



VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE INGENIERÍA
POSTGRADO EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

**EVALUACIÓN SISMORRESISTENTE Y
PROPUESTA DE ADECUACIÓN ESTRUCTURAL DEL
AMBULATORIO ARQUÍMEDES FUENTES SERRANO,
CUMANÁ, ESTADO SUCRE**

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de
Especialista en Ingeniería Estructural

Autora:

ING^a ROSÁNGEL TERESA CARABALLO CAMPOS

Asesor:

ING^o DENIS RODRÍGUEZ MALAVER

Caracas, noviembre de 2017

CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR

Caracas, 15 de noviembre de 2017

Señores
Universidad Católica Andrés Bello
Facultad de Ingeniería
Postgrado en Ingeniería Estructural

Aceptación del Asesor

Por la presente me permito comunicar que acepto ser el asesor del Trabajo Especial de Grado de la estudiante Ing^a Rosángel Caraballo C., C.I.: 6.443.947, quien opta por el título de Especialista en Ingeniería Estructural, intitulado: **“EVALUACIÓN SISMORRESISTENTE Y PROPUESTA DE ADECUACIÓN ESTRUCTURAL DEL AMBULATORIO ARQUÍMEDES FUENTES SERRANO, CUMANÁ, ESTADO SUCRE”**, y que, una vez leído el trabajo, lo considero apto para ser evaluado.

Sin otro particular al cual hacer referencia, se despide cordialmente,



Ing^o Denis Rodríguez Malaver
C.I. N° 3.822.154

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido perseverar y, con firmeza, alcanzar esta meta personal.

A mis padres Jesús e Ybelisis.

Por su amor, consejos, paciencia y ser los pilares fundamentales de mi vida.

A mi hijo José G.

Por ser mi fuente de motivación y superación. Que este fruto sea un aliciente a sus futuros logros académicos.

A mis hermanos Edgar e Ibelisys.

Por su infinita bondad, apoyo incondicional, inmenso cariño y comprensión.

A la Ciudad de Cumaná, la Primogénita... tan querida y tan necesitada de atención.

Rosángel T. Caraballo C.

AGRADECIMIENTOS

Reencontrarme con la vida universitaria en la UCAB, fue una experiencia personal y profesional gratificante. A lo largo de ese andar, fueron muchas las personas que me brindaron su apoyo.

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento al Ing^o Denis Rodríguez, tutor de este trabajo de grado, por su dedicación, respeto a mis sugerencias e ideas, y estar presto a brindar orientación en todo momento. Gracias por la confianza.

Agradezco infinitamente al Ing^o Alfonso Malaver, tutor inicial de esta tesis, quien con su experiencia, motivó y guio la realización de este trabajo. Ahora, en otro plano, espero esté orgulloso de la culminación del mismo.

Por su consejo y atención a mis consultas, mi reconocimiento al Lic^o Francisco Bonive del Centro de Sismología de la Universidad de Oriente y al Ing^o Eliud Hernández de Inesa Adiestramiento, por sus orientaciones y enseñanzas en el manejo de ETABS, SAP y SAFE.

Mi agradecimiento al Ing^o Domingo Oliveros, Gerente de Mantenimiento del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano, por su apoyo y colaboración en las inspecciones y responder a mis interrogantes, así como a la Arq^a Zulma Sotillet de la Dirección Estatal del Ministerio de Obras Públicas, por facilitar el proyecto original del Ambulatorio objeto de este estudio.

Mi eterna gratitud con todos los profesores de esta especialización, los Ingenieros: Salvador Safina, Denis Rodríguez, Guillermo Bonilla, Angelo Marinilli, Eduardo López, Alfonso Malaver, Heriberto Echezuría, Mario Paparoni y Emmanuel López, por brindarme sus conocimientos con constante actualización profesional.

Gracias al Ing^o Félix Pérez, amigo y compañero de cohorte, por su atención y orientaciones desinteresadas.

Gracias a mi familia y a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos más apremiantes de este trabajo y de esta profesión.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	
Planteamiento del Problema	16
Objetivos del Trabajo.....	24
Objetivo General	24
Objetivos Específicos	24
Justificación del Trabajo	24
Alcance del Trabajo	25
Limitaciones del Trabajo.....	26
CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO	
Tipo de Trabajo	27
Diseño del Trabajo.....	28
Población y Muestra	30
Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.....	31
Técnicas para el Análisis de los Datos.....	32
Fases del Trabajo.....	32
Operacionalización de los Objetivos	33
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	
Antecedentes.....	35

Bases Teóricas.....	45
Bases Legales.....	51
Glosario de Términos Básicos	52
CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y DIAGNÓSTICO	
Descripción General.....	55
Evaluación Cualitativa de la Vulnerabilidad Sísmica.....	60
Evaluación Cuantitativa de la Capacidad Sismorresistente.....	67
Idealización de la Edificación.....	67
Análisis Dinámico.....	71
Modelos matemáticos.....	71
Método de análisis.....	72
Períodos y Modos de Vibración.....	73
Desplazamientos y Derivas.....	74
Relación Demanda/Capacidad.....	76
Diagnóstico.....	79
CAPÍTULO V. PROPUESTA DE ADECUACIÓN ESTRUCTURAL	
Presentación.....	80
Opciones de Refuerzo Estructural.....	81
Evaluación Sismorresistente de la Edificación reforzada.....	81
Lineamientos estructurales considerados.....	81
Idealización de la edificación reforzada	82
Análisis Dinámico.....	85
Modelos matemáticos.....	85
Método de análisis.....	86
Períodos y Modos de Vibración.....	86
Desplazamientos y Derivas.....	86
Demanda de Cortante Sísmico	88
Diseño Estructural de los Muros de Refuerzo.....	89
Relación Demanda/Capacidad	89
Aspectos generales sobre el detallado del refuerzo.....	93
Fundaciones.....	97

Planos del refuerzo propuesto.....	97
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones.....	98
Recomendaciones.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXO A: Mapa de Suelos de Cumaná, estado Sucre.....	103
ANEXO B: Planilla de Inspección y fotos del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	105
ANEXO C: Planos Originales de Estructura de la Edificación.....	109
ANEXO D: Planos del Refuerzo Estructural.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del Estado Sucre.....	16
Figura 2. Plano de Cumaná de 1979.....	17
Figura 3. Mapa de Zonificación Sísmica de Venezuela.....	17
Figura 4. Ubicación del Ambulatorio Urbano Tipo III “Arquímedes Fuentes Serrano” Cumaná.....	18
Figura 5. Fachada principal del Ambulatorio Urbano Tipo III “Arquímedes Fuentes Serrano”.....	23
Figura 6. Fachada lateral del Ambulatorio Urbano Tipo III “Arquímedes Fuentes Serrano”.....	23
Figura 7. El University of Southern California Teaching Hospital, Los Angeles, USA, posee aislamiento de base.....	36
Figura 8. Colapso del 5to piso del Hospital Municipal. Kobe, Japón.....	38
Figura 9. Daños no estructurales en el hospital de Antofagasta, Chile debidos al sismo del 31 de julio de 1995.....	39
Figura 10. Hospital de Caldas, Colombia, presenta irregularidad en planta.....	40
Figura 11. Hospital México de la Caja Costarricense del Seguro Social, Costa Rica, reforzado con pórticos perimetrales.....	41
Figura 12. Colapso total del Hospital Benito Juárez. México.....	42
Figura 13. Hospital de Cardiología del Instituto Mexicano del Seguro Social que fue reforzado usando pórticos contrafuertes luego del sismo de México 1985.....	42
Figura 14. Reforzamiento tradicional realizado en el Hospital de Oncología del IMSS en México.....	42
Figura 15. Hospital Universitario de los Andes, Mérida, Venezuela, donde se realizaron diagnósticos cualitativos de vulnerabilidad sísmica.....	43
Figura 16. Hospital Antonio Patricio de Alcalá, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela, ubicado cerca de la traza de una falla sísmica activa	44
Figura 17. Hospital Dr. Domingo Luciani, Caracas, Venezuela, donde fueron efectuados estudios de vulnerabilidad sísmica.....	45
Figura 18. Concentraciones de masa en altura, tales como tanques de agua, aumentan la vulnerabilidad estructural.....	46
Figura 19. Edificio con irregularidad tipo “piso flexible”.....	46

Figura 20. Pórticos de acero como refuerzo con diagonales anclados fuertemente a los diafragmas.....	50
Figura 21. Hospital de Cardiología del IMSS, México D.F. reforzamiento a base de disipadores de energía.....	51
Figura 22. Uso de la 1era planta del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	55
Figura 23. Imagen digital 3D del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	56
Figura 24. Geometría y distribución de las paredes en fachadas del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	57
Figura 25. Geometría y cortes del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	57
Figura 26. Imagen digital Pórticos A, B, C y D del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	59
Figura 27. Disposición de quebrasoles, baranda exterior y paredes en la fachada principal del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	60
Figura 28. Disposición de claraboyas y la baranda interior en el Módulo 3 del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	60
Figura 29. Espectro de Respuesta para el Análisis del Ambulatorio.....	70
Figura 30. Planta de envigado y muros de refuerzo Módulo I.....	82
Figura 31. Planta de envigado y muros de refuerzo Módulo II.....	83
Figura 32. Planta de envigado y muros de refuerzo Módulo III.....	83
Figura 33. Espectro de Respuesta para el Análisis del Ambulatorio Reforzado.....	84
Figura 34. Imagen 3D de los módulos reforzados del Ambulatorio. Estructura sola...	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de objetivos	34
Tabla 2. Índices de vulnerabilidad específica (I_i) y pesos relativos (α_i).....	61
Tabla 3. Valores de los Índices de Vulnerabilidad específica (I_i).....	63
Tabla 4. Valores de los Índices de Amenaza (I_A) e Importancia (I_I).....	64
Tabla 5. Aplicación de los valores de los Índices de Amenaza (I_A), Vulnerabilidad (I_V), Importancia (I_I), Riesgo (I_R) y Priorización (I_P) en el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	65
Tabla 6. Valoración de Índice de Vulnerabilidad (I_V).....	66
Tabla 7. Valoración de Índice de Riesgo (I_R).....	66
Tabla 8. Valoración de Índice de Priorización (I_P).....	66
Tabla 9. Calificación de los Índices de Vulnerabilidad (I_V), Riesgo (I_R) y Priorización (I_P) en el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	66
Tabla 10. Propiedades de los materiales empleados.....	67
Tabla 11. Acciones permanente y variables sobre las losas de entepiso y/o techo del Ambulatorio.....	68
Tabla 12: Parámetros Sísmicos.....	70
Tabla 13. Características de los modelos matemáticos del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	72
Tabla 14. Períodos y masas participativas obtenidas para los modelos matemáticos en el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	73
Tabla 15. Períodos estimados según Norma COVENIN 1756-2001.....	74
Tabla 16. Desplazamientos máximos (cm) en centros de masas.....	74
Tabla 17. Derivas máximas (‰) de los módulos del Ambulatorio.....	75
Tabla 18. Niveles de daño de Edificios aporricados de concreto armado.....	75
Tabla 19. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, en la Dirección X, de los Módulos I, II y III del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	77
Tabla 20. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, en la Dirección Y, de los Módulos I, II y III del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	78
Tabla 21. Demanda y capacidad en la base de los Módulos I, II y III del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano, en las Direcciones X y Y.....	78

Tabla 22. Propiedades de los materiales empleados en los muros de los módulos reforzados.....	84
Tabla 23: Parámetros Sísmicos para el Análisis del Ambulatorio Reforzado.....	85
Tabla 24. Períodos y masas participativas obtenidas para los modelos matemáticos de los módulos reforzados en el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	87
Tabla 25. Desplazamientos máximos (cm) en centros de masas de los módulos reforzados.....	87
Tabla 26. Derivas máximas (‰) de los módulos reforzados del Ambulatorio.....	88
Tabla 27. Demanda de cortante sísmico de los Módulos I, II y III reforzados del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano, en las Direcciones X y Y.....	88
Tabla 28. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, para los tres modelos matemáticos del Módulo I reforzado, propuesto para el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	90
Tabla 29. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, para los tres modelos matemáticos del Módulo II reforzado, propuesto para el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	91
Tabla 30. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, para los tres modelos matemáticos del Módulo III reforzado, propuesto para el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	92
Tabla 31. Relación Demanda/Capacidad en Muros por refuerzo longitudinal, para el Modelo 2 del Módulo I reforzado. Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	93
Tabla 32. Relación Demanda/Capacidad en Muros por refuerzo longitudinal, para el Modelo 2 del Módulo II reforzado. Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	94
Tabla 33. Relación Demanda/Capacidad en Muros por refuerzo longitudinal, para el Modelo 2 del Módulo III reforzado. Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	94
Tabla 34. Áreas de refuerzo transversal calculado y colocado en los muros de refuerzo. Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	95
Tabla 35. Aceros de Refuerzo propuestos para los muros de los Módulos I, II y III del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.....	96

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE INGENIERÍA
POSTGRADO EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

**EVALUACIÓN SISMORRESISTENTE Y PROPUESTA DE ADECUACIÓN
ESTRUCTURAL DEL AMBULATORIO ARQUÍMEDES FUENTES SERRANO,
CUMANÁ, ESTADO SUCRE**

Autora: Ing^a Rosángel T. Caraballo C.
Asesor: Ing^o Denis Rodríguez M.
Año: 2017

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo la Evaluación Sismorresistente y Propuesta de Adecuación Estructural del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano, ubicado en Cumaná, Edo. Sucre. La investigación realizada está enmarcada, metodológicamente, en un proyecto factible. Para su evaluación se contó con los planos del proyecto original, y se realizaron inspecciones visuales para verificar su correspondencia con la estructura existente. Esta edificación médico-asistencial está integrada por tres módulos cuadrados separados por dos juntas de construcción de 5 cm, resultando una planta general rectangular de dimensiones 60,30 metros de largo y 19,80 metros de ancho (incluyendo las juntas de construcción). Cada módulo presenta 4 pórticos de concreto armado en la dirección longitudinal y transversal (con una separación de 6,60 m. entre ellos), con columnas de 40x40 cm, vigas de 60x40 cm y losas nervadas (unidireccionales y bidireccionales) de 25 cm de espesor en los entrepisos. El núcleo de circulación vertical (escaleras y ascensor) está ubicado en el módulo central, y cada módulo tiene una abertura central. Los módulos laterales (I y III) constan de tres niveles, mientras que el central (II) tiene un nivel adicional para el área de mantenimiento del ascensor y acceso al techo. Se realizó una evaluación cualitativa empleando el Método de FUNVISIS, donde se obtuvieron índices de: vulnerabilidad (42 con calificación elevada), de riesgo (37,80 con calificación de alto) y de prioridad (36,37 con calificación P4), lo cual justifica que la aplicación de la evaluación sismorresistente con el empleo de la norma COVENIN 1756-2001. El análisis y diseño de la estructura existente y reforzada se realizó con el programa de cálculo estructural ETABS, realizándose 9

modelos matemáticos (3 por módulo) considerando comportamientos de sus elementos estructurales con inercia gruesa e inercia agrietada con o sin mampostería. Para ingresar los datos correspondientes a sismo se utilizaron los datos suministrados por el Centro Sismológico UDO, estudio de suelos de edificaciones cercanas y el mapa de suelos de la ciudad. La repartición sísmica se efectuó por el método de las rigideces en su formulación matricial, suponiendo las losas como diafragmas rígidos. El análisis de la estructura existente arrojó derivas máximas de 48 %, desplazamientos máximos de 9,26 cm en el centro de masas, y valores de la relación de Demanda/Capacidad mayores a 1, revelando las deficiencias en rigidez y resistencia presentes en cada módulo, lo que justifica la realización de la adecuación estructural. El refuerzo estructural propuesto consiste en muros estructurales de concreto armado localizados en el perímetro y alrededor de la abertura central de cada módulo, lo cual proporciona una rigidez importante a la estructura original alcanzando derivas máximas de apenas el 7,6 %, desplazamientos máximos de 1,81 cm (no genera problemas de adyacencias entre los módulos) y relaciones Demanda/Capacidad de sus columnas menores a 1. Esta deriva tiene por finalidad asegurar que durante el evento sísmico los elementos estructurales originales de la edificación no presenten fallas importantes que puedan llevar a su colapso. El refuerzo no perturba las fundaciones de la estructura original y se puede construir cada módulo por separado, permitiendo la operatividad del Ambulatorio. El diseño y detallado de los muros se realizó con los criterios señalados en la Norma COVENIN 1753-2006, complementados con la ACI 318-2014, empleando muros con miembros de borde.

Descriptor: Edificaciones médico-asistenciales, evaluación cualitativa, evaluación sismorresistente, refuerzo estructural, muros estructurales.

INTRODUCCIÓN

Las edificaciones esenciales son instalaciones de especial importancia que, debido a la relevante función que desempeñan en la vida social de una comunidad, y sobre todo, ante la emergencia generada por un evento sísmico, imponen la necesidad de evaluar su vulnerabilidad estructural, determinar las acciones de mitigación de daños y establecer los criterios que permitan el reforzamiento estructural de las edificaciones existentes.

En Cumaná, existen diversas edificaciones esenciales, entre las que figuran unos diecinueve (19) centros públicos de salud, los cuales son clasificados de acuerdo a los requisitos exigidos por el Ministerio del Poder Popular para la Salud, basados en el sistema de referencia, área de influencia, servicios que brinda, planta física y condiciones geográficas.

Dentro de esos centros de salud, se encuentra el Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano”, ubicado en la Urbanización Cumanagoto de la ciudad de Cumaná, el cual está clasificado como un Ambulatorio Urbano Tipo III. Es una edificación aporticada de concreto armado, con un área de construcción de unos tres mil metros cuadrados (3000 m²) y un área de influencia que abarca un gran sector de Cumaná, convirtiéndolo en el tercer centro público de salud más importante. Es esta razón lo que motiva a realizar este trabajo, que se circunscribe a determinar la evaluación sismorresistente y proponer una adecuación estructural necesaria para mitigar los posibles daños que pueda sufrir la edificación bajo la acción sísmica.

Este documento presenta el resultado de las evaluaciones realizadas hasta la concepción de la propuesta de adecuación o reforzamiento estructural. Está estructurado en seis capítulos:

El Capítulo I “**El Problema**” expone el problema existente para determinar la evaluación sismorresistente y la propuesta de adecuación estructural del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano”, los objetivos que se pretenden alcanzar y la justificación del presente Trabajo Especial de Grado (TEG).

El Capítulo II “**Marco Metodológico**” expone la metodología empleada en el desarrollo del TEG, que incluye: el tipo de investigación y su diseño, la población y muestra utilizada, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos así como las técnicas para el análisis de los mismos, las fases de la investigación y la operacionalización de los objetivos del estudio.

El Capítulo III “**Marco Teórico**” presenta los antecedentes del Trabajo Especial de Grado (TEG), así como información básica sobre la vulnerabilidad sísmica de edificaciones y el reforzamiento estructural. También se incluyen las bases legales para proyectos de estructuras en Venezuela, y un glosario básico con algunos términos de utilidad en este trabajo.

El Capítulo IV “**Presentación y Diagnóstico**” está integrado por la descripción general de la edificación, las evaluaciones cualitativas y cuantitativas de la edificación existente y el diagnóstico sobre las deficiencias a nivel estructural encontradas en el Ambulatorio.

El Capítulo V “**Propuesta de Adecuación Estructural**”, contiene la presentación y justificación de la opción de refuerzo estructural escogido, la evaluación sismorresistente de la edificación reforzada y el diseño estructural de los muros de refuerzo.

El Capítulo VI “**Conclusiones y Recomendaciones**” presenta los resultados finales de este trabajo y algunas sugerencias.

Por último, se presentan las **Referencias Bibliográficas** utilizadas y consultadas para el desarrollo del trabajo, así como un conjunto de **Anexos** complementarios.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

El estado Sucre está ubicado en el extremo nororiental de Venezuela entre las coordenadas 10°02'34" - 10°45'25" de latitud norte, y los 61°51'17" - 64°31'42" de longitud oeste. Limita al norte con el Mar Caribe y el Estado Nueva Esparta, al sur con los estados Anzoátegui y Monagas, al oeste con el Golfo de Cariaco y al este con el Golfo de Paria (Figura 1).

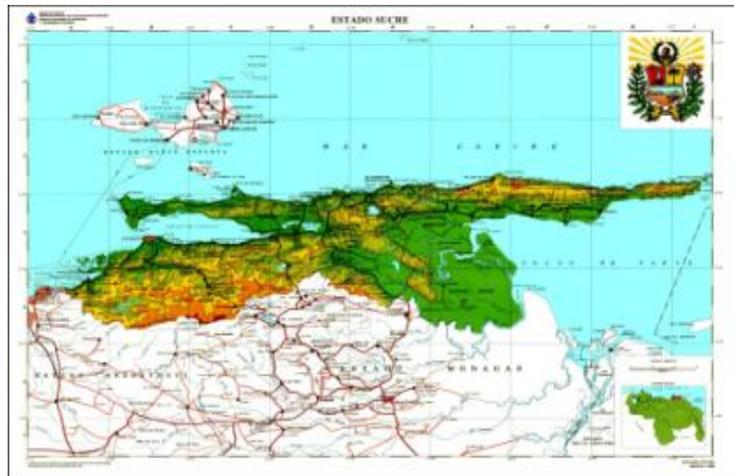
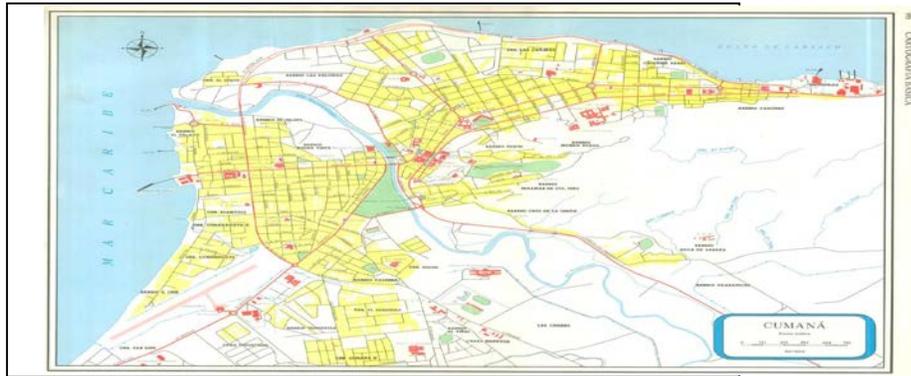


Figura 1. Mapa del Estado Sucre. Tomada de “Evaluación de la Amenaza Sísmica con Fines de Planificación Urbana en Cumaná, Estado Sucre, Venezuela” por Malaver, Grases, Herrera, Acosta y Montes, ponencia presentada en la 1era Jornada de Ingeniería Civil UCAB Guayana, 2009.

El estado Sucre está dividido en quince municipios y cincuenta y cuatro parroquias, asentadas en una superficie de 11.800 Km² que representan 1,92% de la superficie total de Venezuela. La capital de Sucre es la ciudad de Cumaná, la cual ha sido reiteradamente afectada por sismos, destacándose los que ocurrieron en los años 1530, 1629, 1684, 1794, 1797, 1799, 1805, 1839, 1853, 1929 y 1997; los daños materiales y el número de víctimas registrados han permitido clasificar esos terremotos como destructores. En la Figura 2 se presenta el mapa de la ciudad de Cumaná del año 1979.



PLANO DE LA CIUDAD DE CUMANÁ EN 1979

Figura 2. Plano de Cumaná de 1979. Tomada de “Evaluación de la Amenaza Sísmica con Fines de Planificación Urbana en Cumaná, Estado Sucre, Venezuela” por Malaver, Grases, Herrera, Acosta y Montes, ponencia presentada en la 1era Jornada de Ingeniería Civil UCAB Guayana, 2009.

De acuerdo a lo establecido en la Norma Venezolana “Edificaciones Sismorresistentes” COVENIN 1756-2001¹, el estado Sucre es considerado como el de mayor peligro sísmico del país y por lo tanto, está clasificado con una zonificación sísmica igual a 7, correspondiéndole una aceleración horizontal A_0 igual a 0.4 g (Figura 3).

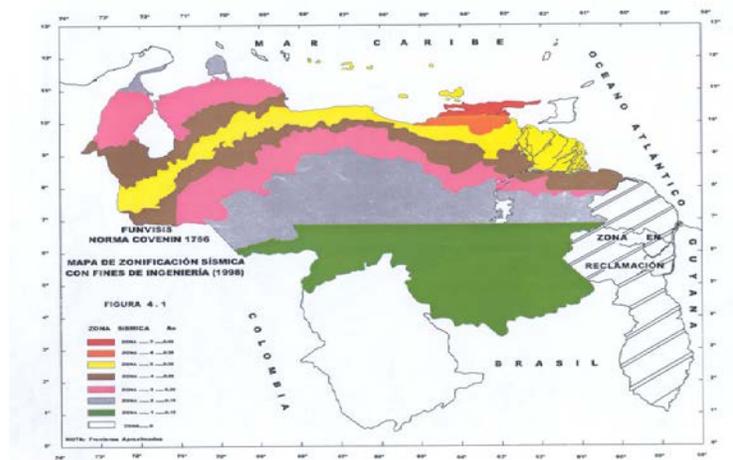


Figura 3. Mapa de Zonificación Sísmica de Venezuela. Tomada de Norma Venezolana COVENIN 1756-2001, p. 16.

En la actualidad, la ciudad de Cumaná cuenta con centros públicos de salud distribuidos en dos redes: la Red de Salud Tradicional, que de acuerdo a las

¹ Norma Venezolana COVENIN 1756-2001. Edificaciones Sismorresistentes. Parte 1: Requisitos. Capítulo 4. Páginas 15-20.

Normas Sobre Clasificación de Establecimientos de Atención Médica del Sub-Sector Salud en Venezuela² se clasifican en: Ambulatorios Rurales tipo I (RI), Ambulatorios Urbano tipo I (UI), Ambulatorios Urbano tipo II (UII) y Ambulatorios Urbano tipo III (UIII), Hospital tipo III (HIII) y Hospital tipo IV (HVI), además de las Unidades de Apoyo Asistencial (UAA); y, la Red Barrio Adentro compuesta por una Red Primaria de Atención de Salud (Consultorios Populares, Centros Médicos de Diagnóstico Integrales o CDI, y Salas de Rehabilitación Integrales o SRI) y la Red Secundaria de Atención de Salud (Centros Médicos de Alta Tecnología o CAT).

Los centros ubicados dentro de la poligonal urbana de Cumaná son: el Hospital Universitario Antonio Patricio de Alcalá (HIV), el Hospital Dr. Julio Rodríguez (HIII, CDI, SRI, CAT), el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano (UIII)(Figura 4), el Ambulatorio Salvador Allende (UIII), el Ambulatorio El Dique (UAA), el Ambulatorio Boca de Sabana (UI), el Ambulatorio Cruz de la Unión (RI), el Ambulatorio Las Palomas (Ambulatorio Urbano tipo I), el Ambulatorio Fe y Alegría (CDI), el Ambulatorio Brasil (UII), el Ambulatorio Cascajal (UI), el Ambulatorio Cantarrana (UI), el Ambulatorio La Llanada (UI), el Ambulatorio Miramar (CDI), el Ambulatorio El Peñón (CDI), el Ambulatorio Los Frailes (RI), el Ambulatorio El Tacal (RII), el Ambulatorio Tres Picos (UAA), el Ambulatorio La Trinidad (UAA), el Ambulatorio Brisas del Golfo (UAA), y el Ambulatorio de La Montañita (RI).



Figura 4. Ubicación del Ambulatorio Urbano Tipo III “Arquímedes Fuentes Serrano, Cumaná”. Tomada de Google Earth por la autora.

² Decreto N° 1.798 (Normas Sobre Clasificación de Establecimientos de Atención Médica del Sub-Sector Salud en Venezuela). (1983, Enero 21). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 32.650. Enero 21, 1983.

Las características de esos centros de salud de la red tradicional, definidas en las precitadas Normas, son las siguientes:

Ambulatorios Rurales Tipo I: a) se encuentran ubicados en áreas rurales de población dispersa menor de un mil (1.000) habitantes; b) son atendidos por un auxiliar de "Medicina simplificada" bajo supervisión médica y de enfermería.

Ambulatorios Urbano Tipo I: a) prestan atención médico integral de nivel primario; b) son atendidos por médicos generales y familiares; c) dentro de su organización pueden contar con servicio odontológico y psico-social.

Ambulatorios Urbanos Tipo II: a) prestan atención médica integral de nivel primario; b) son atendidos por un médico general con experiencia en administración de salud pública, quien podrá realizar funciones docentes de pre y post-grado; c) pueden contar con los servicios de obstetricia y pediatría y de los servicios básicos de laboratorio, radiología y emergencia permanente, además de los servicios del Ambulatorio Tipo I.

Ambulatorios Urbanos Tipo III: a) prestan atención médica integral de nivel primario, secundario o ambos; b) son dirigidos por un médico con curso medio de clínicas sanitarias; c) son organizados para prestar, además de atención médica general, servicios de: medicina interna, cirugía general, gineco-obstetricia y pediatría, servicios de dermato-venereología, cardiología y emergencia.

Hospital Tipo III: a) prestan servicios de atención médica integral a la salud en los tres niveles clínicos; b) se encuentran ubicados en poblaciones mayores de sesenta mil (60.000) habitantes, con áreas de influencia hasta de cuatrocientos mil (400.000) habitantes; c) dentro de su organización contarán con una capacidad que oscilará entre 150 y 300 camas; d) servicios de Medicina (Nefrología, Reumatología, Neurología, Gastroenterología, Medicina Física y Rehabilitación, Cirugía, Urología, Otorrinolaringología, Oftalmología, Traumatología, Gineco-Obstetricia y Pediatría), Servicios de colaboración (Nutricionistas, Licenciados en Enfermería, un Farmacéutico, un Licenciado Bioanálisis, un Ingeniero Electro-Mecánico o de Electromedicina); e) cumple funciones de docencia a nivel de pregrado de medicina así como a nivel tecnológico, es sede de residencias programadas de postgrado en las especialidades básicas y cumple con funciones de investigación.

Hospital Tipo IV: a) prestan atención médica de los tres niveles con proyección hacia un área regional; b) se ubican en poblaciones mayores de cien mil (100.000) habitantes y con área de influencia superior al millón (1.000.000) de habitantes; c) tienen más de 300 camas; d) cuentan con unidades de larga estancia y albergue de pacientes; e) poseen los mismos servicios de especialidades que corresponden al Hospital tipo III; f) servicios de cirugía (Neurocirugía, Ortopedia y Proctología), Servicios de medicina (Inmunología, Endocrinología, Geriátrica, Medicina del Trabajo, Medicina Nuclear, Genética Médica), servicios de colaboración (seis Nutricionistas como mínimo, tres Licenciados en Enfermería, Administración y Recursos Humanos), servicio de Ingeniería y Mantenimiento.

En cuanto a los centros de salud pertenecientes a la red Barrio Adentro, éstos presentan las siguientes características³:

Consultorios Populares: a) constituyen establecimientos de la red primaria de atención ambulatoria; b) son el pilar fundamental para la gestión transectorial de salud en su territorio - población, la vigilancia de la salud y para la extensión de coberturas de respuestas equitativas, oportunas y adecuadas a la naturaleza y prioridad de los problemas de salud y sus determinantes; c) garantizan el análisis de la situación de salud local según condiciones de vida, perfil epidemiológico y de salud ambiental y adecuan su poder resolutivo a los mismos, en conjunción con la comunidad y otras redes sociales; d) su cobertura poblacional será hasta de mil doscientos cincuenta habitantes (1.250) o doscientas cincuenta familias (250); e) el equipo de salud estará conformado por un médico que ejerza una práctica de atención general integral, un defensor comunitario de salud con entrenamiento en enfermería y en trabajo social y el Comité de Salud integrado por miembros de la respectiva comunidad.

Centros de Diagnóstico Integrales: a) ofrecen la realización de exámenes complementarios en las áreas de Imagenología y laboratorio; b) son unidades de planificación y operativas que coordinan, integran y se complementan en red con los Consultorios Populares, los establecimientos de la Red Secundaria de Atención y los

³ Marcano, J. C. (2008). "Barrio adentro: fortaleciendo la estrategia de atención primaria de salud en la República Bolivariana de Venezuela" [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com> (Consulta: 2011, Julio 8)

Hospitales del Pueblo; c) apoyan, sistematizan, consolidan, analizan y utilizan la vigilancia de la salud para la gestión de la atención de salud integral del territorio-población y además alimentan el sistema municipal o regional de información en salud; d) garantizan a la población en sus respectivas áreas territoriales la prestación de servicios de veinticuatro (24) horas al día; e) cuentan dentro de sus servicios con camas de Hospitalización, camas de Terapia Intensiva y pueden contar con áreas para Cirugía Ambulatoria.

Salas de Rehabilitación Integrales: a) cuentan con personal profesional y técnico capacitados para garantizar la aplicación de procedimientos dirigidos a ayudar a una persona a alcanzar el más completo potencial físico, psicológico, social, vocacional y educacional compatible con su deficiencia fisiológica o anatómica; b) brindan atención en las áreas de terapia ocupacional, fonoaudiología, psicología clínica, ortopedia, podología, terapia del dolor, ortoprótesis y otras de acuerdo al perfil epidemiológico de la población del área de salud integral comunitaria de adscripción; c) cuentan con protocolos de actuación para el enfoque de los pacientes; d) permiten la capacitación de los usuarios y sus familiares sobre los cuidados primarios del paciente discapacitado, la rehabilitación del paciente pediátrico, adultos y niños con discapacidades congénitas, rehabilitación geriátrica, espasticidad, la inmovilización, las alteraciones del movimiento, la disfunción neurógena vesical e intestinal, discapacidad y sexualidad y problemas vocacionales; e) garantizan el derecho a la salud integral al paciente con secuelas de enfermedad cerebrovascular, esclerosis múltiple, lesión medular, pacientes oncológicos, rehabilitación cardiovascular, dolor crónico, amputados, parálisis cerebral, dolor lumbar, osteoporosis, artritis, enfermedad vascular periférica, quemados, desórdenes de trauma acumulativo, rehabilitación de los reemplazos totales de cadera y rodilla, rehabilitación de mano, o a aquellos que por su ocupación requieren de servicios de medicina del deporte .

