



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Evaluación estructural del “Hospital Homero Castanier  
Crespo” de la ciudad de Azogues – provincia del Cañar,  
para cuantificar las amenazas y vulnerabilidad de la  
edificación hospitalaria**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE  
CONSTRUCCIONES**

**Autores:**

**HERNÁN ARTURO CABRERA GONZÁLEZ**

**ERIKA KARINA ESQUIVEL VALENCIA**

**Director:**

**ING. JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO M.Sc**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis en primer lugar a Dios, por darme la sabiduría y la fuerza para no rendirme ante los obstáculos que se han presentado a lo largo de mis años de estudio.

A mis padres por darme el apoyo incondicional en cada paso que he dado desde el primer día de mi vida, les agradezco porque han hecho un gran esfuerzo para que pudiera alcanzar cada una de las metas planteadas hasta el momento, y a pesar de las caídas y tropezones nunca me dejaron sola y siempre estuvieron ahí alentándome a seguir adelante.

A mi hermana por su apoyo incondicional y a mi hermano que desde el cielo se ha convertido en un ángel que me cuida, me guía y abre los caminos de bendiciones en cada paso que doy.

De manera especial a mi esposo que me ha motivado y ayudado, con infinita paciencia y amor a culminar mi trabajo de titulación y conseguir juntos esta meta, gracias por todo el esfuerzo y sacrificio que hace cada día por verme y hacerme muy feliz, espero que sigamos alcanzando metas cada vez más altas juntos.

A mi hijo que desde mi vientre es el motor y las ganas que tengo por seguir adelante con el amor tan grande que siento por él le dedico todos mis triunfos y que sirvan de ejemplo para que él nunca se dé por vencido por más obstáculos que se presenten a lo largo de la vida.

Erika Esquivel V.

## **DEDICATORIA**

Este presente trabajo está dedicado primeramente a Dios por haberme dado la vida; a mis queridos padres: Arturo y Beatriz, que siempre me brindaron su apoyo incondicional, confianza y por haber sabido formarme como una persona de buenos valores, hábitos y sentimientos que me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanas, sobrinos y demás familiares gracias por creer en mí, por enseñarme el significado de perseverancia, por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria y principalmente por sus palabras de aliento para poder culminar mi carrera.

A Paúl más que un amigo, un hermano por haberme brindado su amistad, sus consejos y apoyo en todo momento; gracias por todo.

A mis amigos, compañeros y todas aquellas personas que de una forma u otra han estado presentes y me han brindado su ayuda desinteresada para poder cumplir esta meta en mi vida.

Hernán Cabrera G.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, queremos expresar nuestro agradecimiento a la Universidad del Azuay por abrirnos las puertas e impartirnos los conocimientos necesarios a lo largo de estos años; a través de excelentes profesionales que han sabido impartir sus cátedras con respeto y responsabilidad.

También queremos expresar un profundo agradecimiento al Ing. José Fernando Vázquez Calero, que como tutor de la tesis nos brindó parte de su gran conocimiento como maestro y profesional, guiándonos en cada paso del desarrollo de este trabajo, con paciencia y sabiduría.

De igual manera a los miembros del tribunal designado, al Ing. Roberto Gamón Torres, Phd., y al Ing. Juan Carlos Malo Donoso por tomarse el tiempo y dedicación para revisar y corregir el trabajo de titulación, y realizar las recomendaciones necesarias para que éste contenga el menor número de errores o fallas.

Al personal del Hospital Homero Castanier Crespo, al gerente por abrirnos las puertas y facilitar la entrega de información por parte del departamento de gestión administrativa, de esta manera abreviaron nuestro trabajo y nos brindaron su ayuda incondicional.

A nuestros compañeros con los que hemos compartido experiencias y momentos inolvidables los cuales quedarán grabados en nuestra memoria.

Hernán Cabrera G.

Erika Esquivel V.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1. Recopilación de la información arquitectónica y de ingeniería.....	11
1.1.1. Información arquitectónica.....	11
1.1.2. Información de ingeniería.....	14
1.2. Determinación del nivel de aplicación del índice de seguridad hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales.....	16
1.2.1. Identificación de amenazas.....	17
1.2.1.1. Amenazas químicas – tecnológicas.....	17
1.2.1.2. Amenazas biológicas.....	17
1.2.1.3. Amenaza sanitarias.....	17
1.2.1.4. Amenazas hidrometeorológicas.....	17
1.2.1.5. Amenazas sociales.....	19
1.2.1.6. Amenazas sísmicas.....	19
1.2.1.7. Amenazas geotécnicas.....	23
1.2.1.8. Amenazas por explosiones.....	23
1.2.1.9. Amenazas de incendios.....	24
1.2.1.10. Amenazas viales.....	24
1.2.2. Análisis estructural de la edificación hospitalaria usando equipo no destructivo.....	25
1.2.2.1. Ensayo esclerométrico.....	25

1.2.3. Aspectos relacionados con la seguridad no estructural.....	29
1.2.3.1. Líneas vitales.....	29
1.2.3.2. Sistema eléctrico.....	29
1.2.3.3. Sistema de telecomunicaciones.....	30
1.2.3.4. Sistema de aprovisionamiento de agua.....	31
1.2.3.5. Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.).....	33
1.2.3.6. Sistema de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas.....	34
1.2.3.7. Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil, y almacenes.....	34
1.2.3.8. Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para diagnósticos y tratamiento.....	35
1.2.3.9. Elementos arquitectónicos.....	36
1.2.3.10. Sistema contra incendios.....	38
1.2.3.11. Ascensores.....	38
1.2.3.12. Gradas y escaleras.....	38
1.2.4. Aspectos relacionados con la seguridad según la capacidad funcional.....	39
1.2.4.1. Organización del comité hospitalario.....	39
1.2.4.2. Plan operativo de desastres internos o externos.....	40
1.2.4.3. Planes de contingencia para atención médica en desastres.....	40
1.2.4.4. Planes para el funcionamiento preventivo y correctivo de los servicios vitales.....	41
1.2.4.5. Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres.....	41
1.2.4.6. Formulario 1.....	41
1.2.4.7. Formulario 2.....	44
1.3. Determinación de las características geotécnicas del suelo mediante SPT (Standart Penetration Test).....	75
1.3.1. Ensayo de penetración estándar.....	75
1.3.2. Tipos de suelo.....	75
1.4 Conclusiones.....	82
1.4.1. Análisis y tabulación de resultados de amenazas.....	82
1.4.2. Análisis y tabulación de resultados respecto a la seguridad estructural.....	83

1.4.3. Análisis y tabulación de resultados respecto a la seguridad no estructural.....	84
1.4.4. Análisis y tabulación de resultados respecto a la seguridad en base a la capacidad funcional.....	85
1.4.5. Resultados del índice de seguridad hospitalaria.....	86

## **CAPÍTULO 2: AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA.....89**

2.1. Cargas gravitacionales.....	89
2.1.1. Cargas vivas de uso.....	89
2.1.2. Cargas muertas y permanentes.....	90
2.2. Cargas accidentales.....	91
2.2.1. Cargas sísmicas.....	91
2.3. Tipo de suelo.....	91
2.4. Zona sísmica.....	92
2.5. Coeficientes de perfil de suelo.....	94
2.5.1. Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto (Fa).....	94
2.5.2. Coeficiente de amplificación de suelo (Fd).....	94
2.5.3. Coeficiente de amplificación de suelo (Fs).....	95
2.6. Factor de importancia (I).....	95
2.7. Espectros de cálculo.....	96
2.7.1. Espectro de respuesta elástica.....	98
2.7.2. Espectro de diseño.....	99
2.8. Combinaciones de carga.....	100

## **CAPÍTULO 3: MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA.....102**

3.1. Idealización del modelo de la estructura hospitalaria.....	102
3.2. Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado.....	102
3.3. Respuesta estructural.....	106

3.3.1. Rigidez.....	107
3.3.2. Resistencia.....	107
3.3.3. Ductilidad.....	108
3.4. Diseño por capacidad.....	108
3.5. Esfuerzos últimos. (Diseño por Resistencia Última).....	109
3.5.1. Estados límites últimos (E.L.U.).....	110
3.5.2. Estados límites de servicio (E.L.S.).....	111
3.6. Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales.....	111
3.6.1. Columnas.....	111
3.6.2. Vigas.....	114
3.6.3. Cortante basal.....	118
3.6.3.1. Cortante basal dinámico.....	118
3.6.3.2. Cortante basal estático.....	119
3.6.3.3. Verificación de la condición de cortante basal.....	120
<b>CAPÍTULO 4: NTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>122</b>
4.1 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación.....	122
4.2 Generación de gráficos explicativos de la comparación.....	125
4.3 Análisis de resultados y elaboración de propuestas de mitigación.....	149
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>152</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>154</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>157</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación de Hospital Homero Castanier Crespo.....	10
Figura 1.2: Calles en las que se encuentra el Hospital Homero Castanier Crespo.....	10
Figura 1.3: Primera planta del bloque principal del Hospital Homero Castanier Crespo.....	12
Figura 1.4: Primera planta del bloque de fisioterapia del Hospital Homero Castanier Crespo.....	12
Figura 1.5: Primera planta del bloque de la casa de máquinas.....	13
Figura 1.6: Primera planta de los bloques de emergencia, consultorios y tomografía del Hospital Homero Castanier Crespo.....	13
Figura 1.7: Croquis del Hospital Homero Castanier Crespo.....	14
Figura 1.8: Registro histórico de inundaciones en un periodo de 10m años en Ecuador.....	18
Figura 1.9: Áreas susceptibles a inundaciones en la provincia del Cañar.....	19
Figura 1.10: Mapa de zonificación sísmica del Ecuador.....	20
Figura 1.11: Mapa de amenazas susceptibles a movimientos de masa del cantón Azogues.....	21
Figura 1.12: Mapa de amenazas sísmica del cantón Azogues.....	22
Figura 1.13: Áreas susceptibles a la erosión en la provincia del Cañar.....	23
Figura 1.14: Ensayos no destructivos en: columnas, vigas y losas más desfavorables del hospital.....	25
Figura 1.15: Curvas de retroceso para determinar la resistencia del hormigón.....	26
Figura 1.16: Generador eléctrico del Hospital Homero Castanier Crespo.....	30
Figura 1.17: Bombas y sistema de hidroneumáticos.....	31
Figura 1.18: Tuberías de agua fría y caliente.....	32
Figura 1.19: Tanque que proporciona de agua caliente al Hospital Homero Castanier Crespo.....	32
Figura 1.20: Tanque criogénico y tuberías de distribución de oxígeno.....	33
Figura 1.21: Reserva de oxígeno para abastecer Hospital Homero Castanier Crespo.....	33
Figura 1.22: Central de gases medicinales del Hospital Homero Castanier Crespo.....	34

Figura 1.23: Equipo mobiliario no empotrado del área de farmacia del Hospital Homero Castanier Crespo.....	35
Figura 1.24: Medicamentos sin cercar y stands no empotrados en la farmacia.....	35
Figura 1.25: Quirófano del área de emergencia.....	36
Figura 1.26: Lámparas que iluminan los pasillos, consultorios y diferentes salas del hospital.....	37
Figura 1.27: Área de triage del Hospital Homero Castanier Crespo.....	37
Figura 1.28: Elementos que conforman el sistema contra incendios del Hospital Homero Castanier Crespo.....	38
Figura 1.29: Croquis del Hospital Homero Castanier Crespo.....	42
Figura 1.30: Carta de Casagrande para suelos cohesivos.....	76
Figura 1.31: Tabla de clasificación de suelos según SUCS.....	77
Figura 1.32: Tabla de clasificación de suelos según AASHTO.....	78
Figura 1.33: Ubicación de las calles que lindera el hospital.....	79
Figura 1.34: Ubicación del pozo donde se tomó la muestra de suelo.....	79
Figura 1.35: Tipos de ensayos y normas que se cumplieron en el estudio de suelos.....	80
Figura 1.36: Detalle de la estratigrafía.....	81
Figura 1.37: Columna estratigráfica del suelo analizado.....	81
Figura 1.38: Grafico de amenazas del hospital Homero Castanier Crespo.....	82
Figura 1.39: Grafico de la tabulación de los aspectos relacionados con la seguridad estructural.....	83
Figura 1.40: Gráfico de tabulación de los aspectos relacionados con la seguridad no estructural.....	84
Figura 1.41: Gráfico de tabulación de los aspectos relacionados con la seguridad en base a la capacidad funcional.....	85
Figura 1.42: Seguridad estructural del hospital.....	86
Figura 1.43: Seguridad estructural del hospital.....	87
Figura 1.44: Seguridad funcional del hospital.....	87
Figura 1.45: Resultado del índice de seguridad hospitalaria.....	88
Figura 2.1: Mapa de zonificación sísmica del Ecuador.....	93
Figura 2.2: Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.....	96
Figura 2.3: Espectro elástico de aceleraciones.....	99
Figura 2.4: Espectro de diseño según X.....	100

Figura 2.5: Espectro de diseño según Y .....	100
Figura 3.1: Bloque Principal.....	104
Figura 3.2: Bloque 1 .....	104
Figura 3.3: Bloque 2.....	104
Figura 3.4: Bloque Casa de Máquinas.....	105
Figura 3.5: Bloque Consultorios.....	105
Figura 3.6: Bloque Tomografía.....	105
Figura 3.7: Bloque de Emergencia.....	106
Figura 3.8: Bloque Fisioterapia I.....	106
Figura 3.9: Bloque Fisioterapia II.....	106
Figura 3.10: Cortante sísmico en la base (X).....	119
Figura 3.11: Cortante sísmico en la base (Y).....	119
Figura 3.12: Comprobación del cortante basal en el Bloque Principal.....	121
Figura 4.1: Comprobaciones para columnas.....	125
Figura 4.2: Criterios de diseño por sismo. Armadura longitudinal.....	126
Figura 4.3: Criterios de diseño por sismo. Armadura transversal.....	127
Figura 4.4: Criterios de diseño por sismo. Armadura mínima y máxima.....	127
Figura 4.5: Criterios de diseño combinaciones no sísmicas.....	129
Figura 4.6: Criterios de diseño combinaciones sísmicas.....	130
Figura 4.7: Criterios de diseño separación de armaduras transversales.....	131
Figura 4.8: Criterios de diseño. Cuantía mecánica mínima.....	133
Figura 4.9: Criterios de diseño. Cuantía mínima.....	134
Figura 4.10: Criterios de diseño combinaciones sísmicas.....	135
Figura 4.11: Criterios de diseño. Geometría.....	136
Figura 4.12: Criterios de diseño. Cuantía mínima.....	137
Figura 4.13: Criterios de diseño. Armadura transversal.....	138
Figura 4.14: Criterios de diseño. Ganchos.....	139
Figura 4.15: Criterios de diseño. Cuantía máxima.....	140
Figura 4.16: Criterios de diseño. Confinamiento.....	141
Figura 4.17: Criterios de diseño. Separación de armaduras.....	141
Figura 4.18: Criterios de diseño. Resistencia mínima a la flexión en columnas.....	142
Figura 4.19: Criterios de diseño. Resistencia mínima a la flexión en columnas.....	144
Figura 4.20: Criterios de diseño. Refuerzo principal en columnas.....	145

Figura 4.21: Criterios de diseño. Resistencia a cortante de elementos a flexo compresión.....	146
Figura 4.22: Cortante basal dinámico de cada uno de los bloques del hospital.....	147
Figura 4.23: Desplome local máximo de los pilares en cada uno de los bloques del hospital.....	148
Figura 4.24: Desplome total máximo de los pilares en cada uno de los bloques del hospital.....	149

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Detalle de las dimensiones de las columnas en los diferentes bloques del Hospital Homero Castanier Crespo.....	16
Tabla 1.2: Detalle de las amenazas a las que está expuesto el Hospital Homero Castanier Crespo.....	24
Tabla 1.3: Resultado del ensayo esclerométrico (columna interna).....	26
Tabla 1.4: Resultado del ensayo esclerométrico (columna externa).....	27
Tabla 1.5: Resultado del ensayo esclerométrico (Losa de la primera planta).....	27
Tabla 1.6: Resultado del ensayo esclerométrico (Losa de la segunda planta).....	27
Tabla 1.7: Resultado del ensayo esclerométrico (Losa de la tercera planta).....	28
Tabla 1.8: Resultado del ensayo esclerométrico (Viga Principal).....	28
Tabla 1.9: Resultado de los armados de elementos estructurales usando scanner.....	28
Tabla 1.10: Amenazas sobre el Hospital Homero Castanier Crespo.....	44
Tabla 1.11: Evaluación de los elementos estructurales que conforman el hospital...	48
Tabla 1.12: Evaluación de la seguridad funcional.....	63
Tabla 1.13: Detalle de los pozos realizados a cielo abierto.....	80
Tabla 1.14: Tabulación de las amenazas que tiene la institución hospitalaria.....	82
Tabla 1.15: Análisis de los aspectos relacionados con la seguridad estructural del hospital.....	83
Tabla 1.16: Aspectos relacionados con la seguridad no estructural.....	84
Tabla 1.17: Aspectos relacionados con la seguridad en base a la capacidad funcional.....	85
Tabla 2.1: Cargas vivas de uso.....	90
Tabla 2.2: Cargas muertas y permanentes.....	90
Tabla 2.3: Clasificación de los perfiles de suelo.....	92
Tabla 2.4: Valores del factor $Z$ en función de la zona sísmica adoptada.....	93
Tabla 2.5: Poblaciones ecuatorianas y valor del factor $Z$ .....	94
Tabla 2.6: Tipo de suelo y factor de sitio $F_a$ .....	94
Tabla 2.7: Tipo de suelo y factor de sitio $F_d$ .....	95
Tabla 2.8: Tipo de suelo y factor de sitio $F_s$ .....	95
Tabla 2.9: Parámetros del espectro.....	99
Tabla 2.10: Factor de comportamiento/Coeficiente de ductilidad.....	100

Tabla 3.1: Valores del factor de reducción de resistencia.....	111
Tabla 3.2: Datos generales de la columna tipo.....	113
Tabla 3.3: Comprobaciones de la columna tipo.....	113
Tabla 3.4: Comprobaciones de resistencia de la viga tipo.....	115
Tabla 3.5: Comprobaciones de fisuración de la viga tipo.....	118
Tabla 3.6: Comprobaciones de flecha de la viga tipo.....	118
Tabla 3.7: Cortante basal dinámico en X.....	119
Tabla 3.8: Cortante basal dinámico en Y.....	119
Tabla 3.9: Cortante basal estático.....	120
Tabla 3.10: Peso sísmico de la estructura.....	121
Tabla 3.11: Verificación de la condición de cortante basal.....	121
Tabla 4.1: Comprobaciones de columnas.....	124
Tabla 4.2: Condición de cortante basal mínimo.....	125
Tabla 4.3: Desplome total máximo de los pilares.....	126
Tabla 4.4: Desplome local máximo de los pilares.....	148
Tabla 4.5: Desplome total máximo de los pilares (D/H).....	149

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa preliminar de zonas de seguridad a movimientos en masa del Cantón Azogues.

Anexo 2: Zonas propensas a movimientos en masa del cantón Azogues.

Anexo 3: Maqueta virtual del Hospital Homero Castanier Crespo.

Anexo 4: Maqueta virtual del Hospital Homero Castanier Crespo #2.

Anexo 5: Cálculos y tablas de resultados.

Anexo 6: Modelo de encuesta.

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL “HOSPITAL HOMERO CASTANIER  
CRESPO” DE LA CIUDAD DE AZOGUES – PROVINCIA DEL CAÑAR,  
PARA CUANTIFICAR LAS AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA  
EDIFICACIÓN HOSPITALARIA**

**RESUMEN**

El presente estudio analiza las amenazas y la vulnerabilidad estructural, funcional y no estructural del Hospital Homero Castanier Crespo, de la ciudad de Azogues; edificado según la norma de construcción vigente en el año de 1974, la misma que no consideraba el diseño sismorresistente como lo hace la actual norma NEC-2014; empleando herramientas como: el Índice de Seguridad Hospitalaria, planteado por la Organización Panamericana de la Salud y el software especializado en modelación dinámica CYPECAD, el cual muestra el comportamiento que tendrían los diferentes elementos estructurales ante la presencia de un sismo.

**Palabras Clave:** Analizar, Vulnerabilidad, Norma, Índice, Software, Modelación, Sismo.



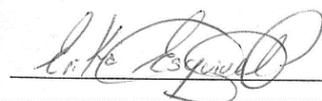
José Fernando Vázquez Calero

**Director del trabajo de Titulación**



Paúl Cornelio Cordero Díaz

**Director de Escuela**



Erika Karina Esquivel Valencia



Hernán Arturo Cabrera González

**Autores**

**STRUCTURAL EVALUATION OF *HOMERO CASTANIER CRESPO*  
HOSPITAL OF THE CITY OF AZOGUES - CAÑAR PROVINCE, IN ORDER  
TO QUANTIFY THE THREATS AND VULNERABILITY OF THE HOSPITAL  
BUILDING**

**ABSTRACT**

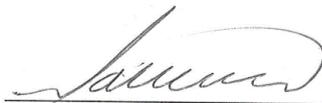
This study analyzes the threats and structural, functional and non-structural vulnerability of the *Homero Castanier Crespo* Hospital in the city of Azogues. This hospital was built according to the construction standard in force in 1974, which did not consider the seismic resistant design as does the current NEC-2014 standard. This work will be conducted using tools such as the Hospital Safety Index proposed by the Pan American Health Organization, and CYPECAD software specialized in dynamic modeling, which shows the behavior of different structural elements in the presence of an earthquake.

**Keywords:** Analyze, Vulnerability, Standard, Index, Software, Modeling, Earthquake



José Fernando Vázquez Calero

**Director del trabajo de Titulación**



Paúl Cornelio Cordero Díaz

**Director de Escuela**

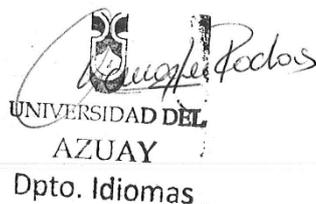


Erika Karina Esquivel Valencia

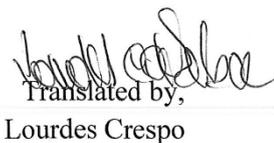


Hernán Arturo Cabrera González

**Autores**



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Hernán Arturo Cabrera González

Erika Karina Esquivel Valencia

Trabajo de Titulación

Ing. José Fernando Vázquez Calero, M.Sc.

Diciembre, 2016

**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL “HOSPITAL HOMERO CASTANIER  
CRESPO” DE LA CIUDAD DE AZOGUES - PROVINCIA DEL CAÑAR,  
PARA CUANTIFICAR LAS AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA  
EDIFICACIÓN HOSPITALARIA**

**INTRODUCCIÓN**

A lo largo de los años, el mundo ha desplegado una serie de catástrofes naturales, las cuales provocaron grandes pérdidas materiales y humanas. Ecuador al encontrarse en una zona donde la placa de Nazca y la placa latinoamericana convergen, es considerado un país de alto riesgo sísmico, y a lo largo de su historia se han presentado una serie de sismos provocando el colapso parcial o total de muchas estructuras, llegando a destruir ciudades enteras. Por esta razón es de gran importancia realizar un análisis preventivo de las estructuras, sobre todo en las esenciales como los hospitales, ya que al presentarse un evento sísmico estas estructuras deberán seguir de pie y con una funcionalidad total, garantizando a la población sus servicios con la mayor seguridad.

En el trabajo que enseñaremos a continuación nos enfocaremos en el análisis estructural del Hospital Homero Castanier Crespo, utilizando programas que nos permitan observar la respuesta de la estructura ante un sismo, identificando las amenazas y riesgos de colapso de la misma y con los resultados obtenidos se propondrán recomendaciones y acciones de mitigación para evitar incidentes y salvaguardar la vida de empleados y pacientes que se encuentren en la entidad hospitalaria.

Analizaremos el hospital en aspectos importantes como son: arquitectónicos, estructurales y funcionales; siguiendo la metodología de la Organización

Panamericana de la Salud (OPS), para obtener el Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH) y según los resultados obtenidos tomar las respectivas medidas de mitigación.

### **Antecedentes**

Los hospitales prestan un servicio netamente social por lo que deben permanecer en funcionamiento las 24 horas del día, los 365 días del año y ante cualquier amenaza climatológica, sísmica o social. Sin embargo muchas de estas obras han sido edificadas sin tomar en cuenta normativas de construcción sismo resistente y posibles riesgos naturales y sociales a las cuales están expuestas, que podrían ocasionar la interrupción temporal o permanente de sus servicios. Por esta razón los gobiernos deben procurar que estas construcciones garanticen soportar los efectos de desastres naturales y continuar con normal funcionalidad. (Organización Panamericana de la Salud, OPS, Guía para la reducción de la vulnerabilidad en el diseño de nuevos establecimientos de Salud, 2004)

El Ecuador al ser un país ubicado en una zona sísmicamente activa; a lo largo de la historia, registró catástrofes que han causado pérdidas de vidas humanas y económicas, provocadas por el colapso de estructuras. Los efectos en las estructuras pueden ser fácilmente perceptibles como: fisuras en mampostería, columnas, vigas, y losas. O no tan perceptibles como: asentamientos de suelos, movimientos estructurales, etc. Estos en el transcurso del tiempo o con la presencia de nuevos eventos catastróficos, corren el riesgo de fracasar, por esta razón se debe tomar medidas que permitan mantener la estructura en funcionamiento; En la actualidad en el Ecuador se ha consignado una nueva ley en la que se basa la construcción de edificaciones Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC\_2014) donde el diseño sismo resistente es muy riguroso sobre todo en hospitales.

Dentro de la línea de investigación aprobada por la Universidad del Azuay a la Facultad de Ciencia y Tecnología, sobre la vulnerabilidad estructural y el proyecto de investigación de hospitales seguros frente a desastres, se procede a evaluar las estructuras del Hospital Homero Castanier Crespo, cuantificando las amenazas y la vulnerabilidad de la edificación en presencia de estos eventos de riesgo, según los antecedentes registrados en la ciudad de Azogues en los últimos años.

En la investigación identificaremos los tipos de amenazas a los que esta entidad de salud de la ciudad de Azogues puede verse afectada, ya que ésta debería mantener una correcta funcionalidad.

### **Objetivo general**

Analizar los elementos estructurales y parte de los no estructurales que conforman la entidad hospitalaria "Homero Castanier Crespo", ubicada en la ciudad de Azogues y de esta forma evaluar y cuantificar las amenazas y la vulnerabilidad del hospital ante posibles fenómenos naturales.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las amenazas a las que está expuesta la edificación hospitalaria, utilizando encuestas y mapas de riesgos existentes.
- Realizar un análisis de suelos que permitan determinar las características geológicas en las que se encuentra asentado el hospital.
- Identificar fallas y comprobar las armaduras de los elementos estructurales y no estructurales, usando equipos especializados lo cual permitirá cuantificar la vulnerabilidad de las estructuras.
- Dibujar una maqueta virtual utilizando software BIM (Building Information Modeling), graficando los elementos estructurales con las medidas y armaduras reales, de esta forma esperamos obtener resultados precisos y reales.
- Agrupar y modelar las cargas según se indica en la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-2014); de esta forma se podrá comparar el diseño existente, mediante la utilización de un software especializado.
- Cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo de la edificación de salud basándonos en los resultados obtenidos.
- Analizar los resultados obtenidos, para proponer medidas de mitigación y

reforzamiento de la estructura hospitalaria.

### **Metodología**

Se procederá a identificar las amenazas que se presentan en el entorno del Hospital Homero Castanier Crespo, para evaluarlas con el apoyo de: mapas de la Dirección Nacional de Riesgo (DNR), Sistemas de Información Geográfica (SIG) y entrevistas a diferentes funcionarios de la entidad hospitalaria así como a las personas que vivan en las cercanías del mismo.

Realizar un ensayo de penetración estándar SPT (Standar Penetration Test), con una muestra que será extraída a una profundidad de 5-6 metros. Esto nos permitirá determinar algunas de las características físicas del suelo en el que se encuentra cimentada la edificación.

Recopilar la información referente a los establecimientos hospitalarios existentes, planificación arquitectónica, estudios de ingenierías, estado actual de miembros estructurales resistentes y miembros no estructurales con procedimientos visuales y apoyo de ensayos no destructivos (END) con la ayuda de equipos de precisión: drone con cámara de alta definición, esclerómetro, scanner, ultrasonido.

Se elaborará una maqueta virtual que contará con los miembros estructurales y no estructurales de esta entidad de salud en un entorno BIM (Building Information Modeling).

Se identificarán las cargas vivas y permanentes que actúan en la estructura, mediante la recolección de información acerca de losas, vigas, columnas y elementos no estructurales, posteriormente se procederá a la modelación dinámica estructural del establecimiento hospitalario en software especializado, que permitan determinar el comportamiento de la edificación ante amenazas calificadas, y poder cuantificar su vulnerabilidad. Para los parámetros de modelación se utilizará las especificaciones establecidas en el capítulo 2 de Cargas Sísmicas y Diseño Sismo Resistente de la NEC\_2014. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014).

Se compararán los resultados de la modelación que contiene los armados reales de la estructura con los requerimientos establecidos en la norma actual de construcción NEC\_2014, donde se obtendrán gráficos comparativos del comportamiento de la infraestructura hospitalaria; para obtener una calificación de los componentes estructurales y parte de los no estructurales del hospital según el “Índice de Seguridad Hospitalaria”.

Recopilada toda la información de los elementos estructurales y no estructurales del hospital así como completadas las fichas de evaluación, se propondrá medidas de mitigación y reforzamiento.

### **Estado del arte y marco teórico**

**Amenaza:** “Una amenaza es la probabilidad de que un evento potencialmente desastroso suceda en un periodo de tiempo en un sitio dado.” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1986).

“La organización de Naciones Unidas complementa el término de Amenaza como peligro de un evento físico, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.” (Naciones Unidas (EIRD/ONU)).

**Riesgo específico (RS):** Esta en función de la amenaza y la vulnerabilidad, y esta denominado como el grado de pérdidas que se esperan luego de un evento particular. Los elementos que se encuentran expuestos a riesgos son: la población, las edificaciones, obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada, etc.

**Riesgo total (RT):** Es el producto del riesgo específico y los elementos expuestos a riesgo. Al conocer la probabilidad que un evento se presente con cierta intensidad y en un periodo de tiempo determinado podemos encontrar el riesgo usando la siguiente expresión. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1986).

$$R_{ie} = (A_i, V_e)$$

En donde:

$A_i$  = Amenaza o peligro

$V_e$  = Vulnerabilidad

**Gestión del riesgo de desastres:** Consiste en un grupo de disposiciones organizacionales y operacionales desarrollados para efectuar políticas y estrategias de esta manera reducir el impacto que pueda causar un evento catastrófico. Esto involucra todo tipo de actividades como medidas estructurales y no estructurales para prevenir o limitar los efectos que producen los desastres. (Naciones Unidas (EIRD/ONU) ).

**Evaluación del riesgo:** Conjunto de métodos usados para establecer la naturaleza y el riesgo de las amenazas que podrían producir daños a la población, propiedades y en si al entorno del cual dependen. Este se basa en revisar las características de la amenaza tales como su ubicación, magnitud, frecuencia y probabilidad también se debe identificar las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales, se debe determinar los diferentes escenarios de riesgo que se pueden presentar. (Naciones Unidas (EIRD/ONU) ).

**Vulnerabilidad estructural:** Se define como vulnerabilidad estructural a la sensibilidad de la estructura cuando esta presenta daños en las partes importantes como cimientos, columnas, muros, losas, entre otras que mantienen en pie a un hospital ante un sismo. El ATC-331 ha definido varios niveles de seguridad para edificaciones, ante la presencia de un evento sísmico fuerte. (ATC, 1995).

Según la tabla publicada por ATC-331, los hospitales al diseñarse deben garantizar que, ante la ocurrencia de un sismo, este continúe con su normal funcionalidad, para que sea usado inmediatamente luego de un sismo, con una probabilidad de ocurrencia de 10% en 100 años. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1986).

Objetivos de comportamiento sísmico recomendados Visión 2000				
Nivel de Diseño Sísmico	Comportamiento Requerido			
	Operación Permanente	Ocupación Inmediata	Protección de la Vida	Prevención del Colapso
Frecuente (50%/30 años)	×		<b>Comportamiento Inaceptable</b> (para edificios nuevos)	
Ocasional (50%/50 años)	◆	×		
Raro (10%/50 años)	■	◆	×	
Muy raro (10%/100 años)		■	◆	×

■ = Seguridad crítica, como hospitales, departamentos de bomberos  
 ◆ = Instalación esencial o peligrosa, como centrales telefónicas, edificio con químicos tóxicos  
 × = Instalación básica o convencional, como edificios de oficinas y de residencias

Fuente: ATC-311. Visión 2000

En el caso de instalaciones hospitalarias podríamos nombrar los siguientes niveles de operatividad:

- Nivel de operación permanente:** La edificación puede presentar algunas limitaciones, pero permanece en condiciones para ser usado con normalidad, los servicios básicos y sistemas de abastecimiento permanece en operatividad. Se debe contar con equipos de emergencia y con inspecciones rigurosas de los sistemas eléctricos y así garantizar que el funcionamiento sea el correcto luego del sismo. (Ministerio de Salud Pública de Ecuador, 2008-2009).
- Nivel de ocupación inmediata:** Se presentan daños limitados en elementos estructurales, y daños mínimos en los elementos no estructurales, así los accesos y sistemas de protección permanecen operacionales, siempre y cuando se garantice el suministro de electricidad. Los elementos electromecánicos pueden desequilibrarse, quedar desalineados o sufrir daños internos impidiendo su uso, también se podría presentar falta de los servicios básicos (electricidad, agua, línea de comunicación o gas). El edificio puede ser ocupado, pero es posible que su funcionamiento no sea apto hasta haber efectuado reparaciones.
- Nivel de protección de la vida:** En este nivel se presenta un mayor daño que en el nivel anterior, los elementos estructurales y no estructurales no han caído es

decir no son amenazas en el interior o exterior del edificio. Se podrían presentar heridos, pero se espera que no existan fallecidos. Las estructuras pueden ser reparadas, pero podría resultar no factible a nivel económico.

- **Nivel de prevención del colapso:** En este nivel la edificación podría sufrir colapso total o parcial, producido por la degradación de la rigidez o de la resistencia del sistema portante ante fuerzas laterales, sin embargo, los componentes básicos del sistema resistente a cargas gravitacionales pueden continuar funcionando, En este nivel el reforzamiento estructural no es seguro. (Ministerio de Salud Pública de Ecuador, 2008-2009).

**Hospitales seguros:** “Establecimiento de salud cuyos servicios permanecen accesibles y funcionando a su máxima capacidad instalada y en su misma infraestructura inmediatamente después de un fenómeno destructivo de origen natural.” (Organización Panamericana de la Salud, OPS, Guía para la evaluación de Hospitales Seguros, 2008).

**Índice de Seguridad Hospitalaria (I.S.H.):** “Uno de los adelantos más importantes hacia el objetivo de lograr hospitales seguros ha sido la elaboración del Índice de Seguridad Hospitalaria (I.S.H.). Mediante el uso de una lista de verificación que contiene una serie de aspectos o variables de evaluación, aplicando estándares de seguridad y asignándole pesos relativos a cada aspecto evaluado, se obtiene el índice de seguridad hospitalaria, que es un valor numérico que expresa la probabilidad de que un hospital continúe funcionando en casos de desastre.” (Organización Panamericana de la Salud, OPS, Guía para la evaluación de Hospitales Seguros, 2008).

