FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Evaluación estructural de la entidad hospitalaria “Hospital Misereor” de la Ciudad de Gualaquiza, Provincia de Morona Santiago, para cuantificar las amenazas y vulnerabilidad de la edificación hospitalaria

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autores:

DELGADO LITUMA AYDA PAOLA

SEMPÉRTEGUI GALARZA GEOVANNY FERNANDO

Director:

JOSÉ FERNANDO VAZQUEZ CALERO

CUENCA, ECUADOR

2016

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Edgar y Rosa
por ser mi inspiración para seguir adelante
profesionalmente y enseñarme a ser mejor persona.
A mis hermanos Lola, Joaquín y Otto por ser una de las
razones para salir adelante y cumplir mis metas.
A mis abuelitos por sus consejos y amor que me brindan.
A mi sobrina Suri por llegar a mi vida a llenarla de alegrías.
A Xavier, por su apoyo incondicional.

Ayda Paola Delgado Lituma

Dedicatoria

A mi familia,
por su compresión y
apoyo incondicional.
De manera especial
a mi madre,
por ser una guía y
enseñarme a cumplir
las metas propuestas.

Geovanny Fernando Sempértegui Galarza

Agradecimientos

De manera especial
queremos gradecer
a las autoridades y
personal que conforman
el Hospital Básico Misereor,
por las atenciones brindadas.

Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTO.....iv

ÍNDICE DE CONTENIDOS v

ÍNDICE DE FIGURAS.....ix

ÍNDICE DE TABLAS xv

RESUMEN.....xvi

ABSTRAC xvii

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN 44

1.1 Información general del Hospital Básico Misereor 44

1.2 Información relacionada con la arquitectura e ingeniería del hospital 47

1.3 Determinación del nivel de aplicación del índice de seguridad hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales 57

1.3.1 Índice de seguridad hospitalaria del Hospital Básico Misereor 57

1.3.1.1 Amenazas 86

1.3.1.1.1 Fenómenos geológicos 86

1.3.1.1.2 Fenómenos hidro-meteorológicos**.** 89

1.3.1.1.3 Fenómenos sociales.....93

1.3.1.1.4 Fenómenos sanitarios-ecológicos.....93

1.3.1.1.5 Fenómenos químicos tecnológicos.....94

1.3.1.1.6 Propiedades geotécnicas del suelo 95

1.3.1.2 Aspectos relacionados con la seguridad estructural 96

1.3.1.2.1 Seguridad debida a antecedentes del establecimiento 96

1.3.1.2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y tipo de material usado en la edificación 99

1.3.1.3 Líneas vitales e instalaciones 105

1.3.1.3.1 Sistema eléctrico 105

1.3.1.3.2 Sistema de aprovisionamiento de agua 109

1.3.1.3.3 Depósito de combustible (gas, gasolina, diésel) 111

1.3.1.3.4 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, entre otros) 113

1.3.1.3.5 Sistema de telecomunicaciones 115

1.3.1.4 Sistema de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas 116

1.3.1.5 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil, y almacenes 116

1.3.1.6 Equipos médicos, de laboratorio y suministro utilizados para el diagnóstico y tratamiento 117

1.3.1.7 Elementos arquitectónicos 122

1.3.1.8 Resultados de la evaluación hospitalaria por medio del índice de seguridad hospitalaria 127

1.3.2 Características geotécnicas del suelo 131

1.4 Conclusiones 135

CAPÍTULO II: AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA 136

2.1 Cargas gravitacionales 136

2.1.1 Cargas vivas de uso 136

2.1.2 Cargas permanentes (carga muerta) 137

2.2 Cargas accidentales 138

2.2.1 Cargas sísmicas 138

2.2.1.1 Zonificación sísmica y factores de zona Z 138

2.2.1.2 Curvas de peligro sísmico 139

2.2.1.3 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico 140

2.2.1.4 Categoría de edificio y coeficiente de importancia I 141

2.3 Comparación del método de cálculo de la fuerza sísmica entre la Norma Ecuatoriana de la construcción vigente y la Guía Popular Sismo Resistente redactada en el año de 1977 141

2.4 Derivas de piso 146

2.5 Combinaciones de cargas 146

2.6 Conclusiones 148

CAPITULO III: MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....149

3.1 Idealización del modelo de la estructura hospitalaria 149

3.2 Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado 151

3.2.1 Modelación dinámica en 3D 152

3.3 Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales 156

3.3.1 Comprobación del diseño en columnas 158

3.3.2 Comprobación del diseño en vigas 165
3.4 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación 172
3.5 Generación de gráficos explicativos.....176
3.5.1 Comprobaciones de Estados Límites Últimos, columnas 176
3.5.2 Comprobaciones de Estados Límites Últimos, vigas 183
3.5.3 Comprobaciones de flechas y derivas en losas 193
3.6 Conclusiones.....197

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 198
BIBLIOGRAFÍA 203

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema general de acciones para la gestión del riesgo. 8
Figura 2 Erupciones volcánicas. 11
Figura 3 Terremotos 11
Figura 4 Inundaciones....12
Figura 5 Deslizamiento por suelos inestables....13
Figura 6 Deslizamiento por saturación del suelo.....13
Figura 7 Sismos. 14
Figura 8 Tsunamis. 15
Figura 9 Huracanes. 16
Figura 10 Lluvias torrenciales. 16
Figura 11 Desbordamiento, río Tomebamba en Cuenca. 17
Figura 12 La marcha del pueblo por la democracia. 17
Figura 13 Personas desplazadas.....18
Figura 14 Formas irregulares en altura. 21
Figura 15 Edificios con configuración irregular.....22
Figura 16 Edificios con cambios abruptos en su resistencia lateral. 23
Figura 17 Edificios con cambios abruptos en su rigidez lateral. 24
Figura 18 Concentraciones de masa, tales como estanques de agua en el techo de hospitales pueden producir daños que comprometan el funcionamiento del hospital. 25
Figura 19 Columna corta 26
Figura 20 Fenómeno de piso blando.....26
Figura 21 Torsión. 27
Figura 22 Torsión por muros excéntricos. 27
Figura 23 Redundancia estructural. 28
Figura 24 Elementos no estructurales a considerar en la evaluación de vulnerabilidad. 30
Figura 25 Principales equipos a considerar el momento de una emergencia. 32
Figura 26 Clasificación del establecimiento de salud.....35
Figura 27 Licuefacción del suelo.....39

Figura 28 Ensayo SPT 40
Figura 29 Partes de un esclerómetro.....42
Figura 30 Ultrasonido. 42
Figura 31 Scanner. 43
Figura 1.1 Distribución física. 46
Figura 1.2 Niveles en la topografía del sector. 48
Figura 1.3 Orto-foto Hospital Básico Misereor.....48
Figura 1.4 Curvas, Índice de rebote vs Resistencia en kg/cm2. 49
Figura 1.5 Ensayo mediante scanner. 55
Figura 1.6 Mapa de riego sísmico del Ecuador. 86
Figura 1.7 Mapa de amenaza por peligro volcánico. 87
Figura 1.8 Mapa de amenaza por deslizamiento geológico. 88
Figura 1.9 Mapa de velocidad máxima de vientos del Ecuador. 89
Figura 1.10 Bajante de agua lluvia en mal estado. 90
Figura 1.11 Mapa de amenaza por lluvias torrenciales. 90
Figura 1.12 Mapa de amenaza por penetración de ríos. 91
Figura 1.13 Mapa de amenaza por deslizamientos hidrometeorológicos. 92
Figura 1.14 Almacenamiento de gas, piso inferior cocina. 94
Figura 1.15 Gas para consumo en instrumentaría, área de la cocina. 94
Figura 1.16 Separación de estribos en vigas. 97
Figura 1.17 Separación de estribos en columnas. 97
Figura 1.18 Red de bomberos. 98
Figura 1.19 Ampliación inconclusa, con exposición de armadura a agentes ambientales. 99
Figura 1.20 Presencia de humedad, zona de lavandería. 99
Figura 1.21 Presencia de humedad, pasillos. 100
Figura 1.22 Presencia de humedad, consultorios. 100
Figura 1.23 Fisuras en mampostería. 101
Figura 1.24 Columna corta, Auditorio. 102
Figura 1.25 Excentricidad unión viga-columna. 103
Figura 1.26 Presencia de madera en uniones viga-columna. 103
Figura 1.27 Cambios de rigidez lateral. 104
Figura 1.28 Piso débil y concentración de masas. 105
Figura 1.29 Generador de electricidad ubicado a la intemperie. 106

Figura 1.30 Presencia de óxido y deterioro en generador. 106
Figura 1.31 Correcta conducción del cableado, mediante regletas.....107
Figura 1.32 Inexistencia de ductos para el cableado eléctrico, por encima de cielos falsos. 107
Figura 1.33 Tablero de control, generador. 108
Figura 1.34 Lámparas de emergencia. 108
Figura 1.35 Señalización luminosa. 109
Figura 1.36 Ubicación, tanque de reserva soterrado. 109
Figura 1.37 Sistema de distribución dentro de la cisterna para el agua de reserva. .110
Figura 1.38 Bomba para el sistema de reserva de agua. 110
Figura 1.39 Tanque de combustible. 111
Figura 1.40 Ubicación, tanque de combustible. 112
Figura 1.41 Ubicaciones, cilindros de gas. 112
Figura 1.42 Sistema gas centralizado, cocina. 112
Figura 1.43 Ausencia de un sistema de anclaje o sujeción para los tanques de oxígeno. 113
Figura 1.44 Sujeción ineficiente de los tanques de oxígenos almacenados. 113
Figura 1.45 Almacenamiento de tanques de oxígeno. 114
Figura 1.46 Almacenamiento de basura generada por cuidados médicos. 114
Figura 1.47 Cables y equipos de internet. 115
Figura 1.48 Cables y equipos de internet. 115
Figura 1.49 Equipos de aire acondicionado en áreas críticas. 116
Figura 1.50 Ausencia de anclajes en estanterías. 117
Figura 1.51 Área de Quirófano. 117
Figura 1.52 Sala de Recuperación. 118
Figura 1.53 Equipo de Rayos X. 118
Figura 1.54 Laboratorio Hospital Misereor. 119
Figura 1.55 Equipos de laboratorio. 119
Figura 1.56 Parte de la estantería y equipos médicos en la sala de emergencias. 120
Figura 1.57Unidad de Cuidados Intermedios. 120
Figura 1.58 Estantería Farmacia. 121
Figura 1.59 Sala de Esterilización. 121
Figura 1.60 Sala de Partos. 122
Figura 1.61 Cubierta, bloque de maternidad. 123

Figura 1.62 Presencia de árbol de gran tamaño, representa un riesgo para la entidad hospitalaria ante un desastre. 124
Figura 1.63 Sistema contra incendios. 125
Figura 1.64 Señalización es escaleras. 126
Figura 1.65 Escaleras con variación de contrahuella. 126
Figura 1.66 Resultados seguridad estructural 127
Figura 1.67 Resultados seguridad no estructural. 128
Figura 1.68 Resultados seguridad funcional. 130
Gráfico 1.69 Índice de seguridad hospitalaria. 131
Figura 1.70 Calicata #1. 132
Figura 1.71 Calicata #2. 133
Figura 2.1 Curvas de peligro sísmico. 140
Figura 2.2 Espectro de respuesta elástico de aceleraciones. 144
Figura 3.1 Maqueta virtual Hospital Básico Misereor. 150
Figura 3.2 Espectro de respuesta. 151
Figura 3.3 Modelación 3D bloque de maternidad, Hospital Básico Misereor. 152
Figura 3.4 Modelación 3D bloque de emergencia, Hospital Básico Misereor. 152
Figura 3.5 Modelación 3D bloque ampliación de consultorios, Hospital Básico Misereor. 153
Figura 3.6 Modelación 3D bloque tipo de: hospitalización varones, mujeres y pediatría, Hospital Básico Misereor. 153
Figura 3.7 Modelación 3D bloque rayos x y comedor, Hospital Básico Misereor. .154
Figura 3.8 Modelación 3D bloque de administración, Hospital Básico Misereor....154
Figura 3.9 Modelación 3D bloque de cocina y bodegas, Hospital Básico Misereor. 155
Figura 3.10 Modelación 3D bloque de laboratorio, Hospital Básico Misereor. 155
Figura 3.11 Modelación 3D bloque de odontología, Hospital Básico Misereor. 156
Figura 3.12 Modelación 3D bloque de quirófano, Hospital Básico Misereor. 156
Figura 3.13 Cortante de diseño para columnas. 164
Figura 3.14 Cortante de diseño para vigas. 171
Figura 3.15 Disposiciones relativas a las armaduras, bloques del Hospital Básico Misereor. 176
Figura 3.16 Disposiciones relativas a las armaduras, Hospital Básico Misereor. 177
Figura 3.17 Armadura máxima y mínima, bloques del Hospital Básico Misereor. .177

Figura 3.18 Armadura máxima y mínima, Hospital Básico Misereor. 178
Figura 3.19 Estado límite de agotamiento frente a cortante, bloques Hospital Básico Misereor. 178
Figura 3.20 Estado límite de agotamiento frente a cortante, Hospital Básico Misereor. 179
Figura 3.21 Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales, bloques Hospital Básico Misereor. 179
Figura 3.22 Estado Límite de agotamiento frente a solicitaciones normales, Hospital Básico Misereor. 180
Figura 3.23 Criterios de diseño por sismo NEC-2014, bloques Hospital Básico Misereor. 180
Figura 3.24 Criterios de diseño por sismo NEC-2014, Hospital Básico Misereor. ..181
Figura 3.25 Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11, bloques Hospital Básico Misereor. 181
Figura 3.26 Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11, Hospital Básico Misereor. 182
Figura 3.27 Diseño por capacidad, bloques Hospital Básico Misereor. 182
Figura 3.28 Diseño por capacidad, Hospital Básico Misereor. 183
Figura 3.29 Disposiciones relativas a las armaduras, bloques Hospital Básico Misereor. 183
Figura 3.30 Disposiciones relativas, Hospital Básico Misereor. 184
Figura 3.31 Armadura mínima y máxima, bloques Hospital Básico Misereor. 184
Figura 3.32 Armadura mínima y máxima, Hospital Básico Misereor. 185
Figura 3.33 Estado Límite de agotamiento frente a cortante combinaciones no sísmicas, bloques Hospital Básico Misereor. 185
Figura 3.34 Estado Límite de agotamiento frente a cortante combinaciones no sísmicas, Hospital Básico Misereor. 186
Figura 3.35 Estado límite de agotamiento frente a cortante combinaciones sísmicas, bloques Hospital Básico Misereor. 186
Figura 3.36 Estado límite de agotamiento frente a cortante combinaciones sísmicas, Hospital Básico Misereor. 187
Figura 3.37 Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales combinaciones no sísmicas, bloques Hospital Básico Misereor. 187

Figura 3.38 Estado Límite de agotamiento frente a solicitaciones normales combinaciones no sísmicas, Hospital Básico Misereor. 188
Figura 3.39 Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales combinaciones sísmicas, bloques Hospital Básico Misereor. 188
Figura 3.40 estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales combinaciones sísmicas, Hospital Básico Misereor. 189
Figura 3.41 Criterios de diseño por sismo NEC-2014, bloques Hospital Básico Misereor. 189
Figura 3.42 Criterios de diseño por sismo NEC-2014, Hospital Básico Misereor...190
Figura 3.43 Criterios de diseño por sísmico ACI 318M-11, bloques Hospital Básico Misereor. 190
Figura 3.44 Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11, Hospital Básico Misereor. 191
Figura 3.45 Cortante de diseño para vigas, bloques Hospital Básico Misereor. 191
Figura 3.46 Cortante de diseño para vigas, Hospital Básico Misereor. 192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Capacidad hospitalaria.....47
Tabla 1.2 Resultados esclerometría, áreas vacunatorio y quirófano.....50
Tabla 1.3 Resultado esclerometría, áreas cocina y residencia. 50
Tabla 1.4 Resultado esclerometría, áreas administración y consultorios. 51
Tabla 1.5 Resultado esclerometría, áreas maternidad y lavandería. 51
Tabla 1.6 Resultado esclerometría, áreas gradas y rapas bloque maternidad. 53
Tabla 1.7 Resultado esclerometría, áreas hospitalización: varones, mujeres y niños.54
Tabla 1.8 Resultados ensayo ultrasonido. 56
Tabla 1.9: Formulario 1, índice de seguridad hospitalaria. 57
Tabla 1.10: Formulario 2, índice de seguridad hospitalario. 61
Tabla 2.1 Cargas de ocupación o uso. 136
Tabla 2.2 Cargas permanentes. 137
Tabla 2.3 Factores de aceleración sísmica esperada. 139
Tabla 2.4 Tipos de perfil del suelo. 140
Tabla 2.5 Coeficiente de importancia. 141
Tabla 2.6 Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto. 142
Tabla 2.7 Coeficiente de amplificación de las ordenadas de del espectro de respuesta de desplazamientos para diseño en roca. 143
Tabla 2.8 Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos. 143
Tabla 2.9 Derivas de piso. 146
Tabla 3.1 Columnas tipo. 172
Tabla 3.2 Vigas tipo. 173
Tabla 3.3 Conformación estructural del Hospital Básico Misereor, columnas. 174
Tabla 3.4 Conformación estructural Hospital Básico Misereor, vigas. 175
Tabla 3.5 Evaluación de flechas en losas. 193
Tabla 3.6 Evaluación de derivas de piso. 195

EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA ENTIDAD HOSPITALARIA "HOSPITAL MISEREOR" DE LA CIUDAD DE GUALAQUIZA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, PARA CUANTIFICAR LAS AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN HOSPITALARIA

RESUMEN

El Hospital Básico Misereor empezó a ser construido en 1959, época en la que no existía una normativa que regule los procesos constructivos dentro del país, haciendo que estos edificios sean vulnerables a las amenazas que hoy en día se toman en cuenta para la construcción. Motivo que incentivó el desarrollo de este trabajo que consiste en evaluar los elementos estructurales, no estructurales y funcionales del hospital. Para la evaluación se dispuso de dos herramientas, el Índice de Seguridad Hospitalaria mediante el cual se cuantifica la seguridad y vulnerabilidad de la edificación, la segunda herramienta el software CYPECAD, el mismo que realiza una simulación sísmica y a través de un análisis modal espectral evalúa los elementos estructurales.

Palabras clave: Amenazas, Evaluación Estructural, Índice de Seguridad Hospitalaria, Peligro Sísmico, Riesgo, Vulnerabilidad Estructural.

José Fernando Vázquez Calero
Director del Trabajo de Titulación

Paúl Cornelio Cordero Díaz
Director de Escuela

Ayda Paola Delgado Lituma

Geovanny Fernando Sempértegui Galarza

STRUCTURAL EVALUATION OF *MISEREOR* HOSPITAL IN THE CITY OF GUALAQUIZA, MORONA SANTIAGO PROVINCE IN ORDER TO QUANTIFY THE THREATS AND VULNERABILITY OF THE HOSPITAL BUILDING

ABSTRACT

Misereor Hospital began its construction in 1959, a time when there was no legislation regulating construction processes within the country, making these buildings vulnerable to threats that today are taken into account for construction. Consequently this fact encouraged the development of this work, which is aimed at evaluating the structural, non-structural and functional elements of the hospital. Two tools were considered for its evaluation: Hospital Safety Index by which the safety and vulnerability of the building is quantified; and as the second tool CYPECAD software, which makes seismic simulation and evaluates structural elements through a spectral modal analysis.

Keywords: Threats, Structural Assessment, Hospital Safety Index, Seismic Hazard, Risk, Structural Vulnerability.

José Fernando Vázquez Calero
Thesis Director

Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director

Ayda Paola Delgado Lituma

Geovanny Fernando Sempértegui Galarza

Authors

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas

Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Delgado Lituma Ayda Paola

Sempértegui Galarza Geovanny Fernando

Trabajo de Titulación

Ing. José Fernando Vázquez Calero, M.Sc.

Octubre, 2016

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LA ENTIDAD HOSPITALARIA "HOSPITAL MISEREOR" DE LA CIUDAD DE GUALAQUIZA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, PARA CUANTIFICAR LAS AMENAZAS Y VULNERABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN HOSPITALARIA

INTRODUCCIÓN

Los hospitales dentro de la Norma Ecuatoriana de la Construcción son considerados edificaciones de ocupación especial o de uso esencial, es decir, presentan especificaciones técnicas más severas con respecto a los procesos de: diseño, construcción y mitigación en el caso de presentar inconvenientes dentro de su vida útil, con respecto a otros tipos de edificaciones dentro del país.

El componente estructural debe ser considerado en el caso de edificaciones nuevas desde la etapa de pre-diseño o durante la etapa de reparación y en la remodelación o mantenimiento cuando se trata de una edificación existente. Un buen diseño estructural es la clave para que la integridad del edificio sobreviva a un desastre natural; posiblemente pueden presentarse daños, pero no sufrirá el colapso. (Programa de preparativos para situación de emergencias y socorro en casos de desastres,

Organización Panamericana de la Salud, Oficina regional de la Organización Mundial de la Salud, 2000).

Los desastres naturales a presentarse pueden ser diversos, por ejemplo: sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslaves, entre otras; los mismos que afectarán a la estructura de la edificación. La parte estructural está compuesta por los elementos estructurales y no estructurales.

En el diseño se deben considerar múltiples aspectos que van desde la ubicación del establecimiento de salud hasta la instalación de equipos; no se debe dejar de lado los requisitos arquitectónicos, debido a que este brinda un confort al usuario y además deben ser considerados para de esta manera realizar un diseño estructural que sea seguro y satisfaga los aspectos estéticos que demanda el esquema arquitectónico.

Dentro del continente americano se tiene que aproximadamente un 67% de los 18.000 hospitales que existen están ubicados en zonas de alto riesgo. (Dr. C. René Navarro Machado, 2012). Debido a este motivo, un hospital debe continuar brindando asistencia médica a sus pacientes, a las personas que arriben luego de presentarse un desastre y salvaguardar la vida de los mismos; para que esto se realice de una manera efectiva el personal debe estar en el sitio y conocer cómo responder ante una situación de emergencia.

Lamentablemente en la mayoría de los países de América Latina, las normas no han sido aplicadas efectivamente o no se han considerado especificaciones especiales para la construcción de edificaciones esenciales como son los hospitales. (Programa de preparativos para situación de emergencias y socorro en casos de desastres, Organización Panamericana de la Salud, Oficina regional de la Organización Mundial de la Salud, 2000). Por tal razón, la mayoría de las entidades hospitalarias pueden o no presentar vulnerabilidad en sus componentes estructurales como no estructurales; en el caso de presentarse un fenómeno natural podría incurrir en pérdidas humanas como

económicas, esto se puede evitar mediante planes de mitigación implementados posterior a una evaluación de dichos componentes de la entidad hospitalaria.

El Hospital Misereor ubicado en el cantón Gualaquiza perteneciente a la provincia de Morona Santiago, ha sido construido en diferentes etapas empezando en el año 1959 a cargo de la Misión Salesiana, su inauguración se la realiza el 12 de febrero de 1964 con el nombre de la institución benefactora MISEREOR. (Peralta, 2012)

En los años sesentas, nuestro país no contaba con una norma o código en la cual se basará la construcción. La primera normativa que regularía la construcción es publicada en 1976, a cargo del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) con el nombre de Guía Popular de la Construcción Sismo Resistente y entrando en vigencia en 1977. Recientemente en el año 2001 se presenta el Código Ecuatoriano de la Construcción y diez años después con algunas reformas se publica la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2011); debido a estas circunstancias es pertinente realizar una evaluación de vulnerabilidad y un análisis del diseño estructural original de la edificación frente a desastres naturales basándonos en la normativa vigente, para de esta manera poder presentar medidas de mitigación en caso de ser necesarias.

Antecedentes

Ecuador es un país considerado de alto riesgo en cuanto a la ocurrencia de eventos adversos, esto se debe a que se encuentra ubicado en el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, que lo convierte en zona de gran actividad geológica y sísmica del mundo; por lo que en el marco de la atención de Salud en Situaciones Emergentes, expidió el acuerdo Ministerial No. 0000550 de fecha 27 de septiembre del 2007, creando la base jurídica para la implementación de la Política Nacional y el Programa de Hospital Seguro. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Organización Panamericana de la Salud, 2008)

De acuerdo a datos estadísticos que constan en la Política Nacional de Hospitales Seguros se puede decir que:

1. El 80% de la población está expuesta a desastres de carácter sísmico, generados por 52 fuentes sismo genéticas, 8 de las cuales son calificadas de alto riesgo.
2. El 35% de la población se encuentra asentada en zonas amenazadas por deslizamientos de tierras, inundaciones, flujos de lodos y escombros.
3. El 30 % de la población se encuentra en los Andes Septentrionales Ecuatorianos donde se localiza la mayor concentración de estructuras volcánicas pertenecientes al período cuaternario.
4. El 30% de la población de las regiones Litoral y Amazónica, y el 15% de la superficie nacional, están sujetos a inundaciones periódicas.
5. El 10% de la población se encuentra asentada en la línea de costa, y está expuesta a los tsunamis y maremotos.

Objetivo General

Evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales de la Entidad Hospitalaria Misereor, cuantificando las amenazas y la vulnerabilidad de la edificación.

Objetivos Específicos:

- Identificar las amenazas en el entorno de la edificación hospitalaria, utilizando encuestas y mapas de riesgos existentes.
- Realizar un análisis de suelos que permitan determinar las características geológicas de la zona donde se encuentra el hospital.
- Evaluar los elementos estructurales y parte de los no estructurales del hospital, utilizando fichas de evaluación.
- Diseñar una maqueta virtual utilizando software BIM (Building Information Modeling).
- Agrupar y modelar las cargas que especifica la norma NEC-SE-2014

utilizando un software especializado y comparar con el diseño estructural existente.

- Cuantificar la vulnerabilidad y el riesgo de la edificación de salud basándonos en los resultados obtenidos.
- Proponer medidas de mitigación y reforzamiento.

Metodología

Se evaluará las amenazas identificadas y por definir al entorno de la instalación hospitalaria, apoyándonos en mapas de riesgo de la Dirección Nacional de Riesgo (DNR), Sistemas de Información Geográfica (SIG) y entrevistas a diferentes funcionarios de la entidad hospitalaria; se realizará un ensayo de penetración estándar SPT (Standar Penetration Test) que consiste en la extracción de una muestra de suelo a una profundidad de (5-6 m), para posteriormente determinar la capacidad admisible del suelo; además se identificará su tipo y clasificación para realizar una columna estratigráfica.

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: dron con cámara de alta definición, esclerómetro, scaner, ultrasonido. Se obtendrá una maqueta virtual de los miembros estructurales y parte de los no estructurales 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 (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014).

Se compararán los resultados de la modelación existente que contiene los armados reales de la estructura con la modelación implementando la norma actual de construcción, donde se obtendrán gráficos comparativos del comportamiento de la infraestructura hospitalaria; para finalmente con todos los datos 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 parte de las no estructurales del hospital y realizadas las fichas de evaluación se propondrá medidas de mitigación y reforzamiento.

Estado del arte y marco teórico

Las entidades hospitalarias pueden ser afectadas por diversos tipos de eventos adversos, los cuales podrían afectar su funcionabilidad dentro del campo estructural, así como en los servicios que brinda; por lo cual, se debe realizar una evaluación pertinente para reducir el riesgo y vulnerabilidad permitiendo que la entidad hospitalaria pueda afrontar estos eventos adversos o desastres de la mejor manera.

Definiciones

Eventos Adversos. - "Son aquellas alteraciones o daños de diverso tipo (a la salud, los bienes, el medio ambiente, etc.) que demandan respuesta inmediata de la comunidad afectada y dependiendo de la capacidad de respuesta, pueden considerarse como emergencias o desastres". (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

Dentro de los eventos adversos podemos encontrar tres tipos:

- Eventos de origen natural. - como su nombre lo dice son provocados por la naturaleza, es decir, que no hay intervención humana. Como ejemplo de estos eventos tenemos: sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, granizadas, heladas, huracanes, incendios forestales, inundaciones, marejadas, sequías, tormentas, etc. (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

- Eventos de origen antrópico. - son todos los eventos derivados o producidos por la intervención del hombre. Entre ellos están los incendios, accidentes en medios masivos de transporte o sitios de congregación masiva, explosiones, alteraciones del orden público, incidentes con materiales peligrosos, estos entre los más comunes. (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

- Eventos combinados. - son aquellos que parten de un evento natural, pero se ven modificados por la intervención o la actividad humana. Por ejemplo, se pueden presentar inundaciones por colmatación de alcantarillas, incendios forestales debido a la falta de conciencia social en el tema basura, principalmente con materiales vitrificados, deslizamientos por la deforestación de las laderas, entre otros. (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

Se puede clasificar a los eventos adversos de dos formas, en desastres y en emergencias; las emergencias son aquellas que causan alteraciones en el entorno, bienes materiales, servicios básicos, en los habitantes del sector donde la misma se presenta, sin exceder la capacidad de respuesta de la comunidad afectada; esto es considerado como una falta de equilibrio entre la demanda y los recursos hablando a nivel hospitalario. Mientras que el desastre es aquel que causa alteraciones intensas en los mismos campos mencionados con anterioridad dentro de la emergencia, con la diferencia primordial que en este segundo caso se excede la capacidad de respuesta de la comunidad afectada; esto implica que se deben realizar acciones extraordinarias e inmediatas para atender la demanda de servicios hablando a nivel hospitalario. (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

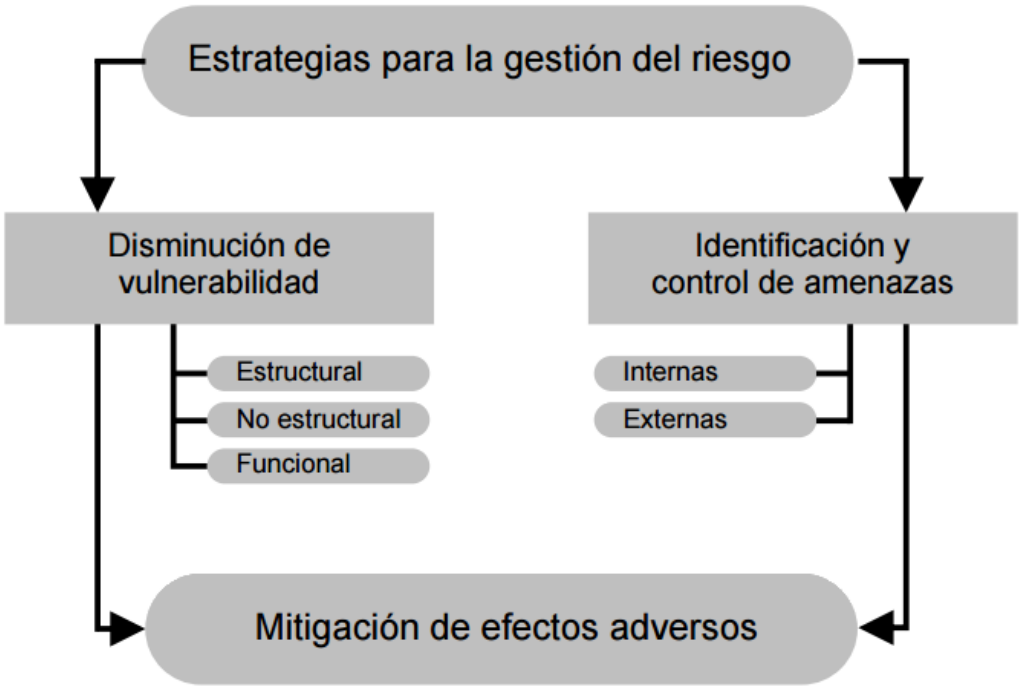

Figura 1 Esquema general de acciones para la gestión del riesgo.

Fuente: Manual de Planeamiento Hospitalario para Emergencias.

Mitigación. - "Es el conjunto de acciones para reducir el riesgo. En este caso, el objetivo es minimizar los daños, para lo cual es necesario intervenir uno o los dos factores de riesgo; es decir, disminuir la vulnerabilidad o intervenir directamente la amenaza." (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

Para que un evento adverso pueda ser considerado como emergencia o desastre, se requiere además de la presencia de una amenaza, la existencia de un individuo o un sistema vulnerable a ella. La presencia simultánea de estos dos factores genera una nueva condición conocida como riesgo, la cual debe ser analizada y gestionada eficientemente para prevenir la ocurrencia de ese evento adverso o mitigar sus efectos.

Amenaza. - "La amenaza o peligro es el factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio

ambiente, expresado matemáticamente como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un cierto sitio y en cierto período de tiempo.” (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

Acorde con la Guía del evaluador de hospitales seguros a las amenazas se las puede clasificar en tres niveles:

- Alta: alta probabilidad de ocurrencia o de gran magnitud.
- Media: alta probabilidad de una amenaza moderada.
- Baja: baja probabilidad de ocurrencia o amenaza de poca magnitud.

Se debe tener en cuenta además de la clasificación de las amenazas, el cómo identificarlas, es decir, si son externas o internas.

Lo que respecta a las amenazas internas, estas deben prevenirse y controlarse oportunamente mediante la inspección, reposición, mantenimiento y toma de decisiones respecto a las condiciones de funcionamiento y operación, se tendrá que garantizar una disminución de eventos adversos dentro de la entidad hospitalaria. Como ejemplo de lo mencionado anteriormente se tiene la detección de fallas, fatigas o deterioros en equipos cuyo mal funcionamiento podría poner en riesgo la integridad de las personas como la de la edificación. (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

Sobre las amenazas externas podemos mencionar que son aquellas sobre las cuales no se puede ejercer un control directo, dejándonos como estrategia la mitigación de los daños que se produzcan luego de la ocurrencia de la amenaza externa. (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

A continuación, se presenta la categorización de las amenazas externas según el Prof. Dr. Ing, Carlos Llanes Burón:

- **Fenómenos geológicos**
  - Sismos.
  - Erupciones volcánicas.
  - Deslizamientos por suelos inestables.
  - Tsunamis.
- **Fenómenos hidrometoreológicos**
  - Huracanes.
  - Lluvias torrenciales.
  - Penetraciones de ríos.
  - Deslizamiento por saturación del suelo.
- **Fenómenos sociales**
  - Concentraciones de población.
  - Personas desplazadas.
- **Fenómenos sanitario-ecológicos**
  - Epidemias.
  - Contaminación.
  - Plagas.
- **Fenómenos químico-tecnológicos**
  - Explosiones.
  - Incendios.
  - Fuga de materiales peligrosos.