Centros de Alta Tecnología: a) son unidades operativas dotadas con recursos tecnológicos que facilitan el diagnóstico oportuno de las patologías y el tratamiento oportuno de estas; b) están en red con sus Consultorios Populares, Centros de Diagnóstico Integrales de Salud, Salas de Rehabilitación Integrales, Clínicas Populares y Hospitales del Pueblo, responsables de la atención de salud del territorio - población asignado; c) prestan atención integral primaria y secundaria en las

comunidades, con carácter ambulatorio, en un horario de 24 horas diarias; d) ofrecen atención especializada de Emergencia, con servicios de Imagenología, Tomografía axial Computarizada, Resonancia Magnética Nuclear, Laboratorio automatizado especializado, mamografía, ecosonografía, endoscopia digestiva superior e inferior, pudiendo contar con servicio de Cirugía Ambulatoria y otras de acuerdo al perfil epidemiológico y las condiciones de accesibilidad a los servicios; e) cuentan con camas de observación hasta 72 horas y pueden contar con camas de terapia intensiva; f) sirven de centros de referencia y contrarreferencia de los Consultorios Populares, Centros de Diagnóstico Integrales así como de la Red Ambulatoria y Hospitalaria.

Los hospitales y ambulatorios poseen características de uso y diseño que los hacen particularmente sensibles frente a los desastres naturales, por lo cual es de vital importancia estudiar la vulnerabilidad de este tipo de instalaciones con el fin de identificar sus debilidades y así planificar, diseñar y ejecutar las intervenciones físicas o las reestructuraciones que sean necesarias.

Dada la necesidad de contar con la infraestructura hospitalaria después de un desastre natural, como por ejemplo un terremoto, y con el fin que el sector salud pueda dar una respuesta eficiente en la ciudad de Cumaná, para atender la emergencia generada por un terremoto, se deben evaluar la vulnerabilidad sísmica de las instalaciones de salud que posee la ciudad. En este sentido, en este trabajo proponemos evaluar esa vulnerabilidad sísmica en el Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano”, a fin de determinar si la estructura de dicho ambulatorio está en capacidad de resistir las acciones sísmicas previstas en la norma COVENIN 1756-2001 “Edificaciones Sismorresistentes” actualmente en vigencia. Es importante destacar la necesidad de contar con el funcionamiento ininterrumpido de esa instalación de salud con posterioridad al evento sísmico, ya que por su ubicación, capacidad, sistema de referencia, servicios que presta, estructura física, área de influencia y población atendida, es el de mayor importancia en la ciudad.

Este Ambulatorio está conformado por tres cuerpos independientes separados por juntas de construcción y un área total de aproximadamente tres mil metros cuadrados (3000 m²). La planta de cada uno de los cuerpos es cuadrada y consta de

planta baja, y dos plantas tipo. La estructura de los tres cuerpos es aporticada de concreto armado. Su construcción finalizó en 1977, basado en un proyecto del año 1970, por lo que debe haber sido diseñado con la Norma Provisional “Edificaciones Antisísmicas” del año 1967 (MOP-1967). Por tanto, es de suponer que para adecuarlo a la normativa vigente en el país deberá ser reforzado, dados los cambios que han tenido las normas sísmicas en los últimos 20 años. Las Figuras 5 y 6 muestran las fachadas principal y lateral del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano”.



Figura 5: Fachada principal del Ambulatorio Urbano Tipo III “Arquímedes Fuentes Serrano”. Tomada por la autora, 2011.



Figura 6: Fachada lateral del Ambulatorio Urbano Tipo III “Arquímedes Fuentes Serrano”. Tomada por la autora, 2011.

Objetivos del Trabajo

Objetivo General

Evaluar la vulnerabilidad sismorresistente y proponer un proyecto de adecuación estructural del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano” ubicado en la ciudad de Cumaná, Municipio Sucre, Estado Sucre, considerando las acciones sísmicas previstas en las Normas venezolanas COVENIN vigentes.

Objetivos Específicos

- Establecer en forma cualitativa la vulnerabilidad sísmica funcional y estructural del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano”.
- Estudiar la patología estructural de la edificación.
- Determinar la capacidad sismorresistente de la estructura de concreto armado del Ambulatorio según la norma COVENIN 1756-2001.
- Estudiar alternativas para el reforzamiento estructural del Ambulatorio, en caso de ser necesario, a fin de minimizar su vulnerabilidad sismorresistente ante las acciones sísmicas previstas en la normativa vigente en el país.
- Proponer un proyecto de reforzamiento estructural del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano”, a fin de adecuarlo a las acciones sísmicas previstas en la norma COVENIN 1756-2001 y a los requisitos de diseño y detallado especificados en las normas FONDONORMA 1753-2006 y COVENIN 1618-1998.

Justificación del Trabajo

Luego de la ocurrencia del sismo acaecido en la población de Cariaco el 9 de julio de 1997, el cual afectó varias edificaciones asistenciales en el estado Sucre, y a raíz de la publicación de la Norma de Edificaciones Sismorresistentes COVENIN 1756-2001, la Norma Venezolana para el Proyecto y Construcción de Edificaciones de Concreto Armado 1753-2006 y la Norma Estructuras de Acero para Edificaciones Método de los Estados Límites COVENIN 1618-1998, surge la necesidad de estudiar y evaluar la capacidad sismorresistente de la estructura de concreto armado del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano” de la ciudad de Cumaná a fin de

determinar su nivel de vulnerabilidad, establecer la necesidad de reforzarlo y garantizar su operatividad después de la eventual ocurrencia de un sismo fuerte en la ciudad de Cumana y/o poblaciones circunvecinas.

Es importante señalar que en la medida que ocurren los terremotos, se conoce mejor el comportamiento de las estructuras ante esos eventos naturales, lo cual incide en el aumento de los requerimientos de diseño de los elementos estructurales que conforman las edificaciones., Por lo tanto, en el caso del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano”, las acciones sísmicas previstas sobre el edificio con la aplicación de la Norma COVENIN 1756-2001 son mayores que las empleadas en el proyecto original, lo cual aunado al mejoramiento de los procedimientos de cálculo estructural, permite establecer el nivel de vulnerabilidad de la referida estructura y por ende definir la propuesta de adecuación estructural prevista en este trabajo.

El desarrollo de este trabajo especial de grado, tiene un peso académico y didáctico importante, ya que pone a disposición de los organismos gubernamentales, en especial a la Gobernación del estado Sucre, de un modelo para la evaluación, intervención, modificación y toma de decisiones, inherentes a la necesidad de reforzar estructuras de este tipo, las cuales presentan algún tipo de vulnerabilidad, desde el punto de vista netamente estructural, logrando la disminución del nivel de riesgo de daños por sismos a que estuvo sometida en el pasado.

Alcance del Trabajo

El presente trabajo especial de grado propone la realización de una evaluación de vulnerabilidad sísmica de la estructura del Ambulatorio, donde se indican las potenciales deficiencias de la estructura a nivel de resistencia, rigidez y ductilidad, así como los probables defectos de su configuración arquitectónica. Para corregir esas potenciales deficiencias y lograr una estructura cuya respuesta sísmica sea segura, se propone un esquema de reforzamiento estructural, precedido de un estudio patológico de la edificación. Para ello se selecciona un sistema de reforzamiento que interfiera lo menos posible con el funcionamiento del ambulatorio (poco invasivo), tanto durante el proceso constructivo, como en su resultado final.

El análisis de la estructura reforzada se realiza considerando la amenaza sísmica y los elementos que se incorporan o se eliminan. En el análisis de la edificación se considera, también, el comportamiento de los elementos no estructurales en la respuesta estructural. En la medida de lo posible el refuerzo de la estructura debe considerar la eliminación de los probables defectos arquitectónicos e ingenieriles que se detecten con el estudio de la vulnerabilidad. El diseño de los nuevos elementos estructurales debe ser cuidadoso y prestarse especial cuidado al detalle de unión de los elementos nuevos con la estructura existente.

En general, el reforzamiento del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano” que se propone, busca disminuir las deformaciones y esfuerzos excesivos, de modo que dichos esfuerzos sean absorbidos por los nuevos elementos estructurales.

Limitaciones del Trabajo

En Venezuela, a través de un programa de La Organización Panamericana de la Salud, se inició un proyecto destinado a estudiar la vulnerabilidad sísmica cualitativa de varios hospitales a nivel nacional, con especial énfasis en los requisitos necesarios para que esas instalaciones de salud se pudieran mantener operativas durante e inmediatamente después de situaciones de desastre natural. Como resultado de esos estudios, se propusieron medidas preventivas de bajo costo-beneficio para mitigar la vulnerabilidad funcional de las instalaciones de salud evaluadas. Dentro de esta perspectiva, existen pocos trabajos publicados sobre adecuación sismorresistente en edificaciones asistenciales. Por tal motivo, un punto relevante de este trabajo, es recabar información sobre evaluación de vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de edificaciones médico-asistenciales en nuestro país.

Dentro de este contexto, uno de los principales retos que presenta este trabajo especial de grado es proponer un sistema de reforzamiento poco invasivo o con mínima interferencia en el funcionamiento del ambulatorio, considerando las tecnologías de construcción disponibles en el país, lo que implica una exigencia técnica en conocimiento de materiales y en métodos de análisis.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico se refiere al conjunto de procedimientos implícitos en el proceso de ejecución del trabajo. Para garantizar que los resultados obtenidos sean confiables y sólidos, además de cumplir con los objetivos planteados, el marco metodológico ofrece un procedimiento ordenado de acción donde se busca identificar el tipo y diseño del trabajo, los lineamientos y los métodos específicos que sirven para establecer la población y la muestra a utilizar, las técnicas de recolección de los datos y la técnica de análisis de los mismos.

Tipo de Trabajo

El trabajo se encuentra orientado a la evaluación de la vulnerabilidad estructural y a la propuesta de adecuación sismorresistente en un Ambulatorio Urbano tipo III ubicado en la ciudad de Cumaná, estado Sucre. En tal sentido, se describe a continuación el basamento teórico existente.

En la “Guía Práctica para la Elaboración del Trabajo Especial de Grado (TEG). Especialización en Gerencia de Proyectos” de la UCAB (2006)⁴, se define como Investigación Proyectiva la “elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable, o una solución posible a un problema de tipo práctico, para satisfacer necesidades de una institución o grupo social” (p. 5).

Sin embargo, según explica Hurtado de B. (1998)⁵ en referencia a la investigación proyectiva que:

“Este tipo de investigación, también llamada proyecto factible (UPEL, 1990) consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, los cuales constituyen una solución a un problema o necesidad de tipo práctico” (p. 311). A continuación la autora (op. cit.) explica que “se

⁴ UCAB (2006). “Guía Práctica para la Elaboración del Trabajo Especial de Grado (TEG). Especialización en Gerencia de Proyectos”. Caracas

⁵ Hurtado de Barrera, J. (1998). “El Proyecto de Investigación Holística”. (2da. Edición.) Caracas.

pueden ubicar como proyectivas, todas aquellas investigaciones que conducen a inventos, a programas, a diseños o a creaciones dirigidas a cubrir una determinada necesidad, y basadas en conocimientos anteriores” (p. 311).

El Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL (2006)⁶, expresa que el proyecto Factible:

“...consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades” (p. 21).

Según Palella y Martins (2006)⁷ el Proyecto factible “consiste en elaborar una propuesta viable destinada a atender las necesidades específicas, determinadas a partir de una base diagnóstica” (p. 107).

En base a los conceptos anteriormente expuestos, unido a los objetivos planteados, el tipo de estudio se enmarca dentro de un proyecto factible.

Diseño del Trabajo

El diseño empleado para la elaboración de este trabajo de especial de grado es del tipo no experimental, de campo, transeccional y documental debido a que toda la información necesaria para abordar el tema planteado, se encuentra en la situación existente en el Ambulatorio objeto de estudio y en materiales impresos.

En cuanto a los diseños no experimentales, Palella y Martins (2006) establecen que:

“Es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos.

⁶ UPEL (2006). “Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales”. (4ta Edición). Caracas.

⁷ Palella, S. y Martins, F. (2006). “Metodología de la Investigación cuantitativa” (2da Edición). Caracas.

Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica sino que se observan las que existen. Las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, lo que impide influir sobre ellas para modificarlas” (p. 96).

Esto, a su vez, es corroborado en el Manual para la Elaboración del Trabajo de Investigación de la ESGA (2005)⁸, donde establece que:

“Se aplica en las investigaciones de campo en las que no hay manipulación de variables, porque la acción de las variables ya se dio en la realidad, el investigador no intervino en ello. Se observan las variables y sus relaciones en un contexto natural, el investigador toma los datos directamente de la realidad” (p. s/n).

De acuerdo a lo señalado en el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL (2006):

“Se entiende por Investigación de Campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas o efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios” (p. 18).

En cuanto al carácter transeccional de una investigación, Palella y Martins (2006) explican que “este nivel de investigación se ocupa de recolectar datos en un solo momento y en un tiempo único. Su finalidad es la de describir las variables y analizar su incidencia e interacción en un momento dado sin manipularlas.” (p. 104).

Esto, a su vez, es complementado en el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL (2006) cuando define la investigación documental como:

“El estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales, o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterio, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y en general, el pensamiento del autor” (p. 20).

⁸ Escuela Superior de Guerra Aérea (2005). “Manual para la Elaboración de Trabajos de Investigación”. Caracas.

Población y Muestra

Para los efectos de este trabajo, se puede definir la población como los dos ambulatorios urbanos tipo III con similares características estructurales y funcionales, diseñados por el antiguo Ministerio de Desarrollo Urbano y construidos en la década de 1970 en las ciudades de Cumaná y Carúpano, estado Sucre. De ambos ambulatorios, se ha tomado como muestra para un estudio más detallado, el Ambulatorio Urbano Tipo III “Arquímedes Fuentes Serrano”, situado en Cumaná, por su capacidad y población atendida.

En tal sentido, Lerma (2003)⁹ define la población como “... el conjunto de todos los elementos de la misma especie que presentan una característica determinada o que se corresponden a una misma definición y a cuyos elementos se les estudiarían sus características y relaciones” (p. 73).

Por su parte, Palella y Martins (2006) definen la población como:

“...el conjunto de unidades de las que se desea obtener información y sobre las que se van a generar conclusiones. La población puede ser definida como el conjunto finito e infinito de elementos, personas o cosas pertinentes a una investigación y que generalmente suele ser inaccesible” (p.115).

En cuanto a la muestra Sabino (1996)¹⁰ la define como:

“Parte de todo lo que llamamos universo y que sirve para representarlo, es decir, consiste en un número de sujetos que reúnen las mismas características de la población estudiada y, por lo tanto, son representativos de la misma. Cuando la muestra cumple con las condiciones anteriores, es decir, cuando nos refleja en sus unidades lo que ocurre en el universo, la llamamos muestra representativa” (p. 104).

Navarro (2009)¹¹ puntualiza que la muestra “es una parte de la población que debe reunir las mismas características de ésta para que sea representativa” (p. 54).

⁹ Lerma, H. D. (2003). “Metodología de la Investigación: Propuesta, Anteproyecto y Proyecto”. Bogotá

¹⁰ Sabino, C. (1992). “El proceso de Investigación”. Caracas

¹¹ Navarro, L. (2009). “Desarrollo, Ejecución y Presentación del Proyecto de Investigación”. Caracas.

Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos son las distintas formas de obtener la información. En base a los objetivos del presente trabajo donde se evalúa la sismorresistencia y se propone la adecuación estructural del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano”, se emplean como técnicas e instrumentos de recolección de datos: la observación en sus modalidades directa e indirecta, y la entrevista, ésta última orientada por una guía con la utilización de técnicas de indagación que permita al entrevistado responder las preguntas, y el empleo de instrumentos como: cámaras, grabadoras, planillas de inspección de edificaciones (características sismorresistentes) y la libreta de notas.

Con respecto a la observación, Navarro (2009) indica que “es la técnica que permite obtener información en función de los objetivos de la investigación, sin entablar comunicación con los sujetos objeto de estudio” (p. 70).

La observación directa e indirecta es definida por Palella y Martins (2006) como:

“...la observación es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar. Es indirecta cuando el investigador entra en conocimiento del hecho o fenómeno a través de observaciones realizadas anteriormente por otra persona. Esto último ocurre cuando se utilizan libros, revistas, informes, grabaciones, fotografías, relacionadas con lo que se está investigando, los cuales han sido obtenidos o elaborados por personas que antes se ocuparon de lo mismo” (p. 129).

En cuanto a la entrevista, Navarro (2009) apunta que “se utiliza esta técnica, cuando obtenemos de forma directa testimonios orales de los individuos, que constituyen los elementos de la población objeto de estudio” (p. 72).

Para realizar el trabajo de investigación será necesario revisar bibliografía existente referente al tema de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, reforzamiento estructural, adecuación de edificaciones, las normas venezolanas COVENIN, así como otras publicaciones que se consideren de interés, además del proyecto original del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano” y registros de información.

Técnicas para el Análisis de los Datos

La técnica de análisis de datos representa la forma de cómo será procesada la información recopilada para la investigación y puede ser: cualitativa o cuantitativa.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2003)¹², el análisis cualitativo se define como: “un método que busca obtener información de sujetos, comunidades, contextos, variables o situaciones en profundidad, asumiendo una postura reflexiva y evitando a toda costa no involucrar sus creencias o experiencia” (p. 451-452).

Por otra parte, Sabino (1992) conceptualiza el análisis cuantitativo como “una operación que se efectúa, con toda la información numérica resultante de la investigación. Esta, luego del procesamiento que ya se le habrá hecho, se nos presentará como un conjunto de cuadros y medidas, con porcentajes ya calculados” (p.451).

Debido a lo señalado anteriormente, en este trabajo se utilizaron ambas técnicas de análisis de datos. La técnica de análisis cualitativo, para la recolección y clasificación de datos obtenidos a través de la bibliografía, documentos, entrevistas e inspecciones; y la técnica de análisis cuantitativo mediante la aplicación de programas de cálculo automatizado (SAP, ETABS, etc.) para el análisis y cálculo estructural a los datos y a la información real y documental del diseño ya obtenidos y clasificados.

Fases del Trabajo

Tomando en cuenta los objetivos planteados, el presente trabajo, enmarcado como un proyecto factible, consta de las siguientes fases:

Fase 1: En esta fase se realiza la recopilación, investigación y revisiones bibliográficas de los documentos normativos y especializados en Ingeniería Sísmica a fin de recopilar toda la información referente al tema de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, amenaza sísmica, patología de estructuras de concreto

¹²Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003). Metodología de la Investigación. México

armado y evaluación sismorresistente. Se contrasta la documentación con la realidad de la edificación, mediante el levantamiento de las lesiones y la caracterización mecánica de los materiales. En esta fase se pretende abarcar los tres primeros objetivos específicos, realizando el diagnóstico desde el punto de vista cualitativo.

Fase 2: En esta segunda fase se realiza la revisión del proyecto original, elaboración de un diagnóstico de la estructura en su estado original y la evaluación sismorresistente con base a la norma COVENIN 1756-2001. En esta fase se cumplen los tres primeros objetivos desde el punto de vista cuantitativo.

Fase 3: Esta fase se inicia con la formulación de aspectos conceptuales necesarios para estudiar las diversas opciones de reforzamiento de edificaciones de concreto armado y seleccionar la más factible. En esta fase se pretende abarcar y cumplir con el objetivo específico número cuatro.

Fase 4: En esta fase se tiene previsto realizar el análisis estructural de la edificación con el fin de diseñar los elementos estructurales requeridos para su reforzamiento. El mismo se realiza con el apoyo de programas comerciales para el análisis y cálculo de estructuras, así como hojas de cálculo elaboradas para este trabajo. El análisis de los resultados obtenidos se emplean para la elaboración de las conclusiones y dar cumplimiento al quinto objetivo de este Trabajo Especial de Grado.

Operacionalización de los Objetivos

Objetivo General

Evaluar la vulnerabilidad sismorresistente y proponer un proyecto de adecuación estructural del Ambulatorio “Arquímedes Fuentes Serrano” ubicado en la ciudad de Cumaná, Municipio Sucre, Estado Sucre, considerando las acciones sísmicas previstas en las Normas venezolanas COVENIN vigentes.

Tabla 1. Operacionalización de objetivos

OBJETIVO ESPECÍFICO	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
Establecer en forma cualitativa la vulnerabilidad sísmica funcional y estructural del Ambulatorio "Arquímedes Fuentes Serrano".	Vulnerabilidad sísmica funcional y estructural	Comprende los fundamentos necesarios para definir la caracterización de la vulnerabilidad sísmica funcional y estructural del Ambulatorio.	<ul style="list-style-type: none"> • Factores geológicos • Factores estructurales • Factores arquitectónicos • Factores constructivos • Factores socio-económicos.
Estudiar la patología estructural de la edificación.	Patología estructural	Comprende los fundamentos necesarios para definir aspectos sobre patología estructural presentes en el Ambulatorio.	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuración • Humedad • Desprendimientos • Corrosión • Asentamientos • Características y resistencia de los materiales • Adyacencia
Determinar la capacidad sismorresistente de la estructura de concreto armado del Ambulatorio según la norma COVENIN 1756-2001.	Evaluación sísmica	Comprende los fundamentos necesarios para definir y determinar la evaluación sísmica del Ambulatorio de acuerdo con la norma COVENIN 1756-2001.	<ul style="list-style-type: none"> • Amenaza Sísmica • Clasificación Espectral • Clasificación Estructural • Métodos de Análisis • Análisis Sísmico • Efectos Traslacionales y torsionales • Desplazamientos • Relación demanda/capacidad
Estudiar alternativas para el reforzamiento estructural del Ambulatorio, en caso de ser necesario, a fin de minimizar su vulnerabilidad sismorresistente ante las acciones sísmicas previstas en la normativa vigente en el país.	Fundamentos	Comprende los fundamentos necesarios para determinar alternativas de reforzamiento estructural en el Ambulatorio.	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidez • Disipación de energía y tenacidad • Capacidad • Invasividad • Criterios constructivos • Criterios arquitectónicos • Costos
Proponer un proyecto de reforzamiento estructural del Ambulatorio "Arquímedes Fuentes Serrano", evaluando los criterios para el diseño y el detallado de acuerdo con los requisitos de las normas COVENIN 1756-2001, FONDONORMA 1753-2006 y COVENIN 1618-1998.	Proyecto Estructural	Comprende los fundamentos necesarios para validar los elementos del logro de los objetivos y requisitos del producto final del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis y diseño de la estructura reforzada • Detallado • Diseño de la unión entre el elemento de refuerzo y la estructura original • Afectaciones durante el proceso de reforzamiento y durabilidad • Planos y memoria de cálculos

Nota. Recopilación y análisis de la autora, 2011.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

El marco teórico es el soporte principal del estudio. Este permite ampliar la descripción del problema, integrando la teoría con la investigación aplicada, estableciendo sus interrelaciones. Representa un sistema coordinado, coherente de conceptos y propósitos para abordar el tema.

Antecedentes

La gran importancia que tienen las edificaciones esenciales, tales como escuelas, hospitales y edificios públicos, para hacer frente a situaciones de emergencia que se presentan cuando ocurre un terremoto, ha sido puesta de manifiesto tanto en tiempos pasados como recientes. Así tenemos que en los sismos ocurridos en los últimos 30 años, en nuestro continente se han presentado daños en las instalaciones de salud. Estos daños indican que dichas instalaciones son altamente vulnerables a los efectos de los terremotos, ya que no pueden responder adecuadamente ni garantizar su normal funcionamiento tras la ocurrencia de un evento sísmico.

En vista de lo señalado en el párrafo anterior, varias organizaciones nacionales e internacionales han llevado adelante algunos estudios específicos sobre el comportamiento de las instalaciones de salud durante un sismo a fin de determinar su capacidad sismorresistente y proponer iniciativas tendentes a mejorar dicha capacidad. Entre estas iniciativas destacan las siguientes:

Iniciativas Norteamericanas: entre los primeros estudios realizados destaca por su importancia y aplicabilidad, la evaluación de daños sísmicos en instalaciones esenciales de California, USA, desarrollados por “The Federal Emergency Management Agency” (FEMA) y “The Applied Technology Council” (ATC). En esos trabajos se reconoce el impacto que tienen sobre la comunidad, los daños en las instalaciones de salud. Tales daños deben ser evaluados considerando la función social que desempeñan dichas instalaciones. Igualmente, se deben revisar las

estadísticas que permiten ratificar diferencias significativas en la importancia relativa de las edificaciones en términos de densidad ocupacional, equipamiento, costos de reposición, etc. Con ello, FEMA promueve el desarrollo de una serie de herramientas fundamentadas en un modelo de simulación por ordenador, para la estimación de daños sísmicos y pérdidas, y para la estimación del impacto económico. Aparte de esto, FEMA ha propuesto un gran número de métodos para evaluar de manera rápida el nivel de riesgo sísmico de los edificios, los cuales han sido recopilados y comparados por ATC, en ellos recomienda hacer un formato simplificado para el levantamiento de información sobre vulnerabilidad sísmica en instalaciones esenciales. De la misma manera, ATC presenta una metodología para la evaluación de la seguridad de edificios, después de un evento sísmico.

En cuanto al desempeño, diseño y reforzamiento sísmico de componentes no estructurales, destacan iniciativas tomadas por la legislación norteamericana para reducir el riesgo ante daños significativos en instalaciones esenciales tales como hospitales y otros centros de salud. Se refiere a enfoques desarrollados por ATC que tienen la particularidad de que la definición del nivel de desempeño sísmico de la edificación está en función del nivel de desempeño de los componentes estructurales y no estructurales que le integran (Safina, 2002). En la Figura 7 se muestra el University of Southern California Teaching Hospital, Los Angeles , USA el cual fue diseñado con aislamiento sísmico en su base.



Figura 7. El University of Southern California Teaching Hospital, Los Angeles , USA, posee aislamiento de base. Tomada de <http://dyna.unalmed.edu.co>

Iniciativas Europeas: Diferentes grupos de trabajo europeos han focalizado sus esfuerzos hacia la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios y la evaluación del riesgo a diferentes escalas geográficas. En la actualidad, bajo el auspicio de la Comunidad Europea, se desarrollan importantes iniciativas en esta materia entre las que se destaca, el proyecto RISK-UE que pretende crear una metodología general y modular para la evaluación de escenarios sísmicos teniendo en cuenta las características particulares de las ciudades y pueblos europeos. La metodología toma en cuenta la tipología de los elementos bajo riesgo y un análisis de su valor relativo y vulnerabilidad para identificar los puntos frágiles del sistema urbano. Los resultados de cada escenario permiten describir a través de figuras concretas el daño directo e indirecto en cada sismo posible, a fin de facilitar el desarrollo de programas de gestión de riesgos.

Para edificaciones esenciales, y en particular para hospitales, destacan los trabajos de Monti y Nuty (1996), quienes presentan un procedimiento para calcular la integridad funcional de un hospital ante un sismo dado a partir de la probabilidad de interrupción de cada uno de sus servicios. El método permite identificar elementos o fuentes potenciales de daño (estructural, no estructural y de equipamiento) y evaluar diferentes estrategias de intervención, reforzamiento o rehabilitación (Safina, 2002).

Iniciativa Japonesa: En esta línea de investigación, destaca el esquema de identificación de daños en edificios de concreto armado, propuesto por “Japan Building Disaster Prevention Association” (JBDPA), quienes categorizan el nivel de daño en las edificaciones a través de un índice que toma en cuenta los daños observados en miembros estructurales. Este esquema se desarrolla en dos niveles de evaluación y constituye una norma para la evaluación de los daños en las edificaciones en Japón (Safina, 2002). En la Figura 8 se evidencia el colapso que sufrió el quinto piso del Hospital Municipal de Kobe, Japón, con el sismo ocurrido el 17 de enero del año 1995.



Figura 8. Colapso del 5to piso del Hospital Municipal. Kobe, Japón. Tomada de “Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud”, OPS, 2004, p. 17.

Iniciativas Latinoamericanas: en el documento “Lecciones Aprendidas en América Latina de Mitigación de Desastres en Instalaciones de la Salud” (1997), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) recopila la información sobre un proyecto para el análisis de vulnerabilidad y los preparativos para enfrentar desastres en Chile, Ecuador, Venezuela y Colombia. Se incluyen, así mismo, los casos de Perú, por tratarse de una iniciativa singular, de México y de Costa Rica en razón de que reúnen experiencias únicas sobre alternativas y costos de reforzamiento y comportamiento de hospitales.

En el caso de Chile, se formuló un proyecto con el objetivo de identificar acciones de reducción de vulnerabilidad para los hospitales más importantes de cada uno de los veintiséis (26) servicios de salud en que está dividido el país. Cada hospital seleccionado fue sometido a un intenso trabajo de evaluación, incluyendo aspectos estructurales, no estructurales, funcionales y organizacionales. Sólo cuando se descarta el riesgo de colapso parcial o total, se estimó conveniente cuantificar los niveles de daño y respuesta esperados, a objeto de evaluar con esta información los aspectos no-estructurales y organizacionales. El proyecto fue ejecutado en un período de doce (12) meses y contempló las siguientes actividades: Descripción del Sistema de Salud, Breve reseña de la sismicidad chilena, Capacitación del personal, Análisis de vulnerabilidad estructural y no-estructural, Estimación de la vulnerabilidad del sector de la salud y desarrollo de planes de mitigación (OPS, 1997). La Figura 9

presenta algunos daños no estructurales ocurridos en el Hospital de Antofagasta, Chile tras el sismo del 31 de julio de 1995.



Figura 9. Daños no estructurales en el hospital de Antofagasta, Chile, debidos al sismo del 31 de julio de 1995. Tomada de “Lecciones Aprendidas en América Latina en Mitigación de Desastres en Instalaciones de la Salud”, OPS, 1997, p. 46-47.

En el caso de Ecuador, se formuló un proyecto cuyo objetivo inicial fue la ejecución de diagnósticos preliminares de vulnerabilidad en veinte (20) hospitales del país, doce (12) de los cuales fueron evaluados cuantitativamente y los ocho (8) restantes en forma cualitativa. La metodología empleada incluyó las siguientes actividades: relevamiento estructural y censo de los hospitales, selección de los hospitales más importantes, definición de las solicitaciones sísmicas probables, evaluación experimental de la resistencia del hormigón de una muestra de diez hospitales, evaluación experimental de características dinámicas de los dieciséis hospitales más importantes, análisis matemático cuantitativo del comportamiento sismo-resistente de doce hospitales, diagnósticos cualitativos y cuantitativos de vulnerabilidad estructural y no-estructural, capacitación al personal técnico a cargo de las emergencias en los hospitales, categorización de la seguridad sismorresistente y nivel de operatividad del sistema hospitalario, conclusiones y recomendaciones para reducir la vulnerabilidad estructural y no-estructural (OPS, 1997).

En el caso de Colombia, se realizó el proyecto integral para el estudio y reducción de la vulnerabilidad de dos hospitales, el Kennedy y el San José, considerados como estratégicos, por su ubicación y tamaño de la población a la que sirven, de la ciudad de Santafé de Bogotá, expuesta a un riesgo sísmico moderado.

El proyecto inicial comprendía un detallado análisis de la vulnerabilidad sísmica del Hospital Kennedy, incluyendo guías técnicas para su reforzamiento y mejora de la respuesta estructural, no-estructural y organizacional de la institución, y un diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica del Hospital San José (OPS, 1997). La Figura 10 muestra el Hospital de Caldas, Colombia, el cual fue diseñado con irregularidad en planta.



Figura 10. Hospital de Caldas, Colombia, presenta irregularidad en planta. Tomada de "Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud", OPS, 2004, p. 45.

En el caso de Perú, se realizó el proyecto denominado "Mitigación de la Vulnerabilidad Hospitalaria", cuya primera fase del proyecto consistió en elaborar una guía metodológica para la evaluación de hospitales, que contiene tres módulos relacionados con vulnerabilidad estructural, no-estructural y funcional; la segunda etapa fue la validación de la guía, aplicándola a tres hospitales seleccionados por el Ministerio de Salud: Hospital de Emergencias, Instituto del Niño y Hospital de Tacna; la tercera fase se relaciona con la ejecución técnica continua del proceso, lo cual implica disponer de la guía metodológica previamente elaborada y probada, de un manual para capacitación al personal de mantenimiento y conservación de los hospitales, y de la identificación de los puntos críticos de cada hospital, con un plan de acción para resolverlos y el apoyo presupuestario necesario (OPS, 1997).

En el caso de Costa Rica, se ilustra una experiencia singular en el sentido de que la institución rectora de la infraestructura de la salud emprendió la tarea de reducir

la vulnerabilidad física de sus hospitales antes de que fueran seriamente afectados por sismos, utilizando sus propios recursos. El reforzamiento de los hospitales incluidos dentro de este programa, probó su efectividad cuando ocurrieron sismos importantes en el transcurso de la ejecución de los trabajos, y se pudo comparar el nivel de daño de los edificios reforzados con respecto a los no reforzados. Se realizaron los estudios de vulnerabilidad y trabajos de reforzamiento en el Hospital México (Figura 11), el Hospital de Niños y en el Hospital Monseñor Sanabria (OPS, 1997).