**Edificaciones esenciales:** Son “aquellas estructuras que deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de un evento sísmico.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

**Elementos no estructurales:** “Son los elementos que no forman parte del sistema de soporte de la edificación. En este caso corresponden a las líneas vitales, como son las redes eléctricas, hidráulicas, sanitarias, los sistemas de calefacción, ventilación, aire

acondicionado, entre otros; el mobiliario y los equipos de oficina fijos o móviles, así como los equipos médicos y de laboratorio, suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento, además de los elementos arquitectónicos de la edificación, entre otros.” (Organización Panamericana de la Salud, OPS, Guía para la evaluación de Hospitales Seguros, 2008).

**Líneas vitales:** Las líneas vitales de un centro hospitalario básicamente se refieren a:

- Sistema de agua potable y alcantarillado.
- Sistema eléctrico.
- Sistema de telecomunicaciones.
- Sistema de gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.).
- Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. (Organización Panamericana de la Salud, OPS, Guía para la evaluación de Hospitales Seguros, 2008).

## CAPÍTULO I

### LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El hospital “Homero Castanier Crespo” está ubicado en la ciudad de Azogues en la provincia del Cañar; limitado por las calles: Luis M. González, la calle Ambato y la calle Imbabura. El clima en este sector es frío y seco, característico de la Sierra. La cual se encuentra a 2537 metros de altura sobre el nivel del mar, la institución pública, pertenece al Ministerio de Salud Pública del Ecuador y empezó a funcionar desde hace 34 años.



Figura 1.1: Ubicación del Hospital Homero Castanier Crespo  
Fuente: (Google Earth)



Figura 1.2: Calles en las que se encuentra el Hospital Homero Castanier Crespo.  
Fuente: (Google Earth)

El hospital se encuentra en una zona urbana, de la ciudad de Azogues; cuenta con un área de 8980 metros cuadrados de construcción, y está dividido en: un bloque central de cuatro pisos, cuatro bloques más que están separados entre ellos, tres parqueaderos que son para el uso de los trabajadores de la institución y un parqueadero que está ubicado en la parte frontal, fuera del bloque de emergencia que es exclusivo para las ambulancias.

En los bloques que conforman el hospital; se encuentran distribuidos las diferentes áreas de servicio que este brinda: Medicina General, Traumatología, Neumología, Odontología, Pediatría, Ginecología, Obstetricia, Cardiología, Psiquiatría, Psicología Clínica, Neurología, Cirugía General, Urología, Obstetricia, Ginecología, Traumatología, Laboratorio, Rayos X, Fisioterapia, Trabajo Social, Farmacia, Estadística, Recursos Humanos, Nutrición, Cocina, Lavandería, Conserjería, Guardianía, Capilla.

## **1.1. Recopilación de información arquitectónica y de ingeniería**

### **1.1.1. Información arquitectónica**

El hospital se encuentra construido básicamente con paredes de bloque y ladrillo, empastadas y cubiertas con pintura y con cerámica, tiene 4 puertas de acceso hechas de vidrio con marcos de aluminio; los consultorios cuentan con puertas de madera. El piso de casi toda la institución está cubierto de baldosa la misma que se encuentra en buenas condiciones y visualmente esta en armonía con el diseño del hospital. Cabe mencionar que existe un ascensor en el bloque central el cual permite movilizar a los pacientes en los 4 pisos, y al momento se encuentran habilitando un segundo ascensor, para mejorar el servicio. Existe una casa de máquinas, en donde se presta servicios a los equipos y mobiliario del hospital, desde aquí también se distribuye el oxígeno, vapor y cuenta con una planta de vacío para ciertas áreas necesarias.

Los planos de las plantas de los diferentes bloques que conforma el hospital, fueron entregados previa autorización del gerente por el departamento administrativo y por el responsable de mantenimiento; permitiéndonos tomar información de los planos arquitectónicos digitales y los planos físicos de los elementos estructurales e instalaciones.

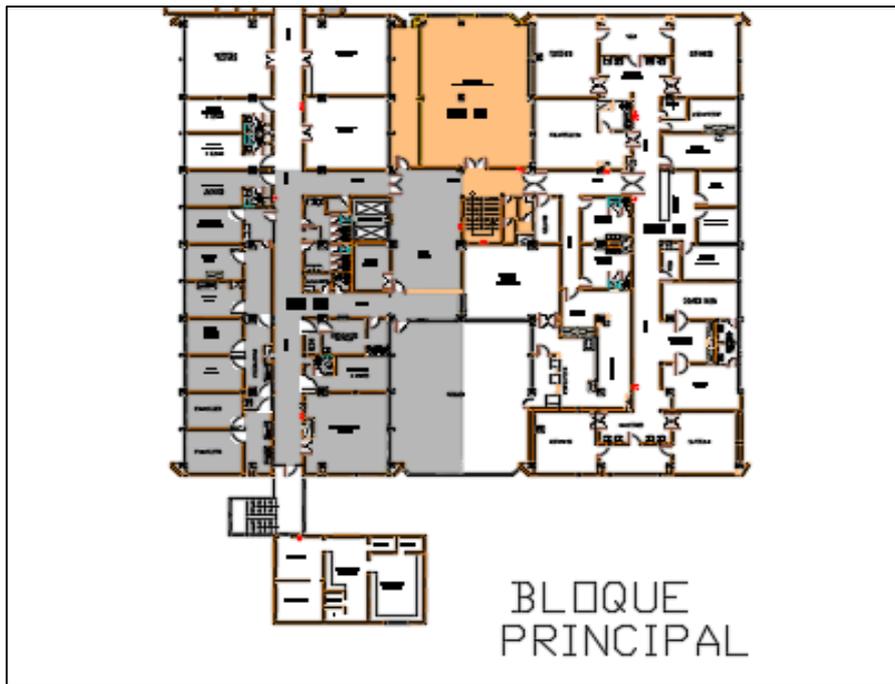


Figura 1.3: Primera planta del bloque principal del Hospital Homero Castanier Crespo  
Fuente: Departamento de gestión administrativa del Hospital Homero Castanier Crespo, 2010.

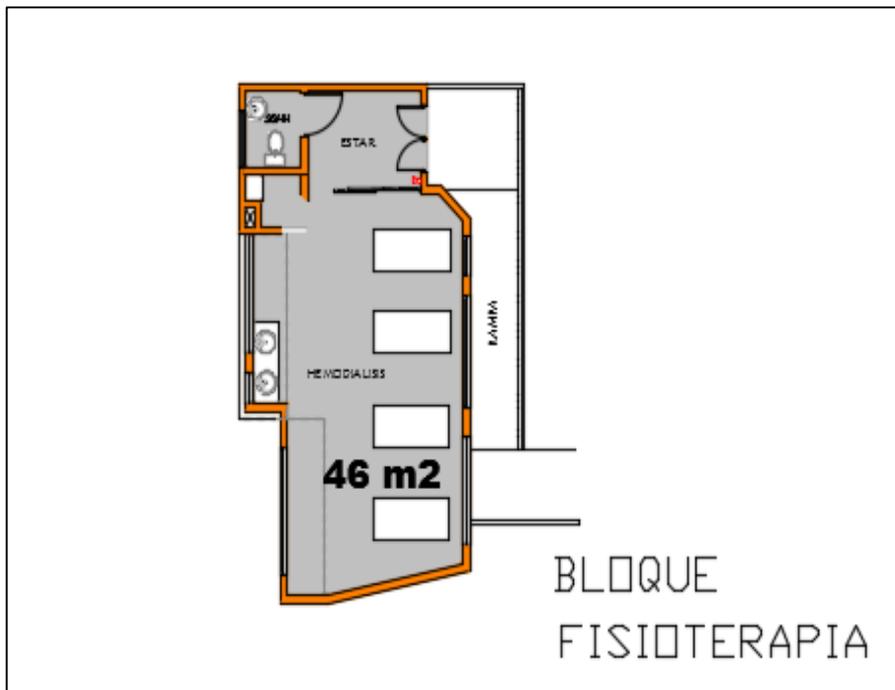


Figura 1.4: Primera planta del bloque de fisioterapia del Hospital Homero Castanier Crespo  
Fuente: Departamento de gestión administrativa del Hospital Homero Castanier Crespo, 2010.

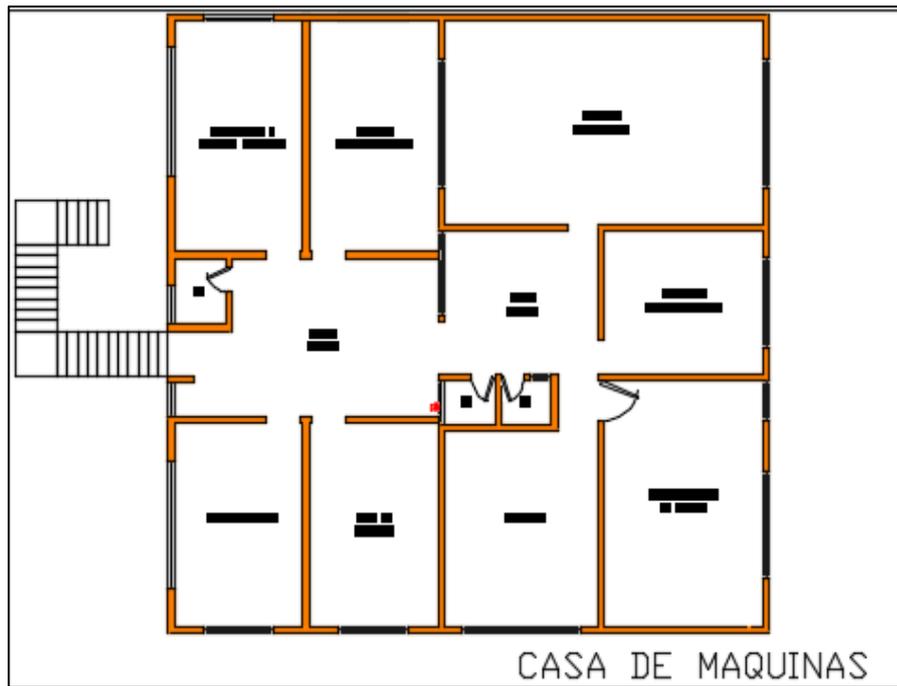


Figura 1.5: Primera planta del bloque de la casa de máquinas del Hospital Homero Castanier Crespo  
Fuente: Departamento de gestión administrativa del Hospital Homero Castanier Crespo, 2010.



Figura 1.6: Primera planta de los bloques de emergencia, consultorios y tomografía de hospital.  
Fuente: Departamento de gestión administrativa del Hospital Homero Castanier Crespo, 2010.



Figura 1.7: Hospital Homero Castanier Crespo

Fuente: Departamento de Gestión Administrativa del Hospital Homero Castanier Crespo, 2010.

### 1.1.2. Información de ingeniería

El hospital ha sido construido casi en su totalidad con estructuras de hormigón armado, formando pórticos espaciales; se han usado zapatas cuadradas y cadenas de amarre para la cimentación; y las losas que se han usado son alivianadas en todos los pisos; todos los elementos antes mencionados se han diseñado cumpliendo el Código Ecuatoriano de la Construcción de 1974:

- Hormigón armado.- “El hormigón por si solo es un material que resiste bien a compresión (en torno a  $30 \text{ N/mm}^2$  o MPa) aunque menos que el acero (que su resistencia a compresión está en torno a  $400 \text{ N/mm}^2$ ) e incluso menos que la madera. Una característica del hormigón es su baja resistencia a tracción, del orden de 10 veces menor que la resistencia a compresión, hablando en términos poco precisos.” (Hernández Montes & Gil Martín, 2007). “Cuando se procede a diseñar y armar una sección de hormigón es necesario aplicar un coeficiente de seguridad a la resistencia del hormigón. Puesto que la resistencia característica se define para hormigones bajo cargas instantáneas, se hace necesario adoptar coeficientes que aseguren que el hormigón no experimentará fenómenos de

cansancio. Por este motivo, en el diseño se emplea la resistencia de cálculo (o diseño) del hormigón a compresión.” (Hernández Montes & Gil Martín, 2007)

- Vigas.- Elementos estructurales que conforman pórticos espaciales junto con las columnas; éstas trabajan a flexión; en el caso del hospital analizado encontramos que la estructura está formada por vigas rectangulares y descolgadas.
- Losas alivianadas.- “Las losas alivianadas son aquellas que parte de su volumen es sustituido por material más liviano o por espacios vacíos. Las losas pueden estar soportadas perimetral e interiormente por vigas monolíticas de mayor peralte, pro vigas de otros materiales o soportadas por muros de mamposteria.” (Romo Proaño, 2000).
- Columnas.- “Las columnas de concreto tienen como tarea fundamental transmitir las cargas de las losas hacia los cimientos, la principal carga que recibe es la de compresión, pero en conjunto estructural la columna soporta esfuerzos flexionantes también, por lo que estos elementos deberán contar con un refuerzo de acero que le ayuden a soportar estos esfuerzos.” (ARQHYS.com., 2012).

En el Hospital Homero Castanier Crespo se han encontrado que la mayoría de columnas que conforman su estructura son cuadradas y únicamente en dos bloques se encontraron columnas rectangulares.

Tabla 1.1: Detalle de las dimensiones de las columnas en los diferentes bloques del Hospital Homero Castanier Crespo.

BLOQUE	TIPO	DIMENSIONES	
		X	Y
BLOQUE PRINCIPAL	Cuadrada	40	40
BLOQUE 1	Rectangular	40	30
	Cuadrada	40	40
	Cuadrada	30	30
BLOQUE2	Rectangular	30	40
	Cuadrada	30	30
	Cuadrada	40	40
BLOQUE CASA DE MAQUINAS	Cuadrada	40	40
BLOQUE CONSULTORIOS	Cuadrada	30	30
BLOQUE TOMOGRAFIA	Cuadrada	30	30
BLOQUE DE EMERGENCIA	Cuadrada	40	40
BLOQUE FISIOTERAPIA I	Cuadrada	40	40
BLOQUE FISIOTERAPIA II	Metálicas	Perfil Metálico	Perfil Metálico

## 1.2. Determinación del nivel de aplicación del Índice de Seguridad Hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales

“Según los datos proporcionados por los estados miembros de la OPS/OMS, el 67% de sus cerca de 18.000 hospitales están ubicados en zonas de riesgo de desastres. En el último período, cerca de 24 millones de personas en las Américas quedaron sin atención de salud durante meses, y a veces años, debido a los daños causados directamente por un desastre.” (Organización Panamericana de la Salud, 2008).

“La razón principal de la caída de la infraestructura sanitaria y las defunciones resultantes se debe a que los hospitales son construidos sin tomar en consideración las amenazas naturales y los sistemas se deterioran progresivamente.

Existen tres niveles de protección para establecimientos de salud nuevos:

1. Proteger la vida de los pacientes, visitas y personal de la institución;
2. Proteger la inversión en equipamiento e instalaciones, y
3. Proteger la función del establecimiento de salud en casos de desastre.

Los estudios detallados de vulnerabilidad habitualmente incluyen estudios de amenazas, evaluación de vulnerabilidad estructural, no estructural y organizativo-funcional”. (Organización Panamericana de la Salud, 2008).

En el Hospital Homero Castanier Crespo hemos realizado encuestas para determinar las amenazas tanto internas como externas a las que se ven expuestos los empleados y los pacientes que acuden a este lugar; éstas dieron como resultado que identifiquemos las amenazas que serán expuestas a continuación.

### **1.2.1. Identificación de amenazas**

**1.2.1.1. Amenaza química- tecnológica:** según la ubicación del Hospital Homero Castanier Crespo se observa que está en una zona donde no existen empresas, fábricas o industrias que indiquen un potencial riesgo de contaminante químico, es decir que esta amenaza es muy baja o nula.

**1.2.1.2. Amenazas biológicas:** el hospital, al desechar aguas negras, las mismas que no son tratadas, y son directamente desechadas en las aguas del río Burgay, el cual se encuentra a pocos metros de distancia, puede convertirse en un punto directo de infecciones y contaminación.

**1.2.1.3. Amenazas sanitarias:** en la institución analizada, se presentan malos olores al salir del área de emergencia, notamos que el desagüe no circula correctamente y que esto causa gran molestia tanto a los pacientes como al personal que trabaja en el hospital.

**1.2.1.4. Amenazas hidrometeorológicas:** el hospital se encuentra ubicado a pocos metros de distancia del río “Burgay”, pero al analizar el caudal y el flujo del río, no lo consideramos como una amenaza ya que éste es escaso, y es probable que no

exista una inundación en este sector causada por el mismo. Cabe mencionar que en la provincia del Cañar no ha existido registros históricos de lluvias excesivas en épocas de invierno, que hayan causado inundaciones; y al observar el mapa histórico en los últimos 10 años por inundaciones en el país, Esta se encuentra en una zona con una probabilidad menor a 20 % que estos eventos sucedan y con susceptibilidad baja ante inundaciones, podemos entonces asegurar que la amenaza es baja y no causará mayores efectos en la funcionalidad del hospital.

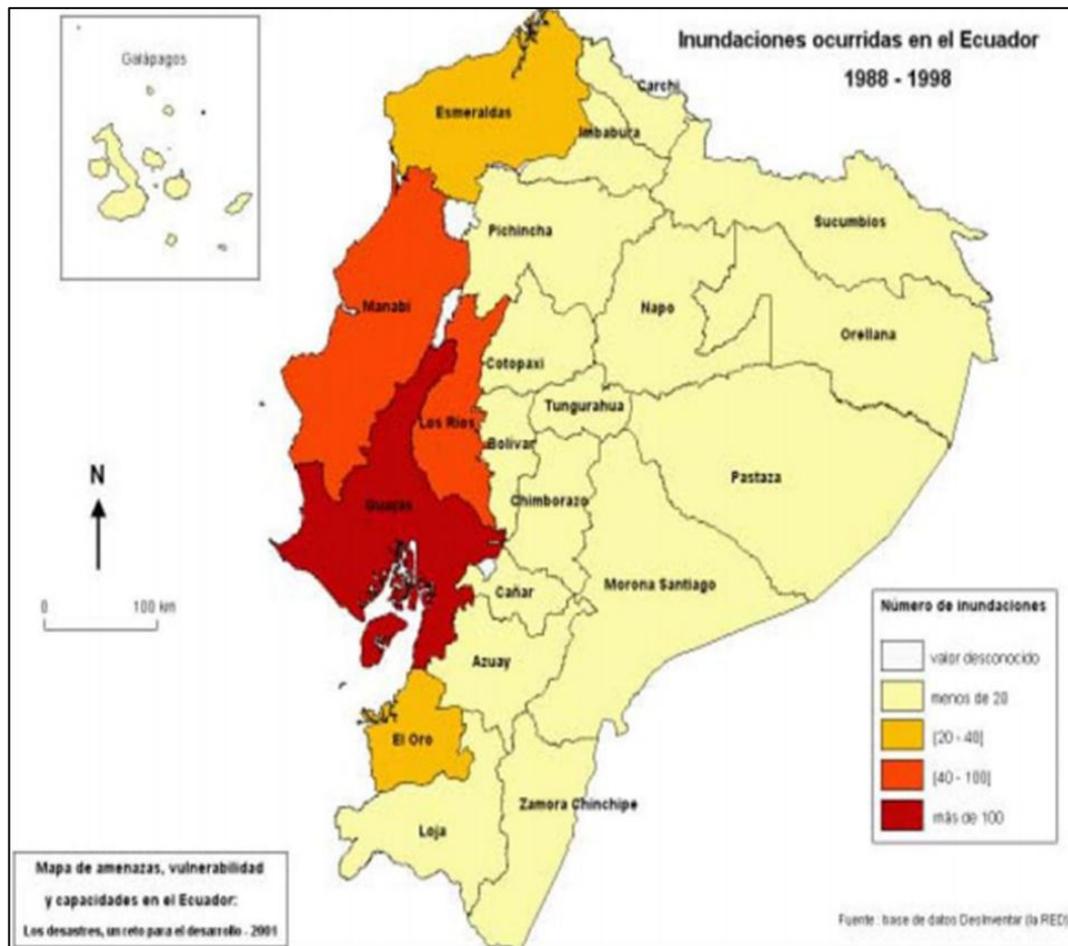


Figura 1.8: Registro histórico de inundaciones en un periodo de 10 años en Ecuador  
Fuente: (INFOPLAN, IGM 2001).

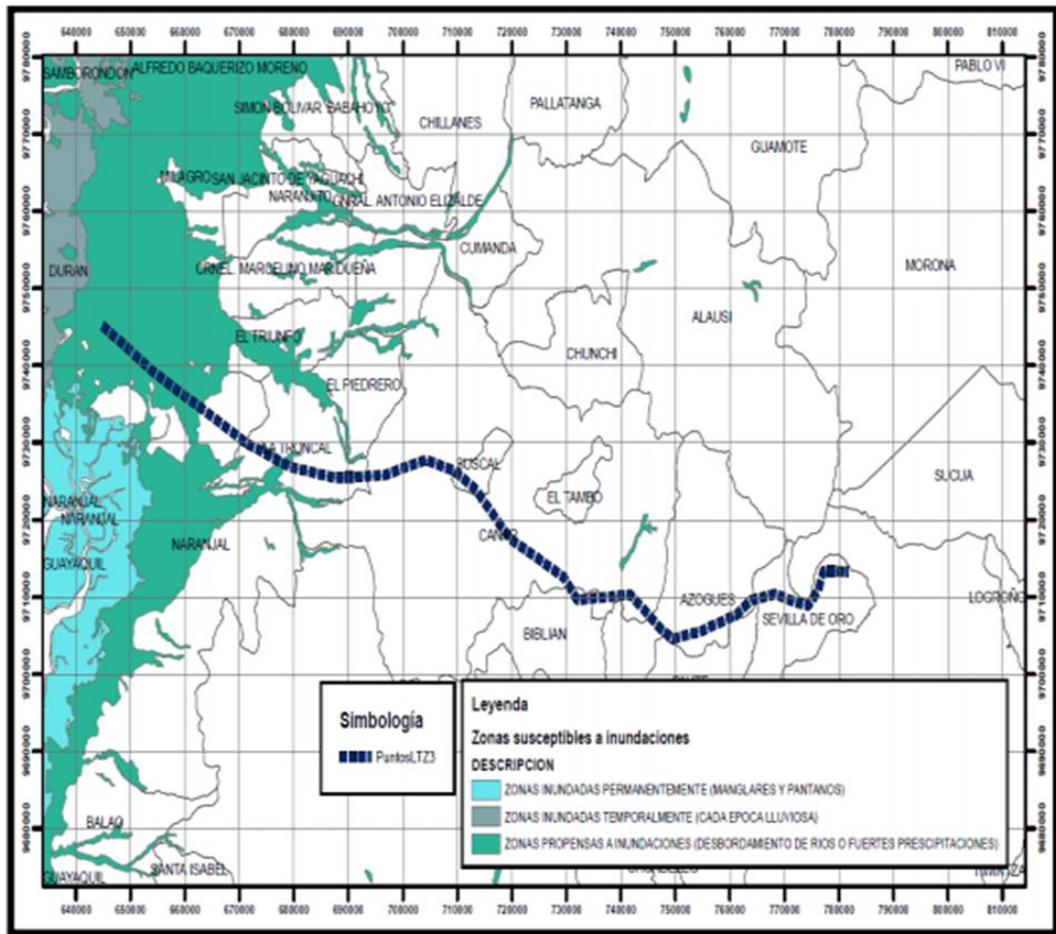


Figura 1.9: Áreas susceptibles a inundaciones en la provincia del Cañar  
Fuente: (INFOPLAN, 2010).

**1.2.1.5 Amenazas sociales:** la población al no estar de acuerdo con ciertas leyes, medidas o disposiciones ejercidas por los gobiernos locales o nacionales, pueden llamar a la población a huelgas, manifestaciones o paralizaciones lo cual puede alterar a la población e impide trabajar con normalidad a las instituciones públicas. Cabe mencionar que el hospital está ubicado cerca de una zona de tolerancia y los fines de semana es muy concurrida, afectando así el tráfico vehicular y el acceso a la entidad hospitalaria.

**1.2.1.6 Amenazas sísmicas:** el Ecuador se encuentra en la zona denominada cinturón de fuego, en donde las placas tectónicas como de Nazca y Continental coinciden en zonas que limitan con la parte Oeste del Ecuador, los sismos fuertes registrados en el país se han producido por la subducción de las placas tectónicas, donde se libera la energía acumulada, el último movimiento telúrico registrado en Ecuador fue el 16 de abril del 2016 cuyo epicentro se dio en Pedernales, con una

profundidad de 20 Km, causando innumerables daños tanto materiales como vidas humanas. Según los mapas de zonificación presentados por la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) se muestra que la ubicación de la provincia del Cañar es una zona con alto peligro sísmico.

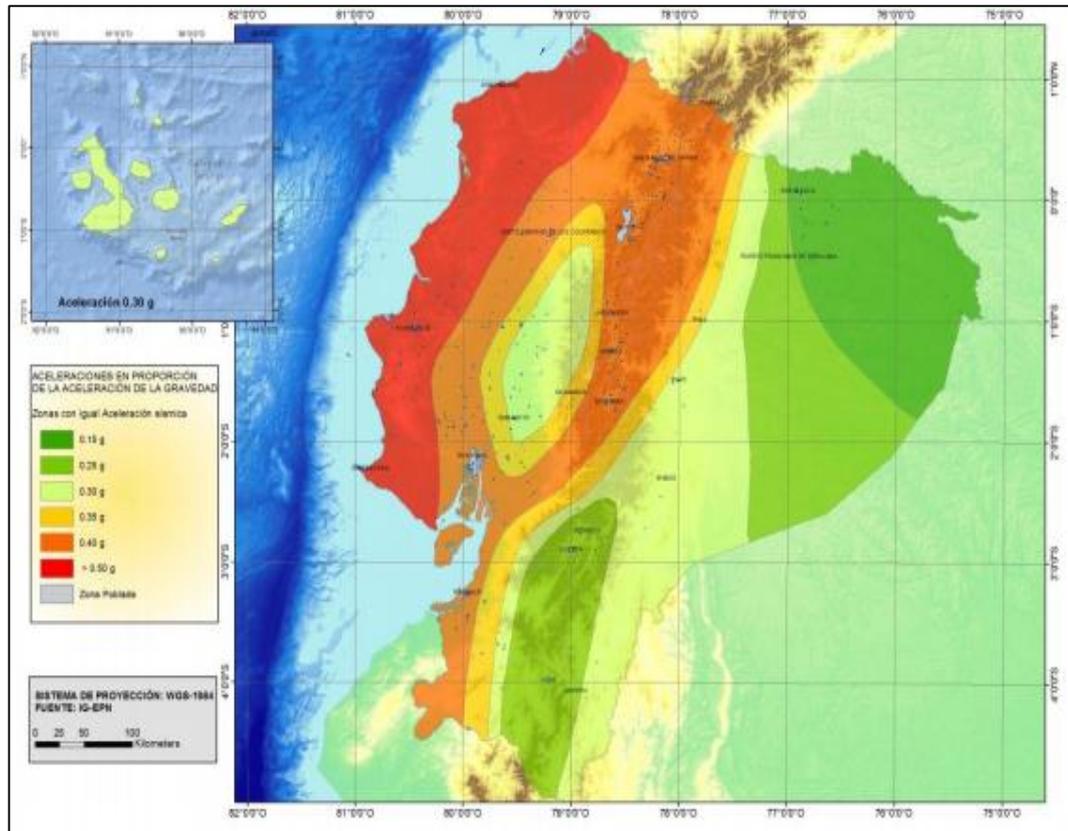


Figura 1.10: Mapa de zonificación sísmica del Ecuador.

Fuente: (NEC\_SE\_DS\_2014,10.3).

El mapa muestra las áreas susceptibles a movimientos de masa, al identificar a la provincia del Cañar se observa que se encuentra en una zona de amenaza baja o nula.

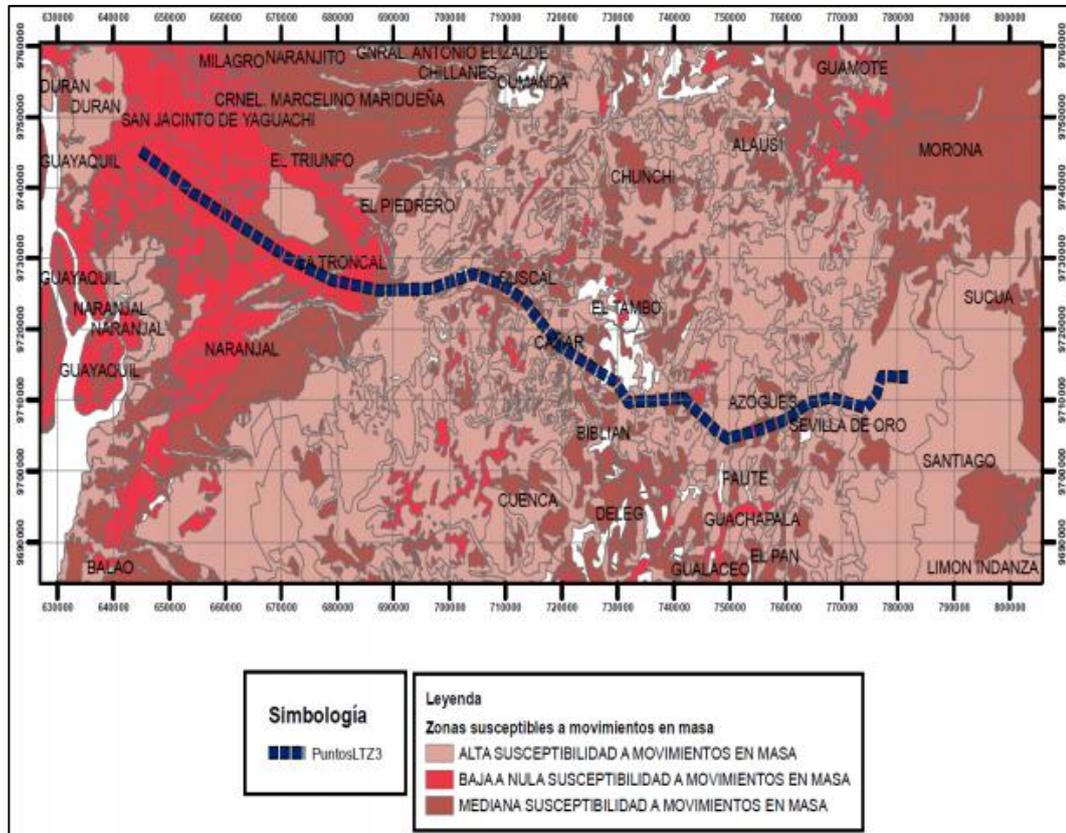


Figura 1.11: Mapa de amenazas susceptibles a movimientos de masa del cantón Azogues  
Fuente: (INFOPLAN, 2010).

En el mapa de riesgo sísmico la ciudad de Azogues se ubica en un área con baja o nula susceptibilidad al movimiento de masas. El hospital se encuentra en una zona segura y de baja susceptibilidad sísmica, debemos tomar las debidas precauciones para evitar que exista un colapso a nivel estructural o funcional, ante una catástrofe como un sismo de gran magnitud. Al observar los mapas consideramos a la amenaza sísmica como una de mediano riesgo.

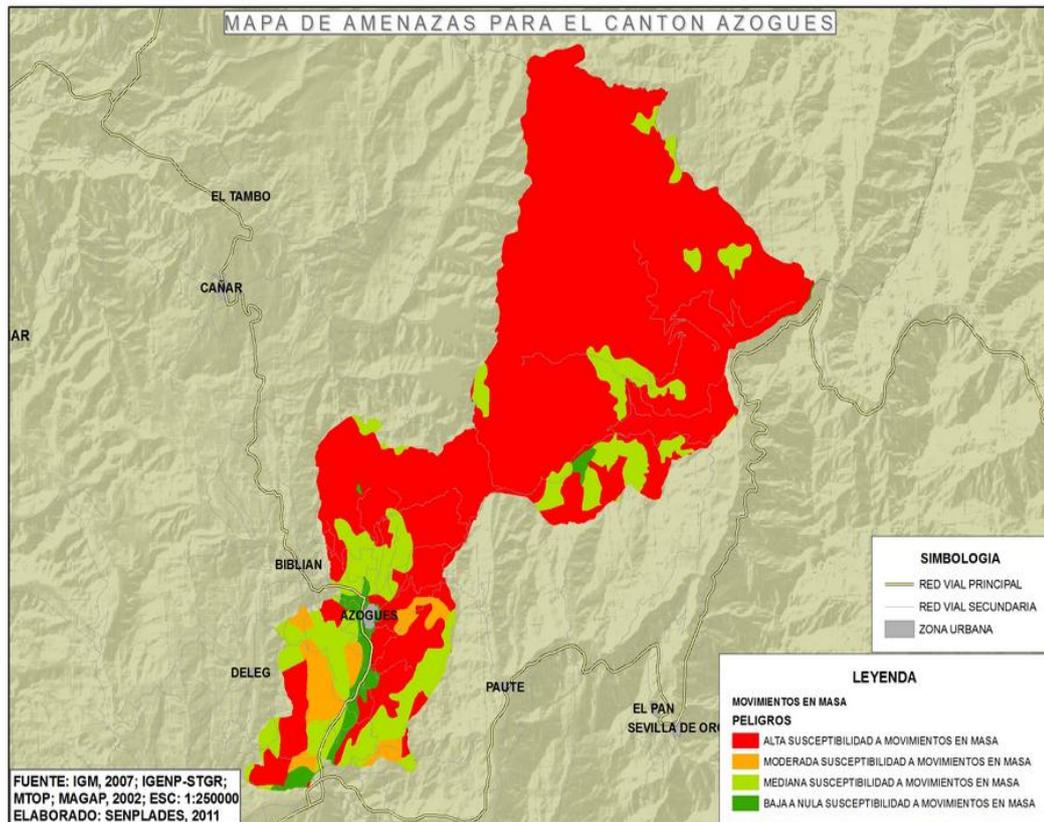


Figura 1.12: Mapa de amenazas sísmicas del Cantón Azogues  
Fuente: (IGM, 2007).

En el Anexo 1 y 2 se especifica más a detalle las zonas propensas a movimiento de masas del cantón Azogues y las zonas de seguridad a movimientos de masa, que fueron realizados por el departamento técnico de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.

**1.2.1.7. Amenazas geotécnicas:** el centro médico se encuentra ubicado en un lugar que no presenta amenazas de derrumbes o laderas que puedan afectar el ingreso o su actividad normal; al observar el mapa de riesgo de erosiones en la provincia del Cañar, la ciudad de Azogues esta ubicada en una zona con susceptibilidad baja a la erosión, es decir que es poco probable que cause efectos negativos en el funcionamiento normal de la institución.