Generalmente las amenazas externas se presentan por causas naturales o provenientes de una falla humana, las que se han presentado al transcurrir los años en nuestro país y de origen natural según el Programa de Hospitales Seguros de la República del Ecuador son:

- **Erupciones volcánicas. -** Son conocidas como la "emisión explosiva o lenta, de lava, materiales piroclásticos o gases volcánicos hacia la superficie de la tierra, usualmente a través de un cono volcánico y raramente por fisuras". (Instituto Mexicano del Seguro Social)

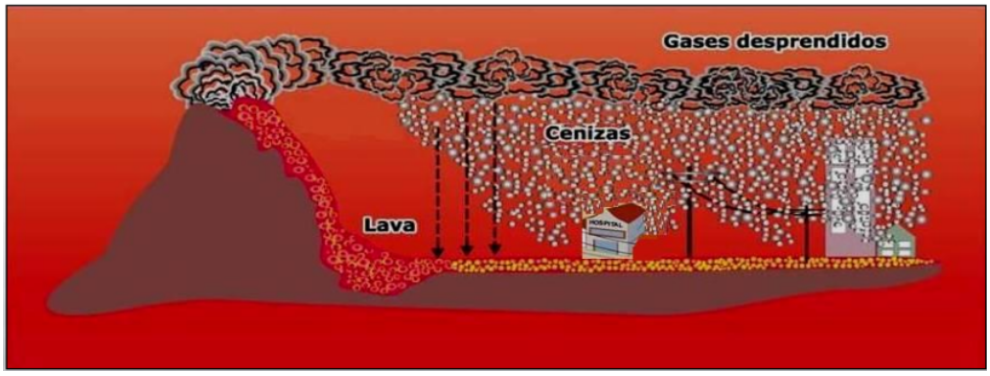

Figura 2 Erupciones volcánicas.

Fuente: Hospitales Seguros Frente a Desastres, Evaluación de las Amenazas.

- **Terremotos. -** Se los define como "vibraciones de la Tierra ocasionadas por la propagación, en el interior o en la superficie de ésta, de varios tipos de ondas elásticas; la energía que da origen a estas ondas proviene de una fuente sísmica." (Instituto Mexicano del Seguro Social)

Figura 3 Terremotos

Fuente: Revista NATIONAL GEOGRAPHIC.

- **Inundaciones. -** "Acumulación de niveles extraordinarios de agua, sobre terrenos normalmente planos y de poca elevación con respecto al nivel medio de agua presente en los receptáculos naturales y artificiales circundantes a una región." (Instituto Mexicano del Seguro Social)

Figura 4 Inundaciones

Fuente: Diario el Comercio 2016/04/13.

- **Deslizamientos. -** "Aplicado a suelos y a material superficial, se refiere a movimiento plástico lento hacia abajo. Aplicado a sólidos elásticos, alude a deformación permanente a causa de algún esfuerzo". (Instituto Mexicano del Seguro Social)

  Dentro del deslizamiento podemos encontrar dos tipos:

  - Deslizamiento por suelos inestables. - son producidos por el movimiento rápido o lento de material superficial ubicado en la corteza terrestre el mismo que desciende pendiente abajo, esto se debe a una pérdida de consistencia del material o un aumento repentino del peso del mismo. (Llanes Burón)

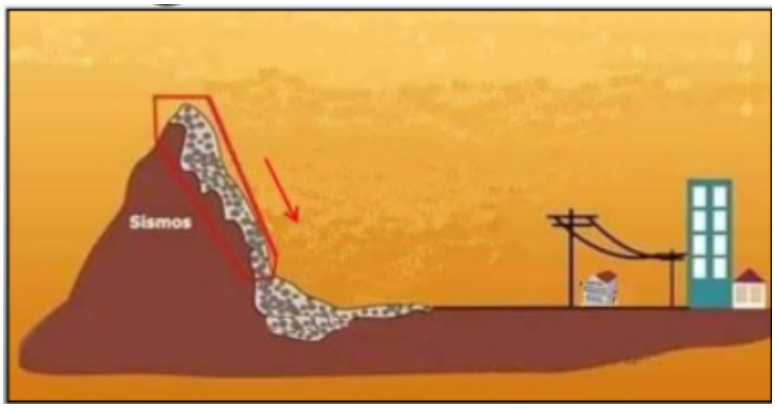

Figura 5 Deslizamiento por suelos inestables

Fuente: Hospitales Seguros Frente a Desastres, Evaluación de las Amenazas.

- Deslizamiento por saturación del suelo. - se produce debido al movimiento rápido o lento de material superficial ubicado en un talud o ladera por causas de la humedad excesiva. (Llanes Burón)

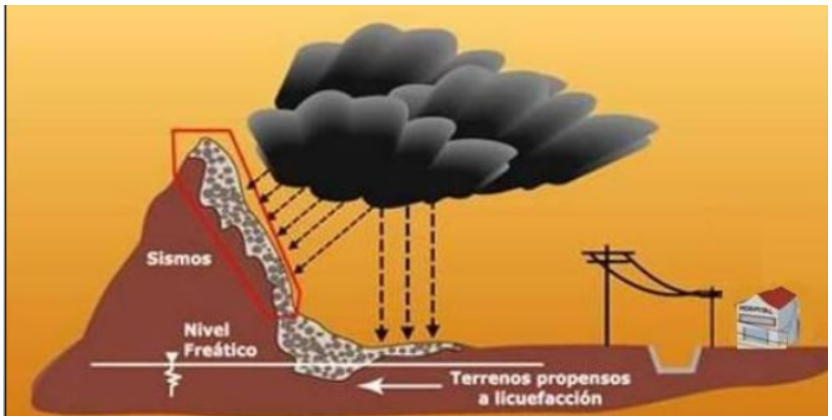

Figura 6 Deslizamiento por saturación del suelo.

Fuente: Hospitales Seguros Frente a Desastres, Evaluación de las Amenazas.

- **Sismos. -** producidos por el "fracturamiento repentino de una porción de la litósfera terrestre (cubierta rígida del planeta) como consecuencia de la acumulación de esfuerzos de deformación. La energía liberada por el

rompimiento se propaga en forma de ondas sísmicas, hasta grandes distancias". (Instituto Mexicano del Seguro Social)

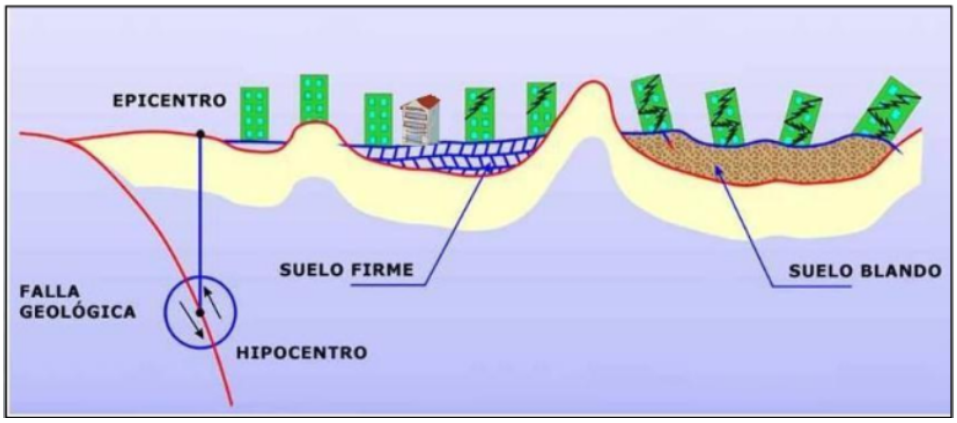

Figura 7 Sismos.

Fuente: Hospitales Seguros Frente a Desastres, Evaluación de las Amenazas.

Las ondas sísmicas que son transmitidas en una superficie sólida se clasifican de la siguiente manera:

- Ondas primarias. - estas son las más rápidas y son conocidas como ondas de compresión o longitudinales, se simbolizan mediante la letra P; las partículas sufren movimientos hacia adelante y atrás alternadamente al momento de liberarse la energía. Las ondas P se transmiten por medio de sólidos, líquidos y gases, y son las primeras en llegar a la superficie.

- Ondas secundarias. - se las conoce como ondas transversales y se las simboliza mediante la letra S, viajan a menor velocidad que las primarias, esto se debe a que hacen vibrar a las partículas en forma perpendicular al avance de la onda; este tipo de onda solo es transmitida en materiales sólidos.
- Ondas superficiales. - son representadas por la letra L y son las que provocan más daño en la superficie. Dentro de este tipo de onda se tienen dos subtipos, las primeras conocidas como ondas Love, son

transmitidas en materiales sólidos uniformes, y las ondas Raleigh, las mismas que se transmiten en sólidos no uniformes. (Aguilar Rodríguez, 2004)

A continuación, se explicarán el resto de amenazas externas.

- **Tsunamis. -** fenómenos conformado por olas de gran tamaño, provocados por actividad sísmica en zonas submarinas o erupciones volcánicas en el fondo del océano. Las olas viajan grandes distancias con dirección a la costa, mientras más cerca se encuentran las olas de la costa adquieren mayor altura y velocidad de impacto. (Llanes Burón)

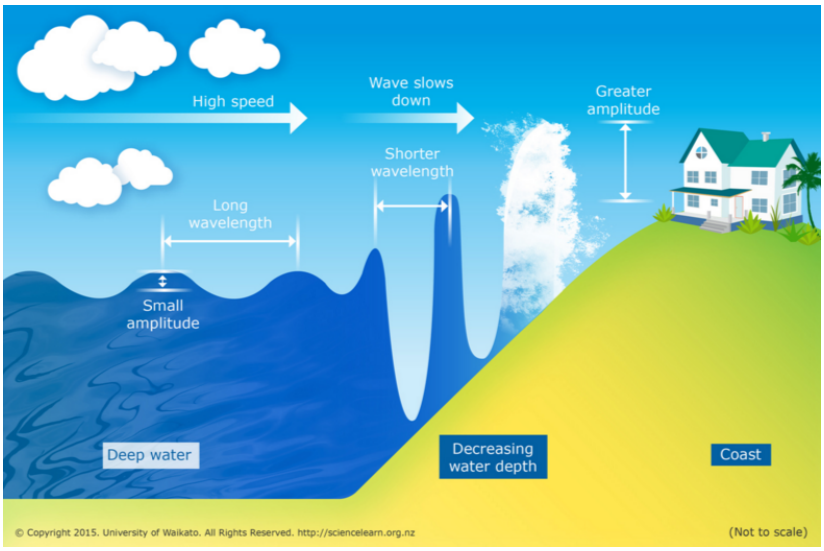

Figura 8 Tsunamis.

Fuente: University of Waikato. http://sciencelearn.org.nz

- **Huracanes. -** **“**se presentan en aguas cálidas tropicales, y se definen como un centro de baja presión en el cual los vientos giran en contra de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y van formando bandas nubosas en espiral acompañadas de intensas precipitaciones”. (Llanes Burón)

Figura 9 Huracanes.

Fuente: Hospitales Seguros Frente a Desastres, Evaluación de las Amenazas.

- **Lluvias torrenciales. -** precipitaciones intensas que pueden ser acompañadas de relámpagos, rayos y truenos; se caracterizan por inundar en poco tiempo áreas bajas y especialmente planas produciendo estancamiento de aguas. En el caso de que la topografía de la zona presente pendientes pronunciadas, el flujo del agua se mueve a gran velocidad y en grandes volúmenes causando deslizamientos. (Llanes Burón)

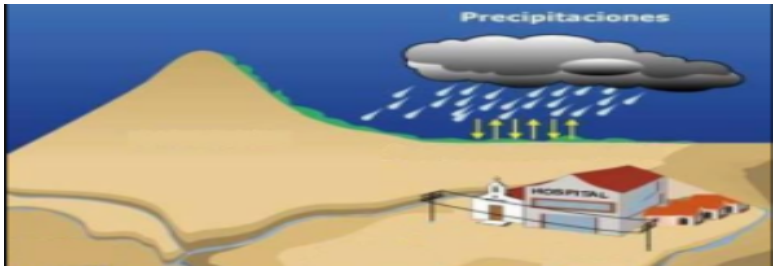

Figura 10 Lluvias torrenciales.

Fuente: Hospitales Seguros Frente a Desastres, Evaluación de las Amenazas.

- **Penetraciones del mar o ríos. -** estos fenómenos se producen por altas precipitaciones, generalmente en temporadas de invierno lo que provoca marejadas o aumento del caudal en el cauce natural del río. (Llanes Burón)

Figura 11 Desbordamiento, río Tomebamba en Cuenca.

Fuente: Diario el Mercurio 2014/10/12.

- **Concentraciones de población. -** hace referencia a la conglomeración de un grupo indeterminado de personas ya sea de una manera organizada o espontánea llegando a afectar el desenvolvimiento cotidiano de un poblado o ciudad y de sus servicios. Estas concentraciones masivas pueden desencadenar inseguridad, desorden y violencia. (Llanes Burón)

Figura 12 La marcha del pueblo por la democracia.

Fuente: http://daprose.net/bitacoras/ecuador/index.php/marcha-del-19-mar-2015-dijo-fuera-maldito-correa/

- **Personas desplazadas. -** son personas que, por evitar efectos de un conflicto armado, civil, persecuciones o como resultado de catástrofes naturales, se ven obligadas a salir de su lugar habitual de residencia sin cruzar una frontera

estatal internacionalmente reconocida; es decir, se movilizan a ciudades o poblados colindantes. (Llanes Burón)

Figura 13 Personas Desplazadas.

Fuente: http://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/

Del documento "Evaluación de las Amenazas" perteneciente a la OPS se han obtenido los siguientes significados:

- **Epidemias. -** se caracterizan por el incremento significativo de casos de una enfermedad en particular y afecta a muchos individuos en un lapso de tiempo determinado; además generan un gran incremento en los índices de morbilidad y de mortalidad.
- **Contaminación. -** hace referencia a la presencia de agentes físicos, químicos o biológicos que pueden ser nocivos para la salud y la seguridad de una población determinada.
- **Plagas. -** son todos aquellos animales, insectos, etc que puedan transmitir de manera directa o indirecta enfermedades. Esto debe ser analizado en la zona donde se encuentra emplazado el hospital y determinar el nivel de amenaza que las mismas representan.
- **Explosiones. -** liberación súbita de gas a alta presión al ambiente, disipando la energía contenida como una onda de choque.

- **Incendios. -** hace referencia a la presencia de fuego, el cual no puede ser controlado a su debido tiempo, provocando daños a la propiedad y poniendo en riesgo la vida.

Factores que influyen en la vulnerabilidad

Existen diversos factores que pueden influir en la vulnerabilidad de un Hospital; sin embargo, el Ministerio de Salud Pública de República dominicana en su publicación "Hospitales Seguros" con el título "Sistematización de experiencias en la República Dominicana" nos habla de los siguientes:

- **Físicos. -** la ubicación física de los asentamientos poblacionales con sus instalaciones de salud.
- **Ecológicos o ambientales. -** explotación de manera inadecuada de los elementos del entorno; debilitando los ecosistemas y su capacidad de enfrentar y absorber los diferentes fenómenos naturales.
- **Técnicos. -** desde el punto de vista del análisis y diseño, se tiene que considerar la calidad de las edificaciones y estructuras.
- **Económicos. -** ausencia, insuficiencia o mala utilización de los recursos económicos disponibles para una adecuada gestión de riesgos.
- **Sociales. -** comportamientos, relaciones, formas de organización institucional y la manera de actuar de las personas, colocan en menor o mayor vulnerabilidad.
- **Políticos. -** capacidad de tomar decisiones, de gestión y de negociación con los actores externos; y el compromiso de los funcionarios para mantener en correcto funcionamiento las entidades de salud.
- **Ideológicos y culturales. -** ideas, visiones y valores que ayudan a la interpretación de los fenómenos naturales y determinan la capacidad o incapacidad de acción frente a los riesgos.
- **Educativos. -** correspondencia entre contenidos y métodos de educación. Una correcta educación debe incluir como prevenir y enfrentar situaciones de riesgo frente a las diversas amenazas o peligros que se puedan presentar en la zona.
- **Organizativos. -** capacidad que tiene una localidad para afrontar situaciones de riesgo.

- **Institucionales. -** "Prevalencia de los requisitos de forma o trámites burocráticos sobre las necesidades de fondo para una rápida respuesta ante las urgencias generadas por desastres". (Organización Panamericana de la Salud, 2013)

Vulnerabilidad

"El grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresado en una escala desde 0 (sin daño) a 1 (pérdida total)". (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

Con respecto a la vulnerabilidad se debe tener en cuenta la complejidad de la edificación, la ocupación, los suministros críticos como son utensilios farmacéuticos, las instalaciones básicas, líneas vitales y materiales peligrosos que puedan existir dentro de las instalaciones; todas estas razones hacen que un hospital sea sumamente vulnerable ante la presencia de cualquier tipo de fenómeno ya sea natural o antrópico.

Dentro de la vulnerabilidad se tiene la vulnerabilidad estructural, la misma que "se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes del establecimiento hospitalario que lo mantienen en pie. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas". (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

También se presenta el caso de la vulnerabilidad no estructural la cual se refiere a "aquellos componentes de un edificio que están unidos a las partes estructurales (tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielos rasos falsos, etc.), que cumplen funciones esenciales en el edificio (calefacción, aire acondicionado, instalaciones eléctricas, gases medicinales, agua, instalaciones sanitarias, etc.) o simplemente están dentro de las edificaciones (equipos médicos, equipos mecánicos, muebles, etc)". (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

Y por último se tiene la vulnerabilidad administrativo-organizativa también conocida como funcional, esta hace referencia "a la distribución y relación entre los espacios arquitectónicos y los servicios médicos y de apoyo al interior de los hospitales, así como a los procesos administrativos (contrataciones, adquisiciones, rutinas de mantenimiento, etc.) y a las relaciones de dependencia física y funcional entre las diferentes áreas de un hospital". (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

Vulnerabilidad estructural

Problemas más frecuentes por los cuales se presenta la vulnerabilidad estructural

Según el manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud los problemas más frecuentes son los que se enumeran a continuación:

- **Configuración en altura**

    - **Escalonamientos. -** normalmente los escalonamientos se presentan por exigencias arquitectónicas, normativas regionales, buscar dar una mejor iluminación a la edificación, entre otras causas. Sin embargo, desde un punto de vista sísmico presentan pérdida de rigidez y de masa; por lo tanto, traen consigo la concentración de fuerzas que producen daño en los pisos aledaños al cambio brusco de geometría.

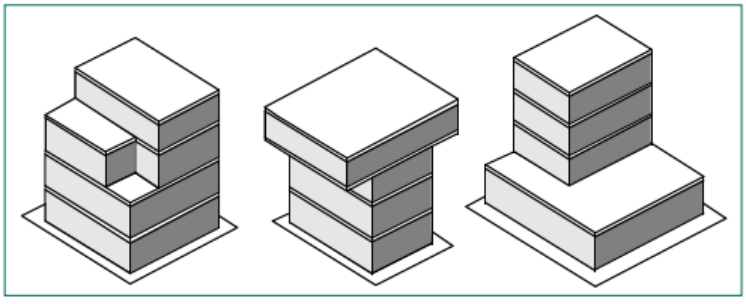

Figura 14 Formas irregulares en altura.

Fuente: manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.

- **Irregularidad en estructuras. -** dentro de las irregularidades se tienen tres casos principales: los edificios con configuración irregular, los edificios con cambios abruptos en su resistencia lateral y los edificios con cambios abruptos en su rigidez lateral.

  La configuración irregular hace referencia a la distribución en planta de una edificación, la misma que por su geometría, en muchos casos poco simétrica, genera desplazamientos entre el centro de gravedad y el centro de masas de una edificación, aumentado de esta manera el porcentaje de vulnerabilidad.

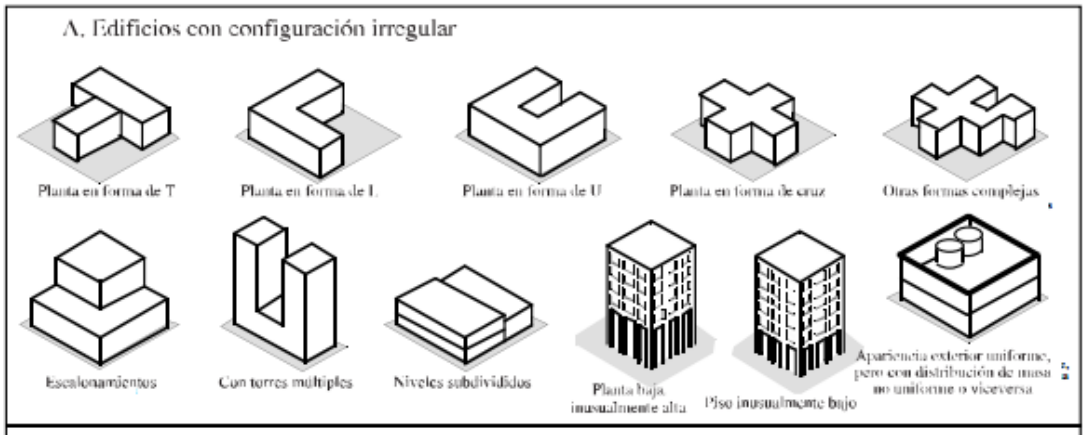

Figura 15 Edificios con configuración irregular.

Fuente: manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.

La figura 15 hace referencia a los diferentes tipos de configuraciones irregulares las cuales serán listadas de izquierda a derecha, a continuación:

- Planta en forma de T.
- Planta en forma de I.
- Planta en forma de U.
- Planta en forma de Cruz.
- Otras formas complejas.
- Escalonamientos.

- Torres múltiples.
- Niveles subdivididos.
- Planta baja inusualmente alta.
- Piso inusualmente bajo.
- Apariencia exterior uniforme, pero con distribución de masa no uniforme o viceversa.

Dentro de lo que son los edificios con cambios abruptos en su rigidez lateral se tienen los siguientes casos que se verán ilustrados en la figura 16:

- Niveles inferiores débiles.
- Grandes aberturas en los muros resistentes al esfuerzo cortante.
- Columnas interrumpidas.
- Vigas interrumpidas.
- Aberturas en diafragmas.

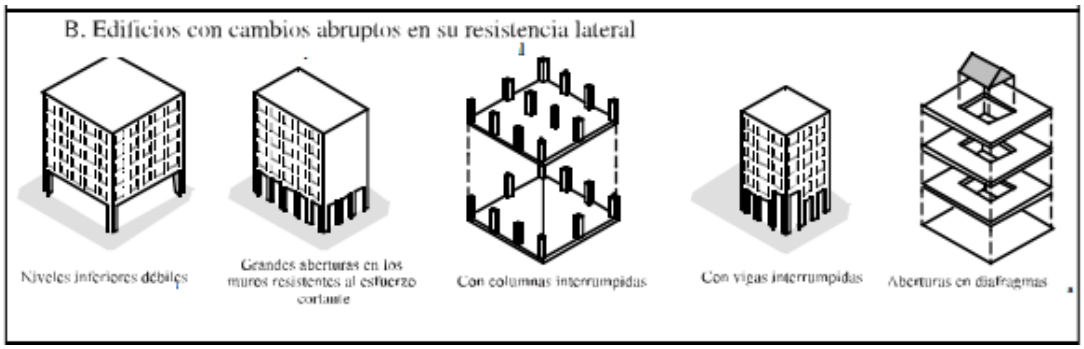

Figura 16 Edificios con cambios abruptos en su resistencia lateral.

Fuente: manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.

Por último, las causas para que un edificio sufra cambios abruptos en su rigidez lateral, se podrán ver ilustradas en la figura 17 y listadas a continuación:

- Muros resistentes al cortante en algunos pisos, marcos resistentes al momento en otros.
- Interrupción de elementos verticales resistentes.
- Cambios abruptos en el tamaño del os miembros estructurales.
- Cambios dramáticos en la relación masa/rigidez.

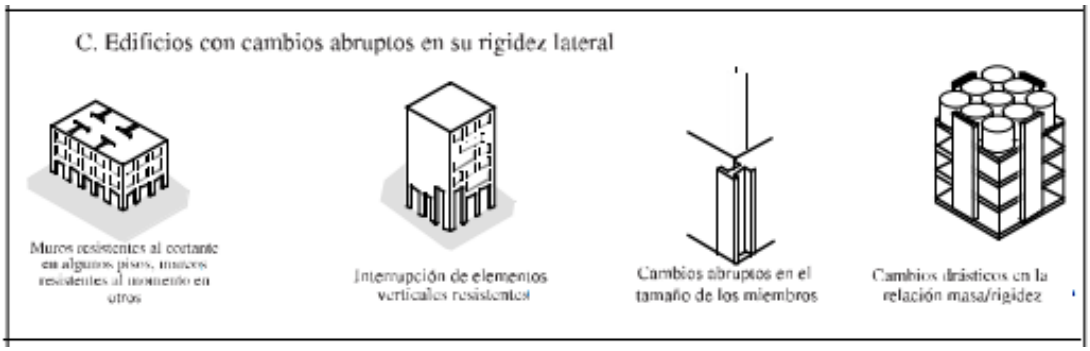

Figura 17 Edificios con cambios abruptos en su rigidez lateral.

Fuente: manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.

- **Configuración estructural**
  - **Concentraciones de masa. -** si existe concentración de masas en alguna zona en específico de un edificio, también existirá una concentración de fuerzas lo cual nos aleja del concepto óptimo de distribución uniforme de resistencias. (Contreras, 2012)

    Por lo que se recomienda que dentro del diseño arquitectónico los pesos inusuales ya sean de equipos, tanques de agua de gran capacidad, entre otros, sean situados en pisos inferiores o en construcciones aledañas.

Figura 18 Concentraciones de masa, tales como estanques de agua en el techo de hospitales pueden producir daños que comprometan el funcionamiento del hospital.

Fuente: Manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.

- **Columnas débiles. -** las columnas dentro de una estructura son de gran importancia, debido a que son las que se encargan de transmitir las cargas y solicitaciones a los elementos que conforman la cimentación. Razón por la cual, si se llegara a presentar daño en una o varias columnas luego o durante la presencia de un evento adverso puede provocar el colapso parcial o total de la estructura. Se recomienda dentro de un diseño porticado que las columnas sean de mayor resistencia que las vigas que conforman el mismo. (Perles, 2007)

- **Columnas cortas. -** son aquellas columnas que, diseñada previamente o posteriormente modificada su forma de trabajo por muros, atrae una mayor carga de la que atraería una columna normal o de un puntal debido a la reducción de la longitud libre para la cual fue diseñada. (Organización Panamericana de la Salud, 2013)

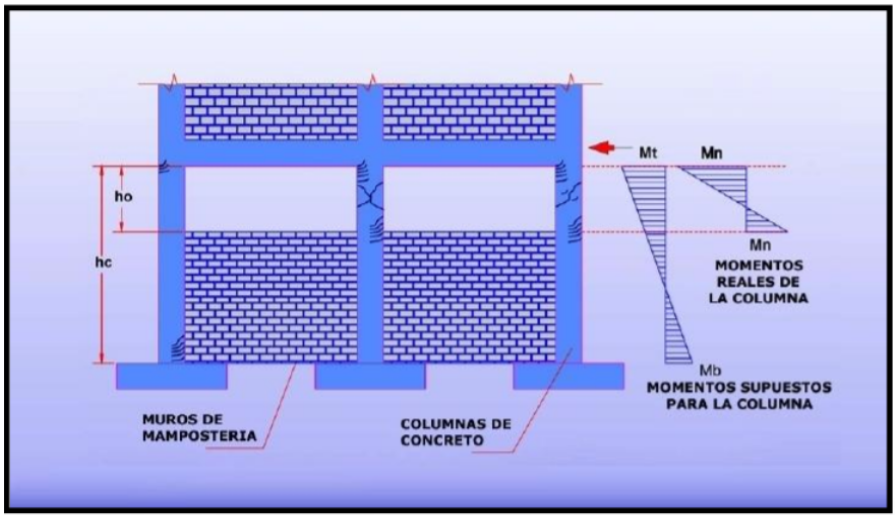

Figura 19 Columna corta

Fuente: Hospitales Seguros Frente a Desastres, Evaluación de la Seguridad Estructural.

- **Piso blando. -** algunos diseños arquitectónicos y estructurales pueden caer en la categoría de piso blando o débil, es decir, pisos que presentan mayor vulnerabilidad al daño sísmico, debido a que tienen menor resistencia y rigidez que los pisos restantes. Generalmente este tipo de pisos los encontramos ubicados en las primeras plantas de la edificación, sin descartar la generación de dicho fenómeno en plantas superiores, y se atribuye a la diferencia de altura entre pisos y la interrupción de elementos estructurales verticales, estas como causas principales. (Gallegos & Casabone, 2005)

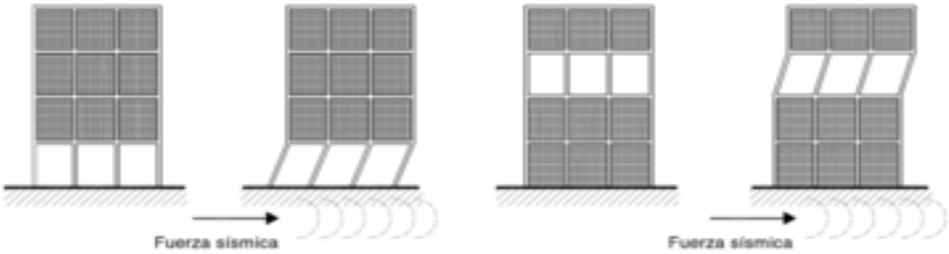

Figura 20 Fenómeno de piso blando.

Fuente: Temas de estructuras especiales.

- **Torsión. -** la torsión es uno de los fenómenos que presenta los daños más importantes en las estructuras el momento de presentarse un sismo, esta puede ir desde la distorsión visibles de la estructura hasta el colapso total.

  La torsión es producida por la excentricidad existente entre los centros de masas y rigideces de la edificación; y se puede presentar en casos como:

  - "Posición de elementos rígidos de manera asimétrica con respecto al centro de gravedad del piso".
  - "Colocación de grandes masas en forma asimétrica con respecto a la rigidez". (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

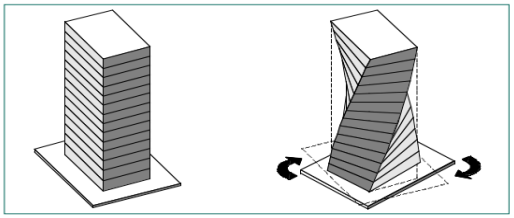

Figura 21 Torsión.

Fuente: Manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.

Para tratar el fenómeno de la torsión de una manera adecuada se tiene que tener en cuenta dos factores fundamentales que es la altura de la edificación y la configuración en planta de la misma; ya que una mala configuración como se puede apreciar en la figura 22 podría generar efectos torsionales.

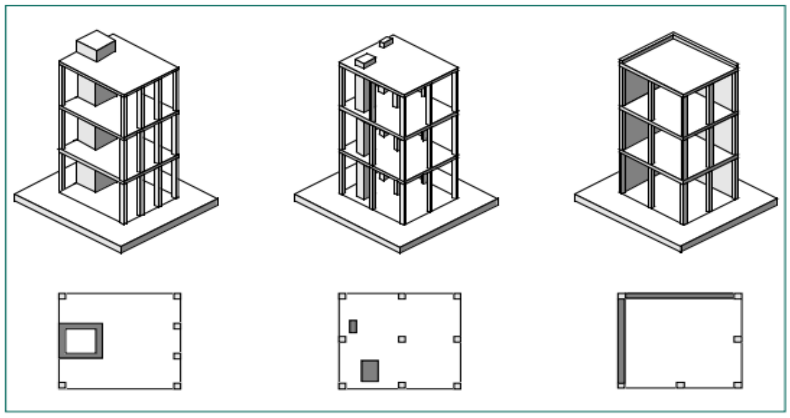

Figura 22 Torsión por muros excéntricos.

Fuente: Manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.

- **Redundancia estructural. -** hace referencia al diseño en base a pocos elementos estructurales por eje; en el caso de que un sismo supere la aceleración esperada dañará elementos estructurales y aquellas plantas que tengan una deficiencia en su redundancia, es decir un número insuficiente de elementos estructurales será más vulnerable.

Figura 23 Redundancia Estructural.

Fuente: Laboratorio de Ingeniería sísmica. Universidad de Costa Rica.

Intervención y reducción de la vulnerabilidad estructural

Muchas de las edificaciones hospitalarias dentro de nuestro país probablemente sean vulnerables ante daños provocados por fuerzas sísmicas, fuerzas de vientos huracanados u otros tipos de amenazas de orden natural.

Para poder reducir la vulnerabilidad en una entidad hospitalaria se puede tomar la opción del reforzamiento estructural, para lo cual se requiere un diseño especializado en función a las características específicas de la edificación y una intervención civil de alto costo; con el reforzamiento estructural se pretende lograr un aumento en la rigidez estructural y en su resistencia, también se pretende conseguir la disminución de los desplazamientos y una adecuada distribución de las fuerzas entre los diversos miembros estructurales sometidos a las distintas solicitaciones. (Manual de Planeamiento Hospitalario, 2007)

Dentro de la evaluación, análisis, diseño y ejecución de un proyecto de adecuación estructural deben estar basados en un plan de trabajo, el mismo que corresponderá a detalles técnicos, aspectos más importantes sobre la edificación, para de esta manera brindar una solución que presente el menor impacto frente al funcionamiento del hospital y a su vez consiga la reducción de vulnerabilidad a niveles aceptables.

Según el manual Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud además de implementar reforzamiento estructural se puede tomar la opción de la restauración o rehabilitación, estas pueden ser parciales o totales dependiendo de los resultados previamente obtenidos mediante una evaluación de la construcción. Su finalidad es reducir la vulnerabilidad y dicha reducción debe ser obligatoria para edificios esenciales.

Vulnerabilidad no estructural

Dentro de la vulnerabilidad no estructural se debe considerar elementos presentes dentro de una edificación como son cielos rasos, mampostería, ventanas, puertas, etc; así como instalaciones sanitarias, eléctricas y mecánicas, equipos, entre otros. Todos estos elementos deben soportar los movimientos que presente la estructura frente a un desastre.

Según el Manual de Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud, los elementos no estructurales se dividen en tres categorías principalmente:

- Elementos arquitectónicos, es decir, muros exteriores no estructurales o no portantes, sistemas de mampostería interior, ventanas, sistema de alumbrado, etc.
- Equipos y mobiliarios, son elementos como equipo médico, muebles de oficina, equipo industrial mecánico, etc.
- Instalaciones básicas, estas son los sistemas de abastecimiento de servicios básicos como: agua, electricidad, comunicaciones, redes de oxígeno, etc.

