principal de la Clínica San Diego.....	51
Figura 34. Zona de mampostería en la fachada.	53
Figura 35. Respuesta sísmica de acuerdo a la ubicación de la clínica. Tomado de Alcaldía Mayor	

de Bogotá y El Fondo de Prevención y Atención de Emergencia (2010).	54
Figura 36. Fachada Principal de la Clínica San Diego	59
Figura 37. Mapa de amenaza eólica: velocidad del viento básico. Tomado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010) Capítulo B-6 - Pág. B-39.	63
Figura 38. Configuración Lámina de Vidrio.....	65
Figura 39. Calculo espesor recomendado del vidrio templado Tomado de: (www.protekt.com.mx).....	66
Figura 40. Consola Cabecera multiservicios existente en la clínica.	67
Figura 41. Consola Cabecera multiservicios existente en la clínica.....	68
Figura 42. Anclaje consola cabecera multiservicios manual del equipo. Tomado de: Arigmed (2016).....	69
Figura 43. Vista lateral anclaje Consola Cabecera multiservicios manual del equipo. Tomado de: Arigmed (2016).....	70
Figura 44. Teoría de anclajes. Tomado de (Hilti, 2016, p. 28).....	71
Figura 45. Clases de anclajes. Tomado de (Hilti, 2016).....	72
Figura 46. Modos de falla. Tomado de (Hilti, 2016).....	73
Figura 47. Modos de Falla de los anclajes. Tomado de (Hilti, 2016).....	73
Figura 48. Factores de influencia en el diseño. Tomado de (Hilti, 2016).....	74
Figura 49. Pilar técnico equipo médico salas de uci.	75
Figura 50. Pilar técnico equipo médico salas de uci.	76
Figura 51. Soporte de anclaje Pilar técnico equipo médico salas de uci	77
Figura 52. Configuración actual anclaje del equipo. Tomado de Hilti (s.f).	78
Figura 53. Configuración actual anclaje del equipo. Tomado de (Hilti, 2016, p. 92).	79

Figura 54. Disposición monitor multiparamedico en salas.....	80
Figura 55. Monitor multiparamedico sin anclaje.	81
Figura 56. Tanque para almacenamiento de oxigeno	81
Figura 57. Tomado de Praxair Technology (s.f).....	82
Figura 58. Ficha Técnica Anclaje Adecuado. Tomado de (Hilti, 2016).....	83
Figura 59. Ficha técnica anclaje químico. Tomado de (Hilti, s.f, p. 126-131).	84

Resumen

El presente trabajo tiene como principal fundamento, dar soluciones a la práctica inadecuada de anclaje de los elementos no estructurales (Cielos rasos, muros de mampostería en fachada, muros divisorios en mampostería, fachada en vidrio, equipos médicos esenciales,) de la Clínica Oncológica San Diego ubicada en Bogotá. En tal sentido, es primordial que estos elementos bien soportados y anclados permitan tener una mayor estabilidad ante posibles caídas, producto de un eventual movimiento sísmico, de esta manera brindar seguridad a las personas y evitar pérdida humana, estructural y económica. Se pretende que las estructuras que no hacen parte del sistema estructural del edificio, tengan un soporte especial que permita mitigar de forma eficiente los daños causados en el momento de un movimiento telúrico. Los elementos no estructurales deben de resistir el impacto del evento geológico de una forma eficaz y eficiente, esto se logra con la utilización de un anclaje adecuado.

La cuantificación de las pérdidas económicas correspondientes a los materiales afectados en un sismo será pieza importante en esta investigación. Se pretende con este estudio, reflexionar sobre la protección de vidas humanas y el buen funcionamiento de la edificación que es destinada a la atención prioritaria de pacientes. Teniendo en cuenta que el diseño sismo resistente debe garantizar que la estructura del hospital no colapse y quede en funcionamiento, especialmente se analiza la pérdida de operatividad resultado de las fallas no estructurales que pueden afectar la integridad de la estructura en general.

El trabajo de investigación pretende mitigar los problemas que ocurren en las edificaciones cuyo uso específico es el de servir como centros de atención prioritaria, por la falta de previsión en los elementos que no conforman o hacen parte de la estructura del edificio. Para los muros de

fachada se realiza el análisis y calculo necesario para determinar el mejor soporte de estos elementos. De igual forma en los cielos rasos se estudia la mejor alternativa de soporte, que mejore y de mayor garantía de estabilidad de la estructura.

Palabras claves: Elementos no estructurales, Sismo, Anclaje, Edificaciones, Estabilidad Estructural, Amenaza sísmica, Grupo de uso, Resistencia.

Abstract

In Colombia, compliance with regulations regarding the design of nonstructural elements is becoming increasingly strict. In addition to this, we must follow the requirements of the Colombian regulations of construction resistant earthquake NSR-10.

In this standard we can find the necessary conditions to meet the anchorages of the non-structural elements in the correct way, we also find the normative requirements to build facades in masonry, dividing walls and breastworks, and also the correct way of anchoring these same elements, all this in order to protect people's lives.

This work is aimed at verifying the current state of the anchorages of the nonstructural elements in order to recommend the most suitable solution, following the necessary regulatory parameters to prevent such elements as masonry facades, dividing walls, glass facades, medical equipment elements and ceiling , may present a risk to the users of the building, which in this case is the San Diego oncology clinic, classified as a priority care construction that must be maintained in service in the event of disasters, earthquakes and emergency situations.

In view of the above, we proceed to the development of the topics aimed at improving the current state of the non-structural elements contained in the scope of this work.

Keywords: A non-structural element, earthquake, Anchorage, buildings, finishes Structural Stability, Seismic threat, Use group, Resistance.

Introducción

Se consideran elementos no estructurales todos aquellos que no hacen parte del sistema estructural o del sistema de resistencia a cargas gravitacionales y sísmicas. En el caso de los hospitales y centros asistenciales de salud, los elementos no estructurales tienen un valor económico mayor que el costo de la estructura, alcanza en promedio alrededor del 60% del costo total de la edificación. (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

Los elementos no estructurales normalmente no generan un riesgo para la estabilidad de la estructura en general, pero si ponen en peligro la integridad de las personas que habitan la edificación, el riesgo se analiza teniendo en cuenta la posibilidad de caerse o volcarse, si están desprendidos, verificando su estabilidad física (como anclajes y soportes), su funcionalidad durante y después del desastre (tanques de almacenamiento de agua, conexiones provisionales, alternativas de funcionamiento).

En este trabajo de investigación se evaluaron los siguientes grupos de elementos no estructurales: Elementos arquitectónicos, anclaje de fachada en mampostería, anclaje de muros divisorios en mampostería, anclaje de fachada en vidrio, anclaje de cielo rasos y anclaje de equipos médicos esenciales. Y debe analizarse como se realizarán dicho anclaje cuando estos ya están contruidos sobre todo en elementos que no se pueden desmontar como la mampostería.

1. Planteamiento del problema

En la construcción de edificaciones de atención prioritaria como hospitales y centros de salud, normalmente no se realiza una supervisión técnica especializada a los elementos no estructurales, lo que genera una mala práctica en el procedimiento constructivo, estos elementos pueden llegar a representar un alto nivel de peligro para las vidas humanas al momento de un sismo tales como los muros divisorios, las puertas, las ventanas, los cielos rasos etc. (Organización Panamericana de la Salud, 2000).

Colombia presenta una incidencia alta de emergencias causadas por sismos, el terremoto de Manizales en 1979, el de Popayán en 1983, el de Armenia en 1999, (MUNDO.COM, 2016) esto demuestra que el país está permanentemente expuesto a los desastres y esto requiere una especial atención al diseño y construcción tanto de los elementos estructurales como los no estructurales de tal forma que se mitiguen los efectos causados por estos eventos impredecibles y así evitar que se provoquen pérdidas humanas y económicas considerables.

A pesar que la Normatividad Colombiana en su Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 en los títulos B - C y D y en el Capítulo A-9 (NSR10, 2010) abarcan todos los análisis necesarios para correcta construcción y anclaje de los elementos tanto no estructurales como estructurales, se encuentran edificaciones, en las que se evidencia que se ha pasado por alto la norma y que los procesos tanto de diseño como constructivos se han hecho sin una verdadera supervisión tanto de los responsables directos de la construcción como de los estamentos encargados de vigilar para que sea posible proteger de los desastres naturales especialmente de sismos a los hospitales, esto se puede lograr si se incluye la reducción del riesgo desde el diseño y durante el proceso de construcción de las nuevas edificaciones, así

mismo reducir la vulnerabilidad en las ya existentes, mediante el acondicionamiento de las instalaciones más necesarias.

Con la modificación de la Norma NSR 10 mediante el decreto 945 de 2017 se busca mejorar la aplicación de la normatividad con la exigencia de que las edificaciones de 2000m² o más, se les realice supervisión técnica que garantice las buenas prácticas de ingeniería y se obtenga la certificación de conformidad de las edificaciones, esto crea la necesidad de realizar una metodología constructiva que permita asegurar la estabilidad de los elementos tanto estructurales como no estructurales en todas las edificaciones especialmente en los centros hospitalarios.

Se deben contemplar metodologías que cumplan con los procedimientos requeridos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR 10 que aseguren el funcionamiento de los elementos no estructurales en los centros de atención prioritaria después de un sismo, esto permitirá que la construcción siga en funcionamiento en el momento más necesario, y que dicha edificación sea un medio protector y no destructor de vidas humanas.

Se debe asegurar que todos y cada uno de los elementos no estructurales cuenten con una metodología constructiva dada por el Reglamento NSR10 que le dé estabilidad y restricción de movimiento ante un sismo lo que permita que se cuente con una resistencia al colapso.

Durante los procesos constructivos se deben aplicar los diseños tanto de los elementos no estructurales como de los estructurales avalados por las curadurías y estos deberán ser contruidos bajo una supervisión técnica permanente en obra.

2. Objetivos de la investigación

2.1 Objetivo general

Realizar el diseño de los anclajes de los elementos no estructurales (cielos rasos, muros de mampostería en fachada, muros divisorios, fachada en vidrio, equipos médicos esenciales) de la Clínica Oncológica San Diego de Bogotá, que permita brindar mayor seguridad que impidan su caída o desprendimiento en caso de un sismo.

2.2 Objetivos específicos

Describir los elementos no estructurales (cielos rasos, muros de mampostería en fachada, muros divisorios en mampostería, fachada en vidrio, equipos médicos esenciales) presentes en la edificación cuyo uso es la Clínica Oncológica San Diego de Bogotá, que requieren intervención de anclajes estructurales por su potencial riesgo de daño a las personas.

Diseñar mediante la normatividad vigente NSR10 los anclajes que permitan dar mayor estabilidad a los elementos no estructurales de la Clínica Oncológica San Diego de Bogotá. Estos diseños serán importantes para realizar las correcciones pertinentes a dichos elementos.

3. Delimitación

3.1 Espacial

El presente trabajo está dirigido específicamente a la Clínica Oncológica San Diego localizada en la Ciudad de Bogotá, sector de Teusaquillo, Avenida Caracas con calle 34. La clínica objeto de estudio se tomó como ejemplo para soportar toda la investigación, en la cual se realizaron

registros fotográficos, visitas guiadas y análisis de los elementos no estructurales de los diversos espacios que conforman la edificación; los mismos se documentaron para fundamentar el presente estudio.

3.2 Temporal

Para efectos de la presente investigación, se hizo referencia a los sucesos sísmicos acontecidos en Colombia desde 1979, a fin de analizar el comportamiento de los elementos no estructurales en las edificaciones en general. En la investigación se utilizó un tiempo de seis meses para su realización, un mes se empleó en la toma de los registros necesarios, incluye los levantamientos en sitio, documentación fotográfica, información documental del proyecto, dos meses se emplearon en el desarrollo del documento soporte de la investigación y tres meses en todo lo relacionado con las conclusiones y soluciones al problema.

3.3 Circunstancial

La principal motivación para realizar este trabajo es contribuir con la protección de vidas humanas, que es uno de los principales objetivos básicos de la ingeniería civil; además, revisar bajo la normatividad vigente colombiana NSR 10 , la forma como se diseñan y construyen los elementos no estructurales en las edificaciones y así resguardar su integridad y duración.

4. Marcos de referencia

4.1 Localización del proyecto

El lugar específico de la investigación se encuentra en la Ciudad de Bogotá en la diagonal 33 BIS A 14-37 Clínica Oncológica San Diego localizada en la localidad de Teusaquillo, compuesta por una edificación cuyo uso específico es el de Clínica de atención prioritaria (ver figura 1).

Inicialmente la clínica empezó su funcionamiento con un área construida de 600m^2 por piso y compuesta por tres niveles y cubierta para un total de 2.400m^2 , donde se desarrollaban todas las actividades de operación. Con la afluencia de pacientes y las estrategias de mercadeo implementados por la Clínica, se amplió el área de hospitalización en un lote contiguo donde se lograron diseñar otros tres niveles y cubierta de construcción con un total de 2.500m^2 en total la clínica posee 4.900m^2 de área construida dedicada a la operación propia de acuerdo al uso.

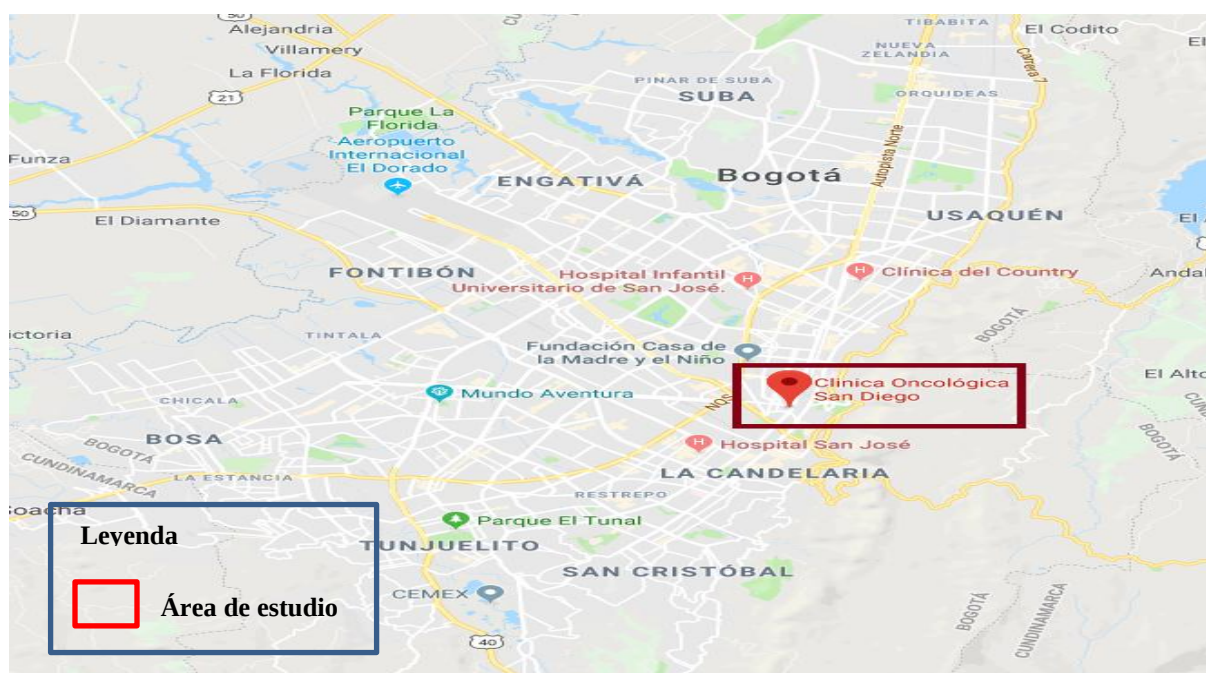


Figura 1. Mapa de ubicación general Clínica Oncológica San Diego. Localidad de Teusaquillo Municipio de Bogotá Distrito Capital. Tomado de: (Google Earth, 2018).



Figura 2. Mapa de ubicación específica Clínica Oncológica San Diego. Localidad de Teusaquillo Municipio de Bogotá Distrito Capital. Tomado de: (Google Earth, 2018).

4.2 Ubicación del lote y su análisis urbano

El proyecto se encuentra ubicado en la localidad 13, Teusaquillo en la ciudad de Bogotá (ver figura 2 y 3), es un sector que posee amplios andenes, adornado de jardines y grandes árboles, la mayoría de las edificaciones están conformadas por casas antiguas que fueron construidas en el siglo pasado.



Figura 3. Imagen satelital del área donde se localiza el lote.

Tomado de: (Google Earth, 2018).

En esta zona se encuentran locales comerciales como Bancos, Organizaciones no Gubernamentales (ONG), empresas pequeñas de servicios, jardines infantiles, clínicas y otras viviendas dedicadas al uso residencial.

La localidad esta categorizada como estrato cuatro (4), las viviendas son en su totalidad en concreto y ladrillos, con techos en su mayoría de teja tipo española, lo que le da un contexto colonial, cuenta con todos los servicios básicos de agua potable, alcantarillado, luz, gas natural, teléfonos.

4.3 Área del lote y ocupación

El predio cuenta con un área total construida de 4.900m^2 distribuidos en 2.400m^2 en la

construcción antigua y en 2.500m² en la construcción nueva, cada una de las construcciones cuenta con tres niveles y cubierta, no tiene sótanos ni parqueaderos (ver figura 4).