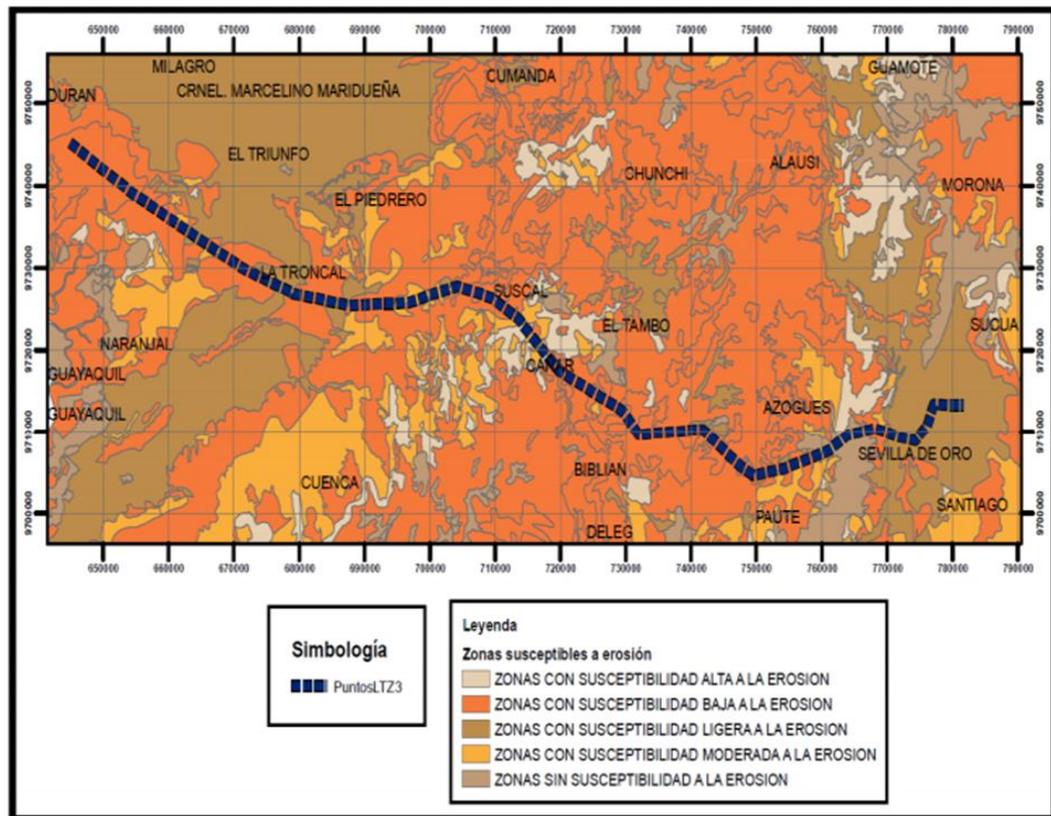


Figura 1.13: Áreas susceptibles a la erosión en la provincia del Cañar  
Fuente: (INFOPLAN, 2010).

**1.2.1.8. Amenazas por explosiones:** el hospital cuenta con una casa de máquinas, ubicada a unos cuantos metros de distancia del área de atención a los enfermos, desde aquí se provee: energía, vapor y oxígeno al bloque principal de la institución. Entre la casa de máquinas y el bloque central existe una trinchera subterránea que permite el transporte de los servicios antes mencionados; si una de las tuberías, llegara a fallar podría causar explosiones, sin embargo, en el análisis que realizamos observamos que las tuberías están en buen estado. Otra de las líneas vitales es el oxígeno; según los antecedentes causaron una explosión años atrás, por esta razón hemos considerado como una amenaza de nivel medio.

**1.2.1.9. Amenazas de incendios:** el oxígeno y el vapor son líneas vitales, si una de las tuberías llegara a fallar; causaría combustión y provocaría un incendio. Otro punto de riesgo es la cocina, ya que los hornos usan gas doméstico, aunque estos se encuentran en la parte externa del hospital, por lo que no representa peligro eminente. Por estas razones hemos considerado como mediana a la amenaza de incendio.

**1.2.1.10. Amenazas viales:** la entidad hospitalaria cuenta con parqueaderos que sirven únicamente para los empleados; esto obliga a los pacientes a parquear sus autos en las calles que lo rodean; causando gran congestión vehicular, sobretodo en la calle Luis M. González; y de esta manera el acceso es difícil y complicado. Por esta razón, se ha considerado como una amenaza de alto nivel ya que, si se llegara a presentar una catástrofe, el ingreso se vería afectado.

Tabla1.2: Detalle de las amenazas a las que está expuesto el Hospital Homero Castanier Crespo

AMENAZAS	NIVEL DE RIESGO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
QUIMICAS Y TECNOLOGICAS			
Biológicas			
SANITARIAS			
HIDROMETEREOLÓGICAS			
SOCIALES			
SISMICAS			
GEOTECNICAS			
EXPLOSIONES			
INCENDIOS			
VIALES			

### **1.2.2. Análisis estructural de la edificación hospitalaria usando equipo no destructivo**

En el hospital hemos realizado análisis no destructivos con el fin de determinar la resistencia del hormigón y el armado de las estructuras que lo conforman, verificando que sea el mismo que se muestran en los planos estructurales utilizando esclerómetros y scanner. De esta manera se pretende examinar el estado de la estructura y determinar si existen riesgos que puedan afectar al público o a los trabajadores.

#### **1.2.2.1. Ensayo esclerométrico**

“El ensayo esclerométrico sirve para estimar la resistencia a compresión del hormigón basándose en una relación entre la resistencia y la dureza superficial. El principio del ensayo es impactar la superficie del concreto con una determinada masa, activada de una determinada energía cinética, y medir la magnitud de la fuerza, del rebote, o de la profundidad de penetración. Los ensayos de rebote son rápidos y baratos, y además permiten estudiar la uniformidad superficial del concreto. Pero tienen algunas limitaciones porque las medidas son afectadas por la rugosidad o la forma de la superficie, las condiciones de humedad, el tamaño y el tipo de los agregados”. (Rojas Reyes, 2010).

En el Hospital Homero Castanier Crespo hemos realizado, ensayos no destructivos utilizando instrumentos como: esclerómetros y un scanner; con estos obtuvimos la resistencia del hormigón de vigas, columnas y losas; cabe mencionar que se tomaron muestras de los elementos más desfavorables.



Figura 1.14: Ensayos no destructivos en: columnas, vigas y losas más desfavorables del hospital.

Al terminar los ensayos tabulamos los resultados y eliminando los valores más altos y más bajos, analizando según las curvas de retroceso nos dan como resultado la resistencia actual del hormigón, de esta manera se puede comparar; si cumple con las especificaciones para los que fueron diseñados.

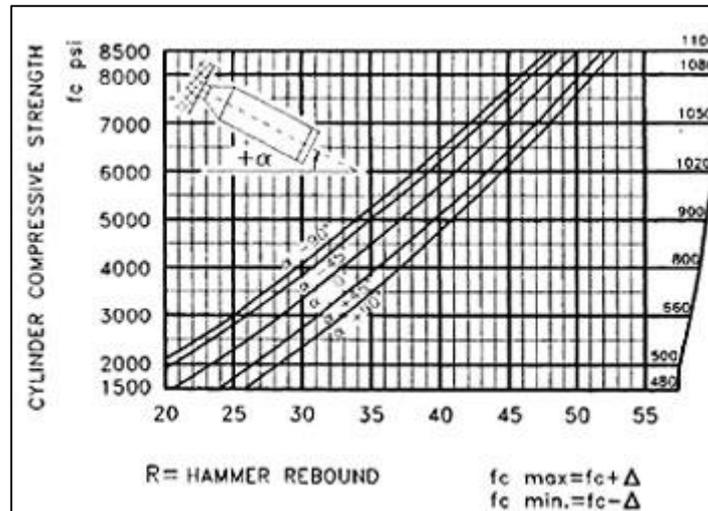


Figura 1.15: Curvas de retroceso para determinar la resistencia del hormigón.  
Fuente: Manual Rebound

Tabla 1.3: Resultado de ensayo esclerométrico (columna interna).

Elemento	Nº de disparos	Valor del Esclerómetro	Promedio	f c(Kg/cm2)
COLUMNA INTERNA	1	56	31,00	240
	2	21		
	3	32		
	4	28		
	5	30		
	6	22		
	7	31		
	8	48		
	9	28		
	10	29		
	11	32		
	12	56		

Tabla 1.4: Resultado de ensayo esclerométrico (columna externa).

Elemento	Nº de disparos	Valor del Esclerómetro	Promedio	f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )
COLUMNA EXTERNA	1	48	32,29	260
	2	32		
	3	36		
	4	34		
	5	36		
	6	38		
	7	30		
	8	28		
	9	35		
	10	33		
	11	32		
	12	30		

Tabla 1.5: Resultado de ensayo esclerométrico (Losa de la primera planta).

Elemento	Nº de disparos	Valor del Esclerómetro	Promedio	f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )
LOSA PRIMERA PLANTA	1	52	33,30	280
	2	20		
	3	38		
	4	28		
	5	36		
	6	32		
	7	29		
	8	32		
	9	28		
	10	36		
	11	38		
	12	36		

Tabla 1.6: Resultado de ensayo esclerométrico (Losa de segunda Planta).

Elemento	Nº de disparos	Valor del Esclerómetro	Promedio	f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )
LOSA SEGUNDA PLANTA	1	38	34,10	302
	2	41		
	3	38		
	4	36		
	5	32		
	6	28		
	7	28		
	8	35		
	9	33		
	10	26		
	11	47		
	12	32		

Tabla 1.7: Resultado de ensayo esclerométrico (Losa de la tercera Planta).

Elemento	Nº de disparos	Valor del Esclerómetro	Promedio	f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )
LOSA TERCERA PLANTA	1	28	36,90	340
	2	34		
	3	38		
	4	32		
	5	36		
	6	39		
	7	42		
	8	43		
	9	38		
	10	36		
	11	38		
	12	36		

Tabla 1.8: Resultado de ensayo esclerométrico (Viga Principal).

Elemento	Nº de disparos	Valor del Esclerómetro	Promedio	f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )
VIGA PRINCIPAL	1	22	33,14	280
	2	33		
	3	28		
	4	40		
	5	28		
	6	33		
	7	36		
	8	28		
	9	36		
	10	53		
	11	37		
	12	37		

Usando un scanner tomamos muestras de columnas y vigas (las más desfavorables) y comprobamos que el armado de estos elementos estructurales sean los mismos, a los planos que nos entregó el departamento de Gestión Administrativa, de esta manera obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 1.9: Resultado de los armados de elementos estructurales usando scanner.

Elemento	Armadura Transversal				Armadura Longitudinal	
	Diámetro	Esquinas	Cara X	Cara Y	Diámetro (mm)	Separación(cm)
Columna Interna	16	4	2	2	8	22
Columna Externa	18	4	2	2	8	11
Viga Principal	18	4	3	3	8	18
Columna Externa	16	4	2	2	8	14

### **1.2.3. Aspectos relacionados con la seguridad no estructural**

“Se consideran como no estructurales los elementos que no forman parte del sistema de soporte de la edificación. En este caso corresponden a las líneas vitales, como son las redes eléctricas, hidráulicas, sanitarias, los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado, entre otros; el mobiliario y los equipos de oficina fijos o móviles, así como los equipos médicos y de laboratorio, suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento, además de los elementos arquitectónicos de la edificación, entre otros.” (Organización Panamericana de la Salud, 2008).

**1.2.3.1. Líneas vitales:** “Las líneas vitales están constituidas por aquellas infraestructuras que son imprescindibles para el normal desarrollo de la actividad humana y, en general, comprenden líneas que posibilitan la movilidad de mercancías y personas (transporte), grandes líneas de suministro de energía y elementos de saneamiento básico, como, por ejemplo, agua, electricidad, gas y combustibles líquidos y, finalmente las que facilitan la comunicación”. (Dirección General de Protección Civil de Murcia , 2006).

**1.2.3.2. Sistema eléctrico:** el sistema eléctrico del Hospital Homero Castanier Crespo tiene tres líneas de alimentación eléctrica para abastecer de luz a toda la institución; en caso en el que existan apagones o falle el sistema de servicio eléctrico, cuenta con un generador de energía el cual usa gasolina como combustible para funcionar; el mismo se encuentra en la casa de máquinas, su ubicación es segura y al observarlo podemos constatar que se encuentra en buenas condiciones; funciona correcta e inmediatamente 15 segundos o menos, luego que suceda el apagón, proporcionando 150 kva, evitando así que los equipos colapsen o que alguna emergencia no pueda ser atendida en ese momento.



Figura 1.16: Generador eléctrico del Hospital Homero Castanier Crespo

La iluminación es la necesaria y adecuada en cada uno de los bloques y los pisos, se encuentran en buenas condiciones y están empotrados y seguros. Además esta entidad cuenta con un ascensor en buenas condiciones y a lo largo de los años no ha presentado mayores problemas; al momento se encuentran instalando un segundo ascensor el cual servirá para dar mayor servicio a los pacientes y a los trabajadores.

**1.2.3.3. Sistema de telecomunicaciones:** existe un sistema de altavoces, que sirve para la comunicación interna en todo el establecimiento médico; los guardias poseen radios intercomunicadores para informar sobre alguna emergencia.

También existe una antena ubicada en la parte superior del bloque de hospitalización, que sirve para las comunicaciones externas.

**1.2.3.4. Sistema de aprovisionamiento de agua:** el Hospital Homero Castanier Crespo obtiene agua potable que abastece EMAPAL a toda la ciudad de Azogues; en caso que haya cortes o escases del líquido vital, la institución hospitalaria posee dos tanques de reserva de 100 metros cúbicos aproximadamente. Su estado es regular, aunque físicamente se vean un tanto deteriorados, su estructura y funcionalidad no presenta ningún inconveniente. También podemos mencionar que existen 3 bombas de 100 metros cúbicos las cuales son manejadas y controladas desde la casa de máquinas.

Por otro lado, hay un grupo de bombas de agua, que sirven para el funcionamiento de los hidroneumáticos, éstos proporcionan la presión necesaria para que el agua que se

obtiene del sistema público llegue hasta el último piso del hospital cumpliendo las presiones mínimas y necesarias.



Figura 1.17: Bombas y sistema de hidroneumáticos

La casa de salud presenta tuberías que se encuentran en buen estado y claramente identificadas con colores; de esta forma se observan rojas que llevan agua caliente, azules con agua fría y de color café que son las de salida.



Figura 1.18: Tuberías de agua fría, caliente y vapor.

Observamos el tanque que suministra agua caliente no se encuentra en buenas condiciones, esto puede causar graves consecuencias al presentarse un sismo, se produciría daños en este sistema.



Figura 1.19: Tanque que proporciona de agua caliente al Hospital Homero Castanier Crespo.

**1.2.3.5. Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.):** el abastecimiento de oxígeno consta de un sistema central formado por un tanque criogénico de 5000 Kg de capacidad; desde aquí existen tuberías que lo llevan hasta la central en donde es transformado y dirigido a los quirófanos con 80 psi y 60 psi para el resto de las áreas de la institución.



Figura 1.20: Tanque criogénico y tuberías de distribución de oxígeno

Si el tanque criogénico llegara a fallar o faltara oxígeno para abastecerlo se cuenta con 10 tanques de 10 metros cúbicos que se encuentran correctamente aislados y ventilados para mayor seguridad, de igual manera las tuberías que lo transportan están en buenas condiciones.



Figura 1.21: Reserva de oxígeno para bastecer al Hospital Homero Castanier Crespo



Figura1.22: Central de Gases Medicinales del Hospital Homero Castanier Crespo

**1.2.3.6. Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas:** los sistemas de calefacción y ventilación se encuentran en buenas condiciones; el área de mantenimiento es la encargada de conservar los ductos correctamente limpios y funcionales. Para el uso de lavandería y cocina, se utiliza un sistema de vapor, empleando tuberías que salen desde la casa de máquinas, las mismas están en buenas condiciones y se encuentran ventiladas y protegidas con rejillas para evitar quemaduras o accidentes.

**1.2.3.7. Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil, y almacenes (Incluye computadoras, impresoras, etc.):** en la institución hospitalaria se observó que el equipo de oficina no se encuentra debidamente empotrado, es decir que ante la presencia de un fenómeno sísmico es fácil que éstos caigan y ocasionen mayores problemas.



Figura 1.23: Equipo mobiliario del Área de Farmacia del Hospital Homero Castanier Crespo

De igual manera al ingresar a la farmacia se verificó que los stands donde se colocan los medicamentos no son empotrados ni tienen seguros fijos en su parte inferior y los medicamentos no están cercados, es decir, es muy fácil que se caigan al presentarse un evento sísmico, causando daños materiales o caer sobre el personal que labora en este departamento.



Figura 1.24: Medicamentos sin cercar y stands no empotrados en la Farmacia

**1.2.3.8. Equipos médicos, de laboratorio, y suministros utilizados para diagnóstico y tratamiento:** cuenta con cinco quirófanos: tres en el bloque principal, uno en emergencias y el último en el centro obstétrico. Cada uno de ellos están bien equipados; con calefacción adecuada y un sistema de absorción al vacío; también se encuentran extintores y buena iluminación; los equipos se encuentran correctamente

empotrados, y ante la presencia de apagones siguen funcionando gracias a la ayuda del generador eléctrico.



Figura 1.25: Quirófano del área de Emergencia

La sala de rayos X y la de tomografías se hallan en buenas condiciones, con protecciones y señalización óptima para resguardar tanto la seguridad del personal como de los pacientes; existen extintores y alarmas contra incendios, ubicados adecuadamente y con una funcionalidad óptima.

El laboratorio está en buenas condiciones, presenta equipos nuevos y seguros, existen extintores y alarmas contra incendios para salvaguardar a los ocupantes; sin embargo, los instrumentos propios de laboratorio, no están debidamente empotrados.

La sala de obstetricia o UCI para recién nacidos cuenta con una gran seguridad; ventilación y equipos correctamente anclados, esta área es muy restringida, cumpliendo con las normas establecidas.

**1.2.3.9. Elementos arquitectónicos:** en cuanto al aspecto arquitectónico se encuentra en buenas condiciones, existe un departamento encargado del mantenimiento de esta área, las puertas, ventanas y fachadas tienen un buen aspecto y se realiza un mantenimiento continuo de las mismas.

El cielo raso está sostenido por una estructura de aluminio, la cual físicamente se ve segura y en buenas condiciones.

Los pisos están cubiertos de cerámica la cual no presenta deterioro ni causa ninguna molestia o peligro eminente.

La iluminación en las diferentes áreas del hospital consta de lámparas que funcionan adecuadamente y están empotradas y aseguradas con mallas metálicas.



Figura 1.26: Lámparas que iluminan los pasillos, consultorios y diferentes salas del hospital

El área de emergencia está dividida en cubículos separados por cortinas, las cuales se encuentran en buen estado y dan la privacidad que necesita cada paciente; en general se encuentra en condiciones óptimas para dar servicio y atención al paciente. Si se llena cuenta una zona de triaje en donde se atienden a las personas que lleguen graves.



Figura 1.27: Área de triaje del Hospital Homero Castanier Crespo

El sistema sanitario de emergencia causa muchas molestias al personal y a los pacientes ya que, a la entrada, existe un problema con las tuberías del desagüe, y aunque ya se han realizado trabajos de mejoramiento y los malos olores han disminuido, pero no desaparecen por completo.

Cabe mencionar que las terrazas de la institución presentan un deterioro físico el cual se da por el tiempo, el clima y la falta de mantenimiento que se les da a éstas.

**1.2.3.10. Sistema contra incendios:** el hospital cuenta con un sistema para prevención de incendios muy bueno, en cada uno de los pisos y bloques existen: extintores, hachas, mangueras y alarmas, correctamente distribuidos. El abastecimiento de agua para este sistema se da desde la casa de máquinas, mediante un generador contra incendios, de forma adecuada y óptima.



Figura 1.28: Elementos del Sistema contra incendios del Hospital Homero Castanier Crespo

**1.2.3.11. Ascensores:** actualmente existe un ascensor ubicado en el bloque principal en condiciones óptimas y tiene una capacidad de 750 kg u once personas; a lo largo de su vida útil ha presentado pocas molestias. Al momento se encuentran habilitando un segundo ascensor junto al ya existente con la misma capacidad y las mismas características.

**1.2.3.12. Gradas y escaleras:** en el establecimiento hospitalario se encuentran diferentes grupos de gradas, ubicadas en los diferentes bloques: en el principal, de consultorios y en la casa de máquinas. También existen un grupo de gradas de emergencia las cuales están ubicadas en la parte posterior del bloque central.

En el área de fisioterapia y de consultorios existe una rampa que sirve para facilitar la movilidad de los pacientes en silla de ruedas y de las camillas.

#### **1.2.4. Aspectos relacionados con la seguridad según la capacidad funcional**

##### **1.2.4.1. Organización del comité hospitalario**

El hospital presenta un comité conformado por profesionales preparados y capacitados, los mismos forman parte del departamento de riesgos; aquí se elaboran los planes de contingencia para enfrentar todo tipo de emergencia; contando con el apoyo de la Coordinación zonal N° 6 y del ECU-911.

Para el caso de emergencias y desastres los planes de contingencia son dirigidos a un conjunto de acciones coordinadas y aplicadas integralmente, con el fin de prevenir, controlar y proteger a las personas que se encuentren en la edificación; para garantizar el bienestar de los usuarios internos y externos que ocupan las instalaciones de la casa de salud.

El comité hospitalario tiene a su disposición una oficina en donde existe mobiliario necesario como: computadora, infocus, escritorios, etc. Para facilitar la capacitación y presentar la información.

El (COE) está conformado por el gerente del hospital, analista de gestión de riesgos hospitalarios, responsable de mantenimiento; responsable del ECU-911 y el jefe del departamento de emergencia.

Los miembros del COE mantienen reuniones una vez a la semana para analizar los desastres internos o externos que pueden ocurrir en el hospital; así elaboran planes de mantenimiento o mitigación para controlar y prevenir accidentes internos o externos.

##### **1.2.4.2. Plan operativo de desastres internos o externos**

El COE presenta planes operativos que dependen de la emergencia o mantenimiento que se vaya a realizar en el hospital, de esta manera se busca prevenir e informar los cambios a realizarse, o los servicios que dejarán de funcionar para que el personal tome medidas que le permitan seguir trabajando con total normalidad. Para planes de contingencia externos, es la Coordinación Zonal N°6 la que se encarga de dar aviso sobre las medidas que deben tomarse en el hospital, desde aquí se envía la información y las acciones que se deben tomar.

#### **1.2.4.3. Planes de contingencia para atención médica en desastres**

El área de emergencia del hospital trabaja las 24 horas del día, todos los días del año contando con especialistas en todas las áreas de salud, de esta manera se garantiza que la atención sea la adecuada dependiendo de cada emergencia, si esta área llegara a colapsar cuenta con un área de triage en donde clasifican a los pacientes de acuerdo a la gravedad para darles pronta atención. Los guardias son los encargados de controlar el ingreso de acompañantes de los enfermos para evitar la aglomeración de gente y facilitar el trabajo de los médicos.

Dispone de 6 ambulancias operativas para facilitar el traslado de pacientes, en caso que las áreas de atención colapsen, requieran de especialistas o exámenes que no se puedan obtener en la institución. Tiene una cocina y un comedor que únicamente provee de alimentos a los pacientes y a los médicos de turno, el plan de contingencia no destina un presupuesto para raciones alimenticias que abastezcan al personal de emergencia en caso de catástrofes. Existe señalización adecuada que indica las rutas y salidas de emergencia de cada una de las áreas.

#### **1.2.4.4. Planes para el funcionamiento preventivo y correctivo de los servicios vitales**

Posee una casa de máquinas en donde se encuentra el personal encargado de dar mantenimiento y controlar el funcionamiento de los diferentes servicios vitales como: oxígeno, vapor, generadores eléctricos, máquina de vacío, sistema contra incendios, entre otros. Todos presentan un manual de operación y son constantemente vigilados para que no exista fallas y así evitar accidentes

#### **1.2.4.5. Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres**

El hospital no cuenta con una reserva de medicamentos ni con insumos de primer auxilio, para ser usados en caso de desastres; tampoco cuentan con un plan de contingencia para salvaguardar la vida del personal en estos casos.

#### **1.2.4.6. Formulario 1**

##### **INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO DE SALUD**

**1. Nombre del establecimiento:** Homero Castanier Crespo

**2. Dirección:** Luis M. González y la calle Ambato, Azogues

**3. Teléfonos (incluya el código de la ciudad):** 07- 2240-600

**4. Número total de camas:** 156 camas

**5. Índice de ocupación de camas en situaciones normales:** 141 camas

**6. Descripción de la institución (aspectos generales, institución a la que pertenece, tipo de establecimiento, ubicación en la red de servicios de salud, tipo de estructura, cobertura de la población, área de influencia, personal asistencial y administrativo, etc.):**

El Hospital Homero Castanier Crespo es una institución perteneciente al Ministerio de Salud Pública del Ecuador está ubicado en la provincia del Cañar, en la ciudad de Azogues, en una zona urbana, esta entidad pone a disposición del público diversos servicios de atención como: ginecología, traumatología, laboratorio, cirugía, etc. El

personal administrativo, está dirigido por el gerente que es la máxima autoridad, teniendo jefes departamentales en cada área de servicio como en enfermería, farmacia, emergencia, etc. La estructura es de hormigón armado y sus paredes son de bloque y ladrillo, cuenta con columnas y vigas principales de dimensiones grandes y fuertes, el aspecto físico en sí está en buenas condiciones.

## 7. Distribución física del Hospital

Está formado por 6 bloques, un principal de 4 plantas, aquí se encuentran casi todos los servicios de atención al paciente y también una parte administrativa, así como: la gerencia, contabilidad, información entre otros servicios. En los bloques adyacentes se localiza: la casa de máquinas, el área de fisioterapia, una capilla y un área de bodega. Dispone de áreas de parqueo; tres para vehículos de los empleados y uno exclusivo para ambulancias y una pequeña área verde.



Figura 1.29: Croquis del Hospital Homero Castanier Crespo.

**8. Capacidad hospitalaria****a. Medicina interna**

<b>Departamento o Servicio</b>	<b>Numero de Camas</b>	<b>Capacidad Adicional</b>
Medicina General	42	10
Pediatría	22	0

**b. Cirugía**

<b>Departamento o Servicio</b>	<b>Numero de Camas</b>	<b>Capacidad Adicional</b>
Cirugía General	24	2
Traumatología	9	2
Obstetricia y Ginecología	35	1

**c. Unidad de cuidados intensivos (UCI)**

<b>Departamento o Servicio</b>	<b>Numero de Camas</b>	<b>Capacidad Adicional</b>
Cuidados Intensivos General	4	0

**d. Quirófanos**

<b>Departamento o Servicio</b>	<b>Numero de Camas</b>	<b>Capacidad Adicional</b>
Cirugía Aséptica	4	0
Cirugía Gineco-Obstetrica	1	0

## 1.1.4.7 Formulario 2

Tabla 1.10: Amenazas sobre el Hospital Homero Castanier Crespo

1.1 Amenazas Consultar mapas de amenazas. Solicitar al comité hospitalario el o los mapas que especifiquen las amenazas sobre seguridad del inmueble.	Nivel de amenaza			Observaciones
	No existe amenaza			
		Bajo	Medio	
1.1.1 Fenómenos geológicos				
Sismos De acuerdo al análisis geológico del suelo, marcar el grado de amenaza en que se encuentra el hospital.		1		
Erupciones volcánicas De acuerdo al mapa de amenazas de la región, cercanía y actividad volcánica, identificar el nivel de amenaza al que está expuesto el hospital con relación a las rutas de flujo de lava, piroclastos y ceniza.	1			
Deslizamientos Referirse al mapa de amenazas para identificar el nivel de amenaza para el hospital por deslizamientos ocasionados por suelos inestables.	1			
Tsunamis De acuerdo al mapa de amenazas identificar el nivel de amenaza para el hospital con relación a antecedentes de tsunamis originados por actividad sísmica o volcánica de origen submarino.	1			

1.1.2 Fenómenos Hidrometeoro lógicos				
Huracanes De acuerdo al mapa de vientos identifique el nivel de Seguridad con respecto a huracanes. Es conveniente tomar en cuenta la historia de esos eventos al marcar el nivel de amenaza.	1			
Lluvias torrenciales. Valore el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital en relación a inundaciones causadas por lluvias intensas con base en la historia de esos eventos.		1		
Penetraciones del mar o río. Valore el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital en relación a eventos previos que causaron o no inundación en o cerca del hospital por penetración de mar o desborde de ríos.		1		
Deslizamientos de acuerdo al mapa geológico, marcar el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital con relación a deslizamientos ocasionados por saturación del suelo.	1			
Lluvias torrenciales. Valore el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital en relación a inundaciones causadas por lluvias intensas con base en la historia de esos eventos.		1		
Penetraciones del mar o río. Valore el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital en relación a eventos previos que causaron o no inundación en o cerca del hospital por penetración de mar o desborde de ríos.		1		

Deslizamientos de acuerdo al mapa geológico, marcar el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital con relación a deslizamientos ocasionados por saturación del suelo.	1				
--	---	--	--	--	--

1.1.3 Fenómenos Sociales					
Concentraciones de población. Marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital con relación al tipo de población que atiende, cercanía a lugares de grandes concentraciones y eventos previos que hayan afectado el hospital.		1			Cercano al Parque Infantil, zona de tolerancia, frecuencia de jóvenes los fines de semana
Personas desplazadas. Marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital con relación a personas desplazadas por guerra, movimientos, sociopolíticos, inmigración y emigración.		1			
1.1.4 Fenómenos Sanitarios Ecológicos					
Epidemias De acuerdo a eventos previos y a las patologías específicas marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto ante epidemias		1			
Contaminación (sistemas). De acuerdo a eventos previos que involucraron contaminación, marque el nivel de amenaza frente a contaminación de sus sistemas.		1			
Plagas De acuerdo a ubicación e historial del hospital marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto en cuanto a plagas.		1			

1.1.5 Fenómenos Químico- Tecnológicos					
Explosiones De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante explosiones.		1			
Incendios De acuerdo al entorno, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital frente a incendios externos.		1			
Fuga de materiales peligrosos De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto frente a fugas de materiales peligrosos.		1			
1.2 Propiedades Geotécnicas del Suelo					
Licuefacción De acuerdo al análisis geotécnico del suelo, especifique el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante riesgos de subsuelos lodosos, frágiles.		1			
Suelo arcilloso De acuerdo al mapa de suelo, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante suelo arcilloso.			1		
Talud inestable De acuerdo al mapa geológico especificar el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital por la presencia de taludes.		1			

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

Tabla 1.11: Evaluación de los elementos Estructurales que conforman el hospital.