Arquitectónicos	Equipos y mobiliario	Instalaciones básicas
• Divisiones y tabiques	• Equipo médico	• Gases médicos
• Interiores	• Equipo industrial	• Gas industrial
• Fachadas	• Equipo de oficina	• Electricidad
• Cielos falsos (cielos rasos)	• Mobiliario	• Telecomunicaciones
• Elementos de cubierta	• Contenido	• Vacío
• Cornisas	• Suministros	• Agua potable
• Terrazas	• Archivos clínicos	• Agua industrial
• Chimeneas	• Estanterías de farmacia	• Aire acondicionado
• Recubrimientos		• Vapor
• Vidrios		• Tuberías en general
• Apéndices (letreros, etc.)		
• Techos		
• Antenas		

Figura 24 Elementos no estructurales a considerar en la evaluación de vulnerabilidad.

Fuente: Manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.

- **Elementos arquitectónicos. -** si se requiere garantizar un nivel de seguridad que al menos permita la ocupación inmediata del establecimiento de salud después de un desastre en específico de un sismo, es primordial limitar las deformaciones de la estructura.

  A continuación, se presentarán los elementos no estructurales más vulnerables ante un desastre, este caso en específico frente a un sismo:

  - Muros no estructurales. - están compuestos por las paredes de mampostería u cualquier material que sirva como división de ambientes que a su vez soportan su peso propio, estos muros tienen una baja capacidad para absorber deformaciones y soportar fuerzas laterales. Las fallas normalmente se presentan por agrietamientos, los mismo que si sobrepasan los 0.007 milímetros es una señal de pérdida de capacidad al corte, generando una falla grave en el muro lo que puede comprometer incluso la estabilidad de la estructura. (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

- Acabados y terminaciones. - si una edificación empieza a perder gran parte de su recubrimiento exterior en ciertas zonas y en otras no, además de poner en peligro la vida de personas y posibles daños a equipos se presenta una excentricidad que inducirá efectos de torsión al edificio. Esta torsión no estuvo considerada en los cálculos iniciales, dando como resultado posibles colapsos parciales. (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

- Cielo Raso. - son vulnerables especialmente a las vibraciones que presentan elementos estructurales como las losas de entre piso; el comportamiento de los elementos que conforman el cielo raso (paneles y juntas metálicas), deben estar debidamente anclados y los paneles se recomiendan que sean capaces de no agrietarse o quebrarse al verse afectados por deformaciones. Además de debe considerar el número de lámparas que se encuentran ancladas al cielo raso, ya que el peso de las mismas aumenta significativamente la vulnerabilidad dentro de este elemento no estructural. (Médez, 1995)

- Ventanería. - normalmente en entidades hospitalarias la ventanería está compuesta por marcos metálicos que pueden estar anclados a la estructura o a elementos no estructurales y vidrio; la rotura de vidrios puede obstaculizar rutas de escape y daños a los ocupantes. La rotura del vidrio ante la presencia de deformaciones en los marcos metálicos se debe a que el vidrio fue cortado o muy pequeño o muy grande en comparación al marco y la sujeción que presenta el marco y el vidrio es deficiente, provocando ruptura o caída. (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

- **Equipos y mobiliarios. -** se debe tener en cuenta sitios que cuenten con características específicas y el espacio adecuado para la instalación de los diferentes mobiliarios y equipos que se puedan encontrar en un hospital.

De varios incidentes presentados durante sismos con respecto a daños o inconvenientes con equipos y mobiliarios se tiene que:

- Volcamiento de tanques de oxígeno, cilindros de gas inflamable, debido a una mala ubicación o almacenamiento de los mismos.
- Deficiencia en generadores de energía debido a la debilidad de los accesorios de anclaje, provocando un corte de energía la cual es vital en una entidad hospitalaria.
- Caída de estanterías de almacenamiento y la rotura de los gabinetes y todos los medicamentos encontrados dentro de los mismos. (Pan American Health Organization, 1993)

A continuación, se presenta una lista de los principales equipos a considerar el momento de una emergencia.

Analizador bioquímico	Extractores de aire
Analizador de funcionamiento pulmonar	Fotómetro de llama
Analizador de gases	Freezer
Analizador de orina	Gamma cámara
Analizador Elisa	Grupo electrógeno
Ascensor y/o montacarga	Incubadora
Autoclave	Intensificador de imágenes
Bilirrubinómetro	Lámpara de pabellón
Bodegas de material estéril y no estéril	Lavadoras
Bomba de aspiración	Máquina de anestesia con ventilador
Bomba de infusión	Máquinas de hemodiálisis
Calderas	Máquina o bomba de aspiración
Central telefónica	Marmitas
Centrífugas	Mesa quirúrgica
Cilindro de oxígeno	Microcentrífuga
Cocinas a gas	Microscopios
Contador gamma	Monitor electrocardiógrafo desfribilador
Contador geiger	Monitores de signos vitales
Contador hematíes automáticos	Osmómetros
Destilador de agua	Oxímetro de pulso
Ecotomógrafo o ultrasonido	Pupinel
Electrodiatermia	Refrigerador banco de sangre
Electroestimulador	Refrigerador industrial
Electrofotómetro	Respiradores
Equipo de laparoscopía	Reveladoras placas
Equipo de rayos X	Secadoras
Equipo lontofor	Sistema de bombeo de agua
Equipo procesador de placas	T.A.C.
Esterilizador en óxido etileno	Tanque criogénico de oxígeno
Estufa cultivo	

Figura 25 Principales equipos a considerar el momento de una emergencia.

Fuente: Manual Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud.

Vulnerabilidad funcional

El manual de Planeamiento Hospitalario para Emergencias, perteneciente al país de Colombia nos indica que dentro de la vulnerabilidad funcional es muy importante considerar los siguientes aspectos:

- Señalización.
- Accesos y salidas de escape.
- Relación entre áreas y servicios que estas engloban.
- Capacitación y entrenamiento del personal.
- Disponibilidad de insumos y medicamentos.
- Plan hospitalario ante emergencias.

De todos estos puntos a ser considerados el más importante es el plan hospitalario ante emergencias, debido a que mediante el mismo se puede incorporar alternativas organizacionales para la movilización de personal, pacientes, insumos y equipos para poder seguir brindando los servicios en el caso de presentarse una emergencia o desastre.

Dentro del plan hospitalario ante emergencias debe constar y ser definidas con exactitud las rutas de evacuación internas del hospital y además contar con su señalización pertinente. (Alatrista & Bambarén, 2008)

Riesgo. - "El riesgo o daño es el nivel de destrucción o pérdida esperada obtenido de la combinación de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y en un cierto período de tiempo". (Organización Panamericana de la Salud, 2004)

El riesgo está en función de la amenaza y vulnerabilidad **Riesgo f (amenaza * vulnerabilidad).** Para una institución de salud el riesgo es la probabilidad de sufrir daños estructurales, pérdida o daño de sus elementos no estructurales o el colapso funcional en la prestación de sus servicios. (Ministerio de la Protección Social República de Colombia, 2007)

Según el manual de planeamiento hospitalario para emergencias del Ministerio de la Protección Social de la República de Colombia el riesgo se valora en tres niveles:

1. Riesgo alto. - es la circunstancia derivada de la presencia simultánea de amenazas inminentes y condiciones de vulnerabilidad alta, produciendo colapso funcional de la institución.
2. Riesgo medio. - es la situación en la cual la relación amenaza – vulnerabilidad reduzca parcialmente la capacidad de respuesta de la institución sin que se interrumpa su funcionamiento.
3. Riesgo bajo. - Es la probabilidad de sufrir alteraciones funcionales o pérdidas menores en razón a que la amenaza y la vulnerabilidad están controladas.

Índice de Seguridad Hospitalaria

"El Índice de Seguridad Hospitalaria es una herramienta de evaluación rápida, confiable y de bajo costo, que proporciona una idea inmediata de la probabilidad de que un establecimiento de salud continúa funcionando en casos de desastre." (Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, 2010)

El Índice de Seguridad Hospitalaria nos indica que tan preparada está la entidad hospitalaria y sus funcionarios en reaccionar ante un desastre y también nos sirve para proponer planes de mitigación a corto o mediano plazo en caso de ser necesario.

El propósito de evaluar de esta manera a las instituciones de salud es determinar sus puntos débiles tanto estructurales, no estructurales y administrativo, para de esta forma

categorizarlos y determinar si las medidas para mejorarlos son urgentes (a corto plazo) o medianamente urgentes (mediano plazo) y así evitar futuras consecuencias que pongan en riesgo la salud y vida de la población que abarca la entidad hospitalaria.

Mediante la Organización Panamericana de la Salud se entiende que hay tres categorías en los que se divide el Índice de Seguridad Hospitalaria:

- **Categoría A.-** en esta categoría se encuentran los establecimientos de salud que protegen la vida de sus ocupantes y con alta probabilidad de que continuará funcionando durante y posterior a un evento adverso.
- **Categoría B.-** esta categoría se otorga a las entidades de salud que probablemente se mantengan en pie durante un evento adverso, pero su funcionalidad tanto en equipos y servicios emergentes están en riesgo.
- **Categoría C.-** esta categoría corresponde a los establecimientos de salud que no garantiza la vida y seguridad de los ocupantes y posee una alta probabilidad de colapsar en presencia de un desastre.

El Índice de Seguridad Hospitalaria es un valor cuantitativo y de acuerdo a las categorías antes mencionadas se presenta sus rangos:

Indice de seguridad	Categoria	¿Qué se tiene que hacer?
0 – 0.35	C	Se requieren medidas urgentes de manera inmediata, ya que los niveles actuales de seguridad del establecimiento no son suficientes para proteger la vida de los pacientes y el personal durante y después de un desastre.
0.36 – 0.65	B	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.
0.66 – 1	A	Aunque es probable que el hospital continúe funcionando en caso de desastres, se recomienda continuar con medidas para mejorar la capacidad de respuesta y ejecutar medidas preventivas en el mediano y largo plazo, para mejorar el nivel de seguridad frente a desastres.

Figura 26 Clasificación del establecimiento de salud.

Fuente: (Peralta, Diseño de un plan de seguridad e identificación de riesgos en el hospital Misereor cantón Gualaquiza, 2012)

Componentes del Índice de Seguridad Hospitalaria

Es importante conocer las partes esenciales del Índice Seguridad Hospitalaria, para poder calcularlo de manera correcta; la Organización Mundial de la Salud junto con la Organización Panamericana de la Salud pone a nuestra consideración en su página web estos componentes:

- **Formularios de evaluación**

  Formulario 1.- Información general del establecimiento de salud. Este formulario debe ser completado por el comité de desastres del hospital antes de la evaluación e incluye información del nivel de complejidad del establecimiento de salud, población a la que atiende, especialidades médicas y otros servicios disponibles, así como detalles sobre el personal de salud.

  Formulario 2.- Lista de Verificación de Hospitales Seguros. En este formulario, mediante un equipo especializado de evaluadores, se verifica el nivel de seguridad de 145 aspectos o elementos del establecimiento de salud. Los elementos a ser evaluados se encuentran agrupados en cuatro componentes: ubicación, estructural, no estructural y funcional, y su capacidad de permanecer funcionando durante emergencias y desastres.

- **Guía del evaluador. -** esta guía es la herramienta principal de capacitación, que orienta y estandariza los criterios de evaluación de los establecimientos de salud, tanto en un contexto individual, como en relación a la red de servicios de salud. La Guía es utilizada por un equipo multidisciplinario de evaluadores que incluye: ingenieros, arquitectos, médicos, enfermeras, técnicos y otros que hayan recibido entrenamiento previo.

- **Modelo Matemático. -** Los niveles de seguridad asignados a cada componente de la Lista de Verificación se registran en una hoja electrónica de Excel que utiliza fórmulas para calcular automáticamente un valor numérico para cada uno de los componentes evaluados, ubicándolos dentro de una de las tres categorías de seguridad: alta, media o baja.

Hospital seguro

Un hospital seguro es aquel 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 gran intensidad de origen natural. (Área de Praparativos para Situaciones de Emergencia y Socorro de Desastre de la OPS, 2009)

Para que un hospital sea considerado seguro frente a los desastres que se puedan presentar, la Organización Panamericana de la Salud hace referencia a 3 criterios en el año 2005, y son:

- Protección de la vida. - el establecimiento debe ser capaz de resistir con un mínimo de daño los eventos destructivos que se presenten en la zona donde este se encuentra ubicado.
- Protección de la inversión. - todas las instalaciones y equipos contenidos dentro de la edificación deberán comportarse de tal forma, que sufran daños mínimos y continúen operando con normalidad.
- Protección de la función. - el establecimiento tiene que ser capaz de mantener o mejorar sus servicios de salud.

Mapas de riesgo

De acuerdo a la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, un mapa de riesgo es un dibujo o croquis sencillo que identifica por una parte las amenazas, vulnerabilidades y riesgos y, por otra, las capacidades y oportunidades de acción en término de líneas vitales, centros poblados próximos, zonas de seguridad, fuentes de agua, edificaciones, uso del suelo, vías, etc. Todo esto con la finalidad de que la comunidad esté al tanto de los riesgos a los que está expuesta, para que las autoridades puedan plantear planes de prevención y mitigación y así organizar y educar a la comunidad en las acciones que deban realizar en tales situaciones.

Los mapas de riesgo se complementan con 3 instrumentos informativos, los mapas de factores de riesgo, de los expuestos al riesgo y de daños.

- Mapas de factores de riesgo. - hace referencia a los agentes causales y está orientado a la prevención primaria, es decir busca la erradicación del riesgo en su origen.
- Mapas de los expuestos al riesgo. - se enfocan en la prevención secundaria, basados en un diagnóstico y control de las condiciones de salud de la población expuesta a factores de riesgo.
- Mapas de daños. - en este mapa se recoge la información sobre los daños y alteraciones que se pudieran producir en la salud de una población previamente analizada.

Todos estos mapas requerirán de información, y su recolección tendrá que ser de distintas fuentes. (García Gómez, 1994)

Según Monserrat García existen algunos tipos de mapas de riesgo, y son:

- Mapas de riesgo por ámbito geográfico.
- Mapas de riesgo por sector económico.
- Mapas de riesgo por factor de riesgo.
- Mapas de riesgo población específica expuesta a riesgo.

El mapa de riesgo, sin importar su tipo, debe actualizarse cada cierto tiempo para así tener validez y utilidad.

Propiedades geotécnicas del suelo

Las propiedades geotécnicas de los diferentes tipos de suelos que podemos encontrar el momento de realizar una construcción tienen que ser tomadas muy en cuenta, ya

que de ellas dependen un correcto diseño y elección del tipo de cimentación que se debe realizar.

- **Licuefacción. -** también conocido como licuación y consiste en la pérdida de la capacidad de recibir cargas por parte del suelo, ya que el mismo empieza a comportarse como un fluido. Generalmente se presentan en suelos de tipo arenoso que no se encuentre bien consolidados o presenten un alto índice de saturación; el resultado de todo esto es un suelo con mayor plasticidad.
  Este problema es evidenciado a través de hundimientos, inclinaciones o grandes grietas que compromete estructuralmente la edificación provocando casos extremos de volcamiento. (Llanes Burón)

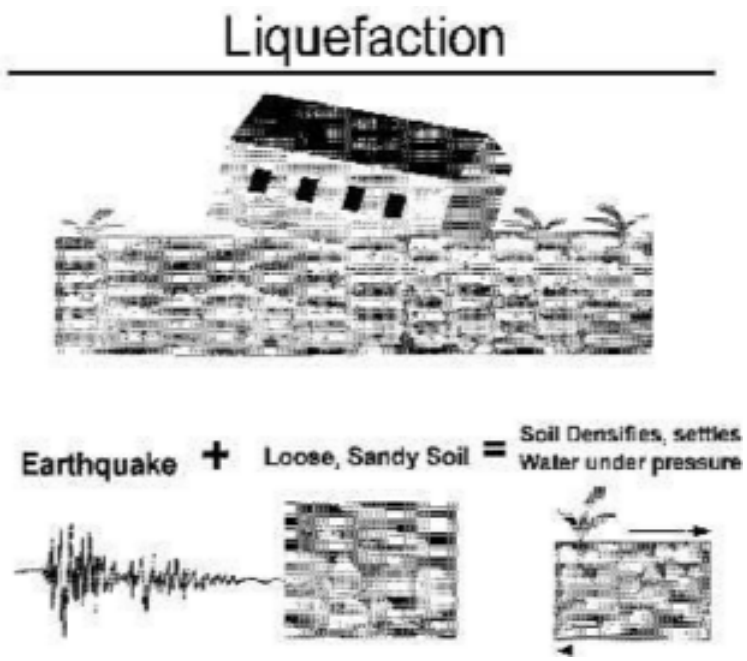

Figura 27 Licuefacción del suelo.

Fuente: http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/licuacion-sismica-suelo-managua/licuacion-sismica-suelo-managua.shtml

Como se observa en la figura 27, los efectos combinados de un suelo arenoso o poco consolidado y las fuerzas sísmicas provocan asentamientos en el terreno debido a que sus partículas son reacomodadas llenando los espacios ocupados por agua o aire.

- **Suelo arcilloso. -** los limos y arcillas depositadas por efectos del viento conservan grandes vacíos, por lo que un pequeño incremento en la humedad puede destruir la liga entre las partículas, perdiendo así la cohesión y provocando hundimientos ante la presencia de una carga. Caso contrario, estos tipos de suelos cuando se encuentran secos y se humedecen repentinamente, causan un incremento significativo en su volumen por lo que puede afectar elementos como losas y muros. (Llanes Burón)

- **Talud inestable. -** son considerados una amenaza potencial y se los relaciona directamente con los movimientos de masa; esta condición se presenta en base del análisis de varios factores como: pendiente, ángulo de fricción interna, cohesión, nivel de sismicidad de la zona, entre otras. (Llanes Burón)

Ensayo geotécnico SPT. - el ensayo de penetración estándar consiste en hacer penetrar en el suelo, por golpeo, unas varillas o unos tubos metálicos; este ensayo está destinado para medir la capacidad relativa de las diferentes capas que conforman un terreno. (Cassan, 1982)

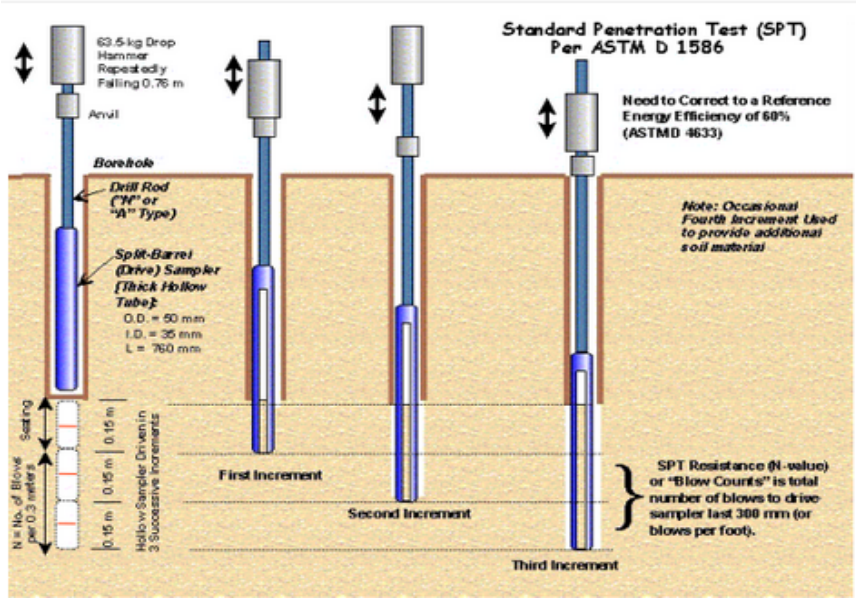

Figura 28 Ensayo SPT

Fuente: http://foundationeng.blogspot.com/2015/07/243-standard-penetration-test-astm-d1586.html

Instrumentos para ensayos no destructivos

- **Esclerómetro. -** instrumento utilizado en un ensayo no destructivo que se lo realiza con la finalidad de obtener la resistencia aproximada del hormigón, que forma parte de los miembros estructurales de una edificación.

  Dicho ensayo presenta las siguientes ventajas y desventajas:

  Ventajas:

  - Permite realizar un gran número de determinaciones sin alterar la resistencia, estética y funcionalidad de una estructura.
  - Puede operar de manera horizontal y vertical.
  - Permite ensayar un gran número de elementos en un corto espacio de tiempo.

  Desventajas:

  - Requiere de una superficie perfectamente lisa para realizar el ensayo.
  - Afecta a los primeros centímetros del elemento, por lo que no se puede trabajar sobre el enlucido que estos posean.
  - Puede haber una variación de los resultados según la pericia del que opera el instrumento.
  - Existe pérdida de energía por la deformación elástica del hormigón al interior del elemento.
    (patologiasconstruccion, 2016)

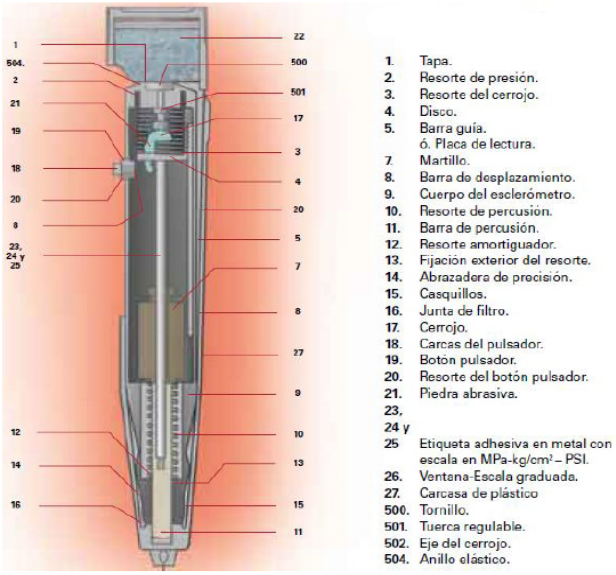

Figura 29 Partes de un esclerómetro

Fuente: https://construblogspain.wordpress.com/2014/06/12/patologias-esclerometro-de-schmidt/

- **Ultrasonido. -** el ultrasonido es un instrumento que se basa en el fenómeno físico de la propagación de ondas en un medio material, en el caso del hormigón nos permite conocer las siguientes características o defectos que éste presente.
  - Vacíos dentro del hormigón.
  - Profundidad de fisura superficiales.
  - Uniformidad del hormigón.
  - Estimación espesor de una capa de hormigón de inferior calidad. (upcommons, 2016)

Figura 30 Ultrasonido.

Fuente: http://www.mundopyme.cl/meldic/paginas/pag08.htm

- **Scanner:** instrumento utilizado con el fin de detectar la armadura que se encuentran dentro de los elementos estructurales, además nos permite obtener información sobre el espaciamiento y diámetro de las varillas de refuerzo.

Figura 31 Scanner.

Fuente: https://www.google.com.ec/search?q=scanner+de+hormigon+bosch&espv=2&biw=17

CAPÍTULO I

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

En el siguiente capítulo se procederá al levantamiento de información, es decir todos aquellos aspectos arquitectónicos, ingenieriles e información general sobre el Hospital Básico Misereor; además los aspectos mencionados con anterioridad se verán reflejados en el cálculo del índice de seguridad hospitalaria dispuesto por la Organización Panamericana de la salud para la evaluación.

1.1 información general del Hospital Básico Misereor

El Hospital Básico Misereor se encuentra ubicado en la parroquia Gualaquiza, perteneciente a la provincia de Morona Santiago, el mismo que cuenta con una población de 17162 habitantes, cifras tomadas del último censo poblacional por parte del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el año 2010.

Además, es una entidad del Sistema Nacional de Servicios de Salud del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, implementado para brindar atención de salud integral de tipo ambulatorio y de internamiento a los/as usuarios que lo requieran, enmarcando su accionar en los Objetivos Estratégicos Institucionales del nivel central:

- **OBJETIVO 1** Incrementar la calidad de la atención en salud al ciudadano.
- **OBJETIVO 2** Incrementar la eficiencia operacional.
- **OBJETIVO 3** Incrementar el desarrollo y productividad del talento humano.
- **OBJETIVO 4** Incrementar el uso eficiente del presupuesto.

El hospital Misereor, es una institución de salud tipo básica que forma parte de la coordinación zonal de salud 6 y presenta las siguientes características:

- **Número de camas:**
  42 camas desglosadas de la siguiente manera:

  - 18 camas asignadas.
  - 24 camas de capacidad adicional.

- **Índice de ocupación de camas en situaciones normales:** corresponde al 180%, basados en el número de camas de asignación.

- **Servicios que brinda el hospital:**

  - Hospitalización
  - Emergencia
  - Consulta externa
  - Pediatría
  - Medicina general
  - Medicina interna
  - Odontología
  - Farmacia
  - Atención de partos
  - Imagenología: ecografía, Rx.
  - Laboratorio clínico
  - Cirugías de mediana y baja complejidad
  - Salud familiar
  - Salud pública
  - Estomatología
  - Anestesiología
  - Gestión de enfermería
  - Psicología
  - Nutrición
  - Atención pre hospitalaria (SIS ECU) con ambulancia terrestre.

- **Ubicación en la red de servicios de salud:** segundo nivel.
- **Tipo de estructura:** administración tipo jerárquica.
- **Cobertura de la población:** según el VII Censo de Población y VI de vivienda del año 2010 perteneciente al INEC se tiene que: Población del Cantón Gualaquiza (17162), Cantón San Juan Bosco (3908), de la Provincia de

Morona Santiago y Cantones: El Pangui (8619) y aproximadamente al 10% de la población de Yanzatza (18675) de la provincia de Zamora Chinchipe.

- **Personal:** el hospital cuenta con 109 profesionales cumpliendo las diferentes funciones descritas a continuación en la siguiente tabla proporcionada por el departamento de recursos humanos del Hospital Misereor.

- **Distribución física:**

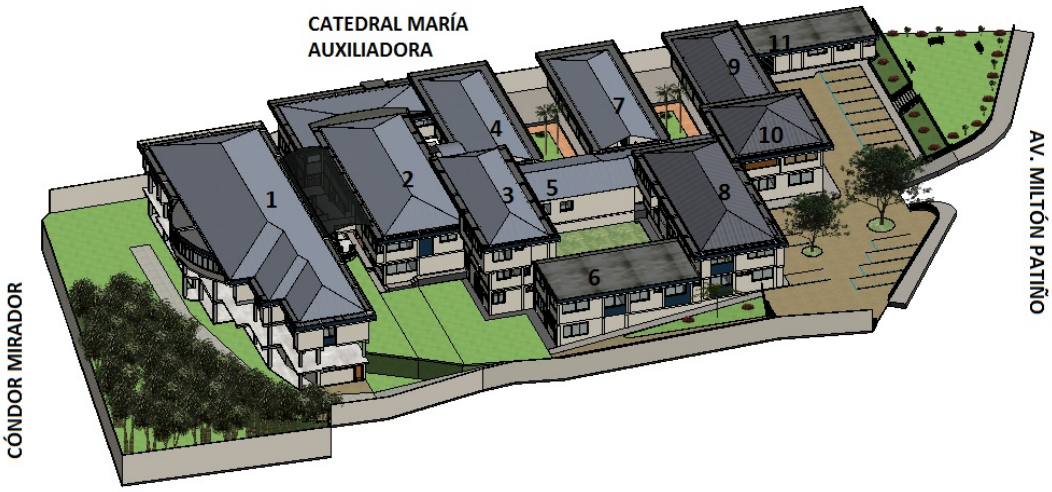

Figura 1.132 Distribución física.

El hospital Misereor está distribuido de la siguiente manera:

1. Bloque de maternidad.
2. Planta baja - lavandería, planta alta - quirófano.
3. Planta baja - bodega cocina, primera planta alta - cocina, segunda planta alta - residencia.
4. Hospitalización niños.
5. Rayos X y comedor.
6. Planta baja - bodegas, planta alta - consultorios.
7. Hospitalización mujeres.
8. Planta baja - consultorios, planta alta - administración.

9. Hospitalización varones.
10. Planta baja - emergencia, planta alta - consultorios y oficinas.
11. Laboratorio.

- **Capacidad hospitalaria:**

Tabla 1.1 Capacidad hospitalaria

SERVICIO	CAMAS (CANTIDAD)	CAPACIDAD ADICIONAL
Medicina Interna (varones)	8	0
Medicina Interna (mujeres)	8	0
Pediatría	8	2
Cirugía General	4	0
Obstetricia y ginecología	10	0
Neonatología	2	0
Cuidados Intermedios	2	0
TOTAL	42	2

1.2 Información relacionada con la arquitectura e ingeniería del hospital

Se puede observar que el hospital, a primera vista no presenta afecciones en su parte arquitectónica, algo que es muy notable es la presencia de un gran árbol en la entrada del mismo y que la topografía donde se encuentra emplazado es irregular, ya que se encuentra ubicado en un talud.

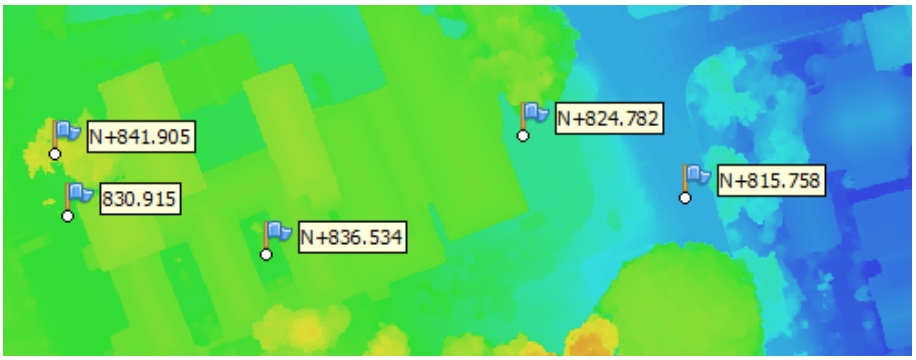

Figura 1.2 Niveles en la topografía del sector.

Como se puede observar, existe una diferencia de altura en la parte posterior del hospital de 9.024 metros, en la cual existe un muro de gaviones que contiene dicho talud. Por otra el árbol ubicado en la entra del hospital posee una altura de 10.99 metros aproximadamente, el miso que en caso de colapso obstruiría la entrada al hospital.

Figura 1.3 Orto-foto Hospital Básico Misereor.

La distribución de los bloques es irregular y poseen desniveles de altura entre ellos, esto se debe a sus diferentes etapas de construcción y la inadecuada planificación en cuanto a la construcción de la entidad hospitalaria. Por otra parte, entrando en temas correspondientes a la ingeniería, se ha recopilado información mediante ensayos no

destructivos realizados en toda la entidad hospitalaria, dichos ensayos fueron tres y serán descritos a continuación:

- **Ensayo mediante esclerómetro:** mediante este ensayo se consiguieron resistencias promedias tanto de vigas, columnas y losas; se lo realizó de la siguiente manera:

    - En el caso de tener enlucido sobre el elemento, se lo pule con una piedra abrasiva hasta dejar visto el hormigón.
    - Se realiza una cuadrícula, la cual constará de 12 secciones para realizar la prueba.
    - Se procede con el esclerómetro a obtener los resultados de la fuerza de rebote que nos da en los diferentes puntos, de los cuales se descarta el resultado mayor y menor dejándonos con 10 muestras.
    - De las 10 muestras se procede a calcular el valor promedio.
    - Mediante la utilización de tablas, y según la dirección en la que hemos utilizado el esclerómetro conseguimos la resistencia del hormigón.

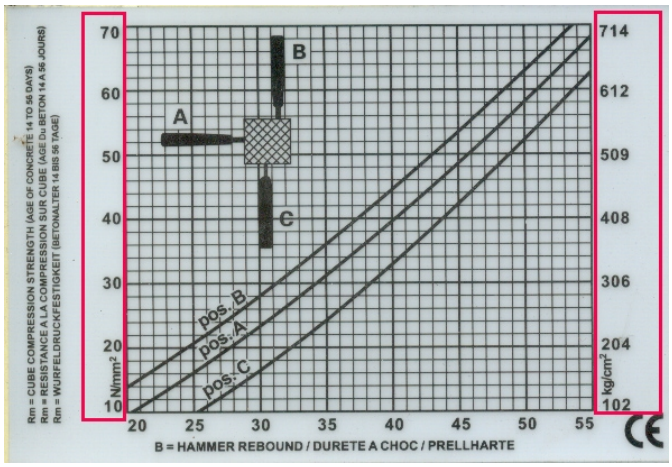

Figura 1.4 Curvas, Índice de rebote vs Resistencia en kg/ cm^2.

Los resultados obtenidos mediante este ensayo son los siguientes:

Tabla 1.2 Resultados esclerometría, áreas vacunatorio y quirófano.

COLUMNA		VIGA	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm^2)**	**CURVA(B)**	**Resistencia (kg/cm^2)**
26	186.41	36	386.21
26	186.41	30	299.05
25	172.34	32	328.11
24	158.28	28	270.00
25	172.34	32	328.11
26	186.41	32	328.11
24	158.28	36	386.21
22	130.14	38	415.26
26	186.41	30	299.05
28	214.55	28	270.00
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**	**Rebote promedio**	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
25.20	**175.16**	**32.20**	**331.01**

Tabla 1.3 Resultado esclerometría, áreas cocina y residencia.

COLUMNA		VIGA	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm^2)**	**CURVA(B)**	**Resistencia (kg/cm^2)**
32	270.83	28	270.00
32	270.83	28	270.00
30	242.69	28	270.00
32	270.83	28	270.00
30	242.69	34	357.16
32	270.83	28	270.00

32	270.83
28	214.55
28	214.55
30	242.69
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
30.60	**251.13**

28	270.00
34	357.16
34	357.16
34	357.16
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
30.40	**304.86**

Tabla 1.4 Resultado esclerometría, áreas administración y consultorios.

COLUMNA	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm^2)**
32	270.83
32	270.83
30	242.69
32	270.83
30	242.69
32	270.83
32	270.83
28	214.55
28	214.55
30	242.69
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
30.60	**251.13**

VIGA	
CURVA(B)	**Resistencia (kg/cm^2)**
28	270.00
28	270.00
28	270.00
28	270.00
34	357.16
28	270.00
28	270.00
34	357.16
34	357.16
34	357.16
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
30.40	**304.86**

Tabla 1.2 Resultado esclerometría, áreas maternidad y lavandería.