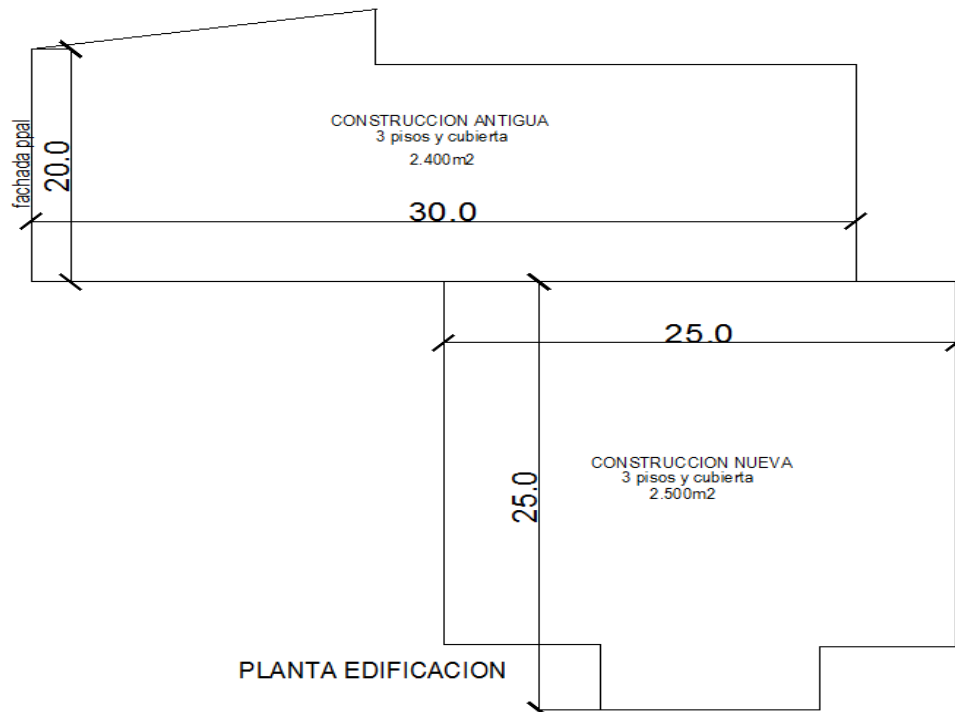


Figura 4. Área donde se localiza el lote.

4.4 Uso del suelo

El predio tiene como uso la operación de la clínica Oncológica San Diego, donde funciona la clínica, las oficinas de administración y las áreas de mantenimiento y equipos.

4.5 Altura de la edificación

El proyecto cuenta con tres niveles y cubierta en el área de hospitalización y consultorios de medicina general. Cada nivel tiene una altura de 2.5mts con una altura total de 7.5mts en el punto más alto.

4.6 Estado de la edificación

La clínica Oncológica San Diego es el producto de la compra de cuatro predios aledaños que fueron modificándose y construyéndose a medida en que se iban ampliando los servicios a prestar, inicialmente se compraron dos casas que conforman el terreno que actualmente ocupa la clínica y se demolieron completamente para construirla mediante un sistema de vigas y columnas con placas de 10cm y vigas descolgadas de 40cm todo en concreto reforzado, con la compra del siguiente predio se expandió la clínica hacia este intercomunicándolo por medio de un corredor y formando el área de oficinas y administración, el segundo predio se conservó en su fachada y cubierta colonial y solo se modificaron algunos espacios interiores. Con la compra del cuarto predio se ampliaron los servicios de hospitalización y se crearon dos niveles más a la casa original, se realizaron los entrepisos mediante la implementación de estructura metálica con columnas en este mismo material, la cubierta se conservó por ser estilo colonial típico del barrio (ver figura 5 y 6).



Figura 5. Fachada principal de la Clínica San Diego.
Primera edificación que se construyó completamente.



*Figura 6. Fachada principal expansión hospitalización.
Segunda edificación que se adecuo para su operación.*

4.7 Accesibilidad



Figura 7. Vías de acceso a la clínica.

La clínica cuenta con vías de accesibilidad amplias bien pavimentadas y señalizadas, las cuales desembocan a la avenida Caracas que es una de las vías más importantes de la ciudad de Bogotá por su conectividad de norte a sur y viceversa. El sector donde está construida la clínica, es un sector de mucha afluencia vehicular que presentan congestión en horas pico (ver figura 7).

4.8 Análisis del sector

La localidad de Teusaquillo se ha caracterizado por ser un sector tranquilo, de mucha concurrencia de público por la gran cantidad de establecimientos de todo tipo que prestan servicios de diferente índole, la arquitectura predominante es un tipo colonial con casa con tejados tipo español, en algunos sectores estas casa han sido catalogadas como patrimonio cultural de la ciudad y no pueden ser modificadas, en el área de afluencia del proyecto, encontramos casas típicas y edificaciones que han modificado el entorno con sus diseños de 3-4 y 5 pisos, altura máxima permitida en el sector. Al ser originalmente estas casas de un área muy grande, los constructores han aprovechado esta bondad para realizar proyectos de apartamento, densificando el sector con edificios que fácilmente pueden llegar a tener 20 apartamentos en una sola torre.

5. Marco teórico y conceptual

5.1 Estado del arte

El presente trabajo se fundamenta a partir de las investigaciones realizadas en torno a los sismos que han causado daños estructurales en diferentes países del mundo, lo que ha formado una especie de lecciones aprendidas que contribuyen con la idea de que un sismo es un evento natural que no se puede predecir. En tal sentido, con el paso de los años los fenómenos naturales destructivos como el sismo, cada vez atraerán nuevos modelos investigativos que arrojaran nuevas formas de preparación humana y material ante eventos de desastres inesperados.

5.1.1 Experiencias: teoría de pertinentes.

Las experiencias que se ha recopilado en el estudio del caso específico se basan en los eventos de desastres ocurridos en diferentes partes del mundo y que han llevado a diversas edificaciones al límite máximo de emergencia.

A pesar que mucho se habla de la necesidad de mantener estos establecimientos en pie para la atención en el momento de un desastre, se ha encontrado que gran parte de los hospitales en la mayoría de países son conformados por edificaciones que no cumplen con un sistema sismo resistente, que son vulnerables a este fenómeno natural y que normalmente no tienen un control de parte de las instituciones encargadas de su vigilancia, que les permita cumplir con los requerimientos de permanecer en servicio ante eventualidades de emergencia.

En tal sentido, algunos eventos sísmicos ocurridos en países como México, Pakistán, Costa Rica, Chile, Colombia, entre otros; las edificaciones hospitalarias han dejado de funcionar en un 50% o 60% debido a que no cumplen con las exigencias antes mencionadas, y las mismas se reseñan a continuación:

Pakistán: El 8 de octubre de 2005 se produjo un terremoto de 7.6 grados en la escala de Richter, en segundos pueblos completos quedaron destruidos, 73.000 personas perdieron la vida, se encontraban en funcionamiento 796 hospitales de los cuales 388 se destruyeron completamente. Los estudios realizados a las edificaciones arrojó que la mayoría de las ciudades estaban construidas en terrenos inestables, pero solo se determinó esto debido a lo sucedido y no porque se hubiesen realizado estudios al respecto. La falta de previsión y la falta de un sistema de mitigación del riesgo en los hospitales generó el caos total en Pakistán (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

Después del sismo se tomaron medidas para la reconstrucción de las ciudades, entre estas

medidas estaba la exigencia de cumplir con la normatividad sismo resistente para los hospitales. Partiendo del estudio del suelo donde se iban a construir las nuevas ediciones, hasta la implementación de un código sismo resistente que les permitiera cumplir con una resistencia al colapso ante las fuerzas de la naturaleza.

Chile: El 27 de febrero de 2010 en las ciudades de Curanipe y Cobquecura se registró un sismo de magnitud 8.8 en la escala de Richter se destruyeron más de 500.000 viviendas y más de 2 millones de heridos. En la parte de los hospitales se perdió la capacidad de atender 4.249 camas y 171 pabellones de atención prioritaria (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

A continuación se anexan algunas imágenes del Hospital Félix Bulnes en Chile posterior al sismo (ver figura 8). Es necesario acotar que la red de urgencias terminó atendiendo los pacientes en los patios de la vivienda a la intemperie.



Figura 8. Zonas del Hospital Félix Bulnes destruidas por el terremoto.
Tomado de: Organización Panamericana de la Salud (2010).

México: 8 septiembre 2017. Al menos 98 personas fallecen en el terremoto de 8,2 registrado en México y epicentro en Chiapas. El sismo se sintió en la capital del país como en los países

límites. Este sismo dejó la gran parte de la infraestructura hospitalaria en malas condiciones, al punto que los hospitales debieron atender los pacientes en la calle debido a las condiciones de inestabilidad de las edificaciones (ver figura 9).



Figura 9. Atención de pacientes en la calle posterior al sismo de México el 8 septiembre 2017. Tomado de: Robles (2017).

Colombia: En Colombia se han dado sucesos de terremotos fuertes, se citan los dos más importantes y su incidencia en las estructuras hospitalarias: Terremoto de Popayán sucedido el 31 de marzo de 1983 a una escala de Richter de 5.5. En esta ocasión los servicios de salud de Popayán no fueron suficientes y se debieron trasladar los heridos hasta la ciudad de Cali. Los grandes daños en las estructuras se dieron en las construcciones que estaban construidas en Adobe (ver figura 10). (El Tiempo, 1999, p. 1).

Por otra parte, el terremoto de Armenia ocurrido el 25 de enero de 1999 de magnitud 6.1 (ver figura 11) más de 1230 personas murieron y 5.300 heridos. No se cuenta con reportes de daños causados a los establecimientos hospitalarios pero si fueron insuficientes ya que se tuvo que acudir a hospitales de Pereira, Manizales e Ibagué. (El Tiempo, 1999, p. 1).

La ciudad de Bogotá siendo la capital del país tampoco se encuentra preparada para atender

un evento de gran magnitud de desastre, la mayoría de hospitales operan sin ningún control por parte de las instituciones encargadas de hacer las verificaciones del caso, solo en el caso de la clínica San Diego que se tomó como referencia para el presente estudio y toda las fallas que se



Figura 10. Daños estructurales en Popayán ante el sismo de 1983.

Tomado de: Erazo (2013).

encontraron por la poca previsión en las instalaciones, por la imprevisión en las edificaciones que han sido en su mayoría adaptadas para este servicio, especialmente en la ciudad capital son contados los hospitales que han sido contruidos desde cero para prestar el servicio de atención al público ya que muchos de ellos han sido adaptaciones de construcciones que en un periodo de su vida útil fueron vivienda residencial y que después de muchos años de construidas se convirtieron en clínicas y hospitales, lo que conllevó a realizar adaptaciones improvisadas y de poca confiabilidad en sus instalaciones y que hoy en día sin haberse suscitado un evento de

terremoto importante, presentan problemas de falta de mantenimiento y de falta de precaución y preparación ante una emergencia. (El Tiempo, 1992, p. 1).



Figura 11. Armenia ante el sismo de 1999.

Tomado de Flórez (2017).

5.1.2 Antecedentes: referentes y referencias.

Partiendo de la primicia de que un hospital o clínica que tiene servicios de atención prioritaria, debe ser una edificación que continúe funcionando en el evento de un desastre natural sea cual sea su naturaleza o causa, se han realizado estudios sobre el caso. La mayoría de estos estudios los ha realizado la Organización Panamericana de la Salud y sus documentos Hospitales Seguros ante desastres naturales.

Cuando los hospitales no pueden cumplir con su función de emergencia en el momento en que más se necesita, se comprometen los servicios más críticos y se pierden vidas innecesariamente. (Organización Panamericana de la Salud, 2000).

En términos de mitigación de desastres, normalmente, los elementos que conforman un hospital o clínica está compuesto por: 1) Elementos estructurales: que hacen parte de la estructura de la edificación y que se encargan de dar la resistencia sísmica esencial para seguridad al edificio, dentro de estos elementos encontramos: vigas, columnas, muros de carga, refuerzos, cimientos entre otros; y 2) Elementos no estructurales: que no hacen parte de los sistemas estructurales pero que cumplen la función de mantener la edificación en funcionamiento. Dentro de estos elementos encontramos: los cielorrasos y muros divisorios en mampostería, las ventanas, puertas, el sistema eléctrico, el sistema hidráulico, el sistema de desagües de aguas, el sistema de gases medicinales, el sistema de comunicación, equipos, plantas de emergencia, tanques de almacenamientos etc. (Organización Panamericana de la Salud, 2007)

También se han analizado los factores que ponen en riesgo a la clínica Oncológica San Diego Entre ellos se encuentran:

Las edificaciones: para nuestro caso en Colombia se tiene en cuenta la zonificación en que está construida la edificación ya que la NSR10 clasifica el país por zonas de amenaza sísmica.

Los pacientes: Se analiza que normalmente los hospitales se encuentran llenos de pacientes las 24 horas del día y los 30 días al mes, lo que hace necesario su funcionamiento permanente. En el evento de un desastre, la afluencia de pacientes incrementa, esto genera represamientos y demoras en la atención, obligándolos a adecuar espacios como los corredores que no son los indicados para brindar un buen servicio.

Personal de salud: El recurso dinero en los hospitales es muy escaso y la contratación de personal médico calificado es de vital importancia, generalmente los hospitales cuentan con el personal justo y necesario para atender el uso normal de la edificación, de acuerdo generalmente al número de camas con que se cuentan, pero en el evento de un desastre, lo primero que falta es el recurso humano ya que al duplicarse la necesidad de atención, dificulta la prestación del servicio de una forma adecuada.

Los equipos médicos: Estos hacen parte de los elementos no estructurales que son esenciales que continúen en funcionamiento en caso de un desastre, los equipos médicos, de laboratorio, de atención esencial, normalmente son muy costosos y no se consiguen de forma rápida, deben ser pedidos muchos de ellos con anterioridad, el daño en estos equipos acarrea que la edificación deje de prestar sus servicios en las zona donde se presenten las fallas.

Servicios Vitales: Conformados por los servicios tales como energía, agua, gases medicinales, calefacción, comunicaciones entre otros., estos servicios casi que corresponden al 80% del funcionamiento de hospital, de ellos depende que los equipos médicos puedan seguir funcionando, que se cuente con los servicios básicos de agua y evacuación de agua residuales y basuras generadas, los gases medicinales son esenciales para la recuperación de pacientes y las salas de cirugía, sin ellos no se podrían realizar operaciones de urgencias. (Organizacion Panamericana de la Salud, 2000).

5.1.3 Teorías de apoyo al proyecto.

En estudio realizado en el Perú sobre análisis de la vulnerabilidad sísmica en hospitales, se definieron teóricamente 3 tipos de riesgos que mencionamos aquí: 1) Riesgo para la vida: Catalogado por los objetos, equipos, instalación, muebles o elementos que pueden lesionar a

alguna persona durante el sismo, 2) Riesgo de pérdida del bien: Conformado por la pérdida económica en caso de que el bien afectado por el sismo sufra daño parcial o total y 3) Riesgo de pérdida funcional: Conformado por la interrupción de los servicios básicos que al faltar pondrán en riesgo el funcionamiento de las distintas áreas del hospital (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

Otra teoría válida para el presente estudio es la citada por (Stewart, 2010), en su informe: Reducción de Riesgos en Componentes no Estructurales de los Hospitales para casos de Terremotos, la cual se tomó como aspectos privativos de los hospitales ya que destaca los siguientes aspectos: a) Complejidad: Los Hospitales son edificios muy complejos que se usan como hoteles, oficinas, laboratorios y depósitos, b) Ocupantes: En los hospitales se encuentra mucha gente entre paciente, empleados, médicos, visitantes, c) Servicios públicos: Los hospitales sin electricidad, combustible, agua, comunicaciones y libertad del movimiento para entrar y salir del edificio no podrían funcionar, y d) Materiales peligrosos: Los hospitales manejan muchos materiales peligrosos tales como fármacos y sustancias químicas que al caer o combinarse pueden generar incendio.

5.1.4. Teorías de carácter interdisciplinario

En este aspecto se revisaron los diferentes actores que se entrelazan para dar solución al tema de investigación. En primera instancia, encontramos a los proveedores de materiales tales como cielos falsos, láminas, perfiles metálicos y sistemas de anclajes, que suministran parte de los acabados de la edificación, a estos proveedores se les debe integrar en su diseño de soporte inicial de tal forma que modifiquen su manera de anclaje de estos materiales para que brinden seguridad ante sismos.

Por otra parte, los estamentos de vigilancia y control tales como las curadurías urbanas, las alcaldías locales, las oficinas de control urbano, las secretarías municipales de planeación, las personerías entre otras, deben supervisar cada uno de estos aspectos mediante el seguimiento y estricto cumplimiento de la NSR10 desde la construcción del edificio hasta su puesta en funcionamiento, para que de esta manera se garantice la seguridad y la operación permanente de todos los sistemas que conforman un hospital.

En este orden de ideas, parte muy importante en este aspecto de control es el departamento de mantenimiento interno, todo hospital debe tener uno y debe interactuar con toda las especialidades que involucren los servicios básicos del hospital, este departamento debe generar informes de gestión que ayuden a hacer un seguimiento constante del estado de las instalaciones del hospital, generando reportes y solicitudes de mejoras a la gerencia del hospital.

5.1.5 Tendencias de la arquitectura o la ingeniería contemporánea.

Dentro del desarrollo arquitectónico se ha estudiado la manera de evolucionar en el tema hospitalario, se plantean modernas instalaciones que deben partir de una edificación nueva y no partir de una reforma de una edificación, se pretende que los hospitales desde su concepción sean edificaciones bien planeadas, diseñadas para su uso y muy organizadas en su estructura y en sus espacios (ver figura 12 y 13), de tal forma que sean instituciones enfocadas a ser espacios de bienestar.