2.1 Seguridad debida a antecedentes del Establecimiento	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
1. ¿El hospital ha sufrido daños estructurales debido a fenómenos naturales? Existe dictamen estructural que indique que el grado de seguridad ha sido comprometido. B= Daños mayores; M= Daños moderados; A= Daños menores.				
2. ¿El hospital ha sido reparado o construido utilizando estándares actuales apropiados? Corroborar si el inmueble ha sido reparado, en qué fecha y si se realizó con base a la normatividad establecimientos seguros= No se aplicaron los estándares; M=Estándares parcialmente aplicados; A=Estándares aplicados completamente.	1			
3. ¿El hospital ha sido remodelado o adaptado afectando el comportamiento de la estructura? Verificar si se han realizado modificaciones usando normas para edificaciones seguras. B= Remodelaciones o adaptaciones mayores; M= Remodelaciones o adaptaciones moderadas; A= remodelaciones o adaptaciones menores o no han sido necesarias.	1			
2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.	Grado de amenaza			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
Estado de la edificación. B= Deteriorada por meteorización o exposición al ambiente, grietas en primer nivel y elementos discontinuos de altura; M= Deteriorada sólo por meteorización o exposición al ambiente; A= Sana, no se observan deterioros ni grietas.		1		
5. Materiales de construcción de la estructura. B= Oxidada con escamas o grietas mayores de 3mm; M= Grietas entre 1 y 3 mm u óxido en forma de polvo; A= Grietas menores a 1mm y no hay óxido.			1	

6. Interacción de los elementos no estructurales con la estructura. B = Se observa dos o más de: columnas cortas, paredes divisorias, cielos rígidos o fachada que interactúa con la estructura; M= Se observa sólo uno de problemas antes mencionados; A= Los elementos no estructurales no afecta la estructura.		1		
7. Proximidad de los edificios (martilleo, túnel de viento, etc.) B= Separación menor al 0.5% de la altura del edificio de menor altura; M= Separación entre 0.5- 1.5% de la altura del edificio de menor altura; A= Separación mayor al 1.5% del edificio de menor altura.			1	
8. Redundancia estructural. B= Menos de tres líneas de resistencia en cada dirección; M= 3 líneas de resistencia en cada dirección o líneas con orientación no ortogonal; A= Más de 3 líneas de resistencia en cada dirección ortogonal del edificio.		1		
9. Detallamiento estructural incluyendo conexiones. B= Edificio anterior a 1970; M= Edificio construido en los años 1970 y 1990; A= Edificio construido luego de 1990 y de acuerdo a la norma.		1		
10. Seguridad de fundaciones o cimientos. B= No hay información o la profundidad es menor que 1.5 m; M= no cuenta con planos ni estudio de suelos, la profundidad es mayor que 1.5 m; A= Cuenta con planos, estudio de suelos, y profundidades mayores a 1.5 m.			1	
11. Irregularidades en planta (rigidez, masa y resistencia). B= Formas y estructura no uniforme; M= Formas no regulares pero con estructura uniforme; A= Formas regulares, estructura uniforme en planta y ausencia de elementos que podrían causar torsión.			1	

12. Irregularidades en elevación (rigidez, masa y resistencia). B= Pisos difieren por más del 20% de altura y existen elementos discontinuos o irregulares significativos; M= Pisos de similar altura (difieren menos de un 20%, pero más de 5%) y pocos elementos discontinuos o irregulares; A=pisos de similar altura (difieren por menos del 5%) y no existen elementos discontinuos o irregulares.			1	
13. Adecuación estructural a fenómenos. (meteorológicos, geológicos entre otros) Valorar por separado y en conjunto, el posible comportamiento del hospital desde el punto de vista estructural ante las diferentes amenazas o peligros excepto sismos. El grado de seguridad se puede evaluar como: B, baja resiliencia estructural a las amenazas naturales presentes en la zona donde está ubicado el hospital; M, moderada resiliencia estructural; A excelente resiliencia estructural.			1	
3.1 Líneas vitales (instalaciones)	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
3.1.1 Sistema eléctrico				
14. Generador adecuado para el 100% de la demanda. Verificar que el generador entre en función pocos segundos después de la caída de tensión, cubriendo la demanda de todo el hospital: urgencias, cuidados intensivos, central de esterilización, quirófanos, etc. B = Sólo se enciende manualmente o cubre del 0 - 30% de la demanda; M = Se enciende automáticamente en más de 10 segundos o cubre 31 - 70 % de la demanda; A= Se enciende automáticamente en menos de 10 segundos y cubre del 71 - 100% de la demanda.			1	
15. Regularidad de las pruebas de funcionamiento en las áreas críticas. El evaluador verifica la frecuencia en que el generador es puesto a prueba con resultados satisfactorios. B= > 3 meses; M= 1-3 meses; A=< 1 mes.			1	

16. ¿Está el generador adecuadamente protegido de fenómenos naturales? B= No; M= Parcialmente; A= Sí.			1	
17. Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos. B=No; M=Parcialmente; A= Sí.		1		
18. Sistema redundante al servicio local de suministro de energía eléctrica. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.			1	
19. Sistema con tablero de control e interruptor de sobrecarga y cableado debidamente protegido. Verificar la accesibilidad, así como el buen estado y funcionamiento del tablero de control general de electricidad B =No; M= Parcialmente; A= Sí.			1	
20. Sistema de iluminación en sitios clave del hospital. Realizar recorrido por UCI, urgencias, quirófano etc. Verificar el grado de iluminación de los ambientes y funcional de lámparas= No; M= Parcialmente; A= Sí.			1	
21. Sistemas eléctricos externos, instalados dentro del perímetro del hospital. Verificar si existen subestaciones eléctrica o transformadores que proveen Electricidad al hospital. B= No existen subestaciones eléctricas instaladas en el hospital; M= Existen subestaciones, pero no proveen suficiente energía al hospital; A= Subestación eléctrica instalada y provee suficiente energía al hospital.	1			
<b>3.1.2 Sistema de telecomunicaciones</b>				
22. Estado técnico de las antenas y soportes de las mismas. Verificar el estado de las antenas, sus abrazaderas y soportes. B= Mal estado o no existen; M= Regular; A= Buen estado.			1	

23. Estado técnico de sistemas de baja corriente (conexiones telefónicas/cables de Internet). Verificar en áreas estratégicas que los cables estén conectados evitando la sobrecarga. B= Mal estado o no existen; M= Regular; A= Bueno.		1		
24. Estado técnico del sistema de Comunicación alterna. Verificar el estado de otros sistemas: radiocomunicación, teléfono satelital, Internet, etc. B=mal estado o no existe; M= Regular; A= Bueno.			1	
25. Estado técnico de anclajes de los equipos y soportes de cables. Verificar que los equipos de telecomunicaciones (radios, teléfono satelital, video-conferencia, etc.) cuenten con anclajes que eleven su grado de seguridad. Si el sistema no necesita anclajes o abrazaderas, no llenar. Dejar las tres casillas en blanco. b= malo; m= regular; a= bueno.		1		
26. Estado técnico de sistemas de telecomunicaciones externos, instalados dentro del perímetro del hospital. Verificar si existen sistemas de telecomunicaciones externos que interfieran con el grado de seguridad del hospital. B= Telecomunicaciones externas interfieren seriamente con las comunicaciones del hospital; M= Telecomunicaciones externas interfieren moderadamente con las comunicaciones del hospital; A= No existe interferencia a las comunicaciones del hospital.			1	
27. Local con condiciones apropiadas para sistemas de telecomunicaciones. B= Malo o no existe; M=Regular; A= Bueno		1		

<p>28. Seguridad del sistema interno de comunicaciones. Verificar el estado de los sistemas de perifoneo, anuncios, altavoces, intercomunicadores y otros, que permitan comunicarse con el personal, pacientes y visitas en el hospital. B= mal o no existe; M= Regular; A= Bueno</p>			1	
3.1.3 Sistema de aprovisionamiento de agua				
<p>29. Tanque de agua con reserva permanente suficiente para proveer al menos 300 litros por cama y por día durante 72 horas. Verificar que el depósito de agua cuente con una capacidad suficiente para satisfacer la demanda del hospital por 3 días B= Cubre la demanda de 24 horas o menos; M = Cubre la demanda de más de 24 horas, pero menos de 72 horas; A= Garantizado para cubrir la demanda por 72 horas o más.</p>			1	
<p>30. Los depósitos se encuentran en lugar seguro y protegido Visitar sitio de cisterna y corroborar el área donde está instalada y su grado de seguridad. B= Si el espacio es susceptible de falla estructural o no estructural; M= Cuando la falla no representa posibilidad de colapso; A= Cuando tiene poca posibilidad de funcionar.</p>			1	
<p>31. Sistema alternativo de abastecimiento de agua adicional a la red de distribución principal. Identificar organismos o mecanismos para abastecer o reaprovisionar de agua al hospital en caso de falla del sistema público. B= Si da menos de 30% de la demanda; M= Si suple valores de 30 a 80% de la demanda; A= Si suple más del 80% de la dotación diaria.</p>		1		
<p>32. Seguridad del sistema de distribución. Verificar el buen estado y funcionamiento del sistema de distribución, incluyendo la cisterna, válvula, tuberías y uniones. B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= entre 60 y 80 %; A= más del 80 %.</p>		1		

33. Sistema de bombeo alterno. Identificar la existencia y el estado operativo del sistema alterno de bombeo, en caso de falla en el suministro= No hay bomba de reserva y las operativas no suplen toda la demanda diaria; M= Están todas las bombas en regular estado de operación; A= Todas las bombas y las de reserva están operativas			1	
3.1.4 Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel)				
34. Tanques para combustible con capacidad suficiente para un mínimo de 5 días. Verificar que el hospital cuente con depósito amplio y seguro para almacenaje de combustible. B= Cuando es inseguro o tiene menos de 3 días; M= Almacenamiento con cierta seguridad y con 3 a 5 días de abastecimiento de combustible; A= Se tienen 5 o más días de autonomía y es seguro.			1	
35. Anclaje y buena protección de tanques y cilindros B= No hay anclajes y el recinto no es seguro; M= Se aprecian anclajes insuficientes; A= Existen anclajes en buenas condiciones y el recinto o espacio es apropiado.			1	
36. Ubicación y seguridad apropiada de depósitos de combustibles. Verificar que los depósitos que contienen elementos inflamables se encuentren a una distancia que afecte el grado de seguridad del Hospital. B= Existe el riesgo de falla o no son accesibles; M= Se tiene una de las dos condiciones mencionadas; A.		1		

<p>37. Ubicación y seguridad apropiada de Depósitos de combustibles. Las fugas de combustible son muy peligrosas; por lo tanto, es necesario tener estricto control sobre el adecuado funcionamiento de sus válvulas, tuberías y uniones. Hay que revisar que las uniones sean flexibles cuando atraviesan estructuras o se conectan a equipos y, rígidas, cuando están adosadas algún elemento estructural en el que no existan posibilidades de asentamiento= Existe el riesgo de falla o no son accesibles; M= Se tiene una de las dos condiciones mencionadas; A= Los depósitos son accesibles y están en lugares libres de riesgos.</p>			1	
<p>3.1.5 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)</p>				
<p>38. Almacenaje suficiente para 15 días como mínimo. B= Menos de 10 días; M= entre 10 y 15 días; A= Más de 15 días.</p>			1	
<p>39. Anclaje de tanques, cilindros y equipos complementarios B= No existen anclajes; M= Los anclajes no son de buen calibre; A= Los anclajes son de buen calibre.</p>			1	
<p>40. Fuentes alternas disponibles de gases medicinales. B= No existen fuentes alternas o están en mal estado; M= Existen, pero en regular estado; A= Existen y están en buenas condiciones.</p>			1	
<p>41. Ubicación apropiada de los recintos. B= Los recintos no tienen accesos; M= los recintos tienen acceso, pero con riesgos A= Los recintos son accesibles y están libres de riesgos.</p>			1	
<p>42. Seguridad del sistema de distribución (válvulas; tuberías y uniones). B= Si menos del 60% se encuentra en buenas condiciones de operación; M= Entre 60 y 80 %; A= Más del 80 %.</p>		1		

43. Protección de tanques y/o cilindros y equipos adicionales B= No existen áreas exclusivas para tanques y equipos adicionales. M= Áreas exclusivas para protección de tanques y equipos, pero el personal no está entrenado; A= Áreas exclusivas para este equipamiento y el personal está entrenado.			1	
44. Seguridad apropiada de los recintos. B= No existen áreas reservadas para almacenar gases; M= Áreas reservadas para almacenar gases, pero sin medidas de seguridad apropiada; A= Se cuenta con áreas de almacenamiento adecuados y no tienen riesgos.			1	
3.2 Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
45. Soportes adecuados para los ductos y revisión del movimiento de los ductos y tuberías que atraviesan juntas de dilatación. B= No existen soportes y tienen juntas rígidas; M=Existen soportes o juntas flexibles; A= Existen soportes y las juntas son flexibles			1	
46. Condición de tuberías, uniones, y válvulas= Malo; M= Regular; A= Bueno.		1		
47. Condiciones de los anclajes de los equipos de calefacción y agua caliente No está correctamente B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			1	
48. Condiciones de los anclajes de los Equipos de aire acondicionado. B= Malo; M= Regular; A= Bueno			1	
49. Ubicación apropiada de los recintos. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			1	
50. Seguridad apropiada de los recintos. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			1	

51. Funcionamiento de los equipos (Ej. Caldera, sistemas de aire acondicionado y extractores entre otros). B= Malo; M= Regular; A= Bueno			1	
3.3 Mobiliario y equipo de oficina fijo y Grado de Observaciones móvil y almacenes (Incluye computadoras, impresoras, etc.)	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
52. Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos. Verificar que los estantes se encuentren fijos a las paredes o con soportes de seguridad. B= La estantería no está fijada a las paredes; M= La estantería está fijada, pero el contenido no está asegurado; A= La estantería está fijada y el contenido asegurado.	1			
53. Computadoras e impresoras con seguro. Verificar que las mesas para computadora estén aseguradas y con frenos de ruedas aplicados. B= Malo; M= Regular; A= Bueno o no necesita anclaje.	1			
54. Condición del mobiliario de oficina y otros equipos. Verificar en recorrido por oficinas el anclaje y/o fijación del mobiliario. B= Malo; M= Regular; A= Bueno o no necesita anclaje.	1			
55. Equipo médico en el quirófano y la sala de recuperación. Verificar que lámparas, equipos de anestesia, mesas quirúrgicas se encuentren operativos y con seguros y frenos aplicados. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M=Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.		1		

<p>56. Condición y seguridad del equipo médico de Rayos X e Imagenología. Verificar que las mesas y el equipo de rayos X se encuentren en buenas condiciones y fijos. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1		
<p>57. Condición y seguridad del equipo médico en laboratorios. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1		
<p>58. Condición y seguridad del equipo médico en el servicio de urgencias. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1		
<p>59. Condición y seguridad del equipo médico de la unidad de cuidados intensivos o intermedios. B= el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>		1		
<p>60. Condición y seguridad del equipamiento y mobiliario de farmacia B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>	1			

<p>61. Condición y seguridad del equipo de esterilización. B= Cuando el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regular condición o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>			1	
<p>62. Condición y seguridad del equipo médico para cuidado del recién nacido. B= Cuando el equipo no existe, está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>			1	
<p>63. Condición y seguridad del equipo médico para la atención de quemados. B= Cuando el equipo no existe, está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>	1			
<p>64. Condición y seguridad del equipo médico para radioterapia o medicina nuclear. SI EL HOSPITAL NO CUENTA CON ESTOS SERVICIOS, DEJAR EN BLANCO. B= Cuando no existe o el equipo está en malas condiciones o no está seguro; M= Cuando el equipo está en regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.</p>				
<p>65. Condición y seguridad del equipo médico en otros servicios. B= Si más del 30 % de los equipos se encuentra en riesgo de pérdida; M= Si entre el 10 y el 30% de los equipos A=Si menos del 10% de los equipos tiene riesgo de pérdida.</p>		1		

66. Anclajes de la estantería y seguridad de contenidos médicos= 20% o menos se encuentran seguros contra el vuelco; M= 20 a 80 % se encuentra seguros contra el vuelco; A= Más del 80 % se encuentra con protección a la estabilidad y la seguridad del contenido, o no requiere anclaje.	1			
3.5 Elementos arquitectónicos	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
67. Condición y seguridad de puertas o entradas. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes, sistemas o funciones; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento de otros componentes; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.		1		
68. Condición y seguridad de ventanales. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes, sistemas o funciones; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento de otros componentes; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.		1		
69. Condición y seguridad de otros elementos de cierre (muros externos, fachada, etc.). B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A=no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.		1		
70. Condición y seguridad de techos y cubiertas. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A= no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.			1	

71. Condición y seguridad de parapetos (pared o baranda que se pone para evitar caídas, en los puentes, escaleras, cubiertas, etc.) B= se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistema; M= se daña, pero permite el funcionamiento; A= no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.		1		
72. Condición y seguridad de cercos y cierres perimétricos. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.			1	
73. Condición y seguridad de otros elementos perimetrales (cornisas, ornamentos etc.). B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.		1		
74. Condición y seguridad de áreas de circulación externa. B= Los daños a la vía o los pasadizos impide el acceso al edificio o ponen en riesgo a los peatones; M= Los daños a la vía o los pasadizos no impiden el acceso al edificio a los peatones, pero sí el acceso vehicular; A= No existen daños o su daño es menor y no impide el acceso de peatones ni de vehículos.		1		
75. Condición y seguridad de áreas de Circulación interna (pasadizos, elevadores, escaleras, salidas, etc.). B= Los daños a las rutas de circulación interna impiden la circulación dentro del edificio o ponen en riesgo a las personas; M= Los daños a la vía o los pasadizos no impiden la circulación de las personas, pero sí el acceso de camillas y otros; A= No existen daños o su daño es menor y no impide la circulación de personas ni de camillas y equipos rodantes.		1		

76. Condición y seguridad de particiones o divisiones internas. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistema; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.			1	
77. Condición y seguridad de cielos falsos o rasos. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.		1		
78. Condición y seguridad del sistema de iluminación interna y externa. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.			1	
79. Condición y seguridad del sistema de protección contra incendios. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.		1		
80. Condición y seguridad de ascensores. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.		1		
81. Condición y seguridad de escaleras. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.		1		

<p>82. Condición y seguridad de las cubiertas de los pisos. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>			1	
<p>83. Condición de las vías de acceso al hospital. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1		
<p>84. Otros elementos arquitectónicos incluyendo señales de seguridad. B= Cuando se daña e impide el funcionamiento de otros componentes o sistemas; M=Cuando se daña, pero permite el funcionamiento; A= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.</p>		1		

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria.

Tabla 1.12: Evaluación de la seguridad funcional.

<p>4.1 Organización del comité hospitalario para desastres y centro de operaciones de emergencia. Mide el nivel de organización alcanzado por el comité hospitalario para casos de desastre.</p>	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
<p>85. Comité formalmente establecido para responder a las emergencias masivas o desastres. Solicitar el acta constitutiva del Comité y verificar que los cargos y firmas correspondan al personal en función. B= No existe comité; M= Existe el comité, pero no es operativo; A= Existe y es operativo.</p>			1	

<p>86. El Comité está conformado por personal multidisciplinario. Verificar que los cargos dentro del comité sean ejercidos por personal de diversas categorías del equipo multidisciplinario: director, jefe de enfermería, ingeniero de mantenimiento, jefe de urgencias, jefe médico, jefe quirúrgico, jefe de laboratorio y jefe de servicios auxiliares, entre otros. B= 0-3; M=4-5; A= 6 o más.</p>			1	
<p>87. Cada miembro tiene conocimiento de Sus responsabilidades específicas. Verificar que cuenten con sus actividades por escrito dependiendo de su función específica: B= No asignadas; M= Asignadas oficialmente; A= Todos los miembros conocen y cumplen su responsabilidad.</p>			1	
<p>88. Espacio físico para el centro de operaciones de emergencia (COE) del hospital. Verificar la sala destinada para el comando operativo que cuente con todos los medios de comunicación (teléfono, fax, Internet, entre otros). B= No existe; M= Asignada oficialmente; A= Existe y es funcional.</p>	1			
<p>89. El COE está ubicado en un sitio protegido y seguro. Identificar la ubicación tomando en cuenta su accesibilidad, seguridad y protección= La sala del COE no está en un sitio seguro; M= EL COE está en un lugar seguro, pero poco accesible; A= EL COE está en un sitio seguro, protegido y accesible.</p>			1	
<p>90. El COE cuenta con sistema informático y computadoras. Verificar si cuenta con intranet e internet. B= No; M=Parcialmente; A= Cuenta con todos los Requerimientos</p>			1	
<p>91. El sistema de comunicación interna y externa del COE funciona adecuadamente. Verificar si el conmutador (central de redistribución de llamadas) cuenta con sistema de perifoneo y si los operadores conocen el código de alerta y su funcionamiento. B= No funciona/ no existe; M = Parcialmente; A= Completo y funciona.</p>			1	

92. El COE cuenta con sistema de comunicación alterna. Verificar si además de conmutador existe comunicación alterna como celular, radio, entre otros. B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.			1	
93. El COE cuenta con mobiliario y equipo apropiado. Verificar escritorios, sillas, tomas de corriente, iluminación, agua y drenaje. B= No cuenta; M= Parcialmente; A= Si cuenta.		1		
94. El COE cuenta con directorio telefónico de contactos actualizado y disponible. Verificar que el directorio incluya todos los servicios de apoyo necesarios ante una emergencia (corroborar teléfonos). B= No; M= Existe, pero no está actualizado; Si cuenta y está actualizado.			1	
95. “Tarjetas de acción” disponibles para todo el personal. Verificar que las tarjetas de acción indiquen las funciones que realiza cada integrante del hospital especificando su participación en caso de desastre interno y/o externo. B= No; M= Insuficiente (cantidad y calidad); A= Todos la tienen.	1			.
4.2 Plan operativo para desastres internos o externos.	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
96. Refuerzo de los servicios esenciales del hospital. El plan especifica las actividades a realizar antes, durante y después de un desastre en los servicios claves del Hospital (Urgencias, UCI, quirófano, etc.). B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		

97. Procedimientos para la activación y desactivación del plan. Especificar cómo, cuándo y quién es el responsable de activar y desactivar el plan. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.	1			
98. Previsiones administrativas especiales para desastres. Verificar que el plan considere contratación de personal, adquisiciones en caso de desastre y presupuesto para pago por tiempo extra, doble turno, etc. B= No existen las provisiones o existen únicamente en el documento; M= Existen provisiones y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
99. Recursos financieros para Emergencias presupuestados y garantizados. El hospital cuenta con presupuesto específico para aplicarse en caso de desastre: B= No presupuestado; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.	1			
100. Procedimientos para habilitación de espacios para aumentar la capacidad, incluyendo la disponibilidad de camas adicionales. El plan debe incluir y especificar las áreas físicas que podrán habilitarse para dar atención a saldo masivo de víctimas: B= No se encuentran identificadas las áreas de expansión; M= Se han identificado las áreas de expansión y el personal capacitado para implementarlos; A= Existe el procedimiento, personal capacitado		1		
101. Procedimiento para admisión en emergencias y desastres. El plan debe especificar los sitios y el personal responsable de realizar el TRIAGE. B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.			1	

<p>102. Procedimientos para la expansión del departamento de urgencias y otras áreas críticas. El plan debe indicar la forma y las actividades que se deben realizar en la expansión hospitalaria. (Ej. suministro de agua potable, electricidad, etc.): B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>	1			
<p>103. Procedimientos para protección de expedientes médicos (historias clínicas). El plan indica la forma en que deben ser trasladados los expedientes clínicos e insumos necesarios para el paciente: B= No existe el procedimiento; M= existe el procedimiento y el personal entrenado; A= existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>			1	
<p>104. Inspección regular de seguridad por la autoridad competente. En recorrido por el hospital verificar la fecha de caducidad y/o llenado de extintores e hidrantes. Y si existe referencia del llenado de los mismos, así como bitácora de visitas por el personal de protección civil. B= No existe; M = inspección parcial o sin vigencia; A= Completa y actualizada.</p>			1	
<p>105. Procedimientos para vigilancia Epidemiológica intra-hospitalaria. Verificar si el Comité de Vigilancia Epidemiológica intra-hospitalaria cuenta con procedimientos específicos para casos de desastre o atención masiva de víctimas: B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>			1	
<p>106. Procedimientos para la habilitación de sitios para la ubicación temporal de cadáveres y medicina forense. Verificar si el plan incluye actividades específicas para el área de patología y si tiene sitio destinado para depósito de múltiples cadáveres: B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.</p>			1	

107. Procedimientos para triaje, reanimación, estabilización y tratamiento. B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos.			1	
108. Transporte y soporte logístico. Si el hospital cuenta con ambulancias y otros vehículos oficiales: B= No cuenta con ambulancias y otros vehículos para soporte logístico; M= Cuenta con vehículos insuficientes; A= Cuenta con vehículos adecuados y en cantidad suficiente.			1	
109. Raciones alimenticias para el personal durante la emergencia. El plan especifica las actividades a realizar por el área de nutrición y debe contar con presupuesto para el rubro de alimentos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más			1	
110. Asignación de funciones para el personal adicional movilizado durante la emergencia B= No existe o existe únicamente el documento; M= Las funciones están asignadas y el personal capacitado; A= Las funciones están asignadas, el personal está capacitado y cuenta con recursos.			1	.
111. Medidas para garantizar el bienestar del personal adicional de emergencia. El plan incluye el sitio donde el personal de urgencias puede tomar receso, hidratación y alimentos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas.	1			
112. Vinculado al plan de emergencias local. Existe antecedente por escrito de la vinculación del plan a otras instancias de la comunidad. B= No vinculado; M= Vinculado no operativo; A= Vinculado y operativo.			1	
113. Mecanismos para elaborar el censo de pacientes admitidos y referidos a otros hospitales. El plan cuenta con formatos específicos que faciliten el censo de pacientes ante las emergencias: B=No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el mecanismo y el personal capacitado; A=Existe el mecanismo, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el censo.			1	.

114. Sistema de referencia y contra referencia. B= No existe; M= Existe el plan; A= Existe el plan, personal	1			
115. Procedimientos de información al público y la prensa. El plan hospitalario para caso de desastre especifica quien es el responsable para dar información al público y prensa en caso de desastre (la persona de mayor jerarquía en el momento del desastre): B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, <u>personal capacitado y cuenta con recursos</u>			1	
116. Procedimientos operativos para respuesta en turnos nocturnos, fines de semana y días feriados= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.			1	
117. Procedimientos para evacuación de la edificación Verificar si existe plan o procedimientos para evacuación de pacientes, visitas y personal B= No existe el procedimiento; M= Existe el procedimiento y el personal entrenado; A= Existe el procedimiento, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.		1		
118. Las rutas de emergencia y salida son accesibles Verificar que las rutas de salida están claramente marcadas y libres de obstrucción. B= Las rutas de salida no están claramente señalizadas y varias están bloqueadas; .M=Algunas rutas de salida están marcadas y la mayoría están libres de obstrucciones; A=Todas las rutas están claramente marcadas y libres de obstrucciones.			1	

119. Ejercicios de simulación o simulacros. Verificar que los planes sean regularmente puestos a prueba a través de simulacros y/o simulaciones, evaluados y modificados como corresponda. B= Los planes no son puestos a prueba; M= Los planes son puestos a prueba con una frecuencia mayor a un año; A= Los planes son puestos a prueba al menos una vez al año y son actualizados de acuerdo a los			1	
4.3 Planes de contingencia para atención médica en desastres.	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
120.Sismos, tsunamis, erupciones volcánicas y deslizamientos= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.	1			
121. Crisis sociales y terrorismo= No existe o existe solo el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
122. Inundaciones y huracanes. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
123. Incendios y explosiones. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el Plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
124. Emergencias químicas o radiaciones ionizantes= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
125. Agentes con potencial epidémico. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.			1	

126. Atención psicosocial para pacientes, familiares y personal de salud. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
127. Control de infecciones intra-hospitalarias. Solicitar el manual y verificar vigencia: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el manual y el personal capacitado; A= Existe el manual, personal capacitado y cuenta con recursos.			1	
4.4 Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales. Mide el grado de accesibilidad, vigencia y disponibilidad de los documentos indispensables para la resolución de una urgencia.	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	
128. Suministro de energía eléctrica y Plantas auxiliares. El área de mantenimiento deberá presentar el manual de operación del generador alterno de electricidad, así como bitácora de mantenimiento preventivo: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.			1	
129. Suministro de agua potable. El área de mantenimiento deberá presentar el manual de operación del sistema de suministro de agua, así como bitácora de mantenimiento preventivo y de control de la calidad del agua: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.		1		
130. Reserva de combustible El área de mantenimiento deberá presentar el manual para el suministro de combustible, así como la bitácora de mantenimiento preventivo: B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.			1	

<p>131. Gases medicinales. Mantenimiento deberá presentar el manual de suministro de gases medicinales, así como bitácora de mantenimiento preventivo. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>			1	
<p>132. Sistemas habituales y alternos de comunicación. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	1			
<p>133. Sistemas de agua residuales. El área de mantenimiento garantizará el flujo de estas aguas hacia el sistema de drenaje público evitando la contaminación de agua potable. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>	1			
<p>134. Sistema de manejo de residuos sólidos. El área de mantenimiento deberá presentar el manual de manejo de residuos sólidos, así como bitácora de recolección y manejo posterior= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>		1		
<p>135. Mantenimiento del sistema contra incendios. El área de mantenimiento deberá presentar el manual para el manejo de sistemas contra incendios, así como la bitácora de mantenimiento preventivo de extintores e hidrantes. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.</p>		1		
<p>4.5 Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres. Verificar con lista de cotejo la disponibilidad de insumos indispensables ante una emergencia.</p>	Grado de seguridad			Observaciones
	Bajo	Medio	Alto	

136. Medicamentos. Verificar la disponibilidad de medicamentos para emergencias. Se puede tomar como referencia el listado recomendado por OMS. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		
137. Material de curación y otros insumos. Verificar que exista en la central de esterilización una reserva esterilizada de material de consumo para cualquier emergencia (se recomienda sea la reserva que circulará el día siguiente). B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		
138. Instrumental. Verificar existencia y mantenimiento de instrumental específico para urgencias. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		
139. Gases medicinales. Verificar teléfonos y domicilio, así como la garantía de abastecimiento por parte del proveedor. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= garantizado para 72 horas o más.			1	
140. Equipos de ventilación asistida (tipo volumétrico). El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos de respiración asistida. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		
141. Equipos electro-médicos. El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos electro médicos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		
142. Equipos para soporte de vida. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.			1	
143. Equipos de protección personal para Epidemias (material desechable). El hospital debe contar con equipos de protección para el personal que labore en áreas de primer contacto. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		1		

<p>144. Carro de atención de paro cardiorrespiratorio. El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad, condiciones de uso y ubicación de los carros para atención de paro cardiorrespiratorio. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado</p>			1	
<p>145. Tarjetas de triaje y otros implementos para manejo de víctimas en masa. En el servicio de urgencias se difunde e implementa la tarjeta de TRIAGE en caso de saldo masivo de víctimas. Evaluar en relación a la capacidad instalada máxima del hospital B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.</p>		1		

Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria.

### **1.3. Determinación de las características geotécnicas del suelo mediante SPT (Standard Penetration Test)**

#### **1.3.1. Ensayo de penetración estándar**

“El ensayo SPT permite determinar la resistencia del suelo, en el fondo de una perforación usando un muestreador circular de acero, que a la vez servirá para identificar el tipo de suelo. El ensayo básicamente consiste en dejar que caiga un martillo de 63,6 kg de peso, desde una altura de 76 cm.

El izado del martillo típicamente se realiza mediante un mecate de yute ( $\emptyset$  7/8”), con dos vueltas alrededor del tambor del malacate, con una rata máxima de aplicación de 30 golpes por minuto, es decir, un golpe cada 2 segundos. El extremo superior del saca muestras (cuchara partida) que sirve de acople a barras, debe tener una válvula sin retorno, con agujeros de alivio para expulsar aire o agua que pueda entrar al sistema”. (Pietro DE MARCO Z, 2002)

“Es importante recordar que, en el muestreo de arenas y limos, el nivel del agua de perforación debe mantenerse por encima del nivel freático, especialmente mientras se alcanzan las barras de perforación, lo cual crea un gradiente hidráulico ascendente que ocasiona una disminución de los esfuerzos efectivos, que puede inducir a la

licuefacción de los materiales en el fondo del sondeo y la pérdida de la muestra.”  
(Pietro DE MARCO Z, 2002)

### 1.3.2. Tipos de suelo

Existen dos formas de encontrar el tipo de suelo en el que será asentada la estructura, mediante los métodos de S.U.C.S. y de la A.S.H.T.O. Por lo que se ha determinado una tabla que indica mediante símbolos la clasificación que presenta S.U.C.S., en ésta se distinguen tres grandes grupos de suelos:

- **Suelos de grano grueso (G y S):** están formados por gravas con un contenido del 50% de finos.
- **Suelos de grano fino (M y C):** son suelos con al menos 50% de contenido de limos y arcillas.
- **Suelos orgánicos (O, Pt):** son suelos que contienen materia orgánica (Bañon Blazquez, 2015).

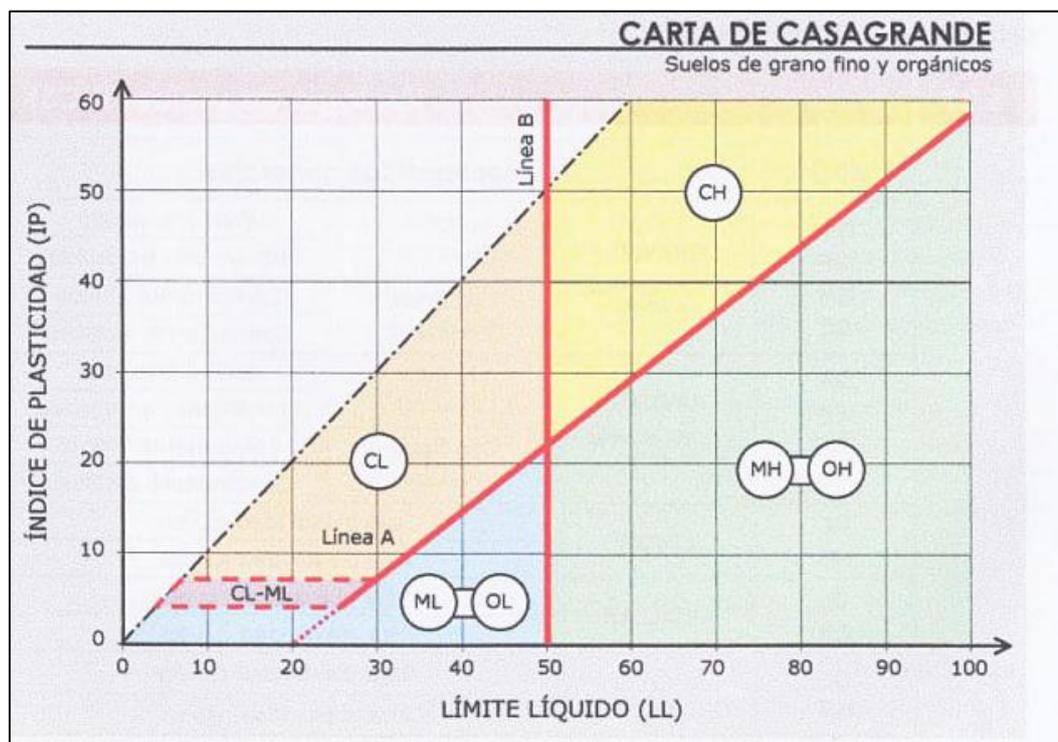


Figura 1.30: Carta de Casagrande para Suelos Cohesivos  
Fuente: (Bañon Blazquez, 2015).

En el siguiente cuadro podemos observar los diferentes tipos de suelo que existen según S.U.C.S. y las características que deben cumplir cada uno de ellos.

Tipología de suelos (SUCS)			
SÍMBOLO	Características generales		
GW	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
GP			Pobremente graduadas
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente graduadas
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Figura 1.31: Tabla de Clasificación de suelos según SUCS

Fuente: (Bañón Blazquez, 2015).

La clasificación según la A.A.S.H.T.O (American Association of State Highway and Transportation Officials) es una clasificación empírica de los suelos, originalmente fue desarrollada por geotécnicos como Terzaghi y Hogelentogler. Esta clasificación considera siete grupos de suelos nombrados des A-1 hasta A-7 respectivamente. Para identificar a que grupo pertenece el suelo analizado se requiere un análisis granulométrico y los límites de Atterberg. Para determinar la posición relativa dentro de cada grupo se requiere conocer el IG (Índice de Grupo) el cual es un valor que oscila entre 0 y 20 en función del porcentaje de suelo que pasa por el tamiz #200. En la siguiente tabla se encuentra la clasificación de los suelos y las características que cada uno debe cumplir.

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)						Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	
<b>ESTADO DE CONSISTENCIA</b> (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)	
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
<b>ÍNDICE DE GRUPO</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>≤ 4</b>		<b>≤ 8</b>	<b>≤ 12</b>	<b>≤ 20</b>		<b>≤ 20</b>			
<b>TIPOLOGÍA</b>	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
<b>CALIDAD</b>	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA						

Figura 1.32: Clasificación del suelo según AASHTO  
Fuente: (Bañon Blazquez, 2015).

En la actualidad la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) presenta cinco tipos de perfil de suelo para diseño sismorresistente, nombrados como A, B, C, D y E respectivamente, según las características que estos presenten.

Al observar la ubicación del Hospital, podemos notar que está asentado sobre un terreno plano; la isoyeta de la zona es de alrededor 2000 mm/ año, y la temperatura media anual oscila alrededor de los 14 grados centígrados.

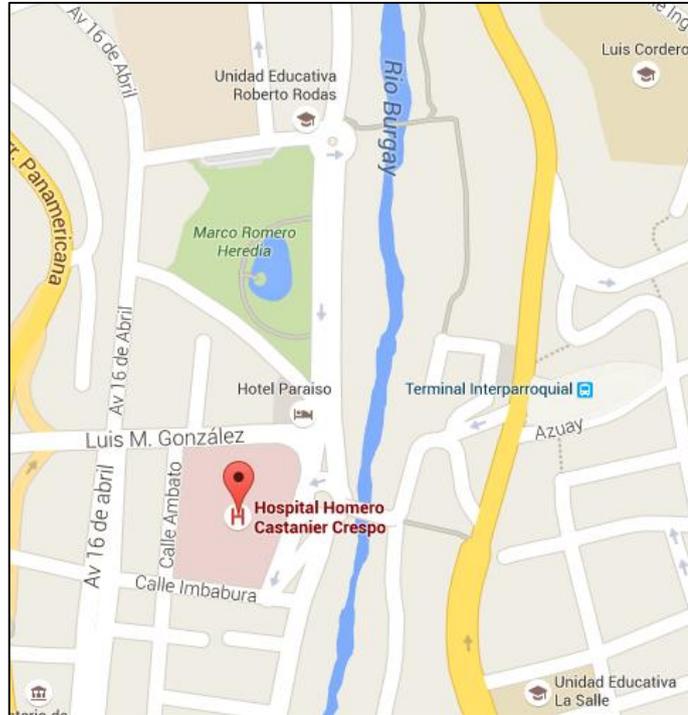


Figura 1.33: Ubicación de las calles que linderan el hospital  
Fuente: (Google Maps).

Se ha tomado la muestra del suelo de un sector que está a una distancia menor a 100 metros de la ubicación del Hospital; exactamente en la Av. 16 de abril, es decir a una calle del hospital, por esta razón consideramos que el suelo es el mismo, sobre el que está asentado el hospital.