COLUMNA N 0-006,0	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm2)**
34	305.00
34	305.00
32	274.00
38	367.00
38	367.00
32	274.00
34	305.00
34	305.00
34	305.00
32	274.00
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
34.20	**308.10**

VIGA N 0-006,0	
CURVA(A)	**Resistencia (kg/cm2)**
32	274.00
34	305.00
30	243.00
38	367.00
36	336.00
30	243.00
32	274.00
34	305.00
34	305.00
32	274.00
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
33.20	**292.60**

Losa N 0-006,0	
CURVA(B)	**Resistencia (kg/cm2)**
20	102.00
20	102.00
20	102.00
20	102.00
22	146.80
20	102.00
20	102.00
20	102.00
22	146.80
20	102.00
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
20.40	**110.96**

COLUMNA N 0-003,0	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm^2)**
37	351.50
34	305.00
34	305.00
38	367.00
38	367.00
36	336.00
38	367.00
34	305.00
34	305.00

VIGA N 0-003,0	
CURVA (C)	**Resistencia (kg/cm^2)**
40	337.00
38	300.20
36	263.40
36	263.40
34	226.60
34	226.60
38	300.20
40	337.00
40	337.00

Losa N 0-003,0	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm^2)**
24	191.60
22	146.80
22	146.80
28	28.00
30	26.00
28	20.00
26	28.00
28	281.20
30	326.00

34	305.00
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
35.70	**331.35**

38	300.20
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
37.40	**289.16**

20	102.00
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
25.80	**231.92**

COLUMNAN 0+000,0	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm^2)**
36	336.00
36	336.00
36	336.00
34	305.00
34	305.00
36	336.00
34	305.00
36	336.00
32	274.00
32	274.00
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
34.60	**314.30**

VIGA N 0+000,0	
CURVA (C)	**Resistencia (kg/cm^2)**
38	300.20
38	300.20
38	300.20
36	263.40
36	263.40
36	263.40
38	300.20
38	300.20
38	300.20
38	300.20
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
37.40	**289.16**

Losa N 0+000,0	
CURVA (C)	**Resistencia (kg/cm^2)**
32	197.80
36	267.40
38	302.20
36	267.40
38	302.20
38	302.20
38	302.20
38	302.20
34	232.60
34	232.60
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
36.20	**270.88**

Tabla 1.3 Resultado esclerometría, áreas gradas y rapas bloque maternidad.

COLUMNA 20*20	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm^2)**
28	214.55

COLUMNA 30*30	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm^2)**
26	186.41

VIGA	
CURVA (B)	**Resistencia (kg/cm^2)**
22	130.14

28	214.55
26	186.41
24	158.28
26	186.41
24	158.28
28	214.55
24	158.28
28	214.55
24	158.28
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
26.00	**186.41**

26	186.41
26	186.41
28	214.55
26	186.41
26	186.41
25	172.34
26	186.41
26	186.41
26	186.41
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
26.10	**187.82**

22	130.14
22	130.14
22	130.14
20	102.00
24	158.28
22	130.14
22	130.14
22	130.14
22	130.14
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
22.00	**130.14**

Tabla 1.4 Resultado esclerometría, áreas hospitalización: varones, mujeres y niños.

COLUMNA	
CURVA (A)	**Resistencia (kg/cm^2)**
30	253.00
28	224.00
28	224.00
30	253.00
32	282.00
30	253.00
32	282.00
32	282.00
32	282.00
30	253.00
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
30.40	**258.80**

VIGA	
CURVA (B)	**Resistencia (kg/cm^2)**
32	328.11
32	328.11
28	270.00
28	270.00
32	328.11
32	328.11
28	270.00
32	328.11
30	299.05
28	270.00
Rebote promedio	**Resistencia promedio (kg/cm^2)**
30.20	**301.96**

- **Ensayo mediante scanner:** a través de este ensayo hemos podido obtener datos del armado de vigas y columnas de los diferentes bloques del hospital, el ensayo se lo realizó de la siguiente manera:

    - Se cubre mediante un papelógrafo el elemento estructural a ser analizado.
    - Se procede a deslizar el scanner, el mismo que nos indicará mediante un círculo en la pantalla la ubicación del hierro.
    - Se realiza una marca al inicio del círculo y al final, así obteniendo el diámetro de la varilla; de igual manera se deja una señal entre varillas para luego obtener la separación de las mismas. Esto nos sirve para tener en cuenta la separación de estribos y de las varillas que conforman el elemento.

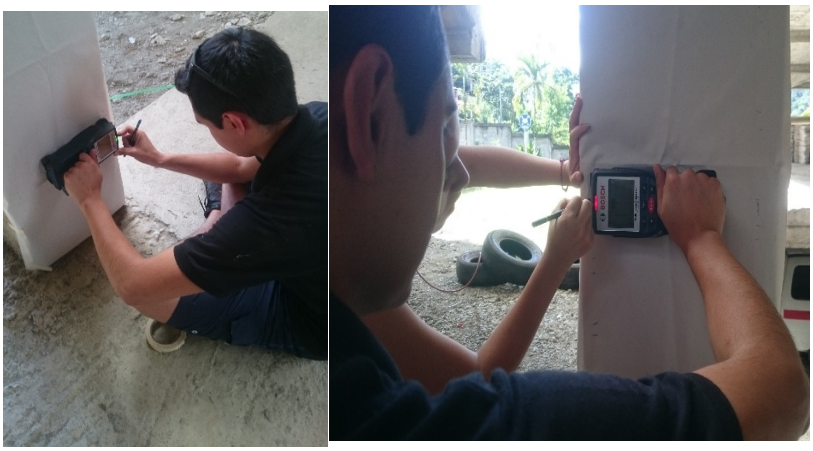

Figura 1.5 Ensayo mediante scanner.

- **Ensayo mediante ultrasonido:** a través de este ensayo se obtuvieron profundidades de fisuras en vigas y columnas, estos datos son muy importantes el momento de modelar cualquiera de los dos elementos anteriores debido a que la fisura reduce el área efectiva mediante la cual se soportan las diferentes solicitaciones a las cuales se diseñan dichos elementos.

El ensayo se lo realizó de la siguiente manera:

- Se procede a cubrir con gel la cabeza tanto del receptor como del emisor que conforman el ultrasonido.
- Se marca una distancia, la cual debe ser de las mismas dimensiones tanto en el hormigón en buen estado, como en el hormigón donde se presenta la fisura.
- Se coloca el receptor e inmediatamente el emisor en sus respectivas marcas, inmediatamente podremos proceder a la lectura del resultado; hay que tomar en cuenta que la lectura del hormigón sano o en buen estado va a ser mucho menor a la del hormigón donde se presenta la fisura.
- Con estos resultados se procede mediante una hoja de Excel para tabularlos, obteniendo así las siguientes profundidades de fisuras.

Tabla 1.8 Resultados ensayo ultrasonido.

Numero de ensayo	**Ubicación**	**Elemento o soporte**	**Ultrasonido**			**Profundidad aprox. (cm)**	**Ancho de fisura (cm)**
			rc	**rl**	**x**		
			(usec)	**(usec)**	**(cm)**		
1	Bloque maternidad	Viga rectangular 30x45	72.5	58.9	10	11.31	0.3
2	Bloque maternidad	Viga rectangular 30x45	87.5	54.4	10	15.08	0.1

1.3 Determinación del nivel de aplicación del índice de seguridad hospitalaria en las áreas estructural y parte de las no estructurales

1.3.1 Índice de seguridad hospitalaria del Hospital Básico Misereor

En este punto se procederá a evaluar los aspectos estructurales y no estructurales que pueden generar situaciones de riesgo y volver vulnerable a la entidad hospitalaria en al caso de ocurrir una emergencia.

Para poder realizar dicha evaluación hemos utilizado los formularios que presenta la Organización Panamericana de la Salud en su página oficial.

Formulario 1: este formulario se ha obtenido de la página correspondiente a la Organización Panamericana de la Salud; dicho formulario nos permite identificar al tipo de amenazas y el nivel de las mismas a las cuales se encuentra expuesta la entidad hospitalaria.

Tabla 1.5: Formulario 1, índice de seguridad hospitalaria.

Amenazas Consultar mapas de amenazas. Solicitar al comité hospitalario el o los mapas que especifiquen las amenazas sobre seguridad del inmueble.	**Nivel de amenaza**			
	No existe amenaza	**Nivel de amenaza**		
		BAJO	MEDIO	ALTO
Fenómenos geológicos				
Sismos De acuerdo al análisis geológico del suelo, marcar el grado de amenaza en que se encuentra el hospital.				x
Erupciones volcánicas De acuerdo al mapa de amenazas de la región, cercanía y actividad volcánica, identificar el nivel de amenaza al que está	x			

expuesto el hospital con relación a las rutas de flujo de lava, piroclastos y ceniza.				
Deslizamientos Referirse al mapa de amenazas para identificar el nivel de amenaza para el hospital por deslizamientos ocasionados por suelos inestables (entre otras causas).				x
Tsunamis De acuerdo al mapa de amenazas identificar el nivel de amenaza para el hospi- tal con relación a antecedentes de tsunamis originados por actividad sísmica o volcánica de origen submarino.	x			
Fenómenos hidro-meteorológicos				
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.	X			
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.			x	
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.	X			
Deslizamientos De acuerdo al mapa geológico, marcar el				x

nivel de amenaza al que se en- cuentra expuesto el hospital con relación a deslizamientos ocasionados por saturación del suelo.				
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 con- centraciones y eventos previos que hayan afectado el hospital.		x		
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.		x		
Fenómenos sanitarios-ecológicos				
Epidemias De acuerdo a eventos previos en el hospital y a las patologías específicas marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante epidemias.		x		
Contaminación (sistemas) De acuerdo a eventos previos que involucraron contaminación, marque el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital frente a contami- nación de sus sistemas.	X			
Plagas De acuerdo a ubicación e historial del hospital marque el nivel de amenaza		x		

al que se encuentra expuesto el hospital en cuanto a plagas (moscos, pulgas, roedores etc.).				
Fenómenos químico-tecnológicos				
Explosiones De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante explosiones.			x	
Incendios De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital frente a incendios externos.		x		
Fuga de materiales peligrosos De acuerdo al entorno del hospital, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital frente a fugas de materiales peligrosos.	X			
Propiedades geotécnicas del suelo				
Liquefacción 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.		x		
Suelo arcilloso De acuerdo al mapa de suelo, señale el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital ante suelo arcilloso.			x	
Talud inestable De acuerdo al mapa geológico especificar el nivel de amenaza al que se encuentra expuesto el hospital por la presencia de taludes.			x	

Formulario 2: de igual manera que el formulario anterior, fue obtenido de la página correspondiente a la Organización Panamericana de la Salud. En este formulario se evaluarán los aspectos estructurales, no estructurales y funcionales del Hospital Básico Misereor.

Tabla 1.6: Formulario 2, índice de seguridad hospitalario.

Seguridad debida a antecedentes del establecimiento	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
¿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 de establecimientos seguros. B= No se aplicaron los estándares; M=Estándares parcialmente aplicados; A=Estándares aplica- dos completamente.	x		
¿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.		x	
Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación.	**Grado de seguridad**		
	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		x	

ambiente; A= Sana, no se observan deterioros ni grietas.			
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.		x	
Interacción de los elementos no estructurales con la estructura. B= Se observa dos o más de lo siguiente: columnas cortas, paredes divisorias unidas a la estructura, 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.		x	
Proximidad de los edificios (martilleo, túnel de viento, incendios, 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.			x
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.		x	
Detalles estructurales 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.	x		
Seguridad de fundaciones o cimientos. B= No hay información o la profundidad es menor que 1.5	x		

m; M= No cuenta con planos ni estudio de suelos, pero la profundidad es mayor que 1.5 m; A= Cuenta con planos, estudio de suelos, y profundidades mayores a 1.5 m.			
Irregularidades en planta (rigidez, masa y resistencia). B= Formas no regulares 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.		x	
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 (diferen menos de un 20%, pero más del 5%) y pocos elementos discontinuos o irregulares; A= pisos de similar altura (difieren por menos del 5%) y no existen elementos discontinuos o irregulares.			x
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; H, excelente resiliencia estructural.			x
Líneas vitales (instalaciones)	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Sistema eléctrico			
Generador adecuado para el 100% de la demanda. El evaluador verifica que el generador entre en función pocos segundos después de la caída de tensión, cubriendo la demanda de todo el hospital:	x		

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.			
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.			x
¿Está el generador adecuadamente protegido de fenómenos naturales? B= No; M= Parcialmente; A= Sí.	x		
Seguridad de las instalaciones, ductos y cables eléctricos. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.		x	
Sistema redundante al servicio local de suministro de energía eléctrica. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.	x		
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.	x		
Sistema de iluminación en sitios clave del hospital. Realizar recorrido por urgencias, UCI, quirófano etc. Verificando el grado de iluminación de los ambientes y funcionalidad de lámparas. B= No; M= Parcialmente; A= Sí.		x	

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.	x		
Sistema de aprovisionamiento de agua			
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.	x		
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.			x
Sistema alterno 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.	x		
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 %.		x	
Sistema de bombeo alterno. Identificar la existencia y el estado operativo del sistema alterno de bombeo, en caso de falla en el suministro. B= 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.	x		
Depósito de combustible (gas, gasolina o diésel):			
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.		x	
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.		x	
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 menciona- das; A= Los depósitos son accesibles y están en lugares libres de riesgos.		x	

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 %.	x		
Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, etc.)			
Almacenaje suficiente para 15 días como mínimo. B= Menos de 10 días; M= entre 10 y 15 días; A= Más de 15 días.			x
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.	x		
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 buen estado.	x		
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;		x	
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 %.	x		
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.	x		
Seguridad apropiada de los recintos. B= No existen áreas reservadas para almacenar gases; M= Áreas reservadas para almacenar gases, pero sin medidas de seguridad apropiadas; A= Se cuenta con áreas de	x		

almacenamiento adecuados y no tienen riesgos			
Sistema de telecomunicaciones			
Estado técnico de las antenas y soportes de las mismas. Verificar que las antenas, pararrayos cuenten con soportes que eleven el nivel de seguridad del Hospital. B= mal estado o no existen; M= regular; A= Bueno.			x
Estado técnico de sistemas de baja corriente. (conexiones/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		x	
Estado técnico del sistema de comunicación alterno. Verificar el estado de otros sistemas: radiocomunicación, teléfono satelital, etc. B= mal estado o no existen; M=regular; A= bueno	x		
Estado técnico de anclajes de los equipos y soportes de cables. Verificar que los equipos de telecomunicaciones (radios, teléfono satelital, video-conferencia, etc.) cuentan con anclajes que eleven su grado de seguridad. I EL SISTEMA NO NECESITA ANCLAJES O ABRAZADERAS, NO LLENAR, DEJAR EN BLANCO LAS TRES CASILLAS. B= mal estado o no existen; M=regular; A= bueno		x	
Estado técnico de sistemas de telecomunicaciones externos, instalados dentro 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.			x

Local con condiciones apropiadas para sistemas de telecomunicaciones 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 hospi- tal; A= No existe interferencia a las comunicaciones del hospital.		x	
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			x
Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
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	x		
Condición de tuberías, uniones y válvulas. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			x
Condiciones de los anclajes de los equipos de calefacción y agua caliente. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			x
Condiciones de los anclajes de los equipos de aire acondicionado. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			x
Ubicación apropiada de los recintos.			x

B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			
Seguridad apropiada de los recintos. B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			x
Funcionamiento de los equipos **(Ej. Caldera, sistemas de aire acondicionado y extractores entre otros).** B= Malo; M= Regular; A= Bueno.			x
Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil y almacenes (Incluye computadoras, impresoras, etc.)	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
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.	x		
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.			x
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.		x	
Equipos médicos, de laboratorio y suministros utilizados para el diagnóstico y tratamiento.	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
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.			x

Condición y seguridad del equipo médico de Rayos X e Imageneología. Verificar que las mesas de Rayos X y el equipo de rayos 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.			x
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.		x	
1.6.4 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			x
Condición y seguridad del equipo médico de la unidad de cuidados intensivos o intermedios. 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.			x
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.		x	
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 regulares condiciones o poco seguro; A= El equipo está en buenas condiciones y está seguro.			x
Condición y seguridad del equipo médico para el cuidado del recién nacido. 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.		x	
Elementos arquitectónicos	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
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.		x	
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.		x	
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= Cuando no se daña o su daño es menor y no impide su funcionamiento o el de otros componentes o sistemas.			x

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.	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
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.			x
El Comité está conformado por personal multidisciplinario. Hay que 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 urgen- cias, jefe médico, jefe quirúrgico, jefe de laboratorio y jefe de servicios auxiliares, entre otros. B= 0-3; M=4-5; A= 6 o más			x
Cada miembro tiene conocimiento de sus responsabilidades específicas. Verificar que cuenten con sus actividades por escrito dependiendo de su función especifica: B= No asignadas; M= Asignadas oficialmente; A= Todos los miembros conocen y cumplen su responsabilidad.			x
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 comu- nicación (teléfono, fax, Internet, entre otros).		x	

B= No existe; M= Asignada oficialmente; A= Existe y es funcional.			
El COE está ubicado en un sitio protegido y seguro. Identificar la ubicación tomando en cuenta su accesibilidad, seguridad y protección. B= La sala del COE no está en un sitio seguro; M= EL COE está en un lugar seguro pero poco ac- cesible; A= EL COE está en un sitio seguro, protegido y accesible.			x
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		x	
El sistema de comunicación interna y externa del COE funciona adecuadamente. Verificar si el conmutador (central de redistribución de llamadas) cuenta con sistema de perifo- neo y si los operadores conocen el código de alerta y su funcionamiento. B= No funciona/ no existe; M = Parcialmente; A= Completo y funciona.	x		
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.	x		
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.	x		
El COE cuenta con directorio telefónico de contactos actualizado y disponible. Verificar que el directorio incluya todos los servicios de apoyo necesarios ante una emergen- cia (corroborar teléfonos en forma aleatoria).			x

B= No; M= Existe pero no está actualizado; Si cuenta y está actualizado.			
"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.	x		
Plan operativo para desastres internos o externos.	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
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, CEYE, quirófano, entre otros). 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.		x	
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 previsiones o existen únicamente en el documento; M= Existen previsiones y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para imple- mentar el plan.	x		
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.	x		

Procedimientos para habilitación de espacios para aumentar la capacidad, incluyen- do 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 y cuenta con recursos para implementar los procedimientos.		x	
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.		x	
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 hospita- laria. (Ej. suministro de agua potable, electricidad, desagüe, 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.		x	
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.	x		
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.	x		
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.	x		
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.	x		
Procedimientos para triage, 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 para implementarlo.		x	
Transporte y soporte logístico. Verificar si el hospital cuenta con ambulancias y otros vehículos oficiales: B= No cuenta con ambulancias y otros vehículos para soporte logístico; M= Cuenta con vehícu- los insuficientes; A= Cuenta con vehículos adecuados y en cantidad suficiente.			x
Raciones alimenticias para el personal durante la emergencia. El plan especifica las actividades a realizar por el área de nutrición y debe contar con presu- puesto para aplicarse en el rubro de alimentos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más	x		
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 para cumplir las funciones.	x		
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.	x		
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;	x		

A= Vinculado y operativo.			
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.		x	
Sistema de referencia y contrarreferencia. 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.			x
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, personal capacitado y cuenta con recursos para implementarlo.		x	
Procedimientos operativos para respuesta en turnos nocturnos, fines de semana y días feriados. 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.		x	
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			x

y cuenta con recursos para implementarlo.			
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.		x	
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 resultados de los ejercicios.		x	
Planes de contingencia para atención médica en desastres.	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
1.10.1 Sismos, tsunamis, erupciones volcánicas y deslizamientos. SI NO EXISTEN ESTAS AMENAZAS EN LA ZONA DONDE ESTÁ UBICADO EL HOSPITAL, NO MARCAR NADA. DEJAR LAS TRES CASILLAS EN BLANCO. 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.	x		
Crisis sociales y terrorismo. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal	x		

capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.			
Inundaciones y huracanes. SI NO EXISTEN ESTAS AMENAZAS EN LA ZONA DONDE ESTÁ UBICADO EL HOSPITAL, NO MARCAR NADA. DEJAR LAS TRES CASILLAS EN BLANCO. 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.			
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.	x		
Emergencias químicas o radiaciones ionizantes. 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.	x		
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.	x		
Atención psico-social 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.	x		
Control de infecciones intrahospitalarias. Solicitar el manual correspondiente 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 para implementarlo.	x		

Planes para el funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los servicios vitales.	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
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.	x		
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.	x		
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.	x		
Gases medicinales El área de 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.	x		
Sistemas habituales y alternos de comunicación. B= No existe o existe únicamente el documento; M= Existe	x		

el plan y el personal capacitado; A= Existe el plan, personal capacitado y cuenta con recursos para implementar el plan.			
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.	x		
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. 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.	x		
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.	x		
Disponibilidad de medicamentos, insumos, instrumental y equipo para desastres.	**Grado de seguridad**		
	BAJO	MEDIO	ALTO
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.			x

Material de curación y otros insumos. Verificar que exista en la central de esterilización una reserva esterilizada de material de con- sumo 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.			x
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.		x	
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.	x		
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.		x	
Equipos electro-médicos. El comité de emergencias del hospital debe conocer la cantidad y condiciones de uso de los equipos electromédicos. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		x	
Equipos para soporte de vida. B= No existe; M= Cubre menos de 72 horas; A= Garantizado para 72 horas o más.		x	
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.			x
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 para 72 horas o más.			x
Tarjetas de triage 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.	x		

1.3.1.1 Amenazas

1.3.1.1.1 Fenómenos geológicos

- **Sismos:** según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2014), la provincia de Morona Santiago está categorizada como alta dentro de su escala, esto se debe a que la aceleración sísmica esperada en esta zona es de 0.30g.

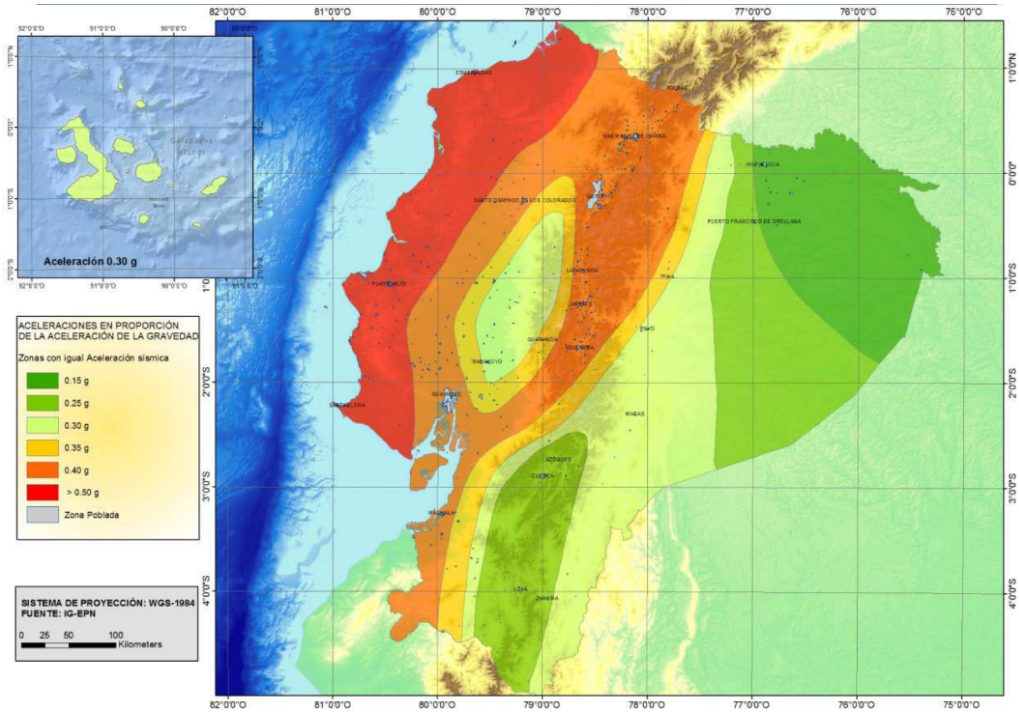

Figura 1.6 Mapa de riego sísmico del Ecuador.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Peligro Sísmico-Diseño Sismo Resistente.

- **Erupciones volcánicas:** como se puede observar en el siguiente mapa, el hospital no se encuentra en una zona de peligro volcánico; además no se han presentado inconvenientes cuando han ocurrido erupciones volcánicas en nuestro país.

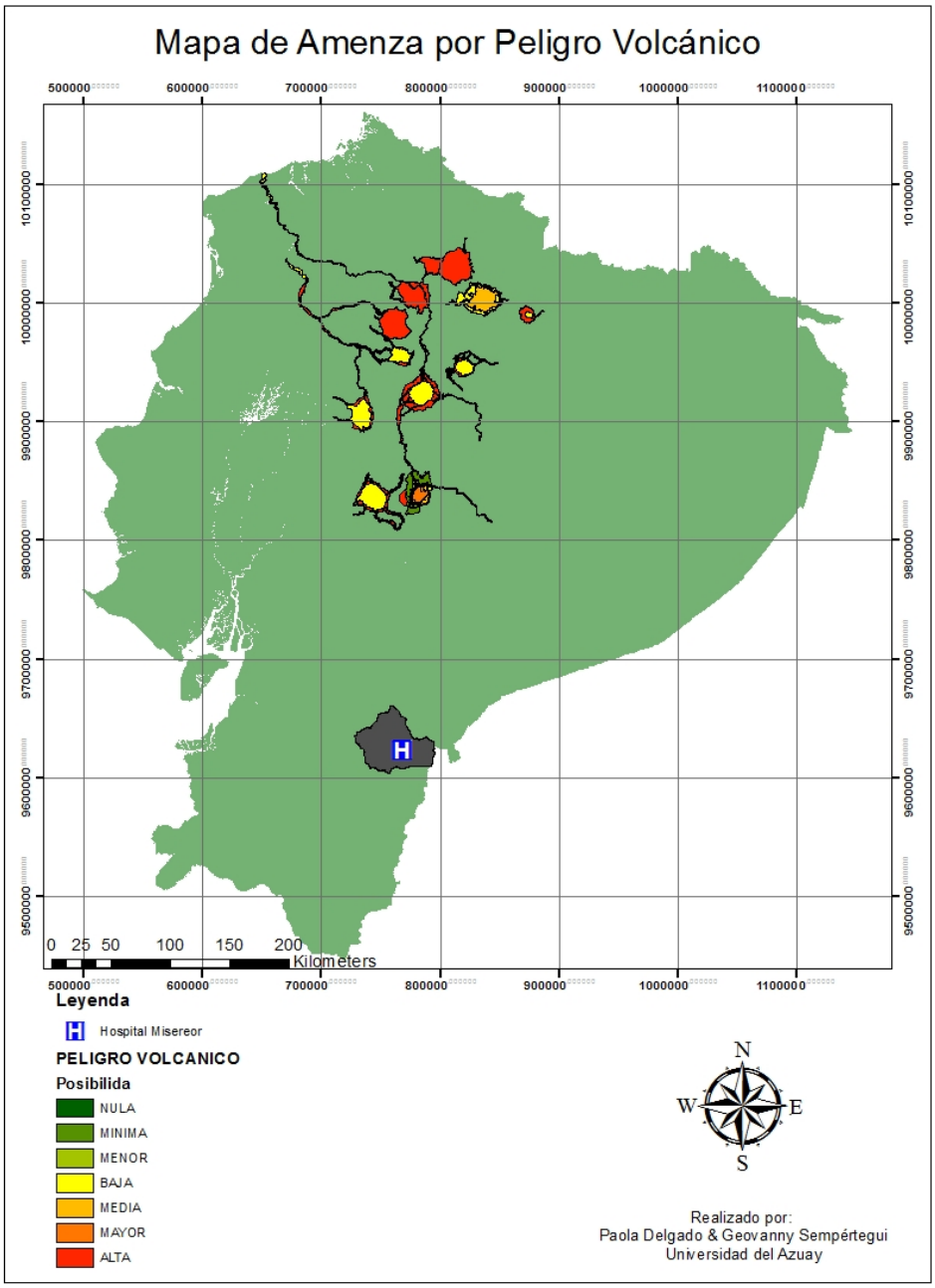

Figura 1.7 Mapa de amenaza por peligro volcánico.

- **Deslizamientos geológicos:** como se puede ver en el mapa de riesgos a continuación, se tiene que el hospital Misereor se encuentra dentro de una zona de alta susceptibilidad a movimientos de masas, es decir, propensa a deslizamientos. Además, hay que recalcar que el hospital está ubicado en un talud el mismo que tiene como mecanismo para conseguir estabilidad un muro de gaviones.

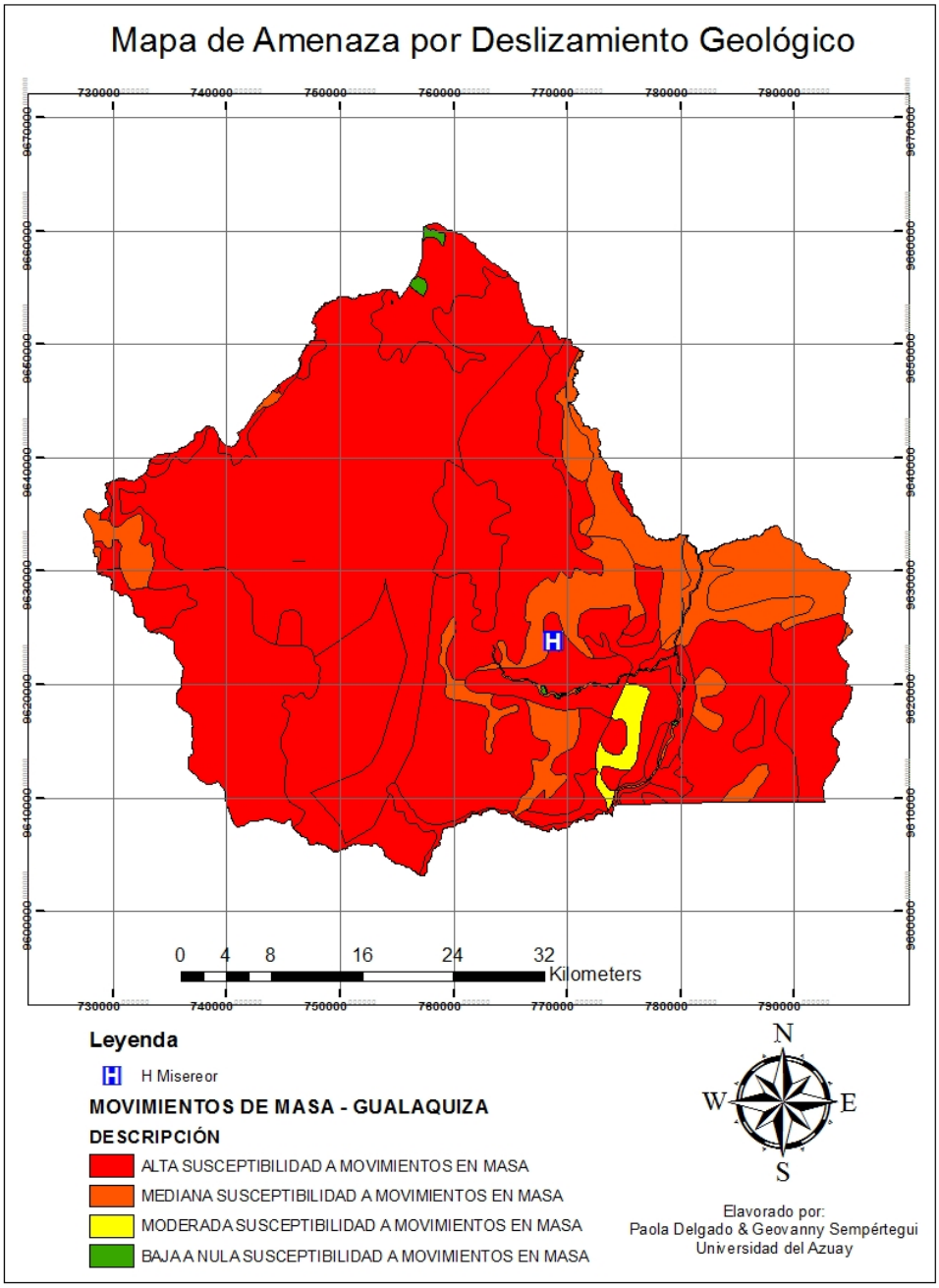

Figura 1.8 Mapa de amenaza por deslizamiento geológico.

- **Tsunamis:** el hospital se encuentra ubicado en la región amazónica del Ecuador a 855 metros sobre el nivel del mar y a una distancia perpendicular de la línea costera más cercana ubicada en Machala de 142.23 km; por lo tanto, es nula la posibilidad de que un tsunami afecte al hospital.

1.3.1.1.2 Fenómenos hidro-meteorológicos

- **Huracanes:** de acuerdo al mapa de la velocidad media de vientos de Ecuador, en el cantón Gualaquiza se presentan vientos fuertes con una velocidad máxima que se encuentra en el rango de 13.7 m/s – 16.9 m/s.

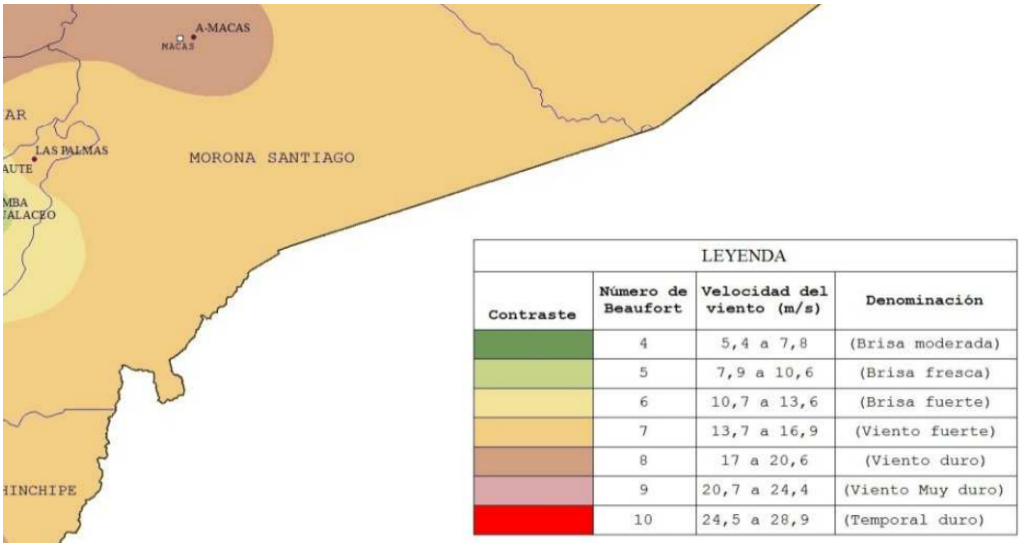

Figura 1.9 Mapa de velocidad máxima de vientos del Ecuador.