Figura 12. Hospitales del Futuro.

Tomado de SEISAMED (2015).

La construcción hospitalaria para el futuro debe ir aún más allá de cumplir con normas y requisitos, para no ser únicamente una máquina curativa sino lo que podría tomarse como todo un espacio de bienestar (SEISAMED, 2015).

A medida que la tecnología va a avanzando, nuevos diseños y nuevos materiales se van aplicando a las edificaciones hospitalarias, de tal forma que se deben convertir en un sitio acogedor para el paciente, con toda la tecnología de punta que sea necesarias para el confort del paciente, existen innovadores tipos de materiales que se empiezan a aplicar en las nuevas instalaciones hospitalarias que cada vez son más limpias, se pueden observar habitaciones más confortables, sin elementos que puedan caer y afectar el paciente, iluminaciones especiales y espacios más grandes para facilitar la movilidad del paciente y el personal médico. También se trabaja en el acondicionamiento de los servicios básicos de energía, agua, calefacción, gases

medicinales entre otros, los cuales deben ser instalados cumpliendo toda la normatividad vigente, cumpliendo los estándares de calidad de los materiales usados y garantizando su funcionamiento en cualquier evento (Pérez, 2013).



Figura 13. Proyección gráfica de los Hospitales del futuro.

Tomado de: Pérez (2013).

6. Marco técnico

6.1 Alcance del estudio

En la presente investigación se pretende abarcar el estudio de los siguientes elementos no estructurales de la clínica objeto de estudio: cielos rasos, muros de fachada en mampostería y antepechos, muros divisorios en mampostería, fachada en vidrio y equipos médicos esenciales.

6.2 Componentes no estructurales

El término *no estructural* hace referencia a los elementos de un edificio que están unidos a lo estructural sin ser estructural tales como (ventanas, cielos rasos, puertas, etc.) y las que cumplen funciones esenciales en el edificio (plomería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o que simplemente están dentro de las edificaciones (equipos médicos, equipos mecánicos, muebles, etc.), consiguiendo por lo tanto ser agrupados en tres categorías: 1) componentes arquitectónicos, 2) instalaciones y 3) equipos. (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

En el caso de los centros asistenciales, los componentes no estructurales representan un valor económico superior al costo de la estructura. Según análisis efectuados en diferentes estudios, el valor de los componentes no estructurales constituye en promedio más del 80% del costo total del hospital (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

6.3 Estado actual de la edificación y fallas de protección de elementos no estructurales

6.3.1. Análisis de cielos rasos.

En el piso 1, 2 y 3 áreas de hospitalización y uci, se puede observar en la (figura 14) que se tienen cielos rasos falsos en Drywall sobre las salas de hospitalización, lo cual puede ser crítico en el momento de un terremoto, ya que los desprendimientos del techo caerían directamente sobre los pacientes. Por otra parte, se observa que se tienen divisiones en vidrio sin ninguna protección contra rompimiento, caída, desprendimiento.

Además en caso de ocurrir un sismo caería directamente sobre el paciente, los elementos como monitores y tableros de conexiones están simplemente adosados al muro sin ninguna

protección adicional que no le permita la caída. Es importante anotar que estos elementos al caerse se dañan y quedaría la zona deshabilitada.



Figura 14. Zonas de hospitalización y camas de atención ubicadas en el piso 3.

6.3.2 Análisis de equipos médicos.

Los equipos médicos especialmente los de las salas de recuperación, salas de cirugías, uci, son los inmobiliarios que más requieren que queden en servicio en el momento de una eventualidad de desastre ya que son los que prestan el servicio a los pacientes, los médicos, enfermeras y demás no podrían brindar la atención necesaria sin esto equipos funcionando, por esto la importancia de que estén bien anclados para soportar el remezón del sismo.

Para este caso se analizó los equipos médicos ubicados en la planta del piso 2 y el tanque de oxígeno ubicado en la planta de primer piso (ver figura 15 y 16).

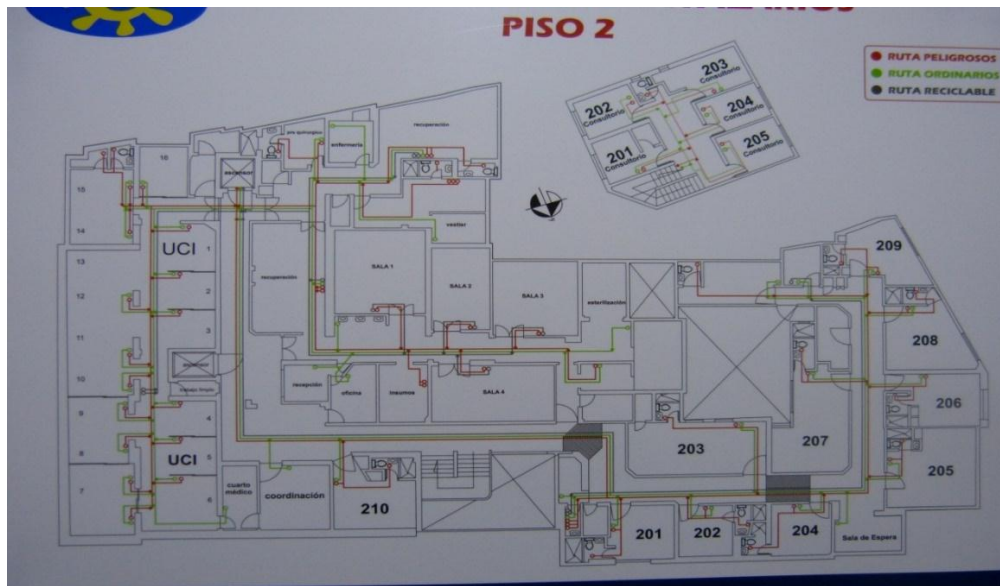


Figura 15. Localización piso 2 zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación.



Figura 16. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación.



Figura 17. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación cabeceros de servicios.

Los pilares técnicos son otro tipo de equipos que se encuentran anclados al piso directamente, y sobre él se apoyan varios elementos (ver figura 17 y 18). En la propuesta se diseñaron los anclajes que deben ser colocados en este tipo de elemento.



Figura 18. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación pilar técnico.

Los monitores en las salas de uci también están sin ningún tipo de anclaje solo están apoyados en una base que esta soportada por pie de amigos aparentemente bien soportados (ver figura 19 y 20), se dio solución a como sostener el monitor para evitar caídas en caso de un sismo, es muy importante este elemento ya que se encuentra en la cabecera de las camas y pueden caer sobre el paciente.



Figura 19. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación monitores multiservicios.



Figura 20. Zonas de equipos médicos-uci-salas de recuperación monitores multiservicios.

6.3.3. Equipo de gases medicinales.

Otro elemento importante a analizar su anclaje es el tanque que suministra oxígeno al hospital, está compuesto por un tanque en lámina de 5mts de altura el cual se encuentra sin ningún tipo de anclaje en su base de apoyo (ver figura 21 y 22), se determinara que tipo de anclaje es el necesario para mantenerlo en pie en caso de un sismo, ya que representa un peligro en el momento de un sismo ya que puede voltearse y terminar dañando la misma edificación y lastimando personas.



Figura 21. Zonas de equipo gases medicinales tanque de oxígeno.



Figura 22. Zonas de equipo gases medicinales tanque de oxígeno-soporte de anclaje.

7. Marco conceptual

El presente espacio, tiene como objeto referenciar los aspectos conceptuales que se emplearon al momento de realizar el diagnóstico de la investigación. Partiendo de la edificación analizada se recopiló la mayor cantidad de datos posible para el diagnóstico y solución al problema; los archivos fotográficos fueron base fundamental para la fase de levantamiento del estado actual de la edificación y diagnostico final.

Este trabajo de investigación está basado en la importancia de la protección de las vidas humana en el momento de un terremoto, es por ello que se sugiere mejorar los problemas de anclajes y soportes de los elementos no estructurales que están dentro del alcance del presente estudio, encaminados a proteger la vida de las personas que utilizan estas instalaciones hospitalarias.

7.1 Diagnóstico del problema

El diagnóstico del problema estará estructurado en las siguientes etapas: 1). Levantamiento y recopilación de la información, mediante registros fotográficos y documentación técnica de tipo bibliográfica, 2). Reconocimiento del sitio problema, 3). Comprensión del comportamiento y fallas de la edificación con respecto al uso que se realiza día a día y 3). Diagnóstico.

8. Marco legal

La delimitación legal de la monografía se apoya en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10.

Las normas internacionales para hospitales se basan en la certificación de la Joint Commission

International (JCI) que es un ente certificador de la seguridad del paciente y la calidad de la atención médica (Joint Commission International, 2010).

Las normas nacionales que aplican para la infraestructura en salud en Colombia son:

1. Medidas sanitarias generales: ley 09 de 1979
2. Res. 445 del 96 y Dec.2240 de 1996
3. Res.2003 del 2015 Condición habilita en infraestructura
4. Decreto 318 de 2006 Plan maestro de equipamiento en salud para Bogotá. Decreto 553 de 2012 modificatorio.
5. Normativa Residuos hospitalarios Resolución 1164 del 2002
6. Normativa sismo resistencia NSR10
7. Normativa manejo gases medicinales NTC5318
8. Normativa Sistemas Eléctricos RETIE instalaciones eléctricas. Resolución 90708 de agosto 30 de 2013.NTC2050-Código Eléctrico Nacional.
9. Sistemas Hidrosanitarios NTC1500-Codigo Colombiano de Fontanería. RAS (Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico)

9. Realización y síntesis de la propuesta

A continuación se desarrollan las soluciones a las problemáticas planteadas en los ítems anteriores.

9.1 Propuesta para cielos rasos

Como se pudo observar la clínica presenta en la mayoría de sus espacios techos con cielo raso en Drywall tanto en el primer, segundo y tercer piso, estos elementos para que mantengan su

estabilidad a la hora de un sismo deben estar muy bien anclados y estructurados de tal forma que los movimientos horizontales y verticales no los afecten y se desprendan. En los eventos de sismos que se han generado en diferentes países, se nota que estos elementos que componen los cielos rasos en yesos tienden a caerse y colapsar muy fácilmente, provocando que el área donde está instalado quede deshabilitada y lo que es más complicado provocando lesiones a los pacientes.

Teniendo en cuenta esta primicia, se plantea que la clínica estudiada tenga un sistema de suspensión del cielo raso mucho más estructurado con unas luces entre los perfiles estructurales más pequeñas y unos anclajes al techo más efectivos y seguidos, para esto se realiza el diseño del espacio del segundo piso que sería igual que el primer piso y tercer piso, en donde se plantea la posibilidad de tener unas canaletas principales de carga separadas cada 0.80mts (la distancia normal es de 1.20mts) y una canaleta secundaria a una distancia de 0.30mts (la distancia normal es de 0.50mts), adicional a esto se proponen unos tensores de tipo rígido localizados cada 0.30mts x 0.80mts de acuerdo a la distancia de las canaletas y lo más pegado posible a la placa de techo a la que se van a suspender para evitar movimientos excesivos. . Se realiza el cálculo y diseño de los anclajes del cielo raso teniendo en cuenta el capítulo A-9 de la NRS10 (ver Apéndice K).

La estructura de la clínica y en la zona donde esta soportado el cielo raso es una placa de 0.15mts con vigas descolgadas de 0.40mts, la estructura del cielo raso se soportaría tanto en la placa como en las vigas (ver Apéndice A y B).

Los perfiles tanto secundarios como primarios tendrán las siguientes características (ver figura 23).

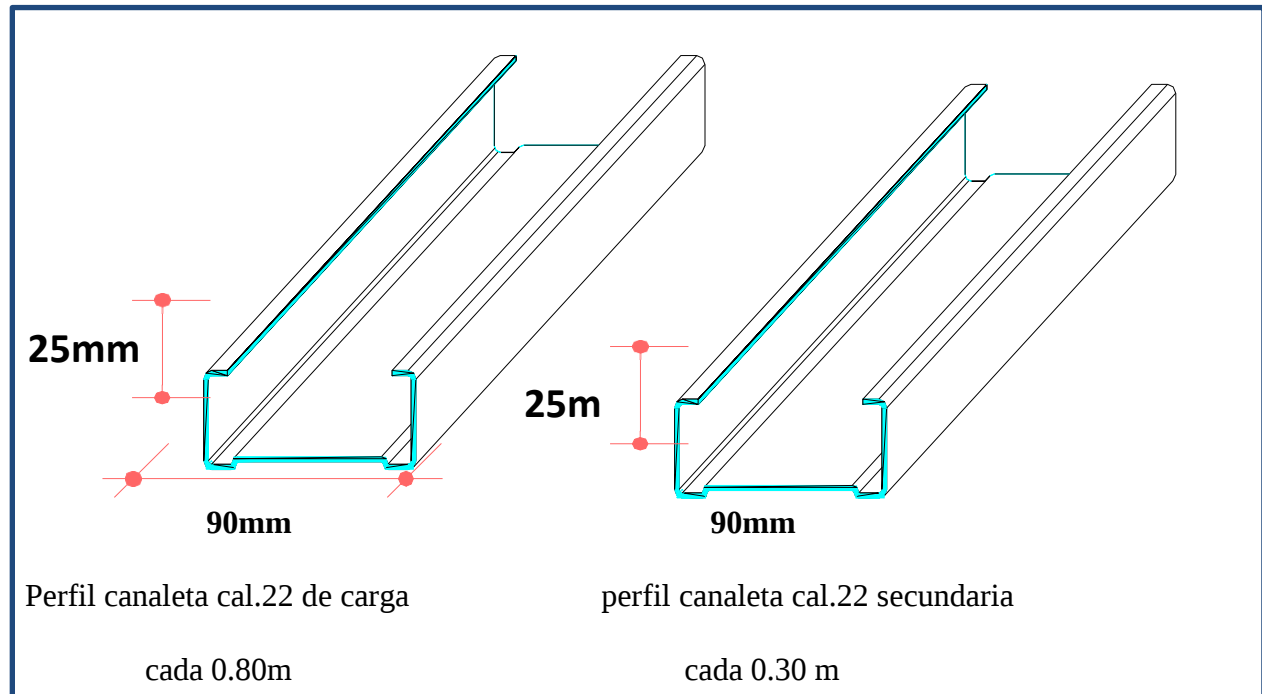


Figura 23. Perfiles canaleta metálica que conforma la estructura del cielo raso.

Los tensores serán tipo rígido formados con el mismo material de la canaleta secundaria calibre 22 (ver figura 24).

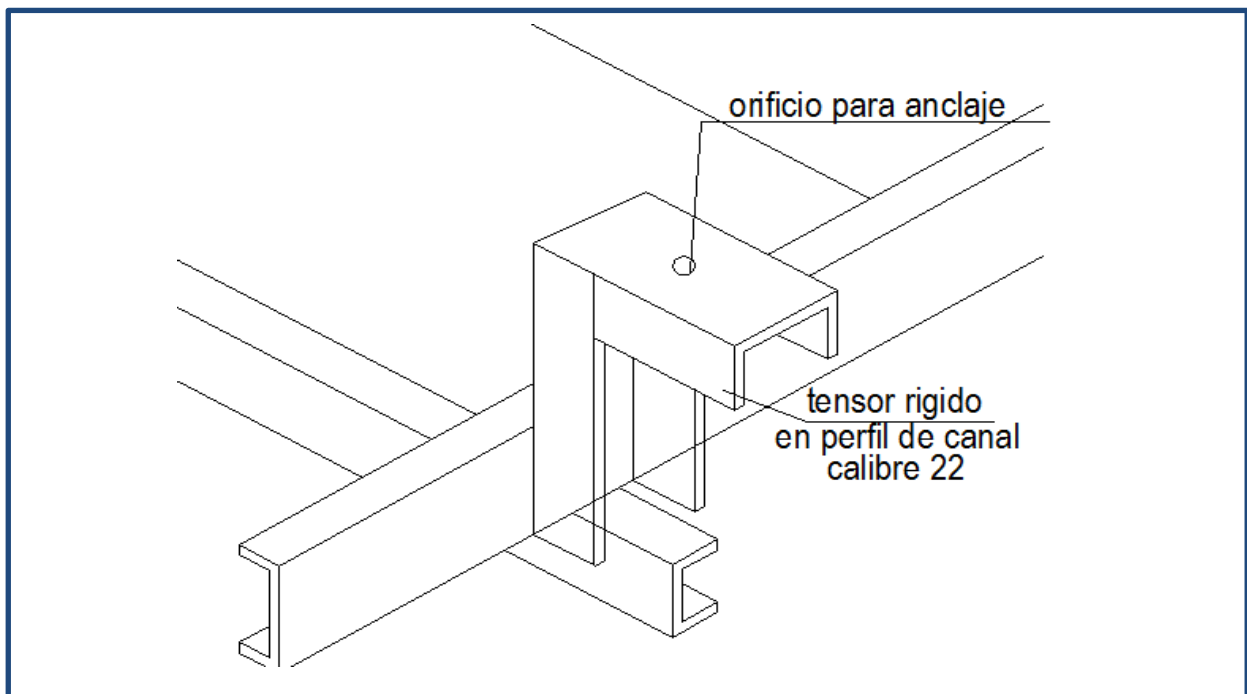


Figura 24. Tensores en perfil de canal tipo rígidos.

Terminado el entramado del Drywall quedaría de acuerdo al apéndice B asociado a los Cielos rasos sus detalles 4 y 5.