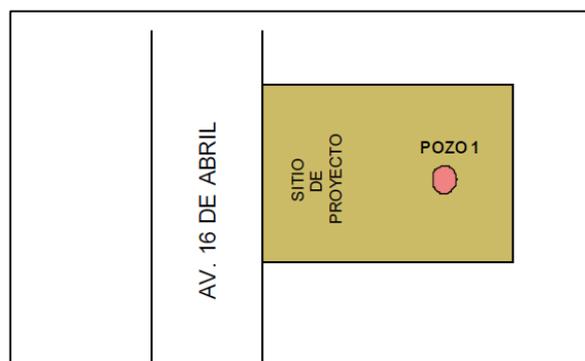


Figura 1.34: Ubicación del pozo donde se tomó la muestra de suelo  
Fuente: Estudio geotécnico realizado por el Ing. Juan Pablo Riquetti

En este terreno se procedió a la excavación de un pozo (Pozo1) a cielo abierto P.C.A y la obtención de muestras “alteradas” representativas de la estratigrafía de la subrasante, siendo la profundidad promedio de la prospección de 3.00 metros.

Tabla 1.13: Detalle de los pozos realizados a cielo abierto

Detalle de los Pozos a Cielo Abierto		
P.C.A	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRAS
1	3	1

Fuente: Estudios de suelos

Al realizar el estudio geotécnico se analizó que a la profundidad de 3 metros no se detecta la presencia de aguas freáticas, esto quiere decir que no existe inconvenientes en los diseños y construcción de cimientos. En el laboratorio se ha efectuado diferentes ensayos según las siguientes normas:

TIPOS DE ENSAYOS	NORMA	
CONTENIDO DE AGUA	INEN:	Co.09.02-312
	MOP:	E-122
	AASHTO:	T-93
	ASTM:	D-2216
GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO	INEN:	No existe
	MOP:	E-115
	AASHTO:	T-88
	ASTM:	D-422
LÍMITE LÍQUIDO	INEN:	Co.09.02-312
	MOP:	E-115
	AASHTO:	T-89
	ASTM:	D-423
LÍMITE PLÁSTICO	INEN:	Co.09.02-312
	MOP:	E-117
	AASHTO:	T-90
	ASTM:	D-424
CONO DE PENETRACION DINAMICO	INEN:	No existe
	MOP:	No existe
	AASHTO:	No existe
	ASTM:	No existe
CORTE DIRECTO	INEN:	No existe
	MOP:	No existe
	AASHTO:	T-236
	ASTM:	D-3080
DENSÍMETRO NUCLEAR	INEN:	No existe
	MOP:	No existe
	AASHTO:	T-310
	ASTM:	D-2922

Figura 1.35: Tipos de ensayos y normas que se cumplieron en el estudio de suelo  
Fuente: Estudio de suelo realizado por el Ingeniero Juan Pablo Riquetti

Al analizar los resultados obtenidos en el laboratorio se obtuvo que la clasificación de suelos mediante los métodos S.U.C.S. y A.A.S.H.T.O.

P.C.A.	MUESTRA (No.)	PROFUNDIDAD (m.)	SUCS	AASHTO
1	1	0.00 a 3.00	CH	A - 7 - 6 (12)

Figura 1.36: Detalle de la estratigrafía  
Fuente: Estudio de Suelos realizado por el Ingeniero Juan Pablo Riquetti

Según estos resultados; al analizar las propiedades físicas del suelo se obtuvo como resultado que el subsuelo del área estudiada está constituido según la S.U.C.S. por un suelo CH y según la A.A.S.H.T.O es un suelo A-7-6 (12), este tipo de suelos es un suelo arcilloso de alta compresibilidad, según las tablas de la NEC este suelo es un suelo tipo C. Constituyendo una subrasante de pobres características para ser usada como material de cimentación.

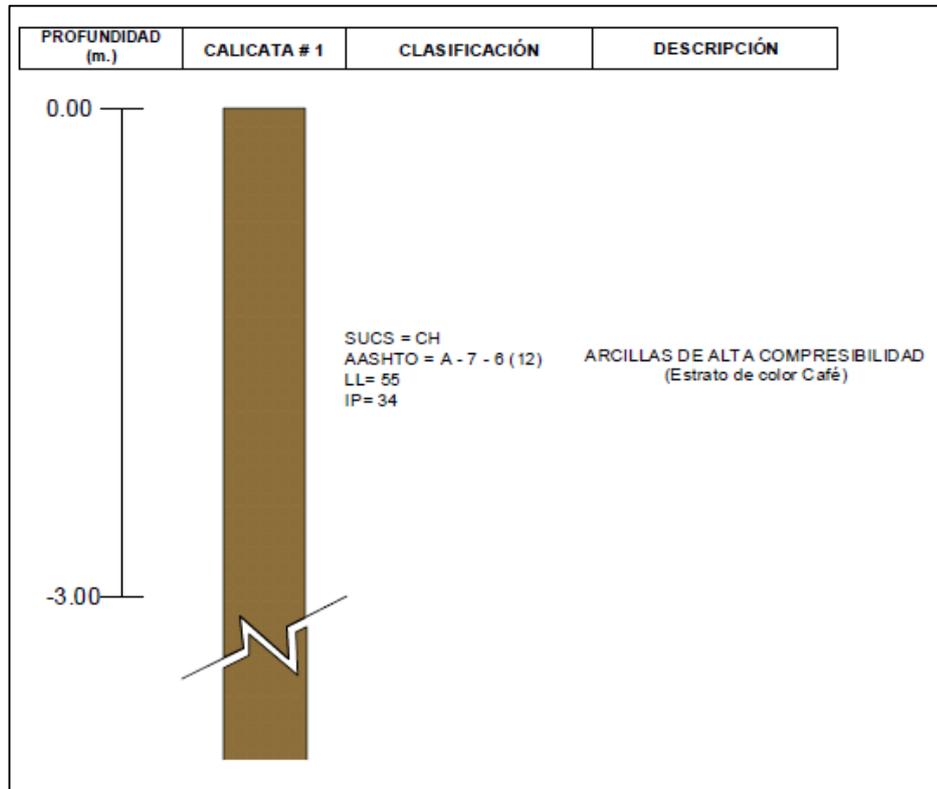


Figura 1.37: Columna Estratigráfica del Suelo Analizado.  
Fuente: Estudio de Suelos realizado por el Ingeniero Juan Pablo Riquetti.

## 1.4. Conclusiones

### 1.4.1. Análisis y tabulación de resultados de amenazas

Al analizar las diferentes amenazas a las que se expone el Hospital podemos identificar 10 las mismas que se clasifican de la siguiente manera:

- Fenómenos geológicos (sismos).
- Fenómenos hidrometeorológicos.
- Fenómenos sociales (concentración de población, personas desplazadas, viales).
- Fenómenos sanitarios ecológicos (epidemias, plagas).
- Fenómenos químico – tecnológicos (explosiones, incendios, fugas de materiales peligrosos).

Tabla 1.14: Tabulación de las Amenazas que tiene la institución Hospitalaria

AMENAZAS	FRECUENCIA
Fenómenos Geológicos	1
Fenómenos Hidrometeorológicos	0
Fenómenos Sociales	3
Fenómenos Sanitarios Ecológicos	2
Fenómenos Químico – Tecnológico	3
TOTAL	9

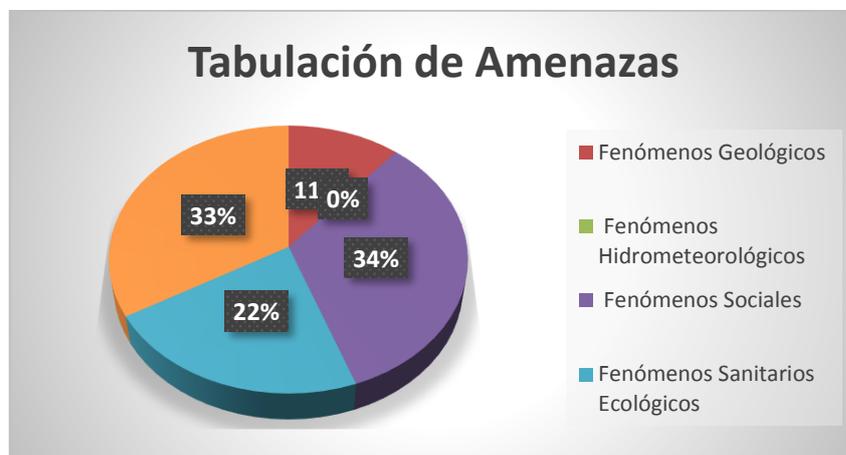


Figura 1.38: Gráfico de amenazas del Hospital Homero Castanier Crespo

### 1.4.2. Análisis y tabulación de resultados respecto a la seguridad estructural

Tabla 1.15: Análisis de aspectos relacionados con la seguridad estructural del hospital

Aspectos relacionados con la seguridad estructural	Bajo	Medio	Alto
Seguridad debido a antecedentes del establecimiento	1	1	0
Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.	1	2	7
Subtotal	2	3	7
Total	12		

Fuente: Datos del modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.

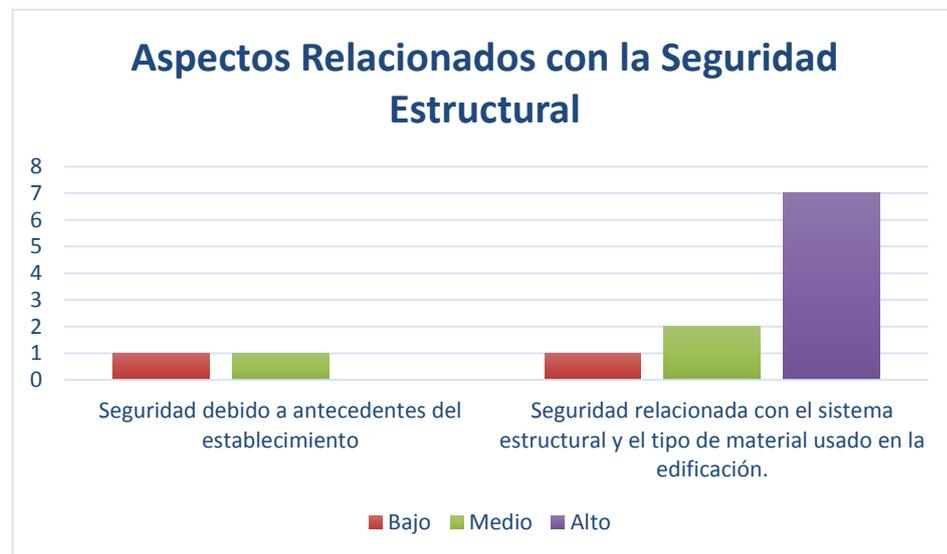


Figura 1.39: Gráfico de tabulación de los aspectos relacionados con la seguridad estructural.  
Fuente: Datos del modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.

### 1.4.3. Análisis y tabulación de resultados respecto a la seguridad no estructural

Tabla 1.16: Aspectos relacionados con la seguridad No Estructural

Aspectos relacionados con la seguridad no estructural	Bajo	Medio	Alto
Sistema eléctrico	1	1	6
Sistema de telecomunicaciones	0	0	7
Sistema de aprovisionamiento de agua	0	1	4
Depósito de combustible (gas, gasolina y diésel)	1	1	2
Gases medicinales	0	0	7
Sistemas de calefacción, ventilación y aire en áreas críticas	0	2	5
Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil	3	0	0
Equipos médicos, laboratorio y suministro	4	3	3
Elementos arquitectónicos	1	15	2
Subtotal	10	23	36
Total	69		

Fuente: Datos del modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.



Figura 1.40: Gráfico de tabulación de los aspectos relacionados con la seguridad no estructural. Fuente: Datos del modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.

#### 1.4.4 Análisis y tabulación de resultados respecto a la seguridad en base a la capacidad funcional

Tabla 1.17: Aspectos relacionados con la seguridad en base a la capacidad funcional.

Aspectos relacionados a la seguridad en base a la capacidad funcional	Bajo	Medio	Alto
Organización del comité hospitalario para desastres COE	0	2	8
Plan operativo para desastres internos o externos	1	19	4
Planes de contingencia para atención médica en desastres	3	3	0
Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de servicios vitales	2	4	2
Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo	5	4	1
Subtotal	11	32	15
Total	58		

Fuente: Datos del modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.

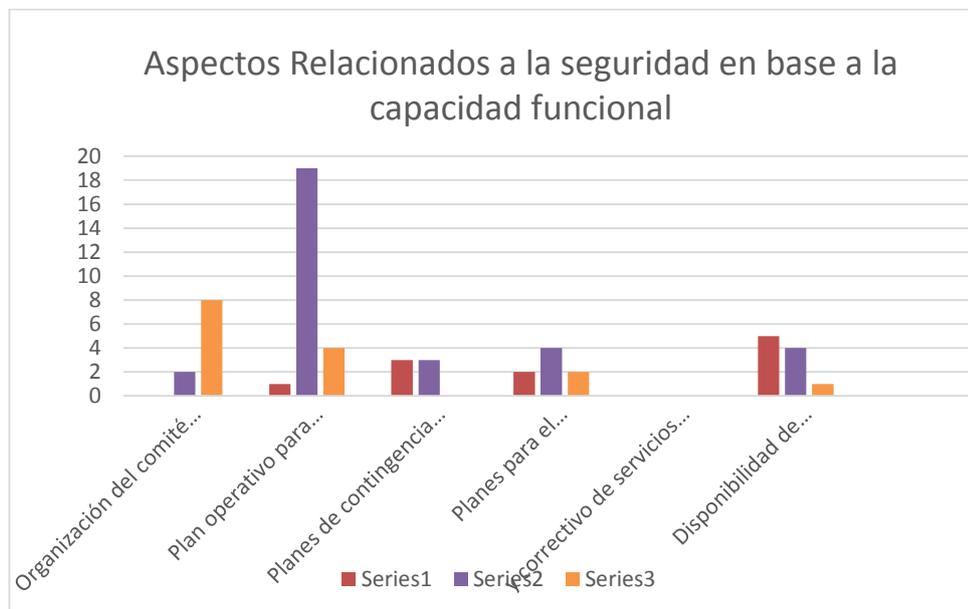


Figura 1.41: Gráfico de tabulación de los aspectos relacionados con la seguridad en base a la capacidad funcional.

Fuente: Datos del modelo matemático del índice de seguridad hospitalaria.

#### 1.4.5. Resultados del índice de seguridad hospitalaria

Para obtener los siguientes resultados se ha procedido a contestar el cuestionario e ingresarlo en un modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria el mismo es establecido por la OPS Y OMS. El modelo matemático establece tres parámetros fundamentales, la suma de las condiciones de estos tres parámetros nos dan como resultado el índice de seguridad; cada uno toma un porcentaje específico así:

- Seguridad estructural 50%
- Seguridad no estructural 30%
- Capacidad funcional 20%



Figura 1.42: Seguridad estructural del hospital  
Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

El gráfico antes presentado indica que el hospital en cuanto se refiere a su seguridad estructural tiene un grado alto de 49%, medio de 26% y bajo de 25%.



Figura 1.43: Seguridad no estructural del hospital  
Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

En tanto se refiere a la seguridad no estructural la institución hospitalaria presenta una probabilidad de 48% alto, 39% medio y 13% bajo.



Figura 1.44: Seguridad funcional del hospital  
Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

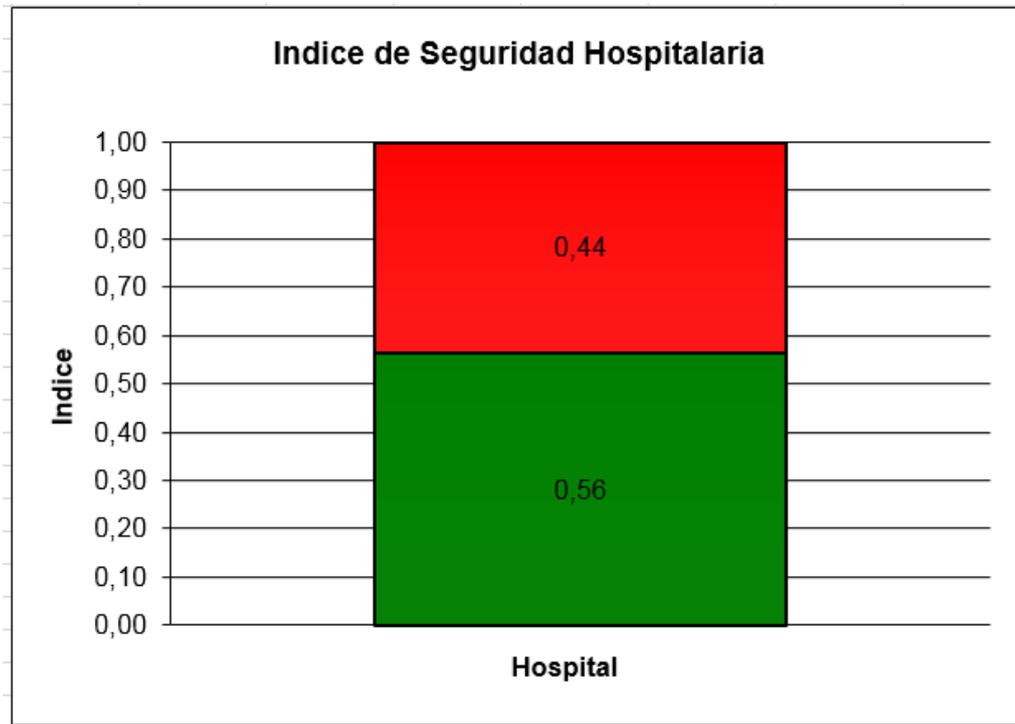


Figura 1.45: Resultado del Índice de seguridad Hospitalaria  
Fuente: Modelo matemático del Índice de Seguridad Hospitalaria

El modelo matemático según los datos que hemos introducido arroja este gráfico en el cual se observa un índice de seguridad igual a 0.56 y un índice de vulnerabilidad en este caso nos da 0.44. Según estos datos y observando las características que presenta el Hospital Homero Castanier Crespo, se obtiene que la institución se encuentra en categoría B.

Según dicta la OPS un hospital que se encuentre en categoría B debería seguir la siguiente recomendación:

“Se requieren medidas necesarias en el corto plazo, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento pueden potencialmente poner en riesgo a los pacientes, el personal y su funcionamiento durante y después de un desastre.” (Organización Panamericana de la Salud, 2008)

## CAPÍTULO 2

### AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA

La Norma Ecuatoriana de la construcción establece valores de cargas para diferentes tipos de estructuras, dependiendo de los materiales usados, de la zona en donde serán construidos y para que serán utilizados, de esta manera se presentan tablas que indican los valores mínimos que deben tomar en cuenta los diseñadores para obtener estructuras seguras y confiables.

#### 2.1. Cargas gravitacionales

Las cargas gravitacionales se refieren a todas aquellas que actúan sobre la estructura, como consecuencia de la acción de la gravedad, por esto siempre tienen dirección vertical, el peso propio es una de ellas, éste puede llegar a superar hasta 8 o 10 veces a la sobrecarga de uso, dependiendo del uso que se le dé a la estructura estos valores varían.

“Los códigos de la construcción simplifican el cálculo de las cargas que actúan sobre la estructura y los reemplazan con cargas equivalentes, éstas se obtienen mediante pruebas estadísticas.” (Díaz, 2005).

##### 2.1.1. Cargas vivas de uso

“Las sobrecargas que se utilicen en el cálculo dependen de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

- Corredores
- Hospitalización
- Consultorios

Tabla 2.1 Cargas vivas de uso

Ocupación o Uso	Carga uniforme (KN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (KN)
Hospitales		
Sala de quirófanos, laboratorios	2,90	4,50
Sala de pacientes	2,00	4,50
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4,00	4,50

Fuente: (NEC\_SE\_CG\_2014, 4.2).

### 2.1.2. Cargas muertas y permanentes

“Las cargas permanentes (o cargas muertas) están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales, tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

- Peso propio de la estructura
- Carga de paredes y mampostería
- Carga de instalaciones

Tablas 2.2 Cargas muertas y permanentes

Material	Carga (KN/m <sup>3</sup> )
Baldosa Cerámica	18
Hormigón Simple	22
Hormigón Armado	24
Ladrillo Artesanal	16
Bloque Hueco de Hormigón	12
Arena Seca	14,5
Ripio Seco	16
Grava	16
Acero	78,5
Vidrio Plano	26

Fuente: (NEC\_SE\_CG\_2014, 4.1).

## **2.2. Cargas accidentales**

Son aquellas cargas que se pueden presentar en cualquier momento provocando esfuerzos sobre la estructura.

### **2.2.1. Cargas sísmicas**

“Las cargas sísmicas son aquellas que se originan por fenómenos sísmicos, los mismos producen oscilaciones exigiendo que la estructura sufra esfuerzos adicionales para mantenerse en equilibrio. La magnitud que tiene un sismo se mide mediante la Escala Modificada de Mercalli, esto en función de los daños ocasionados; así mismo la Escala de Richter permite medir la intensidad del sismo en función de la energía liberada.” (Díaz, 2005).

“Los efectos más desfavorables, tanto de viento como de sismo, no necesitan ser considerados simultáneamente. Las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo a las siguientes combinaciones” (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

## **2.3. Tipo de suelo**

“Los parámetros utilizados en la clasificación según la NEC son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Aquellos perfiles que tengan estratos claramente diferenciables deben subdividirse, asignándoles un subíndice  $i$  que va desde 1 en la superficie, hasta  $n$  en la parte inferior de los 30 metros superiores del perfil”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Tabla 2.3 Clasificación de los perfiles de suelo

PERFIL	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s > $760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumpla con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o.	$760$ m/s > $V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumpla con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o.	$360$ m/s > $V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100$ kPa > $S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o.	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contempla las siguientes subclases:	
	F1- Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersos o débilmente cementados, Etc.	
	F2- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas)	
	F3- Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4- Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda(H>30m)	
	F5- Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de onda de corte.	
F6- Rellenos colocados sin contra ingenieril.		

Fuente: (NEC\_SE\_DS\_2014, 3.2.1).

Para el análisis del Hospital Homero Castanier Crespo se realizó un ensayo SPT, a una distancia menor a 100 metros del Hospital, al analizar los resultados que esta muestra se identifica que a una profundidad de 3 metros que es la profundidad a la que se tomó la muestra el suelo se identifica como un suelo clasificado como C según la NEC\_2014; de esta manera realizamos la modelación estructural con este tipo de suelo.

## 2.4. Zona sísmica

“El sitio donde se construirá la estructura determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, caracterizada por el valor del factor de zona Z, de acuerdo el mapa de zonificación. El valor de Z de cada zona representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014)

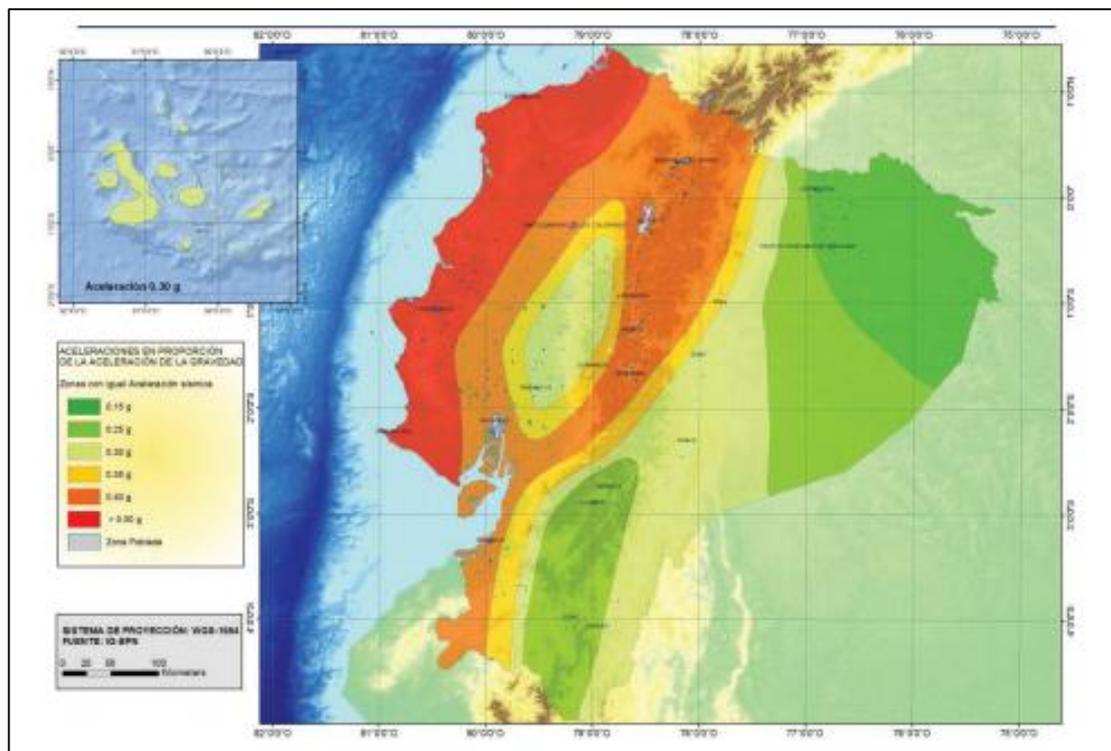


Figura 2.1: Mapa de zonificación sísmica del Ecuador.

Fuente: (NEC\_SE\_DS\_2014, 10.3).

“El mapa reconoce el hecho de que la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana es la principal fuente de generación de energía sísmica en el Ecuador.

“A este hecho se añade un complejo sistema de fallas local superficial que produce sismos importantes en gran parte del territorio ecuatoriano”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014).

Tabla 2.4 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0.50$
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: (NEC\_SE\_DS\_2014, 3.1.1).

Tabla 2.5 Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
AZOGUES	AZOGUES	AZOGUES	CAÑAR	0,25

Fuente: (NEC\_SE\_DS\_2014, 10.2).

El mapa de zonificación sísmica del Ecuador nos permite determinar el valor del factor Z de una manera visual y aproximada, sin embargo, para poder obtenerlo de una manera más precisa la NEC\_2014 nos brinda una lista que cuenta con las poblaciones ecuatorianas y sus respectivos valores de Z, como observamos en la tabla 2.5 que es un fragmento de la NEC\_SE\_DS\_2014,10.2; además sin perder de vista a la tabla 2.4 podemos concluir que esta ciudad se ubica en una zona sísmica II de alta amenaza sísmica.

## 2.4 Coeficientes de perfil de suelo

### 2.5.1 Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto (Fa)

Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. (NEC\_SE\_DS\_2014)

Tabla 2.6: Tipo de suelo y factor de sitio Fa

Tipo de perfil de suelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0.50$
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,4	1,25	1,1	1	0,85
F	Véase Tabla 2,3: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección de la NEC_SE_DS_2014, 10.5.4					

Fuente: (NEC\_SE\_DS\_2014, 3.2.2)

### 2.5.2. Coeficiente de amplificación de suelo (Fd)

Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. (NEC\_SE\_DS\_2014)

Tabla 2.7: Tipo de suelo y factor de sitio Fd

Tipo de perfil de suelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0.50$
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,1	1,75	1,7	1,65	1,6	1,5
F	Véase Tabla 2,3: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección de la NEC_SE_DS_2014, 10.6.4					

Fuente: (NEC\_SE\_DS\_2014, 3.2.2).

### 2.5.3. Coeficiente de amplificación de suelo (Fs)

Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

Tabla 2.8: Tipo de suelo y factor de sitio Fs

Tipo de perfil de suelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0.50$
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,4
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F	Véase Tabla 2,3: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección de la NEC_SE_DS_2014, 10.6.4					

Fuente: (NEC\_SE\_DS\_2014, 3.2.2).

## **2.6. Factor de importancia (I)**

“El propósito de este factor es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014)

El factor de importancia de este hospital de acuerdo con la NEC\_2014 es de 1.5; porque es una estructura que debe preservar la seguridad de sus ocupantes y mantener sus servicios al público en caso de emergencias.

## **2.7. Espectros de cálculo**

De forma general, espectro es una representación gráfica de la respuesta máxima (expresada en términos de: desplazamiento, velocidad, aceleración o cualquier otro parámetro de interés) que produce una acción dinámica determinada en una estructura u oscilador de un grado de libertad. En estos gráficos, se representa en abscisas el periodo propio de la estructura (o la frecuencia) y en ordenadas la respuesta máxima calculada para distintos factores de amortiguamiento.

Los espectros de respuesta y de diseño son herramientas indispensables de la dinámica estructural en el área del diseño sismo resistente, porque concentran la compleja respuesta dinámica en un parámetro clave: los valores de respuesta máxima de la aceleración, que es frecuentemente el más requerido por el diseñador para el cálculo de estructuras; sin embargo los espectros de respuesta omiten información importante dado que los efectos del terremoto sobre la estructura dependen no solo de la respuesta máxima sino también de la duración del movimiento y del número de ciclos con demanda significativa de desplazamientos.

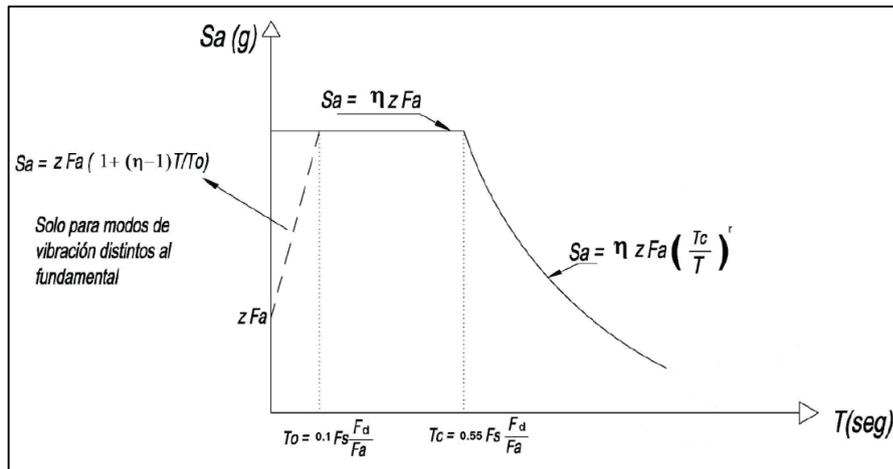


Figura 2.2: Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones  
Fuente: (NEC\_SE\_DS\_2014, 3.3.1).

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones  $S_a$ , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño, requiere de los factores ya descritos en este capítulo y los que se detalla a continuación:

$\eta$ : Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA (valor de la aceleración sísmica máxima en el terreno) para el periodo de retorno seleccionado. Varía dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

- $\eta = 1.80$  Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$  Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$  Provincias del Oriente

**Fa:** Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó.

**Fd:** Coeficiente de amplificación de suelo.

**Fs:** Coeficiente de amplificación de suelo.

**Sa:** Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura.

**I:** Factor de importancia.

**T:** Periodo fundamental de vibración de la estructura.

**T0:** Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

**TC:** Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

**Z:** Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la grave.

**r:** Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto:

- $r = 1$  para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
- $r = 1.5$  para tipo de suelo E

Como se mencionó con anterioridad, la definición de espectro ha obtenido una alta aprobación como instrumento de la dinámica estructural. Es por ello que se han desarrollado diversos tipos de espectros, los cuales presentan propiedades diferentes y se utilizan con distintos objetivos. Para esta investigación analizaremos dos espectros:

### **2.7.1 Espectro de respuesta elástica**

Los espectros de respuesta elástica representan parámetros de respuesta máxima para un sismo fijo, y normalmente incorporan varias curvas que tienen en cuenta particulares factores de amortiguamiento. Se emplean básicamente para el estudio de las características del sismo establecido y su consecuencia sobre las estructuras. Además, las curvas de estos espectros presentan variaciones bruscas, con numerosos picos y valles, que resultan de la complejidad del registro de aceleraciones del sismo, por lo tanto, los espectros de respuesta no pueden ser usados para el diseño sismo resistente.

Para la definición del espectro de respuesta elástica de aceleraciones de este trabajo de investigación se toma en cuenta los parámetros detallados a lo largo de este capítulo y resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 2.9: Parámetros del espectro

Z: Factor de zona		Z = 0,25
Zona sísmica:	II	
n: Relación de amplificación espectral		$\eta = 2,48$
Región sísmica:	Sierra, Esmeraldas y Galápagos	
Fa: Factor de sitio		Fa = 1,30
Fd: Factor de sitio		Fd = 1,28
Fs: Factor de sitio		Fs = 0,94
Tipo de suelo:	C	
Zona sísmica:	II	
I: Factor de importancia		I = 1,50
Importancia de la obra:	Edificaciones esenciales y/o peligrosas	
r: Exponente que define la rama descendente del espectro		r = 1,00
Tipo de suelo:	C	
Tc: Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro		Tc = 0,51s

Fuente: Resultados de CYPECAD-2016.

Dando como resultado la siguiente gráfica:

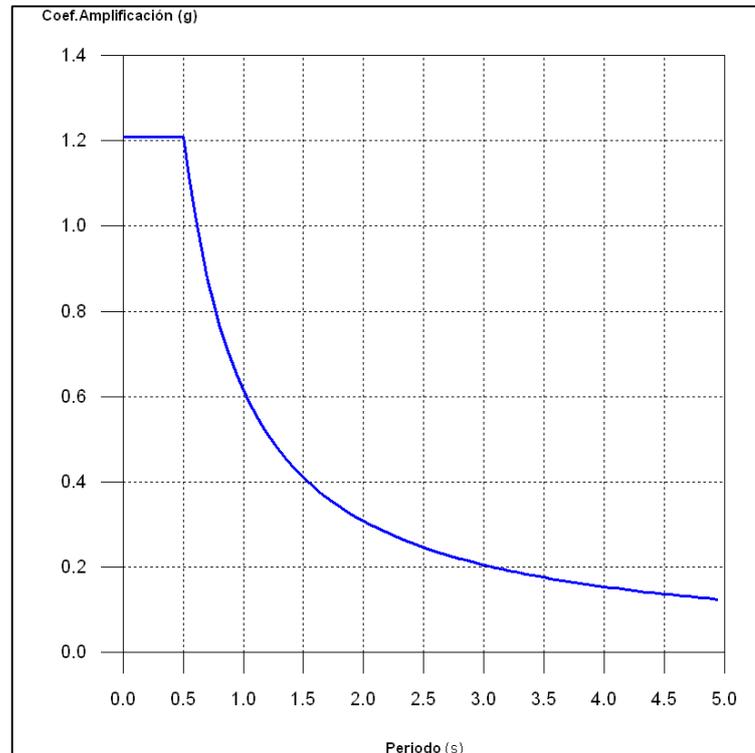


Figura 2.3: Espectro elástico de aceleraciones

Fuente: Justificación de la acción sísmica, CYPECAD-2016.

### 2.7.1. Espectro de diseño

Los espectros de diseño carecen de variaciones bruscas en sus gráficos y consideran el efecto de varios sismos, es decir que representan una envolvente de los espectros de respuesta de los sismos típicos de una zona. Estos son los que se emplearán para el diseño sismo resistente.

Es muy importante que se distinga entre: los espectros de respuesta, que se obtienen a partir de un evento sísmico dado, y espectros de diseño, los cuales se aplican al cálculo y verificación de estructuras y representan la sismicidad probable del lugar.

Para la obtención del espectro de diseño sísmico de esta investigación se toma el espectro de respuesta elástico y se lo divide para el coeficiente ( $R \cdot \phi_P \cdot \phi_E$ ) donde:

$R_x$ : Factor de reducción (X) (NEC\_SE\_DS\_2014, Tabla 15 y 16)

$R_y$ : Factor de reducción (Y) (NEC\_SE\_DS\_2014, Tabla 15 y 16)

$\phi_P$ : Coeficiente de regularidad en planta (NEC\_SE\_DS\_2014, 5.2.3a)

$\phi_E$ : Coeficiente de regularidad en elevación (NEC\_SE\_DS\_2014, 5.2.3b)

Tabla 2.10: Factor de comportamiento/Coeficiente de ductilidad

$R_x$	=	8,00
$R_y$	=	8,00
$\phi_P$	=	0,90
$\phi_E$	=	0,90

Fuente: Resultados de CYPECAD-2016.