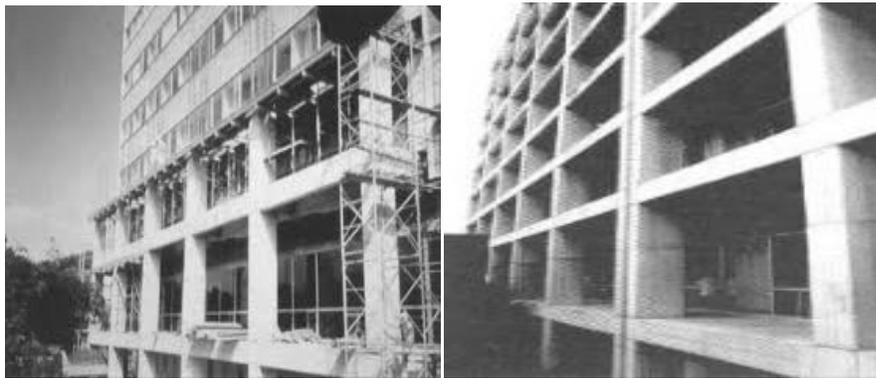


Figura 11. Hospital México de la Caja Costarricense del Seguro Social, Costa Rica, reforzado con pórticos perimetrales. Tomada de “Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud”, OPS, 2004, p. 59.

En el caso de México, la infraestructura hospitalaria más vulnerable ha sido reforzada de acuerdo con las reglamentaciones constructivas posteriores al sismo de septiembre de 1985. Actualmente, la metodología de construcción incorpora al análisis tradicional un documento de evaluación que comprende el estudio de ubicación, características del suelo, orografía, climatología, exposición a inundaciones, precipitación pluvial, mecánica de suelos y la identificación de zonas sísmicas. Con estos elementos, se formula el diseño, las cargas para condiciones normales de uso con sismo y sin él, y los elementos mecánicos aplicables. Los principales hospitales reforzados o reconstruidos a raíz de los sismos de 1985 son: Hospital Juárez de México (Figura 12), Hospital de Cardiología (Figura 13), Hospital de Oncología (Figura 14) y el Centro Médico Nacional (OPS, 1997).



Figura 12. Colapso total del Hospital Benito Juárez. México. Tomada de “Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud”, OPS, 2004, p. 16.



Figura 13. Hospital de Cardiología del Instituto Mexicano del Seguro Social que fue reforzado usando pórticos contrafuertes luego del sismo de México 1985. Tomada de “Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud”, OPS, 2004, p. 70.

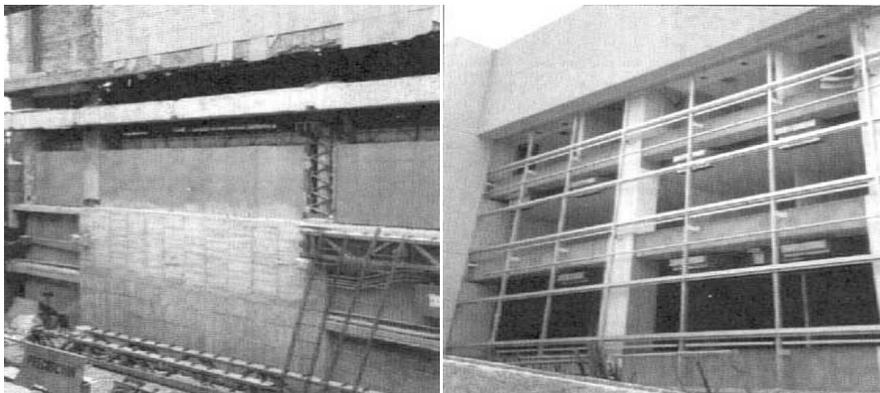


Figura 14. Reforzamiento tradicional realizado en el Hospital de Oncología del IMSS en México. Tomada de “Lecciones Aprendidas en América Latina en Mitigación de Desastres en Instalaciones de la Salud”, OPS, 1997, p 96.

En el caso de Venezuela, de acuerdo con el mapa de zonificación sísmica de la Norma para Edificaciones Antisísmicas COVENIN 1756-82, varias de las ciudades importantes del país están ubicadas en la zona de mayor amenaza sísmica, como es el caso de Caracas, Mérida y Cumaná. Por esta razón, desde 1988 con el apoyo de la OPS y otras entidades, se llevaron a cabo diagnósticos cualitativos de la vulnerabilidad sísmica de varios de los hospitales más importantes del país: el Hospital Universitario de Los Andes ubicado en la ciudad de Mérida (Figura 15) en el año 1988 y el Hospital General de Santa Bárbara del Zulia en 1993. Entre 1993 y 1994 se habían efectuado estudios preliminares en los Hospitales: Dr. Enrique Tejera ubicado en la ciudad de Valencia, Estado Carabobo, Dr. Adolfo Prince Lara de la población de Puerto Cabello, Estado Carabobo y Antonio Patricio de Alcalá de la ciudad de Cumaná, Estado Sucre (Figura 16). Estos estudios, a cargo de un experimentado equipo de profesionales permitieron, en esta etapa inicial, evidenciar que las deficiencias principales en aspectos no-estructurales se debían a la ausencia o reducida aplicación de programas de mantenimiento preventivo de las instalaciones. En el caso del Hospital Antonio Patricio de Alcalá, ubicado en las cercanías de la traza de una falla geológica activa, se tenían serias dudas sobre la capacidad sismo-resistente de la estructura, y, en los otros dos hospitales, había evidencia de fallas estructurales debidas a actividad sísmica menor, anterior a los estudios. Los diagnósticos habían aportado, adicionalmente, algunas soluciones prácticas, de implementación a corto plazo y a bajo costo, para la reducción del problema de la vulnerabilidad no-estructural, y se habían planteado propuestas preliminares para el reforzamiento de las tres estructuras (OPS, 1997).



Figura 15. Hospital Universitario de los Andes, Mérida, Venezuela, donde se realizaron diagnósticos cualitativos de vulnerabilidad sísmica. Tomada de <http://www.panoramio.com>



Figura 16. Hospital Antonio Patricio de Alcalá, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela, ubicado cerca de la traza de una falla sísmica activa. Tomada por la autora, 2011.

Se formuló entonces, a finales de 1994, un proyecto cuyo objetivo principal fue el reforzamiento de las áreas más críticas de cada uno de los tres hospitales, y la formulación de planes de emergencia para cada institución. La metodología aplicada en el proyecto para los tres hospitales se resume en dos fases: una de evaluación cualitativa y la otra de evaluación cuantitativa, las cuales fueron consideradas para el estudio de las alternativas de reforzamiento. Este proyecto, limitado en cuanto al número de instalaciones evaluadas, pero amplio en el sentido de que se ejecutaron acciones concretas de mejoramiento de la respuesta estructural, puso en evidencia la necesidad de formular un programa a escala nacional que cubriera todas las edificaciones hospitalarias ubicadas en las zonas de más alta sismicidad, con una meta a corto plazo que sería la obtención de las evaluaciones cualitativas y las recomendaciones de aplicación inmediata (OPS, 1997).

Adicionalmente a estos proyectos, se han realizado estudios en el Hospital Domingo Luciani, ubicado en Caracas (Figura 17), donde se emplearon los métodos experimentales y los métodos analíticos para evaluar la vulnerabilidad sísmica en un módulo de hospitalización de dicho hospital. El objetivo de este estudio fue poner de manifiesto las ventajas y dificultades asociadas a la implementación de los estudios de vulnerabilidad de modo detallado y en instalaciones tan complejas como hospitales, lo cual implica el aporte de una cantidad apreciable de recursos (Safina, 2002).



Figura 17. Hospital Dr. Domingo Luciani, Caracas, Venezuela, donde fueron efectuados estudios de vulnerabilidad sísmica. Tomada de [http://www. canaldenoticia.com](http://www.canaldenoticia.com)

Por último, se menciona el estudio sobre “Amenazas Naturales y Vulnerabilidad en Cumaná” (2004), donde se evalúa la amenaza sísmica y el riesgo de inundaciones en esa ciudad. En esta investigación se persiguieron tres objetivos: evaluar los principales riesgos de la naturaleza que amenazan la población y sus bienes; identificar las acciones necesarias y estrategias de mitigación, para reducir a valores tolerables posibles efectos adversos asociados a tales amenazas, y, organizar el conocimiento adquirido para su empleo con fines de planificar el desarrollo urbano de la ciudad. En este estudio se incluyen evaluaciones cualitativas y cuantitativas de edificaciones esenciales de la ciudad de Cumaná.

Bases Teóricas

1. Vulnerabilidad sísmica:

Durante la acción sísmica, se pueden producir pérdidas materiales o de vidas, dependiendo esto en gran parte, de la capacidad de respuesta de la edificación. La vulnerabilidad sísmica de una estructura es definida como el límite en el que se sobrepasa el grado de reserva o el nivel de capacidad de respuesta previsto, disponible ante una amenaza sísmica conocida. A las edificaciones existentes que por su antigüedad o por su importancia, puedan sufrir daños importantes por la acción de sismos, se les debe evaluar su vulnerabilidad estructural, a fin de mantener el riesgo sísmico dentro de niveles mínimos de seguridad aceptables. La Figura 18

demuestra que la concentración de masas en alturas, aumenta la vulnerabilidad estructural de una edificación y la Figura 19 evidencia como la irregularidad denominada “piso flexible”, incrementa la posibilidad de daño estructural debido a la acción sísmica.



Figura 18. Concentraciones de masa en altura, tales como tanques de agua, aumentan la vulnerabilidad estructural. Tomada de “Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud”, OPS, 2004, p. 47.



Figura 19. Edificio con irregularidad tipo “piso flexible. Tomada de “Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud”, OPS, 2004, p. 49.

El análisis de la vulnerabilidad persigue evaluar la susceptibilidad de la estructura para sufrir daños debido a un sismo y caracterizar esos posibles daños. El proceso de evaluación de la vulnerabilidad estructural, comprende dos aspectos: la tipificación y evaluación de los daños, y, la determinación de sus causas, lo cual se

puede realizar siguiendo dos categorías: métodos cualitativos y métodos cuantitativos:

Los métodos cualitativos, evalúan de forma rápida y sencilla las condiciones de seguridad estructural de la edificación. La estructura se califica, entre otras características, según la edad de la edificación, el estado de conservación, la calificación de los materiales, el número de pisos, la configuración geométrica arquitectónica y la estimación de la resistencia al cortante.

Los métodos cuantitativos, buscan determinar los niveles de resistencia, rigidez y ductilidad propios de la estructura por medio de un análisis similar al diseño de edificios nuevos, incorporando entre otras variables, a los componentes no estructurales.

Para determinar la necesidad de evaluación de la vulnerabilidad estructural de una edificación esencial (de manera particular los centros de salud) y la necesidad de reforzamiento estructural, se deben considerar:

- i. **La necesidad de evaluación:** Se deberá evaluar la seguridad estructural de una edificación existente, cuando se tengan indicios de que ha sufrido algún daño, o cuando se vaya a experimentar alguna modificación, se cambie su uso, o se requiera para verificar el cumplimiento de la normativa vigente.
- ii. **La identificación de daños:** En el caso de estructuras dañadas, el estudio de evaluación iniciará con la identificación detallada de los daños por medio de una inspección in-situ. Cuando no se observe ningún daño estructural, la inspección será suficiente para considerar intacta la capacidad original de la estructura. Si se detectan daños que puedan poner en riesgo la estabilidad de la estructura, deberá controlarse el acceso a la misma y se procede a su rehabilitación temporal, en tanto se termina el estudio de evaluación. En aquellos casos en que los daños hagan inminente el derrumbe con riesgo para las construcciones o vías de comunicación vecinas, será necesario proceder a la demolición urgente.
- iii. **La seguridad estructural:** Para evaluar la seguridad estructural de una edificación deberán verificarse sus características actuales. Las propiedades de

los materiales se podrán determinar por medio de procedimientos destructivos, siempre que no se deteriore la capacidad resistente de los elementos estructurales. En caso de que existan daños o modificaciones que incidan en la cimentación, se verificarán las características del subsuelo mediante un estudio de mecánica de suelos.

- iv. **La capacidad resistente:** La evaluación de la seguridad estructural de una edificación requerirá determinar su capacidad resistente. Dicha capacidad se podrá determinar mediante los métodos convencionales de análisis elástico, y estará definida por el nivel de acciones con el cual la estructura o su fundación alcanza un primer estado límite de falla o de servicio. En estructuras con daños, no deberá considerarse la participación de los elementos afectados.
- v. **Los métodos aproximados de análisis:** Se utilizarán métodos aproximados de análisis para determinar la capacidad resistente de una estructura, para jerarquizar una población de edificaciones o bien para establecer una comparación con la normativa vigente.
- vi. **Los defectos, problemas y ubicación:** Además de la capacidad resistente, en la evaluación de la seguridad estructural de una edificación deberán considerarse los defectos de estructuración, los problemas de fundación, el riesgo inherente a su ubicación, la interacción con las estructuras vecinas, la calidad del mantenimiento y el uso a que se destine.
- vii. **El proyecto:** Cuando del estudio de la evaluación de la seguridad estructural de una edificación se concluya que ésta cumple la normativa vigente y sólo presenta daños ligeros y locales, se hará un proyecto de rehabilitación que considere la restauración de dichos elementos. Si, a la inversa, se concluye que no cumple con la normativa vigente, se presentan daños graves y generalizados o se detectan situaciones que ponen en peligro la estabilidad de la estructura, deberá elaborarse un proyecto de reforzamiento que considere no sólo la restauración de los elementos dañados sino el refuerzo y la reestructuración del inmueble. El estudio de evaluación podrá igualmente recomendar la demolición total o parcial de la estructura.

2. Reforzamiento estructural:

El reforzamiento está dirigido a asegurar que la edificación pueda seguir funcionando con posterioridad a un sismo, mediante el refuerzo de elementos existentes o incorporando elementos estructurales adicionales para mejorar los niveles de resistencia, rigidez y ductilidad. Además, el reforzamiento incrementa la capacidad de carga y el estado de servicio de una estructura existente. Esto se vuelve necesario cuando los diseños estándares son adaptados para cubrir nuevas solicitaciones o cuando existen errores en el diseño o inadecuada mano de obra en la etapa de construcción.

Los métodos de reforzamiento pueden causar cambios en la rigidez, capacidad de carga, ductilidad y propiedades de amortiguamiento de los edificios. Estas propiedades deben ser tomadas en consideración cuando se modifica la capacidad de carga de la estructura. Entre las más importantes tenemos:

- i. **Capacidad de Carga:** Los estados límites, son aquellos en los cuales en conexión con el colapso u otras formas de falla de una estructura, pueden poner en peligro la vida de las personas. Como una regla, las cargas teóricas son determinadas de acuerdo a las cargas de riesgo sísmico.
- ii. **Estado de Servicio:** Los estados límites de servicio son aquellos en los cuales, cuando son excedidos, sobrepasan las condiciones de servicio estipuladas. Esto incluye:
 - a. La deformación permanente, por cuanto se modifica la apariencia o el uso de la estructura y el daño a las instalaciones.
 - b. Las fisuras, que pueden modificar la apariencia, durabilidad y fugas de agua. Como una regla, el estado de servicio está basado en un pequeño sismo, para limitar costos de reparación en el caso de sismos frecuentes.
- iii. **Rigidez:** La distribución de cargas a los componentes individuales de un sistema es proporcional a la rigidez de cada componente. Cuando se busca y diseña un método de reforzamiento, la rigidez del componente a ser reforzado y los componentes no reforzados deben ser comparados. Una redistribución de cargas no debe crear nuevos puntos débiles en la estructura.
- iv. **Ductilidad:** Es la capacidad de la estructura a alterarse bajo la deformación plástica. Bajo cargas fuertes, la deformación inelástica ocurre cuando se

permite que las fuerzas de la sección se distribuyan en otras áreas de la estructura.

- v. **Disipación de energía:** Es la capacidad de un material para absorber energía cinética (conversión al calor). La capacidad dúctil bajo una carga alternativa es decisiva para esta carga sísmica.
- vi. **Amortiguamiento:** El específico reforzamiento de componentes o la instalación de componentes de amortiguamiento pueden incrementar considerablemente la moderación de las estructuras.

Actualmente se cuenta con tecnologías de construcción antisísmica que permiten el reforzamiento de edificaciones: tecnologías clásicas (muros de corte, marcos arriostrados, contrafuertes, pórticos perimetrales, diagonales), tecnologías innovadoras (aislamiento sísmico, disipación de energía, camisas de metal, fibras sintéticas). El tipo de reforzamiento, de preferencia, no debe interferir con el funcionamiento del centro de salud durante y con posterioridad a su construcción. La Figura 20 muestra el reforzamiento estructural de un edificio con pórticos de acero y diagonales y la Figura 21 indica la tecnología de disipadores de energía empleada en el Hospital de Cardiología del IMSS de México.



Figura 20. Pórticos de acero como refuerzo con diagonales anclados fuertemente a los diafragmas. Tomada de “Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud”, OPS, 2004, p. 70.



Figura 21. Hospital de Cardiología del IMSS, México D.F. reforzamiento a base de disipadores de energía. Tomada de “Lecciones Aprendidas en América Latina en Mitigación de Desastres en Instalaciones de la Salud”, OPS, 1997, p. 98.

Bases Legales

La Norma Venezolana “Edificaciones Sismorresistentes” COVENIN 1756-2001, establece criterios de análisis y diseño de edificaciones ubicadas en zonas sísmicas del territorio nacional. Su propósito es el de proteger vidas, aminorar en lo posible los daños esperados, así como mantener operativas las edificaciones esenciales después de sufrir los efectos de vibraciones intensas del terreno.

Los fundamentos normativos para la evaluación de la vulnerabilidad estructural y el reforzamiento de edificaciones existentes, están previstos en el Capítulo 12 de la citada norma. Según este capítulo, para realizar el análisis y verificación de la edificación, así como para su proyecto de reforzamiento, se debe seguir la metodología señalada en los once primeros capítulos de dicha Norma.

Así mismo, se emplearán criterios establecidos en la Norma Venezolana “Criterios y Acciones Mínimas” COVENIN 2002-1988, en la Norma Venezolana “Proyecto y Construcción en Concreto Estructural” FONDONORMA 1753-2006 y en la Norma Venezolana “Estructuras De Acero para Edificaciones Método de los Estados Límites” COVENIN 1618-1998. A manera de soportar alguno de los temas o de profundizar en ellos también, se pueden usar las normas extranjeras ACI 318 – 2014.

Glosario de Términos Básicos

Aceleración de diseño: valor de la aceleración del terreno para el diseño sismorresistente en obras de ingeniería.

Adecuación: Acciones constructivas destinadas a reducir la vulnerabilidad sísmica de una edificación, tales como: rehabilitación, reforzamiento, aislamiento sísmico o uso de disipadores de energía.

Análisis dinámico: En sistemas elásticos es un análisis de superposición modal para obtener la respuesta estructural a las acciones dinámicas. En sistemas inelásticos es un análisis en el cual se calcula la historia en el tiempo de la respuesta estructural a las acciones dinámicas.

Conexión: Combinación de juntas para transmitir fuerzas entre dos o más miembros.

Deriva: Diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles o pisos consecutivos.

Diafragma: Parte de la estructura, generalmente horizontal, con suficiente rigidez en su plano, diseñada para transmitir las fuerzas a los elementos verticales del sistema resistente a sismos.

Ductilidad: Capacidad que poseen los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio inelástico, sin pérdida apreciable en su capacidad resistente.

Efecto de columna corta: Marcada reducción de la longitud libre de columnas por efecto de restricciones laterales.

Entrepiso blando: Configuración caracterizada por una marcada diferencia de rigideces entre niveles adyacentes.

Entrepiso débil: Configuración caracterizada por una marcada diferencia de resistencias entre niveles adyacentes.

Espectro de diseño: Espectro que incorpora el factor de reducción de respuesta correspondiente al sistema resistente a sismos adoptado.

Espectro de respuesta: Representa la respuesta máxima de osciladores de un grado de libertad y de un mismo coeficiente de amortiguamiento, sometidos a una historia de aceleraciones dada, expresada en función del período.

Fuerza: Término genérico para significar fuerza normal, momento flector, momento torsor y fuerza cortante.

Fuerza cortante total o basal: Fuerza cortante horizontal originada por las acciones sísmicas en el nivel de base.

Muros estructurales: Muros especialmente diseñados para resistir combinaciones de cortes, momentos y fuerzas axiales inducidas por los movimientos sísmicos y/o acciones gravitacionales.

Nivel de diseño: Conjunto de requisitos normativos asociadas a un determinado factor de reducción de respuesta, que se aplica en el diseño de miembros del sistema resistente a sismos.

Peligro sísmico: Cuantifica la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos futuros que pueden afectar en forma adversa la integridad de edificaciones y sus ocupantes.

Pórticos diagonalizados: Sistemas tipo celosía vertical o equivalentes, dispuestos para resistir las acciones sísmicas y en los cuales los miembros están sometidos principalmente a fuerzas axiales.

Proyecto estructural: Conjunto del análisis y el diseño estructural de una edificación

Reforzamiento: Acciones constructivas para mejorar la capacidad sismorresistente de la edificación mediante la modificación de su resistencia y rigidez.

Sistema resistente a sismos: Parte del sistema estructural que se considera suministra a la edificación la resistencia, rigidez y ductilidad necesarias para soportar las acciones sísmicas.

Suelo licuable: Aquel que puede experimentar la reducción temporal de su resistencia al corte durante un sismo.

Zona sísmica: Zona geográfica en la cual se admite que la máxima intensidad esperada de las acciones sísmicas, en un período de tiempo prefijado, es similar en todos sus puntos.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y DIAGNÓSTICO

Descripción general

El Ambulatorio Urbano Tipo III Arquímedes Fuentes Serrano, se encuentra ubicado en la Calle 19 de Abril de la Urbanización Cumanagoto, Parroquia Ayacucho de la ciudad de Cumaná, entre el canal de aguas pluviales Bebedero y la Avenida Arístides Rojas.

Esta edificación médico-asistencial, se construyó bajo los lineamientos del Ministerio de Obras Públicas de acuerdo al proyecto del Ambulatorio tipo "A" lugares cercanos al mar, zona sísmica 3, desarrollado por la División de Estudios y Proyectos Básicos de ese ministerio, entre los años 1969 Y 1974. Es importante señalar que, afortunadamente, se pudieron conseguir los juegos de planos de: arquitectura, estructura y equipos, con los que fue erigido este Ambulatorio. Tal hallazgo permitió constatar en sitio, dentro de las limitaciones de una inspección visual, que la construcción se rigió bajo los planos arquitectónicos contenidos en esta información documental. Así mismo, no se detectaron modificaciones que incidieran en su comportamiento estructural, y, en general, se encontró una edificación conservada. La Figura 22 muestra una imagen del plano original A-2.

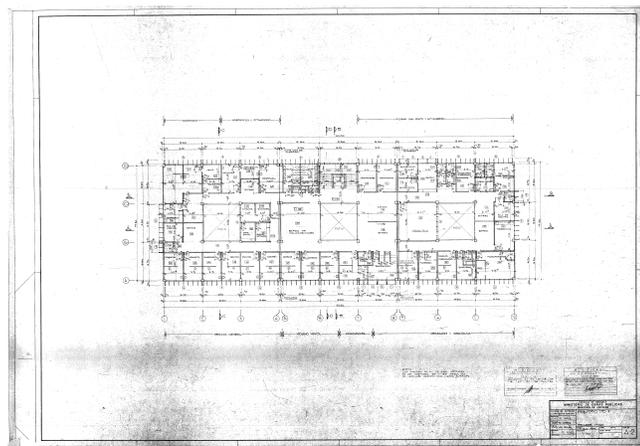


Figura 22. Uso de la 1era planta del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Fuente: planos originales Arquitectura A-2. División de Estudios y Proyectos Básicos. MOP. 1969

La edificación del Ambulatorio tipo “A” está conformada por tres módulos de estructuras regulares independientes, de plantas cuadradas con abertura central, separados por dos juntas de construcción de 5 centímetros, conformando en su conjunto una planta en forma rectangular. Estos módulos tienen tres niveles constituidos por losas nervadas unidireccionales y bidireccionales de concreto armado, soportados sobre pórticos formados por vigas y columnas de concreto reforzado, dispuestos en las dos direcciones principales de la estructura, y paredes de relleno con bloques de arcilla o de concreto. Los distintos niveles se comunican entre sí mediante pasillos, escaleras y un ascensor, ubicados éstos dos últimos en el módulo central. Las escaleras están formadas por losas macizas de concreto armado. La Figura 23 muestra el modelo 3D del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano.

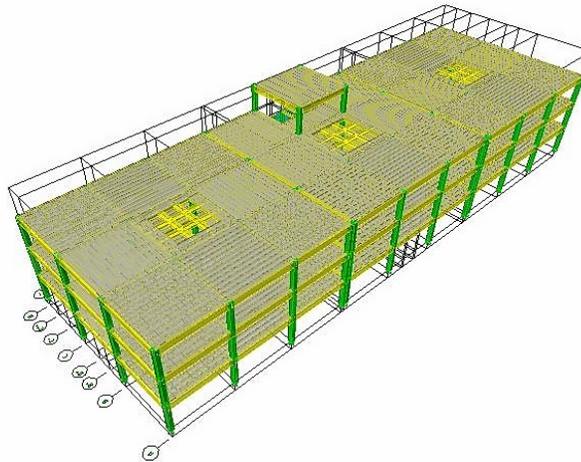


Figura 23. Imagen digital 3D del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Tomada por la Autora. 2015.

De acuerdo con los planos originales, se designaron los módulos que conforman al Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano como: Módulo I (comprendido entre los ejes: 1 a 4 y A a D), Módulo III (dispuesto entre los ejes: 9 a 12 y A a D), ubicados en los extremos de la edificación, los cuales tienen uso médico-asistencial; y, el Módulo II (situado entre los ejes: 5 a 8 y A a D), que es el central, comparte su uso médico-asistencial con el de circulación vertical. Los niveles que conforman los módulos están separados: 3,40 metros (entre PB y P1, y, entre P1 y P2); 3,35 metros (entre P2 y P3); además de 3,10 metros que es la altura del núcleo

de servicio del ascensor y la escalera que da acceso al techo de la edificación. Las Figuras 24 y 25, muestran imágenes de los planos originales A-5 y A-6 respectivamente.

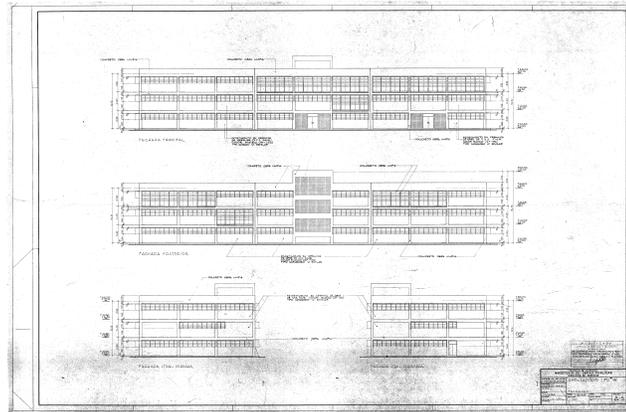


Figura 24. Geometría y distribución de las paredes en fachadas del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Fuente: planos originales Arquitectura. División de Estudios y Proyectos Básicos. MOP. 1969

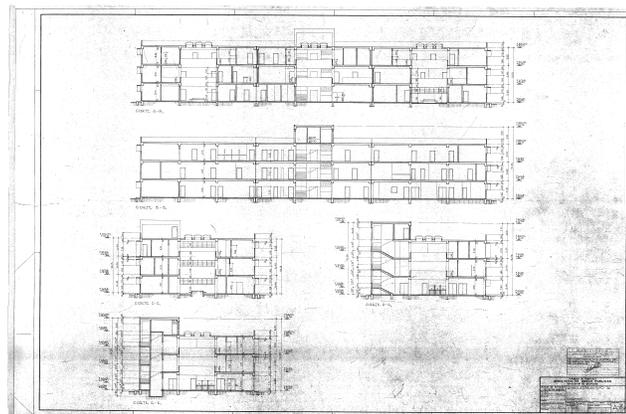


Figura 25. Geometría y cortes del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Fuente: planos originales Arquitectura. División de Estudios y Proyectos Básicos. MOP. 1969

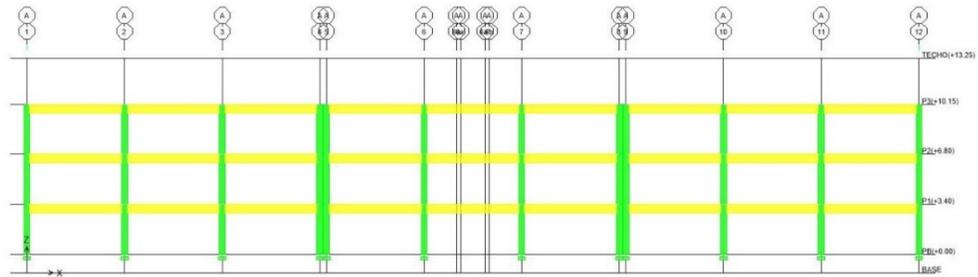
Cada módulo cuenta con dimensiones en planta de 19,80 metros de largo y 19,80 metros de ancho, originando una edificación de planta rectangular de dimensiones 60,30 metros de largo y 19,80 metros de ancho (incluyendo las juntas de construcción). En cuanto a la distribución de los pórticos en planta, éstos se encuentran distanciados 6,60 metros entre sí en ambas direcciones. Todas las columnas que conforman esos pórticos, tienen continuidad desde el empotramiento en la losa de piso hasta la losa de techo, sin presentar cambios en su sección

transversal cuadrada de 40 centímetros de lado (40x40 cm²) en ninguno de los niveles. Así mismo, todas las vigas, tanto longitudinales como transversales, tienen una sección de 40 centímetros de ancho por 60 centímetros de alto (40x60), en todos los niveles, excepto en el Módulo 2, que presentan vigas altas de 20 centímetros de ancho por 100 centímetros de alto entre los ejes 6 y 7 del pórtico D. Adicionalmente a esta configuración estructural, en el Módulo II se ubican pórticos complementarios alrededor del ascensor con columnas de secciones transversales de 20x20 cm² y, de 20x30 cm²; en lo que respecta a las vigas, se disponen secciones de 20x20 cm², 35x25 cm², 30x25 cm² y 30x85 cm². La Figura 26 muestra la imagen digital de los pórticos longitudinales del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano (sólo estructura).

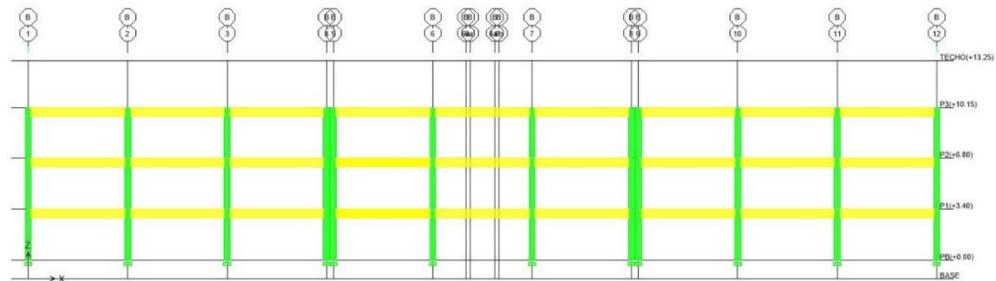
Las losas nervadas de los entrepisos tienen un espesor de 25 centímetros con nervios rectangulares de 10x20 cm² y loseta de 5 cm de espesor. Cada nivel de los módulos 1 y 3 contienen 4 paños cuadrados de losas nervadas bidireccionales (ubicados en las esquinas) y 4 paños cuadrados de losas nervadas unidireccionales alrededor de la abertura central. El Módulo II cuenta sólo con 2 paños cuadrados de losas nervadas bidireccionales, 5 paños cuadrados y 1 paño rectangular de losas nervadas unidireccionales en los niveles P1, P2 y P3; y, en el techo del núcleo de ascensor y escaleras también posee un paño de losa nervada en una dirección. Las aberturas centrales de los módulos están rodeadas por una baranda maciza de concreto armado de 1,05 metros de altura y un espesor de 10 centímetros, similarmente, el perímetro de la losa de techo muestra una baranda de concreto reforzado de 1 metro de alto y 10 centímetros de ancho.

Todos los módulos presentan ventanas rodeadas de quiebrasoles (horizontales y verticales) de concreto armado y 9 claraboyas apoyadas sobre vigas planas auxiliares de concreto reforzado de sección 55x25 cm² en la abertura central de las losas de techo. Las paredes están conformadas por bloques de arcilla o de concreto de 15 centímetros, excepto en las áreas con manejo de material radioactivo que son de 25 centímetros. Las áreas de escaleras y entradas contienen paredes de bloques de ventilación. La Figura 27 muestra parte de los quiebrasoles y la baranda en el techo del ambulatorio, así como las paredes exteriores, y la Figura 28 muestra

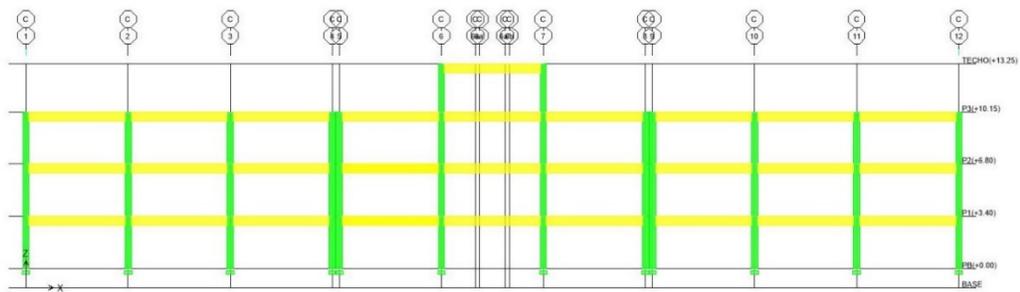
algunas claraboyas y parte de la baranda interna alrededor de las aberturas en losas de entrepiso.