Los pernos de fijación a la losa tendrían un diámetro de $\frac{1}{2}$ " por una longitud de 3cm de acuerdo a memorias de cálculo realizada, se pueden utilizar del tipo clavo para fijación con pistola de impacto o anclaje de nylon de expansión rápida.

1. La fijación entre perfiles se realizara con tornillo autorroscante de cabeza extraplana y punta aguda para perfil cal.22 tornillo No8 x1-1/4".
2. Las láminas de Drywall serán de espesor 8mm y dimensiones de 2.40mts x 1.22mts.
3. Para la fijación de las láminas se recomienda que el eje longitudinal de la lámina quede perpendicular al sentido de los perfiles secundarios.

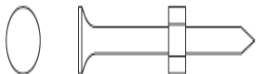
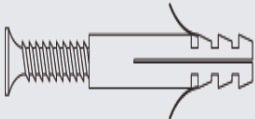
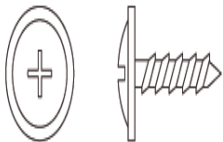
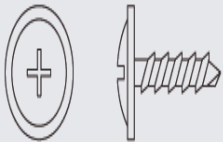
FIJACIÓN A LOSAS		Clavo para fijación con pistola de impacto Diámetro $\frac{1}{2}$ " Longitud 1" y 1 $\frac{1}{4}$ "
		Anclaje de nylon de expansión rápida Diámetro $\frac{1}{2}$ " Longitud 1 $\frac{1}{2}$ " y 1 $\frac{1}{4}$ "
FIJACIÓN ENTRE PERFILES		Tornillo autorroscante de cabeza extraplana y punta aguda para perfiles cal. 22 a 26 Nº 8 x $\frac{1}{2}$ "
		Tornillo autorroscante de cabeza extraplana y punta de broca para perfiles cal. 14 a 20 Nº 8 x $\frac{1}{2}$ "

Figura 25. Tipos de fijaciones. Tomado de: Volcan (s.f) Manual de Diseño para Arquitectos.

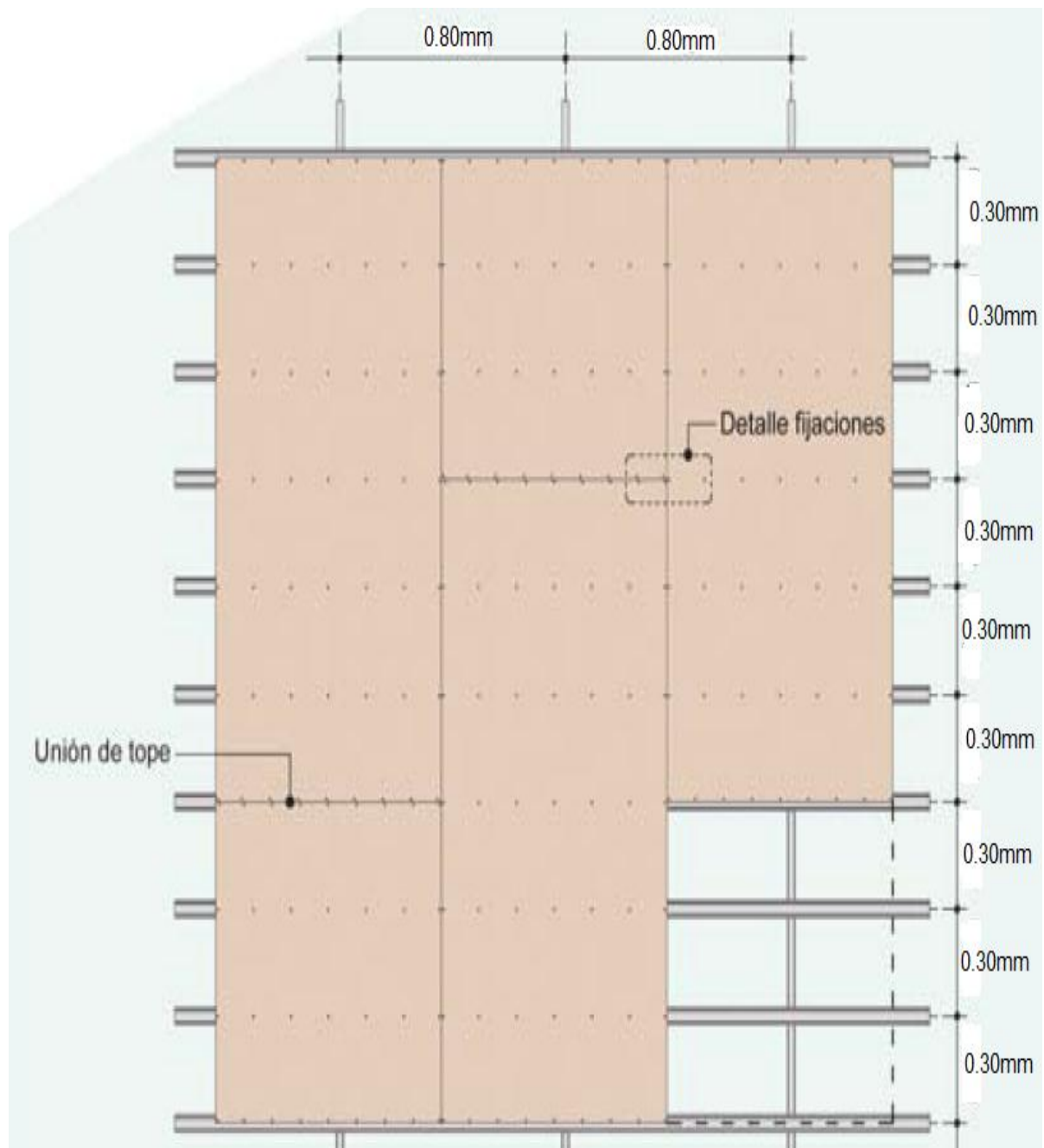


Figura 26. Tipos de fijaciones laminas Drywall. Tomado de: Volcan (s.f) Manual de Diseño para Arquitectos.

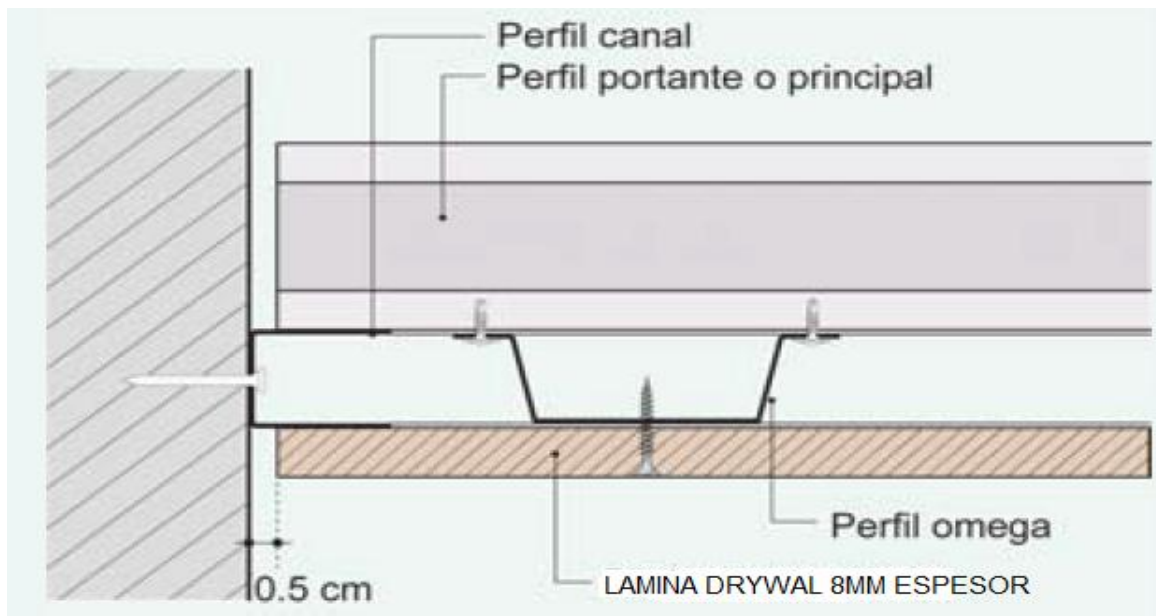


Figura 27. Detalle dilatación lámina con muro perimetral. Tomado de: Volcan (s.f) Manual de Diseño para Arquitectos.

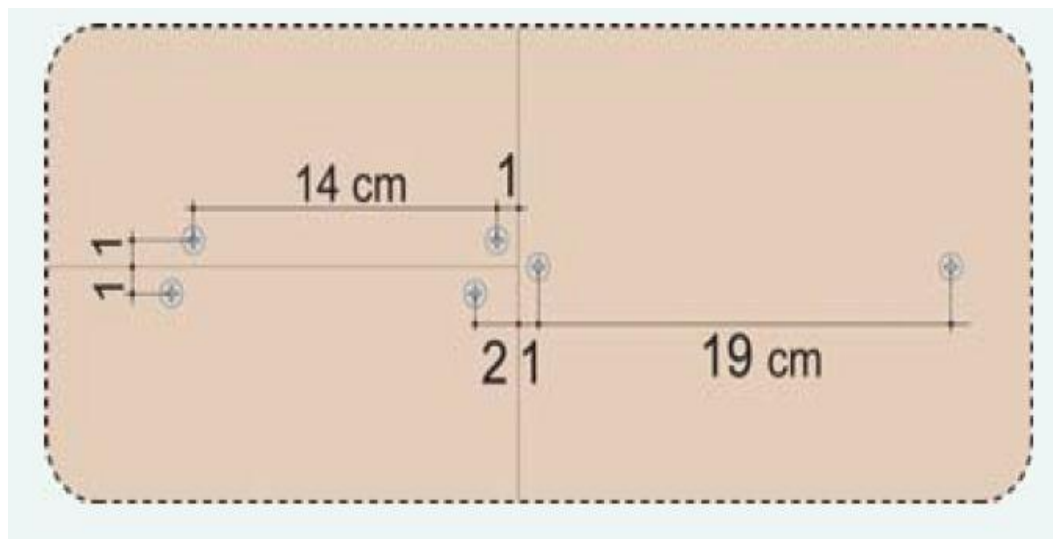


Figura 28. . Detalle fijación encuentro de láminas. Tomado de: Volcan (s.f) Manual de Diseño para Arquitectos.

4. El encuentro entre láminas debe ser a tope y no considerar dilatación alguna. En los encuentros con muros perimetrales, se hará dilatación de 5mm. (ver figura 27).

5. Las láminas deben ubicarse alternadamente, para que las uniones de tope no queden en una sola línea.

9.1.1 Memoria de diseño de elementos no estructurales cielo raso.

La vulnerabilidad de estos elementos se determina por su capacidad de resistencia y daño, dependiendo de su nivel de desempeño mínimo requerido, su nivel de seguridad, funcionalidad y estabilidad después del evento sísmico (ver figura 1).

Tabla A.9.2-1
Grado de desempeño mínimo requerido

Grupo de Uso	Grado de desempeño
IV	Superior
III	Superior
II	Bueno
I	Bajo

Figura 29. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010).

9.1.2 Fuerzas sísmicas de diseño, tipo de anclaje y coeficiente de amplificación.

La fuerza sísmica de diseño esta determinada por:

$$F_p = \frac{a_x a_p}{R_p} g M_p \geq \frac{A_a I}{2} g M_p \quad \text{y en donde} \quad a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) h_x}{h_{eq}} \quad h_x \leq h_{eq}$$

$$a_x = S_a \frac{h_x}{h_{eq}} \quad h_x \geq h_{eq}$$

h_{eq} puede estimarse simplídicamente como $0.75 h_n$.

Figura 30. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010).

El coeficiente de capacidad de disipación de energía mínimo R_p , se determina por la Tabla

A.9.5-1 de la NSR-10. (NSR10, 2010) . Para cielos rasos solo se puede aplicar el coeficiente de amplificación dinámica (a_p) de 1.0, que según el grado de desempeño de la estructura el tipo de anclaje será de tipo no dúctil (ver figura 31).

Coeficiente de capacidad de disipación de energía mínimo R_p , se determina por la Tabla A.9.5-1 de la NSR-10.

Coeficiente de amplificación dinámica, a_p , y tipo de anclajes o amarres requeridos, usado para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , para elementos arquitectónicos y acabados

Elemento no estructural	a_p	Tipo de anclajes o amarres para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , mínimo requerido en A.9.4.9		
		Grado de desempeño		
		Superior	Bueno	Bajo
Fachadas				
• paneles prefabricados apoyados arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• en vidrio apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• lámina en yeso, con costillas de acero	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas solo abajo	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽¹⁾
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas solo abajo	2.5	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽¹⁾
• mampostería no reforzada, confinada por la estructura	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽²⁾
Muros que encierran puntos fijos y ductos de escaleras, ascensores, y otros	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Muros divisorios y particiones				
• corredores en áreas públicas	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
• muros divisorios de altura total	1.0	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
• muros divisorios de altura parcial	2.5	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Elementos en voladizo vertical				
• áticos, parapetos y chimeneas	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Anclaje de enchapes de fachada	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos
Altillos	1.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Cielos rasos	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Anaqueles, estanterías y bibliotecas de más de 2.50 m de altura, incluyendo el contenido				
• Diseñadas de acuerdo al Título F	2.5	Especiales	Dúctiles	No requerido ⁽³⁾
• Otras	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Tejas	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾

Figura 31. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010).

Los anclajes para los cielos rasos deben realizarse por medio de pernos de fijación. A

continuación se evidencia el diseño de anclaje para el cielo raso suspendido en entramado metálico que posee un peso de 50kg/m² según la NSR-10, figura B.3.4.1-1 (ver figura 32 y apéndice K).

Cargas muertas mínimas de elementos no estructurales horizontales – Cielo raso

<i>Componente</i>	<i>Carga (kN/m²) m² de área en planta</i>	<i>Carga (kgf/m²) m² de área en planta</i>
<i>Cielo raso</i>		
Canales suspendidas de acero	0.10	10
Ductos mecánicos	0.20	20
Entramado metálico suspendido afinado en cemento.	0.70	70
Entramado metálico suspendido afinado en yeso.	0.50	50
Fibras acústicas	0.10	10
Pañete en yeso o concreto	0.25	25
Pañete en entramado de madera	0.80	80
Tableros de yeso	0.0080 (por mm de espesor)	8 (por cm de espesor)
Sistema de suspensión de madera.	0.15	15

Figura 32. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010).

9.2 Propuesta de anclaje de fachada en mampostería y anclaje de muros divisorios



Figura 33. Fachada principal de la Clínica San Diego.

Se analizaron las formas en las cuales se deben anclar los elementos no estructurales de la fachada que en este caso está compuesto por muros en mampostería sin amarres, antepechos de cubierta sin anclajes (ver figura 33 y 34).

En este sentido, es muy importante mencionar que los elementos no estructurales de fachada son los que más generan accidentes y daños a las persona ya que están inmediatos a las zonas de salidas y evacuación de la clínica. Por este sitio deben de pasar todos y cada una de las persona que se encuentren en el edificio en caso de una evacuación por emergencia, quedando expuestos a las posibles caídas de estos elementos y más si la evacuación es por sismo.

Para este análisis se toma como apoyo el manual de diseño de muros divisorios y de fachadas en mampostería según Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR10 (2010) desarrollado por Ladrillera San Fe para lograr un adecuado anclaje de los elementos no estructurales de la fachada y además se realizara el cálculo de los elementos de fachada, muros divisorios y antepechos de cubierta.



Figura 34. Zona de mampostería en la fachada.

La mampostería debe ser anclada y separada de los elementos estructurales de forma adecuada; entre los elementos no estructurales como la mampostería y los elementos estructurales como las columnas y vigas, se debe dejar un aislamiento en icopor cuyo espesor depende de las consideraciones de deformaciones respecto a deriva que tienen las edificaciones cuyo límite por normativa está trazado en el 1% , depende también de la altura de los muros y las características del material estructural principal y secundario.

En este orden de ideas, es importante acotar que en el capítulo A-9 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 se dan los parámetros para especificar el tipo de grado de desempeño que se espera de los muros tanto divisorios como de fachada, estos están dados de la siguiente manera: 1). *Calculo de los elementos no estructurales de fachada y muros divisorios*: La vulnerabilidad de estos elementos se determina por su capacidad de

resistencia y daño, dependiendo de su nivel de desempeño minimo requerido, su nivel de seguridad, funcionalidad y estabilidad despues del evento sismico y 2). *Determinación del espectro de diseño*: De acuerdo a la ubicación de la clinica, su respuesta sismica se clasifica dentro de un grupo de la microzonificacion bogotana nombrado como “Piedemonte B” (ver figura 35).