Obteniendo como resultados los espectros de diseño del lugar en los siguientes gráficos:

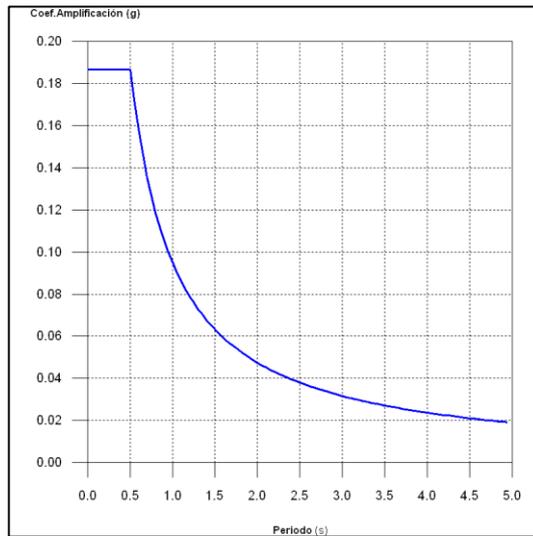


Figura 2.4: Espectro de diseño según X  
Fuente: Justificación sísmica, CYPECAD-2016.

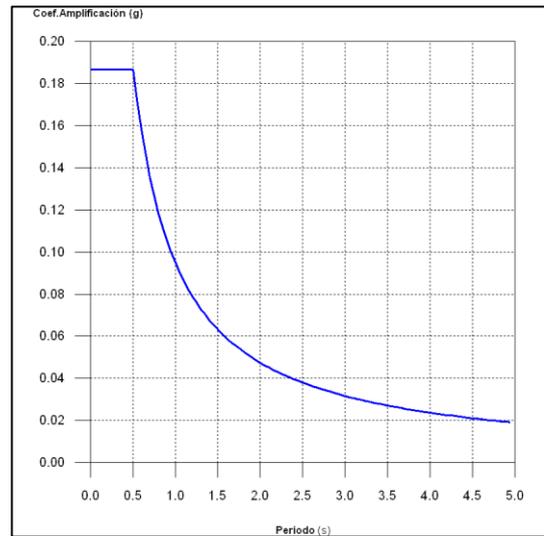


Figura 2.5: Espectro de diseño según Y  
Fuente: Justificación sísmica, CYPECAD-2016.

## 2.8. Combinaciones de carga

Las combinaciones de cargas: permanentes, variables y accidentales; sirven para el análisis dinámico de la estructura de esta entidad de salud, puesto que en su modelación dinámica se dimensionan los elementos estructurales de acuerdo a la sollicitación más desfavorable producida de estas combinaciones de cargas y así poder comprobar con sus dimensiones reales.

Según sea el tipo de carga, esta se encuentra representada de la siguiente manera:

**D** Carga permanente

**E** Carga de sismo

**L** Sobrecarga (carga viva)

**Lr** Sobrecarga cubierta (carga viva)

**S** Carga de granizo

**W** Carga de viento

Las estructuras, componentes y cimentaciones, en la modelación dinámica de CYPECAD serán diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo a las siguientes combinaciones: (Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2014)

**Combinación 1:**

1.4 D

**Combinación 2:**

1.2 D + 1.6 L + 0.5max [Lr; S; R]

**Combinación 3:**

1.2 D + 1.6 max [Lr; S; R] + max [L; 0.5W]

**Combinación 4:**

1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max [Lr; S; R]

**Combinación 5:**

1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S

**Combinación 6:**

0.9 D + 1.0 W

**Combinación 7:**

0.9 D + 1.0 E

## CAPÍTULO 3

### MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA

Se elaboró dos tipos de modelaciones digitales de esta entidad hospitalaria:

- Una maqueta virtual del Hospital Homero Castanier Crespo en un modelo de información de construcción (BIM), usando un programa que permite “modelar en tres dimensiones la edificación, incorporando la información necesaria para facilitar el diseño, la construcción y la operación de un proyecto” (Aguilar, 2012).
- Una modelación dinámica de la estructura de la entidad hospitalaria que permite realizar simulaciones sísmicas.

#### 3.1. Idealización del modelo de la estructura hospitalaria

La idealización del modelo de la estructura del Hospital Homero Castanier Crespo se llevó a cabo mediante una maqueta virtual en donde se crea un modelo inteligente de la edificación, es decir, es una representación digital en 3D que cuenta con todas las características estructurales, arquitectónicas, de instalaciones y de uso; facilitando la manipulación de forma efectiva de toda esta información. Para llevar a cabo este proceso se hizo uso de ARCHICAD, un programa BIM (Building Information Modeling), que permite simular el edificio y entender su comportamiento en un entorno virtual.

La maqueta virtual del Hospital Homero Castanier Crespo cuenta con todos los equivalentes virtuales de los elementos constructivos que forman la edificación, es decir, estos elementos tienen todas las características físicas y lógicas de los componentes reales. La misma se detalla en el Anexo 3 y 4.

### **3.2. Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado**

La modelación Dinámica es una representación que describe la conducta de la estructura en la realidad, nos permite identificar las posibles zonas de falla, y las características de reacción de la estructura frente a un evento sísmico.

Implica un análisis estructural de la entidad hospitalaria considerando aspectos importantes como: la geometría de la estructura, las propiedades de los diferentes materiales que la constituyen, las condiciones y acciones en donde se apoya, la magnitud y ubicación de cargas permanentes y variables.

Para poder determinar las características de los diferentes elementos estructurales (columnas, vigas y losas) y corroborar con la información en planos estructurales y de detalles de la edificación, se realizaron ensayos no destructivos (END) empleando equipos como: esclerómetro, scanner y ultrasonido; para poder detectar alguna anomalía en la construcción del elemento analizado sin afectar su estructura o características.

Para la modelación dinámica del Hospital Homero Castanier Crespo se empleó el programa CYPECAD que incorpora en su desarrollo tecnologías informáticas y la fiabilidad de sus cálculos está garantizada por la norma ISO-9001 Y 2000.

CYPECAD es un software que utiliza métodos matriciales y de rigidez formando así todos los elementos que definen a la estructura. Este software se encuentra equipado con la normativa propia de cada país.

Para los diseños en Ecuador se emplean las siguientes normas:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-2014
- AISC 360-10 “American Institute of Steel Construction” 2010
- ACI-318-11 “Diseño de Estructuras de Concreto”
- ANSI/AISC 360-10 “American National Standard Institute” para el diseño de estructuras de acero laminado

- AISI-LRFD “Load and Resistance Factor Design” para el diseño de estructuras de acero conformado

La versión que se utilizó del programa CYPECAD fue una versión Campus 2016. Para poder realizar la modelación dinámica y el cálculo en el programa CYPECAD de la edificación del hospital se procedió a dividirla en bloques por la presencia de juntas constructivas que el programa no puede reconocer.

A continuación, se presentan los bloques en los que se dividió la entidad hospitalaria:

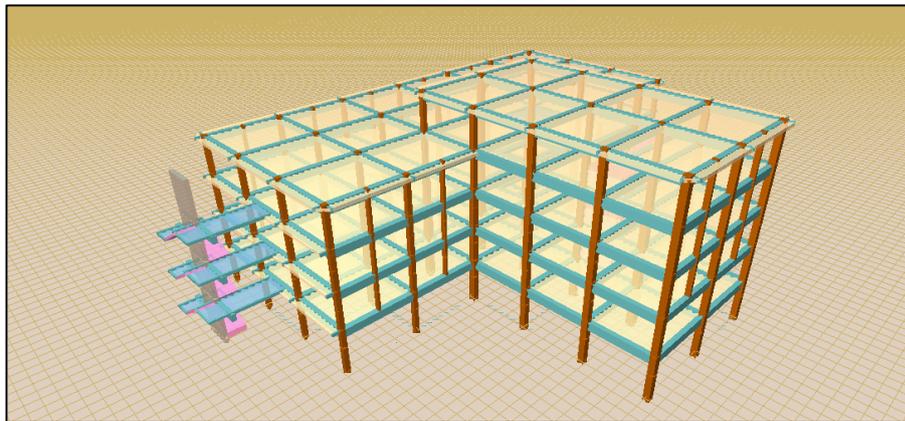


Figura 3.1: Bloque Principal  
Fuente: CYPECAD-2016.

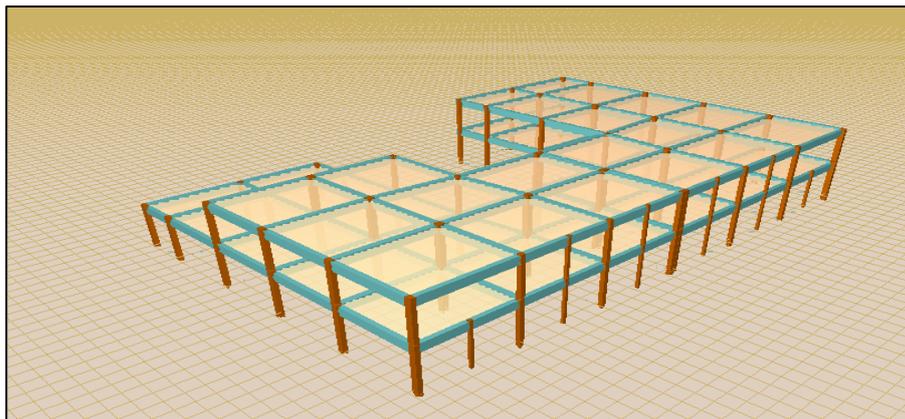


Figura 3.2: Bloque 1  
Fuente: CYPECAD-2016.

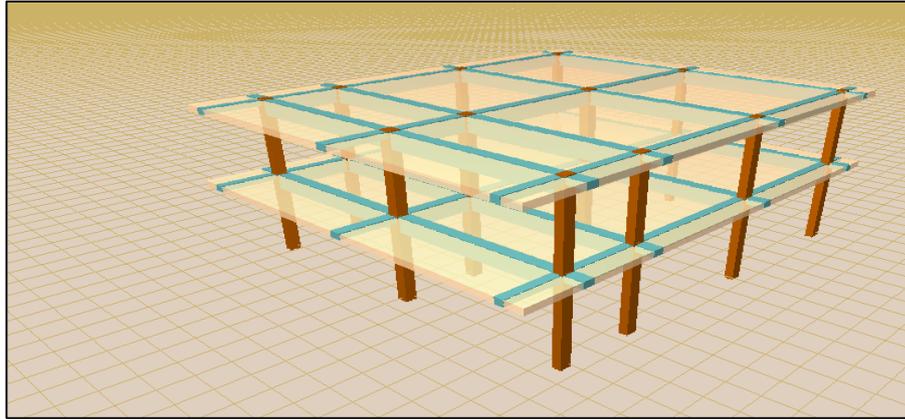


Figura 3.3: Bloque 2  
Fuente: CYPECAD-2016.

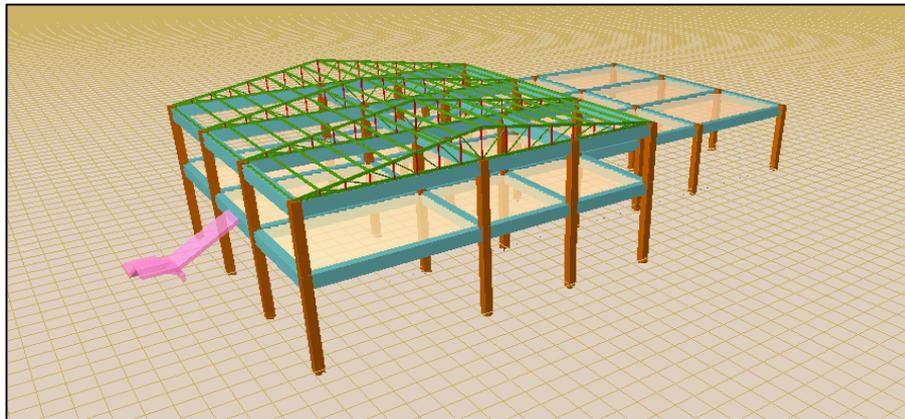


Figura 3.4: Bloque Casa de Maquinas  
Fuente: CYPECAD-2016.

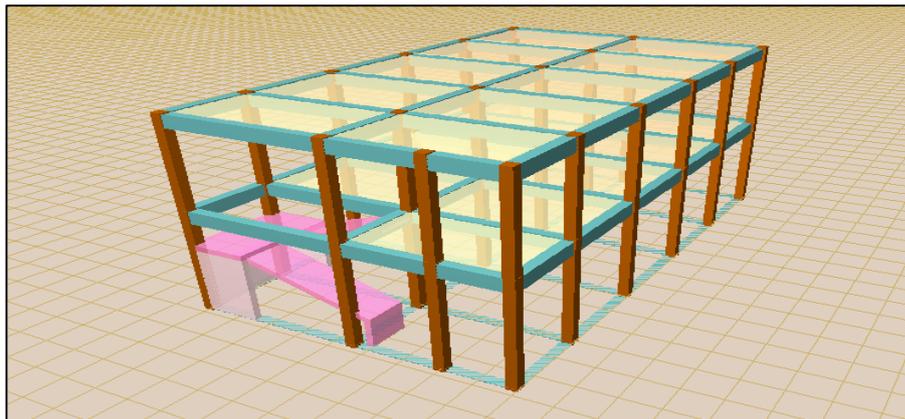


Figura 3.5: Bloque Consultorios  
Fuente: CYPECAD-2016.

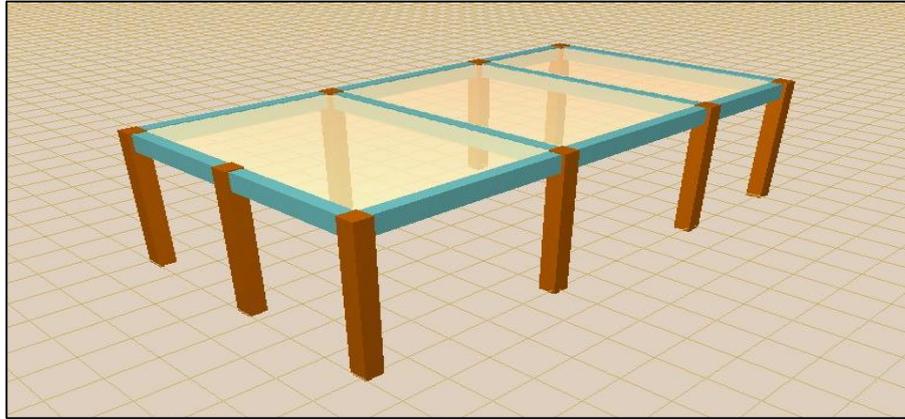


Figura 3.6: Bloque Tomografía  
Fuente: CYPECAD-2016.

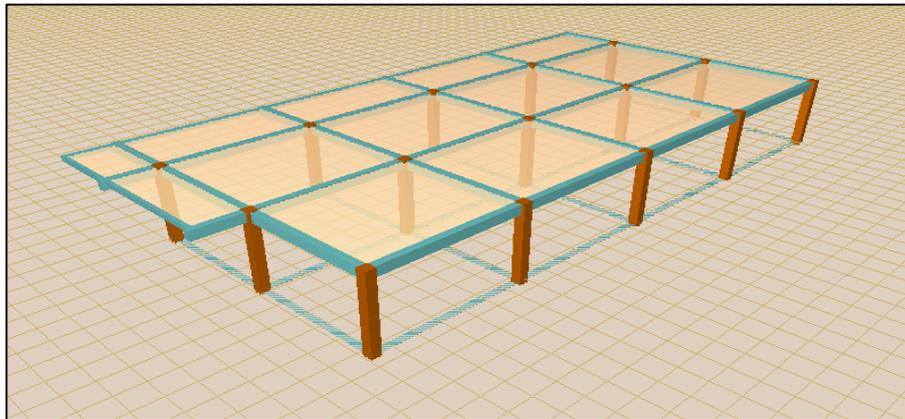


Figura 3.7: Bloque de Emergencia  
Fuente: CYPECAD-2016.

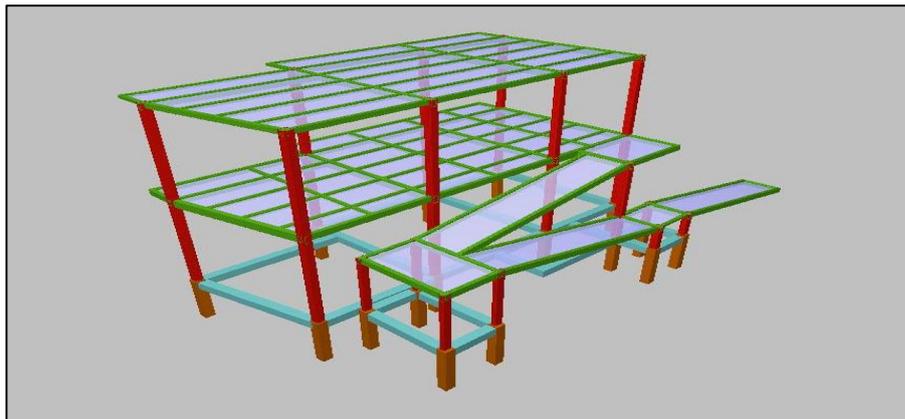


Figura 3.8: Bloque Fisioterapia I  
Fuente: CYPECAD-2016.

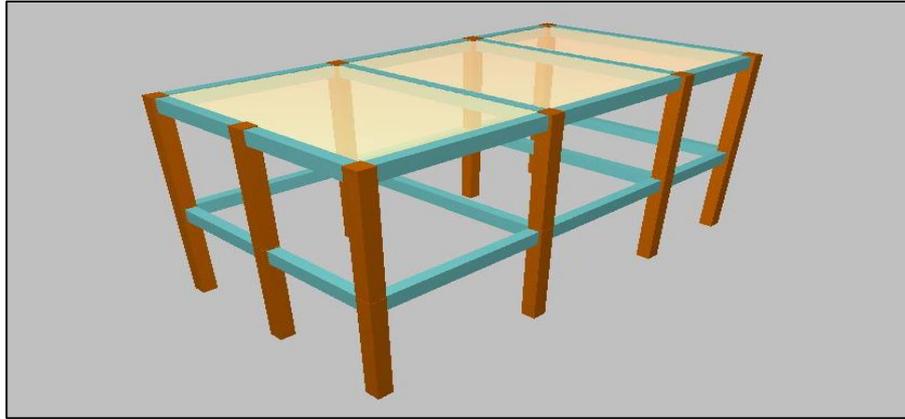


Figura 3.9: Bloque Fisioterapia II

Fuente: CYPECAD-2016.

### 3.3. Respuesta estructural

CYPECAD en su análisis dinámico emplea una respuesta estructural de estas edificaciones en función de los siguientes parámetros: rigidez, resistencia y ductilidad; que son considerados los más influyentes en el estudio de la ingeniería sísmica.

#### 3.3.1. Rigidez

La rigidez indica la capacidad para soportar cargas sin alcanzar grandes deformaciones o desplazamientos que posee una estructura y sus componentes. Los mecanismos resistentes a fuerzas laterales son los que proporcionan principalmente la rigidez en una edificación. (Hernández Yoc, 2012).

La rigidez se puede ver afectada por algunos de estos factores:

- Propiedades físicas y mecánicas de los materiales: módulo de elasticidad “E” y módulo de elasticidad al cortante “G”.
- La sección de los elementos estructurales: sección transversal “A”, momento de flexión inercia “I”, momento de torsión de inercia “J” y su orientación.
- Las propiedades que poseen los miembros estructurales: sección transversal, altura y proporción dimensional.

- El número de elementos que llegan a un nudo.
- Sistema empleado para resistir cargas de sismo, la distribución de la rigidez del miembro y el tipo de miembros verticales que asocian diafragmas horizontales. (Hernández Yoc, 2012).

### **3.3.2. Resistencia**

La resistencia es la capacidad de soportar la acción de fuerzas que posee un conjunto de miembros o un miembro. Para poder cuantificar la resistencia de una estructura se consideran: la resistencia axial, la resistencia a la flexión y la resistencia al corte. (Hernández Yoc, 2012).

La respuesta de la resistencia de una estructura se puede ver afectada por alguno de estos factores:

- Las propiedades de los materiales utilizados: los materiales compuestos por fibras los hacen adecuados para aplicaciones de ingeniería sísmica estructural.
- Las propiedades de la sección transversal escogida: el área influye en la fuerza axial y de corte, mientras que el momento de inercia “I” y el momento polar de inercia “J” en la flexión y a la torsión. También una sección adecuada mejora el comportamiento y reduce la cantidad de refuerzo.
- Las propiedades de cada uno de los miembros y de los nudos.
- Las propiedades del sistema utilizado por ejemplo para que tipos de cargas podría soportar la estructura.

### **3.3.3. Ductilidad**

La ductilidad es la capacidad que tiene un material para deformarse más allá del rango elástico. Al deformarse un material éste libera energía. Cuando la rigidez de un elemento se degrada pierde elasticidad y resistencia; la ductilidad permite que el elemento tenga la capacidad de deformarse un poco más de lo que permite su rigidez, evitando un colapso abrupto. (Hernández Yoc, 2012).

La ductilidad de una edificación puede verse afectada por:

- La capacidad de deformación plástica de la sección transversal.
- La ductilidad de los nudos.
- La ductilidad de la estructura.

### **3.4. Diseño por capacidad**

El diseño por capacidad es una metodología de diseño por flexión de los componentes de concreto de una edificación que se basa sobre un “comportamiento hipotético” de la estructura frente a acciones sísmicas. Este “comportamiento hipotético” considera que la estructura en respuesta a acciones sísmicas alcance su estado cerca al colapso, y que se formen simultáneamente en localizaciones predeterminadas rótulas plásticas con la finalidad de que se forme un mecanismo de colapso simulando un comportamiento dúctil. (Burgos Namuche, 2007).

Las resistencias a flexión de las columnas deben satisfacer la siguiente ecuación para cumplir el criterio de columna fuerte viga débil:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \cdot \Sigma M_{nb} \text{ (ACI 318M-11) (Artículo 21.6.2.2)}$$

Donde:

$\Sigma M_{nc}$ : Suma de los momentos nominales a flexión de las columnas.

$\Sigma M_{nb}$ : Suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas.

### **3.5. Esfuerzos últimos. (Diseño por Resistencia Última)**

El esfuerzo último o estado límite corresponde a las máximas solicitaciones que pueden resistir los miembros estructurales sin llegar a alcanzar las condiciones de inseguridad tales como: rotura frágil, fisuración excesiva, pandeo, rotaciones admisibles, fatiga, vibraciones o pérdidas de funcionalidad y equilibrio.

El método de diseño por resistencia provee un determinado margen de seguridad mediante dos recursos:

- Disminuye la resistencia nominal mediante el uso de un factor de reducción de la resistencia  $\phi$ .
- Aumenta la resistencia requerida usando cargas o solicitaciones mayoradas

$$\text{Resistencia de Diseño} \geq \text{Resistencia Requerida}$$

La resistencia de diseño es igual a un factor de reducción de la resistencia  $\phi$  multiplicado por la resistencia nominal de un elemento o de una sección transversal; y la resistencia requerida se expresa en términos de cargas mayoradas o de las fuerzas y momentos internos correspondientes. Las cargas mayoradas son las cargas especificadas en el reglamento general de construcción multiplicadas por los factores de carga apropiados.

El factor asignado de cada carga está influenciado por el grado de precisión con el cual normalmente se puede calcular la carga y por las variaciones esperadas para dicha carga durante la vida de la estructura. Por esta razón, a las cargas muertas que se determinan con mayor precisión y sin menos variables se les asigna un factor de carga más bajo que a las cargas vivas. Los factores de carga también toman en cuenta variabilidades inherentes al análisis estructural empleado al calcular los momentos y cortantes. (ACI 318M-11).

El factor de reducción de resistencia debe ser:

Tabla 3.1 Valores del factor de reducción de resistencia

Secciones controladas por tracción	0.9
Secciones controladas por compresión	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos con refuerzo en espiral</li> </ul>	0.75
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otros elementos reforzados</li> </ul>	0.65
Cortante y torsión	0.75

Aplastamiento en el concreto (excepto para anclajes de postensado y modelos puntal-tensor)	0.65
Zonas de anclaje de postensado	0.85
Los modelos puntal-tensor y puntales, tensores, zonas de nodos y áreas de apoyo en esos modelos	0.75
Las secciones a flexión	0.75 – 0.9

Fuente: (ACI 318M-11, Artículo 9).

Los estados límites se clasifican en:

### 3.5.1. Estados límites últimos (E.L.U.)

Estos estados garantizan el no fallo parcial o total de la estructura ya que si se llegara a rebasar dichos estados se presentaría considerables daños materiales ya que los E.L.U. se encuentran profundamente asociados al colapso u otras formas de fallo producidas por las cargas factorizadas que actúan en la estructura.

Los estados límites últimos que se deben considerar son:

- Pérdida de equilibrio de la estructura o de una parte de la misma, considerada como cuerpo rígido.
- Fallo por deformación excesiva, rotura o inestabilidad de la estructura o de una parte de la misma, incluso sus cimentaciones.

En CYPECAD los estados límites últimos se definen para la comprobación y dimensionamiento de secciones. Y el programa comprueba los siguientes estados:

- E.L.U. de rotura. Hormigón. Dimensionado de secciones.
- E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones. Dimensionado de secciones.
- Tensiones sobre el terreno. Comprobación de tensiones en el terreno.

- Desplazamientos. Para la obtención de desplazamientos máximos.
- E.L.U. de rotura. Acero laminado y armado. Dimensionado de secciones.
- E.L.U. de rotura. Acero conformado. Dimensionado de secciones.
- E.L.U. de rotura. Madera. Dimensionado de secciones.
- E.L.U. de rotura. Aluminio. Dimensionado de secciones. (CYPECAD , 2016)

### **3.5.2. Estados límites de servicio (E.L.S.)**

Cuando se excede uno o varios E.L.S. la estructura no cumple con los criterios de servicio especificado para la que fue construida, produciéndose pérdida de funcionalidad o deterioro de la edificación.

Los estados límites de servicio que se deben considerar son:

- Deformaciones que puedan afectar a la apariencia o al uso de la estructura o causar daños a los acabados o a elementos no estructurales.
- Vibraciones que molesten a las personas, dañen el edificio o limiten su funcionalidad.

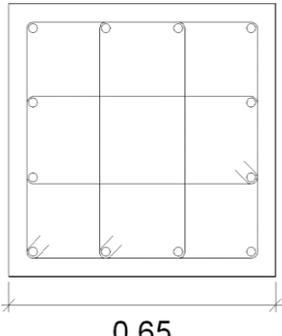
### **3.6. Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales**

Una vez completada la modelación dinámica del Hospital Homero Castanier Crespo se efectuará un análisis comparativo de los elementos estructurales (columnas y vigas) con los datos obtenidos en los ensayos no destructivos y la norma actual de la construcción (NEC).

#### **3.6.1. Columnas**

Luego de analizar los resultados obtenidos en el programa se escogió la columna más desfavorable de todo el hospital, la misma se presenta a continuación, con sus respectivas características.

Tabla 3.2: Datos generales de la columna tipo.

Datos de la columna	
 <p style="text-align: center;">0.65</p>	Geometría
	Dimensiones : 65x65 cm
	Tramo : -0.100/3.640 m
	Altura libre : 3.09 m
	Recubrimient: 4.0 cm
	Tamaño máx: 15 mm
Materiales	Longitud de pandeo
Hormigón : $f_c=210$	Plano ZX : 3.09 m
Acero : Grado 60 (Latinoamérica)	Plano ZY : 3.09 m
Armadura longitudinal	Armadura transversal
Esquina : 4Ø22	Estribos : 3eØ8
Cara X : 4Ø22	Separación : 10 - 20 cm
Cara Y : 4Ø22	
Cuantía : 1.08 %	

Fuente: CYPECAD-2016.

Tabla 3.3: Comprobaciones de la columna tipo

Tramos	Dimensiones		Armadura			
	b(cm)	h(cm)	Longitudinal			Transversal
			Esquina	Cara X	Cara Y	
N+13,46 - N+16,70	50	50	4Ø22mm	-	2Ø16mm	2Ø8mm
N+10,22 - N+13,46	50	50	4Ø22mm	2Ø22mm	2Ø22mm	2Ø8mm
N+6,98 - N+10,22	50	50	4Ø22mm	2Ø22mm	2Ø22mm	2Ø8mm
N+3,74 - N+6,98	60	60	4Ø22mm	4Ø22mm	4Ø22mm	3Ø8mm
N±0,00 - N+3,74	65	65	4Ø22mm	4Ø22mm	4Ø22mm	3Ø8mm

Disposiciones relativas a las armaduras ACI 318M-11				Armadura mínima y máxima ACI 318M-11	
Armadura long.	Armadura transversal			Armadura long.	
	$S_l \geq S_{l,min}$	$S_t \geq S_{t,min}$	$S_t \leq S_{t,max}$	$d_{b,t} \geq \phi 10mm$	$A_{st} \geq 0,01 \cdot A_g$
✓	✓	✓	✗	✗	✓
✓	✓	✓	✗	✓	✓
✓	✓	✓	✗	✓	✓
✓	✓	✓	✗	✓	✓
✓	✓	✓	✗	✓	✓

Estado límite de agotamiento frente a cortante ACI 318M-11					
Combinaciones no sísmicas	Combinaciones sísmicas	Armadura transversal			
		$S \leq S_{max}$		$A_v \geq A_{v,min}$	
$\eta \leq 1$	$\eta \leq 1$	En el eje X	En el eje Y	En el eje X	En el eje Y
✓	✗	✓	✗	✓	✓
✓	✓	-	-	-	-
✓	✓	-	-	-	-
✓	✓	-	-	-	-
✓	✓	✓	✓	✓	✓

Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales ACI 318M-11			
Combinaciones no sísmicas		Combinaciones sísmicas	
$\eta \leq 1$	$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$	$\eta \leq 1$	$P_u \leq \phi \cdot P_{n,max}$
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✗	✓

Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11							
Geometría	Armadura long.		Armadura transversal			Ganchos	
			$A_{sh} \geq A_{sh,min}$		$S_o \leq S_{o,max}$	$h_x \leq 350mm$	
$b \geq 300mm$	$A_{st} \geq 0,01 \cdot A_g$	$A_{st} \leq 0,06 \cdot A_g$	En el eje X	En el eje Y			En el eje X
✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓
✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓
✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓

Criterios de diseño por sismo para elementos en flexo-compresión NEC-2014					
Cuantía máxima de armadura longitudinal		Armadura transversal			
		$A_1 \geq A_{sh}$		$S \leq \min(6 \cdot d_{b,1}; 100mm)$	$X_1 \leq 350mm$
$\rho_g \geq 0,01$	$\rho_g \leq 0,03$	En el eje X	En el eje Y		
✗	✓	✓	✗	✓	✗
✗	✓	✓	✗	✓	✗
✓	✓	✗	✗	✓	✗
✓	✓	✗	✗	✓	✗
✓	✓	✗	✗	✓	✓

Resistencia mínima a flexión de columnas ACI 318M-11				Cortante de diseño para columnas ACI 318M-11	
$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \cdot \Sigma M_{nb}$					
Sismo X		Sismo Y		$\phi \cdot V_n \geq V_e$	
S+	S-	S+	S-	En el eje X	En el eje Y
✗	✗	✗	✗	✗	✗
✗	✗	✗	✗	✓	✓
✗	✗	✗	✗	✓	✗
✗	✗	✗	✗	✓	✓
✗	✗	✗	✗	✗	✗

Diseño del refuerzo principal en columnas NEC-2014				Resistencia a cortante de elementos en flexocompresión NEC-2014	
$\phi_s \cdot M_N \geq M_{CP}$				$\phi_s \cdot V_N \geq \phi^0 V_E + 0,1 \cdot \mu \cdot V_{E,base} \leq (M_t^0 + M_b^0) / H_c$	
SX+	SX-	SY+	SY-	X	Y
✗	✗	✗	✗	✗	✗
✗	✗	✗	✗	✓	✓
✗	✗	✗	✗	✗	✗
✓	✓	✓	✓	✓	✓
✗	✗	✗	✗	✗	✗

Fuente: Resultados de CYPECAD-2016.

### 3.6.2. Vigas

Se presenta la siguiente viga tipo, analizada en el programa CYPECAD, considerando los parámetros principales para este estudio de: resistencia, fisuración y flecha.

Tabla 3.4: Comprobaciones de resistencia de la viga tipo.

Vigas	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (ACI 318M-11)					
	Disp.	Arm.	Q	Q S.	N,M	N,M S.
V-318: D5 - D6	Cumple	'0.000 m' Error <sup>(1)</sup>	'4.442 m' $\eta = 47.0$	'4.442 m' $\eta = 176.7$	'4.088 m' $\eta = 77.3$	'4.938 m' $\eta = 175.4$
	T <sub>c</sub>	T <sub>st</sub>	T <sub>sl</sub>	TN <sub>M<sub>x</sub></sub>	TV <sub>x</sub>	TV <sub>y</sub>
	'3.175 m' $\eta = 28.7$	'3.175 m' $\eta = 100.5$	'4.088 m' $\eta = 39.0$	'0.000 m' Error <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	'0.000 m' Error <sup>(3)</sup>
	TV <sub>XSt</sub>	TV <sub>YSt</sub>	T,Disp. <sub>sl</sub>	T,Disp. <sub>st</sub>	T,Geom. <sub>sl</sub>	T,Arm. <sub>st</sub>
	N.P. <sup>(1)</sup>	'0.000 m' Error <sup>(3)</sup>	'0.000 m' Error <sup>(4)</sup>	'1.679 m' Error <sup>(8)</sup>	'0.000 m' Cumple	'0.000 m' Cumple

	Sism.	Disp. S.	Cap. H	Cap. S	Estado
	'0.000 m'	'0.000 m'	'0.000 m'	'0.000 m'	<b>ERROR</b>
	Error <sup>(5)</sup>	Error <sup>(5)</sup>	Error <sup>(6)</sup>	Error <sup>(7)</sup>	

Notación:

- Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras.
- Arm.: Armadura mínima y máxima.
- Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones no sísmicas).
- Q S.: Estado límite de agotamiento frente a cortante (combinaciones sísmicas).
- N,M: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones no sísmicas).
- N,M S.: Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas).
- Tc: Estado límite de agotamiento por torsión. Compresión oblicua.
- Tst: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en el alma.
- Tsl: Estado límite de agotamiento por torsión. Tracción en las armaduras longitudinales.
- TNMx: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y esfuerzos normales. Flexión alrededor del eje X.
- TVx: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Compresión oblicua.
- TVy: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Compresión oblicua.
- TVXst: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje X. Tracción en el alma.
- TVYst: Estado límite de agotamiento por torsión. Interacción entre torsión y cortante en el eje Y. Tracción en el alma.
- T,Disp.sl: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.
- T,Disp.st: Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.