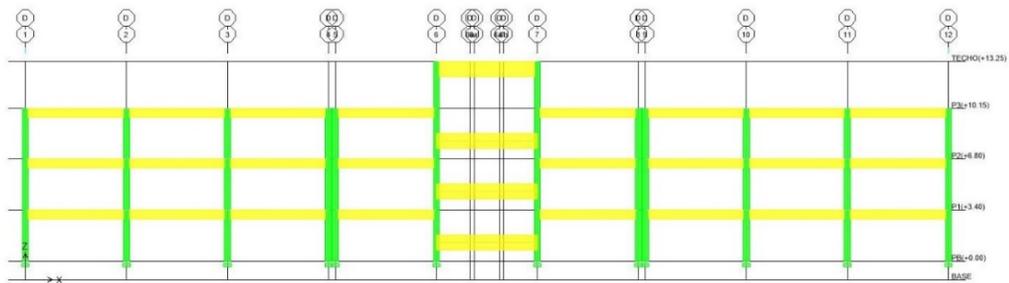
PÓRTICO A



PÓRTICO B



PÓRTICO C



PÓRTICO D

Figura 26. Imagen digital Pórticos A, B, C y D del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Tomada por la Autora. 2017.



Figura 27. Disposición de quebrasoles, baranda exterior y paredes en la fachada principal del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Tomada por la Autora. 2012.



Figura 28. Disposición de claraboyas y la baranda interior en el Módulo 3 del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Tomada por la Autora. 2012.

Evaluación Cualitativa de la Vulnerabilidad Sísmica

La evaluación cualitativa se realizó tomando en consideración los resultados de inspecciones realizadas, donde se enfatizaron los aspectos relacionados al estado patológico de la infraestructura del Ambulatorio, y la aplicación del Método de FUNVISIS (2011) el cual se basa en un procedimiento para la asignación de índices de amenaza, de vulnerabilidad, de importancia, de riesgo y de priorización sísmica en

edificaciones existentes que puedan estar localizadas en cualquier lugar de Venezuela, permitiendo la toma de decisiones para un eventual reforzamiento.

Los diferentes índices involucran aspectos como: amenaza sísmica en el sitio (índice de amenaza); antigüedad de la edificación, tipo de estructura, irregularidades estructurales presentes, profundidad del depósito del suelo, topografía del sitio, grado de deterioro (índice de vulnerabilidad); uso de la edificación y número de personas expuestas (índice de importancia). El índice de riesgo (I_R) resulta del producto de los índices de amenaza (I_A) y de vulnerabilidad (I_V), mientras que el índice de priorización (I_P) es el resultado del producto de los índices de riesgo (I_R) y el de importancia (I_I). Es importante indicar, que el índice de vulnerabilidad (I_V) es la sumatoria de vulnerabilidades específicas (I_i) por pesos relativos (α_i), de acuerdo a la relación (1) y la Tabla 2;

$$I_V = \sum_{i=1}^6 I_i * \alpha_i \quad (1)$$

Tabla 2. Índices de vulnerabilidad específica (I_i) y pesos relativos (α_i). Tomada de "Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.", Vol 29, Nº 4, 2014, p. 110

I_i	VULNERABILIDAD ASOCIADA CON	α_i
I_1	Antigüedad y norma utilizada	0,25
I_2	Tipo estructural	0,35
I_3	Irregularidad	0,25
I_4	Profundidad del depósito	0,07
I_5	Topografía y drenajes	0,04
I_6	Grado de deterioro	0,04

Para determinar la vulnerabilidad de la estructura del Ambulatorio, se realizó la revisión y evaluación de cada aspecto:

- Fecha de construcción: entre los años 1972 y 1977. Para la fecha de elaboración del proyecto estructural estaba vigente la norma MOP del año 1967: "Normas para el cálculo de estructuras de concreto armado para edificios – Teoría Clásica" y "Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas", las cuales incorporaron cierto grado de detallado sismorresistente, ya que en zonas cercanas a las juntas viga-columna se indicaba la reducción a la mitad de las separaciones calculadas para el resto

del miembro. Sin embargo, al compararlas con las Normas vigentes se observan deficiencias tales como: la falta de control de la fuerza cortante por capacidad a flexión (para evitar fallas frágiles), la ausencia de refuerzo transversal en las juntas y la no colocación de acero mínimo opuesto al máximo, entre otras.

- Tipo de edificación: es un centro de salud que puede albergar y/o exponer hasta 580 personas aproximadamente.
- Sistema resistente a cargas laterales: los tres módulos que conforman el Ambulatorio, poseen un sistema resistente del Tipo I, pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o concreto.
- Densidad de las columnas: la relación entre el área de las columnas y el área de piso en los Módulos 1 y 3 es 0,70%, y en el Módulo 2 es 0,76%, lo cual se considera bajo para una edificación esencial.
- Distribución de masas y rigideces: no existen masas que crezcan significativamente con la elevación. No hay esbeltez vertical, ni muros estructurales. En general, los Módulos 1 y 3 se consideran balanceados en la distribución de masas y rigideces. El Módulo 2, al contener la escalera y el ascensor excéntricos en la estructura, muestra asimetría en las rigideces.
- Distribución de miembros no estructurales (mampostería): es asimétrica en los tres módulos.
- Adosamiento a edificio existente: los tres módulos colindan entre si según la condición de losa contra losa.
- Presencia de columnas cortas ocasionada por la ubicación de las ventanas en los módulos.
- Esquema en planta y en elevación: regular. Cada módulo presenta relación largo entre ancho, menor que 5 ($L/A < 5$); y, relación altura entre la menor longitud lateral, menor que 4 ($H/A < 4$).
- Suelo donde se implanta la edificación: la topografía corresponde a un terreno plano, la profundidad del depósito está comprendida entre 92 metros y 84 metros y el perfil del suelo se relaciona con la forma espectral S2.
- El Ambulatorio muestra una buena calidad de construcción y un mantenimiento regular.

Tabla 3. Valores de los Índices de Vulnerabilidad específica (I_j). Compilada por la Autora.

TIPO DE ÍNDICE	ASPECTO EVALUADO	DESCRIPCIÓN	VALOR ASIGNADO	
VULNERABILIDAD (I _v)	ANTIGÜEDAD Y NORMA USADA (I ₁)	T ≤ 1939	100	
		1939 < T ≤ 1947	80	
		1947 < T ≤ 1955	80	
		1955 < T ≤ 1967	90	
		1967 < T ≤ 1982	60	
		1982 < T ≤ 1998	30	
		1998 < T ≤ 2001	10	
		T > 2001	15	
	TIPO ESTRUCTURAL (I ₂)	Pórticos de concreto armado		25
		Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o concreto		40
		Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales		10
		Muros de concreto armado de poco espesor dispuestos en una sola dirección como algunos sistemas constructivos tipo túnel		90
		Pórticos de acero		40
		Pórticos de acero con perfiles tubulares		60
		Pórticos de acero diagonalizados		20
		Pórticos de acero con cerchas		40
		Sistemas prefabricados en base de grandes paneles o de pórticos		90
		Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada		70
		Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada		100
		Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción con altura no mayor a 2 pisos		90
		Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción con altura mayor a 2 pisos		95
		Viviendas de bahareque de 1 piso		90
	Viviendas de construcción precarias (tierra, madera, zinc, entre otros)		100	
	IRREGULARIDAD (I ₃)	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones		40
		Ausencia de muros en una dirección como ocurre en algunos sistemas tipo túnel		80
		Edificios de carácter frágil sin capacidad para disipar energía como las edificaciones de adobe o paredes de bloques que no poseen refuerzo metálico interior ni elementos de confinamiento (columnas, vigas corona)		100
		Presencia de al menos un entrepiso blando o débil		50
		Presencia de columnas cortas		30
		Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes		30
		Aberturas significativas en losas		10
		Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta o esquemas de elevación tipo I		20
		Adosamiento a edificio adyacente	Losa contra losa	10
			Losa contra columna	20
		Planta en forma I, H, T, U, C o similar sin presencia de juntas o esbeltez excesiva horizontal		10
		Masas que crecen significativamente con la elevación (tipo T o pirámide invertida) o esbeltez excesiva vertical		10
		PROFUNDIDAD DEL DEPÓSITO (I ₄)	Edificios con un número de pisos mayor que 6 y localizados en depósitos de sedimentos de profundidad mayor a 120 metros	
	Otros casos		0	
	TOPOGRAFÍA (I ₅)	Construcción sobre planicie		0
		Construcción sobre ladera con pendiente de ángulo Θ dada por:	Entre 20° y 45°	50
			$\geq 45^\circ$	80
		Construcción sobre la cima o en la base de la ladera de pendiente $\Theta \geq 20^\circ$ a una distancia D	$\leq H$	80
			$> H$	0
	Existencia de drenajes	Si	0	
		No	20	
	GRADO DE DETERIORO (I ₆)	Estructura de concreto: agrietamiento en elementos estructurales de concreto armado o corrosión de acero de refuerzo.	Severo	70
			Moderado	35
			Ninguno	0
Estructuras de acero: corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo de elementos		Severo	70	
		Moderado	35	
		Ninguno	0	
Arietamiento en paredes de relleno		Severo	20	
		Moderado	10	
		Ninguno	0	
Estado general de mantenimiento		Bajo	10	
	Regular	5		
	Bueno	0		

Tabla 4. Valores de los Índices de Amenaza (I_A) e Importancia (I_I). Compilada por la Autora.

TIPO DE ÍNDICE	ASPECTO EVALUADO	DESCRIPCIÓN	VALOR ASIGNADO	
AMENAZA (I _A)	PELIGRO SÍSMICO ELEVADO	Zona 7, A _o = 0,40	Sin efectos topográficos	0,90
			Con efectos topográficos	1,00
		Zona 6, A _o = 0,35	Sin efectos topográficos	0,80
			Con efectos topográficos	0,88
		Zona 5, A _o = 0,30	Sin efectos topográficos	0,68
			Con efectos topográficos	0,75
	PELIGRO SÍSMICO INTERMEDIO	Zona 4, A _o = 0,25	Sin efectos topográficos	0,56
			Con efectos topográficos	0,63
		Zona 3, A _o = 0,20	Sin efectos topográficos	0,45
			Con efectos topográficos	0,50
	PELIGRO SÍSMICO BAJO	Zona 2, A _o = 0,15	Sin efectos topográficos	0,34
			Con efectos topográficos	0,38
		Zona 1, A _o = 0,10	Sin efectos topográficos	0,23
			Con efectos topográficos	0,25
Zona 0		Sin efectos topográficos	0,05	
		Con efectos topográficos	0,05	
IMPORTANCIA (I _I)	GRUPO A1	N ≤ 10		0,90
		10 < N ≤ 100		0,92
		100 < N ≤ 500		0,95
		500 < N ≤ 1000		0,97
		N > 1000		1,00
	GRUPO A2	N ≤ 10		0,85
		10 < N ≤ 100		0,87
		100 < N ≤ 500		0,90
		500 < N ≤ 1000		0,93
		N > 1000		0,95
	GRUPO A3	N ≤ 10		0,80
		10 < N ≤ 100		0,82
		100 < N ≤ 500		0,85
		500 < N ≤ 1000		0,87
		N > 1000		0,90

La Tabla 3 muestra los diferentes valores de los índices de vulnerabilidad específicas, mientras que la Tabla 4 indica los valores detallados de los índices de amenaza e importancia. Al aplicar todos éstos valores a la revisión del Ambulatorio, se genera la Tabla 5, donde, además, se incluyen los Índices de Riesgo y de Priorización resultantes.

Tabla 5. Aplicación de los valores de los Índices de Amenaza (I_A), Vulnerabilidad (I_V), Importancia (I_I), Riesgo (I_R) y Priorización (I_P) en el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Fuente la Autora

TIPO DE ÍNDICE	ASPECTO EVALUADO	CARACTERÍSTICA DE LA EDIFICACIÓN	VALOR ASIGNADO	PESOS RELATIVOS (α_i)	VALOR GENERADO	
AMENAZA (I_A)	ZONA SÍSMICA	7	0,90	-	0,90	
	EFFECTOS TOPOGRÁFICOS	NO				
	ACELERACIÓN DEL TERRENO (A_0)	0,40				
VULNERABILIDAD (I_V)	ANTIGÜEDAD Y NORMA USADA (I_1)	1972 – 1977 NORMA MOP 1967	50	0,25	12,50	
	TIPO ESTRUCTURAL (I_2)	PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO RELLENOS CON PAREDES DE BLOQUES DE ARCILLA O CONCRETO	40	0,30	12,00	
	IRREGULARIDAD (I_3)	PRESENCIA DE COLUMNAS CORTAS	30	60	0,25	15,00
		MÓDULOS ADOSADOS LOSA CONTRA LOSA	10			
		PRESENCIA DE NÚCLEO DE ESCALERAS Y ASCENSOR	20			
	PROFUNDIDAD DEL DEPÓSITO (I_4)	ENTRE 84 METROS Y 92 METROS	0	0,10	0	
	TOPOGRAFÍA (I_5)	PLANA CON DRENAJES	0	0,05	0	
	GRADO DE DETERIORO (I_6)	DETERIORO MODERADO EN ESTRUCTURA	35	50	0,05	2,50
AGRIETAMIENTO MODERADO DE PAREDES		10				
MANTENIMIENTO GENERAL REGULAR		5				
	$\sum_{i=1}^6 I_i * \alpha_i$				42,00	
IMPORTANCIA (I_I)	USO DEL EDIFICIO	CENTRO DE SALUD	0,97	-	0,97	
	Nº DE PERSONAS EXPUESTAS	580				
RIESGO (I_R)	(I_A) (I_V)				37,80	
PRIORIZACIÓN (I_P)	(I_R) (I_I)				36,67	

Con el objeto de evaluar los resultados obtenidos en la Tabla 5, se emplean las tablas de valoración de los índices de vulnerabilidad, riesgo y priorización, referidas en el método de FUNVISIS, de acuerdo con la Tabla 6, la Tabla 7 y la Tabla 8. A su vez, la Tabla 9 muestra las calificaciones dadas en el Ambulatorio al aplicar las tablas anteriores.

Tabla 6. Valoración de Índice de Vulnerabilidad (I_v). Tomada de “Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.”, Vol 29, N° 4, 2014, p. 116

CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	I_v RANGO DE VALORES
Muy Elevada	$60 \leq I_v \leq 100$
Elevada	$40 \leq I_v \leq 60$
Media Alta	$30 \leq I_v \leq 40$
Media Baja	$20 \leq I_v \leq 30$
Baja	$10 \leq I_v \leq 20$
Muy Baja	$0 \leq I_v < 10$

Tabla 7. Valoración de Índice de Riesgo (I_R). Tomada de “Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.”, Vol 29, N° 4, 2014, p. 118

CALIFICACIÓN DEL RIESGO	I_R RANGO DE VALORES
Muy Elevado	$60 \leq I_R \leq 100$
Elevado	$40 \leq I_R \leq 60$
Alto	$25 \leq I_R \leq 40$
Media Alto	$15 \leq I_R \leq 25$
Media Bajo	$8 \leq I_R \leq 15$
Bajo	$3 \leq I_R \leq 8$
Muy Bajo	$0 \leq I_R < 3$

Tabla 8. Valoración de Índice de Priorización (I_P). Tomada de “Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.”, Vol 29, N° 4, 2014, p. 120

CALIFICACIÓN DEL RIESGO	I_P RANGO DE VALORES
P1 (Prioridad máxima)	$60 \leq I_P \leq 100$
P2	$50 \leq I_P < 60$
P3	$40 \leq I_P < 50$
P4	$30 \leq I_P < 40$
P5	$25 \leq I_P < 30$
P6	$20 \leq I_P < 25$
P7	$16 \leq I_P < 20$
P8	$12 \leq I_P < 16$
P9	$8 \leq I_P < 12$
P10	$5 \leq I_P < 8$
P11	$2 \leq I_P < 5$
P12 (Prioridad mínima)	$0 \leq I_P < 2$

Tabla 9. Calificación de los Índices de Vulnerabilidad (I_v), Riesgo (I_R) y Priorización (I_P) en el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Fuente la Autora.

INDICE	VALOR GENERADO	CALIFICACIÓN
VULNERABILIDAD (I_v)	42,00	ELEVADA
RIESGO (I_R)	37,80	ALTO
PRIORIDAD (I_P)	36,37	P4

De acuerdo a la evaluación cualitativa por el Método de FUNVISIS 2011 se concluye que todos los Módulos del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano deben pasar a la fase de evaluación cuantitativa de la capacidad sismorresistente de la edificación, donde se realizarán estudios más detallados para la toma de decisiones del reforzamiento estructural, dada su elevada vulnerabilidad estructural.

Evaluación Cuantitativa de la Capacidad Sismorresistente

Idealización de la Edificación:

En base a las informaciones contenidas en los planos originales del Ambulatorio y a la aplicación de las Normas vigentes: COVENIN 2002-1998, COVENIN 1756-2001 Y FONDONORMA 1753-2006, para la evaluación de la edificación existente se estimaron: las propiedades de los materiales empleados, las cargas y sobrecargas de diseño, combinaciones de cargas, tipos de apoyo, rigidez de las juntas, e inercia de los elementos.

- Propiedades de los materiales empleados: Las columnas, vigas, losas y escaleras fueron construidas con concreto armado, mientras que las paredes son de bloques de ladrillo. En la Tabla 10 se indican las características de los materiales empleados en los análisis.

Tabla 10. Propiedades de los materiales empleados. Fuente la Autora.

MATERIAL	PROPIEDAD	VALOR
Concreto	Resistencia a la compresión ($F'c$)	210 Kg/cm ²
	Módulo de elasticidad del concreto (E_c)	218820 Kg/cm ²
	Peso específico del concreto armado	2500 Kg/m ³
Acero	Esfuerzo cedente del acero de refuerzo (F_y)	4200 Kg/cm ²
	Módulo de elasticidad del acero de refuerzo (E_s)	2,1x 10 ⁶ Kg/cm ²
Mampostería	Resistencia a la compresión (F_m)	20 Kg/cm ²
	Módulo de elasticidad de la mampostería (E_m)	10000 Kg/cm ²
	Paredes de bloques de e=15 cm ambos lados frisados	230 Kg/m ²
	Paredes de bloques de e=25 cm ambos lados frisados	520 Kg/m ²
	Revestimiento cerámica de gres	45 Kg/m ²

Tabla 11. Acciones permanente y variables sobre las losas de entrepiso y/o techo del Ambulatorio. Fuente la Autora.

MÓDULO	ACCIONES	NIVEL			
		P1 +3,40 (Kg/m ²)	P2 +6,80 (Kg/m ²)	P3 +10,15 (Kg/m ²)	PT +13,25 (Kg/m ²)
I y II	PESO PROPIO (Pp)				
	Losa nervada unidireccional	315	315	315	315
	Losa nervada bidireccional	375	375	375	
	SOBRECARGA PERMANENTE (Sp)				
	Friso en losa espesor promedio 3 cm.	57	57	57	57
	Acabado de granito con espesor 5 cm.	100	100		
	Cielo raso (plafond)	20	20		
	Paredes repartidas con friso en ambas caras	345,40	345,40		
	Revestimiento de cerámica de gres	27,60	27,60		
	Manto asfáltico			5	5
	Pendiente de bombeo espesor promedio 5 cm.			108	108
	Claraboyas, brocales y paredes			206	
	CARGAS VARIABLES (Cv)				
	Áreas públicas	300	300		
	Áreas privadas	250	250		
	Escaleras (sólo en Módulo 2)	500	500	500	
Techo sin acceso			100	100	
III	PESO PROPIO (Pp)				
	Losa nervada unidireccional	315	315	315	315
	Losa nervada bidireccional	375	375	375	
	SOBRECARGA PERMANENTE (Sp)				
	Friso en losa espesor promedio 3 cm.	57	57	57	57
	Acabado de granito con espesor 5 cm.	100	100		
	Cielo raso (plafond)	20	20		
	Paredes repartidas con friso en ambas caras	395,50	395,50		
	Revestimiento de cerámica de gres	37,80	37,80		
	Manto asfáltico			5	5
	Pendiente de bombeo espesor promedio 5 cm.			108	108
	Claraboyas, brocales y paredes			206	
	CARGAS VARIABLES (Cv)				
	Áreas públicas	300	300		
	Áreas privadas	250	250		
	Techo sin acceso			100	100

- Cargas y sobrecargas de diseño: El peso se concentra en la losa de cada nivel y en él se incluye: peso propio de la losa, peso de las vigas, peso de la porción de columna asociada a ese nivel, peso de la porción de las paredes y sus revestimientos de gres asociados al nivel, peso de acabados de piso, peso del friso de losa, entre otros que contribuyan a la inercia del nivel. Los quiebrasoles y barandas se consideran como sobrecargas permanentes, actuantes sobre las vigas. En cuanto a las cargas variables, al ser un centro de salud se consideran: áreas públicas, áreas privadas, techo y escaleras. En la Tabla 11 se muestran las acciones gravitacionales (cargas permanentes y cargas variables) que actúan sobre las losas en el modelaje de la edificación.
- Rigidez de la junta: se suponen juntas rígidas en las estructuras de concreto armado, con un 50% de longitud de brazo rígido en los extremos de vigas y columnas.
- Apoyos: Se consideran empotramientos perfectos de las columnas en el nivel de terreno.
- Parámetros sismorresistentes y Espectro de respuesta: Se obtienen al aplicar la Norma COVENIN 1756-2001. El tipo de suelo de fundación se obtuvo del mapa de suelos de la ciudad de Cumaná (Anexo A), corroborado con estudios de suelos referenciales en zonas cercanas al Ambulatorio y datos referenciales obtenidos del modelo cortical del Centro Sismológico UDO en la zona oeste de la ciudad de Cumaná. De acuerdo con los planos de la edificación, el proyecto se realizó siguiendo lo estipulado en el documento “Instrucciones para la elaboración de Planos para Edificios” (MOP 1969) y la aplicación de las Normas MOP 1967 “Normas para el cálculo de estructuras de concreto armado para edificios – Teoría Clásica” y “Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas”, al aplicar el Artículo C 12.3.1 del Capítulo 12 de la Norma 1756-2001, se estima el nivel de diseño y el factor de reducción de respuesta R. La Figura 29 contiene el Espectro de Respuesta en Suelo tipo S2 y, en la Tabla 12 se muestran los parámetros sísmicos empleados.

Tabla 12: Parámetros Sísmicos. Recopilación y Análisis de la Autora

Zona Sísmica	7
Aceleración del terreno A_0	0,40
Tipo de suelo de fundación	Suelo duro o denso
V_{sp} (m/seg)	369 - 391
H (m)	84 - 92
Forma Espectral	S2
Factor de importancia α	1,15
Factor de magnificación promedio β	2,6
Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal ϕ	0,9
Exponente que define la rama descendente del espectro p	1,0
Sistema Estructural	Tipo I
Clasificación	B1 (Centro de Salud)
Nivel de Diseño	ND 1,5
Factor de Reducción de Respuesta	3
Valor de T_0	0,175
Valor de T^*	0,7
Valor de T_+	0,2
Valor de c	1,036

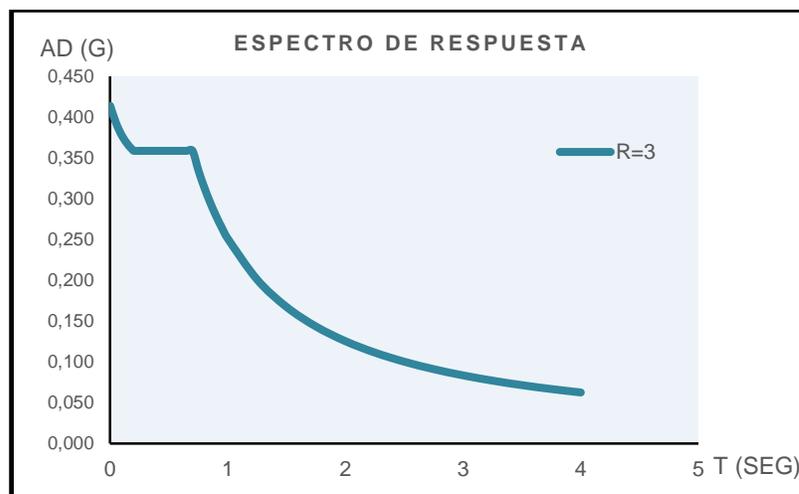


Figura 29. Espectro de Respuesta para el Análisis del Ambulatorio. Elaborado por la Autora.

- Combinaciones de cargas: Se adoptaron las combinaciones de carga establecidas en el Capítulo 9 de la Norma venezolana 1753-2006:

- $U1 = 1,4 CP$
- $U2 = 1,2 CP + 1,6 CV + 0,5 CVt$
- $U3 = 1,2 CP + 1,6 CVt + 0,5 CV$
- $U4 = 1,2 CP + 0,5 CV + \gamma CVt$
- $U5 = 1,2 CP + \gamma CV \pm S$
- $U6 = 0,9 CP \pm S$

Donde:

CP: Carga Permanente (Peso propio + Sobrecarga permanente)

CV: Carga Variable

CVt: Carga Variable de techo

γ : 1, excepto en pisos y terrazas de edificaciones destinadas a viviendas.

Sh: Componentes horizontales del movimiento sísmico (S_x y S_y).

S: Solicitaciones sísmicas, definidas por la siguiente expresión:

$$S = Sh \pm 0,2(\alpha \times \varphi \times \beta \times A_o) CP \quad (2)$$

Las componentes horizontales del movimiento sísmico (S_x y S_y) se obtienen con la aplicación del espectro mostrado en la Figura 29, y se disponen según el criterio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las respuestas individuales (SRSS). Por otro lado, la relación (2), involucra los efectos de la componente sísmica vertical en las combinaciones de diseño.

Análisis Dinámico:

- **Modelos matemáticos:** Por las características arquitectónicas particulares y, considerando valores de inercia de los elementos que se correspondan con el grado de agrietamiento esperado durante la respuesta ante sismos, se realizaron tres (3) Modelos Matemáticos en 3D para cada módulo, a través del programa ETABS v9.7.4. En éstos modelos se han dispuesto de objetos de líneas para idealizar las vigas, columnas y nervios, mientras que las losas,

muros y mampostería se han modelado empleando objetos de área, los cuales son discretizados a fin de obtener resultados muy aproximados al comportamiento real esperado de los componentes estructurales. El análisis se realiza a partir de la matriz de rigidez de cada uno de los objetos lineales y de áreas aplicando el método de elementos finitos. En la Tabla 13 se muestran las características de los modelos matemáticos elaborados.

Tabla 13. Características de los modelos matemáticos del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Fuente la Autora.

MÓDULO	MODELO	SECCION NO AGRIETADA	SECCIÓN AGRIETADA	SECCIÓN AGRIETADA CON PAREDES
I	1	X		
	2		X	
	3			X
II	1	X		
	2		X	
	3			X
III	1	X		
	2		X	
	3			X

Para considerar el estado del agrietamiento esperado durante la acción sísmica de periodos de retorno de 500 años establecido en la Norma COVENIN 1756-2001, en el modelado de los miembros con sección agrietada, se adoptaron los factores de $0,4 I_g$ para las vigas y nervios y $0,6 I_g$ para las columnas, siendo I_g la inercia de la sección gruesa (sin agrietar).

- Método de análisis:** El método de análisis empleado es el dinámico espacial, considerando a las losas de entrepiso como diafragmas rígidos con tres grados de libertad por nivel y los efectos torsionales accidentales, admitiendo una excentricidad accidental del 6% en cada dirección. Las fuerzas sísmicas están asociadas principalmente a la masa del entrepiso. Además, las combinaciones modales se realizaron según el criterio de la combinación cuadrática completa (CQC), considerando para cada modelo matemático doce (12) modos de vibración con un 5% de amortiguamiento, donde se asegura

incorporar un porcentaje mayor al 90% de la masa participativa en cada una de las direcciones del análisis.

- **Períodos y Modos de vibración:** La Tabla 14 contiene los periodos y masas participativas (en X y Y) obtenidos para las seis primeras formas modales en los modelos matemáticos realizados para cada módulo del Ambulatorio. Se puede apreciar que, en todos los modelos, los primeros tres periodos son superiores al período estimado establecido en el Capítulo 9 de la Norma COVENIN 1756-2001, para edificaciones tipo I de concreto armado y de altura similar a los módulos, de acuerdo con la relación (3), lo que indica que la estructura de los tres módulos es flexible. En la Tabla 15 se muestran los periodos estimados para cada módulo, según la aplicación de la relación (3).

$$T_a = 0,07 h^{0,75} \quad (3)$$

Tabla 14. Períodos y masas participativas obtenidas para los modelos matemáticos en el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	MODO	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3		
		PERIODO (SEG)	MASAS PARTICIPATIVAS		PERIODO (SEG)	MASAS PARTICIPATIVAS		PERIODO (SEG)	MASAS PARTICIPATIVAS	
			X	Y		X	Y		X	Y
I	1	0,628	22,114	66,643	0,856	21,529	66,465	0,844	1,280	87,320
	2	0,628	67,278	22,322	0,855	67,008	21,702	0,843	87,292	1,331
	3	0,560	0,209	0,637	0,755	0,174	0,545	0,738	0,249	0,177
	4	0,214	0,768	8,105	0,285	0,882	8,547	0,284	1,633	7,732
	5	0,214	8,193	0,777	0,285	8,630	0,891	0,284	7,800	1,649
	6	0,190	0,009	0,092	0,252	0,009	0,086	0,250	0,016	0,059
II	1	0,605	61,082	4,454	0,816	59,609	1,680	0,807	60,518	1,888
	2	0,578	0,809	83,262	0,752	0,023	83,868	0,743	0,000	84,066
	3	0,469	26,742	2,600	0,608	28,456	4,563	0,598	27,675	4,312
	4	0,207	5,053	2,512	0,274	6,455	0,896	0,273	6,491	0,804
	5	0,202	1,585	4,845	0,263	0,306	6,139	0,261	0,242	6,132
	6	0,173	1,339	0,308	0,225	1,415	0,519	0,222	1,400	0,549
III	1	0,646	1,612	87,029	0,880	1,678	86,254	0,870	88,861	0,032
	2	0,645	88,142	1,637	0,879	87,199	1,700	0,866	0,035	88,308
	3	0,578	0,026	1,115	0,778	0,023	0,947	0,763	0,004	0,674
	4	0,219	0,399	8,309	0,292	0,368	8,881	0,291	9,372	0,019
	5	0,218	8,423	0,399	0,292	8,991	0,368	0,290	0,019	9,181
	6	0,195	0,002	0,120	0,259	0,001	0,116	0,258	0,000	0,093

Tabla 15. Períodos estimados según Norma COVENIN 1756-2001. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	ALTURA h (m)	Ta (seg)
I	10,15	0,398
II	13,25	0,486
III	10,15	0,398

- Desplazamientos y Derivas:** Se revisaron los máximos desplazamientos y las derivas máximas producidas por las cargas sísmicas en las dos direcciones horizontales (X y Y), para cada modelo y para cada entrespiso. Para centros de salud (Grupo B1), la norma COVENIN 1756-2001 establece un máximo de 0,015 (15 ‰) de valor límite de la deriva, lo cual no se cumple en casi todos los niveles de los diferentes modelos, llegando a sus máximos valores, en las dos direcciones X y Y, para el nivel P1 en el modelo 1 (sin agrietamiento) de todos los módulos; mientras que en los casos de estructuras agrietadas, los mayores valores de la deriva se ubican en los niveles P2 de todos los módulos (en las direcciones X y Y) del modelo 2. En las Tablas 16 y 17, se muestran los valores de los desplazamientos en los centros de masas y las derivas máximas expresadas en valores por mil, respectivamente, para cada modelo numérico evaluado.

Tabla 16. Desplazamientos máximos (cm) en centros de masas. Elaborado por la Autora

MÓDULO	Nivel	Dirección X			Dirección Y		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
I	P3(+10.15)	4,63	8,71	8,46	4,66	8,76	8,51
	P2(+6.80)	3,80	7,04	6,83	3,79	7,02	6,85
	P1(+3.40)	1,92	3,45	3,37	1,92	3,45	3,38
II	PT(+13.25)	3,29	6,06	5,85	4,02	6,70	6,52
	P3(+10.15)	3,88	6,93	6,82	3,66	6,05	5,90
	P2(+6.80)	3,24	5,71	5,62	3,00	4,94	4,83
	P1(+3.40)	1,62	2,79	2,76	1,62	2,65	2,60
III	P3(+10.15)	4,88	9,18	9,01	4,93	9,26	8,97
	P2(+6.80)	4,03	7,46	7,30	4,03	7,46	7,23
	P1(+3.40)	2,04	3,67	3,60	2,05	3,67	3,58

Tabla 17. Derivas máximas (‰) de los módulos del Ambulatorio. Elaborado por la Autora

MÓDULO	Nivel	Dirección X			Dirección Y		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
I	P3(+10.15)	6,96	14,04	41,79	7,23	14,52	29,04
	P2(+6.80)	15,15	28,97	41,18	15,46	29,52	35,59
	P1(+3.40)	15,52	27,82	27,24	15,81	28,32	27,20
II	PT(+13.25)	3,13	6,63	6,30	3,38	6,39	6,13
	P3(+10.15)	8,32	16,00	31,65	9,57	16,56	21,97
	P2(+6.80)	18,13	33,28	48,04	12,37	21,68	30,80
	P1(+3.40)	18,58	32,16	31,65	14,18	24,38	23,93
III	P3(+10.15)	7,03	14,25	43,36	7,56	15,23	31,47
	P2(+6.80)	15,73	30,13	44,28	16,64	31,73	38,58
	P1(+3.40)	16,14	29,00	28,28	17,06	30,52	29,52

En la Tabla 18 se muestran rangos de valores de derivas de entrepiso a partir de los cuales se alcanza determinado daño que corresponde al comienzo de un estado límite, los cuales fueron propuestos por Hanganu A. y Oñate (2002).