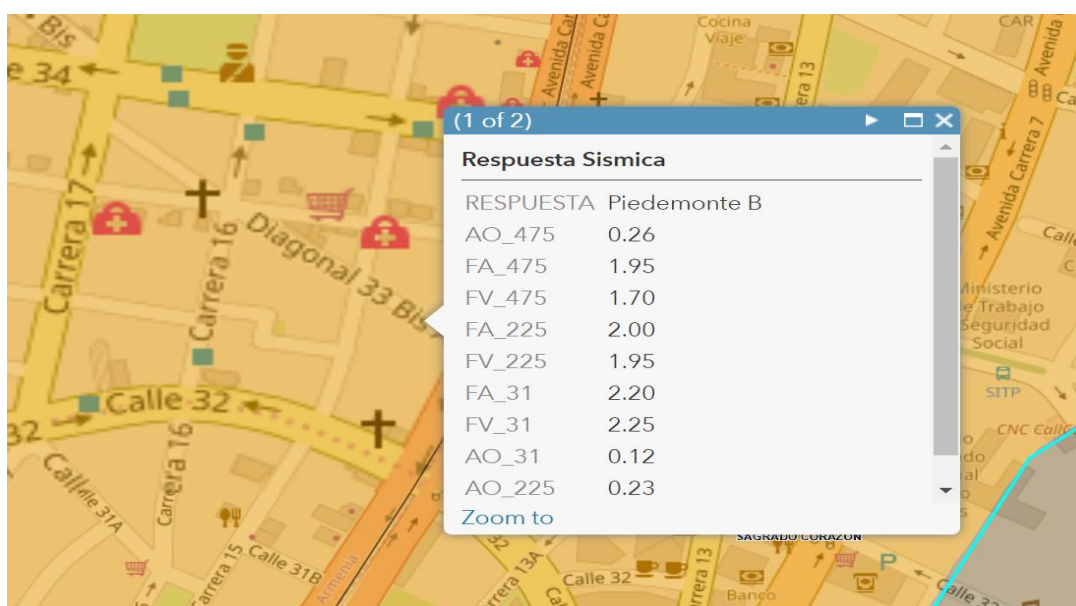


Figura 35. Respuesta sísmica de acuerdo a la ubicación de la clínica.

Tomado de Alcaldía Mayor de Bogotá y El Fondo de Prevención y Atención de Emergencia (2010).

Sobre la base en las caracterisiticas definidas en la microzonificacion y para el grupo de uso definido (IV), se determina el espectro de diseño que aplica para la determinacion de las demandas sismicas hacia los elementos estrucutrales y

los no estructurales.

Es asi como el proyecto tiene unas aceleraciones espectrales de diseño de 1.10 veces la

aceleración de la gravedad y para lo cual se calculan las demandas sísmicas involucradas en las consideraciones de diseño de los elementos no estructurales. El coeficiente de importancia I se toma de la tabla A.2.5.1. Capítulo A.2.5.2. NSR-10 de acuerdo al uso de la edificación que para el presente caso el uso es IV. Según A.2.5.1.1. Grupo IV Edificaciones Indispensables (ver Apéndice L) Todas las edificaciones que componen hospitales, clínicas y centros de salud.

1. *Grados de desempeño*: A.9.2.1 definición del desempeño, se denomina desempeño el comportamiento de los elementos no estructurales de la edificación ante la ocurrencia del sismo de diseño que la afecte. El desempeño se clasifica en los siguientes grados:

Superior — Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es mínimo y no interfiere con la operación de la edificación debido a la ocurrencia del sismo de diseño.

Bueno — Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es totalmente reparable y puede haber alguna interferencia con la operación de la edificación con posterioridad a la ocurrencia del sismo de diseño.

Bajo — Es aquel en el cual se presentan daños graves en los elementos no estructurales, inclusive no reparables, pero sin desprendimiento o colapso, debido a la ocurrencia del sismo de diseño (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010, p. 88).

9.2.1 Fuerzas sísmicas de diseño, tipo de anclaje y coeficiente de amplificación.

9.2.1.1. Fuerzas sísmicas de diseño — Los elementos arquitectónicos y acabados y sus anclajes a la estructura deben diseñarse para resistir las fuerzas sísmicas reducidas de diseño de acuerdo a la ecuación (A.9.4-1)

9.2.1.2. Tipos de Anclajes elemento no estructural — Los anclajes y amarres de los muros no estructurales de fachada, a la estructura de la edificación y a los muros interiores, deben ser capaces de resistir las fuerzas sísmicas reducidas de diseño obtenidas por medio de la ecuación (A.9.4-1) y además deben tener la suficiente ductilidad y capacidad de rotación para aceptar desplazamientos, en cada piso, entre su base y la parte superior, iguales a la deriva de diseño. El muro debe ser capaz de resistir la flexión que le imponen las fuerzas sísmicas reducidas de diseño actuando en una dirección perpendicular al plano del muro.

Como se puede apreciar para el grado de desempeño requerido no se permiten elementos en fachadas consistentes en mampostería no reforzada, y por lo cual la fachada existente es altamente vulnerable al presentar esta característica. Para solventar esta vulnerabilidad, a la luz de la normativa actual, la recomendación es realizar la labor de anclaje de la mampostería existente de tal forma que se logre el propósito de tener elementos más firmes que brinden mayor seguridad y estabilidad a la fachada.

En tal sentido, la fuerza sísmica de diseño está determinada por:

$$F_p = \frac{a_x a_p}{R_p} g M_p \geq \frac{A_a I}{2} g M_p$$

$$a_x = A_s + \frac{(S_a - A_s) h_x}{h_{eq}} \quad h_x \leq h_{eq}$$

$$a_x = S_a \frac{h_x}{h_{eq}} \quad h_x \geq h_{eq}$$

h_{eq} puede estimarse simplícidamente como $0.75 h_n$.

y en donde

$$(A.9.4.1.NSR10)$$

$$(A.9.4.2.NSR10)$$

9.2.1.3. Tipos de anclaje según el valor de r_p permitido para el elemento no estructural

Los sistemas de anclaje de los elementos no estructurales deben tener capacidad de disipación de

energía en el rango inelástico y ductilidad compatible con el nivel mínimo de R_p requerido para el elemento no estructural. A continuación se indican algunos de los tipos de anclaje empleados en el medio y su grado de aceptabilidad para los diferentes valores de R_p :

9.2.1.4. Especiales ($R_p = 6$) — Se trata de anclajes diseñados siguiendo los requisitos del Título F para estructuras acero estructural para capacidad de disipación especial (DES). Deben cumplirse todos los requisitos dados allí para permitir este valor de R_p .

9.2.1.5. Dúctiles ($R_p = 6$) — Cuando el anclaje se realiza por medio de anclajes profundos que emplean químicos (epóxicos), anclajes profundos vaciados en el sitio, o anclajes vaciados en el sitio que cumplen los requisitos del Capítulo C.21. No se permiten los pernos de expansión ni anclajes colocados por medios explosivos (tiros). Anclajes profundos son aquellos en los cuales la relación entre la porción embebida al diámetro del perno es mayor de 8. Este tipo de anclajes debe emplearse cuando el elemento no estructural es dúctil.

9.2.1.6. No dúctiles ($R_p = 1.5$) — Cuando el anclaje se realiza por medio de pernos de expansión, anclajes superficiales que emplean químicos (epóxicos), anclajes superficiales vaciados en el sitio, o anclajes colocados por medio explosivos (tiros). Anclajes superficiales son aquellos en los cuales la relación entre la porción embebida al diámetro del perno es menor de 8. Dentro de este tipo de anclajes se encuentran las barras de acero de refuerzo con ganchos en los extremos que se embeben dentro del mortero de pega de la mampostería. Este tipo de anclajes se permiten cuando el elemento no estructural no es dúctil. Si se utilizan en elementos no estructurales dúctiles, éstos deben diseñarse para el mismo valor de $R_p = 1.5$.

9.2.1.7. Húmedos ($R_p = 0.5$) — Cuando se utiliza mortero, o adhesivos que pegan directamente al mortero o al concreto, sin ningún tipo de anclaje mecánico resistente a tracción.

Para el diseño de los muros de fachadas, antepechos de cubiertas y muros interiores.

9.2.2 Detalles de anclajes de los elementos no estructurales muros interiores y de fachada.

Para el detalle de los anclajes de muros de fachada y muros divisorios (ver Apéndice D y E).

9.2.3 Recomendaciones para muros de fachada y muros divisorios.

1. Colocar anclajes para todos los niveles de diámetro $\frac{1}{2}$ " colocados cada 2 celdas (esto para bloques de perforación vertical de arcilla) o máximo cada 30cm. (ver Apéndice D).
2. Se colocaron dovelas en toda la altura del muro de diámetro $\frac{3}{8}$ " cada 2 celdas o máximo cada 30cm. (ver Apéndice D).
3. Se coloca refuerzo horizontal en grafil de diámetro 4mm cada 3 hiladas o máximo cada 80cm. (ver Apéndice D).
4. Se debe disponer en cada zona de anclaje de un bloque de icopor contra el elemento estructural superior de altura 10cm. (ver Apéndice D).
5. Los anclajes deben ser embebidos en una longitud de 15cm y se dispondrá un anclaje con epoxico. (ver Apéndice D).

9.2.4 Recomendaciones para antepechos de cubierta.

1. Se colocaran dovelas en toda la altura del antepecho de diámetro $\frac{1}{2}$ " cada 3 celdas o máximo cada 30cm (ver Apéndice D).

2. Se colocaran refuerzos horizontales en grafil de diámetro 4mm cada 3 hiladas o máximo cada 60cm (ver Apéndice D).
3. Los anclajes deben ser embebidos en una longitud de 15cm y se dispondrá un anclaje con epoxico. (ver Apéndice D).

9.3 Propuesta de anclaje y amarre de fachada en vidrio.



Figura 36. Fachada Principal de la Clínica San Diego

La fachada de vidrio de la clínica está conformada por actualmente por unos perfil en aluminio anclados desde el piso hasta continuar la cubierta inclinada también en vidrio, el perfil se basa en una sección rectangular de aluminio con unas pestañas que permiten soportar sobre ellas los vidrios de cerramiento, estos vidrios van anclados al perfil mediante una banda elástica, en las uniones de sección de vidrio también se soporta o ancla mediante banda elástica.

Se puede observar que a pesar que la estructura en aluminio está amarrada con la estructura de

la cubierta dando una continuidad monolítica, el amarre o anclaje de las secciones de vidrio no son los más adecuados, ya que la banda elástica no brinda la seguridad que necesita, adicional a esto son vidrios comunes (recocidos) con color gris para oscurecer un poco pero no poseen una película de seguridad, ni son templados (ver figura 36).

Inicialmente se revisara la normatividad del Título K de la NSR10 en cuanto a seguridad y preservación de la vida de los ocupantes y usuarios de las diferentes edificaciones (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, 2010, p. 7).

De acuerdo a su grupo de ocupación la edificación se clasifica como Institucional I-2 clínicas *K.2.6.3.-subgrupo de ocupación institucional de salud o incapacidad (i-2)* - En el Subgrupo de Ocupación Institucional de Salud o Incapacidad (I-2) se clasifican las edificaciones o espacios empleados en el cuidado o tratamiento de personas con limitaciones físicas por edad avanzada o deficiencias de salud. En la tabla K.2-10 se presenta una lista indicativa de edificaciones que deben clasificarse en el Subgrupo de Ocupación (I-2).

Tabla 1.

Subgrupo de ocupación institucional de salud o incapacidad

Hospitales	Ancianatos
Sanatorios	Guarderías
Clínicas	Dispensarios
Centros de Salud	Laboratorios Clínicos
Centros para Discapacitados	Hospicios
Puestos de Primeros Auxilios	Otros similares
Orfanatos	

Nota: tomado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título K - p. K-7 (2010).

El Título K numeral 4 incluye unos requisitos especiales para el uso de los vidrios en

interiores y fachadas, especialmente en los espesores y áreas de las láminas de vidrio.

Tabla 2.

Áreas máximas en m² por espesor para vidrios colocados verticalmente y soportados en los cuatro lados (espesor del vidrio en mm)

Region ^a					Presión producida por el viento kN/m ²	Área del vidrio en m ²						
1	2	3	4	5		3mm	4mm	5 mm	6 mm	8 mm	10 mm	
□	□	□	□	□	0.50	4.4 0	6.60	9.00	12.1 8	19.7 6	-	
□	□	□	□	□	0.75	2.8 5	4.27	5.76	7.72	11.5 2	14.58	
□	□	□	□	□	1.00	2.0 0	3.03	3.92	4.99	7.22	9.59	
	□	□	□	□	1.25	1.5 5	2.18	2.76	3.59	5.31	6.85	
	□	□	□	□	1.50	1.1 8	1.62	2.06	2.76	4.06	5.45	
		□	□	□	2.00	0.7 3	1.08	1.38	1.84	2.88	3.92	
		□	□	□	3.00	0.4 3	0.63	0.86	1.16	1.84	2.65	
			□	□	4.00	0.3 0	0.47	0.62	0.87	1.42	1.97	
				□	5.00	0.2 3	0.38	0.50	0.70	1.09	1.50	
					7.00	0.1 7	0.26	0.35	0.50	0.81	1.10	

Nota: tomado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título K – p. 43 (2010).

Bogotá se encuentra clasificada en la zona 2 con una velocidad promedio del viento de 80km/h de acuerdo al Título B de la NSR-10 (ver figura 33). Los vidrios instalados en la clínica tienen un espesor de 3mm con un área de 1.2mts x 0.60mts=0.72m² según la tabla 5 el espesor estaría adecuado y aunque están soportados en sus cuatro lados no es el anclaje más adecuado para evitar caídas.

El Título K en el numeral 4.2.6 se recomiendan las áreas máximas que se pueden utilizar en las láminas de vidrio, estos valores de área máxima se dan para cada espesor y para varios valores de presión de viento, indicando los intervalos de presión para cada región en la que se ubica la edificación, de acuerdo con la clasificación de las velocidades de viento de diseño especificadas en el Mapa de Amenaza Eólica de la figura B.6.5.1. Considerando que la presión del viento actúa por un solo lado de la lámina.

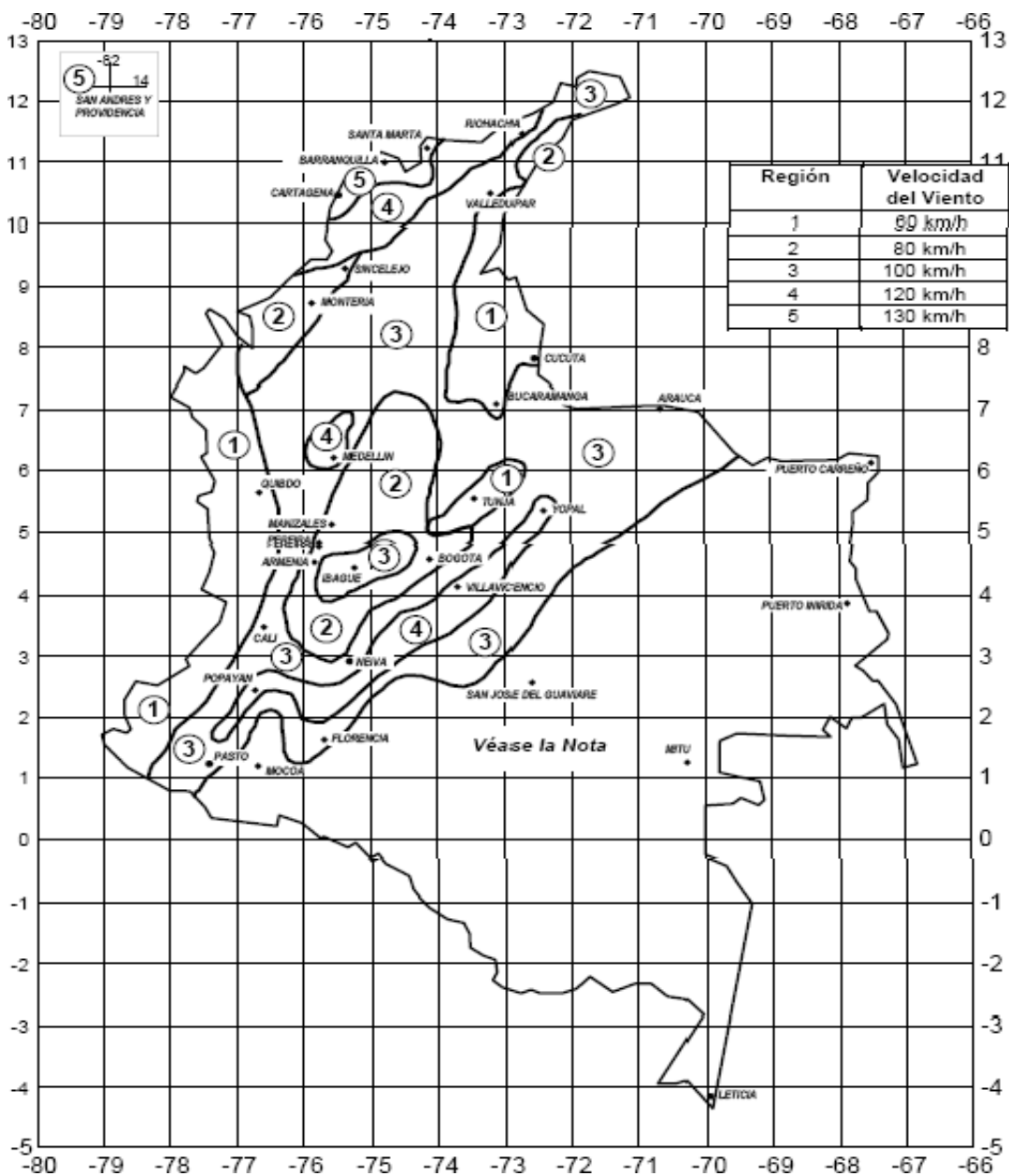


Figura 37. Mapa de amenaza eólica: velocidad del viento básico.

Tomado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010)
Capítulo B-6 - Pág. B-39.

Tabla 3.