- **Lluvias torrenciales:** la precipitación anual que se presenta en la zona donde está establecido el hospital Misereor está en el rango de 1750 mm/año y 2000 mm/año, estas cantidades cae dentro de un rango medio-alto. A pesar de esta gran cantidad de lluvia que soporta el hospital, las canales no han dado problemas, existen ciertas tuberías deterioradas en lo que son bajantes del agua lluvia y ciertas goteras que se producen por el impacto con el que el agua golpea las cubiertas.

Figura 1.10 Bajante de agua lluvia en mal estado.

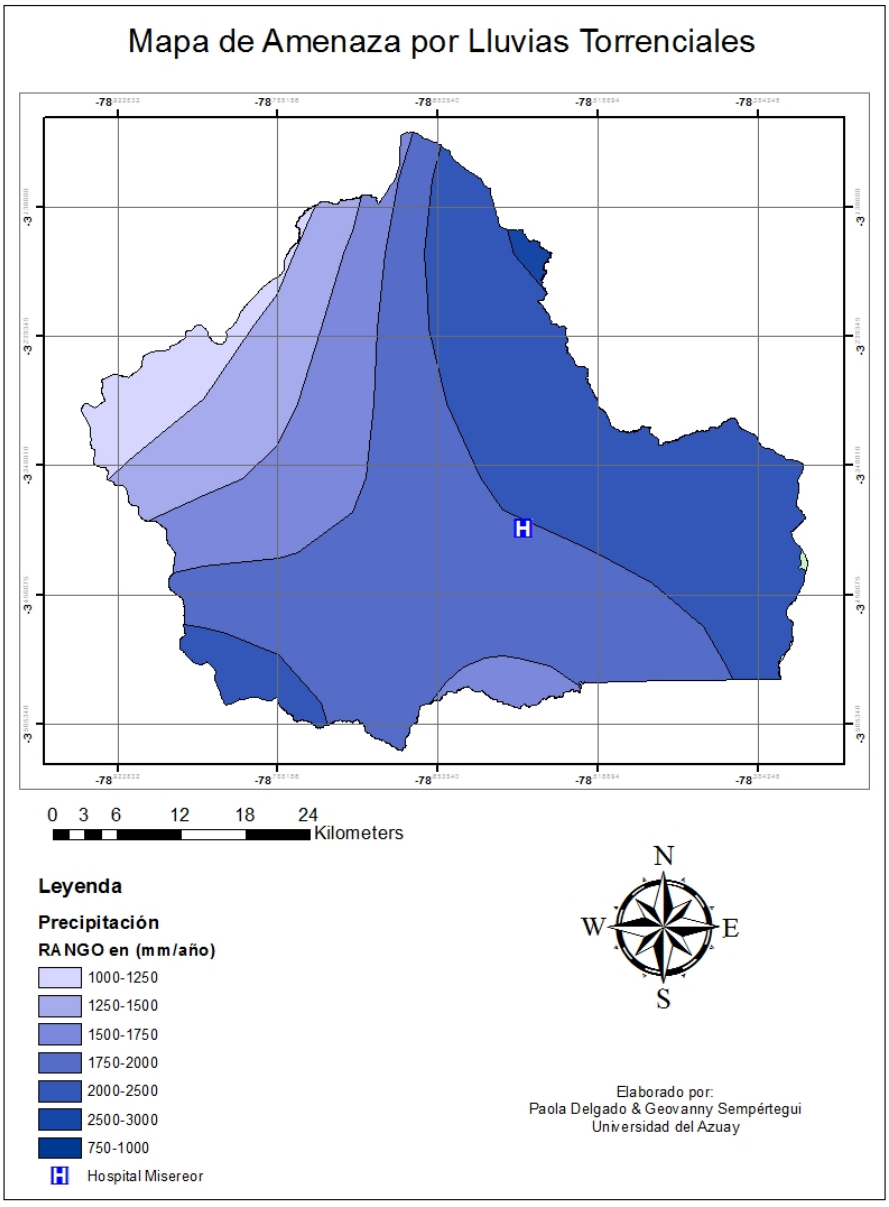

Figura 1.11 Mapa de amenaza por lluvias torrenciales.

- **Penetraciones del mar o río:** el hospital Misereor se encuentra en una zona alta y a una distancia lejana de los diferentes ríos que pasan por la ciudad de Gualaquiza, además no existe ningún antecedente histórico que hable sobre una gran inundación en este sector; por lo tanto, clasificamos como una posibilidad nula a este tipo de amenaza.

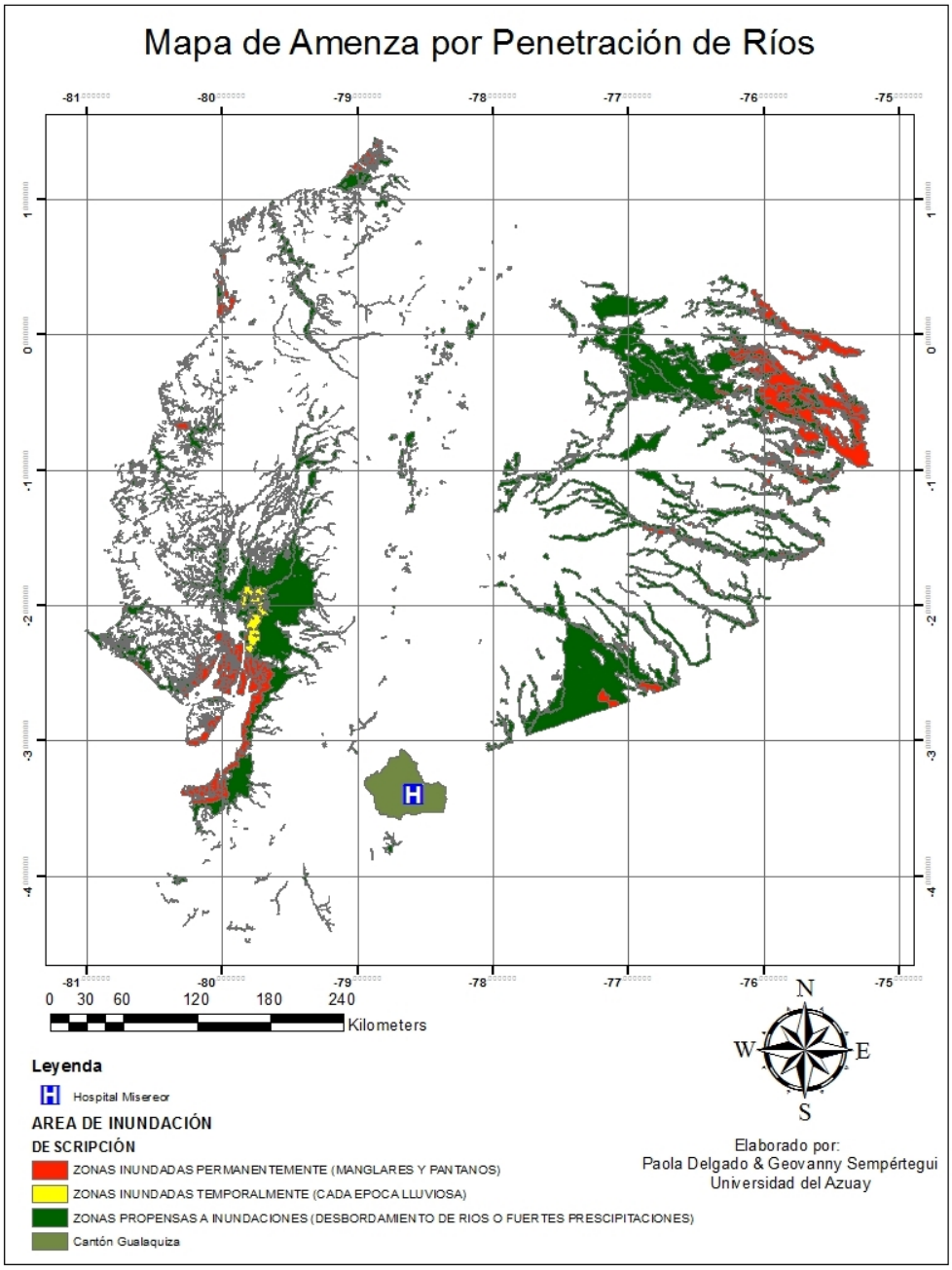

Figura 1.12 Mapa de amenaza por penetración de ríos.

- **Deslizamientos hidrometeorológicos:** como podemos observar en la figura 1.13, tenemos que el hospital Misereor está ubicado en unza zona con una probabilidad generalmente alta a este tipo de deslizamientos, sin embargo, el Dr. Fausto Tirado nos comentó que no se ha tenido problemas con el talud donde se encuentra asentado el hospital debido al muro de gaviones existente.

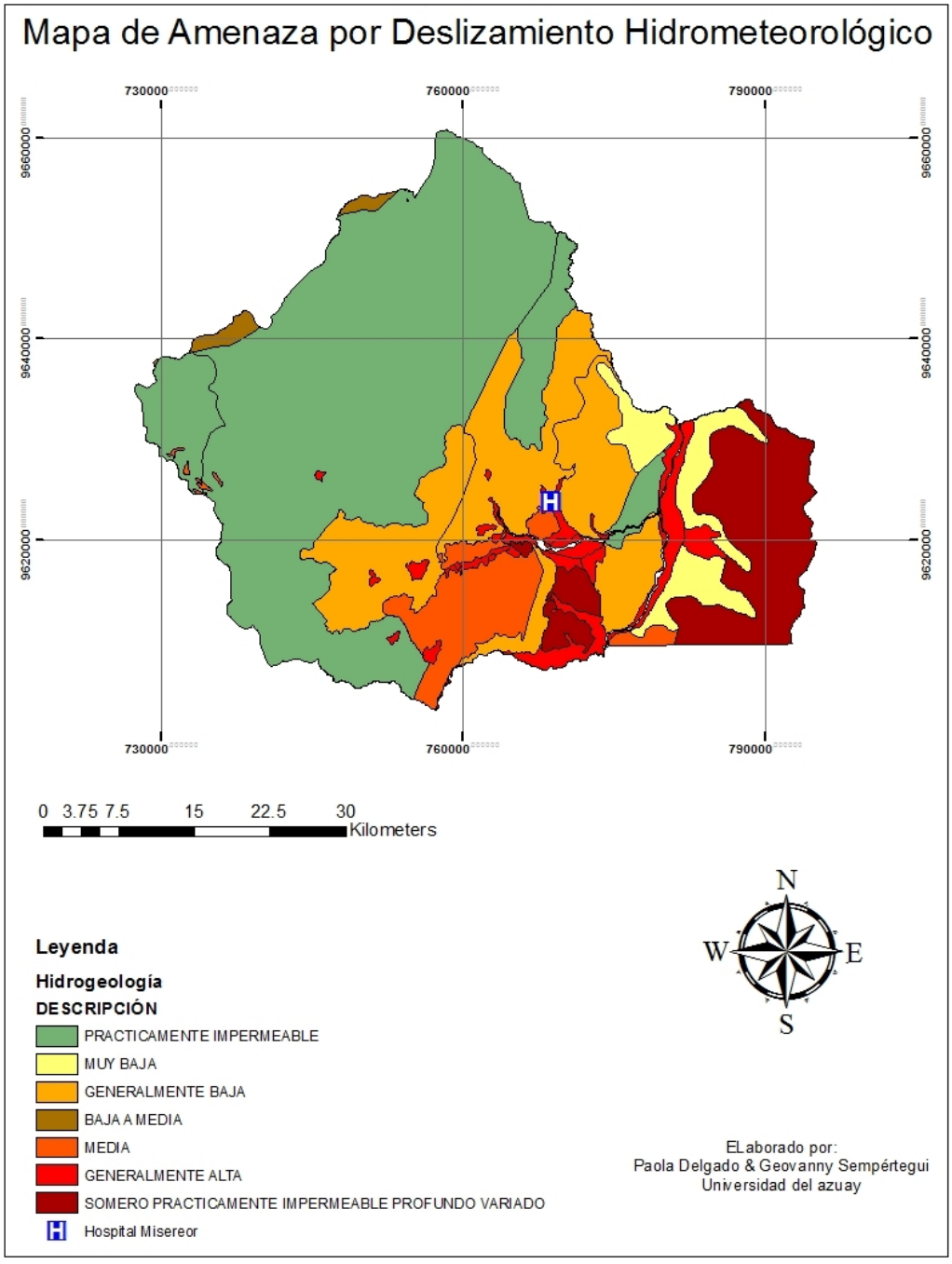

Figura 1.13 Mapa de amenaza por deslizamientos hidrometeorológicos.

1.3.1.1.3 Fenómenos sociales

- **Concentraciones de población:** el hospital a lo largo de los años no ha sufrido congestionamiento o a interrumpido sus funciones por concentraciones de personas en sus alrededores. Se considera una amenaza de nivel bajo más no una que no exista, debido a que se tiene la presencia ocasional de manifestaciones con mínima concurrencia.

- **Personas desplazadas:** no es común pensar derivar un alto número de personas de poblados vecinos en caso de un desastre al hospital Misereor, ya sea natural o antrópico por las siguientes razones:
    - No cuenta con ciertas especialidades médicas para poder brindar atención a casos de gravedad.
    - Su capacidad no es suficiente para atender a un gran número de personas

  Por dichas razones, las personas son derivadas a hospitales de mayor capacidad y con todos los servicios como el de las ciudades de Cuenca y Macas.

1.3.1.1.4 Fenómenos sanitarios-ecológicos

- **Epidemias:** el hospital registra únicamente intoxicaciones de alrededor de 50 personas a causa de comida en mal estado, la amenaza de epidemias es mínima ya que se tiene un alto control de las mismas.
- **Contaminación (sistemas):** no se presenta este tipo de amenaza debido a que está ubicado en una zona urbana y únicamente rodeado de viviendas.
- **Plagas:** a pesar de encontrarse en una zona del oriente ecuatoriano, y una presencia alta de humedad y altas temperaturas, situaciones ideales para la incubación de huevos de mosquitos; no representan peligro para las personas que laboran y que son atendidas en el hospital, se pudo constatar mediante visitas y encuestas.

1.3.1.1.5 Fenómenos químicos-tecnológicos

- **Explosiones:** a pesar de existir un sistema de gas centralizado, el cual únicamente está dirigido a las cocinas industriales; el almacenamiento se lo tiene tienen varios puntos.

Figura 1.14 Almacenamiento de gas, piso inferior cocina.

Figura 1.15 Gas para consumo en instrumentaría, área de la cocina.

Como se puede observar en las figuras 1.14 y 1.15, los espacios donde se encuentran ubicados los cilindros de gas no cuentan con una ventilación apropiada; los cilindros en la figura 1.14 son almacenados en grandes números en una habitación que cuenta con un panel divisorio de madera, el mismo que

en caso de explosión llegaría a inflamarse. Otro punto en contra de esta ubicación es que se encuentran los cilindros por debajo de las gradas, siendo esta una ruta de escape de la cocina.

- **Incendios:** Hasta el momento no se han presentado incendios durante los años de funcionamiento del hospital, pero no se descarta la probabilidad de que pueda presentarse debido a los materiales de construcción (madera) usados en las áreas más antiguas y sus instalaciones eléctricas en no muy buen estado.

1.3.1.1.6 Propiedades geotécnicas del suelo

- **Licuefacción:** podríamos decir que el fenómeno de licuefacción o licuación del suelo está descartado en la zona donde se encuentra ubicado el hospital, ya que, normalmente se hace presente en suelos compuestos por arenas no consolidadas y con un alto índice de saturación.

- **Suelo arcilloso:** el hospital está asentado sobre un suelo compuesto por limos inorgánicos de baja compresibilidad, información obtenida por parte de un ensayo SPT realizado por el municipio de Gualaquiza. Al ser de baja compresibilidad no se encuentran expuestos a grandes deformaciones por la aplicación de cargas sobre ellos, pero siempre existirá la pérdida de volumen.

- **Talud inestable:** el hospital se encuentra emplazado en un terreno el cual presenta un talud en la parte posterior, a pesar de encontrarse en una zona de alta susceptibilidad a los deslizamientos según la figura 1.13, el talud se encuentra estabilizado mediante un muro de gaviones que cubre todo el terreno en la parte posterior del hospital.

1.3.1.2 Aspectos relacionados con la seguridad estructural

1.3.1.2 .1 Seguridad debida a antecedentes del establecimiento

Debido a que el hospital es construido en diversas etapas, con su inicio en el año de 1962 y con el término de su último bloque en el año 2010, es decir, un año antes que entre en vigencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) no cuenta con los estándares apropiados y mucho menos actuales.

Específicamente se tienen los siguientes inconvenientes respecto a la normativa vigente:

- Los bloques de hospitalización tanto de varones, mujeres y pediatría, debido a la edad de su construcción cuenta con varillas lisas dentro de lo que son vigas y columnas.
- Los espaciamientos de los estribos en las zonas de confinamiento tanto de vigas como columnas, en su gran mayoría no respetan lo propuesto en la NEC-2014; dicha separación varía entre los diferentes bloques del hospital a pesar de contar con secciones similares de los elementos estructurales antes mencionados y varía desde 14 cm hasta 18 cm de separación a lo largo de todo el elemento.

Estos datos fueron obtenidos por medio de ensayos no destructivos, en este caso mediante un scanner.

A continuación, se presentan los correctos lineamientos a seguir.

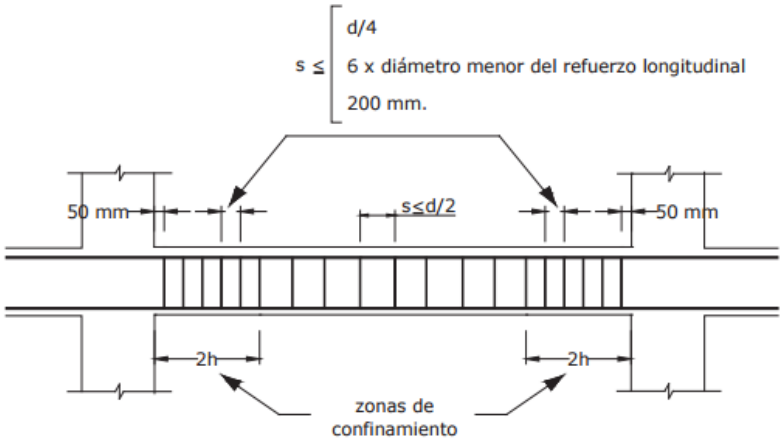

Figura 1.16 Separación de estribos en vigas.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Estructuras de Hormigón Armado, 2014.

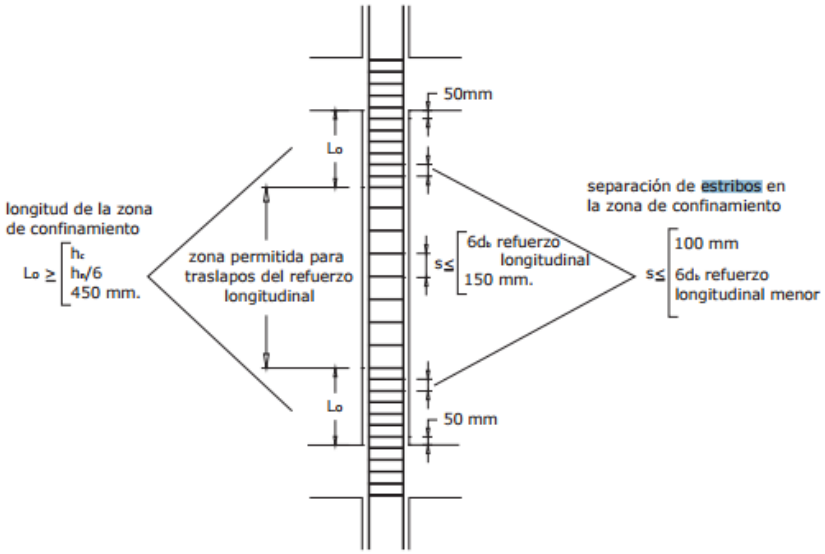

Figura 1.17 Separación de estribos en columnas.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Estructuras de Hormigón Armado, 2014.

Además, se ha visto la necesidad de realzar ampliaciones en la entidad hospitalaria por un incremento poblacional de la zona a la cual brinda sus servicios; las ampliaciones han sido realizadas de manera paulatina y sin una coordinación adecuada ocasionando la presencia de fisuras en varios sectores, esto se debe principalmente a la inexistencia de juntas de dilatación entre los

distintos bloques que conforman la edificación; que además presentan edades diferentes en los hormigones de los cuales están compuestos.

Hay ciertas instalaciones como la de bomberos, que a nuestro parecer no fue realizada con la debida atención; como se podrá observar en la siguiente fotografía, la conducción del agua para incendios pasa por una apertura entre dos bloques de distintas edades del hospital, la misma que debería ser una junta de dilatación, pero no cumple su función.

Figura 1.18 Red de Bomberos.

Otro tema a considerar son los hierros expuestos que se han dejado para futuras ampliaciones o ampliaciones inconclusas, esta armadura no se encuentra protegida contra los factores ambientales, siendo el porcentaje de humedad el más dañino en nuestro caso específicamente. Estos hierros en su mayoría, llevan expuestos 9 años a los factores climáticos y algunos un poco más, por esta razón se puede ver comprometida la vida útil de los elementos que se encuentran ya cumpliendo su función o los que fueran a ser construidos a partir de dicha armadura.

Figura 1.19 Ampliación inconclusa, con exposición de armadura a agentes ambientales.

1.3.1.2.2 Seguridad relacionada con el sistema estructural y el tipo de material usado en la edificación

La edificación, visualmente no presenta un excelente estado, ya que se ve afectada en diversos sectores por la humedad; la misma que puede alcanzar cifras de hasta el 90% en el ambiente. Existen ciertas cubiertas de zonas pequeñas como el pasillo de transición entre el bloque de maternidad y hospitalización, que presenta un alto deterioro por las fuertes precipitaciones que se tienen en la zona del cantón Gualaquiza.

Figura 1.20 Presencia de humedad, zona de lavandería.

Figura 1.21 Presencia de humedad, pasillos.

Figura 1.22 Presencia de humedad, consultorios.

Con respecto a los materiales, el hospital se encuentra construido casi en su totalidad con mampostería de bloque exceptuando los bloques de hospitalización de varones, mujeres y pediatría que cuentan con paredes de ladrillo panelón; se tiene la presencia de madera y planchas de yeso en el caso de cielos falsos. En las paredes se presentan fisuras las cuales se encuentran en un rango de (1-4) mm en diversos sectores del hospital, siendo indiferente a los años en los que fueron construidos los distintos bloques o ampliaciones del hospital.

Las fisuras fueron identificadas visualmente y numeradas mediante testigos llegando a un número de 35, sin descartar la posibilidad de la existencia de algunas más. En cuanto al estado de materiales, específicamente del hormigón que conforma losas, vigas y columnas se determinó su resistencia promedio mediante el ensayo esclerométrico descrito con anterioridad.

Figura 1.23 Fisuras en mampostería.

Dentro del hospital existe una cierta deficiencia en lo que respecta a la interacción entre elementos no estructurales y estructurales, esto se debe a al efecto de columnas cortas, principalmente por contener ventanas que ocupan toda la luz entre pórticos.

Como se observa en la figura 1.24, se tiene la presencia de ventanas tanto en la parte frontal de la imagen como derecha, las mismas que al cubrir el ancho de la luz del pórtico genera el efecto de columna corta; es preocupante que se genere dicho efecto dentro de este salón que a diario cumple las funciones de auditorio del hospital, el mismo que alberga a 49 personas sentadas y tiene capacidad para algunas más de pie; además este espacio está destinado como centro de operaciones en caso de emergencia (COE).

Figura 1.24 Columna Corta, Auditorio.

Respecto a la proximidad de edificios, el hospital se encuentra en un terreno esquinero, el mismo que colinda con el terreno perteneciente a la iglesia en el cual hay una edificación de una sola planta que no causa problemas al hospital en caso de un sismo debido a la distancia que guardan las dos edificaciones.

La distribución de las líneas de resistencia o los también llamados ejes, se encuentran bien si se considera a la edificación trabajando como bloques separados; esto se debe a que fue construido en varias etapas y no se siguió un punto de referencia para realizar ejes a un nivel global o de manera conjunta de la estructura; por este motivo se puede decir que conjuntamente podría ser vulnerable ante el fenómeno de redundancia estructural, más no por bloques separados donde la redundancia estructural está garantiza.

La entidad hospitalaria empieza a ser construida desde el año 1962, para esta época en nuestro país no se encontraba vigente ninguna normativa que haga referencia a parámetros estructurales; sin embargo, en la parte más antigua se puede observar que fueron conservadores al realizar la construcción debido a las secciones que se les dieron a vigas y columnas. Pero a pesar de existir secciones conservadoras hay problemas en las uniones o nodos entre viga y columna; los centróides de vigas y columnas no coinciden entre sí, provocando

una excentricidad entre estos elementos. Este problema se presenta en el área de maternidad y las lavanderías que, a su vez, es el bloque que fue construido recientemente.

Figura 1.25 Excentricidad unión viga-columna.

Otro problema en las uniones del bloque de maternidad es la presencia de madera alrededor de toda la sección de la columna, disminuyendo centímetros que fueron considerados el momento del cálculo estructural; este problema se evidencia aproximadamente en todas las uniones de dicho bloque.

Figura 1.26 Presencia de madera en uniones viga-columna.

En cuanto a la cimentación, no existe información que englobe los diferentes diseños realizados para cada bloque, pero mediante entrevistas a directivos del hospital y gente que participó en la construcción del mismo nos informan que la profundidad de los cimientos es a 1.5 m por debajo de la cota del proyecto, lo cual fue comprobado con unos planos estructurales pertenecientes a las áreas de administración y maternidad.

Otro fenómeno que se puede evidenciar es la irregularidad en planta al ver la edificación como un conjunto, ya que los diferentes bloques tienen una distribución compleja; también se pueden observar varios fenómenos en el bloque de maternidad siendo estos los siguientes: cambios abruptos de su rigidez lateral, presencia de pisos débiles y concentraciones de masa.

Figura 1.27 Cambios de rigidez lateral.

Figura 1.28 Piso débil y concentración de masas.

Por último, se observa que ante un evento sísmico la edificación sufriría daños por los motivos mencionados con anterioridad, sin embargo, ante eventos meteorológicos como las precipitaciones constantes que se presentan en el cantón Gualaquiza el hospital ha resistido estructuralmente de la mejor manera.

1.3.1.3 Líneas vitales e instalaciones

1.3.1.3.1 Sistema eléctrico

Mediante la entrevista realizada al Dr. Fausto Tirado, nos comentó que el generador cubre aproximadamente con un porcentaje superior al 90%, esto se debe a que cuando se ocupan instrumentos como las luces del quirófano o la maquinaria necesaria para rayos x, los cuales demandan una gran cantidad de energía, no pueden funcionar a la par; por ese motivo no cubre con el 100%. A pesar de esto debemos mencionar que se realizan pruebas seguidas, ya que es común la pérdida de energía por parte de la empresa pública.

Un aspecto muy importante, es que la energía generada está dirigida como prioridad a las áreas críticas del hospital como emergencia y quirófano, para luego poder cubrir con el resto de la demanda del mismo.

En cuanto a la ubicación del mismo, se encuentra localizado frente al bloque de maternidad, cabe recalcar que no tiene ninguna protección ya que está a la intemperie, motivo por el cual se puede observar óxido en el cuerpo del generador.

Figura 1.29 Generador de electricidad ubicado a la intemperie.

Figura 1.30 Presencia de óxido y deterioro en generador.

Las instalaciones y ductos pertenecientes al cableado eléctrico, en la mayoría de las áreas del hospital, se puede observar que los cables se encuentran bien direccionados mediante regletas plásticas, esto como un punto positivo; en cuanto a lo negativo, se visualiza colgando el cableado de los altavoces en un

bajo porcentaje, asumimos que esto se debe a una falta de mantenimiento. Lo realmente preocupante es el cableado que se tiene por encima de los cielos falsos, ya que en ciertas zonas éstos son de madera y están propensos a inflamarse en caso de ocurrir un corto circuito, los cables se encuentran dispersos y sin ningún ducto que los conduzca, lo que causa un mayor deterioro de los mismos.

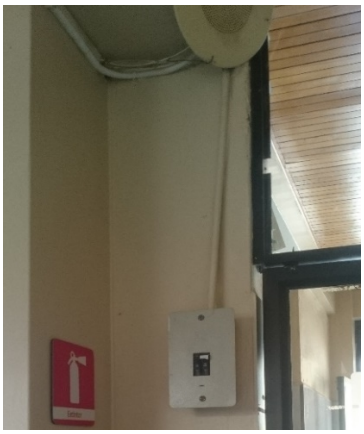

Figura 1.31 Correcta conducción del cableado, mediante regletas.

Figura 1.32 Inexistencia de ductos para el cableado eléctrico, por encima de cielos falsos.

Por otra parte, el hospital Misereor no cuenta con un sistema redundante en el caso de un apagón o corte de la energía eléctrica por parte de la entidad pública pertinente y carece de un sistema con tablero e interruptor de sobrecarga, en su lugar se tiene la presencia de varios cajetines con sus respectivos fusibles distribuidos en los diferentes bloques del hospital; además, existe un tablero de control del generador el cual no se encuentra en muy buenas condiciones.

En lo que respecta a la iluminación interna y externa, el hospital cuenta con una buena iluminación en el área de emergencia y quirófano, además cuenta con lámparas de emergencia y señalización luminosa que indican las salidas próximas, sin embargo, los corredores y las áreas externas tienen una deficiente iluminación por falta de lámparas adecuadas.

Figura 1.33 Tablero de control, generador.

Figura 1.34 Lámparas de emergencia.

Figura 1.35 Señalización luminosa.

1.3.1.3.2 Sistema de aprovisionamiento de agua

Dentro del hospital se cuenta con un tanque de reserva de 5 m³, el mismo que es insuficiente para cubrir la capacidad diaria de las 42 camas con las que cuenta el hospital; de igual manera, para la capacidad de camas asignadas por el ministerio de salud, que son 18, tampoco cubriría la demanda diaria, siendo así deficiente la reserva con la que se cuenta. Esta reserva es un tanque soterrado y se encuentra en un lugar seguro y libre de cualquier amenaza. El tanque cuenta con una tapa de acero la misma que pasa sellada y asegurada mediante un candado, esta no puede ser abierta sin previa autorización.

Figura 1.36 Ubicación, tanque de reserva soterrado.

Dentro del hospital no se cuenta con un sistema de abastecimiento de agua alterno a la red pública, en el caso de esta fallar o de un corte sólo se contará

con el agua contenida en el depósito de reserva. Además, por medio de la entrevista realizada al Dr. Fausto Tirado, se nos dio a conocer que no hay problemas con lo que respecta a distribución del agua dentro de la entidad hospitalaria, la misma que llega a cada uno de sus puntos con una presión adecuada; el personal de mantenimiento y limpieza del hospital nos comentaron que en pocas ocasiones se tuvieron que cambiar pequeños accesorios como codos, pero sin presentar mayor problema. En lo que respecta al sistema de distribución del agua de reserva las conexiones se encuentran en buen estado.

Figura 1.37 Sistema de distribución dentro de la cisterna para el agua de reserva.

Figura 1.38 Bomba para el sistema de reserva de agua.

1.3.1.3.3 Depósito de combustible (gas, gasolina, diésel).

Dentro del hospital se cuenta con un tanque metálico para el almacenaje de diésel, el mismo que es usado únicamente para el funcionamiento del generador; la capacidad del tanque es de 200 litros, los mismos que mantienen en funcionamiento continuo al generador 8 horas.

Figura 1.39 Tanque de combustible.

Con respecto a la protección, tanto el tanque de almacenamiento de combustible como los cilindros de gas no cuentan con anclajes, como se puede observar en la figura 1.39, no se cuenta con ninguna protección para el almacenaje de combustibles, además los cilindros de gas no tienen un lugar designado para el almacenamiento, por lo que se los puede encontrar por varias partes del hospital; el tanque que almacena el diésel se encuentra ubicado al lado del generador y por debajo de las gradas que se dirigen hacia el bloque de maternidad, en el caso de ocurrir una explosión o que simplemente se llegara a inflamar, sufriría consecuencias contra la estructura y las personas que se encuentren en dicha zona.

A pesar de todo eso, se cuenta con la debida señalización y con extintores cerca cómo se podrá observar a continuación.

Figura 1.40 Ubicación, tanque de combustible.

Figura 1.41 Ubicaciones, cilindros de gas.

A pesar de las falencias mencionadas anteriormente, el sistema de distribución de gas centralizado para el área de cocina, se encuentra en muy buenas condiciones, tanto sus tuberías y válvulas funcionan adecuadamente.

Figura 1.42 Sistema gas centralizado, cocina.

1.3.1.3.4 Gases medicinales (oxígeno, nitrógeno, entre otros)

En lo referente a los gases medicinales, el hospital Misereor cuenta con la cantidad suficiente de oxígeno almacenado para ser utilizado por más de 15 días en caso de presentarse una emergencia; no existen anclajes para garantizar su sujeción cuando los cilindros son transportados a los sitios donde son necesario, en el caso de su almacenamiento cuenta con una sujeción básica a través de cadenas la misma que es insuficiente para el número de cilindros con los que se cuenta.

Figura 1.43 Ausencia de un sistema de anclaje o sujeción para los tanques de oxígeno.

Figura 1.44 Sujeción ineficiente de los tanques de oxígenos almacenados.