- T,Geom.sl: Estado límite de agotamiento por torsión. Diámetro mínimo de la armadura longitudinal.
- T,Arm.st: Estado límite de agotamiento por torsión. Cuantía mínima de estribos cerrados.
- Sism.: Criterios de diseño por sismo.
- Disp. S.: Criterios de diseño por sismo.
- Cap. H: Cortante de diseño para vigas.
- Cap. S: Resistencia a cortante de elementos en flexión.
- x: Distancia al origen de la barra.
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%).
- N.P.: No procede.

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Errores:

- (1) No cumple: 'Armadura mínima y máxima' (Armado longitudinal).
- (2) No se cumple la comprobación de interacción entre torsión y esfuerzos normales, ya que se produce el agotamiento de la sección frente a sollicitaciones normales.
- (3) No se cumple la comprobación de interacción entre torsión y esfuerzo cortante, ya que se produce el agotamiento de la sección por esfuerzo cortante.
- (4) No cumple: 'Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura longitudinal.'
- (5) No cumple: 'Criterio de diseño por sismo'
- (6) No cumple: 'Cortante de diseño para vigas.'
- (7) No cumple: 'Resistencia a cortante de elementos en flexión, 5.2.1'
- (8) No cumple: 'Estado límite de agotamiento por torsión. Separación entre las barras de la armadura transversal.'
- (9) La separación longitudinal entre armaduras transversales es superior a la necesaria para asegurar un adecuado confinamiento del hormigón sometido a compresión oblicua.

Tabla 3.5: Comprobaciones de fisuración de la viga tipo.

Vigas	COMPROBACIONES DE FISURACIÓN (ACI 318M-11)				Estado
	SC,sup.	SC,Lat.Der.	SC,inf.	SC,Lat.Izq.	<b>CUMPLE</b>
V-318: D5 - D6	x: 5.06 m Cumple	x: 3.175 m Cumple	x: 3.175 m Cumple	x: 3.175 m Cumple	

Notación:

- SC,sup.: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara superior.
- SC,Lat.Der.: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral derecha.
- SC,inf.: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara inferior.
- SC,Lat.Izq.: Comprobación de la separación máxima entre barras: Cara lateral izquierda.
- x: Distancia al origen de la barra.
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%).

Fuente: CYPECAD-2016.

Tabla 3.6: Comprobaciones de flecha de la viga tipo.

Comprobaciones de flecha		
Vigas	Activa (Característica) $f_{A,max} \leq f_{A,lim}$ $f_{A,lim} = L/480$	Estado
V-318: D5 - D6	$f_{A,max}$ : 1.24 mm $f_{A,lim}$ : 10.54 mm	<b>CUMPLE</b>

Fuente: CYPECAD-2016.

### 3.6.3. Cortante basal

A continuación se mostrará los resultados del cortante basal más desfavorable obtenidos en el análisis dinámico de la entidad hospitalaria. Estos datos permiten ver la reacción de las bases de la estructura en un evento sísmico, para el diseño y comprobación de sus cimientos.

### 3.6.3.1. Cortante basal dinámico

Tabla 3.7: Cortante basal dinámico en X

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	$V_X$ (t)	$V_{d,X}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	38.6946	287.7009
	Modo 2	215.5167	
	Modo 3	118.5743	

Fuente: CYPECAD-2016.

Tabla 3.8: Cortante basal dinámico en Y

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	$V_Y$ (t)	$V_{d,Y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	282.0410	341.3782
	Modo 2	60.1821	
	Modo 3	1.1248	

Fuente: CYPECAD-2016.

### 3.6.3.2. Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

- En la dirección “X”

$$V_{S,X} = S_{d,X}(T_a) \cdot W$$

Figura 3.10: Cortante sísmico en la base (X)  
Fuente: (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2).

- En la dirección “Y”

$$V_{S,Y} = S_{d,Y}(T_a) \cdot W$$

Figura 3.11: Cortante sísmico en la base (Y)  
Fuente: (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2).

Tabla 3.9: Cortante basal estático

EN LA DIRECCION "X"	
S <sub>d,X</sub> (T <sub>a</sub> ): Aceleración espectral horizontal de diseño (X)	0,138 g
T <sub>a,X</sub> : Periodo fundamental aproximado (X)	0,69 s
Sistema estructural (X)	III
h: Altura del edificio	16,6 m
W: Peso sísmico total de la estructura	4205,0377 t
V <sub>s,x</sub> : Cortante sísmico en la base (X)	579,8859 t
EN LA DIRECCION "Y"	
S <sub>a,Y</sub> (T <sub>a</sub> ): Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)	0,138 g
T <sub>a,Y</sub> : Periodo fundamental aproximado (Y)	0,69 s
Sistema estructural (Y)	III
h: Altura del edificio	16,6 m
W: Peso sísmico total de la estructura	4205,0377 t
V <sub>s,y</sub> : Cortante sísmico en la base (Y)	579,8859 t

Fuente: Resultados de CYPECAD-2016.

Tabla 3.10: Peso sísmico de la estructura

Planta	$W_i$ (t)
N+16.70	289.5736
N+13.46	856.9108
N+10.22	997.3370
N+8.60	13.1456
N+ 6.98	1005.3377
N+5.36	13.1456
N+ 3.74	1015.9337
N+2.12	13.6537
<b><math>W=\sum w_i</math></b>	<b>4205.0377</b>

Fuente: CYPECAD-2016.

### 3.6.3.3. Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base ( $V_d$ ), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático ( $V_s$ ), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación:  $0.80 \cdot V_s / V_d$ . (CYPECAD , 2016)

Geometría en altura (NEC\_SE\_DS\_2014): Regular.

Tabla 3.11: Verificación de la condición de cortante basal.

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 287.7009 t $\geq$ 463.9087 t	1.61
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 341.3782 t $\geq$ 463.9087 t	1.36

Fuente: CYPECAD-2016.

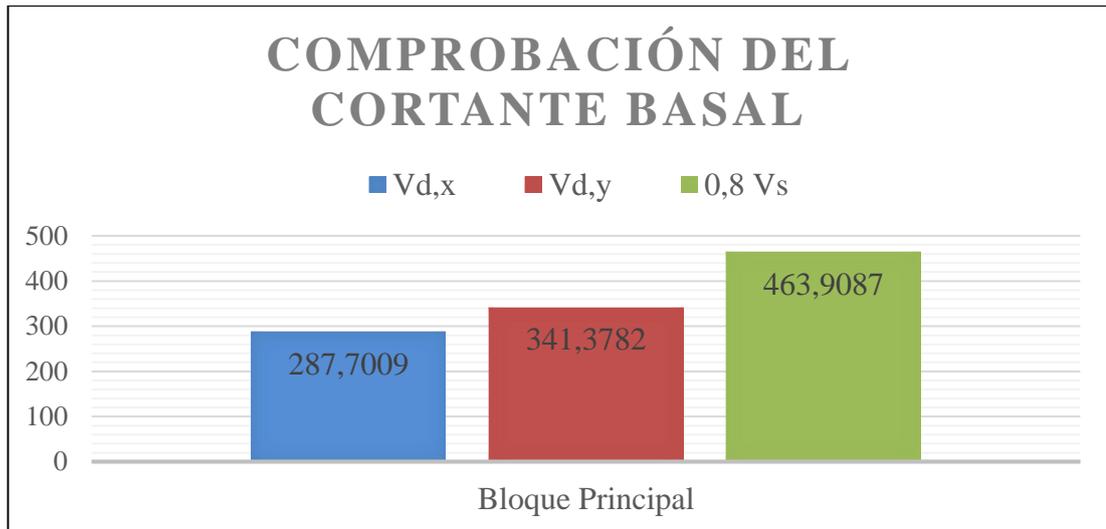


Figura 3.12: Comprobación del cortante basal en el bloque principal  
Fuente: Resultados de CYPECAD-2016.

## **CAPÍTULO 4**

### **INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Luego de haber analizado los parámetros estructurales, no estructurales, amenazas, tipo de suelo, etc., modelamos el hospital en el programa especializado CYPECAD-2016; en el cual introducimos los datos con los que el hospital ha sido construido, de esta manera obtuvimos resultados, los cuales serán expuestos a continuación.

#### **4.1 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación**

Según los resultados obtenidos hemos identificado los diferentes tipos de columnas que conforman la estructura de la institución hospitalaria y así comprobamos los parámetros que cumplen y los que no; según dictan las normas de la construcción, depurando los resultados que se obtuvieron.

Tabla 4.1: Comprobaciones de Columnas

COMPROBACIONES PARA COLUMNAS											
DIMENSIONES (cm)		65x65	60x60	55x55	50x50	40x40	40x30	40x20	30x40	30x30	20x20
PARÁMETROS											
Disposiciones relativas a las armaduras	Armadura longitudinal	Cumple									
	Armadura transversal	Cumple									
Diámetro mínimo de armadura transversal		No cumple									
Armadura mínima y máxima		Cumple									
Estado límite de agotamiento frente a cortante	Combinaciones no sísmicas	Cumple									
	Combinaciones sísmicas	Cumple									
	Separación armaduras	Cumple									
	Cuánta mecánica mínima de la	Cumple									
Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones	Combinaciones no sísmicas	Cumple									
	Combinaciones sísmicas	No cumple									
Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11	Geometría	Cumple									
	Armadura longitudinal	Cumple									
	Armadura transversal	No cumple									
	Ganchos	Cumple									
Criterios de diseño por sismo para elementos en flexo-compresión	Cuánta máxima de armadura	Cumple									
	Armadura transversal	No cumple									
	Separación armaduras	Cumple									
Resistencia mínima a flexión de columnas ACI 318M-11		No cumple									
Cortante de diseño para columnas ACI 318M-11		No cumple									
Diseño del refuerzo principal en columnas NEC-2014		No cumple									
Resistencia a cortante de elementos en flexocompresión NEC-2014		No cumple									

Fuente: Comprobaciones E.L.U., CYPECAD-2016.

Tabla 4.2: Condición de cortante basal mínimo.

Modulo	Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
BLOQUE	Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 287.7009 t <sup>3</sup> 463.9087 t	1.61
PRINCIPAL	Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 341.3782 t <sup>3</sup> 463.9087 t	1.36
BLOQUE 1	Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 89.6129 t <sup>3</sup> 185.5019 t	2.07
	Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 101.5093 t <sup>3</sup> 185.5019 t	1.83
BLOQUE2	Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 32.2453 t <sup>3</sup> $\geq 59.5771$ t	1.85
	Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 40.8532 t <sup>3</sup> $\geq 59.5771$ t	1.46
BLOQUE CASA	Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 86.5601 t <sup>3</sup> 109.6081 t	1.27
DE MAQUINAS	Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 83.9619 t <sup>3</sup> 109.6081 t	1.31
BLOQUE	Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 54.0563 t <sup>3</sup> 57.5656 t	1.06
CONSULTORIOS	Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 46.8607 t <sup>3</sup> 57.5656 t	1.23
BLOQUE	Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 4.8625 t <sup>3</sup> 2.7631 t	N.P.
TOMOGRAFIA	Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 4.5957 t <sup>3</sup> 2.7631 t	N.P.
BLOQUE	Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 105.6832 t <sup>3</sup> 71.3132 t	N.P.
DE EMERGENCIA	Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 90.9293 t <sup>3</sup> 71.3132 t	N.P.
BLOQUE	Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 21.4458 t <sup>3</sup> 17.2878 t	N.P.
FISIOTERAPIA I	Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 23.3603 t <sup>3</sup> 17.2878 t	N.P.
BLOQUE	Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 21.4458 t <sup>3</sup> 17.2878 t	N.P.
FISIOTERAPIA II	Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 23.3603 t <sup>3</sup> 17.2878 t	N.P.

Fuente: Justificación de la acción Sísmica, CYPECAD-2016.

Donde:

$V_{d,x}$ : Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,x}$ : Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,y}$ : Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,y}$ : Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base ( $V_d$ ), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático ( $V_s$ ), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación:  $0.80 \cdot V_s / V_d$ . (Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, 2014)

Tabla 4.3: Desplome total máximo de los pilares

Desplome total máximo de los pilares (D / H)				
Modulo	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
BLOQUE PRINCIPAL	----	----	1/49	1/69
BLOQUE 1	----	----	1/27	1/26
BLOQUE2	----	----	1/32	1/53
BLOQUE CASA DE MAQUINAS	----	----	1/42	1/38
BLOQUE CONSULTORIOS	----	----	1 / 100	1/61
BLOQUE TOMOGRAFIA	----	----	1 / 155	1 / 117
BLOQUE DE EMERGENCIA	1/4243	----	1/45	1/53
BLOQUE FISIOTERAPIA I	1/692	1/600	1/30	1/43
BLOQUE FISIOTERAPIA II	----	----	1/93	1/153

Fuente: Distorsiones de Columnas, CYPECAD-2016.

#### 4.2 Generación de gráficos explicativos de la comparación

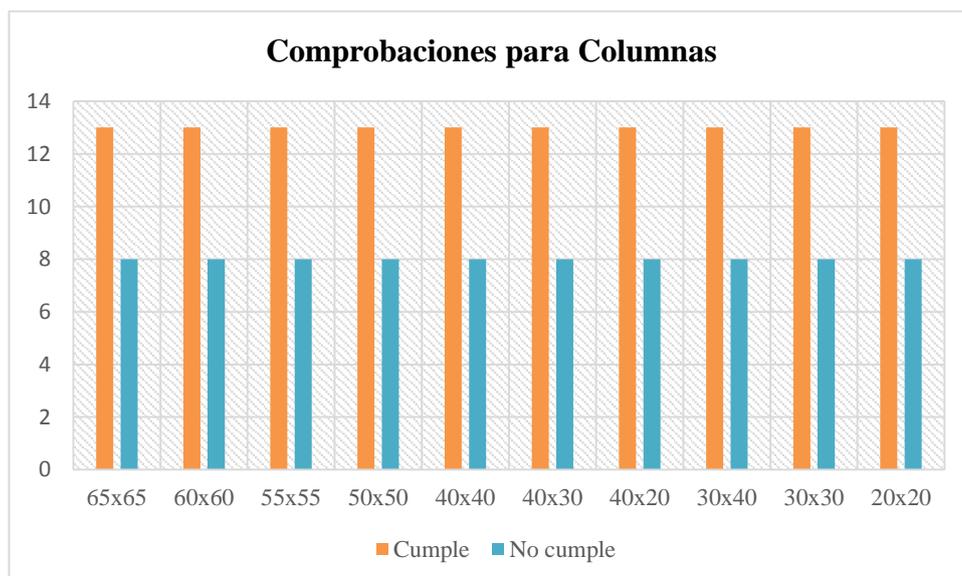


Figura 4.1: Comprobaciones para Columnas

Hemos realizado gráficos expositivos que determinan el porcentaje que cumple y no cumple de cada uno de los parámetros, determinados por el programa CYPECAD-2016.

### DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS ARMADURAS

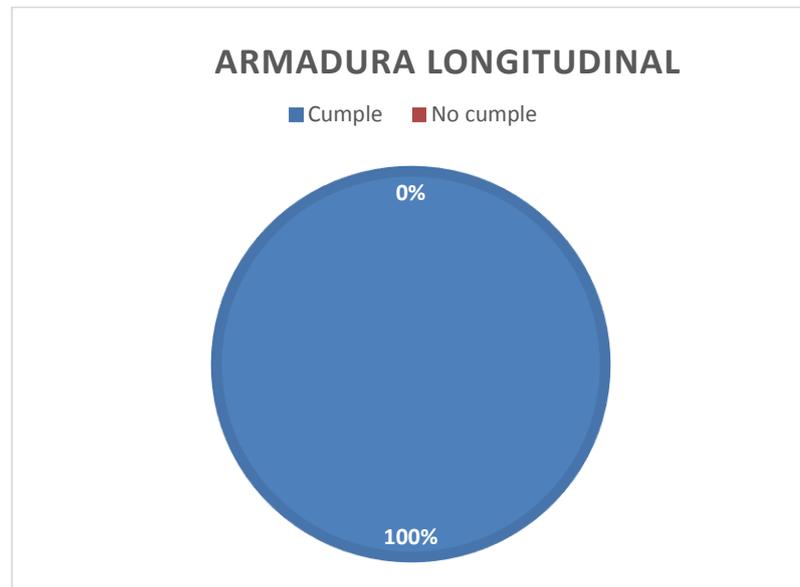


Figura 4.2: Criterios de diseño por sismo. Armadura longitudinal

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Armadura longitudinal	100%	0%

En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de  $s_{l,min}$ .

$s_{1,min}$ : Valor máximo de  $s_1, s_2, s_3$ .

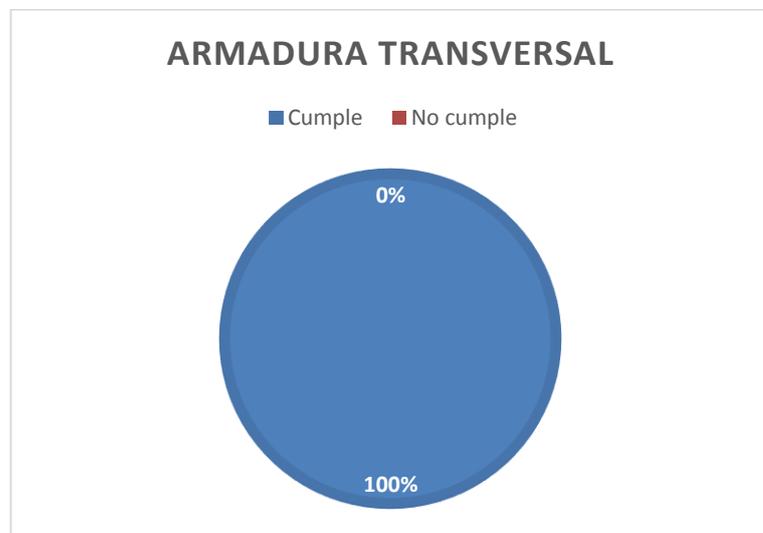


Figura 4.3: Criterios de diseño por sismo. Armadura transversal

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Armadura transversal	100%	0%

PARÁMETROS	Cumple	No cumple

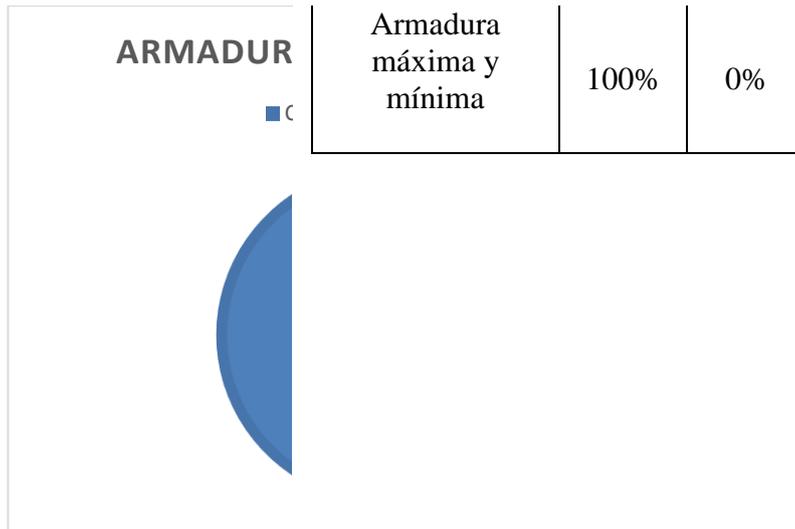


Figura 4.4: Criterios de diseño por sismo. Armadura mínima y máxima.

El área de refuerzo longitudinal,  $A_{st}$ , para elementos no compuestos a compresión no debe ser menor que  $0.01 \cdot A_g$  ni mayor que  $0.08 \cdot A_g$ .

Dónde:  $A_g$ : Área total de la sección de hormigón

### **ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A CORTANTE (COMBINACIONES NO SÍSMICAS)**

(ACI 318M-11, Artículo 11)

Se debe satisfacer:

Donde:

$V_u$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$V_n$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Donde:

$f'_c$ : Resistencia específica a compresión del hormigón.

Siendo:

$b_w$ : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$d$ : Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.



Figura 4.5: Criterios de diseño combinaciones no sísmicas.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Combinaciones No Sísmicas	100%	0%

**ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A CORTANTE  
(COMBINACIONES SÍSMICAS)**

(ACI 318M-11, Artículo 11)

La separación longitudinal entre armaduras transversales es superior a la necesaria para asegurar un adecuado confinamiento del hormigón sometido a compresión oblicua.

Se debe satisfacer:

Donde:

$V_u$ : Esfuerzo cortante efectivo de cálculo.

$\cdot V_n$ : Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Resistencia al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante (Artículo 11.4.7):

$V_s$  no debe considerarse mayor que (Artículo 11.4.7.9):

([MPa]  $f_c$ )

Donde:

$A_v$ : Área de refuerzo de cortante con un espaciamiento  $s$ .

$f_{yt}$ : Resistencia específica a la fluencia  $f_{yt}$  del refuerzo transversal.

$s$ : Separación medida centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

$f'_c$ : Resistencia específica a compresión del hormigón.



Figura 4.6: Criterios de diseño combinaciones sísmicas.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Combinaciones Sísmicas	100%	0%

### SEPARACIÓN DE LAS ARMADURAS TRANSVERSALES

Donde:

$s_{max}$ : Valor mínimo de  $s_1, s_2$ .

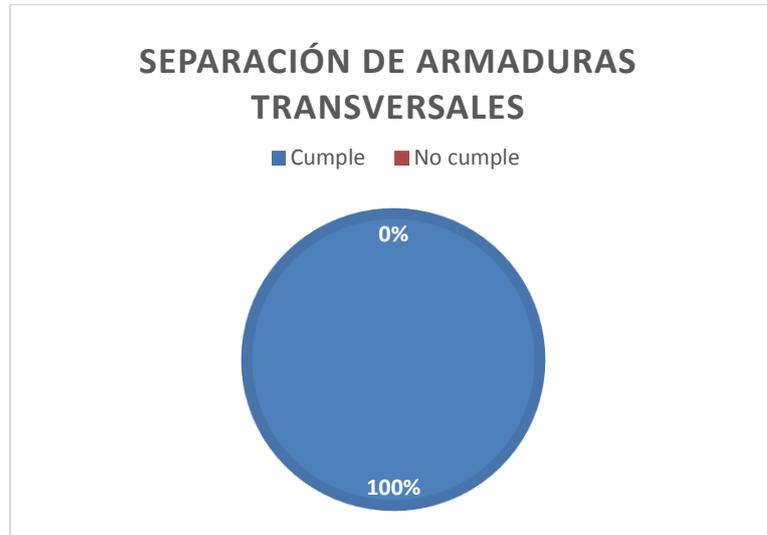


Figura 4.7: Criterios de diseño separación de armaduras transversales.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Separación de Armaduras Transversales	100%	0%

### CUANTÍA MECÁNICA MÍNIMA DE LA ARMADURA TRANSVERSAL

Donde:

([MPa]  $f_c$  y  $f_{yt}$ )

Pero no debe ser menor a:

([MPa]  $f_{yt}$ )

Siendo:

$f'_c$ : Resistencia específica a compresión del hormigón.

$b_w$ : Ancho del alma, o diámetro de la sección circular.

$s$ : Separación medida centro a centro del refuerzo transversal, en la dirección paralela al refuerzo longitudinal.

$f_{yt}$ : Resistencia específica a la fluencia  $f_{yt}$  del refuerzo transversal.



Figura 4.8: Criterios de diseño cuantía mecánica mínima.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Cuantía Mecánica Mínima	100%	0%

**ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A SOLICITACIONES NORMALES (COMBINACIONES NO SÍSMICAS)**

(ACI 318M-11, Artículo 10)

$P_u, M_u$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

$P_u$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$M_u$ : Momento de cálculo de primer orden.

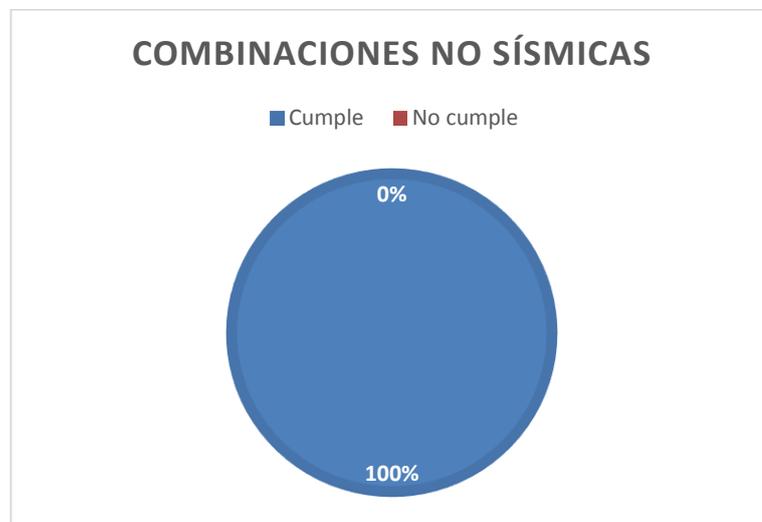


Figura 4.9: Criterios de diseño cuantía mínima.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Combinaciones No Sísmicas	100%	0%

### ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A SOLICITACIONES NORMALES (COMBINACIONES SÍSMICAS)

(ACI 318M-11, Artículo 10)

$$\eta_t = \sqrt{\frac{P_u^2 + M_{u,x}^2 + M_{u,y}^2}{(\phi \cdot P_n)^2 + (\phi \cdot M_{n,x})^2 + (\phi \cdot M_{n,y})^2}} \leq 1$$

$P_u, M_u$  son los esfuerzos de cálculo de primer orden.

$P_u$ : Esfuerzo normal de cálculo.

$M_u$ : Momento de cálculo de primer orden.

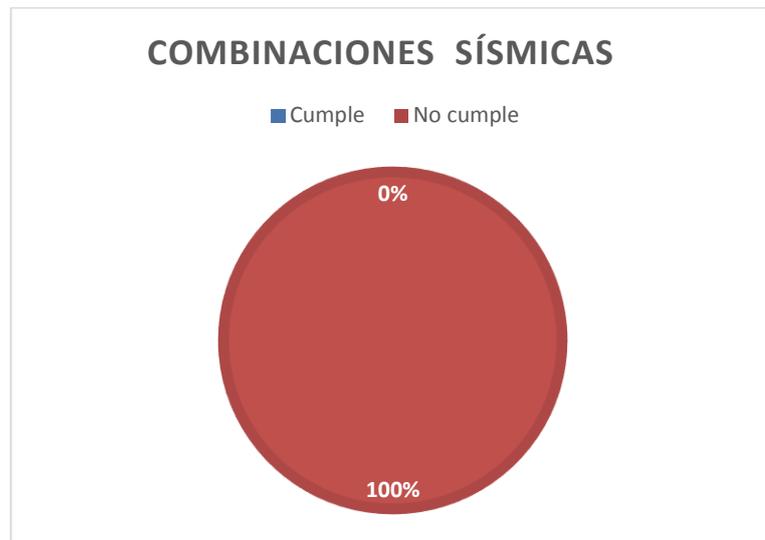


Figura 4.10: Criterios de diseño combinaciones sísmicas.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Combinaciones Sísmicas	0%	100%

### CRITERIOS DE DISEÑO POR SISMO

(ACI 318M-11, Artículo 21)

#### GEOMETRÍA

La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 300.00 mm (Artículo 21.6.1.1):

Donde:

**b:** Dimensión menor de la sección del soporte.

**h:** Dimensión mayor de la sección del soporte.

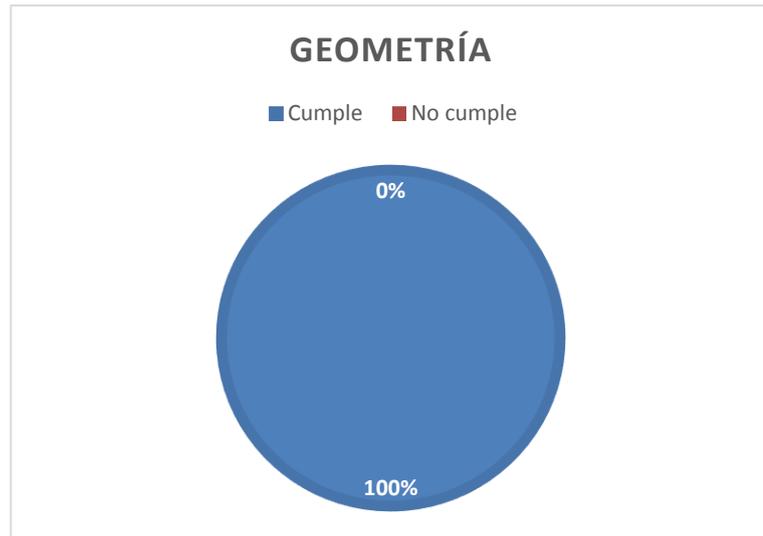


Figura 4.11: Criterios de diseño geometría

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Geometría	100%	0%

### ARMADURA LONGITUDINAL

El área de refuerzo longitudinal,  $A_{st}$ , no debe ser menor que  $(0.01 \cdot A_g)$  ni mayor que  $(0.06 \cdot A_g)$

Donde:

**$A_g$ :** Área total de la sección de hormigón.

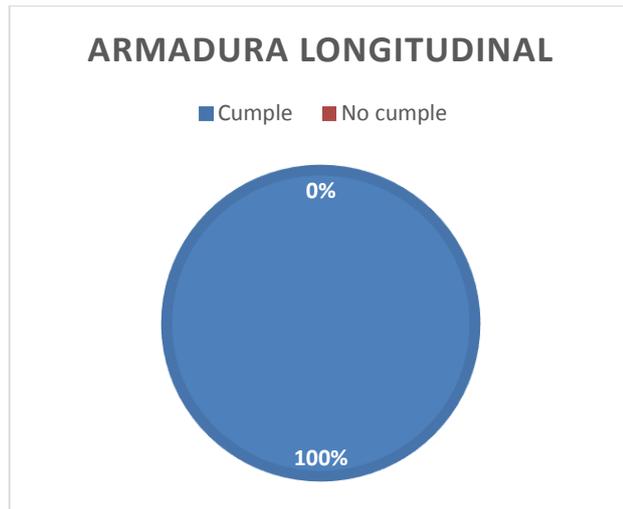


Figura 4.12: Criterios de diseño cuantía mínima.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Armadura Longitudinal	100%	0%

### ARMADURA TRANSVERSAL

El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares,  $A_{sh}$ , no debe ser menor que  $A_{sh, min}$ .

En el eje X:

Donde:

$A_{sh, min}$ : Valor máximo de  $A_{sh1}$ ,  $A_{sh2}$ .

Siendo:

$b_c$ : Dimensión transversal del núcleo del elemento medida entre los bordes externos del refuerzo transversal.

$f'_c$ : Resistencia específica a compresión del hormigón.

$f_{yt}$ : Resistencia específica a la fluencia  $f_{yt}$  del refuerzo transversal.

$A_g$ : Área total de la sección de hormigón.

$A_{ch}$ : Área de la sección transversal de un elemento estructural, medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal.

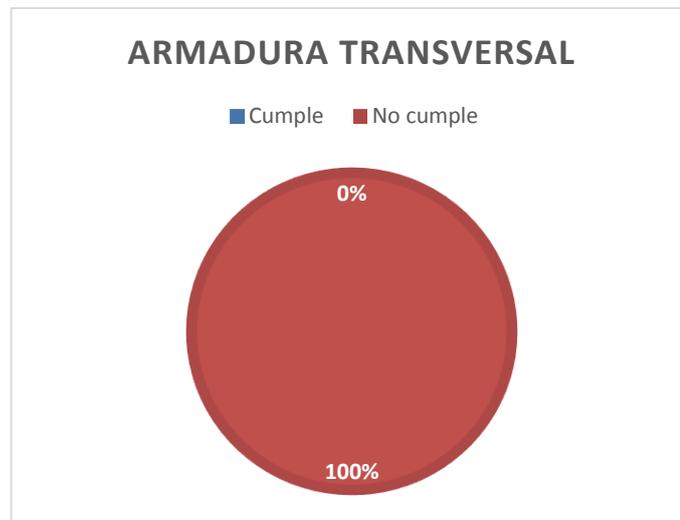


Figura 4.13: Criterios de diseño armadura transversal.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Armadura Transversal	0%	100%

## GANCHOS

El espaciamiento de los ganchos suplementarios o ramas con estribos de confinamiento rectilíneos,  $h_x$ , dentro de una sección del elemento no debe exceder de 350 mm centro a centro (Artículo 21.6.4.2):

En el eje X:

Donde:

$h_x$ : Espaciamiento máximo horizontal, medido centro a centro, entre ganchos suplementarios o ramas de estribos cerrados de confinamiento en todas las caras de la columna.

En el eje Y:

Donde:

$h_x$ : Espaciamiento máximo horizontal, medido centro a centro, entre ganchos suplementarios o ramas de estribos cerrados de confinamiento en todas las caras de la columna.

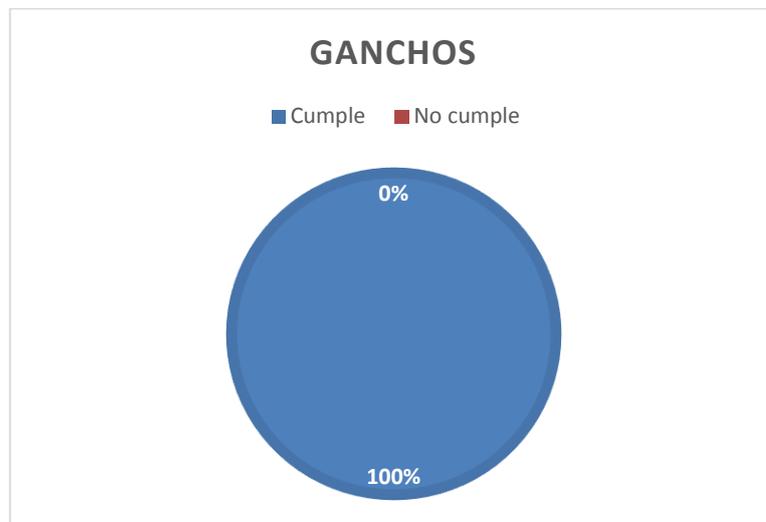


Figura 4.14: Criterios de diseño ganchos

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Ganchos	100%	0%

### CRITERIOS DE DISEÑO POR SISMO (NEC-14)

Los requisitos de este artículo se aplican a columnas, elementos de pórticos rígidos y otros elementos estructurales que presenten las siguientes características:

- (a) Sean parte de sistemas estructurales resistentes a cargas sísmicas.
- (b) Soporten fuerzas axiales que excedan  $0.10 \cdot f'_c \cdot A_g$  en alguna de las combinaciones de carga en que participen las cargas sísmicas.
- (c) La razón entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión en la dirección ortogonal sea mayor que 0.40 ó en su defecto, que su altura libre sea mayor que cuatro veces la dimensión mayor de la sección transversal del elemento.
- (d) La dimensión más pequeña de la sección transversal, medida sobre una línea recta que pasa por su centroide geométrico, no sea menor que 300 mm.

### CUANTÍA MÁXIMA DE REFUERZO LONGITUDINAL

La razón  $r_g$  del área de refuerzo longitudinal al área bruta de la sección,  $A_g$ , no puede ser menor que 0.01 ni mayor que 0.03.