Áreas máximas en m² por espesor para vidrios templados colocados verticalmente, con relación largo/ancho menor o igual a dos (2) y soportados en los cuatro lados

Región ^a					Presión producida por el viento kN/m ²	Área del vidrio en m ²					
1	2	3	4	5		3 mm	4mm	5	6 mm	8 mm	10
								mm			mm
					2.00	4.40	6.60	9.00	12.18	19.76	-
					3.00	2.85	4.27	5.76	7.72	11.52	14.58
					4.00	2.00	3.03	3.92	4.99	7.22	9.59
					5.00	1.55	2.18	2.76	3.59	5.31	6.85
					6.00	1.18	1.62	2.06	2.76	4.06	5.45

NOTA: a El signo • indica que en la región especificada en el Mapa de Amenaza Eólica de la Figura B.6.5.1, marcada con el mismo signo se pueden presentar presiones de viento con magnitud igual al valor del renglón correspondiente de cada tabla, en contraste las casillas que NO están marcadas con el signo indican que en esa región no se presentan presiones de magnitud igual ni superior al valor del renglón correspondiente de cada tabla. Tomado de: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010) Título K.4- Pag.K-44.

Para la propuesta de anclaje de la fachada en vidrio se utilizara vidrio templado de espesor 3mm resistente a una presión del viento de 2.00 Kn/m², un área máxima de 2.0m², se deberán usar juntas o dilataciones que garanticen que no se transmitirán cargas a los vidrios debido a movimientos de la estructura.

El Título K en su numeral K.4.3.2. Exige el uso exclusivo de vidrios de seguridad laminados o templados, en ventanas, puertas, barandas, antepechos, marquesinas, y, en general, en toda aplicación donde se requiere cumplir una o ambas de las condiciones siguientes:

1. Evitar el peligro de que ocurran heridas graves en caso de rotura.
2. Obtener la mayor resistencia a esfuerzos mecánicos o choques térmicos.

Específicamente para la clínica se aplicaría este numeral ya que se debe evitar que los usuarios puedan tener riesgo de sufrir accidentes por ruptura de los vidrios que componen parte

de la fachada, ver propuesta de anclaje y amarre de la fachada de vidrio (ver Apéndice F).

9.3.1 Descripción de la propuesta de anclaje.

Debido a que actualmente los perfiles que soportan los vidrios en la clínica son ángulos en L donde se apoya el vidrio y se asegura con sellante, la propuesta de anclaje de estos vidrios será con spiders y un tubo redondo de aluminio de diámetro 3" que soporta verticalmente las uniones de las láminas de vidrio.

Como la fachada en vidrio es continua con la cubierta, se propone separar la fachada de la cubierta con un perfil metálico de 100mm x 50mm con una longitud de 5mts que se instalaría horizontalmente de extremo a extremo de la fachada en vidrio, soldado a los perfiles existentes laterales para dar mayor firmeza.

En cada unión de las láminas de vidrios se manejó una junta libre o separación entre sí de las láminas, estas laminas en estos puntos estarán soportadas por spiners en aluminio con un tubo en aluminio de diámetro 3" y una longitud de 8.10mts anclado al perfil metálico de 100mmx50mm en la parte superior y al piso en la parte inferior (Ver Apéndice F y G).

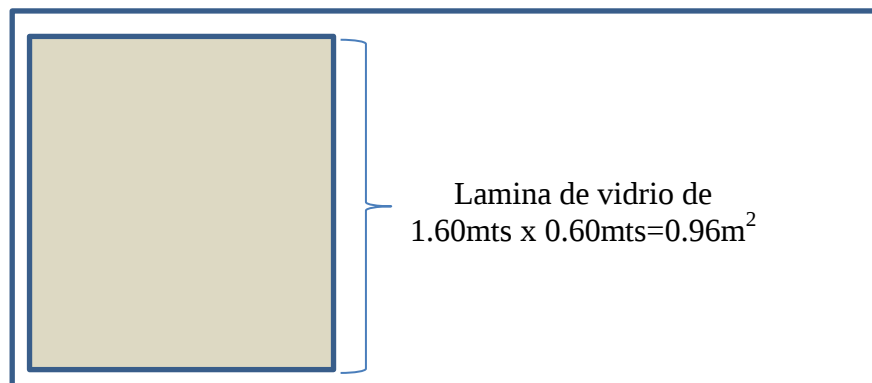


Figura 38. Configuración Lámina de Vidrio

Calculo del espesor del vidrio adecuado (vidrio Templado)

Presión Producida por el viento kN/m^2

2.0

de acuerdo a *Tabla K.4.2-4* (NSR10, 2010)

Presión total en un área de 8.1mts x 5mts = $81kN/m^2 = 8.26kg/m^2$

Con ayuda de una tabla de cálculo se corrobora el espesor necesario del que recomienda la tabla K4.2.4: (NSR10, 2010)

Variables

Ancho del Vidrio
(m)
0.6

Alto del Vidrio
(m)
1.6

Presión de Diseño
(kg/m²)
9.0

Tamaño del Vidrio	0.96	m ²
Carga total al Vidrio	9	kg

Espesores y su Flexión (ambos en mm)

monolítico

laminado

Mínimos para evitar Fracturas	Espesor	Flexión	Espesor	Flexión
Vidrio recocido	3.0	1.0	3 + 3	0.0
Vidrio semi templado	3.0	1.0	3 + 3	0.0
Vidrio templado	3.0	1.0	3 + 3	0.0

Mínimo para Flexión ≤ 1% del lado corto	3.0	1.0	3 + 3	0.0
---	-----	-----	-------	-----

Flexión para Espesor específico	8.0	0.0	4 + 4	0.0
---------------------------------	-----	-----	-------	-----

Figura 39. Cálculo espesor recomendado del vidrio templado .
Tomado de: (www.protekt.com.mx)

$$\text{Peso (kg)} = \text{densidad} \times \text{grosor} \times \text{m}^2$$

$$\text{Densidad} = 2,5 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Peso (kg)} = 2,5 \times 3\text{mm} \times 0,9 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso (kg)} = 6,75 \text{ kg}$$

Ver propuesta de anclaje y amarre de la fachada de vidrio en (ver Apéndice F y G).

9.3.2 Propuesta de anclaje y amarre de equipos médicos.

9.3.2.1 Cabecero horizontal 3 y 4 vías multiservicios.

En la clínica el equipo médico más repetitivo e importante en las habitaciones, cuartos de uci y cuartos de cirugía es la consola cabecera que presta multiservicios ya que en ella se instalan servicios tales como tomas de gases medicinales, puntos de tomas eléctricas 110v para conectar otros equipos, luz baja de cabecera par lectura entre otros servicios.



Figura 40. Consola Cabecera multiservicios existente en la clínica.



Figura 41. Consola Cabecera multiservicios existente en la clínica

Estos equipos vienen para ser instalados sobrepuestos en el muro como los de la clínica actualmente y los más indicados los de empotrar que quedan insertados en el muro y brindan mayor estabilidad, para este caso de los equipos que usa la clínica, son los de colgar, su ficha técnica es la siguiente:

Tabla 4.
Ficha Técnica Unidad

Nombre	Unidad Principal cama
Instalación	Montado en la pared
Material	Aleación de aluminio
Capacidad de carga máxima	150Kg/m
Peso propio	15kg/m
Longitud	Universal 1.20m
Apariencia	Hermoso y resistente al desgaste, Fácil de limpiar
Estructura	Separar el eléctrico con la venta de gas, Seguro y confiable
Salida de gas	Incluye gas médico O2, vacío, N2O, CO2, agss, etc.
Diseño	Según HTM2022
Prueba	Pass 100% prueba de hermeticidad
Uso	Suministrar el gas enchufes, tomas de corriente, etc. en el hospital.

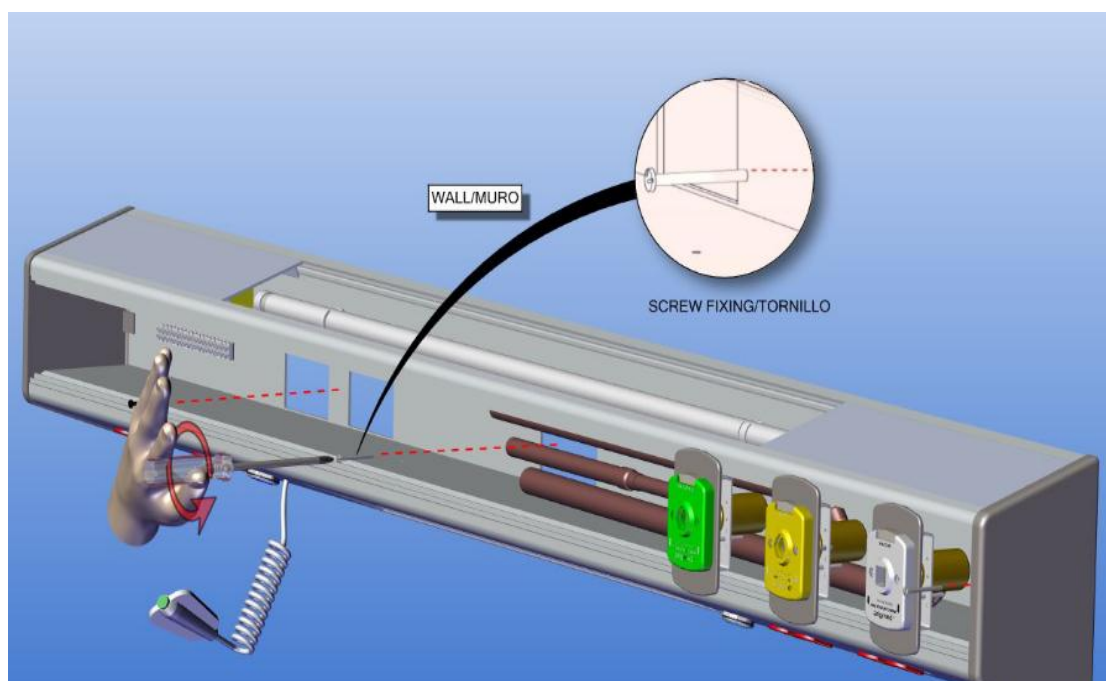


Figura 42. Anclaje consola cabecera multiservicios manual del equipo.

Tomado de: Arigmed (2016).

El equipo viene para ser anclado en tres zonas, los dos extremos y uno central, el fabricante no especifica el diámetro del anclaje porque lo dejan a criterio del instalador específicamente, cabe aclarar que el instalador debe ser persona idónea con experiencia en anclaje de este tipo de equipos. “La fábrica No recomendará el tipo de tornillería para fijación de los cabeceros horizontales en los muros, la selección correcta de los tornillos de fijación, así como el número de estos tornillos que se utilizará en la fijación del cabecero horizontal será responsabilidad exclusiva del Instalador” (Arigmed, 2016, p. 9).

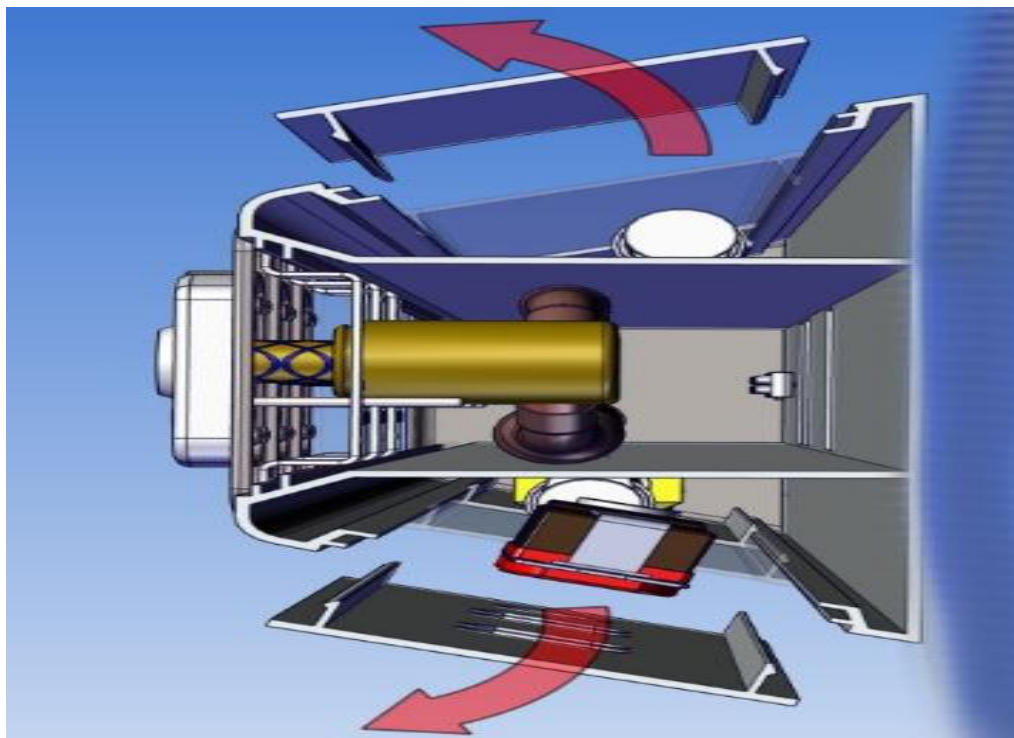


Figura 43. Vista lateral anclaje Consola Cabecera multiservicios manual del equipo.
Tomado de: Arigmed (2016).

Los muros en la clínica donde están soportados estos equipos están contruidos en mampostería, con revoque y acabado en estuco y pintura blanca son muros de un espesor aproximado de 15cm. Con el fin de garantizar que los anclajes utilizados hayan sido los mejores, se procede a realizar el cálculo de estos. Utilizamos como herramienta para el diseño del anclaje el programa Hilti Profis Anchor 2.7.9 de la empresa especializada en anclajes HILTI, los datos obtenidos en el cálculo, se refieren a el elemento de anclaje adecuado en cuanto a su diámetro como a su profundidad de anclaje, se calcula el comportamiento del elemento a tracción como a corte. Los datos del diseño del anclaje para este tipo de equipo se pueden observar en el (apéndice M y H).

Con el fin de explicar la importancia de los anclajes para estos equipos se incluye la teoría al respecto. Los anclajes son los responsable de transmitir cargas del elemento que conectan al material base, un anclaje es aquel elemento que permite la transmisión de fuerzas de un elemento constructivo, colocado a posteriori, a uno ya existente, las fuerzas que actúan entre los dos elementos son: Tracción (N) – Cortante (V) – Combinada (F) – Momento Flector (M) (ver figura 39).

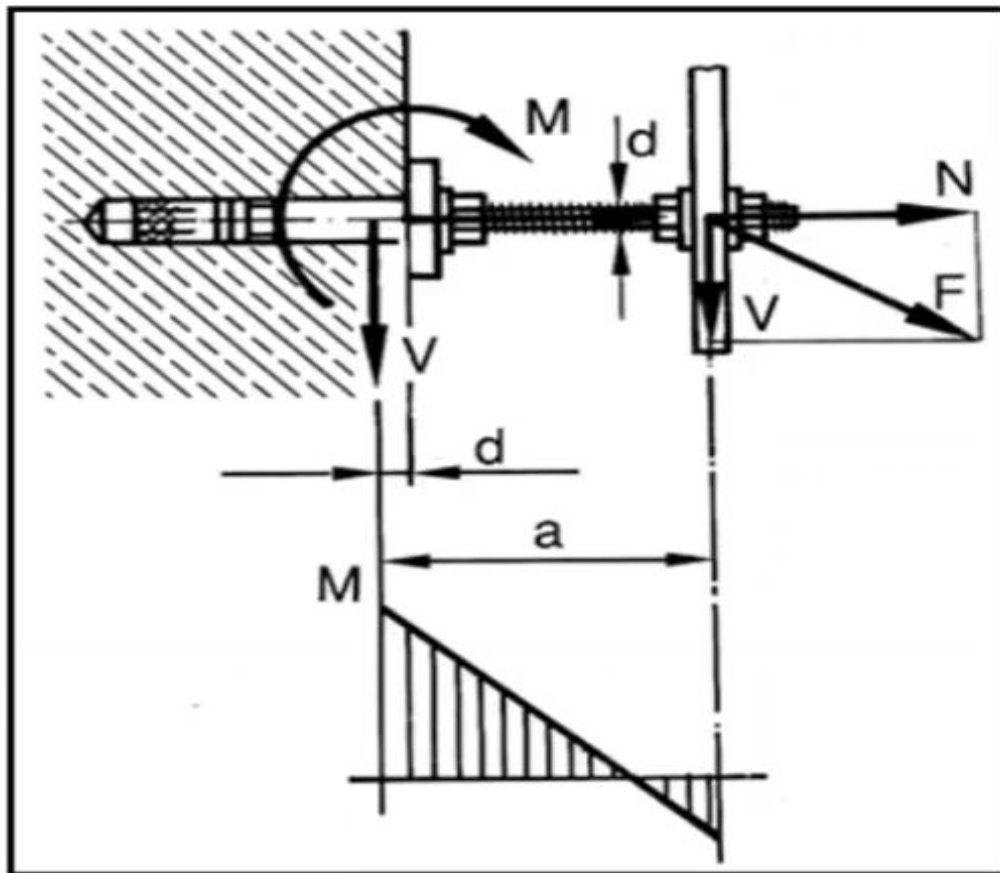


Figura 44. Teoría de anclajes.
Tomado de (Hilti, 2016, p. 28).

Existen diferentes sistemas de anclajes post instalados entre ellos están los adhesivos que son aquellos que obtienen su mayor resistencia después del curado del adhesivo, los expansivos que

hacen parte de la familia de los metálicos, estos obtienen su mayor resistencia de forma inmediata y los embebidos que obtienen su mayor resistencia después del curado del concreto.