Desde nuestro punto de vista los tanques de oxígeno no se encuentran almacenados en un lugar adecuado, a pesar de su fácil acceso y espacio suficiente, es una construcción muy rústica e improvisada como bodega de almacenamiento. Como se puede observar en la figura 1.44 se encuentran expuestos a los fenómenos meteorológicos protegidos por un techo de fibrocemento que no está en óptimas condiciones. El recinto donde están almacenados los tanques no tiene la seguridad apropiada, no se cuenta con un extintor y debido a que no es un área exclusiva para el almacenamiento de gases medicinales, se comparte momentáneamente con depósitos destinados para la basura que se genera por los cuidados médicos; dichos depósitos si cuentan con un lugar seguro y apropiado para su almacenamiento. Además, se debe mencionar que el hospital no tiene un sistema de distribución del oxígeno, éste es transportado por las personas de limpieza a las áreas donde se necesita ser utilizado.

Figura 1.45 Almacenamiento de tanques de oxígeno.

Figura 1.46 Almacenamiento de basura generada por cuidados médicos.

1.3.1.3.5 Sistema de telecomunicaciones

La antena con la que cuenta el hospital se encuentra ubicada en la cubierta del bloque administrativo, la cual está en muy buenas condiciones y con una sujeción adecuada; en algunos bloques del hospital no se encuentran instalados correctamente los equipos de internet, además que en ciertas zonas podemos ver los cables fuera de las regletas plásticas.

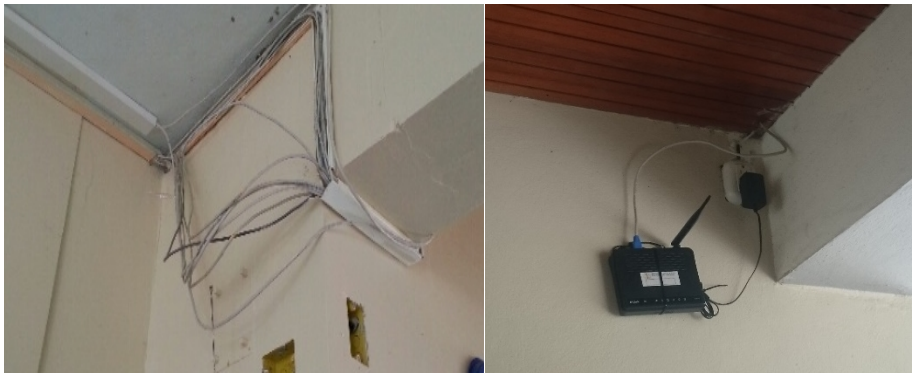

Figura 1.47 Cables y equipos de internet.

Algo preocupante es que el hospital no cuenta con ningún sistema alterno de comunicación en casos de emergencia.

Figura 1.48 Cables y equipos de internet.

1.3.1.4 Sistema de calefacción, ventilación, aire acondicionado en áreas críticas

El hospital Misereor cuenta con un sistema de aire acondicionado en áreas críticas como: laboratorio, vacunatorio y en las dos bodegas que se almacenan los medicamentos, las mismas que se encuentran ubicadas en el bloque de maternidad y en la planta inferior al bloque donde se ubican los consultorios.

Debido a que no se tienen el sistema de aire acondicionado a nivel general del hospital no se cuenta con ductos para el mismo, en lugar de eso, cada recinto mencionado anteriormente cuenta con su toma de aire y la maquinaria apropiada para brindar el servicio.

Mediante una inspección visual, se puedo constatar que los equipos cuentan con los anclajes adecuados y funcionan perfectamente.

Figura 1.49 Equipos de aire acondicionado en áreas críticas.

1.3.1.5 Mobiliario y equipo de oficina fijo y móvil, y almacenes

Se pudo observar que la estantería ubicada en el cuarto frío para almacenar medicamentos, en farmacia y en el área de agendamiento no cuenta con los anclajes respectivos, ni sujetos entre las diferentes secciones que conforman esta estantería metálica; además se tienen escritorios tanto en los consultorios como en la parte administrativa los cuales no poseen ruedas, volviendo más trabajoso el traslado de dicho mobiliario.

Figura 1.50 Ausencia de anclajes en estanterías.

1.3.1.6 Equipos médicos, de laboratorio y suministro utilizados para el diagnóstico y tratamiento

El equipo se encuentra en excelentes condiciones operativas y funcionales, además los diferentes equipos permanecen anclados, la única excepción es el tanque de oxígeno. Hay ciertos equipos que se los usa conjuntamente con el área de emergencia y tienen que ser móviles, estos se encuentran equipados con ruedas las mismas que pueden ser bloqueadas a través de un sistema de frenos; de igual manera todas las camas cuentan con frenos en sus 4 ruedas lo cual las mantiene estáticas.

Figura 1.51 Área de Quirófano.

Figura 1.52 Sala de Recuperación.

En el área de rayos x, los equipos se encuentran empotrados al suelo y llevan sus respectivos anclajes, además el recinto donde están ubicados los mismos cuenta con un espesor mayor de paredes, el mismo es de 25 cm y su material es ladrillo panelón y no bloque como el resto del hospital.

Figura 1.53 Equipo de Rayos X.

Con respecto al equipo ubicado en el laboratorio, este es el adecuado y se encuentra en excelentes condiciones, pero hay que tener en cuenta que ninguno de estos se encuentra anclado o sujeto de una manera segura, simplemente están asentados sobre los mesones que posee el laboratorio.

Figura 1.54 Laboratorio Hospital Misereor.

Figura 1.55 Equipos de laboratorio.

Dentro del área de emergencias, los equipos permanecen anclados con excepción de los tanques de oxígeno que se requieran, de igual manera todas

las estanterías están sujetas a las paredes preservando así la seguridad de los medicamentos e instrumental médico necesario para un caso de emergencia.

Figura 1.56 Parte de la estantería y equipos médicos en la sala de emergencias.

La condición y seguridad del equipo médico de la unidad de cuidados intermedios, como se puede observar en la figura 1.57, cuenta con todos los equipos necesarios para poder atender de una manera apropiada a los diferentes pacientes que necesiten los servicios de la unidad de cuidados intermedios; los diferentes quipos médicos y mobiliarios se encuentran asegurados adecuadamente, hay que recalcar que el tanque de oxígeno no se encuentra asegurado.

Figura 1.57 Unidad de Cuidados Intermedios.

En el área destinada para la farmacia, la estantería no se encuentra sujeta entre sí, ni a ningún punto de apoyo sólido como una pared; sin embargo, se encuentra en buenas condiciones.

Figura 1.58 Estantería Farmacia.

Los equipos de esterilización son muy importantes dentro de un hospital; en nuestro caso se tiene una sala de esterilización junto al quirófano, pero el hospital cuenta con varios de estos equipos distribuidos en el laboratorio y en la sala de emergencia. Los mismos se encuentran en muy buenas condiciones y ubicados sobre mesones sin ninguna sujeción.

Figura 1.59 Sala de Esterilización.

Mediante una entrevista con un médico del hospital Misereor, el cual nos supo informar que los equipos para el cuidado del recién nacido eran los apropiados, pero que no se encontraban en condiciones óptimas, en cuanto a la seguridad dentro de lo que es la sala de partos, se puede apreciar que no todos los equipos y mobiliarios tienen una sujeción adecuada.

Figura 1.60 Sala de Partos.

1.3.1.7 Elementos arquitectónicos

Por medio de una inspección, se pudo observar que las puertas en todas las áreas del hospital no presentan daño alguno, se han realizado pequeñas reparaciones en lo que son bisagras sin interferir con su correcto funcionamiento; las puertas de ingreso al hospital son de aluminio y vidrio, por lo que, ante un evento adverso pueden ser un riesgo. Además, un gran porcentaje de las ventoleras se puede evidenciar que se encuentran en un mal estado, más esto no afectaría en caso de una emergencia. Con respecto a las ventanas, se encuentran en buenas condiciones, sin embargo, se tiene la presencia de enrejados de una manera aleatoria en ciertas ventanas de la entidad hospitalaria, que en el caso de ocurrir una emergencia dificultaría la evacuación.

En lo referente a los muros externos en caso de presentar volcamiento, no interfieren con la circulación normal tanto de personas como de vehículos; además la fachada no presenta elementos que se puedan desprender por lo tanto no se presentan riesgos en este punto.

Como se podrá observa en la figura 1.61, todas las cubiertas del hospital son a dos aguas y están conformadas por planchas metálicas, las mismas que se encuentra bien sujetas a su armazón de soporte y presentan bordillos de hormigón con una pendiente insuficiente para evacuar la gran cantidad de agua que corre por los mismos, causando así problemas de humedad en casi toda la entidad hospitalaria.

Figura 1.61 Cubierta, bloque de maternidad.

En cuanto a la circulación externa e interna del hospital se tiene que, el área de circulación externa no es segura ante una situación de emergencia debido a que existe un árbol de gran tamaño el cual obstaculizaría la entrada al hospital, dificultando de esta manera la circulación tanto peatonal como de automóviles. Además, bloquearía la entrada directa al área de emergencia y si una ambulancia se encuentra localizada en la zona señalada para su parqueo

quedaría atrapada, imposibilitando la evacuación a otros centros de salud de ser el caso.

De igual manera que en el área externa, el área interna tampoco es segura para una circulación adecuada; esto se debe a que los pasillos son angostos y a pesar de esto se los utiliza como sitios de espera para las personas mediante sillas, lo cual reduce más el espacio de circulación.

Figura 1.62 Presencia de árbol de gran tamaño, representa un riesgo para la entidad hospitalaria ante un desastre.

Si hablamos de seguridad en los cielos falsos que posee la entidad hospitalaria, un gran porcentaje se encuentra en muy buenas condiciones y asegurados de la manera adecuada, se tiene dos tipos de materiales, y son de madera y planchas de yeso; las segundas se encuentran sujetas a la estructura de la cubierta mediante cables metálicos garantizando su sujeción.

Un aspecto muy importante que se debe tomar en cuanta, es la condición de los sistemas de iluminación tanto externos como internos; se observó que la iluminación externa es deficiente, debido a que no cuenta con un gran número de luminarias públicas ni propias del hospital. En cuanto a la iluminación

interna presenta deficiencias debido a que no posee lámparas apropiadas en todos los sectores; hay que mencionar que internamente se tiene un sistema de iluminación de emergencia con respaldo de batería.

El sistema contra incendios se encuentra en excelentes condiciones, dentro del hospital se cuenta con tres gabinetes los mismos que están equipados de un extintor, una manguera contra incendios y un hacha; además se tienen distribuidos quince extintores en las diferentes áreas del hospital; lo preocupante en este punto es que la tubería que lleva el agua a los diferentes cajetines atraviesa una junta que se tiene entre dos bloques que conforman el hospital como se pudo observar en la figura 1.63.

Figura 1.63 Sistema contra incendios.

Al hablar de la condición y seguridad de las escaleras, las mismas se encuentran en buenas condiciones al igual que los pasamanos que son parte de ellas, por lo cual no representan un riesgo en caso de emergencia. En ciertas escaleras se cuenta con señalización de emergencia. Se tiene un caso en específico, que son las escaleras que van del bloque de maternidad hacia las lavanderías, las cuales tienen una clara deficiencia en su proceso constructivo presentado una diversidad de contrahuellas.

Figura 1.64 Señalización es escaleras.

Figura 1.65 Escaleras con variación de contrahuella.

Para culminar, no debemos dejar de lado las vías de acceso al hospital; éstas se encuentran en una condición buena, se tiene la presencia de baches pequeños los cuales no imposibilitan la llegada al mismo; además se puede llegar al hospital por algunas vías, en este caso hay que mencionar que se cuenta con tres accesos con pavimento, mientras que las calles más pequeñas son de tierra.

1.3.1.8 Resultados de la evaluación hospitalaria por medio del índice de seguridad hospitalaria

Como resultado de la evaluación mediante el formulario número 2 y luego de haber tabulado los datos por medio de un modelo matemático perteneciente a la Organización Panamericana de la Salud se obtuvo los siguientes datos:

- **Aspecto estructural:**

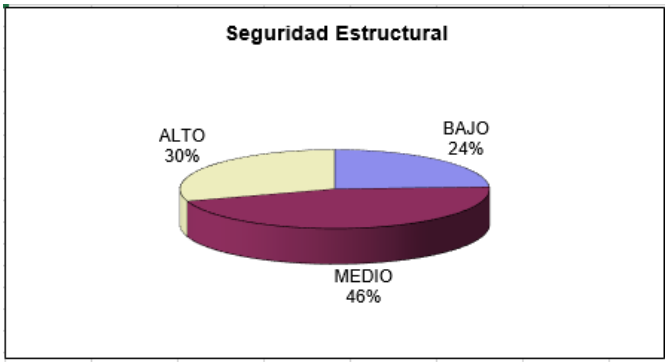

Figura 1.66 Resultados seguridad estructural.

Se observa en la figura 1.66, casi el 50% de la entidad hospitalaria se encuentra en un rango de seguridad media en el aspecto estructural; esto se debe principalmente a que no ha existido una correcta planificación en las diferentes etapas de construcción del mismo, llevando a cometer errores cuando se mira de forma conjunta a los diferentes bloques que conforman el Hospital Básico Misereor desarrollados previamente en los puntos anteriores.

- **Aspecto no estructural:**

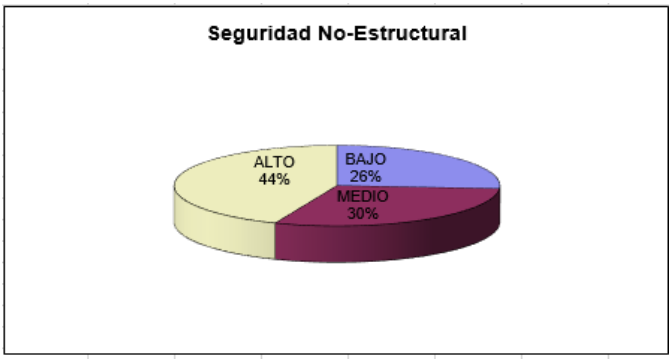

Figura 1.67 Resultados seguridad no estructural.

Dentro del aspecto no estructural el Hospital Básico Misereor se encuentra con un índice de seguridad repartido el 44% en alto, el 30% en medio y un 26% en bajo, a pesar de estos resultados la entidad hospitalaria pudiera mejorarlos con un buen equipo de mantenimiento y tomando en cuenta el formulario perteneciente a esta sección e implementando acciones a corto plazo que corrijan sus falencias.

El aspecto no estructural debe ser considerado de gran importancia debido a que representa casi un 80% del costo de un hospital según cifras de la OPS.

En este punto podemos dar ciertas recomendaciones de corto, mediano y largo plazo.

- **Acciones recomendadas a tomar en un corto plazo:**
  - Anclaje adecuado para los mobiliarios.
  - Anclaje y frenos por lo menos en 2 ruedas de los diferentes equipos.
  - Anclaje de los tanques de oxígeno en su lugar de almacenamiento y en los diferentes cuartos donde son necesarios.
  - Mejorar la iluminación interna, pero sobre todo la externa.
  - Realizar una adecuada estructuración del cableado mediante ductos en el techo.
  - Realizar una adecuada limpieza e impermeabilización de las secciones de losas que se poseen en las cubiertas de los distintos bloques.

- **Acciones recomendadas a tomar en un mediano plazo:**
  - Construcción de un sistema centralizado de gases medicinales (Oxígeno).
  - Implementación de una fuente alterna de agua además de la que es suministrada por la red pública.
  - Remplazar bajantes de aguas lluvias.

- Incrementar la capacidad del tanque de reserva que se posee actualmente para el agua.

- **Acciones recomendadas a tomar en un largo plazo:**
  - Adquisición de un generador nuevo, para el respaldo eléctrico.
  - Construcción de un tanque de reserva adecuado para el combustible.
  - Construcción de un espacio físico para la ubicación del generador.

- **Aspecto funcional:** este aspecto fue llenado conjuntamente con los doctores Fausto Tirado y Danny Llerena, los mismos que trabajan en el Hospital Básico Misereor, y el Mgs. Mario Ávila que forma parte del departamento de riesgos del hospital y es uno de los autores del Plan Hospitalario para Emergencias y Desastres Hospital Básico Misereor.
  El resultado que se obtuvo luego de llenar el modelo matemático es el siguiente y se ve reflejado en la figura 1.68.

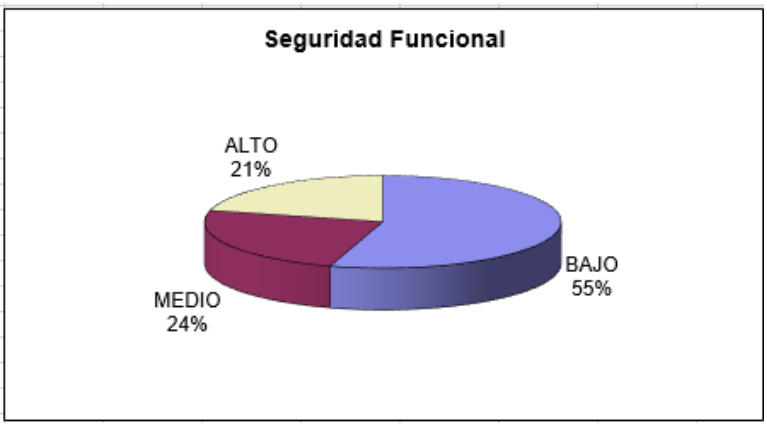

Figura 1.68 Resultados seguridad funcional.

Como se puede observar, un 55% de la seguridad funcional del hospital es baja, lo que nos demuestra que es necesario implementar medidas para poder mejorar la capacidad de respuesta frente a un desastre o emergencia, brindando de esta forma una atención eficiente e integral.

Se sugieren las siguientes recomendaciones a ser tomadas para mejor la seguridad funcional:

- El espacio físico que está dispuesto para el COE, a más de estar en una ubicación segura y protegida debe contar con un fácil acceso, equipamiento informático y un sistema de comunicación alterno.
- Determinar de una manera clara el espacio físico en casos de un incremento en la capacidad de respuesta.
- Implementar un plan de capacitación dirigido al personal adicional que formare parte del grupo respuesta ante una situación de emergencia.
- Elaborar un plan de contingencia que cubra amenazas externas e internas.
- Elaborar planes para el correcto funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de servicios vitales que posee el hospital.

De acuerdo al modelo matemático realizado en base al índice de seguridad hospitalaria se obtuvo el siguiente gráfico.

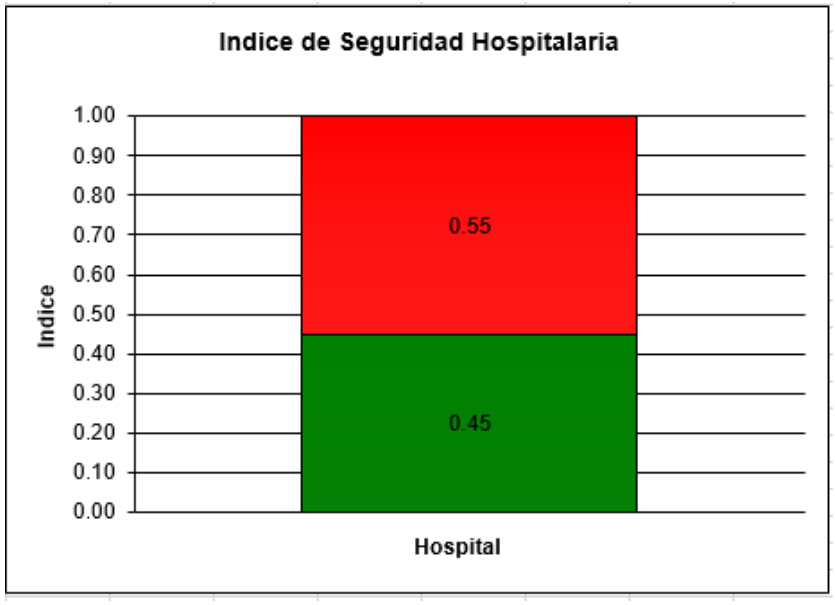

Figura 1.69 Índice de seguridad hospitalaria.

El Hospital Básico Misereor, obtiene un índice de seguridad de 0.45 con una vulnerabilidad de 0.55; ubicándose en la categoría B con un rango del índice de seguridad (0.36-0.65) de acorde a la Organización Panamericana de la Salud.

Esta categorización menciona que: se requiere 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.

1.3.2 Características geotécnicas del suelo

De un estudio de suelos proporcionado por el GAD Municipal de Gualaquiza se obtuvieron los siguientes datos mediante el ensayo de penetración estándar (SPT).

Mediante dos calicatas realizadas a 1.50 m de profundidad se pudo clasificar el suelo según los métodos AASHTO y SUCS el suelo; además de conseguir propiedades como su límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. A continuación, se presentan los resultados de las calicatas realizadas:

- **Calicata #1:** desde el punto de vista geotécnico, se identifica un primer estrato que se encuentra a una profundidad de (0.00 a 0.60) metros; estrato que según la clasificación SUCS pertenece a grabas limosas GM, y de acuerdo a la clasificación AASHTO como un suelo A-1 con un índice de grupo 0. En un segundo estrato, el cual se encuentra a una profundidad de (0.60 a 1.50) metros; estrato que según la clasificación SUCS pertenece a limos inorgánicos de baja comprensibilidad (ML), y de acuerdo a la clasificación AASHTO como un suelo A-6 con un índice de grupo 9 presentando características pobres como material de cimentación.

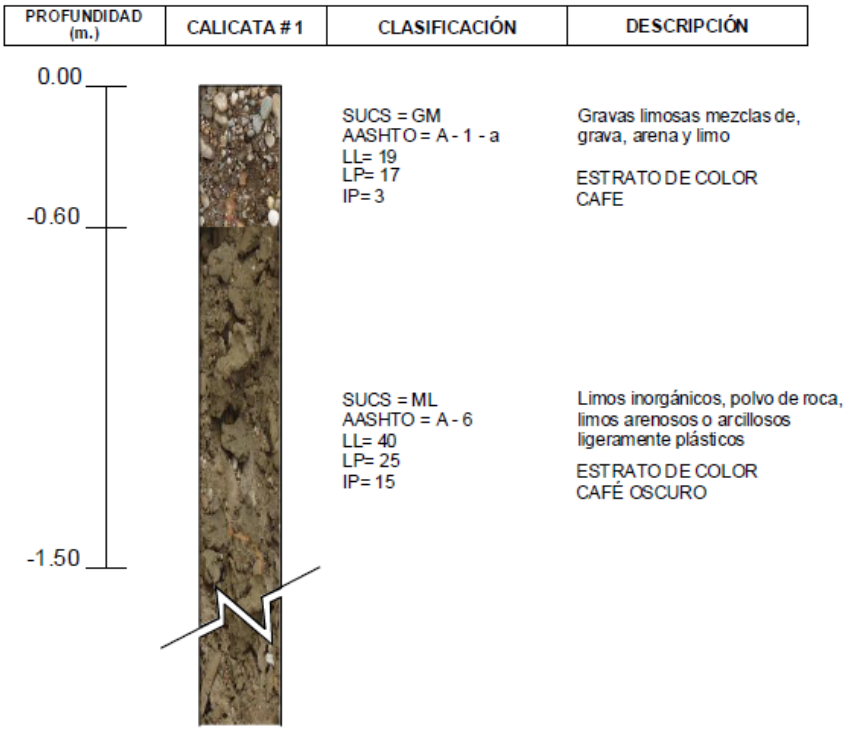

Figura 1.70 Calicata #1.
Fuente: GAD Municipal Gualaquiza.

- **Calicata #2:** desde el punto de vista geotécnico, se identifica un primer estrato que se encuentra a una profundidad de (0.00 a 0.40) metros; estrato que según la clasificación SUCS pertenece a arenas arcillosas (SC) y de acuerdo a la clasificación AASHTO como un suelo A-2-4 con un índice de grupo 0. En un segundo estrato, el cual se encuentra a una profundidad de (0.40 a 1.50) metros; estrato que según la clasificación SUCS pertenece a limos inorgánicos de baja comprensibilidad (ML), y de acuerdo a la clasificación AASHTO como un suelo A-7-6 con un índice de grupo 13 presentando características pobres como material de cimentación.

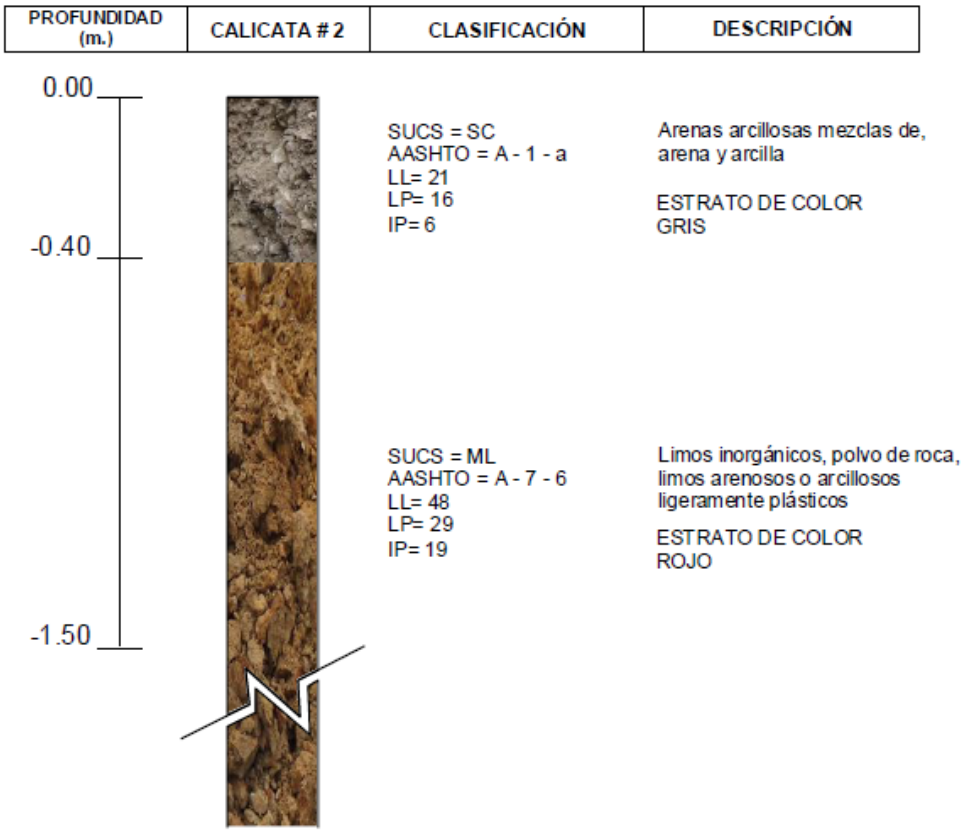

Figura 1.71 Calicata #2.
Fuente: GAD Municipal Gualaquiza.

Basándose en el estudio de suelos proporcionado por el GAD Municipal Gualaquiza, el Ingeniero Juan Pablo Riqueti nos proporcionó las pautas para el cálculo de la capacidad admisible del suelo, dando como resultado un **Q adm = 1.71 Kg/cm².**

Este proceso fue realizado, considerando el criterio expuesto por Terzaghi para falla local. A continuación, se describe la fórmula usada:

$$Q_{adm} = \frac{cN_C F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0.5\gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}}{3}$$

Donde:

C: Cohesión a la profundidad de cimentación.

q: esfuerzo efectivo al fondo de la cimentación

g: peso específico del suelo

B: ancho de la cimentación

$\boldsymbol{F_{cs};F_{qs};F_{\gamma s}}$ Factores de forma de la cimentación.

$$F_{cs} = \frac{BN_q}{LN_C}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L}tan\,(\emptyset)$$

$$\boldsymbol{F_{\gamma s}} = 1 - 0.40\frac{B}{L}$$

$\boldsymbol{F_{cd};F_{qd};F_{\gamma d}}$ Factores de profundidad.

$$F_{cd} = 1 + 0.4tan^{-1}(\frac{D_f}{B})$$

$$F_{qd} = 1 + 2tan\,(\emptyset)(1 - sen\emptyset)^2 tan^{-1}\frac{D_f}{B}$$

$$\boldsymbol{F_{\gamma d}} = 1$$

$\boldsymbol{F_{ci};F_{qi};F_{\gamma i}}$ Factores de inclinación =1

$\boldsymbol{N_C;N_q;N_\gamma}$ Factores de capacidad de carga.

$$\boldsymbol{N_q} = \tan^2(45+\tfrac{\emptyset}{2})e^{\boldsymbol{p}\tan\emptyset}$$

$$\boldsymbol{N_C} = (\boldsymbol{N_q}\text{-}1)\cot\emptyset$$

$$\boldsymbol{N_\gamma} = 2(\boldsymbol{N_q}+1)\tan\emptyset$$

1.4 Conclusiones

- Mediante los ensayos no destructivos que se realizaron en los elementos estructurales del Hospital Básico Misereor, se pudo comprobar que la resistencia del hormigón se encuentra en un rango adecuado; sin embargo no podemos decir lo mismo en cuanto al armado de los hierros, debido a que en todos los distintos años en los cuales se han ido realizando las diversas construcciones y ampliaciones del hospital, no existía una normativa vigente en nuestro país; por este motivo se observó que tanto columnas y vigas no tienen un correcto estribado en los nodos, generando así la posibilidad de la plastificación de los elementos.
- El Hospital Básico Misereor se encuentra en una zona de alto riesgo de deslizamiento geológico e hidrometeorológico y se tiene la presencia de precipitaciones anuales en un rango medio-alto; dichos factores son de suma importancia al momento de recomendar cualquier acción correctiva a realizarse a futuro dentro de la entidad hospitalaria.
- De acorde al formulario de evaluación del ISH, el hospital posee un 46% de seguridad estructural en una categorización media; la razón principal por la que se encuentra en esta categoría es la falta de información sobre planos estructurales de los distintos bloques del hospital, impidiendo así una correcta evaluación.

CAPÍTULO II

AGRUPACIÓN Y MODELACIÓN DE CARGAS QUE ESPECIFICA LA NORMA

En el presente capítulo se desarrollarán los diferentes conceptos y la importancia de tener claramente definidas las diversas cargas que se pueden presentar dentro de una estructura de ocupación esencial como es el Hospital Básico Misereor.
Además, se realizará la comparación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 y la Guía Popular de Construcciones Sísmicas de 1977, en lo que respecta a cargas sísmicas y la elaboración del espectro de respuesta para el análisis dinámico de la estructura.

2.1 Cargas gravitacionales

2.1.1 Cargas vivas de uso. - "La carga viva, también llamada sobrecarga de uso, que se utiliza en el cálculo depende 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, 2016)

Tabla 2.1 Cargas de ocupación o uso.

Ocupación o Uso	Carga uniforme (KN/m²)	Carga concentrada (KN)
Áreas de reunión y teatros		
Asientos fijos	2.90	
Balcones	4.80	
Bibliotecas		
Estantería	7.20	4.5

Bodegas de almacenamiento		
Livianas	6.00	
Comedores	4.80	
Corredores		
Primer piso	4.80	
Otros pisos de igual ocupación, excepto si existe otra indicación		
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
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
Edificios de oficinas		
Oficinas	2.40	9.00
Escaleras y rutas de escape	4.80	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

2.1.2 Cargas permanentes (carga muerta). - "Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura.**"** (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2016)

Tabla 2.2 Cargas permanentes.

Material	**Peso Unitario**
Piedras artificiales	**KN/m³**
Ladrillo artesanal	16.00
Bloque hueco de hormigón	12.00

Morteros	**KN/m³**
Cemento compuesto y arena 1:3 a 1:5	20.00
Materiales diversos	**KN/m³**
Libros y documentos	8.50
Contrapisos y recubrimientos	**KN/m²**
Baldosas de cerámica, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.20
Contrapiso de hormigón ligero simple, por cada cm, de espesor	0.16
Cielorrasos y Cubiertas	**KN/m²**
De yeso sobre listones de madera (incluidos listones)	0.20
Chapa ondulada de acero galvanizado: de 1.3 mm de espesor	0.14
Plancha ondulada de fibrocemento: 6 mm de espesor	0.15

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

2.2 Cargas accidentales

2.2.1 Cargas sísmicas: los efectos de las cargas sísmicas que se pueden llegar a presentar en nuestro país son devastadores, como se pudo presenciar en el terremoto ocurrido el 16 de abril del año 2016; esto se debe a que nos encontramos en una zona de actividad sísmica permanente.

Al tratarse del análisis de este tipo de cargas actuando en edificaciones esenciales, se lo debe realizar meticulosamente; en nuestro caso realizaremos el análisis dinámico en el cual deben ser consideradas las siguientes condiciones: geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio donde se encuentra emplazada la estructura a ser analizada; dichas condiciones serán reflejadas por medio del espectro de respuesta para diseño.

2.2.1.1 Zonificación sísmica y factores de zona Z: el mapa de zonificación sísmica utilizado con propósitos de diseño reconoce la problemática que se presenta entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, siendo la subducción entre la principal fuente de

generación de energía sísmica. Debemos tener en cuenta que el mapa fue realizado en base del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años y un periodo de retorno de 475 años. Se categoriza en 6 zonas sísmicas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

Tabla 2.3 Factores de aceleración sísmica esperada.

Zona sísmica	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

En el caso del Hospital Básico Misereor se encuentra ubicado en la provincia de Morona Santiago en el Cantón Gualaquiza, el mismo que corresponde a un factor Z de 0.30 simbolizando un peligro sísmico alto.

2.2.1.2 Curvas de peligro sísmico: en el caso del diseño de un hospital, por ser una estructura esencial, es necesario tomar en cuenta las curvas de peligro sísmico de cada capital de provincia que posee la Norma Ecuatoriana de la Construcción para poder definir la aceleración sísmica esperada. Las curvas que se podrán observar a continuación relacionan la aceleración sísmica en el terreno (PGA) con un nivel de probabilidad anual de excedencia. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

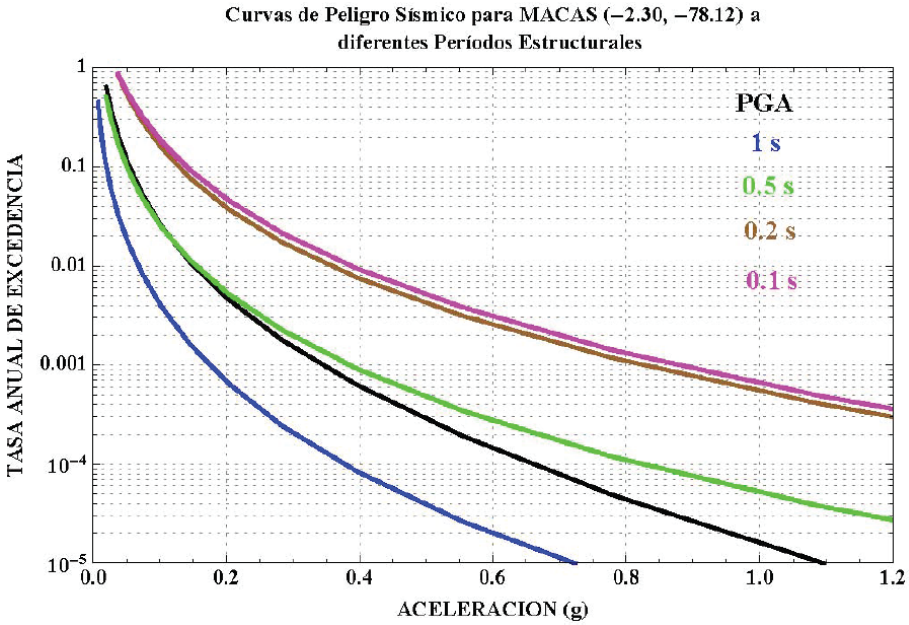

Figura 2.1 Curvas de peligro sísmico.
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

2.2.1.3 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico: la Norma ecuatoriana de la Construcción del año 2014 clasifica en 6 tipos de perfiles asignándoles una letra de la A hasta la F según las características propias del suelo donde fue emplazada la estructura.