Tabla 18. Niveles de daño de Edificios aporricados de concreto armado. Recopilado por la Autora.

ESTADO LÍMITE	CARACTERÍSTICAS	PARÁMETRO
Sin daño	Sin daños en elementos estructurales y no estructurales	$0 \leq \delta < 0,005$
De Servicio	Daños en elementos no estructurales que no requieren reparación inmediata	$0,005 \leq \delta < 0,015$
Daños irreparables	Daños concentrados en algunos elementos estructurales y extensos en elementos no estructurales de algunos niveles	$0,015 \leq \delta < 0,025$
Daños extensos	Daños distribuidos en diversos elementos estructurales y los elementos no estructurales presentan daños severos. La estructura entera es capaz de resistir su propio peso	$0,025 \leq \delta < 0,030$
Prevención del colapso	Daños en los elementos que permiten la formación de un mecanismo cinemáticamente inestable. La estructura es incapaz de soportar las cargas de gravedad	$0,030 \leq \delta < 0,950$

Los módulos del Ambulatorio, al tener derivas superiores al valor límite establecido en la norma (al menos en un nivel), indica que estamos ante una

edificación sin suficiente rigidez. De acuerdo con los rangos definidos en la Tabla 18, los modelos de secciones agrietadas con paredes, mostrarían daños severos en los elementos estructurales haciéndolo incapaces de soportar las cargas de gravedad y, como consecuencia, pueden conducir al colapso de los módulos ante una acción sísmica severa.

- **Relación demanda/capacidad:** La demanda de cada módulo que conforma el Ambulatorio, se estimó como el cortante basal máximo obtenido para los modelos matemáticos en las direcciones X y Y. La capacidad global de la estructura se determinó suponiendo los modos de colapso. La capacidad a fuerza cortante de cada columna será la menor entre el cortante resistente para una falla a flexión (dúctil) y el cortante resistente para una falla por cortante (frágil). En éstos cálculos se tomó en cuenta la longitud efectiva de la columna debido a la presencia de paredes de relleno que ocasionan los efectos de columna corta.
- a) El mecanismo de falla dúctil está caracterizado por la formación de rótulas plásticas en los extremos superior e inferior de las columnas. Para obtener la falla a flexión (dúctil), la capacidad a corte de una columna, se determina con la expresión:

$$V_{\text{columna dúctil}} = \frac{(M_{yi} + M_{yj})}{H} \quad (4)$$

Donde M_{yi} y M_{yj} son los momentos cedentes en los extremos i y j de la columna, respectivamente. H es la longitud efectiva de la columna, considerando la presencia de paredes de relleno (efecto de columna corta sólo en los modelos 3). La carga axial que actúa en cada columna se determinará con las cargas de servicio ($CP + CV$) tanto para determinar la capacidad a flexión de la misma (M_y), como para determinar el aporte resistente del concreto (V_c).

- b) El mecanismo de falla frágil se caracteriza por la falla a corte de las columnas considerando la contribución del concreto y el acero de refuerzo transversal. La capacidad de una columna para falla por cortante (frágil) se determinará con la siguiente expresión:

$$V \text{ columna frágil} = V_c + V_s \quad (5)$$

donde V_c es el aporte resistente del concreto y V_s es el aporte del acero de refuerzo transversal señalado en los planos, según las secciones 11.3 y 11.4 de COVENIN 1753. La carga axial que actúa en cada columna se determinará con las cargas de servicio (CP+CV) tanto para determinar la capacidad a flexión de la misma (M_y), como para determinar el aporte resistente del concreto (V_c).

Las Tablas 19 y 20 muestran los valores obtenidos de la mayor demanda de cortante (proveniente de todas las combinaciones de carga que consideren el sismo) por nivel y la capacidad a fuerza cortante de las columnas por nivel, en las direcciones X y Y, respectivamente, y sus relaciones Demanda/Capacidad para cada Módulo del Ambulatorio y modelo matemático estudiado.

Tabla 19. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, en la Dirección X, de los Módulos I, II y III del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	NIVEL	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3		
		Vx (T)	Vcapx (T)	D/C	Vx (T)	Vcapx (T)	D/C	Vx (T)	Vcapx (T)	D/C
I	P3(+10.15)	266,92	250,17	1,07	266,60	253,73	1,05	267,07	284,42	0,94
	P2(+6.80)	372,60	264,21	1,41	378,47	264,31	1,43	369,43	319,87	1,15
	P1(+3.40)	408,06	217,54	1,88	409,42	217,59	1,88	406,54	284,78	1,43
II	PT(+13.25)	75,62	67,38	1,12	75,87	67,60	1,12	75,85	67,60	1,12
	P3(+10.15)	280,14	275,05	1,02	280,69	275,06	1,02	281,58	295,51	0,95
	P2(+6.80)	395,81	279,64	1,42	380,91	279,26	1,36	379,94	329,14	1,15
	P1(+3.40)	393,17	237,27	1,66	385,98	237,16	1,63	385,84	332,23	1,16
III	P3(+10.15)	273,13	263,99	1,03	273,76	263,98	1,04	275,78	273,98	1,01
	P2(+6.80)	404,73	243,75	1,66	412,48	243,81	1,69	406,66	301,78	1,35
	P1(+3.40)	434,60	185,00	2,35	441,08	185,00	2,38	437,12	249,85	1,75

Para la evaluación de la demanda y la capacidad de la estructura, se determinó el cortante basal del análisis dinámico de cada módulo ante la acción sísmica dada por el espectro de respuesta, para cada dirección (X y Y); mientras que la capacidad en la base se estimó como la suma de las fuerzas cortantes que resisten

sus columnas (en las direcciones X y Y), ignorando la resistencia de las paredes. La Tabla 21 contiene las relaciones de Demanda/Capacidad de cada módulo, considerando los diferentes modelos matemáticos.

Tabla 20. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, en la Dirección Y, de los Módulos I, II y III del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	NIVEL	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3		
		Vy (T)	Vcap (T)	D/C	Vy (T)	Vcap (T)	D/C	Vy (T)	Vcap (T)	D/C
I	P3(+10.15)	155,41	253,74	0,61	166,13	253,73	0,65	163,61	274,11	0,60
	P2(+6.80)	328,77	246,03	1,34	342,98	246,10	1,39	333,64	259,59	1,29
	P1(+3.40)	371,24	207,13	1,79	374,53	207,11	1,81	371,83	232,78	1,60
II	PT(+13.25)	19,97	63,76	0,31	21,32	63,96	0,33	20,79	63,96	0,33
	P3(+10.15)	139,08	265,33	0,52	147,79	265,23	0,56	145,61	265,24	0,55
	P2(+6.80)	282,29	259,41	1,09	278,05	257,94	1,08	273,99	257,82	1,06
	P1(+3.40)	389,19	224,47	1,73	362,72	223,14	1,63	360,47	223,13	1,62
III	P3(+10.15)	175,27	263,99	0,66	186,14	263,98	0,71	181,95	283,92	0,64
	P2(+6.80)	366,90	229,11	1,60	379,96	229,12	1,66	364,59	247,90	1,47
	P1(+3.40)	398,37	178,69	2,23	404,05	178,72	2,26	397,16	211,35	1,88

Tabla 21. Demanda y capacidad en la base de los Módulos I, II y III del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano, en las Direcciones X y Y. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	CARACTERÍSTICA	DIRECCIÓN X			DIRECCIÓN Y		
		MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3
I	DEMANDA	321,37	321,37	321,39	321,37	321,37	321,39
	CAPACIDAD	217,54	217,59	284,78	207,13	207,11	232,78
	D/C	1,48	1,48	1,13	1,55	1,55	1,38
II	DEMANDA	309,49	309,49	309,51	309,49	309,49	309,51
	CAPACIDAD	237,27	237,16	332,23	224,47	223,14	223,13
	D/C	1,30	1,30	0,93	1,38	1,39	1,39
III	DEMANDA	341,84	341,84	341,86	341,84	341,84	341,86
	CAPACIDAD	185,00	185,00	249,85	178,69	178,72	211,35
	D/C	1,85	1,85	1,37	1,91	1,91	1,62

En ambas direcciones, X y Y, se aprecian valores de la relación demanda/capacidad mayores a 1, lo que indica que la capacidad de la estructura es insuficiente para resistir las cargas sísmicas previstas en las Normas, y, por

consiguiente, los módulos son sísmicamente vulnerables, y poseen un comportamiento frágil. Cabe destacar que, dadas sus características arquitectónicas (distribución de los espacios, tipos de cerramientos y disposiciones de elementos no estructurales), el Módulo 3 es el que posee menor resistencia, seguido del Módulo 1, mientras que el Módulo 2 (donde se ubica la escalera y al ascensor) presentó mayor rigidez. Además, es notorio que, ante cargas sísmicas, el comportamiento de los módulos en la dirección Y resultó ser más desfavorable.

Diagnóstico

Luego de haber realizado los análisis cualitativos y cuantitativos a la edificación del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano, se demuestra que las estructuras de los tres módulos que la conforman, son vulnerables ante sismos compatibles con la Norma COVENIN 1756-2001.

Los resultados de los Desplazamientos, las Derivas y la relación Demanda/Capacidad obtenidos para cada módulo revelan las deficiencias de rigidez y resistencia que poseen. Por lo tanto, se debe realizar un refuerzo estructural, que sea capaz de resistir apropiadamente las fuerzas ocasionadas por eventos sísmicos y que a su vez, limite la desplazabilidad ante las mismas, para con ello evitar la aparición de fallas frágiles en las columnas que pudiesen comprometer la estabilidad de la edificación, además de impedir el probable choque entre los módulos.

CAPITULO V

PROPUESTA DE ADECUACIÓN ESTRUCTURAL

Presentación

A raíz de los resultados obtenidos en la evaluación sismorresistente de los tres módulos que conforman el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano, tanto en término de las derivas como en las relaciones de demanda/capacidad, se hace imprescindible reforzar esta edificación.

Esta adecuación o reforzamiento estructural, debe cumplir con los siguientes objetivos, ante sismos compatibles con lo establecido en las Normas COVENIN 1756-2001:

- Favorecer la simetría en planta y en elevación.
- Dotar a la edificación de la resistencia necesaria para soportar la demanda que se genere.
- Evitar desplazamientos excesivos y masas innecesarias.
- Generar una capacidad adecuada para absorber y disipar energía en el rango del comportamiento plástico.
- Garantizar conexiones adecuadas entre los elementos estructurales existentes y los nuevos.
- Evitar la formación del efecto columna corta.
- Garantizar un comportamiento adecuado de las fundaciones nuevas y las existentes.

Además, al ser una edificación médico-asistencial, y, por lo tanto, esencial, intervienen aspectos arquitectónicos y funcionales que delimitan la solución estructural, tales como:

- Distribución y delimitación de los áreas médico-asistenciales.
- Espacios de las áreas de circulación.
- Rutas de escape ante emergencias.
- Armonización de los elementos estructurales en las fachadas.

- Necesidad de garantizar la continuidad del servicio.

Opciones de refuerzo estructural

La estrategia de reforzamiento adoptada en el caso de este Ambulatorio, radicó en la implantación de muros de concreto armado, con lo cual se persigue incrementar la capacidad resistente y la rigidez lateral, además de controlar los desplazamientos. Inicialmente, se plantearon dos alternativas:

- a) Colocación de muros de corte en las esquinas y alrededor de la abertura central de cada módulo. Esta opción, aunque ofreció resultados numéricos favorables, no resultó conveniente a nivel de la infraestructura, debido a la ubicación de los cabezales de dos pilotes donde se fundan las columnas de dos módulos y su intercepción con las fundaciones de los muros, lo que generaría la intervención de los tres módulos a la vez.
- b) Colocación de muros de corte en tramos de fachadas y alrededor de la abertura central en cada módulo. Esta alternativa resultó ser la más conveniente, ya que puede realizarse la adecuación de cada módulo por separado, permitiendo la operatividad de la edificación. Además, se plantea el respeto de los elementos arquitectónicos de la fachada (pantallas y quiebrasoles), la armonización del acabado de los muros con las vigas y las columnas perimetrales existentes y la no interferencia con las instalaciones sanitarias, eléctricas y mecánicas.

En relación a la construcción, se propone un diseño en concreto armado para los nuevos elementos estructurales, ya que sincroniza con la edificación existente y el proceso constructivo es tradicional en el país, razón por la que se facilitaría la obtención de los materiales y la mano de obra necesaria en la ejecución de los trabajos.

Evaluación sismorresistente de la edificación reforzada

Lineamientos estructurales considerados:

En el esquema de reforzamiento planteado, se consideran lineamientos estructurales que orientan la concepción final de la propuesta:

- Configurar la ubicación de los nuevos elementos, de modo que se logre la reducción de las excentricidades entre el centro de masas y el centro de rigidez por módulo, evitando los efectos de torsión.
- Alternar la orientación de los elementos verticales adicionales, para que las rigideces laterales sean similares y se obtengan dos planos resistentes a sismos.
- Considerar la interacción entre la edificación original y el refuerzo, donde se espera que, principalmente, los muros resistan las fuerzas sísmicas y la estructura existente siga soportando las cargas gravitacionales.
- Controlar las derivas laterales debidas al sismo en un orden del 8 ‰, limitando así las deformaciones en tabiquerías y columnas existentes.
- Diseñar los muros considerando un comportamiento dúctil (Nivel de diseño 3).

Idealización de la edificación reforzada.

Luego de considerar todos los lineamientos antedichos y realizar un arduo proceso iterativo, se decidió el empleo de muros rectangulares de secciones 0,40x1,65m (Muros T1-1 y T1-2); 0,40x1,20m (Muros T3) y 0,40x2,00m (Muros T2-1, T2-2 y T2-3) ubicados en el perímetro de los módulos y alrededor de la abertura central de los mismos. Esta distribución se ilustra en las Figuras 30, 31 y 32.

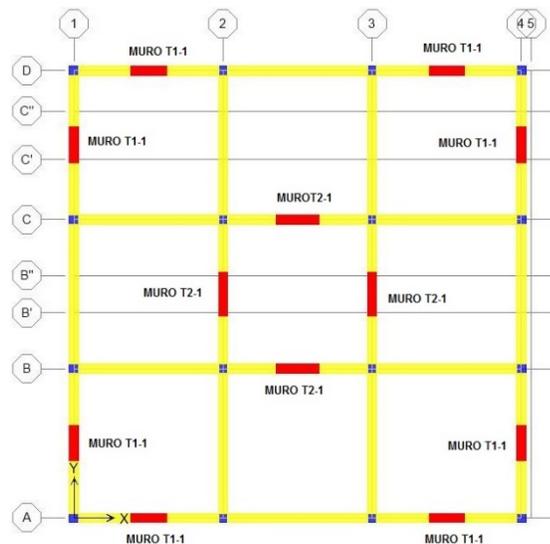


Figura 30. Planta de envigado y muros de refuerzo Módulo I. Fuente la Autora.

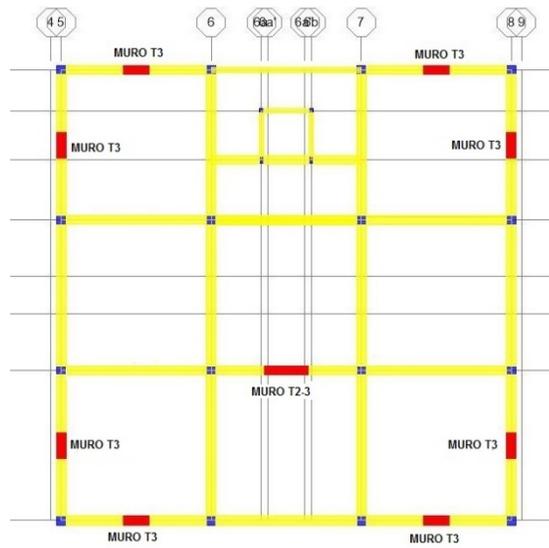


Figura 31. Planta de envigado y muros de refuerzo Módulo II. Fuente la Autora

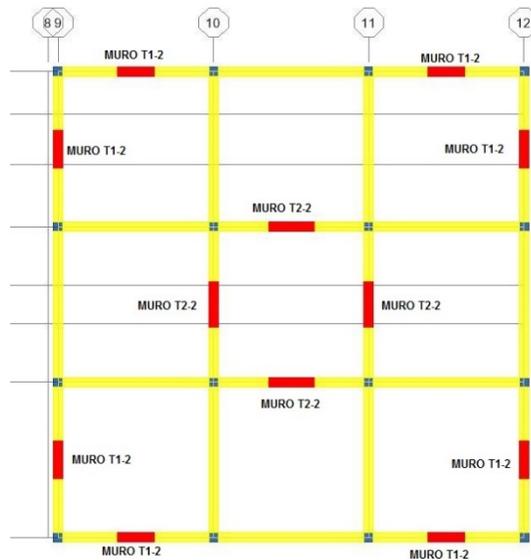


Figura 32. Planta de envigado y muros de refuerzo Módulo III. Fuente la Autora

En cuanto a las propiedades de los materiales empleados en la idealización de los módulos reforzados, se agregaron, a los indicados en la Tabla 10, las características del concreto armado con el que se proyectan los muros, las cuales se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Propiedades de los materiales empleados en los muros de los módulos reforzados. Fuente la Autora.

MATERIAL	PROPIEDAD	VALOR
Concreto Muros	Resistencia a la compresión ($F'c$)	300 Kg/cm ²
	Módulo de elasticidad del concreto (E_c)	261540 Kg/cm ²
	Peso específico del concreto armado-	2500 Kg/m ³
Acero Muros	Esfuerzo cedente del acero de refuerzo (F_y)	4200 Kg/cm ²
	Módulo de elasticidad del acero de refuerzo (E_s)	2,1x 10 ⁶ Kg/cm ²

Los Parámetros sismorresistentes y Espectro de respuesta se obtienen, al igual que en la evaluación de la estructura existente, al aplicar la Norma COVENIN 1756-2001. En este caso, el nivel de diseño y el factor de reducción de respuesta R se determinan con el empleo del articulado del Capítulo 6 de esta norma. La Figura 33 contiene el Espectro de Respuesta en Suelo tipo S2 y, en la Tabla 23 se muestran los parámetros sísmicos empleados.

Para esta evaluación se mantienen las consideraciones expuestas en el Capítulo IV de este trabajo en lo relativo a las cargas y sobrecargas de diseño que actúan sobre las losas en el modelaje de la edificación (Tabla 11), la suposición de un 50% de longitud de brazo rígido en los extremos de vigas y columnas, el planteamiento de empotramientos perfectos de las columnas y los muros en el nivel del terreno (como tipo de apoyos), además de todo lo relativo a combinaciones de cargas.

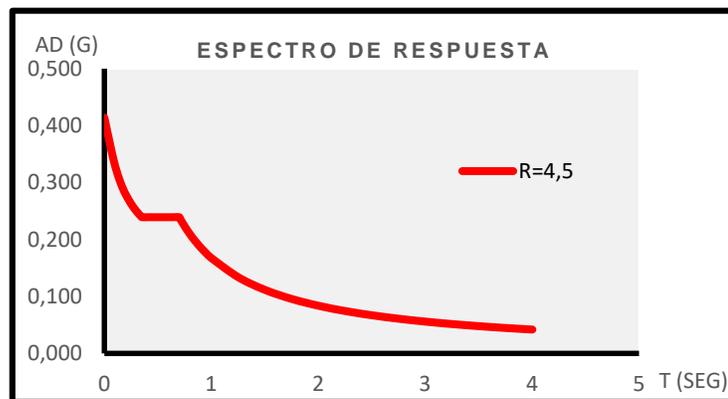


Figura 33. Espectro de Respuesta para el Análisis del Ambulatorio Reforzado. Elaborado por la Autora.

Tabla 23: Parámetros Sísmicos para el Análisis del Ambulatorio Reforzado. Recopilación y Análisis de la Autora

Zona Sísmica	7
Aceleración del terreno A_0	0,40
Tipo de suelo de fundación	Suelo duro o denso
V_{sp} (m/seg)	369 - 391
H (m)	84 - 92
Forma Espectral	S2
Factor de importancia α	1,15
Factor de magnificación promedio β	2,6
Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal ϕ	0,9
Exponente que define la rama descendente del espectro p	1,0
Sistema Estructural	Tipo III
Clasificación	B1 (Centro de Salud)
Nivel de Diseño	ND 3
Factor de Reducción de Respuesta	4,5
Valor de T_0	0,175
Valor de T^*	0,7
Valor de T^+	0,35
Valor de c	1,147

Análisis Dinámico:

- Modelos matemáticos:** Al igual que para la estructura existente, en el análisis de la estructura reforzada se realizaron tres (3) Modelos Matemáticos en 3D para cada Módulo del Ambulatorio, a través del programa ETABS v9.7.4: Modelo 1 estructura reforzada con inercia gruesa; Modelo 2 estructura reforzada con inercia agrietada (0,40 I_g para vigas y 0,60 I_g para columnas), y Modelo 3 estructura reforzada con inercia agrietada (0,40 I_g para vigas y 0,60 I_g para columnas) con mampostería. El análisis se realiza a partir de la matriz de rigidez de cada uno de los objetos lineales (vigas, columnas y

nervios) y de áreas (losas, muros y mampostería) aplicando el método de elementos finitos.

- **Método de análisis:** El método de análisis empleado es el dinámico espacial donde se incluye la acción simultánea de las componentes horizontales sísmicas S_x y S_y . Además, se supone a las losas de entrepiso como diafragmas rígidos con tres grados de libertad por nivel y los efectos de una excentricidad accidental del 6% en cada dirección. Las fuerzas sísmicas están asociadas principalmente a la masa del entrepiso, y las combinaciones modales se realizaron según el criterio de la combinación cuadrática completa (CQC), considerando para cada modelo matemático doce (12) modos de vibración con un 5% de amortiguamiento, donde se asegura incorporar un porcentaje mayor al 90% de la masa participativa en cada una de las direcciones del análisis.
- **Períodos y Modos de vibración:** La Tabla 24 contiene los periodos obtenidos para las seis primeras formas modales en los modelos matemáticos realizados para cada módulo del Ambulatorio, notándose que, en todos los modelos, los primeros tres períodos son inferiores a los períodos expuestos en la Tabla 15, indicando que la estructura de los tres módulos es rígida. En la Tabla 24 se muestran los periodos y masas participativas (en X y Y) de los seis primeros modos de vibración, estimados para cada módulo.
- **Desplazamientos y Derivas:** Se revisaron los máximos desplazamientos y las derivas máximas producidas por las cargas sísmicas en las dos direcciones horizontales (X y Y), para cada modelo y para cada entrepiso. En este sentido, se consideró como objetivo de este reforzamiento, la obtención de derivas no mayores al 8‰ (0,008), rango inferior al estipulado en la norma COVENIN 1756-2001 para centros de salud (Grupo B1). En las Tablas 25 y 26, se muestran los valores de los desplazamientos en los centros de masas y las derivas máximas expresadas en valores por mil, respectivamente, para cada modelo numérico evaluado. En esta última se aprecia que todos los valores obtenidos están por debajo 0,008, indicativo de que el reforzamiento propuesto suministra suficiente rigidez a la edificación. En cuanto a los

desplazamientos, se obtuvieron valores inferiores a cinco (5) centímetros que es la separación entre los módulos.

Tabla 24. Períodos y masas participativas obtenidas para los modelos matemáticos de los módulos reforzados en el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	MODO	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3		
		PERIODO (SEG)	MASAS PARTICIPATIVAS		PERIODO (SEG)	MASAS PARTICIPATIVAS		PERIODO (SEG)	MASAS PARTICIPATIVAS	
			X	Y		X	Y		X	Y
I	1	0,254	10,438	66,141	0,290	9,424	63,880	0,276	74,846	0,504
	2	0,254	67,213	10,595	0,289	66,123	9,736	0,270	0,582	75,356
	3	0,228	0,157	1,077	0,268	0,312	2,249	0,240	0,474	0,465
	4	0,066	3,034	14,579	0,070	3,686	15,494	0,068	19,142	0,048
	5	0,066	14,692	3,051	0,070	15,626	3,708	0,068	0,054	18,854
	6	0,058	0,018	0,110	0,062	0,023	0,129	0,060	0,048	0,047
II	1	0,320	0,138	81,962	0,393	0,144	78,805	0,340	0,311	78,669
	2	0,272	79,781	0,158	0,328	76,382	0,169	0,309	75,964	0,322
	3	0,226	0,182	0,021	0,277	0,404	0,033	0,242	0,008	0,189
	4	0,138	0,021	3,166	0,182	0,002	3,700	0,183	1,368	0,254
	5	0,136	0,049	0,506	0,179	1,072	0,024	0,182	0,120	4,028
	6	0,135	0,735	0,047	0,166	1,854	0,001	0,166	2,235	0,009
III	1	0,257	1,266	74,859	0,294	1,170	70,557	0,292	76,176	0,002
	2	0,256	76,870	1,303	0,293	74,944	1,246	0,278	0,003	74,961
	3	0,233	0,037	2,017	0,274	0,076	4,394	0,260	0,006	1,662
	4	0,067	0,154	17,053	0,071	0,131	18,646	0,071	19,010	0,000
	5	0,067	17,237	0,152	0,071	18,870	0,129	0,070	0,000	18,376
	6	0,060	0,000	0,183	0,064	0,000	0,221	0,063	0,000	0,245

Tabla 25. Desplazamientos máximos (cm) en centros de masas de los módulos reforzados. Elaborado por la Autora

MÓDULO	Nivel	Dirección X			Dirección Y		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
I	P3(+10.15)	0,61	0,81	0,74	0,62	0,82	0,71
	P2(+6.80)	0,39	0,49	0,45	0,39	0,49	0,43
	P1(+3.40)	0,14	0,17	0,15	0,14	0,17	0,15
II	PT(+13.25)	0,87	1,39	1,24	1,08	1,81	1,48
	P3(+10.15)	0,62	0,91	0,82	0,82	1,28	0,95
	P2(+6.80)	0,43	0,59	0,53	0,59	0,86	0,65
	P1(+3.40)	0,17	0,22	0,22	0,25	0,34	0,26
III	P3(+10.15)	0,63	0,83	0,83	0,63	0,84	0,75
	P2(+6.80)	0,40	0,51	0,50	0,40	0,51	0,46
	P1(+3.40)	0,14	0,18	0,17	0,14	0,18	0,16

Tabla 26. Derivas máximas (‰) de los módulos reforzados del Ambulatorio. Elaborado por la Autora

MÓDULO	Nivel	Dirección X			Dirección Y		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
I	P3(+10.15)	2,83	4,07	4,53	2,95	4,27	4,22
	P2(+6.80)	3,03	3,99	4,46	3,15	4,16	3,77
	P1(+3.40)	1,72	2,09	1,93	1,78	2,17	1,92
II	PT(+13.25)	3,07	6,07	6,66	3,73	7,37	7,56
	P3(+10.15)	2,91	4,41	4,12	3,50	5,62	4,62
	P2(+6.80)	3,12	4,96	4,65	3,97	6,11	4,83
	P1(+3.40)	2,99	3,46	2,98	2,82	3,87	3,11
III	P3(+10.15)	2,82	4,10	5,14	3,04	4,43	5,05
	P2(+6.80)	3,06	4,05	5,07	3,27	4,36	4,98
	P1(+3.40)	1,75	2,14	2,10	1,87	2,29	2,04

- **Demanda de cortante sísmico:** La Tabla 27 muestra los valores de demanda de cortante sísmico en las direcciones X y Y para cada modelo idealizado de módulo reforzado del Ambulatorio.

Tabla 27. Demanda de cortante sísmico de los Módulos I, II y III reforzados del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano, en las Direcciones X y Y. Elaborado por la Autora

MÓDULO	Nivel	VX (Ton)			VY (Ton)		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
I	P3(+10.15)	102,80	105,73	105,60	102,96	105,92	104,95
	P2(+6.80)	197,32	196,71	196,94	197,29	196,60	196,81
	P1(+3.40)	245,80	245,40	245,41	245,80	245,40	245,41
II	PT(+13.25)	13,84	14,69	14,97	14,48	15,28	16,27
	P3(+10.15)	98,19	101,17	99,94	92,90	97,70	96,25
	P2(+6.80)	186,68	183,81	182,06	182,17	183,88	181,24
	P1(+3.40)	229,88	225,27	223,16	225,27	225,27	223,16
III	P3(+10.15)	104,93	108,23	108,53	105,18	108,53	107,65
	P2(+6.80)	207,45	207,23	207,03	207,39	207,03	207,41
	P1(+3.40)	258,61	258,61	258,61	258,61	258,61	258,62

Diseño estructural de los muros de refuerzo

El diseño de los muros se realizó siguiendo los requisitos previstos para ello en la Norma venezolana 1753-2006 Proyecto y Construcción de obras en Concreto Estructural.

Las combinaciones de carga adoptadas para este fin, son las mismas empleadas a lo largo de este trabajo y expuestas en el Capítulo IV. Además, se consideraron las modificaciones de los factores de minoración de resistencias para estructuras existentes señalados en Capítulo 17 de la norma antedicha.

Relación Demanda/Capacidad:

Luego de realizar el diseño de la estructura reforzada a través del programa ETABS 9.7.4 de los tres módulos que conforman el Ambulatorio, se verificó, en primer lugar, que se obtuvieran valores menores o iguales a la unidad en la relación demanda/capacidad de cada columna existente ($D/C \leq 1$). Esta condición se cumplió para cada modelo analizado. Las Tablas 28, 29 y 30 muestran las relaciones Demanda/Capacidad obtenidas para cada columna del Ambulatorio.

En cuanto a los muros, se realizó un análisis inicial considerando secciones de refuerzo uniformemente distribuidas y, luego de un proceso iterativo, se analizaron secciones generales diseñadas con miembros de borde. Éstos miembros dotan a los muros de un confinamiento adicional que mejora su capacidad resistente y le permite mayores deformaciones.

Las cuantías de acero longitudinal colocadas en los muros de refuerzo del Ambulatorio fueron:

- **Módulo I:** 2,25% en los Muros T1-1 (sección 0,40x1,65m) y 2,15% en los Muros T2-1 (sección 0,4x2,00m).
- **Módulo II:** 2,35% en los Muros T3 (sección 0,40x1,20m) y 2,15% en los Muros T2-3 (sección 0,40x2,00m).
- **Módulo III:** 2,47% en los Muros T1-2 (sección 0,40x1,65m) y 2,34% en los Muros T2-2 (sección 0,4x2,00m).