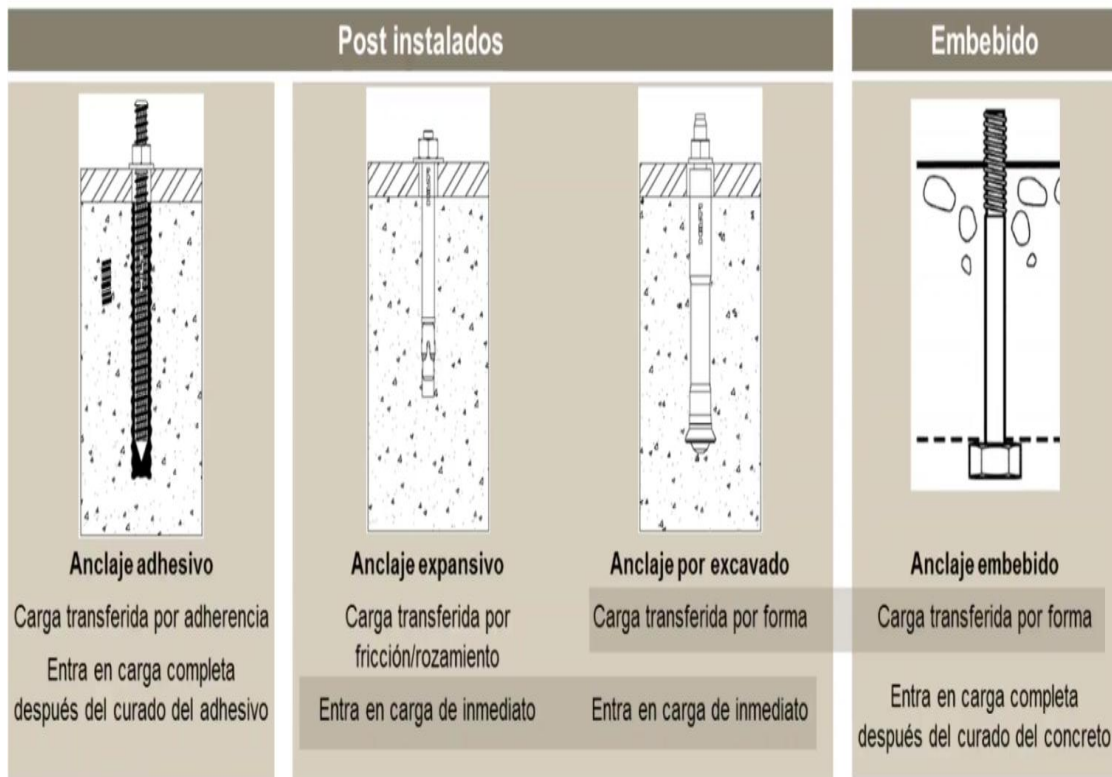


Figura 45. Clases de anclajes.
Tomado de (Hilti, 2016).

La NSR10 en su Apéndice C y D Anclajes al concreto toma como base de referencia la norma ACI 355.2 referente a la evaluación del comportamiento de los anclajes mecánicos para instalar en hormigón endurecido y las cargas de diseño para nuestro caso son calculadas según ACI 318-14.

Para los anclajes los diseños por resistencia deben revisar cada modo de falla posible en la conexión, los cuales están dados en los tipos de falla en tensión para anclajes post-instalados (N_{rd}) y los tipos de falla en corte (V_{rd}).

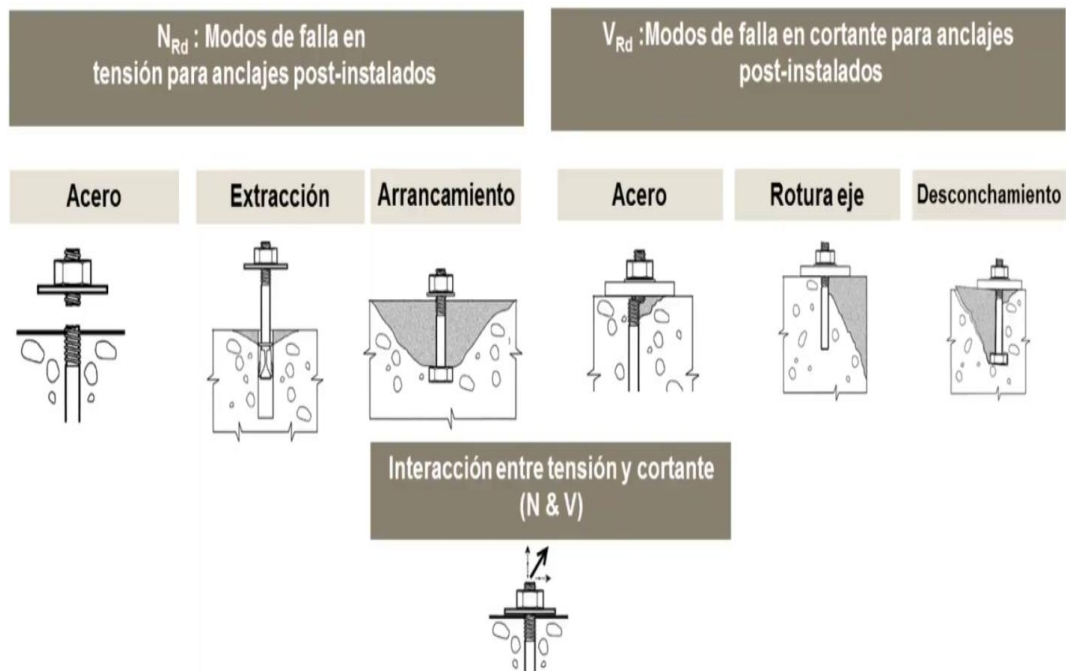


Figura 46. Modos de falla.
Tomado de (Hilti, 2016).

Las disposiciones generales del método de diseño están dadas de la siguiente forma:

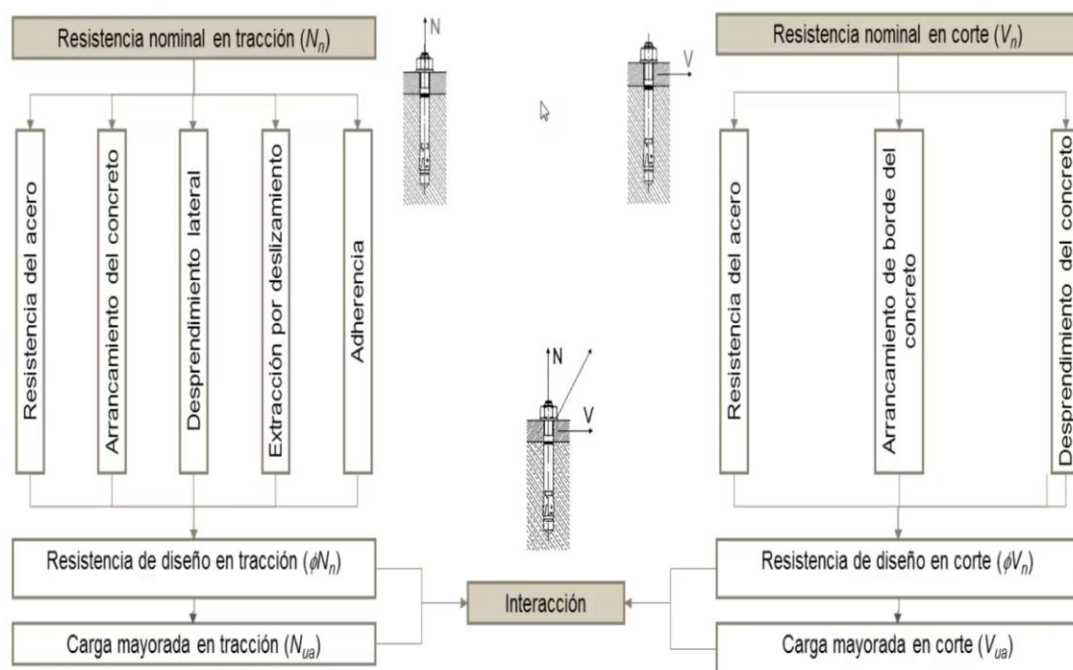


Figura 47. Modos de Falla de los anclajes.
Tomado de (Hilti, 2016).

A nivel general la ACI 318-14 nos indica que se puede calcular una resistencia nominal para el perno tanto a tracción como en corte y se puede comparar con los distintos modos de falla, luego de calcular estos modos de falla, lo que se hace es tomar el menor o el de menor capacidad, compararlo con la carga mayorada y luego cuando tenemos una carga ultima sea de corte o de tracción se compara con la resistencia nominal.

Los factores que influyen en el diseño y el desempeño de los anclajes están dados de la siguiente forma:

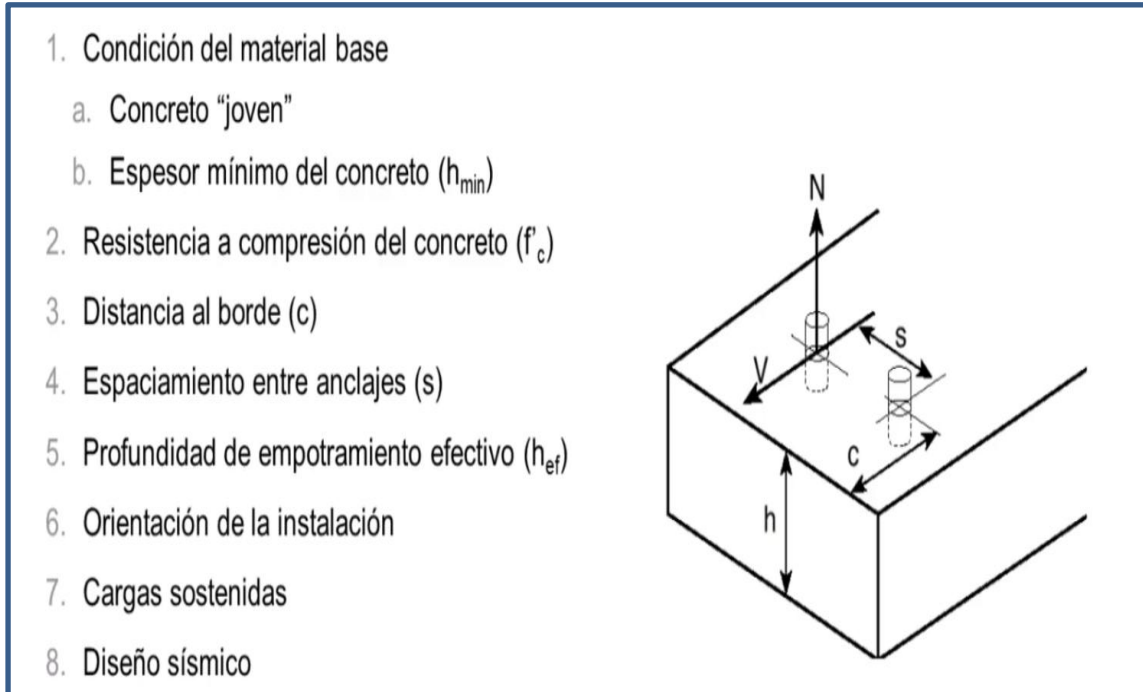


Figura 48. Factores de influencia en el diseño.
Tomado de (Hilti, 2016).

9.3.2.2 Pilar técnico multiservicios.

Este tipo de equipo médico presta servicios múltiples de gases medicinales, tomas corrientes, monitores de supervisión médica, electrocardiogramas, medidores de tensión, presión y azúcar

entre otra variedad que se puede adaptar al pilar, este equipo va anclado solo en la parte inferior mediante chazos anclados al piso y su anclaje debe ser capaz de soportar las fuerzas ejercidas por el equipo ante un sismo. En este aparte se calcula el tipo de anclaje más eficiente para garantizar su estabilidad (ver Apéndice N y H).



Figura 49. Pilar técnico equipo médico salas de uci.



Figura 50. Pilar técnico equipo médico salas de uci.



Figura 51. Soporte de anclaje Pilar técnico equipo médico salas de uci

Como se puede identificar el equipo médico está anclado al directamente al piso mediante cuatro anclajes compuestos por chazo, varilla zincada y tuerca de $\frac{1}{4}$ " el equipo tiene de frente 60cms por 1.90mts de alto y 20cm de ancho, la capacidad de carga es de 250kg/m y el equipo tiene un peso propio de 40kg/m y con ayuda del programa de cálculo de anclajes Profis Anchor 2.7.9 se verificara si el anclaje existente es el adecuado y cuál sería el que debería estar soportando este equipo adecuadamente.

La placa de entrepiso está conformada por un sistema constructivo de vigas descolgadas con placa de 15cm terminada y vigas descolgadas de 40cm.

9.3.2.3 Revisión Anclaje Actual del Equipo.

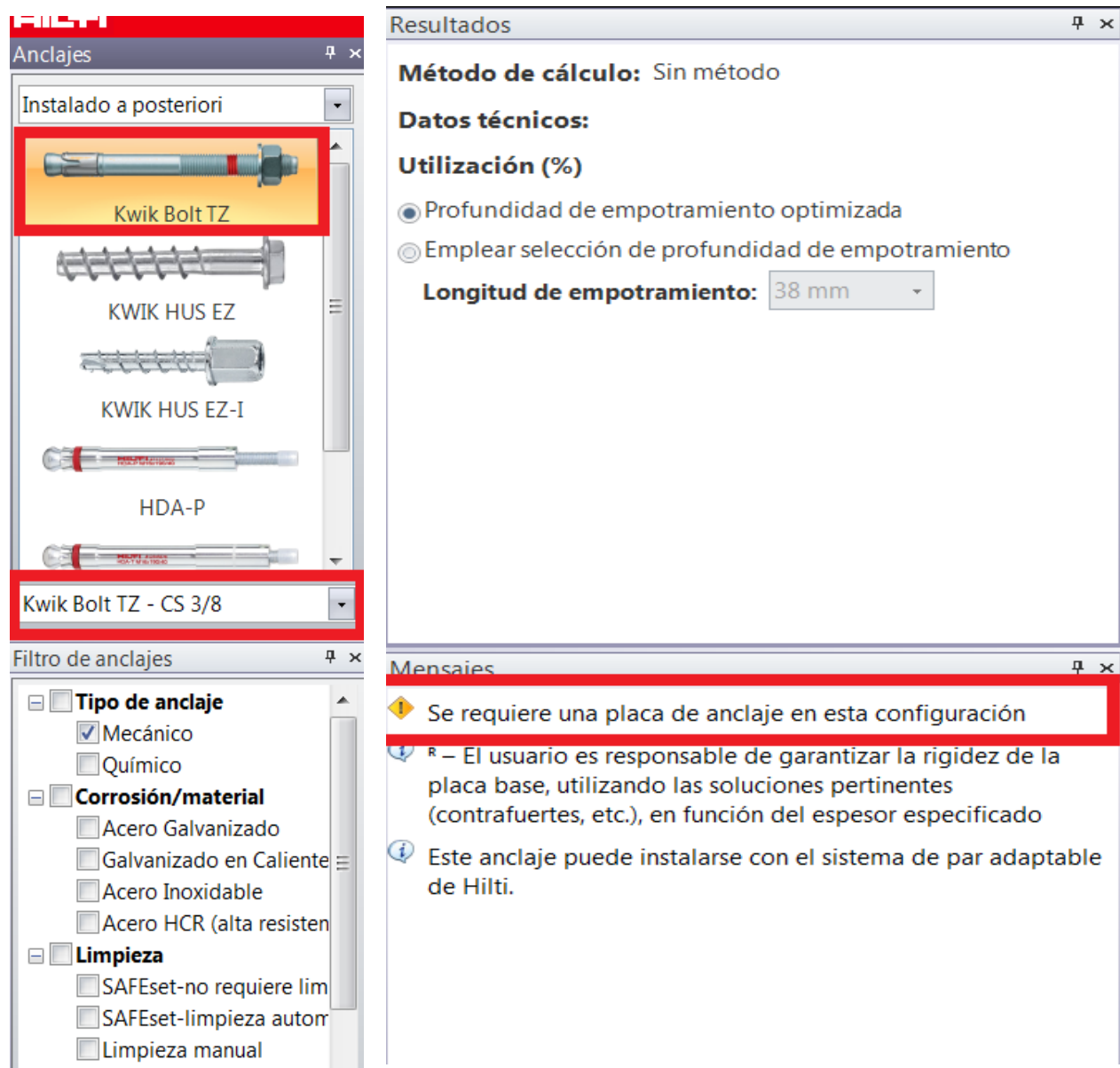


Figura 52. Configuración actual anclaje del equipo.
Tomado de Hilti (s.f).