El perfil del Hospital Básico Misereor se encuentra construido sobre un perfil tipo D según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 2.4 Tipos de perfil del suelo.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > Vs ≥ 180 m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las dos condiciones	50 > N ≥ 15.0 100 KPa > S_u ≥ 50 KPa

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

2.2.1.4 Categoría de edificio y coeficiente de importancia I: "el propósito del factor I 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, 2014)

Tabla 2.5 Coeficiente de importancia.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos explosivos, químicos u otras substancias peligrosas.	1.5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

2.3 Comparación del método de cálculo de la fuerza sísmica entre la Norma Ecuatoriana de la construcción vigente y la Guía Popular Sismo Resistente redactada en el año de 1977

A continuación, se presentará las distintas consideraciones a tomar para realizar el espectro de respuesta según la Norma Ecuatoriana de la construcción vigente y la Guía Popular Sismo Resistente redactada en el año de 1977.

Acorde con la normativa vigente desde el año 2014 las condiciones a tener en cuenta son las siguientes:

- Determinar el lugar donde se va a emplazar la edificación o en la cual ésta ya se encuentra construida, con la finalidad de conseguir el factor **Z** de aceleración sísmica esperada, el mismo que se lo puede observar con anterioridad en la tabla 13. Para el caso del Hospital Básico Misereor es de 0.30g.

- Identificar la razón entre la aceleración espectral (T=0.1s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado, dicho término es denominado con la letra **n,** en el caso particular de las provincias ubicadas en el oriente ecuatoriano es de 2.60.

- Establecer el tipo de perfil del suelo, a través de un criterio profesional y en conjunto de los ensayos pertinentes que se deban realizar para conseguir la clasificación del suelo; dicha clasificación se encuentra en la tabla 3 expuesta anteriormente.

- Definir los tres coeficientes que se derivan de la clasificación del suelo, los cuales son:
    - Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto (Fa), el cual tiene la función de "amplificar las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio." (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

      Para el Hospital Básico Misereor el factor Fa se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 2.6 Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.

Tipo de perfil del subsuelo	**Zona sísmica y factor Z**
	III
	0.30
D	1.30

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

- Coeficiente de amplificación de las ordenadas del espectro de respuesta de desplazamientos para diseño en roca (Fd); como su nombre lo indica "amplifica las ordenadas del espectro de respuesta de desplazamiento para diseño en roca, considerando los efectos de sitio." (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014) .

  En el caso del hospital a ser analizado dicho factor es el que se encuentra en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Coeficiente de amplificación de las ordenadas de del espectro de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.

Tipo de perfil del subsuelo	**Zona sísmica y factor Z**
	III
	0.30
D	1.36

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

- Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos (Fs), dicho coeficiente considera "el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la inestabilidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos." (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

  En la tabla 2.8 se observará el valor a ser utilizado en el caso del hospital a ser analizado.

Tabla 2.8 Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos.

Tipo de perfil del subsuelo	**Zona sísmica y factor Z**
	III
	0.30
D	1.11

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

Además, la representación gráfica del espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa al sismo de diseño es la siguiente.

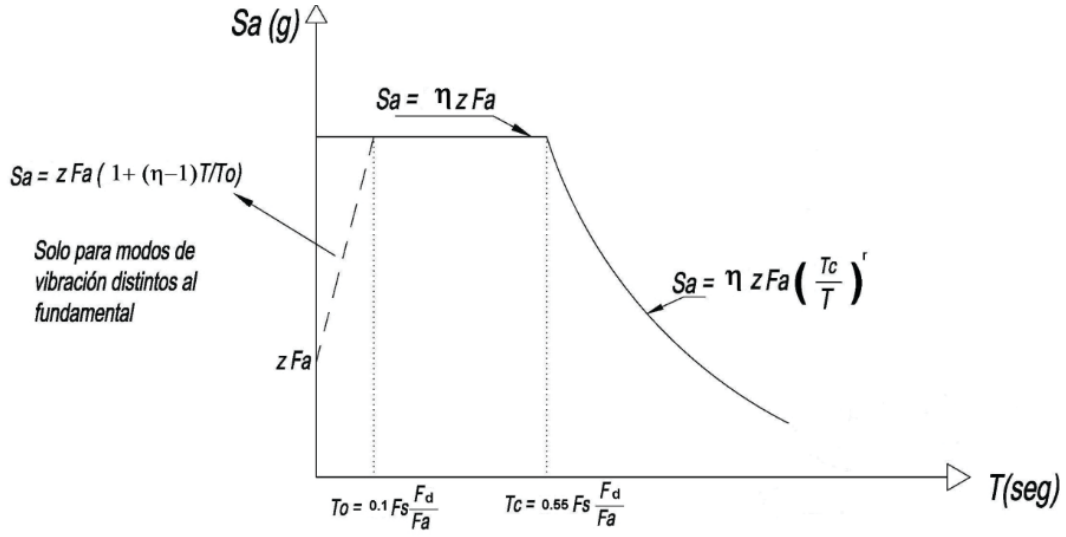

Figura 2.2 Espectro de respuesta elástico de aceleraciones.
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

Los términos que conforman la figura 100 y no fueron nombrados con anterioridad serán explicados a continuación, cabe recalcar que cada una de las siguientes definiciones es perteneciente a la Norma Ecuatoriana de la Construcción del año 2014.

- Sa: Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura.
- T: Período fundamental de vibración de la estructura.
- T0: Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

- TC: Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Según la Guía Popular Sismo Resistente redactada en el año de 1977 en su capítulo cuatro, el cálculo sismo resistente se basa a través del coeficiente CS, el mismo que toma en cuenta la interacción entre el suelo y la estructura. Dicho coeficiente dependía de dos variables, el período de vibración de la estructura (T) t el período de vibración del suelo (Ts); en aquella época la clasificación del suelo era de la siguiente manera:

- Lugares firmes: suelos principalmente formados por rocas o lechos rocosos, el coeficiente Ts en este caso era igual a 0.5.

- Lugares medios: formados por arenas y suelos granulares, su coeficiente Ts era igual a 1.5.

- Lugares flojos: conformados por terrenos arenosos, arcillosos o pantanosos, el coeficiente Ts para esta clasificación era de 2.5.

En el caso del Hospital Básico Misereor, se tuvo que considerar en esa época un periodo de vibración del suelo igual a 2.5, debido a que nos encontramos en una zona conformada por limos y arcillas.

Acorde a la Guía Popular Sismo Resistente, el coeficiente CS a ser considerado para el diseño habría sido de 0.132, esto se debe a que cuenta con formas irregulares y además está emplazado en un lugar flojo como se describe anteriormente.

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas que intervienen en la estructura se lo realizaba a través de la siguiente fórmula:

$$V = I * K * CS * W$$

Donde:

V = fuerza lateral horizontal.

I = importancia del edificio.

K = tipo de construcción.

CS = condiciones del suelo ≤ 0.14.

W = carga muerta.

Para el caso específico de la entidad hospitalaria analizada los valores de los coeficientes nombrados con anterioridad debieron haber sido los siguientes:

- La importancia del edificio (I) por tratarse de una estructura esencial es igual a 1.5.

- El coeficiente (K) debió ser de 0.67 debido a que el tipo de construcción consta de un sistema conformado por un pórtico espacial resistente a flexión dúctil que resiste la totalidad de la fuerza lateral.

- El coeficiente de la carga muerta (W), es equivalente al peso de todos los materiales que forman parte de la edificación.

2.4 Derivas de piso: "Desplazamiento lateral relativo de un piso en particular por la acción de una fuerza horizontal con respecto al piso consecutivo, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura. Se calcula restando del desplazamiento del extremo superior el desplazamiento del extremo inferior del piso". (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014)

Tabla 2.9 Derivas de piso.

Estructuras de:	**ΔM máxima (sin unidad)**
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2014.

2.5 Combinaciones de cargas

Acorde a la Norma Ecuatoriana de la Construcción, las combinaciones de cargas nos ayudan a simular las diferentes condiciones y situaciones a las cuales se puede exponer una edificación; además, una de las principales funciones de las combinaciones son al momento de realizar el diseño propiamente, debido a que así, se puede dimensionar y diseñar de la manera adecuada y cumpliendo óptimamente todas las solicitaciones que las distintas combinaciones de carga pueden generar dentro de la estructura.

Las combinaciones básicas presentadas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción son las siguientes:

1. 1.4 D
2. 1.2D + 1.6L + 0.5 máx. (Lr; S; R)
3. 1.2D + 1.6 máx. (Lr; S; R) + máx. (L; 0.5W)
4. 1.2D + 1.0W + L + 0.5 máx. (Lr; S; R)
5. 1.2D + 1.0E + L + 0.2S
6. 0.9D + 1.0W
7. 0.9D + 1.0E

Para las combinaciones 3, 4, 5 L= 0.5 kN/m² si LO<= 4.8 kN/ m² (excepto para estacionamientos y espacios de reuniones públicas)

Donde:

D: Carga permanente.

E: Carga de sismo.

L: Sobrecarga (carga viva).

Lr: Sobrecarga cubierta (carga viva).

S: Carga de granizo.

W: Carga de viento.

2.6 Conclusiones

- Debido, a que la construcción de la entidad hospitalaria inició en los años cincuenta, no se tiene la certeza de la aplicación de un código que rigiera en esa época; por lo cual los bloques de hospitalización de mujeres, varones y niños pueden ser vulnerables ante un evento sísmico.

- La mayoría de los bloques que conforman el Hospital Básico Misereor fueron realizados y diseñados en base a la Guía Popular Sismo Resistente vigente desde el año 1977, la misma que considera aspectos importantes para el diseño antisísmico como son: clasificación de suelos, el nivel de importancia de las edificaciones y su tipo de construcción. Sin embrago el momento de compararla con la NEC, normativa que se encuentra actualmente rigiendo el ámbito de la construcción dentro del país, la Guía Popular Sismo Resistente tampoco nos asegura que la entidad hospitalaria podría afrontar de la mejor manera la presencia de un sismo.

- En lo que respecta a las cargas dentro de un diseño o una evaluación estructural, hemos considerado únicamente las de la actual norma, ya que, éstas nos ayudarán a obtener resultados más reales sobre el estado de la estructura ante eventos adversos.

CAPÍTULO III

MODELO MATEMÁTICO IDEALIZADO DE LA ESTRUCTURA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el capítulo presente, se desarrollará la modelación estructural del Hospital Básico Misereor mediante el software CYPECAD, la misma que será únicamente dentro del campo dinámico. Por medio de este análisis, se espera comprobar el diseño que presentan actualmente los miembros estructurales que conforman la edificación y así poder generar recomendaciones y medidas de mitigación en el caso de ser necesarias.

3.1 Idealización del modelo de la estructura hospitalaria

Para poder realizar una idealización adecuada de la estructura, se realizó el levantamiento y la planimetría de toda la entidad hospitalaria, en el caso de los detalles estructurales como son: resistencia del hormigón, distribución, diámetros y separación de la armadura de refuerzo fueron obtenidos a través de los ensayos destructivos nombrados en el capítulo I, además de basarnos y realizar las respectivas comprobaciones con los planos estructurales facilitados por la entidad hospitalaria. Se debe recalcar que en varias zonas del hospital no se pudieron realizar los ensayos y los planos con detalles estructurales no existían, por lo que se procedió al cálculo del acero de refuerzo mediante el método de la cuantía mínima, la misma que fue obtenida del ACI-318-08.

El modelo se realizó en el software Revit, mediante el cual se creó una maqueta virtual con todas las características físicas y funcionales que posee el hospital; la maqueta del Hospital Básico Misereor nos muestra elementos estructurales como losas, vigas, columnas y cubiertas, además de los elementos arquitectónicos como puertas, ventanas, paredes, etc.

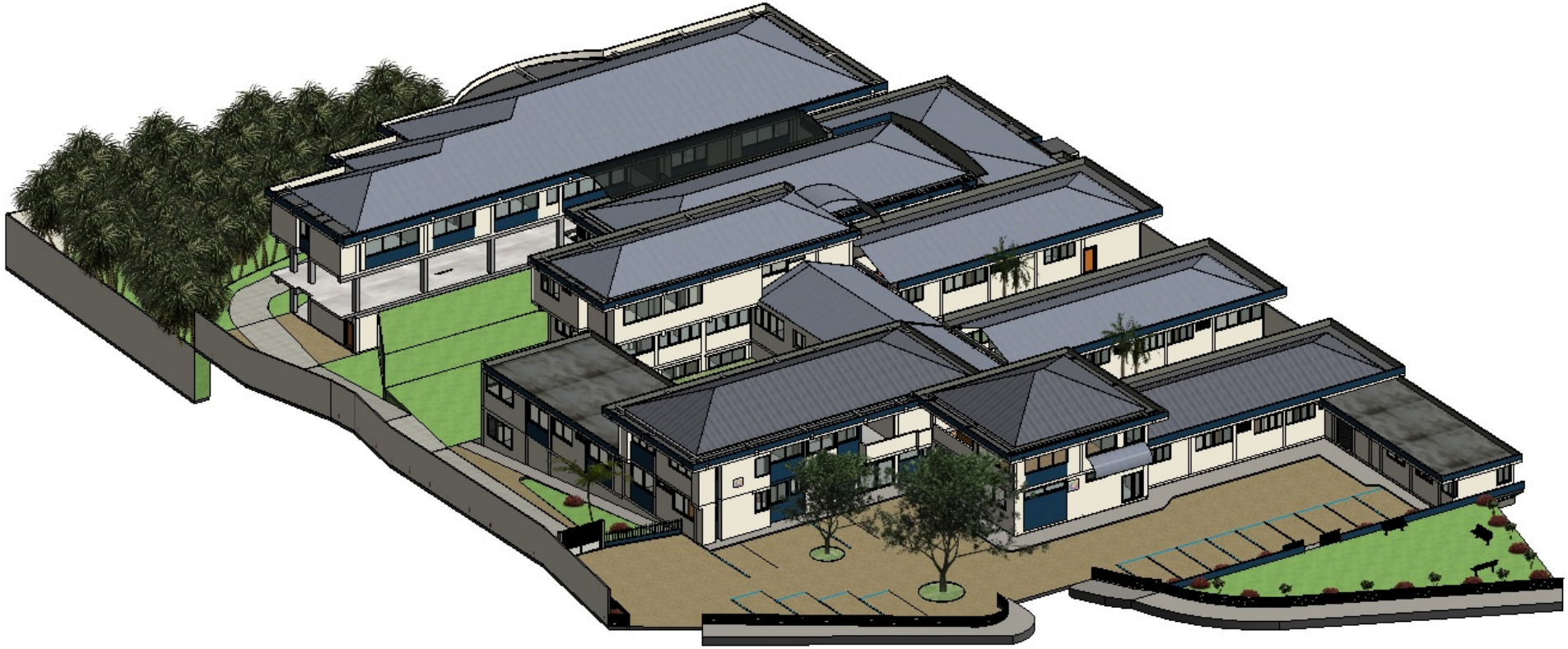

Figura 3.1 Maqueta virtual Hospital Básico Misereor.

3.2 Generación y modelación dinámica estructural del hospital en software especializado

La modelación dinámica estructural se la realizó en el software CYPECAD, para esto previamente se debieron generar planos, los mismos que se obtuvieron de la maqueta virtual realizada en Revit, con todos los planos exportados al formato IFC se empieza con la construcción del modelo, con el modelo ya construido, se procede a cargar los diferentes miembros estructurales, en este caso se consideraron las cargas gravitacionales tanto de ocupación o uso y permanentes o muertas; no debemos olvidar que se incluyó la acción sísmica, la misma que se encuentra explicada a detalle en el capítulo II. En el caso del Hospital Básico Misereor, el espectro de respuesta dinámico en el cual se basará la modelación es el siguiente:

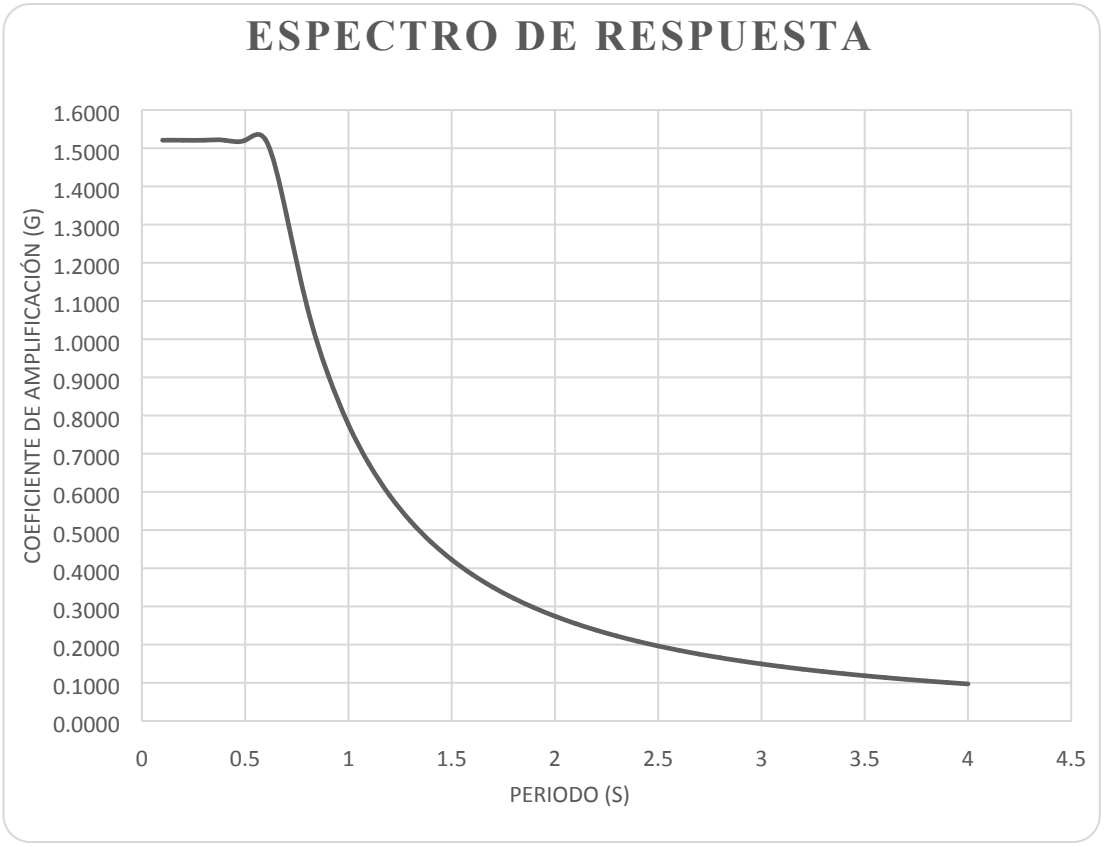

Figura 3.2 Espectro de respuesta.

3.2.1 Modelación dinámica en 3D

A continuación, se presenta la modelación de los diferentes bloques en los cuales fue dividida la entidad hospitalaria:

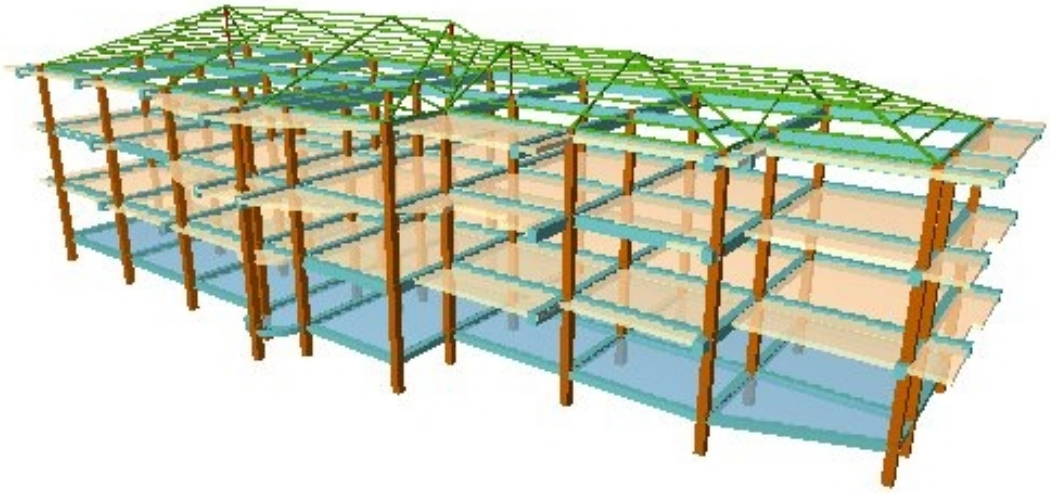

Figura 3.3 Modelación 3D bloque de maternidad, Hospital Básico Misereor.

Figura 3.4 Modelación 3D bloque de emergencia, Hospital Básico Misereor.

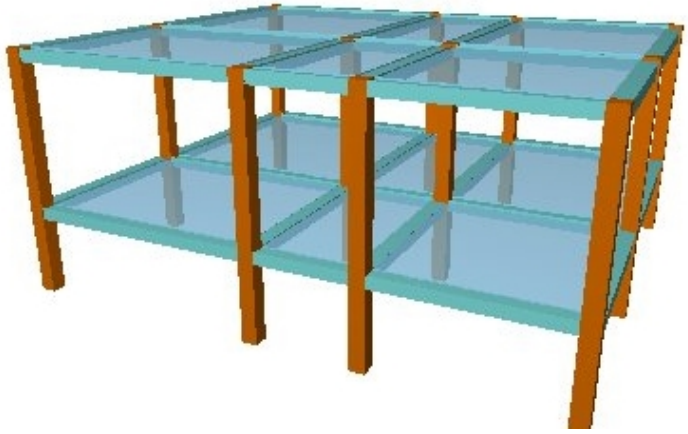

Figura 3.5 Modelación 3D bloque ampliación de consultorios, Hospital Básico Misereor.

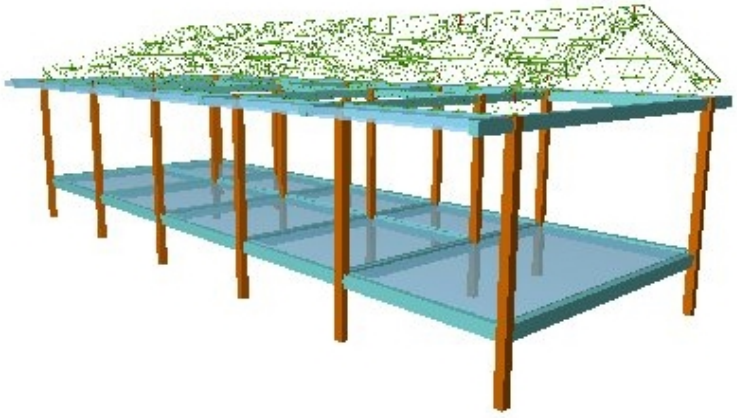

Figura 3.6 Modelación 3D bloque tipo de: hospitalización varones, mujeres y pediatría, Hospital Básico Misereor.

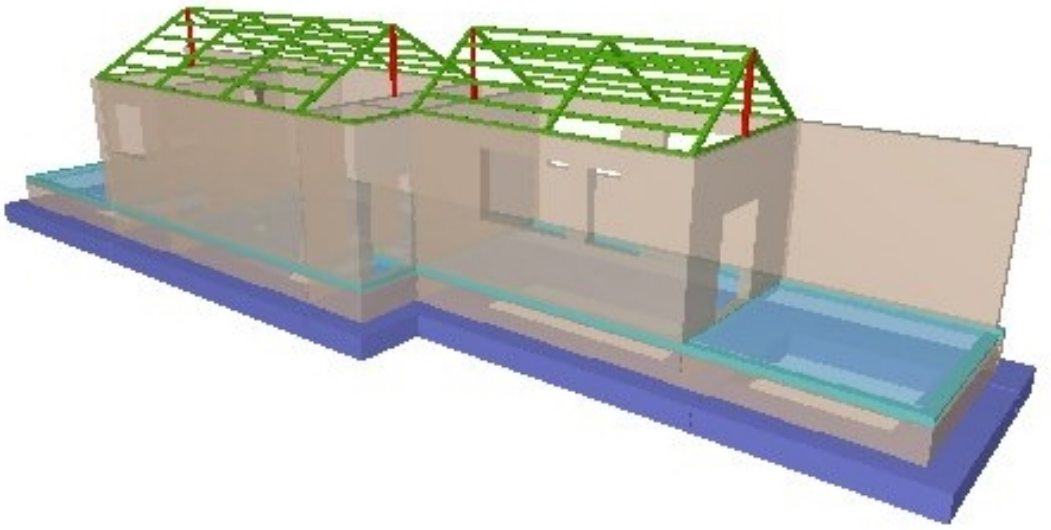

Figura 3.7 Modelación 3D bloque rayos x y comedor, Hospital Básico Misereor.

Figura 3.8 Modelación 3D bloque de administración, Hospital Básico Misereor.

Figura 3.9 Modelación 3D bloque de cocina y bodegas, Hospital Básico Misereor.

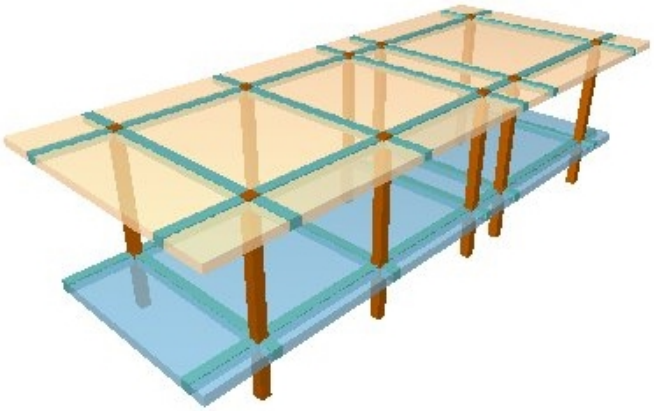

Figura 3.10 Modelación 3D bloque de laboratorio, Hospital Básico Misereor.

Figura 3.11 Modelación 3D bloque de odontología, Hospital Básico Misereor.

Figura 3.12 Modelación 3D bloque de quirófano, Hospital Básico Misereor.

3.3 Comprobación del diseño de los diferentes miembros estructurales

El software CYPECAD que se utilizó para realizar las comprobaciones del diseño de los diferentes miembros estructurales que posee la entidad hospitalaria es la versión 2016 y se basa en las siguientes normativas: American Concrete Institute (ACI 318M-11) y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2014) para realizar el cálculo y diseño óptimo.

El software acude a su base de datos donde constan las distintas normas y

artículos que son requeridos para realizar las comprobaciones de los elementos estructurales; además nos permite acceder a un listado detallado donde se comprueban los Estados Límites Últimos (E.L.U).

Para la obtención de los resultados se usaron los datos detallados a continuación, los mismos que se definieron previamente en el programa CYPECAD:

Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014
NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN
Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Método de cálculo: Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e)

Caracterización del emplazamiento
Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II
Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos
Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C

Sistema estructural
$\mathbf{R_X}$: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) = 8
$\mathbf{R_Y}$: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) = 8
$\square_{\mathbf{P}}$: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) = 0,90
$\square_{\mathbf{E}}$: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) = 0,90
Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular

Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma
Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III
Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III
h: Altura del edificio

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Edificaciones esenciales y/o peligrosas

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso = 0

Factor multiplicador del espectro = 1

Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Según NEC-SE-DS 2014

Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)

Vigas: 0.5

Losas: 0.5

Columnas: 0.8

Tabiques: 0.6

Muros: 0.6

Muros de mampostería: 0.5

3.3.1 Comprobación del diseño en columnas

Para elementos sometidos a compresión como son las columnas, el software considera un sinnúmero de parámetros, a continuación, se explicarán los más importantes.

Disposiciones relativas a las armaduras (ACI 318M-11, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de $S_{i,min}$ (Artículo 7.6.3):

$S_i \geq S_{i,min}$

Donde:

$\boldsymbol{S_1} = 1.5 * d_b$

$\boldsymbol{S_2} = 40mm$

$\boldsymbol{S_3} = 1.33 * d_{ag}$

Siendo:

d_b: Diámetro de la barra más gruesa.

d_{ag}: Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Estribos

En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre refuerzos transversales no debe ser menor de $S_{t,min}$ (Artículo 7.6.3): $S_t \geq S_{t,min}$

Donde:

$\boldsymbol{S_{t,min}}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3.

$\boldsymbol{S_1} = 1.5 * d_{bt}$

$\boldsymbol{S_2} = 40mm$

$\boldsymbol{S_3} = 1.33 * d_{ag}$

Siendo:

$\mathbf{d_{b,t}}$: Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

$\mathbf{d_{ag}}$: Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

El espaciamiento vertical de los estribos no debe exceder $S_{t,max}$ (Artículo 7.10.5.2):

$S_t \leq S_{t,max}$

Donde:

$\boldsymbol{S_{t,max}}$: Valor mínimo de s_1, s_2, s_3.

$\boldsymbol{S_1} = 16 * d_b$

$\boldsymbol{S_2} = 48 * d_{b,t}$

$\boldsymbol{S_3} = b_{min}$

Siendo:

$\mathbf{d_b}$: Diámetro de la barra comprimida más delgada.

$\mathbf{d_{b,t}}$: Diámetro de la barra más delgada de la armadura transversal.

$\mathbf{b_{min}}$: Menor dimensión del elemento sometido a compresión.

Todas las barras no pre-esforzados deben estar confinadas por medio de estribos transversales de por lo menos diámetro No. 10, para barras longitudinales No. 32 o menores; y diámetro No. 13 como mínimo, para barras longitudinales No. 36, No. 43 y No. 57 y paquetes de barras (Artículo 7.10.5.1):

$d_b \leq No.32 \rightarrow d_{b,t} \geq No.10$

Donde:

$\mathbf{d_b}$: Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$\mathbf{d_{b,t}}$: Diámetro de la barra más delgada de la armadura transversal.

Armadura mínima y máxima (ACI 318M-11, Artículo 10.9.1)

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 $0.08 \cdot A_g$ (Artículo 10.9.1):

$$\boldsymbol{A_{gt}} \geq 0.01 * A_g$$

$$\boldsymbol{A_{gt}} \leq 0.08 * A_g$$

Donde:

$\mathbf{A_g}$: Área total de la sección de hormigón.

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):

$$\boldsymbol{b} \geq 300mm$$

Donde:

b: Dimensión menor de la sección del soporte.

La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0.4 (Artículo 21.6.1.2):

$$\frac{\boldsymbol{b}}{\boldsymbol{h}} \geq 0.04$$

Donde:

b: Dimensión menor de la sección del soporte.

h: Dimensión mayor de la sección del soporte.

Armadura longitudinal

El área de refuerzo longitudinal, A_{st}, no debe ser menor que $0.01 \cdot A_g$ ni mayor que $0.06 \cdot A_g$ (Artículo 21.6.3.1):

$$\boldsymbol{A_{gt}} \geq 0.01 * A_g$$

$$\boldsymbol{A_{gt}} \leq 0.08 * A_g$$

Donde:

$\mathbf{A_g}$: Área total de la sección de hormigón.

Armadura transversal

El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares, A_{sh}, no debe ser menor que $A_{sh,min}$ (Artículo 21.6.4.4):

En los ejes X y Y:

$A_{sh} \leq A_{sh,min}$

Donde:

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

$$\boldsymbol{A_{sh1}} = 0.3 * \frac{s * b_c * f'_c}{f_{yt}} * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)$$

$$\boldsymbol{A_{sh2}} = 0.09 * \frac{s * b_c * f'_c}{f_{yt}}$$

Siendo:

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

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.

La separación del refuerzo transversal a lo largo de l_o del elemento no debe exceder $S_{o,max}$ (Artículo 21.6.4.3):

$S_o \leq S_{o,max}$

Donde:

$\boldsymbol{S_{o,max}}$: Valor mínimo de s_{o1}, s_{o2}, s_{o3}.

$\boldsymbol{S_{o1}} = d_{min}/4$

$\boldsymbol{S_{o2}} = 6 * d_b$

$$\boldsymbol{S_{o3}} = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right) \rightarrow \begin{cases} S_{o3} \geq 100mm \\ S_{o3} \leq 150mm \end{cases}$$

Siendo:

b_{min}: Menor dimensión del elemento sometido a compresión.

d_b: Diámetro de la barra comprimida más delgada.

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.

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 los ejes X y Y:

$\boldsymbol{h_x} \leq 350mm$

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.

Criterios de diseño por sismo (NEC-14)

Requisitos para elementos en flexo-compresión (4.3.1)

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 (4.3.3)

La razón A_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.

Confinamiento (4.3.4)

El confinamiento especial en la región definida en el inciso 4.3.4.1 debe tener las siguientes características:
El área de refuerzo en forma de estribos rectangulares no puede ser menor que ninguna de las siguientes:

$$\boldsymbol{A_{sh}} = 0.3 + \left(\frac{s * b_c * f'_c}{f_{yt}}\right) * \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}}\right) - 1\right]$$

$$\boldsymbol{A_{sh}} = 0.09 * \left(\frac{s * b_c * f'_c}{f_{yt}}\right)$$

A_g, A_{ch} = área bruta y área de la conexión interior confinada, respectivamente, mm^2.

A_{sh} = área total de las varillas que forman los estribos y amarres suplementarios con separación s y perpendicular a la dimensión b_c, mm^2.

f_{yt} = esfuerzo de fluencia del acero transversal, MPa.

s = separación, centro a centro, entre estribos, mm.

b_c = distancia máxima, medida centro a centro, entre esquinas del estribo, en mm.