Tabla 28. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, para los tres modelos matemáticos del Módulo I reforzado, propuesto para el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	MODELO	NIVEL	EJE	EJE 1	EJE 2	EJE 3	EJE 4
I	1	P3(+10.15)	A	0,043	0,093	0,093	0,039
			B	0,094	0,111	0,111	0,078
			C	0,095	0,112	0,111	0,078
			D	0,043	0,098	0,099	0,040
		P2(+6.80)	A	0,089	0,229	0,228	0,086
			B	0,232	0,319	0,320	0,205
			C	0,230	0,320	0,320	0,205
			D	0,090	0,244	0,246	0,089
		P1(+3.40)	A	0,134	0,368	0,367	0,131
			B	0,370	0,578	0,577	0,334
			C	0,371	0,579	0,577	0,335
			D	0,137	0,384	0,386	0,134
	2	P3(+10.15)	A	0,038	0,096	0,096	0,035
			B	0,097	0,146	0,146	0,079
			C	0,097	0,146	0,146	0,080
			D	0,038	0,101	0,102	0,035
		P2(+6.80)	A	0,077	0,228	0,227	0,074
			B	0,231	0,366	0,368	0,202
			C	0,229	0,367	0,367	0,203
			D	0,077	0,244	0,246	0,076
		P1(+3.40)	A	0,113	0,358	0,358	0,110
			B	0,360	0,629	0,629	0,324
			C	0,361	0,630	0,629	0,324
			D	0,115	0,375	0,377	0,112
	3	P3(+10.15)	A	0,039	0,095	0,095	0,035
			B	0,095	0,150	0,151	0,083
			C	0,095	0,151	0,150	0,082
			D	0,039	0,102	0,103	0,035
		P2(+6.80)	A	0,077	0,239	0,239	0,109
			B	0,238	0,371	0,374	0,211
			C	0,235	0,372	0,376	0,211
			D	0,077	0,262	0,251	0,076
		P1(+3.40)	A	0,134	0,386	0,387	0,208
			B	0,385	0,639	0,642	0,340
			C	0,391	0,640	0,643	0,338
			D	0,136	0,412	0,402	0,113

Tabla 29. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, para los tres modelos matemáticos del Módulo II reforzado, propuesto para el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	MODELO	NIVEL	EJE	EJE 5	EJE 6	EJE 7	EJE 8	
II	1	PT(+13.25)	C	-	0,506	0,518	-	
			D	-	0,432	0,394	-	
		P3(+10.15)	A	0,338	0,552	0,552	0,331	
			B	0,462	0,667	0,650	0,457	
			C	0,417	0,376	0,399	0,407	
			D	0,355	0,728	0,351	0,325	
		P2(+6.80)	A	0,506	0,634	0,637	0,495	
			B	0,582	0,692	0,694	0,576	
			C	0,548	0,557	0,585	0,540	
			D	0,475	0,750	0,473	0,459	
		P1(+3.40)	A	0,475	0,507	0,511	0,455	
			B	0,500	0,705	0,770	0,496	
			C	0,559	0,700	0,715	0,558	
			D	0,451	0,665	0,622	0,458	
		2	PT(+13.25)	C	-	0,543	0,552	-
				D	-	0,446	0,400	-
	P3(+10.15)		A	0,356	0,512	0,513	0,346	
			B	0,433	0,603	0,598	0,426	
			C	0,379	0,367	0,393	0,365	
			D	0,311	0,687	0,307	0,288	
	P2(+6.80)		A	0,399	0,602	0,607	0,390	
			B	0,580	0,669	0,671	0,571	
			C	0,514	0,545	0,568	0,503	
			D	0,387	0,702	0,459	0,378	
	P1(+3.40)		A	0,349	0,496	0,501	0,329	
			B	0,477	0,743	0,744	0,472	
			C	0,539	0,688	0,701	0,535	
			D	0,401	0,608	0,630	0,406	
	3		PT(+13.25)	C	-	0,504	0,511	-
				D	-	0,465	0,427	-
		P3(+10.15)	A	0,283	0,476	0,480	0,283	
			B	0,382	0,574	0,567	0,369	
			C	0,320	0,306	0,321	0,302	
			D	0,239	0,603	0,271	0,209	
		P2(+6.80)	A	0,405	0,574	0,573	0,365	
			B	0,522	0,639	0,638	0,507	
C			0,431	0,478	0,491	0,406		
D			0,325	0,630	0,412	0,298		
P1(+3.40)		A	0,444	0,479	0,468	0,394		
		B	0,441	0,722	0,723	0,452		
		C	0,493	0,640	0,651	0,479		
		D	0,404	0,561	0,601	0,401		

Tabla 30. Demanda y capacidad de las columnas por nivel, para los tres modelos matemáticos del Módulo III reforzado, propuesto para el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	MODELO	NIVEL	EJE	EJE 9	EJE 10	EJE 11	EJE 12
III	1	P3(+10.15)	A	0,042	0,115	0,115	0,045
			B	0,094	0,156	0,157	0,112
			C	0,094	0,156	0,156	0,111
			D	0,041	0,114	0,115	0,045
		P2(+6.80)	A	0,094	0,285	0,285	0,098
			B	0,241	0,398	0,398	0,267
			C	0,241	0,398	0,398	0,269
			D	0,092	0,280	0,282	0,097
		P1(+3.40)	A	0,142	0,439	0,440	0,147
			B	0,392	0,715	0,717	0,430
			C	0,392	0,715	0,717	0,431
			D	0,142	0,443	0,442	0,146
	2	P3(+10.15)	A	0,036	0,114	0,114	0,039
			B	0,093	0,191	0,191	0,110
			C	0,093	0,191	0,191	0,110
			D	0,035	0,113	0,114	0,039
		P2(+6.80)	A	0,078	0,274	0,274	0,081
			B	0,230	0,445	0,446	0,256
			C	0,230	0,445	0,445	0,258
			D	0,075	0,269	0,272	0,080
		P1(+3.40)	A	0,115	0,413	0,414	0,120
			B	0,366	0,758	0,760	0,402
			C	0,366	0,759	0,760	0,404
			D	0,115	0,417	0,417	0,119
	3	P3(+10.15)	A	0,039	0,125	0,125	0,043
			B	0,101	0,214	0,214	0,118
			C	0,101	0,213	0,213	0,118
			D	0,038	0,124	0,125	0,043
		P2(+6.80)	A	0,112	0,301	0,302	0,105
			B	0,253	0,490	0,490	0,275
			C	0,251	0,488	0,488	0,289
			D	0,082	0,298	0,299	0,087
		P1(+3.40)	A	0,190	0,456	0,457	0,183
			B	0,404	0,835	0,837	0,436
			C	0,403	0,835	0,834	0,469
			D	0,125	0,461	0,460	0,129

La relación Demanda/Capacidad proporcionada por el acero longitudinal colocado en cada muro, resultaron menores a la unidad y se muestran en las Tablas 31,32 y 33. De igual modo, en la Tabla 34 se señalan las áreas de acero transversal calculado y colocado en los diferentes muros de refuerzo del Ambulatorio.

Aspectos generales sobre el detallado del refuerzo:

Se considera el mismo armado, tanto longitudinal como transversal, en toda la altura de los muros, y su detallado se basó en los criterios establecidos en la Norma venezolana 1753-2006 y ACI 318-2014.

Tabla 31. Relación Demanda/Capacidad en Muros por refuerzo longitudinal, para el Modelo 2 del Módulo I reforzado. Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	NIVEL	PÓRTICO	MURO T1-1	MURO T2-1	MURO T1-1	UBICACIÓN
I	P3(+10.15)	A	0,126	-	0,126	EJE 1 - EJE 2 / EJE 3 - EJE 4
		B	-	0,556	-	EJE 2 - EJE 3
		C	-	0,566	-	EJE 2 - EJE 3
		D	0,125	-	0,125	EJE 1 - EJE 2 / EJE 3 - EJE 4
		1	0,127	-	0,128	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
		2	-	0,564	-	EJE B - EJE C
		3	-	0,554	-	EJE B - EJE C
		4	0,123	-	0,123	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
	P2(+6.80)	A	0,244	-	0,242	EJE 1 - EJE 2 / EJE 3 - EJE 4
		B	-	0,461	-	EJE 2 - EJE 3
		C	-	0,454	-	EJE 2 - EJE 3
		D	0,257	-	0,255	EJE 1 - EJE 2 / EJE 3 - EJE 4
		1	0,257	-	0,257	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
		2	-	0,451	-	EJE B - EJE C
		3	-	0,457	-	EJE B - EJE C
		4	0,236	-	0,237	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
	P1(+3.40)	A	0,467	-	0,466	EJE 1 - EJE 2 / EJE 3 - EJE 4
		B	-	0,496	-	EJE 2 - EJE 3
		C	-	0,502	-	EJE 2 - EJE 3
		D	0,496	-	0,493	EJE 1 - EJE 2 / EJE 3 - EJE 4
		1	0,492	-	0,491	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
		2	-	0,505	-	EJE B - EJE C
		3	-	0,487	-	EJE B - EJE C
		4	0,441	-	0,440	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D

Tabla 32. Relación Demanda/Capacidad en Muros por refuerzo longitudinal, para el Modelo 2 del Módulo II reforzado. Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	NIVEL	PÓRTICO	MURO T3	MURO T2-3	MURO T3	UBICACIÓN
II	P3(+10.15)	A	0,230	-	0,230	EJE 5 - EJE 6 / EJE 7 - EJE 8
		B	-	0,164	-	EJE 6 - EJE 7
		D	0,279	-	0,266	EJE 5 - EJE 6 / EJE 7 - EJE 8
		5	0,255	-	0,266	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
		8	0,251	-	0,248	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
	P2(+6.80)	A	0,323	-	0,328	EJE 5 - EJE 6 / EJE 7 - EJE 8
		B	-	0,332	-	EJE 6 - EJE 7
		D	0,300	-	0,316	EJE 5 - EJE 6 / EJE 7 - EJE 8
		5	0,370	-	0,360	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
		8	0,368	-	0,348	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
	P1(+3.40)	A	0,604	-	0,608	EJE 5 - EJE 6 / EJE 7 - EJE 8
		B	-	0,673	-	EJE 6 - EJE 7
D		0,710	-	0,712	EJE 5 - EJE 6 / EJE 7 - EJE 8	
5		0,901	-	0,913	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D	
8		0,899	-	0,902	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D	

Tabla 33. Relación Demanda/Capacidad en Muros por refuerzo longitudinal, para el Modelo 2 del Módulo III reforzado. Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

MÓDULO	NIVEL	PÓRTICO	MURO T1-2	MURO T2-2	MURO T1-2	UBICACIÓN
III	P3(+10.15)	A	0,162	-	0,163	EJE 9 - EJE 10 / EJE 11 - EJE 12
		B	-	0,734	-	EJE 10 - EJE 11
		C	-	0,733	-	EJE 10 - EJE 11
		D	0,161	-	0,162	EJE 9 - EJE 10 / EJE 11 - EJE 12
		9	0,161	-	0,161	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
		10	-	0,730	-	EJE B - EJE C
		11	-	0,732	-	EJE B - EJE C
		12	0,166	-	0,166	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
	P2(+6.80)	A	0,263	-	0,265	EJE 9 - EJE 10 / EJE 11 - EJE 12
		B	-	0,620	-	EJE 10 - EJE 11
		C	-	0,620	-	EJE 10 - EJE 11
		D	0,258	-	0,262	EJE 9 - EJE 10 / EJE 11 - EJE 12
		9	0,248	-	0,249	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
		10	-	0,611	-	EJE B - EJE C
		11	-	0,621	-	EJE B - EJE C
		12	0,271	-	0,270	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
	P1(+3.40)	A	0,450	-	0,449	EJE 9 - EJE 10 / EJE 11 - EJE 12
		B	-	0,622	-	EJE 10 - EJE 11
		C	-	0,621	-	EJE 10 - EJE 11
		D	0,443	-	0,443	EJE 9 - EJE 10 / EJE 11 - EJE 12
		9	0,419	-	0,418	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D
		10	-	0,605	-	EJE B - EJE C
		11	-	0,625	-	EJE B - EJE C
		12	0,468	-	0,466	EJE A - EJE B / EJE C - EJE D

Tabla 34. Áreas de refuerzo transversal calculado y colocado en los muros de refuerzo. Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Elaborado por la Autora.

NIVEL	MÓDULO I				MÓDULO II				MÓDULO III			
	MUROS T1-1		MUROS T2-1		MUROS T2-3		MUROS 3		MUROS T1-3		MUROS T2-2	
	AsD (cm ² / m)	AsC (cm ² / m)										
PT(+13.25)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3(+10.15)	10,00	12,70	10,00	12,70	10,00	19,80	10,00	19,80	10,00	12,70	10,00	12,70
P2(+6.80)	10,00	12,70	10,00	12,70	10,00	19,80	10,00	19,80	10,00	12,70	10,00	12,70
P1(+3.40)	10,00	12,70	10,00	12,70	14,20	19,80	13,95	19,80	10,00	12,70	10,00	12,70

La Figura 34 muestra las imágenes 3D de la estructura de los módulos I, II y III reforzados con muros.

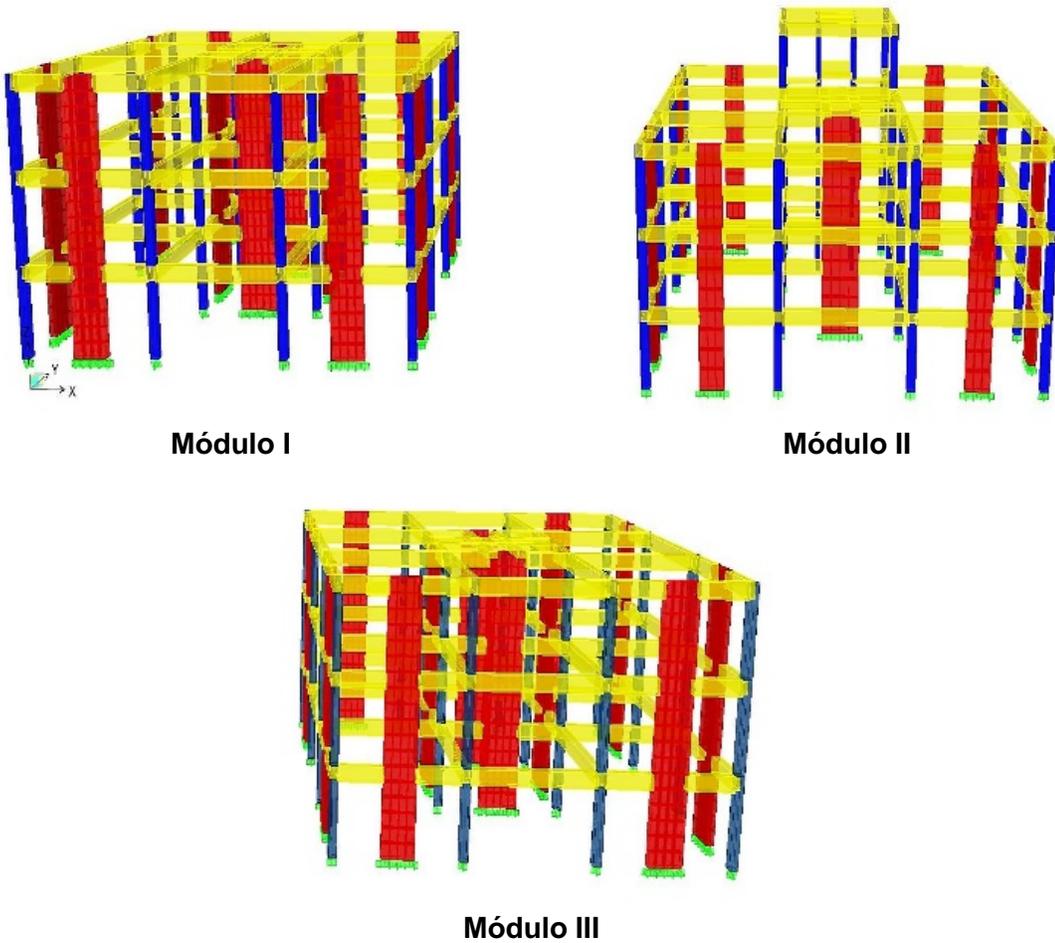


Figura 34. Imagen 3D de los módulos reforzados del Ambulatorio. Estructura sola. Elaborado por la Autora.

En el detallado del armado de los muros, el refuerzo longitudinal requerido en los elementos de borde fue distribuido de modo que se cumplieran los requisitos de separación vertical y horizontal de sus estribos. Así mismo, el refuerzo horizontal del alma del muro, se ancla dentro del núcleo confinado del miembro de borde, terminando con ganchos de 90°. El refuerzo vertical del alma del muro y el acero longitudinal de los miembros de bordes, terminan con ganchos de 90° en la fundación y en la losa de del entrepiso P3 (nivel 10,15m). La Tabla 35 muestra los diferentes refuerzos propuestos a ser colocados en los muros de los Módulos del Ambulatorio.

Tabla 35. Aceros de Refuerzo propuestos para los muros de los Módulos I, II y III del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano. Realizada por la Autora.

MÓDULO	TIPO DE MURO	ALMA DE MURO		MIEMBROS DE BORDE		
		Refuerzo Vertical	Refuerzo Horizontal	Refuerzo Longitudinal	Refuerzo Transversal (Estribos)	
					Horizontal	Vertical
I	T1-1	7 ϕ 1" 2 capas @12,5 cm	ϕ 1/2" @10 cm	10 ϕ 7/8"	2E ϕ 3/8"+1E ϕ 3/8"@10 cm	2E ϕ 3/8"+2E ϕ 3/8"@10 cm
	T2-1	9 ϕ 7/8" 2 capas @12,5 cm	ϕ 1/2" @10 cm	10 ϕ 1"	2E ϕ 1/2"+1E ϕ 1/2"@15 cm	2E ϕ 1/2"+2E ϕ 1/2"@15 cm
II	T3	5 ϕ 1" 2 capas @10 cm	ϕ 5/8" @10 cm	8 ϕ 7/8"	2E ϕ 3/8"+1E ϕ 3/8"@10 cm	2E ϕ 3/8"+1E ϕ 3/8"@10 cm
	T2-3	9 ϕ 7/8" 2 capas @12,5 cm	ϕ 5/8" @10 cm	10 ϕ 1"	2E ϕ 1/2"+1E ϕ 1/2"@15 cm	2E ϕ 1/2"+2E ϕ 1/2"@15 cm
III	T1-2	7 ϕ 1" 2 capas @12,5 cm	ϕ 1/2" @10 cm	6 ϕ 1" + 4 ϕ 7/8"	2E ϕ 3/8"+1E ϕ 3/8"@10 cm	2E ϕ 3/8"+2E ϕ 3/8"@10 cm
	T2-2	11 ϕ 7/8" 2 capas @10 cm	ϕ 1/2" @10 cm	10 ϕ 1"	2E ϕ 1/2"+1E ϕ 1/2"@15 cm	2E ϕ 1/2"+2E ϕ 1/2"@15 cm

Se plantea que el acero longitudinal de las vigas existentes se ubique entre las dos capas del refuerzo vertical del alma y el refuerzo longitudinal de los miembros de borde. Para ello deberá demolerse una longitud de 70 cms de la viga, a cada lado del muro cuidando de no dañar su acero refuerzo, se colocan estribos cerrados 7 ϕ 3/8"@10 cm de anchos variables decrecientes siguiendo una relación 1:10, culminando con un estribo especial de 2E ϕ 5/8" (Asvespecial \geq 20% Aslviga) para absorber los cortes que se generan en la unión de éstos dos elementos. Éstos detalles se muestran en los planos contenidos en el Anexo D.

Fundaciones:

Por la importancia que representa para una edificación la adecuada escogencia de un sistema de fundaciones, y en este caso, la necesidad de integrar las fundaciones existentes con las nuevas que soportarán a los muros de refuerzo diseñados, es indispensable contar con un estudio geotécnico detallado que indique las características del suelo donde se ubica este Ambulatorio, así como con un proyecto de pilotaje para las fundaciones de los nuevos elementos, el cual debe ser realizado por una firma especializada en la materia.

Planos del refuerzo propuesto:

En el Anexo se integra el juego de planos del refuerzo:

- Planos de fachadas donde se muestra la ubicación de los muros.
- Plano de planta de envigado existente y muros de refuerzo.
- Planos de la superestructura, que muestran los detalles de los muros y sus conexiones a miembros existentes.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano es una infraestructura de salud clasificada como Ambulatorio Urbano Tipo III. Consta de tres módulos estructuralmente independientes con sistema aporticado de concreto armado y losas nervadas (unidireccionales y bidireccionales). Esta edificación fue objeto de evaluaciones cualitativas y cuantitativas, de las que se puede concluir que:

- Durante las visitas realizadas, se realizaron observaciones y recolección de datos sobre las características estructurales y no estructurales presentes que pudieran tener incidencia en el desempeño sismorresistente de la edificación. Con tal información se aplicó el procedimiento referido como Método de FUNVISIS para determinar los índices de vulnerabilidad, riesgo y priorización.
- La edificación del Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano presenta un elevado índice de vulnerabilidad (42) y un alto índice de riesgo (37,80) lo que justifica la evaluación sismorresistente de la misma.
- La estructura de los tres módulos que integran el Ambulatorio Arquímedes Fuentes Serrano, en su condición actual con mampostería o sin mampostería, no satisface los requerimientos de Resistencia ante la Demanda impuesta por las cargas gravitacionales y la acción sísmica proveniente de un espectro de diseño de conformidad a la Norma COVENIN 1756-2001.
- Los modelos estudiados, de cada módulo en su condición actual, aplicando métodos de análisis lineal, arrojaron valores de derivas inelásticas superiores a las máximas permitidas ante la Demanda impuesta por la acción sísmica proveniente de un espectro de diseño de conformidad a la Norma COVENIN 1756-01. Los valores de desplazamientos obtenidos en cada módulo, fueron superiores a los 5 cm de separación entre ellos, lo que conllevaría a problemas de adyacencia.
- En los análisis estáticos lineales realizados a los tres modelos por módulo, se obtiene que la demanda por corte es mayor a la resistencia por corte, en las

columnas, principalmente en aquellas donde se presenta el efecto de columna corta (zonas de paredes con ventanas) y alrededor de la abertura central, limitando la capacidad y ductilidad de la estructura.

- En cada módulo, se incorporaron muros estructurales como elementos de refuerzo en el perímetro y alrededor de la abertura central, generando un aumento considerable de la rigidez, minimizando la ocurrencia de fallas frágiles ante un evento sísmico.
- El sistema de muros propuesto, disminuye la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez especialmente en el módulo II donde se ubican las escaleras y el núcleo de ascensor, disminuyendo notablemente los efectos de torsión.
- En los análisis lineales realizados a los diferentes modelos de la estructura reforzada por módulo, se obtuvieron derivas laterales inferiores al 8% y desplazamientos menores a dos (2) centímetros, lo que limita las deformaciones en tabiquerías y columnas existentes, además de no generar problemas de adyacencia entre los módulos.
- Los módulos reforzados cumplen con las exigencias de las normas venezolanas 1753-2006 y 1756-2001 aplicadas.

Recomendaciones

Para una evaluación más exhaustiva, es aconsejable realizar el análisis estático no lineal para evaluar esta edificación de salud, el cual permitirá a través de diferentes metodologías, cuantificar su capacidad y estimar los niveles de daños en función de la demanda sísmica.

También es importante la elaboración de estudios geotécnicos y el proyecto de las fundaciones nuevas donde se apoyarán los muros diseñados. Éstos deben ser elaborados por especialistas en esa materia.

Por último, es recomendable hacer intervenciones de tipo no estructurales y funcionales a fin de reducir los niveles de vulnerabilidad existentes en el Ambulatorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 318-2014 (2014). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.
- Alonso, J. L. (2007). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones*, Caracas: Fondo Editorial Sidetur.
- Bernal, César (2006). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Pearson Educación.
- COVENIN (2001). *Edificaciones Sismorresistentes 1756-2001*. Caracas: Fondonorma.
- COVENIN (1998). *Estructuras De Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites 1618-1998*. Caracas: Fondonorma.
- COVENIN (1988). *Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones 2002-88*. Caracas: Fondonorma.
- De Rosa, D. (2012). *Del Proyecto al Trabajo de Grado. Guía para su elaboración*. Caracas: Fedupel.
- Decreto N° 1.798 (*Normas Sobre Clasificación de Establecimientos de Atención Médica del Sub-Sector Salud en Venezuela*). (1983, Enero 21). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 32.650. Enero 21, 1983
- Escuela Superior de Guerra Aérea (2005). *Manual para la Elaboración de Trabajos de Investigación*. Caracas.
- FONDONORMA (2006). *Proyecto y Construcción en Concreto Estructural 1753-2006*. Caracas.
- Gómez, D., Marulanda, J. y Thomson, P. (2007). *Sistemas de Control para la protección de estructuras civiles sometidas a cargas dinámicas*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://dyna.unalmed.edu.co>
- Grases, José (2002). *Introducción a la Evaluación de la Amenaza Sísmica en Venezuela. Acciones de Mitigación*. Caracas: Fundación Pedro Grases.
- Grases, J., Malaver, A. y Manzanares, J. (1993). *Estudio de Vulnerabilidad del Hospital "Dr. Adolfo Prince Lara", Puerto Cabello, Edo. Carabobo*. [Documento en línea] Disponible en: <http://www.crid.or.cr>
- Hanganu, A. Oñate, E. y Barbat, A. (2002). *A finite element methodology for local/global damage evaluation in civil engineering structures*, Computers & Structures, Vol. 80, pp. 1667-1687.

Hernández, E. (2010). *Evaluación Estructural de la Edificación Escolar tipo Stac Escuela Bolivariana Playa Grande*. Informe de Avance. Universidad Central de Venezuela

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. (3era Edición). México: McGraw – Hill.

Hernández, R. (1994). *Metodología de la investigación*. Colombia: McGraw – Hill.

Hospital Domingo Luciani. Caracas, [Documento en línea]. Disponible en: <http://canaldenoticia.com>

Hospital Universitario de Los Andes. Mérida. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.panoramio.com>

Hurtado de Barrera. J. (1998). *El Proyecto de Investigación Holística*. (2da. Edición). Caracas: Fundación Sypal.

Lerma, H. (2003) *Metodología de la Investigación: Propuesta, Anteproyecto y Proyecto*. (2da Edición). Bogotá: Ecoe Ediciones.

Lobo, W., López, E., D'Amico, F., Rodríguez, D. y Urich, A. (2011). *Proyecto de edificaciones con Muros estructurales de Concreto Reforzado a la luz de las enseñanzas del terremoto de Chile de 2010*. Documentos presentados en el 1er Seminario Técnico. Caracas: SIDETUR.

López, O., Coronel, G. y Rojas, R (2014). *Índices de priorización para la Gestión del Riesgo sísmico en Edificaciones existentes*. Revista de la Facultad de Ingeniería UCV. Caracas. [Documento en línea] Disponible en: <http://saber.ucv.ve>

López, O., Marinilli, A. y Coronel, G (2015). *Reducción del Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares de Venezuela*. Informe Técnico. Caracas. Proyecto FONACIT. [Documento en línea] Disponible en: <http://www.funvisis.gob.ve>

Malaver, A., Grases, J., Herrera, C., Acosta, L., y Montes, L. (2002). *Mitigación y prevención de Amenazas Naturales en Cumaná, estado Sucre*. Informe Final para la Gobernación del Estado Sucre. 2 Volúmenes. Caracas.

Malaver, A., Grases, J., Herrera, C., Acosta, L., y Montes, L. (2009). *Evaluación de la Amenaza Sísmica con Fines de Planificación Urbana en Cumaná, Estado Sucre, Venezuela*. Ponencia presentada en la 1era Jornada de Ingeniería Civil UCAB Guayana.

Marcano, J. C.(2008) *Barrio adentro: fortaleciendo la estrategia de atención primaria de salud en la República Bolivariana de Venezuela* [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com>

Navarro, L. (2009). *Desarrollo, Ejecución y Presentación del Proyecto de Investigación*. Caracas: Liven Editores.

Organización Panamericana de la Salud (2000). *Mitigación de Desastres en instalaciones de salud. Aspectos Estructurales*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.crid.or.cr>

Organización Panamericana de la Salud (1997). *Lecciones Aprendidas en América Latina de Mitigación de Desastres en Instalaciones de la Salud*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.paho.org>

Organización Panamericana de la Salud (2004). *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud*, [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.paho.org>

Parella, S. y Martins, F. (2006): *Metodología de la Investigación cuantitativa*. (2da Edición). Caracas: FEDEUPEL.

Rodríguez, D. (2010). *Adecuación y Reducción de Riesgo Sísmico de una Escuela tipo Módulo Base*. Tesis de especialización. Universidad Central de Venezuela.

Safina, S. (2002). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. [Libro en línea]. Disponible en: <http://www.tdx.cat/handle>

Sabino, C. (1992). *El proceso de Investigación*. Caracas: Editorial Panapo.

Universidad Católica Andrés Bello (2006): *Guía Práctica para la Elaboración del Trabajo Especial de Grado (TEG). Especialización en Gerencia de Proyectos*. Caracas

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. (4ta Edición). Caracas: FEDEUPEL.

Ventura, C. (2009). *Técnicas de Reforzamiento Sísmico de Estructuras*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.tec.url.edu>.

ANEXO A

MAPA DE SUELOS DE CUMANÁ, ESTADO SUCRE

ANEXO B

**PLANLLA DE INSPECCIÓN Y
FOTOS DEL AMBULATORIO ARQUÍMEDES FUENTES SERRANO**

PLANILLA DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES
(Características Sismorresistentes)

G-20007752-2

1. Datos generales (rellenar)

1.1 Fecha: 21/11/2012 1.2 Hora inicio: 9.45 am 1.3 Hora culminación: 2.00 pm 1.4 Código: _____

2. Datos de los participantes (rellenar)

Función	Nombre y apellido	Teléfono	Correo Electrónico
2.1 Inspector	<u>Ingo Rosángel Caraballo</u>		
2.2 Revisor			
2.3 Supervisor			

3. Datos del entrevistado (rellenar)

3.1 Relación con la Edif.	3.2 Nombre y apellido	3.3 Teléfono	3.4 Correo Electrónico
<u>GERENTE DE PLANT</u>	<u>Ingo Domingo Oliveros</u>		

4. Identificación y ubicación de la edificación (rellenar)

4.1 Nombre o N°: ARQUILATORIO ARQUIDES FUENTES 4.2 N° de pisos: 2 + PB 4.3 N° de semi-sótanos: _____
 4.4 N° de sótanos: _____ 4.5 Estado: SUCRE 4.6 Ciudad: CUMANA
 4.7 Municipio: SUCRE 4.8 Parroquia: AVACUCHO 4.9 Urb., Barrio: CUMANABO
 4.10 Sector: I 4.11 Calle, Vereda: 19 DE ABRIL 4.12 Manzana N°: _____ 4.13 N° Parcela: _____
 Proy. UTM (REGVEN) 4.14 Coord. X: _____ 4.15 Coord. Y: _____ 4.16 Huso: _____

5. Uso de la edificación (marcar con "x", múltiples opciones)

- | | | | | |
|---|---|--|-------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Gubernamental | <input type="checkbox"/> Militar | <input checked="" type="checkbox"/> Médico-Asistencial | <input type="checkbox"/> Industrial | <input type="checkbox"/> Otro (Especifique) |
| <input type="checkbox"/> Bomberos | <input type="checkbox"/> Vivienda Popular | <input type="checkbox"/> Educativo | <input type="checkbox"/> Comercial | |
| <input type="checkbox"/> Protección Civil | <input type="checkbox"/> Vivienda Unifamiliar | <input type="checkbox"/> Deportivo-Recreativo | <input type="checkbox"/> Oficina | |
| <input type="checkbox"/> Policial | <input type="checkbox"/> Vivienda Multifamiliar | <input type="checkbox"/> Cultural | <input type="checkbox"/> Religioso | |

6. Capacidad de ocupación (rellenar y marcar con "x", múltiples opciones)

6.1 Número de personas que ocupan el inmueble: 580 6.2 Ocupación durante: Mañana Tarde Noche

7. Año de construcción (rellenar y marcar con "x", una opción)

Año: 1/11/1977
 Antes de 1939 Entre 1940 y 1947 Entre 1948 y 1955 Entre 1956 y 1967
 Entre 1968 y 1982 Entre 1983 y 1998 Entre 1999 y 2001 Después de 2001

8. Condición del terreno (marcar con "x", una opción por pregunta)

8.1. Edificación en: Planicie Ladera Base Cima
 8.2 Pendiente del terreno: 20° - 45° Mayor a 45°
 8.3 Localizada sobre la mitad superior de la ladera: Si No
 8.4 Pendiente del talud: 20° - 45° Mayor a 45°
 8.5 Separación al talud: Menor a H del Talud Mayor a H del Talud
 8.6 Drenajes: Si No

9. Tipo estructural (marcar con "x", múltiples opciones)

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado | <input type="checkbox"/> Pórticos de acero con cerchas |
| <input checked="" type="checkbox"/> Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o de concreto | <input type="checkbox"/> Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de pórticos |
| <input type="checkbox"/> Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales | <input type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería confinada. Pisos: _____ |
| <input type="checkbox"/> Sistemas con muros de concreto armado en una sola dirección, como algunos sistemas del tipo túnel | <input type="checkbox"/> Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada. Pisos: _____ |
| <input type="checkbox"/> Pórticos de acero | <input type="checkbox"/> Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción. Pisos: _____ |
| <input type="checkbox"/> Pórticos de acero con perfiles tubulares | <input type="checkbox"/> Viviendas de bahareque de un piso |
| <input type="checkbox"/> Pórticos de acero diagonalizados | <input type="checkbox"/> Viviendas de construcción precaria (tierra, madera, zinc, etc.) |

10. Esquema de planta (marcar con "x")

- | | | |
|------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> "H" | <input type="checkbox"/> "L" | <input type="checkbox"/> Esbeltez horizontal |
| <input type="checkbox"/> "T" | <input type="checkbox"/> Cajón | <input type="checkbox"/> Ninguno |
| <input type="checkbox"/> "U" ó "C" | <input checked="" type="checkbox"/> Regular | |

11. Esquema de elevación (marcar con "x")

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> "T" | <input type="checkbox"/> "U" | <input type="checkbox"/> Esbeltez vertical |
| <input type="checkbox"/> Piramide invertida | <input type="checkbox"/> "L" | <input type="checkbox"/> Ninguno |
| <input type="checkbox"/> Piramidal | <input checked="" type="checkbox"/> "I" | |

12. Irregularidades (marcar con "X", múltiples opciones)

<input type="checkbox"/> 12.1 Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	<input type="checkbox"/> 12.6 Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta... MOD. CENTRAL
<input type="checkbox"/> 12.2 Presencia de al menos un entrepiso débil ó blando	<input type="checkbox"/> 12.7 Ausencia de muros en una dirección
<input checked="" type="checkbox"/> 12.3 Presencia de columnas cortas	<input checked="" type="checkbox"/> 12.8 Adosamiento: Losa contra losa
<input type="checkbox"/> 12.4 Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes	<input type="checkbox"/> 12.9 Adosamiento: Losa contra columna
<input checked="" type="checkbox"/> 12.5 Aberturas significativas en losas	<input type="checkbox"/> 12.10 Separación entre edificios (cm): 5 cm PLANOS

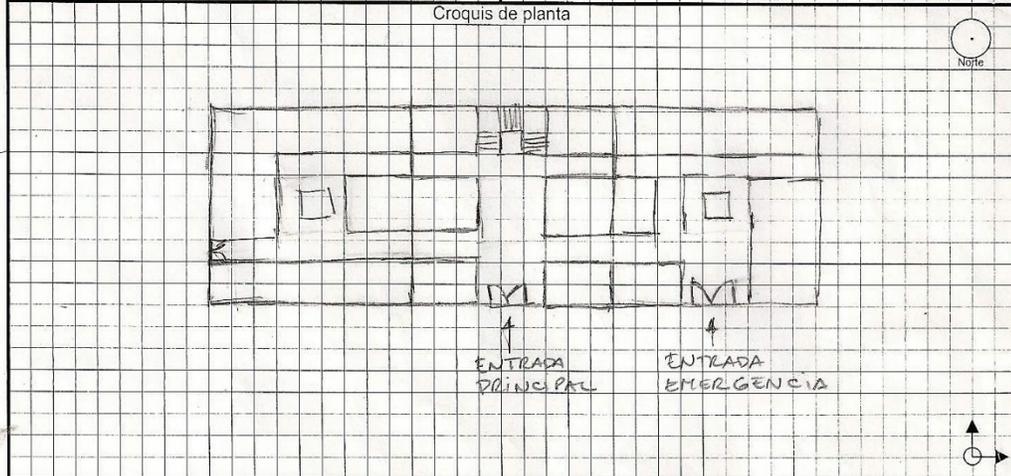
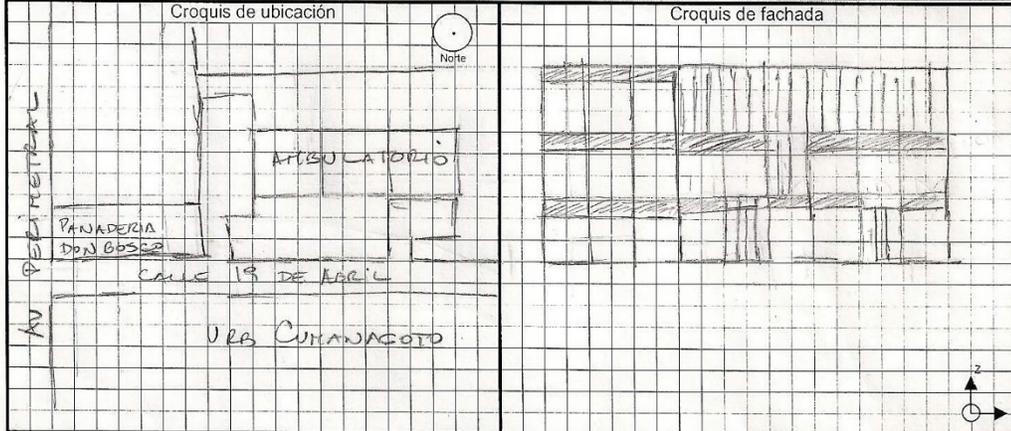
13. Grado de deterioro (marcar con "X", una opción por pregunta)