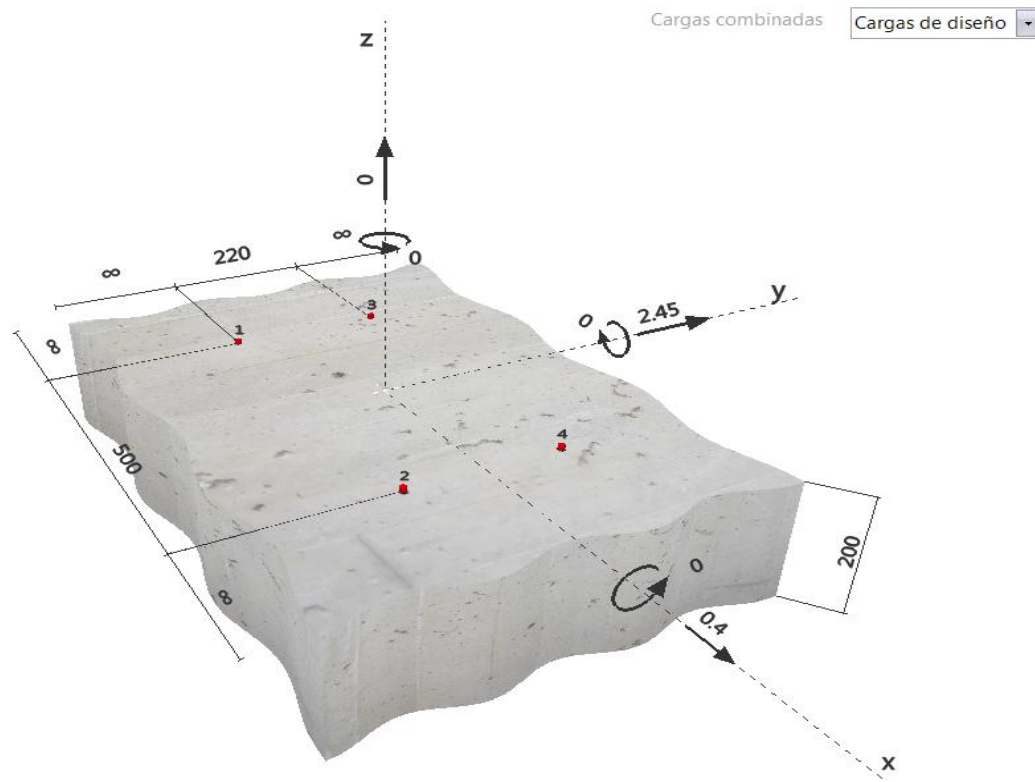


Figura 53. Configuración actual anclaje del equipo.
Tomado de (Hilti, 2016, p. 92).

Con la verificación del anclaje actual se introdujeron los datos al programa de anclajes, generando unos avisos de incumplimiento en el anclaje que tienen que ver con que para este tipo de anclajes se debe usar una placa base sobre la cual se soportaría el equipo, otro parámetro importante es que no acepta el anclaje con diámetro de $\frac{1}{4}$ " el cual considera insuficiente para la carga que va a resistir, con base en esto se procede a diseñar el anclaje correcto.

El cálculo correcto para el anclaje que debe tener el equipo se realiza utilizando el programa de diseño de anclajes Profis Anchor 2.7.9 (ver Apéndice N y H).

9.3.2.4 Equipo médico monitor multiparamédico.

Este equipo médico se encuentra en su mayoría de las salas de recuperación y salas de uci, es el

equipo encargado de dar las señales del estado de respuesta del paciente, se encuentra instalado sobre un soporte de madera anclado al muro por medio de pies de amigos en cada costado y cada uno anclados mediante chazos de $\frac{1}{4}$ " y tornillos de fijación, para el peso que soporta la base se observa que el anclaje es suficiente y adecuado, pero el monitor queda sin ningún tipo de anclaje, para esto se diseñara un soporte que impida que el equipo médico se caiga y provoque lesiones a los pacientes.



Figura 54. Disposición monitor multiparametrico en salas.

Para el anclaje de este equipo se diseña una platina que va anclada a la base soporte mediante tornillo de fijación de madera, la platina rodea el contorno lateral del equipo de tal forma que permita una sujeción para evitar su caída (ver Apéndice I).



Figura 55. Monitor multiparamedico sin anclaje.

9.3.3 Anclaje tanque de oxígeno.



Figura 56. Tanque para almacenamiento de oxígeno

Se ha seleccionado este equipo que hace parte de la red técnica de gases medicinales como un elemento de especial cuidado por el riesgo que significa para la clínica el hecho de que se encuentra sin ningún tipo de anclaje en su base, se considera su diseño de anclaje una solución determinante para mitigar el riesgo de caída del tanque teniendo en cuenta que cuenta con una altura de 5mts.

El diseño del anclaje adecuado del tanque nos dice que para una mejor sujeción del tanque es necesario la implementación de una placa base y la utilización de anclaje mecánico combinado con anclaje químico lo que nos permite mayor soporte. El diseño del anclaje adecuado para este tipo de equipo se realizó utilizando la herramienta de cálculo del programa de Hilti Profis Anchor 2.7.9 y se pueden revisar sus resultados en el (Apéndice O y J). Las características del tanque existente en la clínica es el enmarcado en recuadros rojos y sobre estos parámetros se realizaron los cálculos de los anclajes.

Características tanque de almacenamiento de oxígeno

Cryogenic Storage Tank Specifications – Oxygen, Nitrogen and Argon

Characteristics	TM-500	TM-900	TM-1500	HTM-3000	TM-6000	TM-9000	HTM-11,000
Gross Volume (gal)	568	956	1,611	3,117	6,022	9,180	11,290
Net Capacity (gal)	530	904	1,517	3,000	5,889	8,900	11,040
Oxygen (cft)	61,000	104,000	174,600	345,200	677,700	1,024,400	1,266,100
Nitrogen (cft)	49,300	84,100	141,200	279,200	548,100	826,700	1,024,200
Argon (cft)	59,600	101,600	170,654	337,200	662,000	1,001,300	1,237,500
Maximum Working Pressure Liquid Container (psig)	250	250	250	250	250	250	250
Weight (lb)							
Tank Empty	5,400	9,700	10,300	15,500	27,800	37,000	47,000
Filled Oxygen	10,500	18,400	24,800	44,100	84,000	121,800	152,000
Filled Nitrogen	9,100	15,800	20,600	35,800	67,600	97,000	121,000
Filled Argon	11,700	20,300	28,000	50,400	96,300	140,500	175,000
Configuration	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
Dimensions							
Diameter (in)	60	78	78	96	96	114	122
Height (ft-in)	15-6	15-9	15-9	16-0	25-9	27-10	31-7

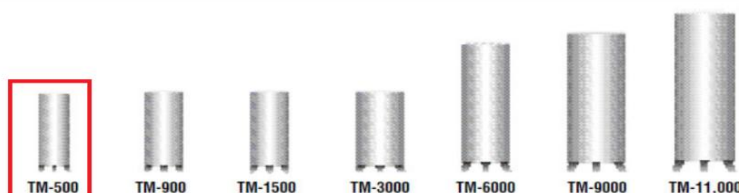


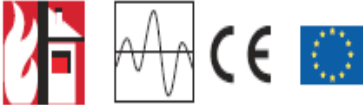
Figura 57. Características Tanque de almacenamiento.
Tomado de Praxair Technology (s.f).

Fichas técnica anclaje mecánico y químico

Anchor Systems

HILTI

Anchor rod HIT-Z





Technical data	
Material composition	Steel, zinc-plated (min. 5 µm)
Material, corrosion	Steel, zinc-plated
Environmental conditions	Indoor, dry conditions
Tested/approved for diamond drilling	Yes
PROFIS	Yes
Seismic	Yes

Applications

Anchor rod for use with HIT-HY 200-R

Base materials

Concrete (cracked)

Concrete (uncracked)

Ordering designation	Anchor size	Drill bit diameter	Anchor length	Max. fixture thickness at standard embedment depth	Required tightening torque	Sales pack quantity	Item number
HIT-Z M8x100	M8	10 mm	100 mm	28 mm	10 Nm	40	2018305
HIT-Z M10x95	M10	12 mm	95 mm	22 mm	25 Nm	40	2018307
HIT-Z M10x115	M10	12 mm	115 mm	42 mm	25 Nm	40	2018308
HIT-Z M12x105	M12	14 mm	105 mm	29 mm	40 Nm	20	2018411
HIT-Z M12x140	M12	14 mm	140 mm	64 mm	40 Nm	20	2018412
HIT-Z M16x155	M16	18 mm	155 mm	38 mm	80 Nm	12	2018410
HIT-Z M16x175	M16	18 mm	175 mm	58 mm	80 Nm	12	2018417
HIT-Z M20x215	M20	22 mm	215 mm	91 mm	150 Nm	6	2018420

Figura 58. Ficha Técnica Anclaje Adecuado.
Tomado de (Hilti, 2016)

HILTI

Anchor Systems

Injectable mortar HIT-HY 200-R




Base materials

- Concrete (cracked)
- Concrete (uncracked)

Applications

- Anchoring structural steel connections (e.g. steel columns, beams)
- Structural renovation / upgrades with post-installed rebars
- Anchoring railings / safety barriers
- Anchoring secondary steel structures (e.g. staircases, steel ledgers)
- Substitution of misplaced / missing rebars
- Structural connections with post-installed rebars

Advantages

- No hole cleaning required with the revolutionary new HIT-Z anchor rod
- Curing time optimized for rebar applications and for deep anchoring applications
- Suitable for use in cracked and uncracked concrete with all anchor rods and rebars
- Highest approved loads according to latest international standards
- Works like cast-in in with post-installed rebars





SAFEset





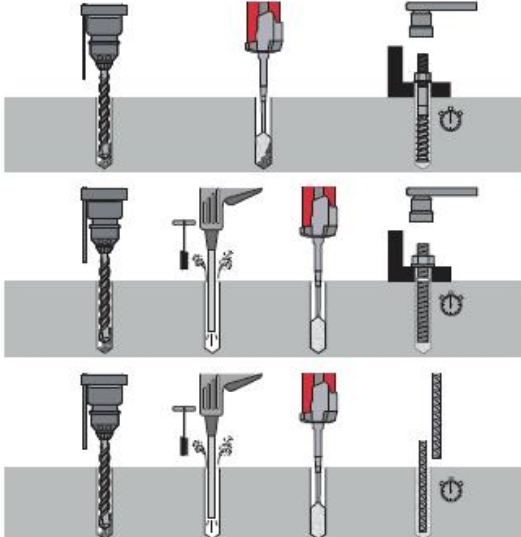


Figura 59. Ficha técnica anclaje químico.
Tomado de (Hilti, s.f, p. 126-131).

10. Conclusiones

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 incluye los diseños de los elementos tanto estructurales como no estructurales. De acuerdo a esto, todas y cada una de las edificaciones deben estar alineadas con estos requerimientos normativos.

La experiencia en sismos recientes muestra un buen comportamiento de las estructuras diseñadas de acuerdo a los criterios sismo resistente de la actual normatividad colombiana, pero desafortunadamente los elementos no estructurales no han conservado la misma línea de eficiencia ante el colapso. Si se tiene en cuenta lo primordial que es la seguridad de los ocupantes de una edificación expuestos al riesgo de daño de estos elementos, el costo de reposición y las pérdidas generadas, en la deshabilitación de las funciones del edificio, se puede entender la importancia de considerar el diseño de los elementos no estructurales como un ítem de gran valor y responsabilidad.

Para el caso estudiado la Clínica Oncológica San Diego no se cuenta con diseños de los elementos no estructurales, de ahí la importancia del desarrollo temario de esta monografía, encaminado a dar soluciones de anclajes a estos elementos, para mitigar el impacto de daño en el evento de un sismo en la edificación.

En el desarrollo de esta investigación se revisaron los elementos no estructurales más relevantes y aquellos que pueden generar mayor riesgo de colapso y daño a la operatividad del edificio, dando soluciones y alternativas de anclajes que permitan mejorar la estabilidad del elemento, y cumpliendo con la normatividad vigente colombiana contemplada en la NSR10.

Es muy importante que se revise la forma en que están acomodados los equipos médicos, estos elementos no están anclados de una forma segura, el pilar de servicios no cumple con el

anclaje adecuado y la caída de este equipo puede causar mucho daño a los pacientes y al mismo personal médico, la propuesta de anclaje de este equipo desarrollado en esta monografía da la garantía de mayor estabilidad del elemento, de igual forma el anclaje propuesto para los monitores multiparamedicos, estos equipos no pueden estar simplemente sobrepuestos.

La fachada compuesta por mampostería y vidrio representa un peligro inminente al no estar correctamente anclados, es necesario realizar las correcciones de anclajes y cambios por tipos de materiales adecuados propuestos en el desarrollo de esta monografía, en el caso de la fachada en vidrio se deben reemplazar los vidrios actuales por vidrios templados de seguridad de acuerdo al diseño realizado de estos elementos y a las recomendaciones de anclaje de los mismos. La fachada en mamposterías y los antepechos deberán ser reforzadas siguiendo los requerimientos normativos y las soluciones contempladas en este trabajo.

Con el desarrollo de cada uno de los elementos no estructurales incluidos en el alcance del estudio, y la utilización e implementación de los materiales y anclajes adecuados diseñados, se logra dar solución al problema planteado de tal forma que su implementación ayude a mitigar el daño que se presenta en estos elementos en el evento de un sismo.

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá y El Fondo de Prevención y Atención de Emergencia (2010) *Zonificación de la Respuesta Sísmica de Bogotá para el Diseño Sismo Resistente de Edificaciones. Informe Final Volumen 1*. Subdirección de Técnica y Gestión, Coordinación de Investigación y Desarrollo - Colombia.
- Arigmed (2016) Instrucciones Generales, Guía de Operación y Mantenimiento. Cabecero Horizontal Modelo Horizontal. Manual ARQ052016/3v. VERSION 2.
- Erazo, H. (2013). El Terremoto de Popayán en 1983. 30 Años (31 de Marzo 1983 – 31 de Marzo 2013). *El Payanes*. 29 de marzo de 2013. Recuperado de <https://elpayanes.wordpress.com/2013/03/29/el-terremoto-de-popayan-en-1983-30-anos-31-de-marzo-1983-31-de-marzo-2013/>
- Flórez, G. (Enero 25, 2017). Bajo escombros: terremoto Armenia de 1999. *Fundación Las Dos Orillas*. Recuperado de: <https://www.las2orillas.co/escombros-terremoto-armenia-1999/>
- Google. (2018). Googlemaps.com. Recuperado el 2018, de <http://www.googlemaps.com>
- Hilti (2016) Manual Técnico de Anclaje: La guía de instalación y especificación. Hilti Latin America - Edición 2016.
- Hilti. (s.f.). Profis Installation Instruction Manual. Hilti Profis Anchor Versión 2.7.9. Hilti. Outperform. Outlast. www.us.hilti.com.
- Hilti (s.f) Sistema de Anclaje: Mejor Desempeño. Máxima Duración. Sistema de Anclaje con Cápsula Química HVU (p.p 126-131) disponible en línea: https://www.hilti.ca/content/dam/documents/pdf/w2/catalogo-colombia/08-Sistemas_de_anclaje.pdf

Joint Commission International (2010) Estándares para la acreditación de Hospitales de la Joint Commission International. Cuarta Edición. EE.UU.

Organización Panamericana de la Salud. (2000). Obtenido de Principles of Disaster Mitigation in Health Facilities, Mitigation Series.

Organización Panamericana de la Salud (2007) ¿Su hospital es seguro? Preguntas y respuestas para el personal de salud, Ecuador: OPS; 2007.

Organización Panamericana de la Salud (2010) Hospitales seguros frente a los desastres. OMS/OPS. Simposio "El Sector Salud Frente a Grandes Desastres". (23-11 de 2010).

Organización Panamericana de la Salud (2010) Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud. Análisis de Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú- MINSA/ECHO/OPS-OMS.

Pérez, R. (2013) Hospitales del futuro: Concepto de habitaciones de pacientes 2020. *Emergency Critical Care*, 13 de septiembre de 2013. Recuperado de <http://drrafaelperezemergency.blogspot.com/2013/09/hospitales-del-futuro-concepto-de.html>

Praxair Technology (s.f) Cryogenic Storage Tanks Specifications - Oxygen, Nitrogen and Argon. Recuperado de: <https://www.praxairdirect.com/Industrial-Gas-and-Welding-Information-Center/Safety/Cryogenic-Tank-Safety.html>.

Redacción El Tiempo (25 de enero 1999). Terremotos en la Historia. *El Tiempo* (p.1). Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-892704>

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010). Normatividad Colombiana en su Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 en los títulos B - C y D y en el Capítulo A-9 Bogotá – Colombia.

Robles, A. (9 septiembre 2017). Cuán preparada estaba la infraestructura de México para soportar el impacto del terremoto más fuerte del último siglo. *BBC Mundo* (p. 1-3).

Recuperado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-41209298>

SEISAMED (2015). Construcción Hospitalaria: Los Materiales y Diseños del Futuro (1ra Parte).

Noviembre 9, 2015, México.

Stewart, D. (2010). Reducción de Riesgos en Componentes No Estructurales de los Hospitales para casos de Terremotos.

Volcan (s.f) Manual de Diseño para Arquitectos: Solución Constructiva Cielo Falso Raso Sobre Estructura Madera/Metálica

Lista de Apéndices

Apéndice A .Cielo Rasos Planta

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice B. Cielo Rasos Detalles

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice C. Fachadas en mampostería y vidrio

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice D. Anclajes muros de fachada –Detalles

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice E. Anclajes muros divisorios-Antepechos-Detalles

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice F. Anclajes fachada en vidrio-Alzado

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice G. Detalles anclajes fachada en vidrio

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice H. Detalles anclajes pilar mult.-Cabecero mult.

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice I. Detalles anclajes monitor multiparamedicos

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice J. Detalles anclajes tanque de oxígeno

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz3.zip

Apéndice K. Cálculo Elementos no Estructurales

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz4.zip

Apéndice L. Microzonificación Clínica San Diego

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz4.zip

Apéndice M. Cálculo anclaje equipo cabecero de cama

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz4.zip

Apéndice N. Cálculo anclaje equipo pilar multiservicios

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz4.zip

Apéndice O. Cálculo anclaje tanque de oxígeno

Ver apéndice en carpeta comprimida 2019marioortiz4.zip