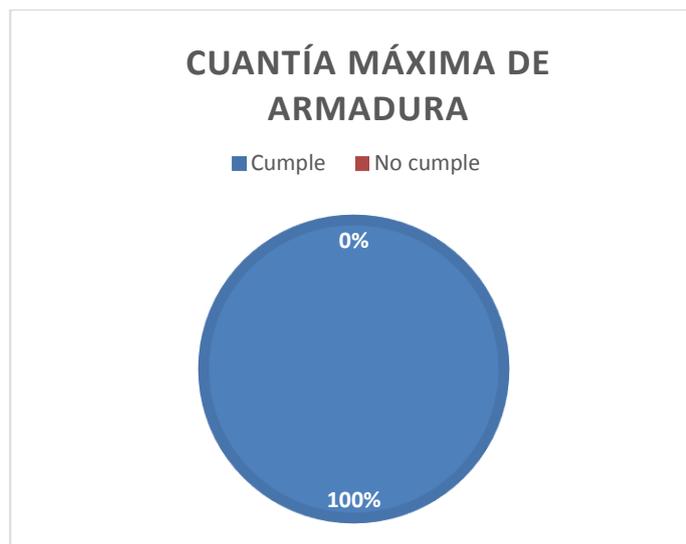


Figura 4.15: Criterios de diseño cuantía máxima.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Cuantía Máxima de Armadura	100%	0%

### CONFINAMIENTO

El confinamiento especial en la región definida, debe tener las siguientes características:

(b) El área de refuerzo en forma de estribos rectangulares no puede ser menor que ninguna de las siguientes:

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Confinamiento	0%	100%



Figura 4.16: Criterios de diseño confinamiento.

### SEPARACIÓN DE ARMADURAS

La separación  $s$  máxima del refuerzo en espiral o entre estribos, no debe exceder de seis veces el diámetro menor del refuerzo longitudinal, ni tampoco 100 mm.

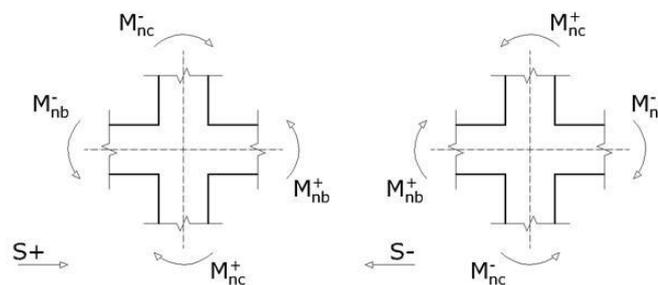


Figura 4.17: Criterios de diseño separación de armaduras

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Separación de Armaduras	100%	0%

### RESISTENCIA MÍNIMA A FLEXIÓN DE COLUMNAS. (ACI 318M-11)

Para este caso, resulta más desfavorable el esfuerzo axial máximo:  $N_d = 120.42$  t.



Donde:

$M_{nc}$ : Suma de los momentos nominales a flexión de las columnas.

$M_{nb}$ : Suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas.



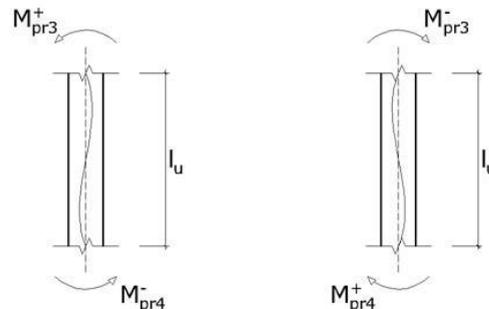
Figura 4.18: Criterios de diseño resistencia mínima a flexión en columnas.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Resistencia Mínima a flexión en Columnas	0%	100%

### CORTANTE DE DISEÑO PARA COLUMNAS

La fuerza cortante de diseño,  $V_e$ , se debe determinar considerando las máximas fuerzas que se puedan generar en las caras de los nudos en cada extremo del elemento.

No es necesario que las fuerzas cortantes en el elemento sean mayores que aquellas determinadas a partir de la resistencia de los nudos, basada en  $M_{pr}$  de los elementos transversales que llegan al nudo.



Se debe satisfacer:

Donde:

**f**: Factor de reducción de resistencia

**f**: 0.60

**V<sub>n</sub>**: Resistencia nominal a cortante.

**V<sub>e</sub>**: Fuerza cortante de diseño, obtenida como el máximo entre **V<sub>e1</sub>**, **V<sub>e2</sub>**.

Siendo:

**l<sub>u</sub>**: Longitud sin soporte lateral de un elemento en compresión.

**M<sub>pr</sub>**: Resistencia probable a la flexión del elemento, determinada usando las propiedades de los elementos en las caras de los nudos suponiendo un esfuerzo en tracción para las barras longitudinales de al menos  $1.25 \cdot f_y$ .

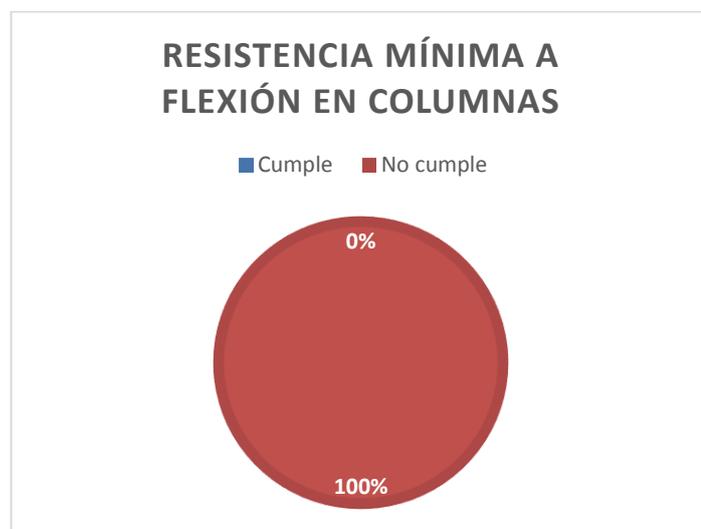


Figura 4.19: Criterios de diseño resistencia mínima a flexión en columnas.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Cortante de diseño para Columnas	0%	100%

### DISEÑO DEL REFUERZO PRINCIPAL EN COLUMNAS

Las secciones en los extremos de las columnas serán diseñadas para la combinación más desfavorable de momentos (en ambas direcciones horizontales) y carga axial. Los momentos últimos para el diseño no deberán ser menores a los calculados con la siguiente ecuación:

$$S_{CP} = \phi^0 \cdot \omega \cdot S_E$$

$$\phi^0 = \frac{M_0^- + M_0^+}{M_{req}^- + M_{req}^+}$$

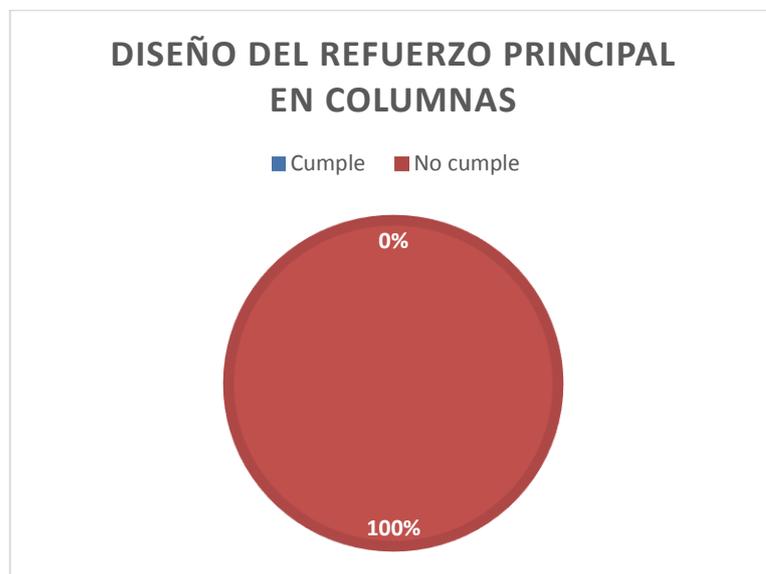


Figura 4.20: Criterios de diseño. Diseño del refuerzo principal en columnas.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
------------	--------	-----------

Diseño del refuerzo principal en columnas NEC-2014	0%	100%
---	----	------

### RESISTENCIA A CORTANTE DE ELEMENTOS A FLEXOCOMPRESIÓN

La resistencia a cortante última de elementos en flexión-compresión debe ser mayor o igual a la requerida por el análisis de la estructura  $V_E$ , multiplicada por el factor de sobre-resistencia de las vigas que llegan al nudo. Sin embargo, no necesita ser mayor que la correspondiente a un elemento con rótulas plásticas en sus extremos que produce una condición de doble curvatura, como se muestra en la ecuación 4.18.

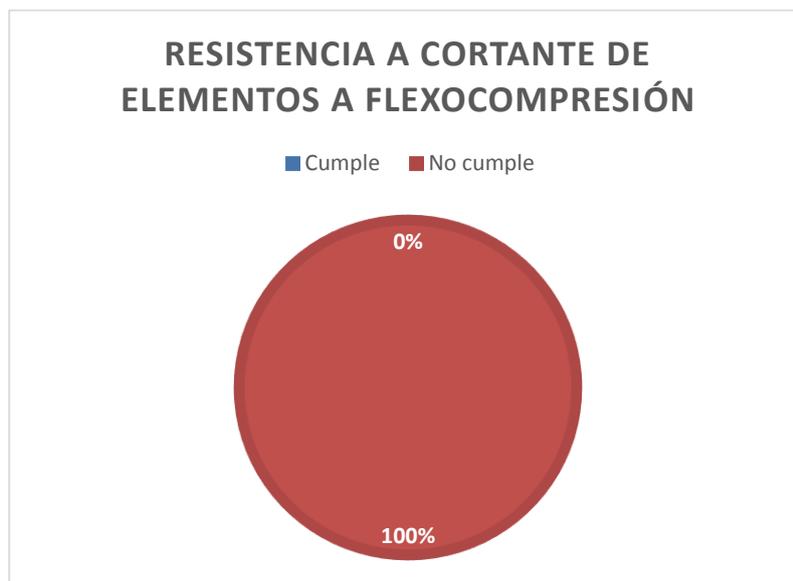


Figura 4.21: Criterios de diseño resistencia a cortante de elementos a flexocompresión.

PARÁMETROS	Cumple	No cumple
Resistencia a cortante de elementos a Flexo compresión	0%	100%

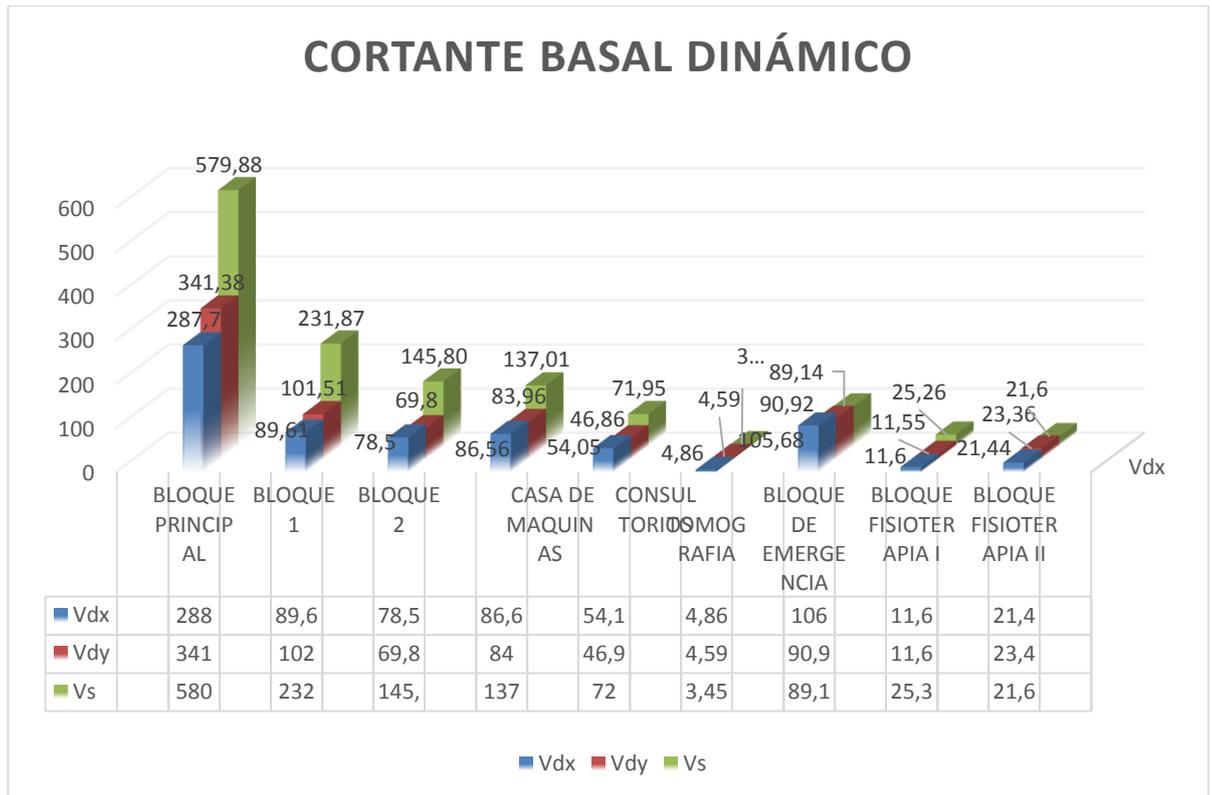


Figura 4.22: Cortante basal dinámico de cada uno de los bloques del hospital  
 Fuente: Archivos de justificación de acción sísmica, CYPECAD-2016.

Tabla 4.4: Desplome local máximo de los pilares

Desplome local máximo de los pilares ( $\delta / h$ )				
Planta	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
N+16.70	----	----	1/211	1 / 184
N+13.46	----	----	1 / 111	1 / 142
N+10.22	1 / 4317	1 / 4317	1 / 84	1 / 96
N+8.60	1 / 6484	1 / 6484	1 / 85	1 / 77
N+ 6.98	1 / 6475	1 / 6350	1 / 59	1 / 78
N+5.36	1 / 9725	1 / 9725	1 / 62	1 / 64
N+ 3.74	1 / 3238	1 / 3238	1 / 37	1 / 45
N+2.12	1 / 5300	1 / 5613	1 / 25	1 / 32
N+0.00	----	----	1 / 32	1 / 43

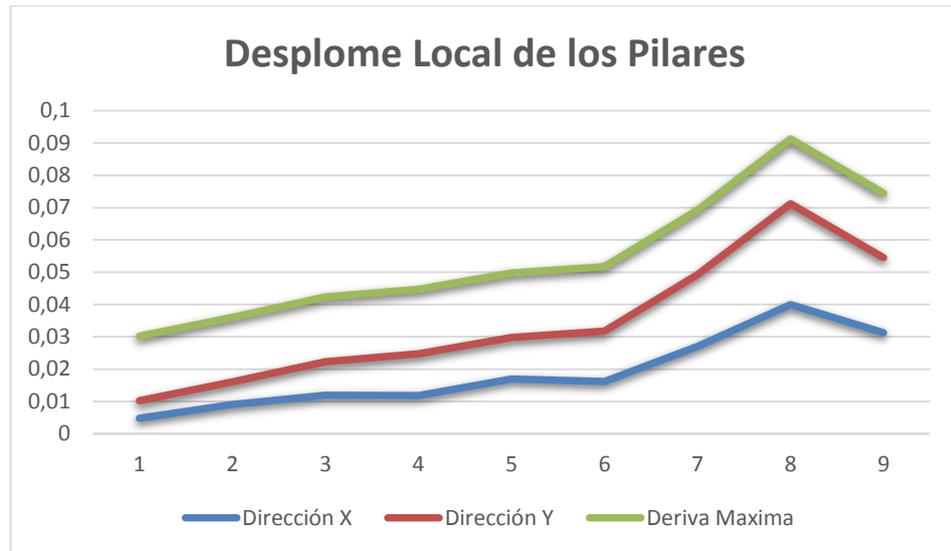


Figura 4.23: Desplome local máximo de los pilares en cada uno de los bloques del hospital.  
Fuente: Archivos distorsiones de columnas, CYPECAD-2016.

Tabla 4.5: Desplome total máximo de los pilares (D/H)

Desplome total máximo de los pilares (D / H)				
Modulo	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones sísmicas <sup>(1)</sup>	
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X	Dirección Y
BLOQUE PRINCIPAL	----	----	1/49	1/69
BLOQUE 1	----	----	1/27	1/26
BLOQUE2	----	----	1/32	1/53
BLOQUE CASA DE MAQUINAS	----	----	1/42	1/38
BLOQUE CONSULTORIOS	----	----	1 / 100	1/61
BLOQUE TOMOGRAFIA	----	----	1 / 155	1 / 117
BLOQUE DE EMERGENCIA	1/4243	----	1/45	1/53
BLOQUE FISIOTERAPIA I	1/692	1/600	1/30	1/43
BLOQUE FISIOTERAPIA II	----	----	1/93	1/153

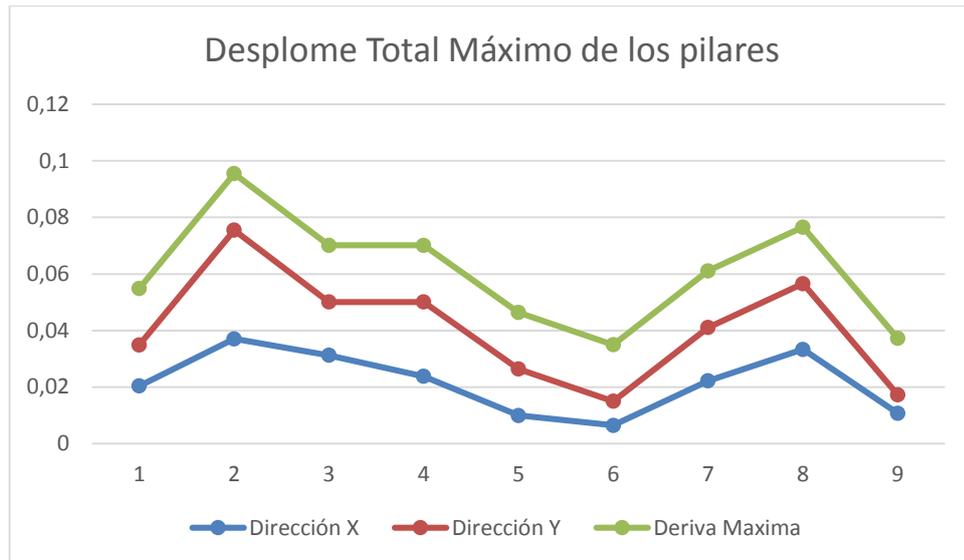


Figura 4.24: Desplome total máximo de los pilares en cada uno de los bloques del hospital  
Fuente: Archivos de distorsiones de columnas, CYPECAD-2016.

### 4.3. Análisis de resultados y elaboración de propuestas de mitigación

Luego de analizar el hospital, en cuanto a la parte estructural, se ha determinado que éste se encuentra en buenas condiciones, sin embargo, al ser una estructura diseñada en 1974 cumple con las normas de construcción de ese año.

Por esta razón es conveniente realizar un análisis más profundo sobre las posibles fallas estructurales que se podrían dar, ya que no cumple con los requerimientos mínimos que establece la NEC-2014 específicamente en el capítulo de Riesgo Sísmico, que es una norma más exigente.

Los estribos de casi toda la estructura del hospital son de 8 mm; y actualmente la norma determina que el diámetro mínimo sea de 10 mm, por esta razón se sugiere un reforzamiento, con fibra de carbono, que permitiría aumentar la resistencia a flexión y cortante, siendo un ideal refuerzo sismorresistente.

Se encontraron columnas cortas en el bloque principal; las mismas que ante la presencia de un sismo podrían colapsar fácilmente, para evitar que esto suceda se recomienda, liberarlas de la estructura resistente y colocar arriostramientos que reemplacen a las mismas, así manera mejoraría considerablemente la respuesta estructural del hospital en un evento sísmico.

En cuanto se refiere al Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH); se obtuvo que el hospital se encuentra en categoría B, es decir que requiere medidas de mitigación a corto plazo, entre ellas podemos mencionar las siguientes:

Existen elementos que en un sismo colapsarían con gran facilidad como es el caso de las chimeneas de los calderos de la casa de máquinas; por lo que se deberían quitarlas y reemplazarlas o reforzarlas para evitar accidentes.

Los stands en donde se encuentra colocada la medicación y el mobiliario como computadoras; no están debidamente empotrados o fijos. Para evitar accidentes recomendamos que se aseguren cada uno de estos elementos.

Se debe dar mantenimiento a las conexiones de vapor que llegan y salen de la casa de máquinas, como también al tanque de agua caliente porque éstos se encuentran en malas condiciones y con probabilidades de fallar en cualquier momento.

Detectamos que la tubería del desagüe a la salida del bloque de emergencias genera malos olores provocando molestias e inseguridad en los pacientes y el personal; se sugiere analizar o verificar si este desagüe posee algún daño o si cuenta con un sifón que evitaría esta emanación de malos olores.

Uno de los mayores problemas en el Hospital Homero Castanier Crespo es el tráfico, se debe coordinar con las autoridades de tránsito de la ciudad para que controlen los estacionamientos en las calles aledañas a la entidad hospitalaria; esto provoca embotellamientos e impide el ingreso al hospital de personas que requieren atención urgente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Al realizar inspecciones visuales y encuestas, en lo que se refiere a los aspectos: estructurales, no estructurales y funcionales, como indican los parámetros del Índice de Seguridad Hospitalaria (ISH) que recomienda la Organización Panamericana de la Salud (OPS); se determinó que el Hospital Homero Castanier Crespo se encuentra en la categoría B, con un 56% de seguridad que el hospital continúe funcionando en casos de desastre y un 44% de vulnerabilidad; por lo tanto requiere de medidas de mitigación necesarias a corto plazo.
- La implementación de mapas de riesgo, encuestas y equipos de alta tecnología (drone), permitieron identificar las siguientes amenazas a las que está expuesto el hospital: fenómenos geológicos (sismos), fenómenos sociales (concentración de población, personas desplazadas y viales); fenómenos sanitarios-ecológicos, (epidemias y plagas) y fenómenos químicos tecnológicos (explosiones, incendios y fugas de materiales peligrosos); siendo la amenaza vial la de más alto nivel de riesgo, ya que la infraestructura de las calles, en la que está ubicada la entidad hospitalaria, no es la óptima para el flujo vehicular que circula en la zona, lo cual impide el acceso de personas a la entidad de salud en situaciones de emergencia.
- Al analizar las propiedades físicas del terreno en donde se encuentra asentada la edificación hospitalaria, se obtuvo como resultado un tipo de suelo C de acuerdo a la clasificación de la (NEC-2014), es decir una arcilla. Esto indica que el terreno en donde se cimienta el hospital se compone de una subrasante de pobres características para ser usada como material de cimentación, ya que su cohesión va disminuyendo frente a la presencia de humedad.
- Dentro del análisis estructural realizado, se obtuvo que el valor de las derivas en cada uno de los bloques del hospital están por debajo del 2%; así mismo las juntas que separan los bloques son mayores a 10 cm, es decir que el hospital cumple con los valores establecidos por la NEC-2014.

- De acuerdo a los planos estructurales del hospital, se encontraron columnas cortas en el bloque principal, su presencia representa un alto riesgo de colapso, ante un evento sísmico, podría ocasionar mayores daños en la estructura y pérdidas humanas.
- Examinando los planos arquitectónicos, estructurales, no estructurales y de las líneas vitales de la entidad de salud, se elaboró un modelo virtual actualizado con las características reales de la edificación usando un software (BIM); de esta manera se facilita la manipulación de la información de forma efectiva, para la administración del hospital o para futuros estudios de investigación.
- Al realizar un análisis de las líneas vitales se encontraron inconvenientes únicamente en el aspecto sanitario; existe la presencia de malos olores a la salida del bloque de emergencia, que genera molestias y desconfianza a pacientes y empleados; sin embargo, las demás líneas vitales se encuentran en buenas condiciones, están identificadas correctamente y cuentan con un mantenimiento continuo, es decir cumplen con normas de seguridad necesarias.
- La modelación dinámica reveló que la mayoría de los elementos estructurales que conforman la entidad hospitalaria no cumplen, con al menos uno o más requerimientos de diseño sismorresistente de acuerdo a la NEC-2014 y al ACI-318-M11; con esto se llega a la conclusión que esta edificación amerita un reforzamiento estructural a corto plazo, para evitar que ante un evento sísmico se produzcan colapso parcial, total o progresivo.
- Al analizar los resultados de ISH se obtuvo un 49% de seguridad estructural, pero al comparar con el análisis estructural de la modelación dinámica, muestra que la estructura no cumple con ninguna condición de sismo, es decir que el hospital es completamente vulnerable; esto revela que se requiere de medidas de intervención urgentes.

**Recomendaciones:**

- Al ser el ISH una herramienta de gestión, se recomienda que la administración del hospital utilice la información del presente estudio, colocando como prioritario dentro de su plan de inversiones la solución de los problemas funcionales, estructurales y no estructurales de la misma.
- En cuanto a las medidas de mitigación, en el aspecto estructural, se recomienda reforzar las columnas más vulnerables, realizar arriostramientos y eliminar las columnas cortas existentes; de esta manera la estructura tendrá un mejor comportamiento frente a un evento sísmico.
- Se recomienda, dar continuidad a los estudios, realizando un análisis integral de la estructura dentro del rango inelástico, de esta manera se podrá determinar el colapso parcial, progresivo y total, que puede sufrir la estructura ante un sismo y proponer medidas de mitigación y reforzamiento adecuado.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACI 318M-11. (s.f.).
- ARQHYS.com., R. (Diciembre de 2012). *Columnas de concreto*. Obtenido de [www.arqhys.com/construccion/columnasconcreto.html](http://www.arqhys.com/construccion/columnasconcreto.html)
- Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica. (1986). *Cardona O.D. Estudios de vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico: planificación física y urbana en áreas propensas*. Bogota.
- ATC, (. 3.-0. (1995). *Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings. 75% Submittal, third Draft, 3 Volumes*.
- Bañon Blazquez, L. (2015). *Clasificacion de Suelos*.
- Burgos Namuche, I. (2007). Estudio de la Metodología "Diseño por Capacidad" en Edificaciones Aportricadas de Concreto Armado para ser incorporada a la Norma Peruana E-060 como Alternativa de Diseño. *Estudio de la Metodología "Diseño por Capacidad" en Edificaciones Aportricadas de Concreto Armado para ser incorporada a la Norma Peruana E-060 como Alternativa de Diseño*. Lima, Lima, Perú.
- CELEC. (2013). *Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (EIAD) Sistema de transmisión de extra alta tensión y sistemas asociados*.
- CYPECAD . (2016).
- Diaz, G. (2005). *Diseño Estructural en Arquitectura*. Buenos Aires: nobuko.
- Direccion General de Proteccion Civil de Murcia . (5 de Octubre de 2006). *SISMIMUR*. Obtenido de *SISMIMUR*: [http://www.112rm.com/dgsce/planes/sismimur/sis\\_5\\_3\\_5.html](http://www.112rm.com/dgsce/planes/sismimur/sis_5_3_5.html)
- Gonzalez, A. J. (1999). *Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT*.
- Google, E. (s.f.).
- Hernández Montes, E., & Gil Martín, L. M. (2007). *Hormigón Armado y Pretensado Concreto Reforzado y Preesforzado*. Granada: Grupo de Investigación TEP-190 Ingeniería e infraestructuras.
- Hernández Yoc, S. A. (Mayo de 2012). Consideración de esbeltez en columnas externas como reductores de energía sísmica en estructuras de baja altura de concreto armado. *Consideración de esbeltez en columnas externas como*

*reductores de energía sísmica en estructuras de baja altura de concreto armado.* Guatemala, Guatemala, Guatemala.

Ministerio de Salud Pública de Ecuador, O. P. (2008-2009). *Recursos de información y capacitación. Hospitales Seguros Frente a Desastres.*

Naciones Unidas (EIRD/ONU) . (s.f.). *Vivir con el Riesgo - Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres.*

NEC\_SE\_DS\_2014. (s.f.).

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción.* Recuperado el 31 de Agosto de 2015, de <http://www.normaconstruccion.ec/>

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción.* Recuperado el 31 de Agosto de 2015, de <http://www.normaconstruccion.ec/>

Organización Panamericana de la Salud. (2008). *Guía para la evaluación de Hospitales Seguros.* Washintong DC.

Organización Panamericana de la Salud, OPS. (2004). *Guía para la reducción de la vulnerabilidad en el diseño de nuevos establecimientos de Salud.* Washington D.C.

Organización Panamericana de la Salud, OPS. (2008). *Guía para la evaluación de Hospitales Seguros.* Washintong DC.

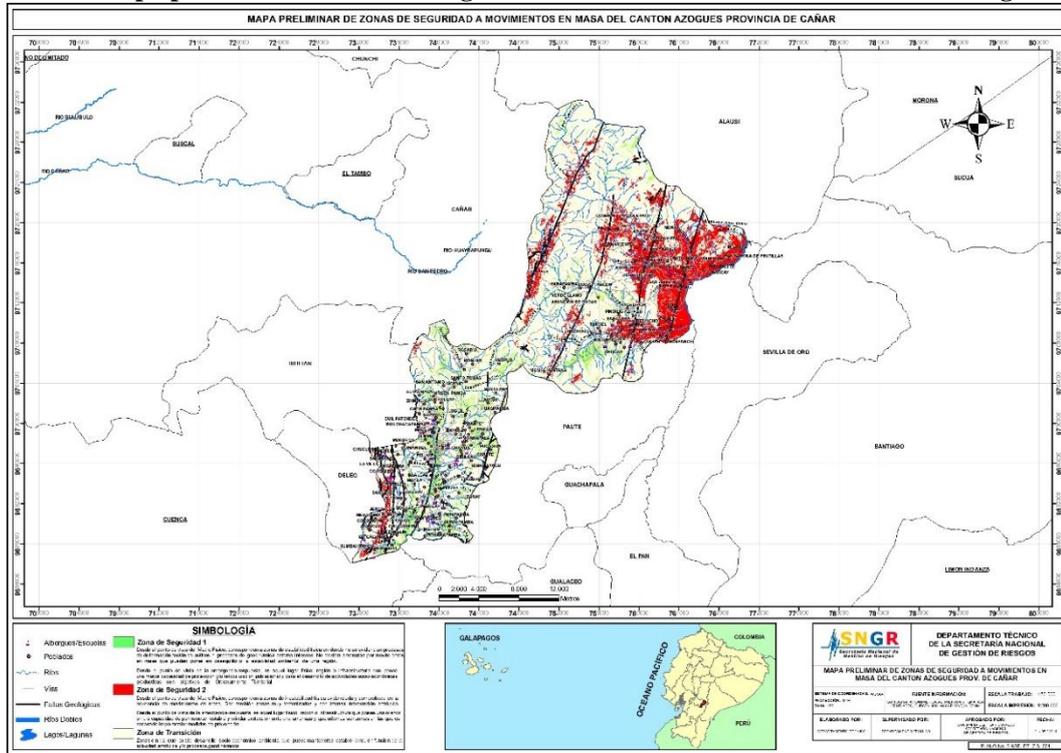
Pietro DE MARCO Z. (2002). *Corrección del Índice de Resistencia a la Penetración.* Caracas.

Rojas Reyes, R. (2010). *Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros a edades tempranas mediante el empleo del esclerómetro“.* Veracruz.

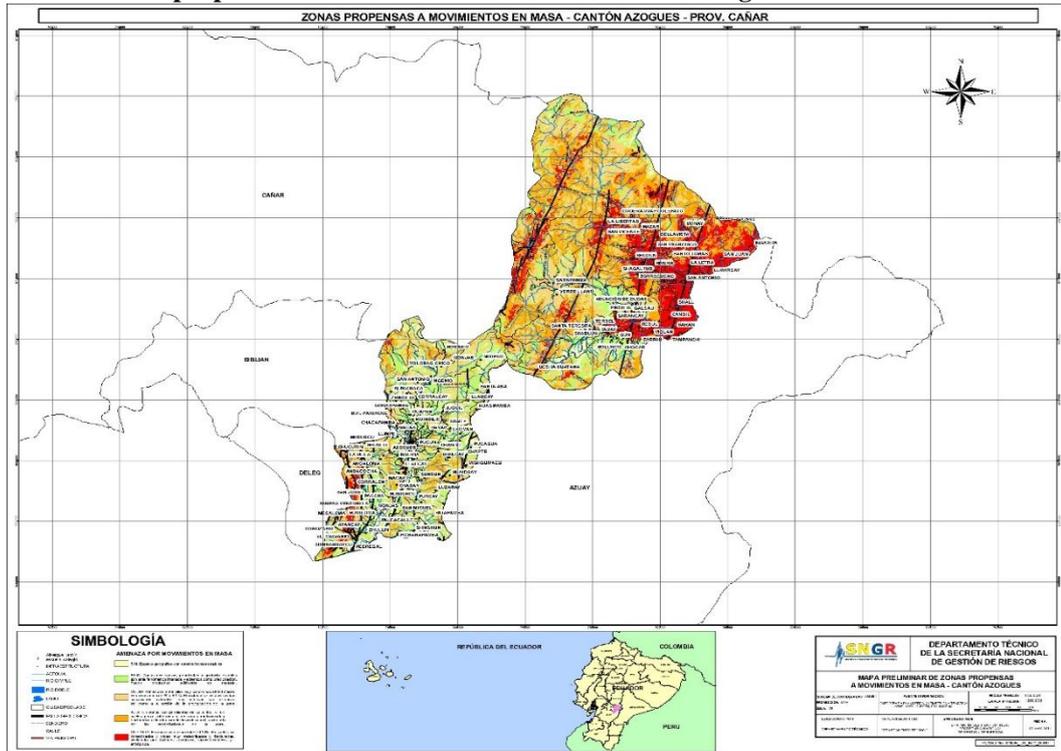
Romo Proaño, M. (2000). Temas de hormigón armado. En M. R. Proaño, *Temas de hormigón armado.* Quito: Escuela Politecnica del Ejercito.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa preliminar de zonas de seguridad a movimientos en masa del cantón Azogues.



Anexo 2: Zonas propensas a movimientos en masa del cantón Azogues.



**Anexo 3: Maqueta virtual del Hospital Homero Castanier Crespo.**



<p><b>MAQUETA VIRTUAL DEL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO</b>                  AV. ANDRÉS F. CORDOVA Y LUIS M. GONZÁLEZ                  AZOGUES - CAÑAR</p>	<p>ELABORADO POR:  <b>HERNÁN CABRERA</b>  <b>ERIKA ESQUIVEL</b></p>
<p> <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b>                  FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA                  CARRERA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES</p>	<p>ESCALA:  <b>SIN ESCALA</b></p> <p>PLANO ID:  <b>#1</b></p>

**Anexo 4: Maqueta virtual del Hospital Homero Castanier Crespo #2.**



<p><b>MAQUETA VIRTUAL DEL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO</b>                  AV. ANDRÉS F. CORDOVA Y LUIS M. GONZÁLEZ                  AZOGUES - CAÑAR</p>	<p>ELABORADO POR:  <b>HERNÁN CABRERA</b>  <b>ERIKA ESQUIVEL</b></p>
<p> <b>UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b>                  FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA                  CARRERA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES</p>	<p>ESCALA:  <b>SIN ESCALA</b></p> <p>PLANO ID:  <b>#2</b></p>