13.1 Est. de Concreto: Agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.2 Est. de Acero: Corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.3 Agrietamiento en paredes de relleno:	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input checked="" type="checkbox"/> Moderado	<input type="checkbox"/> Severo
13.4 Estado general de mantenimiento:	<input type="checkbox"/> Bueno	<input checked="" type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Bajo

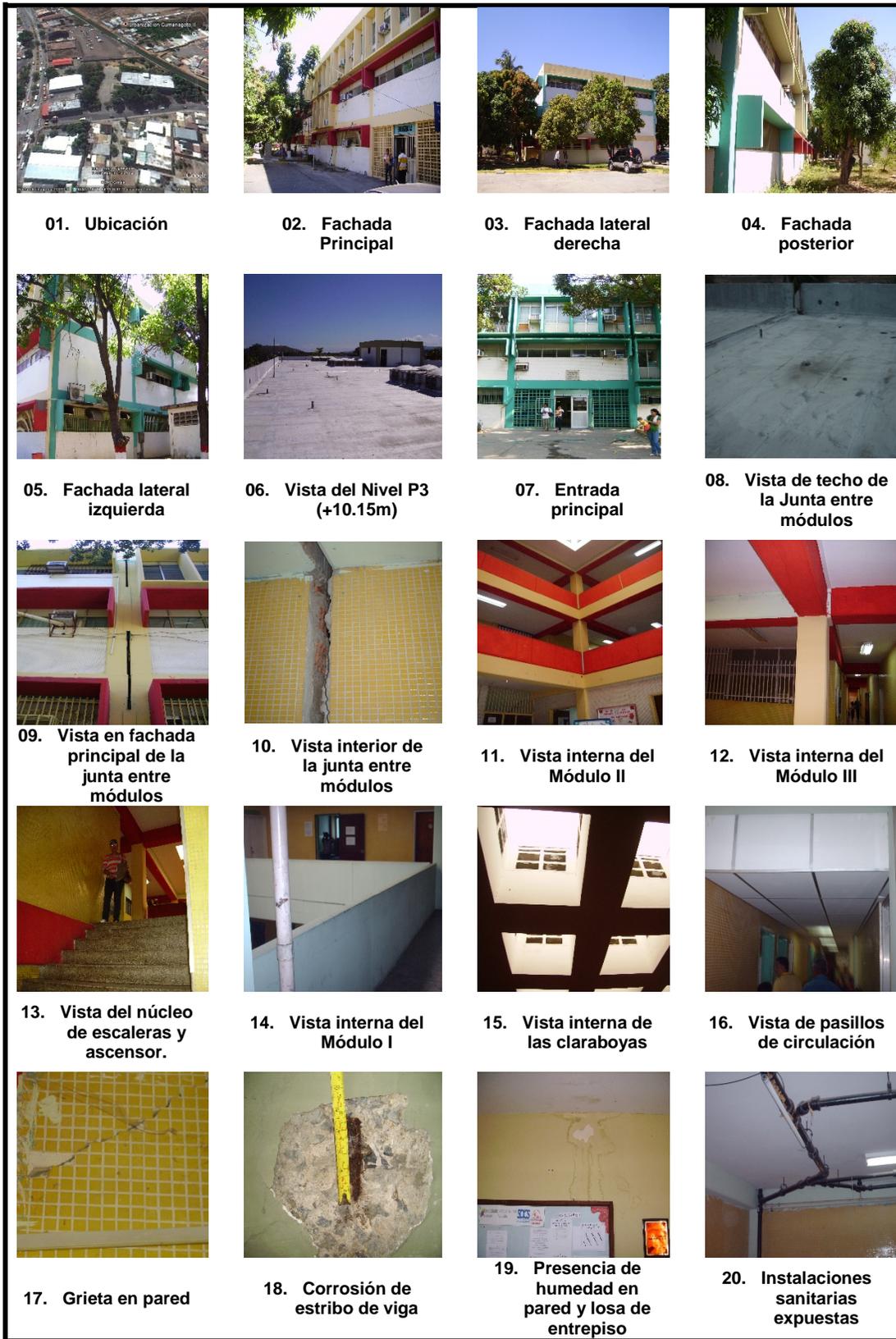
14. Observaciones

LA LOSA DE TECHO FUE IMPERMEABILIZADA 2008, PERO ESTIWO EXPOSTA CON FILTRACIONES 20 10 AÑOS

15. Croquis de ubicación, fachada y planta

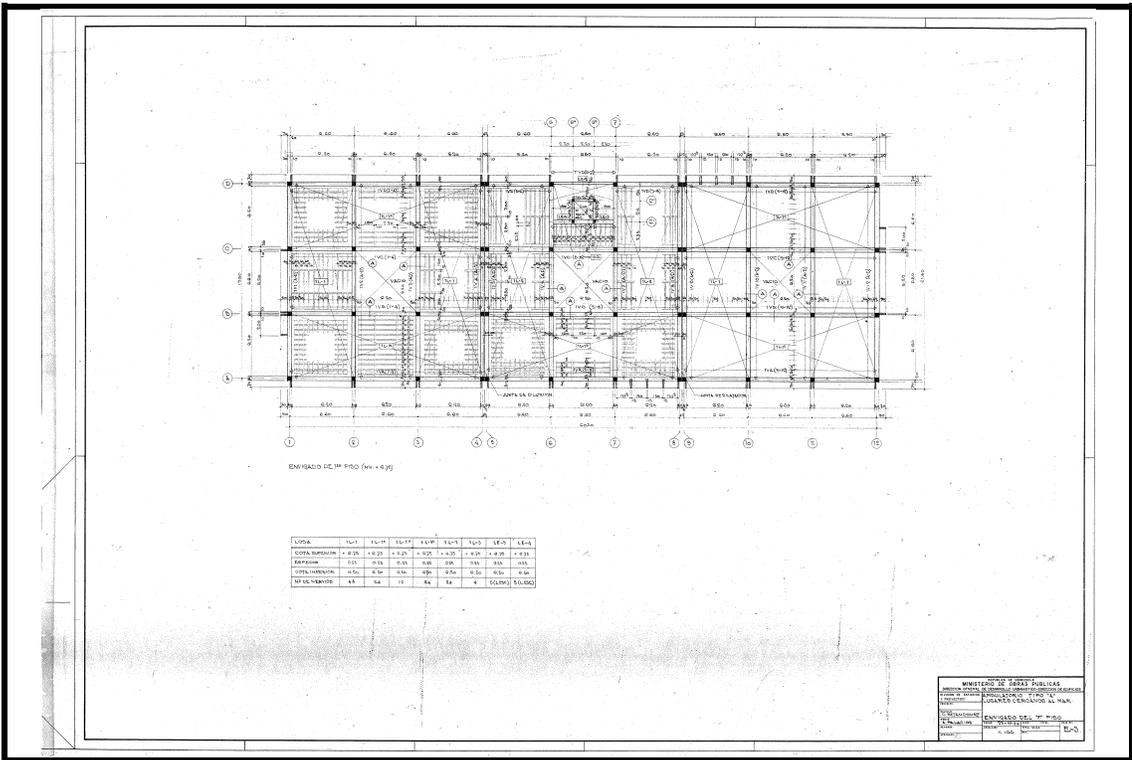


- Fotos a tomar:**
- | | | | | |
|--|---|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| - Fachadas | - Identificación de la edificación | - Pendiente del terreno | - Talud cercano | - Tipo estructural |
| - Elementos estructurales | - Losas | - Juntas | - Ausencia de vigas altas | - Presencia columna corta |
| - Discontinuidad de elementos | - Aberturas excesivas en planta | - Asimetría en planta | - Adosamiento | - Grietas en paredes |
| - Grietas o fisuras en elementos de concreto | - Corrosión o deterioro en elementos de acero | - Observaciones o casos especiales | | |

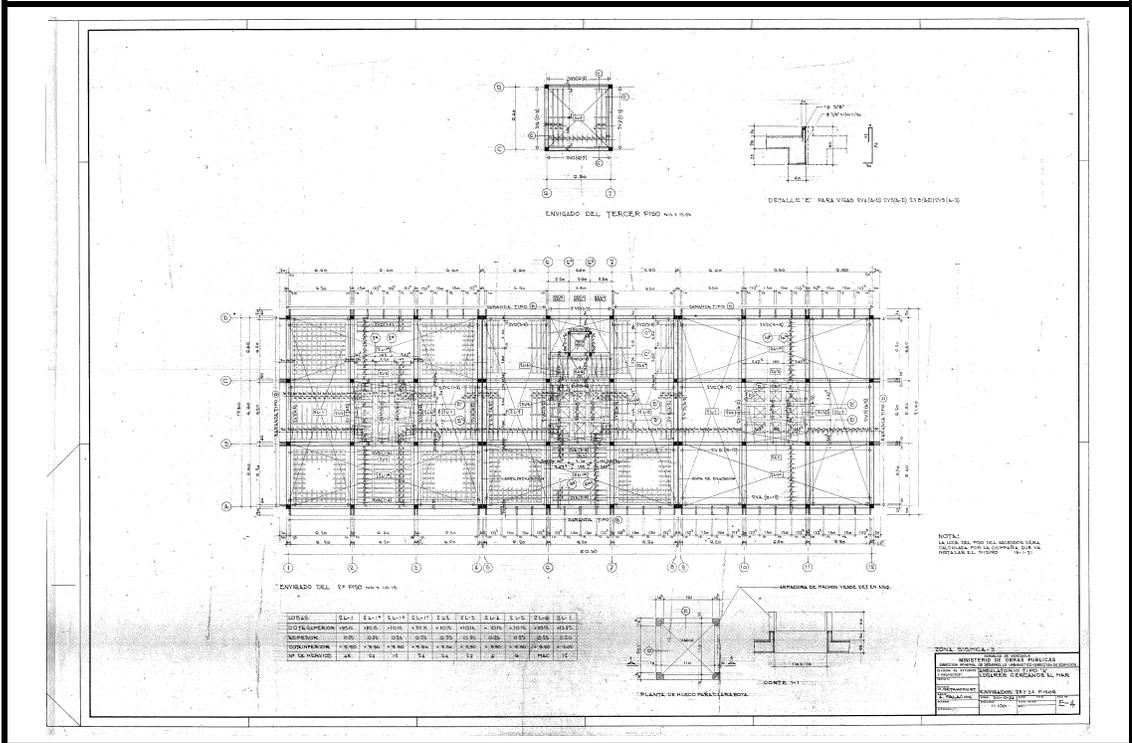


ANEXO C

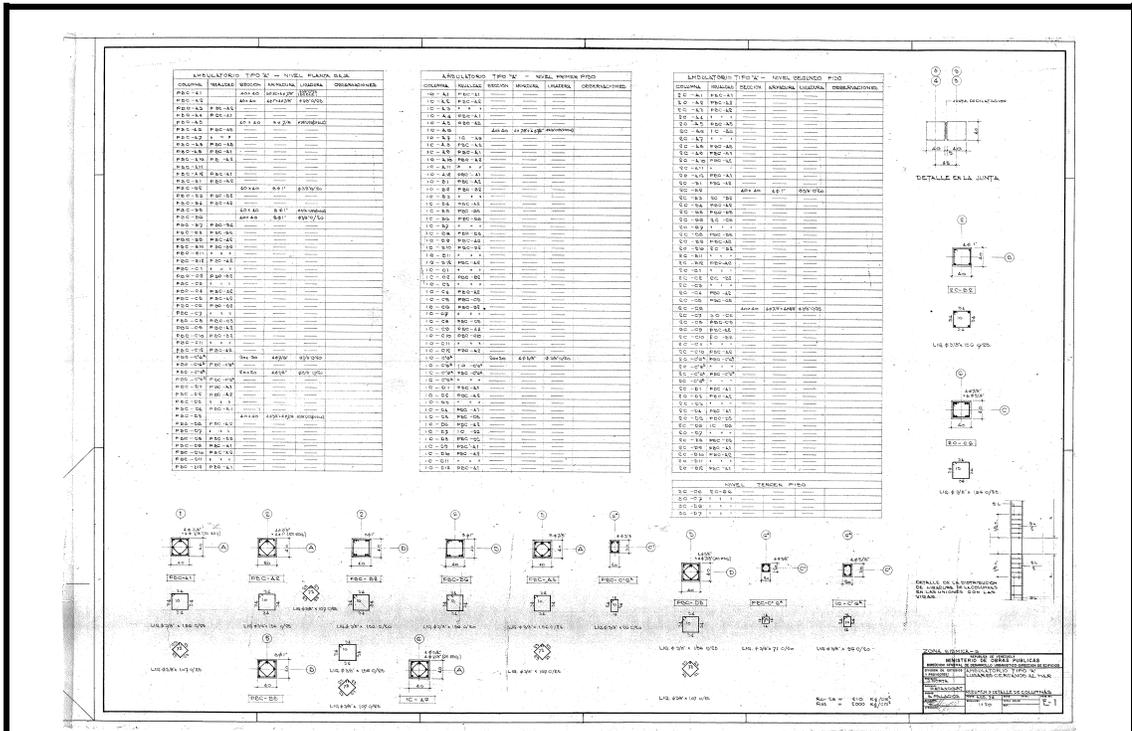
PLANOS ORIGINALES DE ESTRUCTURA DE LA EDIFICACIÓN



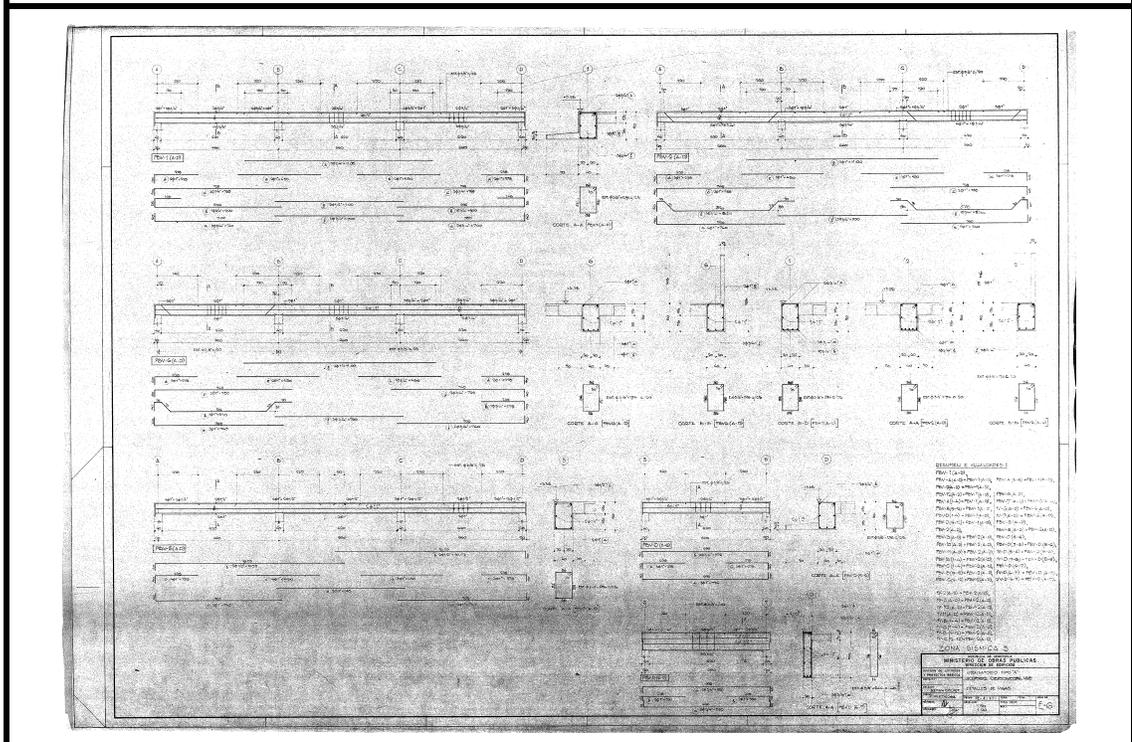
ENVIGADO DE 1ER PISO



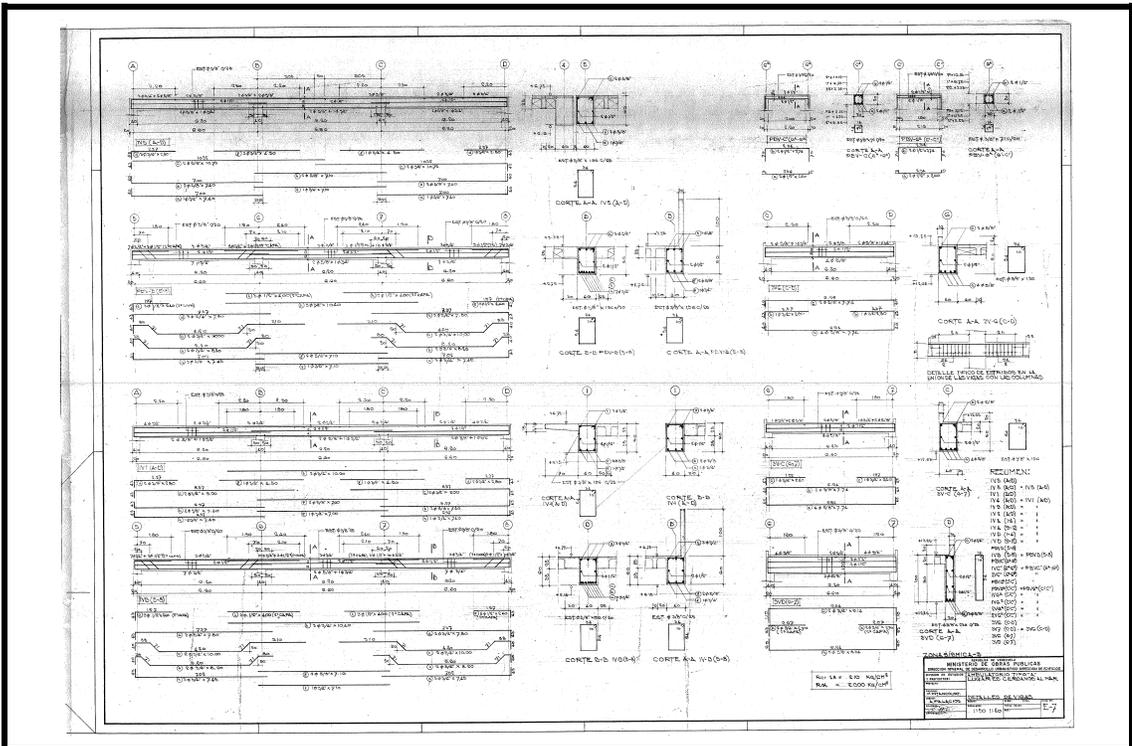
ENVIGADO DE 2DO Y 3ER PISOS



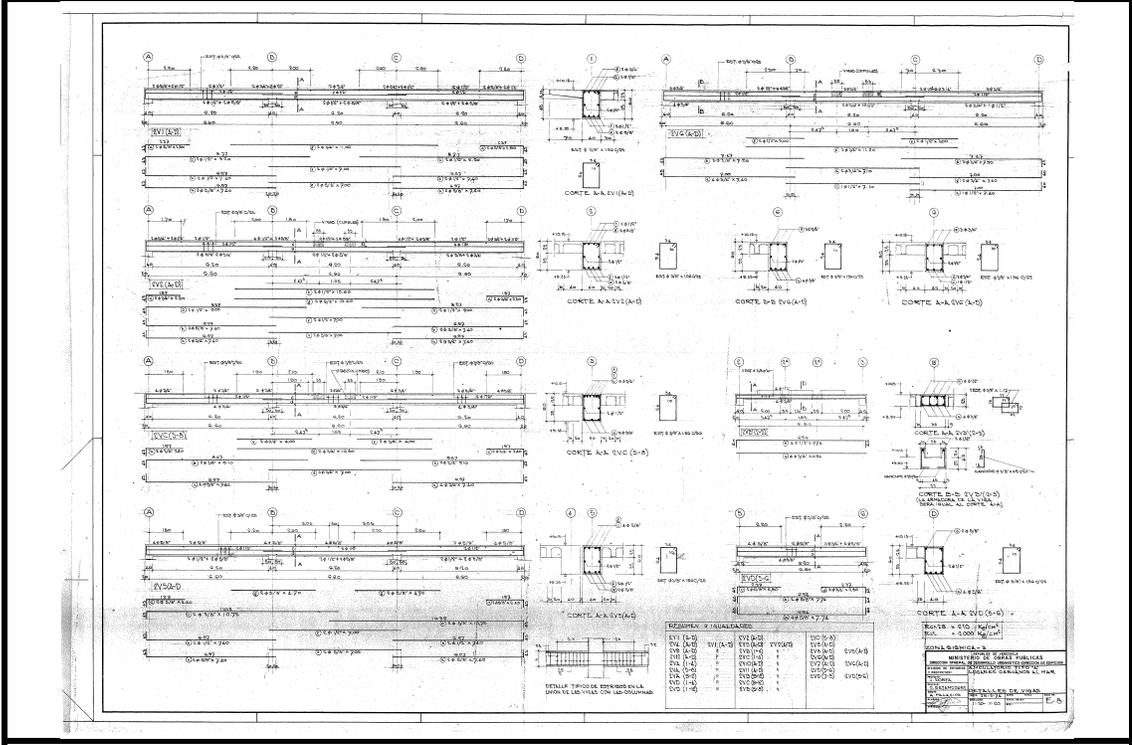
RESUMEN Y DETALLE DE COLUMNAS



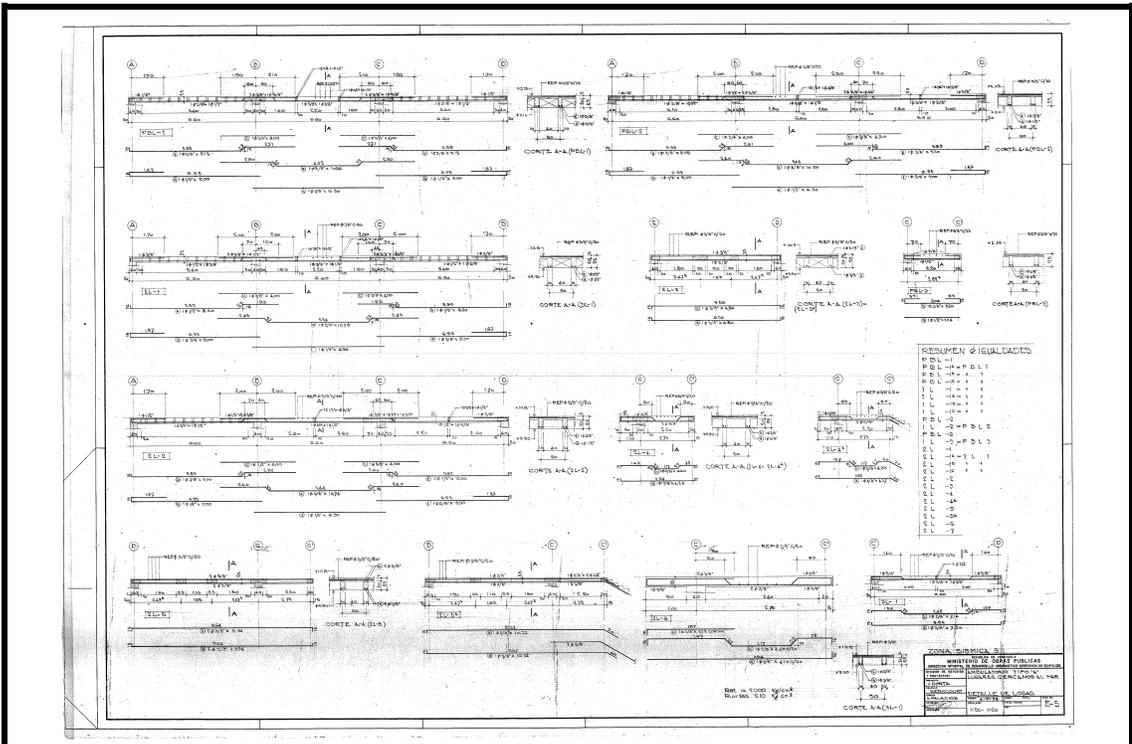
DETALLES DE VIGAS



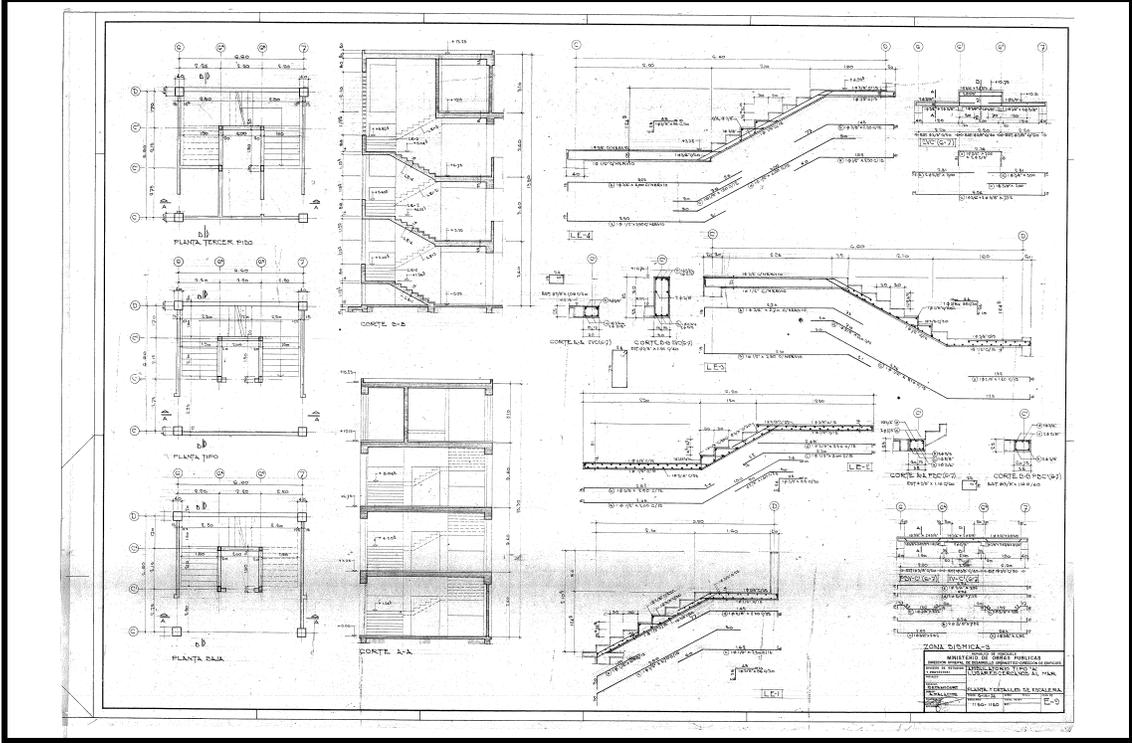
DETALLES DE VIGAS



DETALLES DE VIGAS



DETALLES DE LOSAS



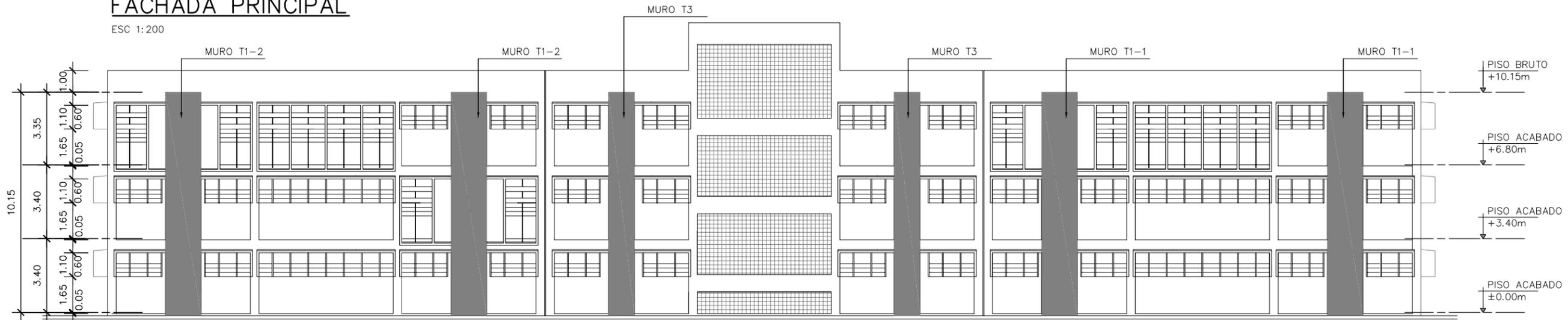
PLANTA Y DETALLES DE ESCALERAS

ANEXO D
PLANOS DEL REFUERZO ESTRUCTURAL



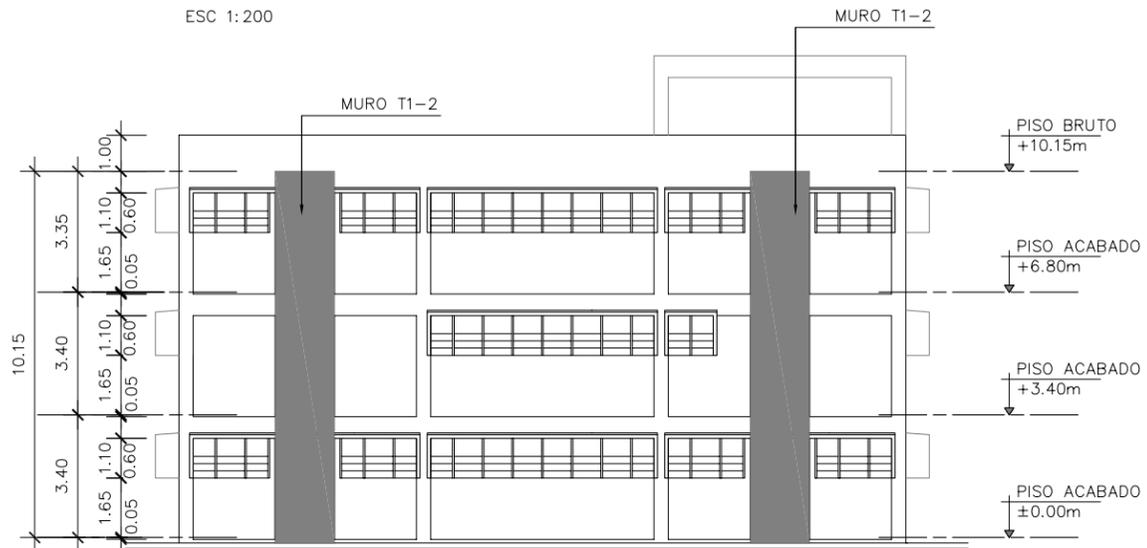
FACHADA PRINCIPAL

ESC 1:200



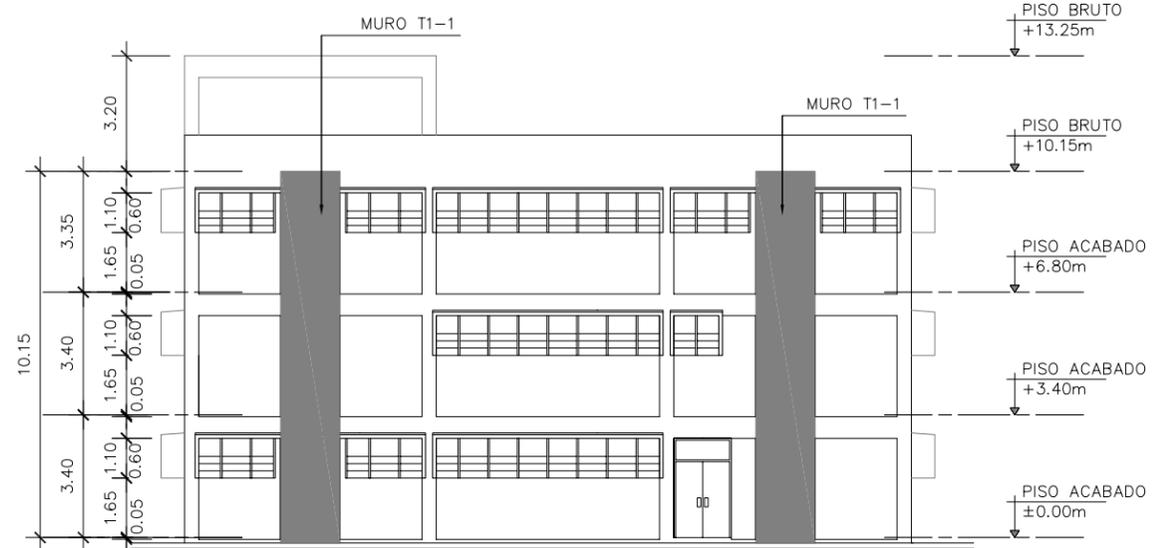
FACHADA POSTERIOR

ESC 1:200



FACHADA LATERAL DERECHA

ESC 1:200



FACHADA LATERAL IZQUIERDA

ESC 1:200

FECHA

ING. ROSÁNGEL CARABALLO

ONISIO

URB. CUMANAGOTO, CUMANÁ, ESTADO SUCRE

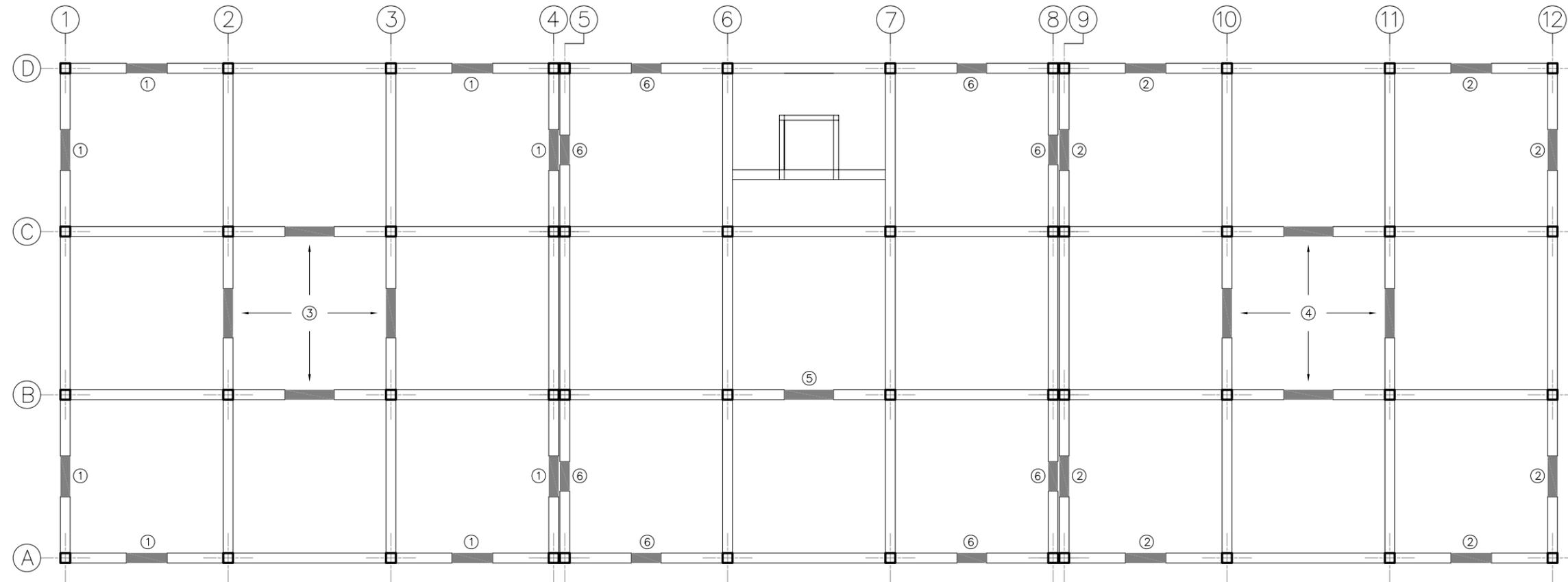
INDICACION

PAGINA RE-1

FACHADAS Y MUROS

CONTENIDO

ADECUACIÓN ESTRUCTURAL DEL AMBULATORIO
ARQUIMEDES FUENTES SERRANO



PLANTA ENVIGADO CON MUROS

ESC 1:200

LEYENDA

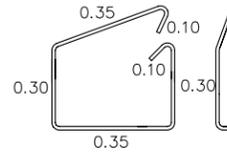
- ① MURO T1-1
- ② MURO T1-2
- ③ MURO T2-1
- ④ MURO T2-2
- ⑤ MURO T2-3
- ⑥ MURO T3

ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

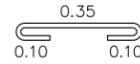
CONCRETO $F'c$ 300Kg/cm²
 ACERO DE REFUERZO $Fy=$ 4200Kg/cm²

NOTAS

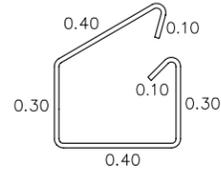
TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EXPRESADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO



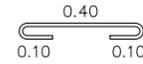
Ⓐ LIG. $\phi 3/8"$ X 1.50 @ 0.10



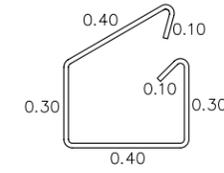
Ⓒ LIG. $\phi 3/8"$ X 0.55 @ 0.10



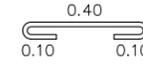
Ⓐ LIG. $\phi 1/2"$ X 1.60 @ 0.15



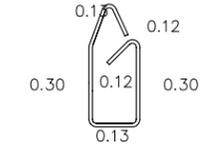
Ⓒ LIG. $\phi 1/2"$ X 0.60 @ 0.15



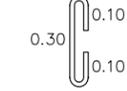
Ⓐ LIG. $\phi 1/2"$ X 1.60 @ 0.15



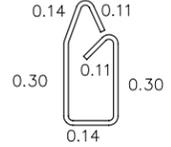
Ⓒ LIG. $\phi 1/2"$ X 0.60 @ 0.15



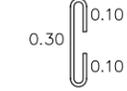
Ⓑ LIG. $\phi 3/8"$ X 1.10 @ 0.10



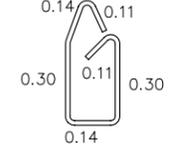
Ⓓ 3 $\phi 3/8"$ X 0.50



Ⓑ LIG. $\phi 1/2"$ X 1.10 @ 0.15



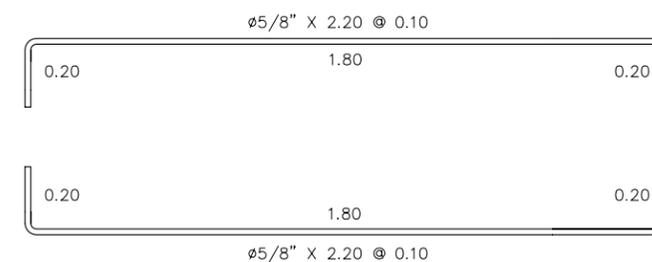
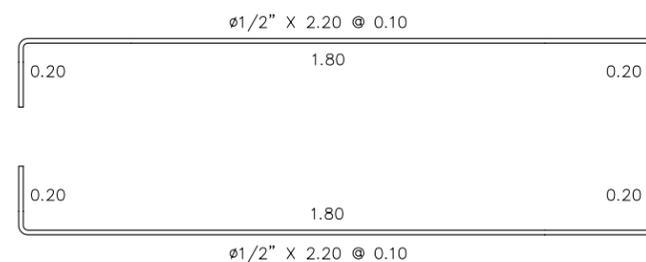
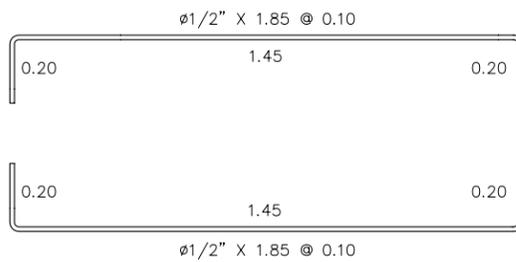
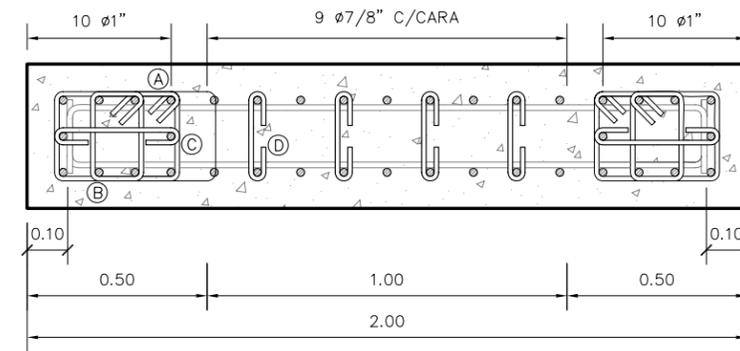
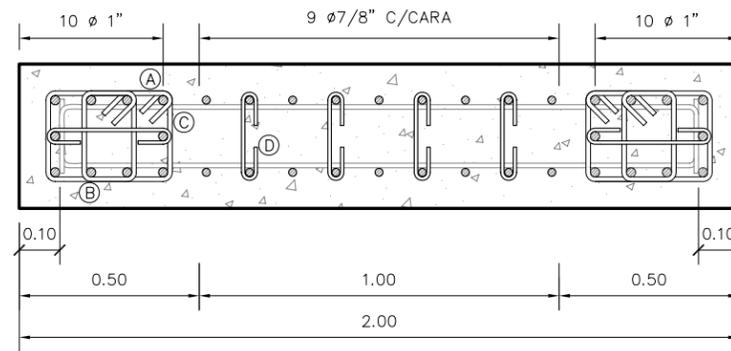
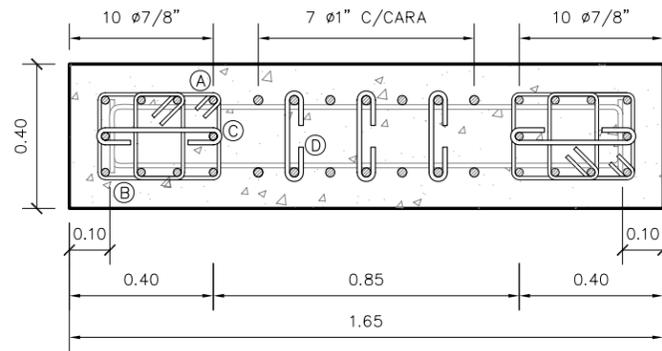
Ⓓ 4 $\phi 3/8"$ X 0.50



Ⓑ LIG. $\phi 1/2"$ X 1.10 @ 0.15



Ⓓ 4 $\phi 3/8"$ X 0.50



MÓDULO I (MURO T1-1)

ESC. 1:20

MÓDULO I (MURO T2-1)

ESC. 1:20

MÓDULO II (MURO T2-3)

ESC. 1:20

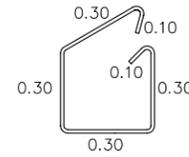
ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

CONCRETO
ACERO DE REFUERZO

$F'c$ 300Kg/cm²
 Fy 4200Kg/cm²

NOTAS

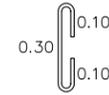
TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EXPRESADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO



(A) LIG. $\phi 3/8"$ X 1.40 @ 0.10



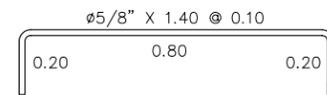
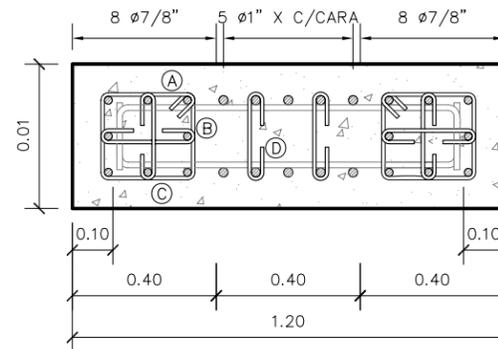
(B) LIG. 1 $\phi 3/8"$ X 0.50 @ 0.10



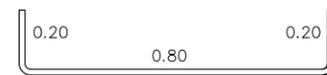
(C) LIG. 1 $\phi 3/8"$ X 0.50 @ 0.10



(D) 2 $\phi 3/8"$ X 0.50



$\phi 5/8"$ X 1.40 @ 0.10



$\phi 5/8"$ X 1.40 @ 0.10

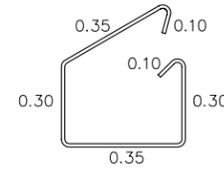
MÓDULO II (MURO T3)

ESC. 1:20

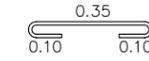
ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

CONCRETO
ACERO DE REFUERZO

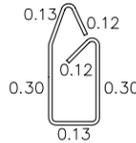
$F'c$ 300Kg/cm²
 Fy 4200Kg/cm²



(A) LIG. $\phi 3/8"$ X 1.50 @ 0.10



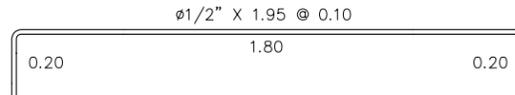
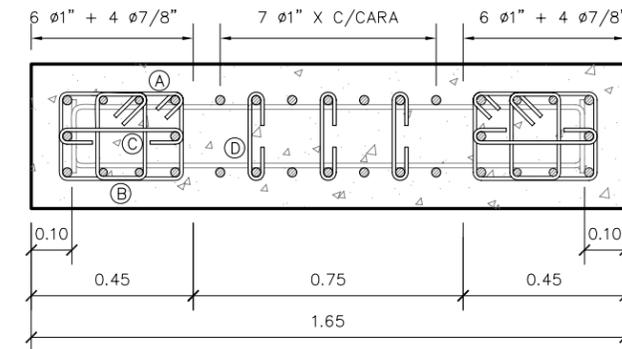
(C) LIG. $\phi 3/8"$ X 0.55 @ 0.10



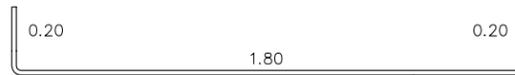
(B) LIG. $\phi 3/8"$ X 1.10 @ 0.10



(D) 3 $\phi 3/8"$ X 0.50



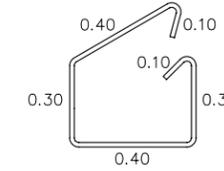
$\phi 1/2"$ X 1.95 @ 0.10



$\phi 1/2"$ X 1.95 @ 0.10

MÓDULO III (MURO T1-2)

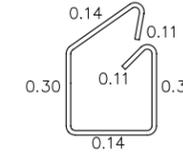
ESC. 1:20



(A) LIG. $\phi 1/2"$ X 1.60 @ 0.15



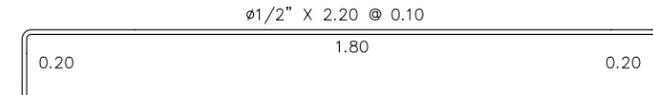
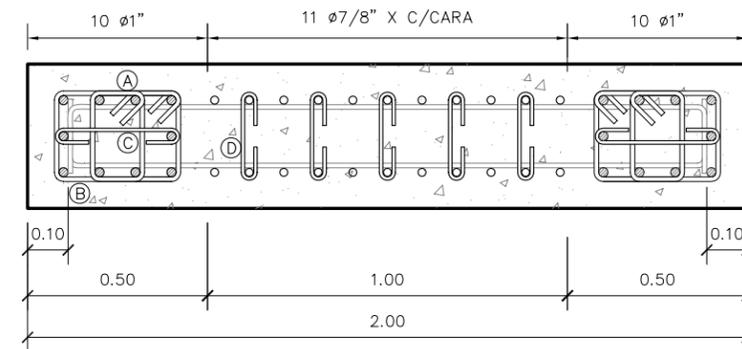
(C) LIG. $\phi 1/2"$ X 0.60 @ 0.15



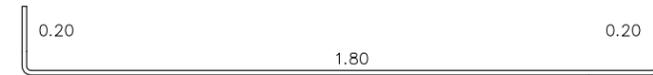
(B) LIG. $\phi 1/2"$ X 1.10 @ 0.15



(D) 5 $\phi 3/8"$ X 0.50



$\phi 1/2"$ X 2.20 @ 0.10



$\phi 1/2"$ X 2.20 @ 0.10

MÓDULO III (MURO T2-2)

ESC. 1:20

NOTAS

TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EXPRESADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

FECHA

ING. ROSÁNGEL CARABALLO

DISEÑO

URB. CUMANAGOTO, CUMANÁ, ESTADO SUCRE

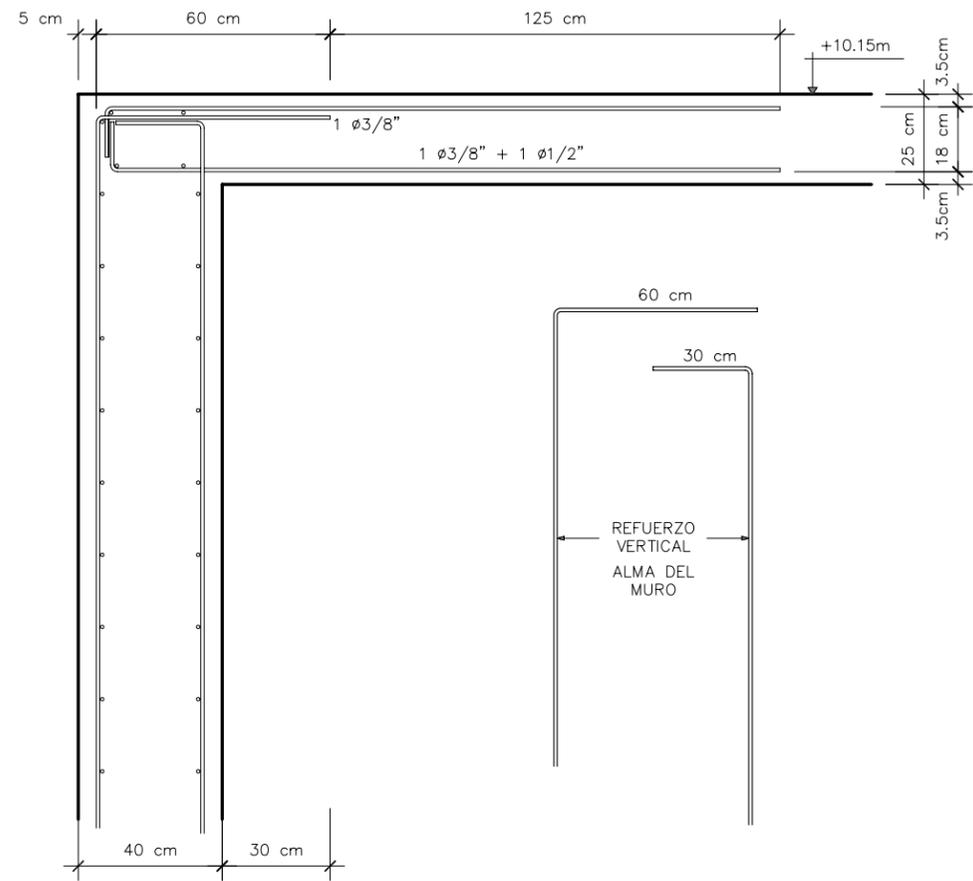
UBICACIÓN

PÁGINA

RE-4
DETALLE DE MURO

CONTENIDO

ADECUACIÓN ESTRUCTURAL DEL AMBULATORIO
ARQUIMEDES FUENTES SERRANO



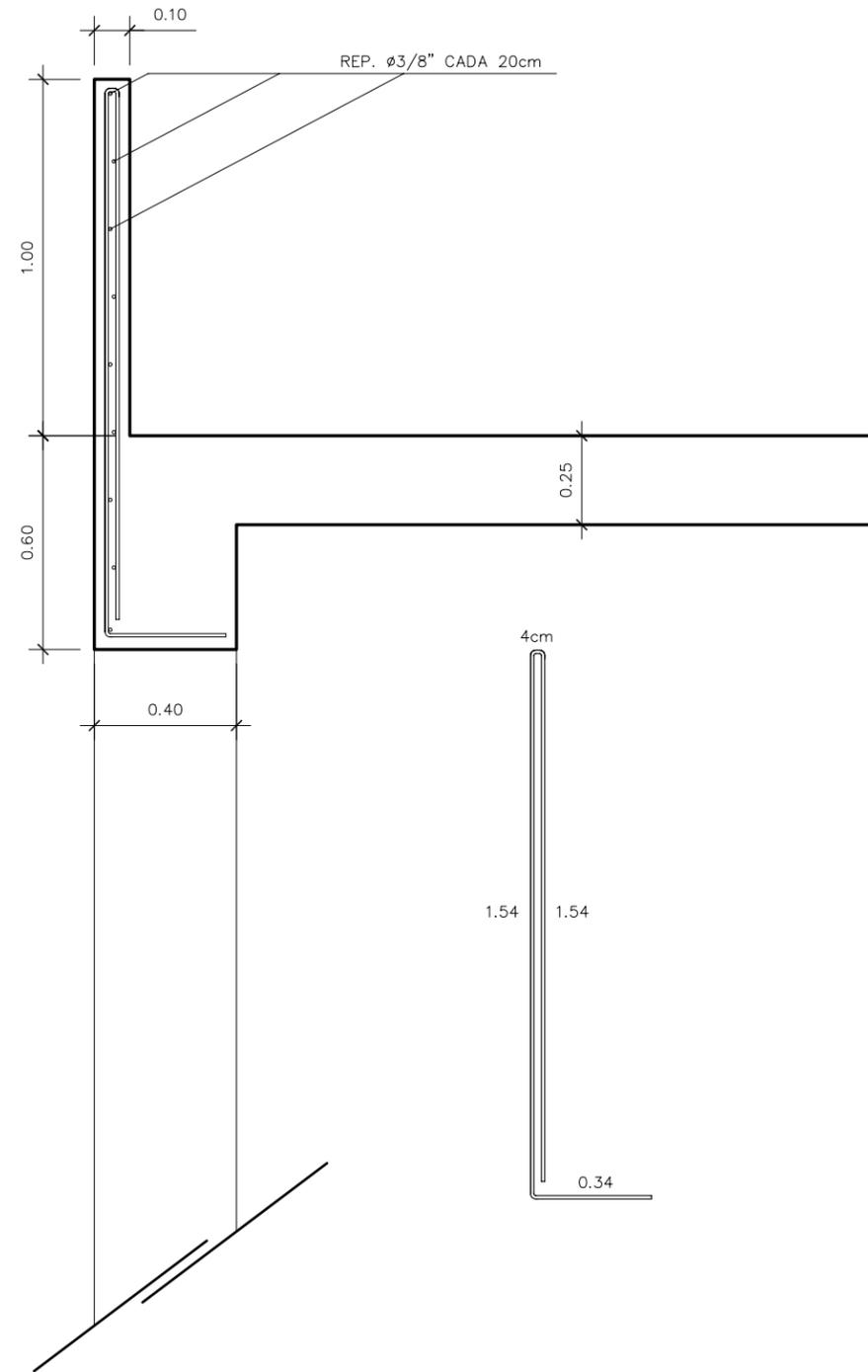
UNIÓN MURO-LOSA. P3 (+10.15)

ESC. 1:20

ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

CONCRETO
ACERO DE REFUERZO

$F'c = 300 \text{Kg/cm}^2$
 $Fy = 4200 \text{Kg/cm}^2$



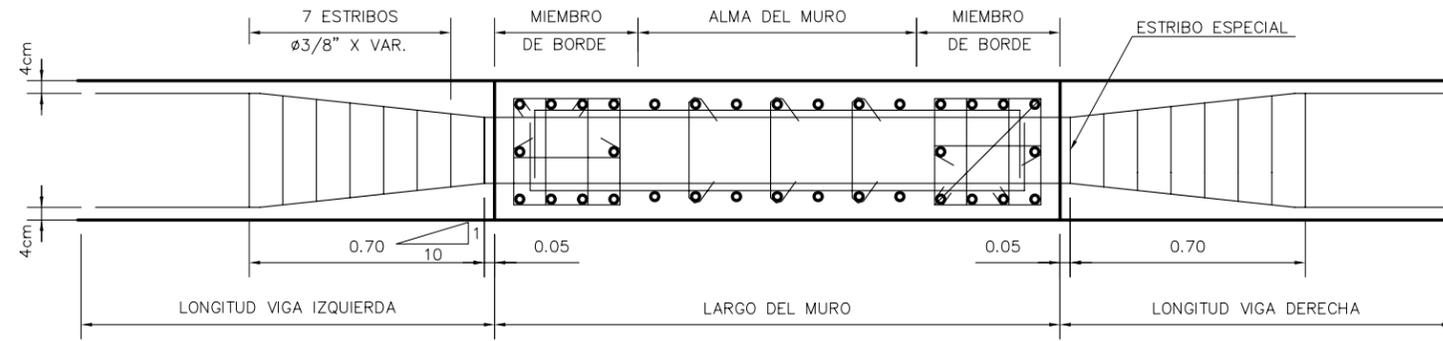
UNIÓN PANTALLA (TECHO) - MURO

ESC. 1:20

NOTAS

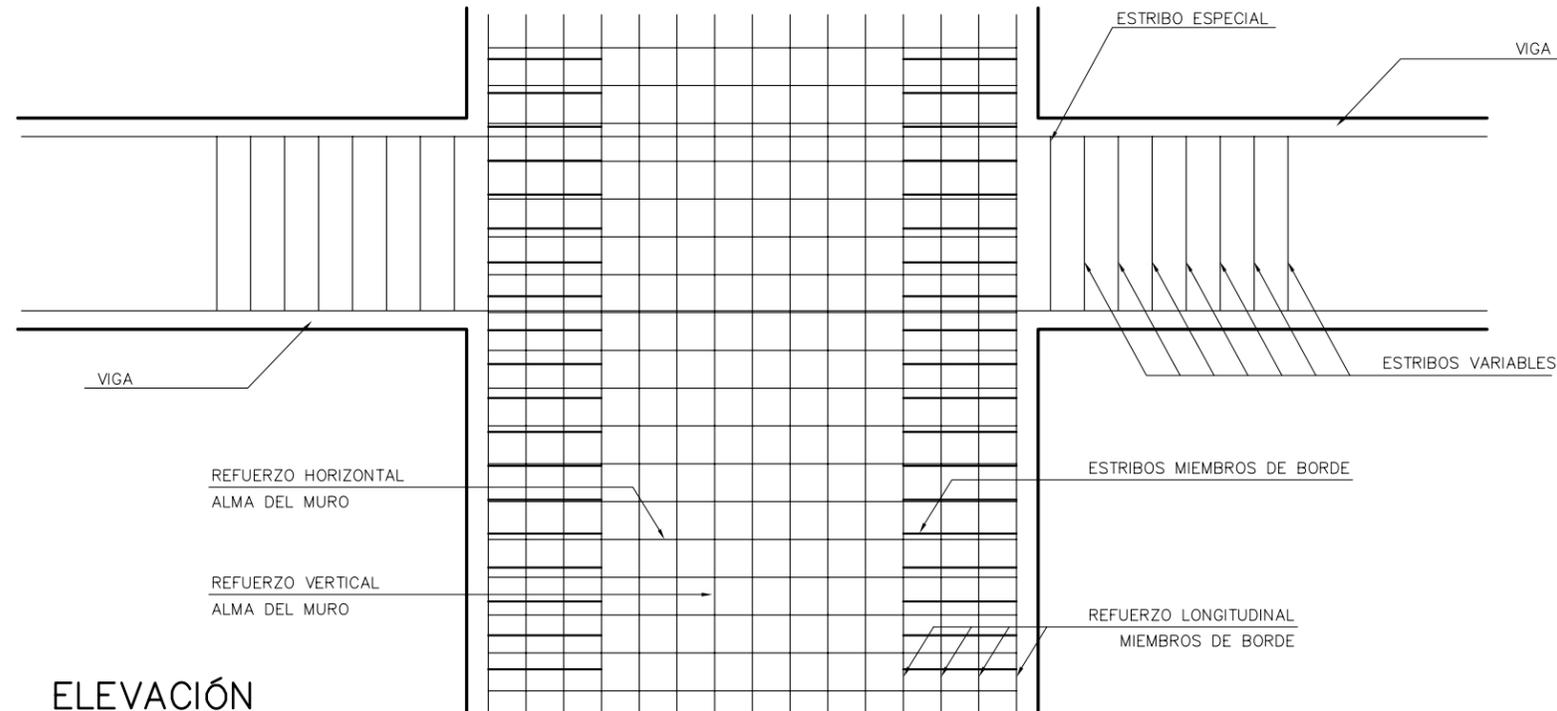
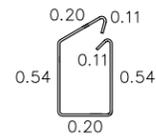
TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EXPRESADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

FECHA	
DISEÑO	ING. ROSÁNGEL CARABALLO
UBICACIÓN	URB. CUMANAGOTO, CUMANÁ, ESTADO SUCRE
PÁGINA	RE-5
CONTENIDO	DETALLE UNIÓN MURO-LOSA Y MURO-PANTALLA
	ADECUACIÓN ESTRUCTURAL DEL AMBULATORIO ARQUIMEDES FUENTES SERRANO



PLANTA

S/E



ELEVACIÓN

S/E

UNIÓN VIGA – MURO

ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

CONCRETO
ACERO DE REFUERZO

$F'c = 300Kg/cm^2$
 $Fy = 4200Kg/cm^2$

NOTAS

TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EXPRESADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

FECHA

ING. ROSÁNGEL CARABALLO

DISEÑO

URB. CUMANAGOTO. CUMANÁ. ESTADO SUCRE

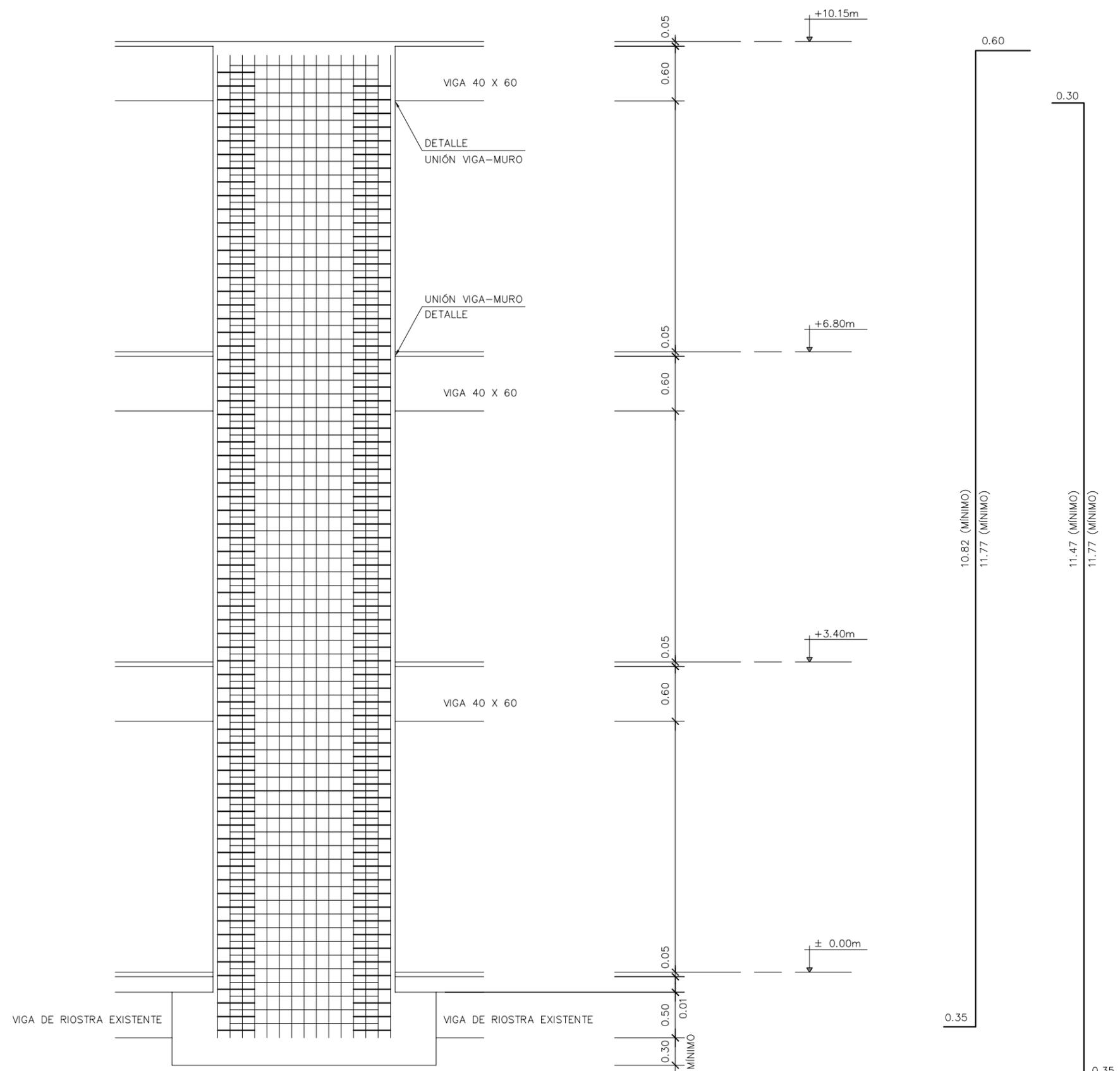
UBICACIÓN

PÁGINA

RE-6

CONTENIDO

DETAJE UNIÓN VIGA-MURO
ADECUACIÓN ESTRUCTURAL DEL AMBULATORIO
ARQUIMEDES FUENTES SERRANO



DETALLE DE ALZADA TÍPICA DE MURO

S/E

ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

CONCRETO $F'c = 300Kg/cm^2$
 ACERO DE REFUERZO $Fy = 4200Kg/cm^2$

NOTAS

TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EXPRESADAS EN METROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

FECHA	
DISEÑO	ING. ROSÁNGEL CARABALLO
UBICACIÓN	URB. CUMANAGOTO, CUMANÁ, ESTADO SUCRE
PÁGINA	RE-7
CONTENIDO	ALZADO DE MUROS Y DETALLADO
	ADECUACIÓN ESTRUCTURAL DEL AMBULATORIO ARQUIMEDES FUENTES SERRANO