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.

Cortante de diseño para columnas. (ACI 318M-11)

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 (Artículo 21.6.5.1).

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.

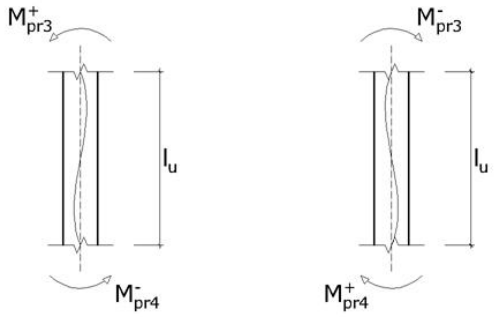

Figura 3.13 Cortante de diseño para columnas.
Fuente: Software CYPECAD.

Se debe satisfacer:

$$\boldsymbol{\phi} * \boldsymbol{V}_n \geq \boldsymbol{V}_e$$

Donde:

$\boldsymbol{\phi}$: Factor de reducción de resistencia

$\mathbf{V_n}$: Resistencia nominal a cortante.

$\mathbf{V_e}$: Fuerza cortante de diseño, obtenida como el máximo entre V_{e1}, V_{e2}.

$$\boldsymbol{V_{e1}} = \frac{M_{pr3}{}^{-} + M_{pr4}{}^{+}}{I_u}$$

$$\boldsymbol{V_{e2}} = \frac{M_{pr3}{}^{+} + M_{pr4}{}^{-}}{I_u}$$

Siendo:

$\mathbf{l_u}$: Longitud sin soporte lateral de un elemento en compresión.

$\mathbf{M_{pr}}$: 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 $1.25 \cdot f_y$.

3.3.2 Comprobación del diseño en vigas

De igual manera para las vigas, el software considera un sinnúmero de parámetros, a continuación, se explicarán los más importantes.

Disposiciones relativas a las armaduras (ACI 318M-11, Artículos 7.6 y 7.10)

Armadura longitudinal

La distancia libre entre barras paralelas de una capa no debe ser menor de $S_{i,min}$ (Artículo 7.6.1):

$S_i \geq S_{i,min}$

Donde:

$\boldsymbol{S_1} = 1.5 * d_b$

$\boldsymbol{S_2} = 25mm$

$\boldsymbol{S_3} = 1.33 * d_{ag}$

Siendo:

d_b: Diámetro de la barra más gruesa.

d_{ag}: Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Estribos

En elementos a compresión reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre refuerzos transversales no debe ser menor de $S_{t,min}$ (Artículo 7.6.3): $S_t \geq S_{t,min}$

Donde:

$\boldsymbol{S_{t,min}}$: Valor máximo de s_1, s_2, s_3.

$\boldsymbol{S_1} = 1.5 * d_{bt}$

$\boldsymbol{S_2} = 40mm$

$\boldsymbol{S_3} = 1.33 * d_{ag}$

Siendo:

$d_{b,t}$: Diámetro de la barra más gruesa de la armadura transversal.

d_{ag}: Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

El espaciamiento vertical de los estribos no debe exceder $S_{t,max}$ (Artículo 7.10.5.2):

$S_t \leq S_{t,max}$

Donde:

$\boldsymbol{S_{t,max}}$: Valor mínimo de s_1, s_2, s_3.

$\boldsymbol{S_1} = 16 * d_b$

$\boldsymbol{S_2} = 48 * d_{b,t}$

$\boldsymbol{S_3} = b_{min}$

Siendo:

d_b: Diámetro de la barra comprimida más delgada.

$d_{b,t}$: Diámetro de la barra más delgada de la armadura transversal.

b_{min}: Menor dimensión del elemento sometido a compresión.

Todas las barras no pre-esforzadas deben estar confinadas por medio de estribos transversales de por lo menos diámetro No. 10, para barras longitudinales No. 32 o menores; y diámetro No. 13 como mínimo, para barras longitudinales No. 36, No. 43 y No. 57 y paquetes de barras (Artículo 7.10.5.1):

$d_b \leq No.32 \rightarrow d_{b,t} \geq No.10$

Donde:

d_b: Diámetro de la barra comprimida más gruesa.

$d_{b,t}$: Diámetro de la barra más delgada de la armadura transversal.

Armadura mínima y máxima (ACI 318M-11, Artículos 10.5.1, 10.5.2, 10.5.3 y 10.9.1)

Flexión positiva alrededor del eje X:

El área de refuerzo longitudinal a tracción, A_s no debe ser menor que A_{smin}. Los requisitos no necesitan ser aplicados si el A_s proporcionado es al menos un tercio superior al requerido por análisis (Artículos 10.5.1 y 10.5.3):

$\boldsymbol{A_s} \geq \frac{4}{3} * A_{s,req}$

$\boldsymbol{A_{s,req}}$: Área de refuerzo longitudinal a tracción requerida por análisis.
Flexión positiva alrededor del eje X:

El área de refuerzo longitudinal a tracción, A_s no debe ser menor que A_{smin} (Artículos 10.5.1 y 10.5.3):

$$\boldsymbol{A_s} \geq A_{s,min}$$

Donde:

$$\boldsymbol{A_{s1}} = \frac{0.25 * \sqrt{f'_c}}{f_y} * b_w * d$$

$$\boldsymbol{A_{s2}} = \frac{1.4 * b_w * d}{f_y}$$

Siendo:

f'_c: Resistencia a compresión del hormigón.

f_y: Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

b_w: Ancho del alma.

d: Canto útil de la sección.

Criterios de diseño por sismo (ACI 318M-11, Artículo 21)

La luz libre del elemento no debe ser menor que cuatro veces su altura útil (Artículo 21.5.1.2).

$$\boldsymbol{l_n} \geq 4 * d$$

Donde:

$\boldsymbol{l_n}$: Luz libre del elemento

d: Altura útil.

El ancho del elemento no debe de ser menor que $b_{w,min}$ (Artículo 21.5.1.3).

$$\boldsymbol{b_w} \geq b_{w,min}$$

Donde:

$\boldsymbol{b_w}$: Ancho del elemento.

$b_{w,min}$: Valor mínimo de b_1, b_2.

Siendo:

$b_1 = 250mm$

$b_2 = 0.3*h$

Donde:

h: Altura del elemento.

El ancho del elemento no debe exceder al ancho de apoyo más una distancia a cada lado del elemento de apoyo a_{min} (Articulo 21.5.1.4).

$$\boldsymbol{b_w} \leq c_2 + a_{min}$$

Donde:

$\boldsymbol{b_w}$: Ancho del elemento.

$\mathbf{c_2}$: Ancho del elemento de apoyo.

$\boldsymbol{a_{min}}$: Valor mínimo de a_1, a_2.

$a_1 = c_2$

$a_2 = 0.75 * c_1$

Siendo:

$\mathbf{c_1}$: Dimensión total del elemento de apoyo.

En cualquier sección de un elemento a flexión, para el refuerzo tanto superior como inferior, el área de refuerzo no debe ser menor que $A_{s,min}$ (Articulo 21.5.2.1).

$$\boldsymbol{A_s} \geq A_{s,min}$$

Donde:

$\boldsymbol{A_b}$: Área de la armadura de refuerzo superior.

$$\boldsymbol{A_{min}} = \frac{1.4 * b_w * d}{f_y}$$

Siendo:

$\boldsymbol{b_w}$**:** Ancho del elemento.

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

$\boldsymbol{f_y}$**:** Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo.

En cualquier sección de un elemento a flexión, para el refuerzo tanto superior como inferior, la cuantía de refuerzo no debe exceder 0,025 (Articulo 21.5.2.1).

$$\rho \leq 0.025$$

Donde:

$\boldsymbol{\rho}$: Cuantía de refuerzo.

Al menos dos barras deben disponerse en forma continua, tanto en la parte superior como en la inferior (Articulo 21.5.2.1).

$n \geq 0.025$

Donde:

$\boldsymbol{n}$: Número de barras.

El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder de S_{max} (Articulo 21.5.3.2).

$S_o \leq S_{max}$

Donde:

$\mathbf{S_{max}}$: Valor mínimo de s_1, s_2, s_3, s_4.

$\mathbf{S_1} = \frac{d}{4}$

$\mathbf{S_2} = 8 * \Phi_{min}$

$\mathbf{S_3} = 24 * \Phi_t$

$\mathbf{S_4} = 300 \text{ mm}$

Siendo:

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

$\Phi_{\mathbf{min}}$: Diámetro de las armaduras longitudinales más pequeñas.

$\Phi_{\mathbf{t}}$: Diámetro de la barra del estribo.

La resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que la mitad de la resistencia a momento negativo proporcionada en esa misma cara del nudo (Articulo 21.5.2.2).

$\Phi * M_{n,pos} \geq \frac{1}{4} * \Phi * M_{n,aneg}$

Donde:

$\Phi * \mathbf{M_{n,pos}}$**:** Resistencia a momento positivo.

$\Phi * \mathbf{M_{n,aneg}}$**:** Resistencia a momento negativo en la cara de cualquier de los nudos.

Criterios de diseño por sismo (NEC-14)

Requisitos para elementos en flexo-compresión (4.2.1)

Los requisitos de este artículo se aplican a vigas y otros elementos de pórticos a flexión que presenten las siguientes características:

(a) Sean parte de sistemas resistentes a cargas sísmicas.

(b) Resistan esas fuerzas fundamentalmente por flexión.

(c) Las fuerzas axiales a que estén sujetos no excedan de $0.10 \cdot f'_c \cdot A_g$ en niguna combinación de cargas en que participen las cargas sísmicas.

(d) La luz libre sea mayor que cuatro veces la altura útil de la sección transversal.

(e) El ancho mínimo b sea 250 mm.

Razón de refuerzo máximo (4.2.4)

El valor de $r - r'$ debe ser tal que propicie una falla en flexión controlada por tracción. Este valor no puede exceder de 0.025. Tanto el refuerzo superior como el inferior deben estar formados por un mínimo de dos varillas

Refuerzo longitudinal mínimo en elementos sometidos a flexión (4.2.5)

En toda sección de un elemento a flexión en que se requiera acero a tracción, el valor de $A_{s,min}$ no debe ser inferior al mayor de los siguientes valores:

$$\frac{1.4}{f_y} * b_w * d, mm^2$$

$$\frac{\sqrt{f'_c}}{4 * f_y} * b_w * d, mm^2$$

Estos requisitos no son necesarios si el refuerzo colocado a lo largo del elemento en cada sección es al menos un tercio mayor al requerido por el análisis.

Capacidad de momento (4.2.6)

La capacidad del momento positivo, en cada uno de los extremos del elemento, no debe ser inferior a la mitad de la capacidad del momento negativo en ese extremo. Las capacidades de momentos positivos o negativos, en cualquier sección del elemento, no

deben ser inferiores a un 25% de la mayor capacidad de momento del elemento en la cara de cualquiera de los dos nudos.

Estribos de confinamiento (4.2.8)

En las regiones de confinamiento definidas en el inciso 4.2.7.2 el espaciamiento máximo de los estribos no debe ser mayor que el menor de d/4, 6 veces el diámetro menor del refuerzo longitudinal o 200 mm.

Cortante de diseño para vigas (ACI 318M-11)

La fuerza cortante de diseño, V_e, se debe determinar a partir de las fuerzas estáticas en la parte del elemento comprendida entre las caras del nudo. Se debe suponer que en las caras de los nudos localizadas entre los extremos del elemento actúan momentos de signo opuesto correspondientes a la resistencia probable, M_{pr}, y que el elemento está además cargado con cargas aferentes gravitacionales mayoradas a lo largo de la luz (Artículo 21.5.4.1).

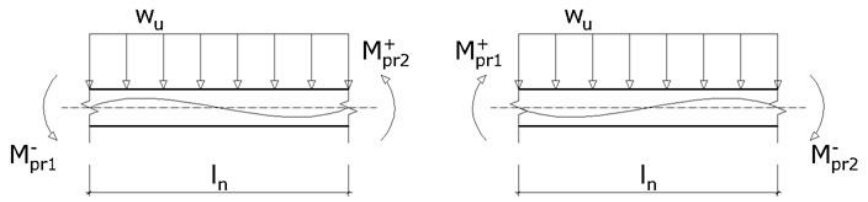

Figura 3.14 Cortante de diseño para vigas.
Fuente: Software CYPECAD.

Se debe satisfacer:

$\Phi * V_n \geq V_c$

Donde:

f: Factor de reducción de resistencia.

$\mathbf{V_n}$: Resistencia nominal a cortante.

$\mathbf{V_e}$: Fuerza cortante de diseño, obtenida como el máximo entre V_{e1}, V_{e2}.

$$V_{e1} = \frac{W_u * l_n}{2} + \frac{M_{pr1^-} + M_{pr2^+}}{I_n}$$

$$V_{e2} = \frac{W_u * l_n}{2} + \frac{M_{pr1^+} + M_{pr2^-}}{I_n}$$

Siendo:

w_u: Carga mayorada por unidad de longitud de viga.

l_n: Luz libre medida entre caras de los apoyos.

M_{pr}: 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 $1.25 \cdot f_y$.

3.4 Depuración e interpretación de los resultados obtenidos de la modelación

De los diferentes modelos en 3D presentados con anterioridad, se presenta las características individuales de los miembros estructurales que conforman el Hospital Básico Misereor.

Tabla 3.1 Columnas tipo.

COLUMNAS							
Tipo	**Material**	**Geometría (cm)**	**Armado longitudinal (mm)**			**Armado transversal (mm)**	
			Esquinas	**Eje X**	**Eje Y**	**Zonas de confinamiento**	**Zonas central**
C1	HA	35X35	4Ø20	2Ø12	2Ø12	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 15cm
C2	HA	D=35	8Ø20			1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 15cm
C3	HA	30X30	4Ø20	---	---	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 15cm
C4	HA	30X30	4Ø16	2Ø12	2Ø12	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 10cm
C5	HA	30X30	4Ø14	2Ø14	---	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
C6	HA	25X25	4Ø20	---	---	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
C7	HA	25X25	4Ø18	2Ø18	---	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 12cm
C8	HA	25X25	4Ø16	2Ø12	2Ø12	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 12cm
C9	HA	25X25	4Ø14	2Ø12	---	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 20cm

C10	HA	25X25	4Ø12	2Ø12	---	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
C11	HA	20X20	4Ø12	---	---	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
C12	HA	20X20	4Ø16	---	---	1Ø10 @ 20cm	1Ø10 @ 20cm

Tabla 3.2 Vigas tipo.

VIGAS						
Tipo	**Material**	**Geometría (cm)**	**Armado longitudinal (mm)**		**Armado transversal (mm)**	
			Superior	**Inferior**	**Zonas de confinamiento**	**Zonas central**
V1	HA	35x45	5Ø20	5Ø20	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 15cm
V2	HA	35X30	5Ø20	5Ø20	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V3	HA	30x45	3Ø14	3Ø14	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 15cm
V4	HA	30x40	2Ø20+1Ø16	3Ø20	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V5	HA	30x30	2Ø18+1Ø14	2Ø18+1Ø14	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V6	HA	30x30	3Ø16+1Ø14	2Ø16+1Ø14	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V7	HA	30x30	3Ø14+1Ø12	4Ø14	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V8	HA	30x20	2Ø14+1Ø12	3Ø14	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V9	HA	25x40	2Ø20	2Ø20+1Ø16	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V10	HA	25x40	2Ø18+1Ø16	3Ø18	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V11	HA	25x35	2Ø18+1Ø12	2Ø18+1Ø14	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V12	HA	25x30	4Ø18+1Ø14	4Ø18+1Ø14	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V13	HA	25x30	2Ø16+1Ø12	3Ø16	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm

V14	HA	25x25	3Ø14	3Ø14	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 20cm
V15	HA	25x20	2Ø14	3Ø14	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V16	HA	25x20	2Ø14	2Ø14+1Ø12	1Ø10 @ 10cm	1Ø10 @ 20cm
V17	HA	25x20	3Ø12	4Ø12	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V18	HA	20x30	2Ø16	3Ø16	1Ø10 @ 18cm	1Ø10 @ 18cm
V19	HA	20x30	2Ø16	3Ø16	1Ø10 @ 20cm	1Ø10 @ 20cm
V20	HA	20x30	2Ø14+1Ø12	3Ø14	1Ø10 @ 15cm	1Ø10 @ 15cm
V21	HA	20x25	3Ø12	4Ø12	1Ø10 @ 18cm	1Ø10 @ 18cm
V22	HA	20x25	3Ø12	4Ø12	1Ø10 @ 20cm	1Ø10 @ 20cm
V23	HA	20x20	3Ø12	3Ø12	1Ø10 @ 18cm	1Ø10 @ 18cm

Los diferentes bloques del hospital, constan con los siguientes elementos estructurales:

Tabla 3.3 Conformación estructural del Hospital Básico Misereor, columnas.

Bloque	**Tipo de columna**											
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
HOSPITALIZACIÓN MUJERES												X
HOSPITALIZACIÓN NIÑOS												X
HOSPITALIZACIÓN VARONES												X
EMERGENCIA					x						x	
MATERNIDAD	x	x	x									
QUIRÓFANO					x					x		
COCINA Y RESIDENCIA					x		x					
ODONTOLOGÍA Y BODEGA				x				x				
LABORATORIO									x			
CONSULTORIOS								x				
ADMINISTRACIÓN					x	x						

Tabla 3.4 Conformación estructural Hospital Básico Misereor, vigas.

Bloque	Tipo de viga																						
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23
HOSPITALIZACIÓN MUJERES																			x			x	
HOSPITALIZACIÓN NIÑOS																			x			x	
HOSPITALIZACIÓN VARONES																			x			x	
EMERGENCIA																		x			x		x
MATERNIDAD	x	x	x																				
QUIRÓFANO					x					x		x	x		x					x			
COCINA Y RESIDENCIA				x		x			x		x												
ODONTOLOGÍA Y BODEGA								x						x		x							
LABORATORIO														x		x							
CONSULTORIOS																	x						
ADMINISTRACIÓN							x	x	x														

3.5 Generación de gráficos explicativos

Posterior al cálculo de los diferentes bloques del Hospital Básico Misereor en el software CYPECAD, se procedió a la obtención de los Estados Límites Últimos (E.L.U.), en los cuales se presenta para cada elemento estructural las diferentes comprobaciones realizadas por el software.

De estos resultados se generaron los siguientes gráficos, que de forma resumida muestran el estado de cada bloque y del hospital en general.

3.5.1 Comprobaciones de Estados Límites Últimos, columnas

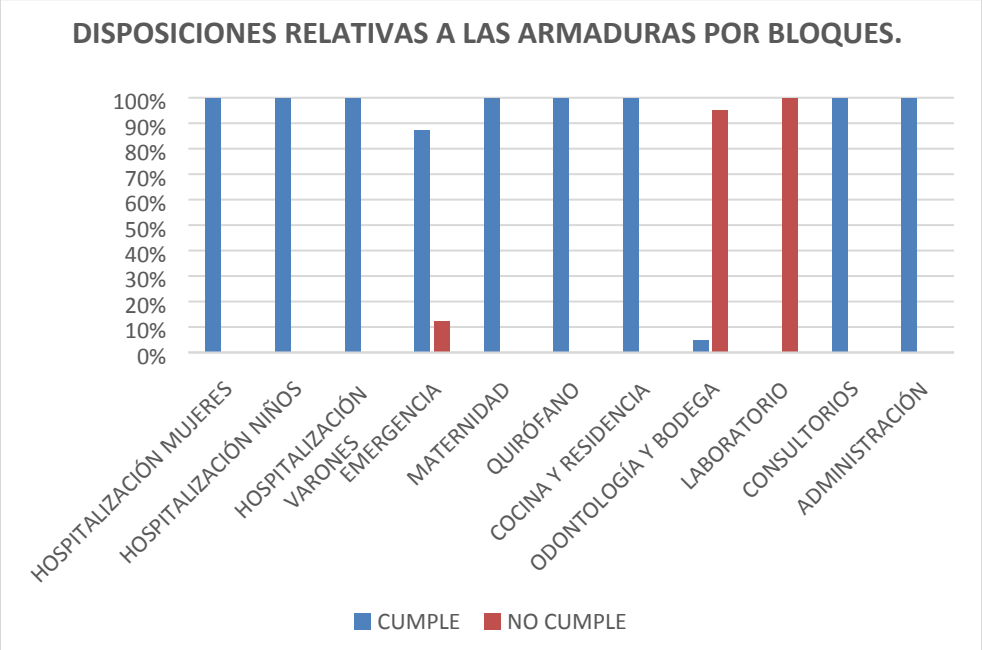

Figura 3.15 Disposiciones relativas a las armaduras, bloques del Hospital Básico Misereor.

Figura 3.16 Disposiciones relativas a las armaduras, Hospital Básico Misereor.

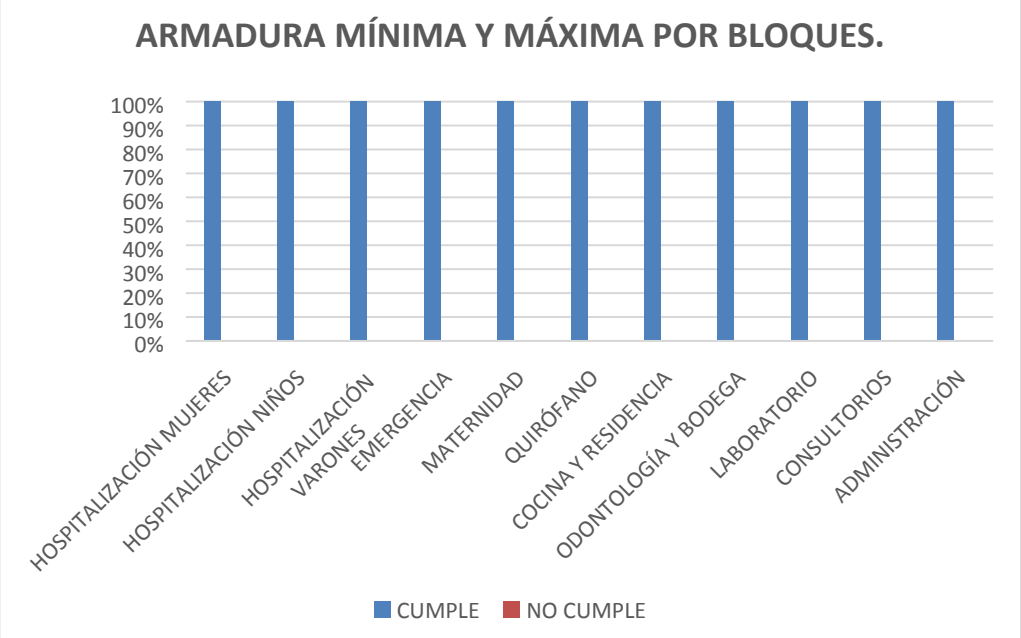

Figura 3.17 Armadura máxima y mínima, bloques del Hospital Básico Misereor.

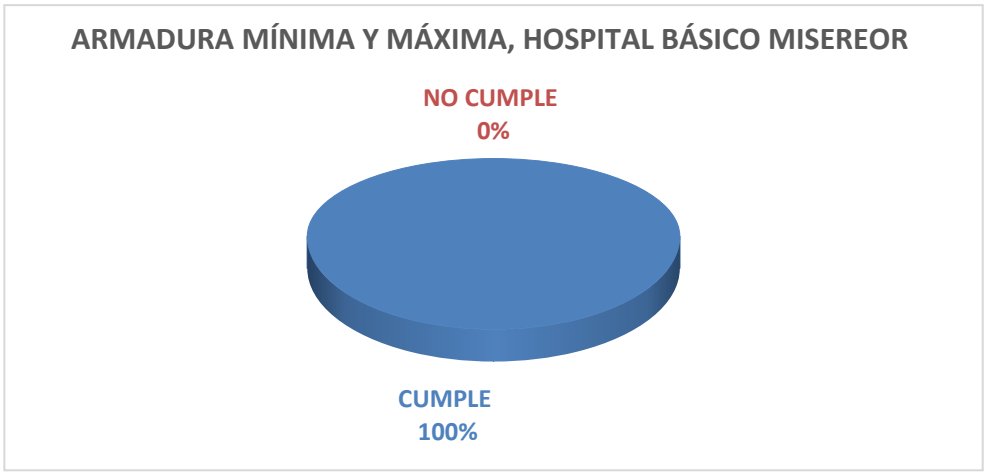

Figura 3.18 Armadura máxima y mínima, Hospital Básico Misereor.

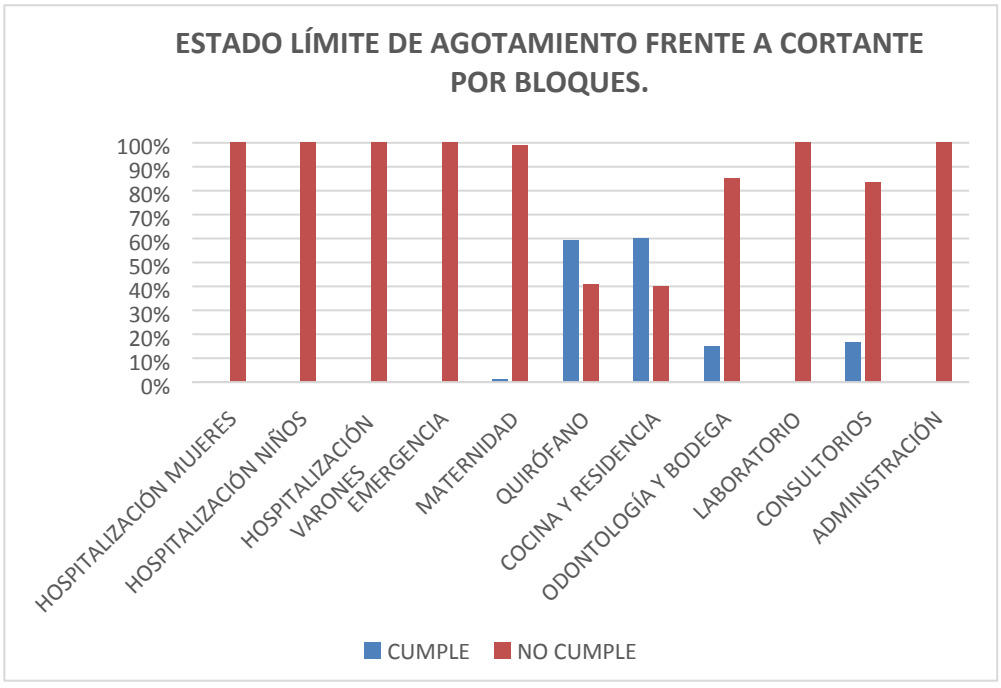

Figura 3.19 Estado límite de agotamiento frente a cortante, bloques Hospital Básico Misereor.

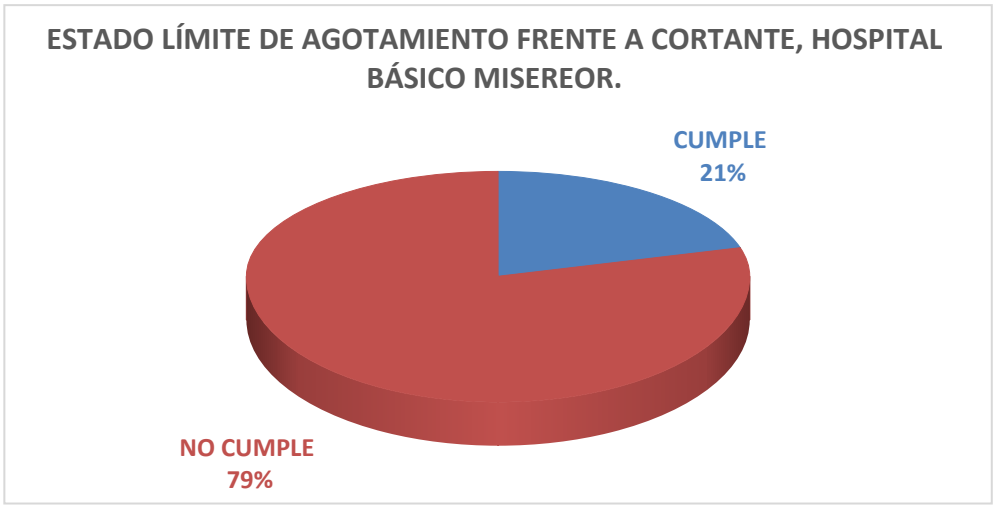

Figura 3.20 Estado límite de agotamiento frente a cortante, Hospital Básico Misereor.

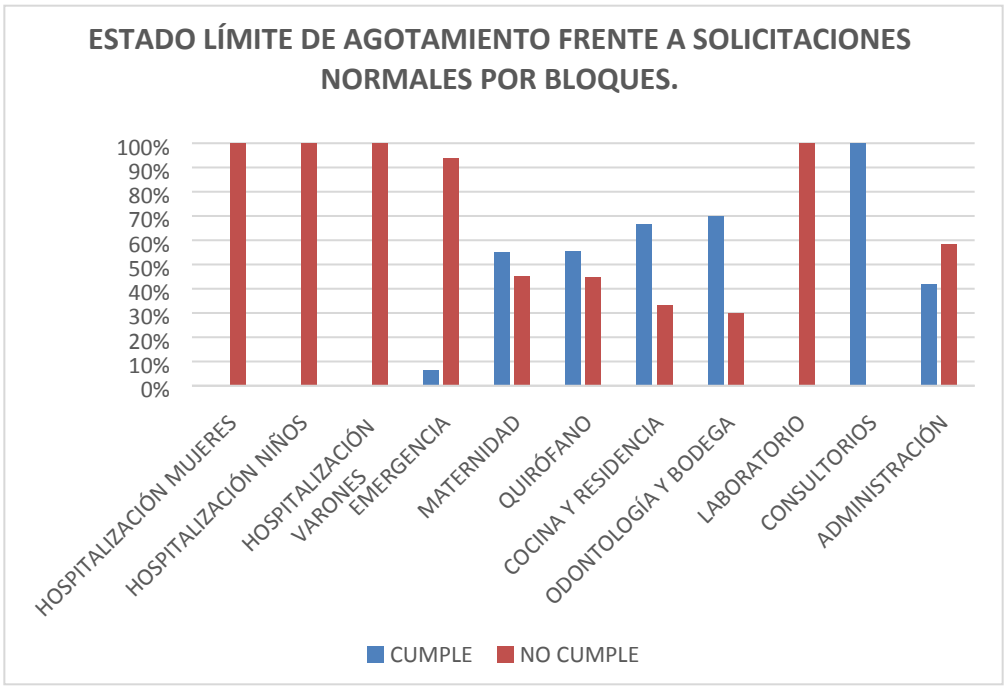

Figura 3.21 Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales, bloques Hospital Básico Misereor.

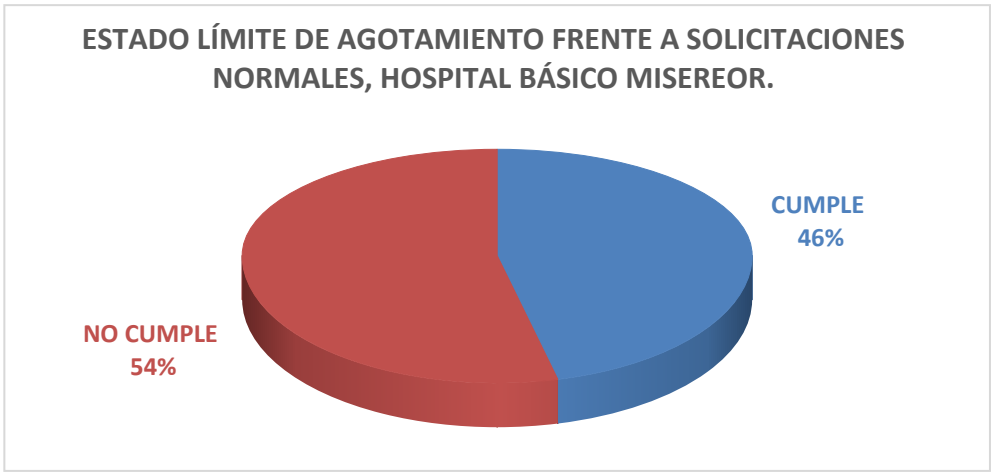

Figura 3.22 Estado Límite de agotamiento frente a solicitaciones normales, Hospital Básico Misereor.

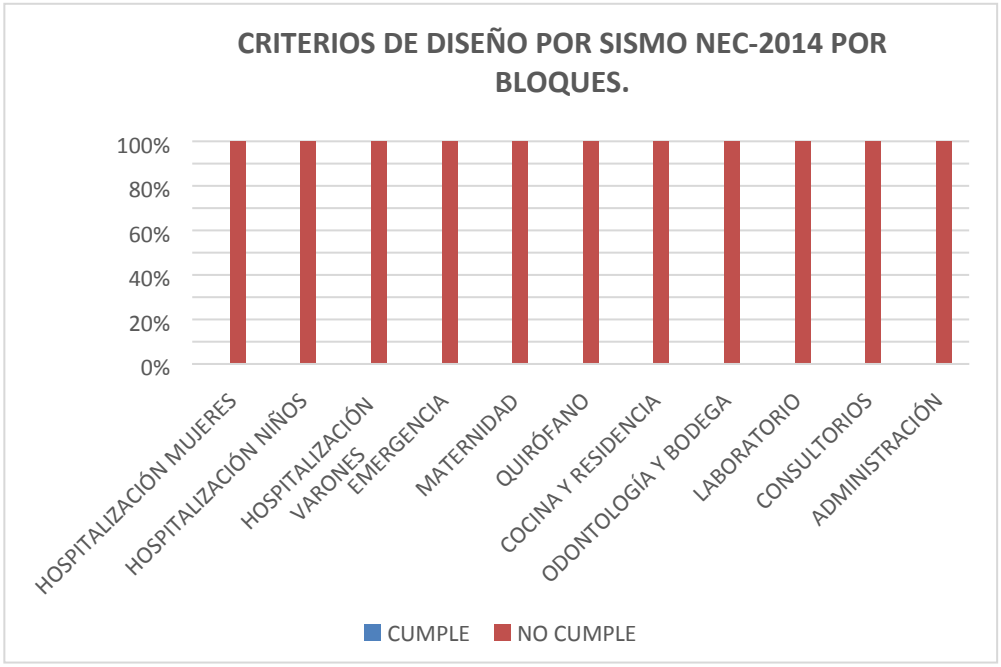

Figura 3.23 Criterios de diseño por sismo NEC-2014, bloques Hospital Básico Misereor.

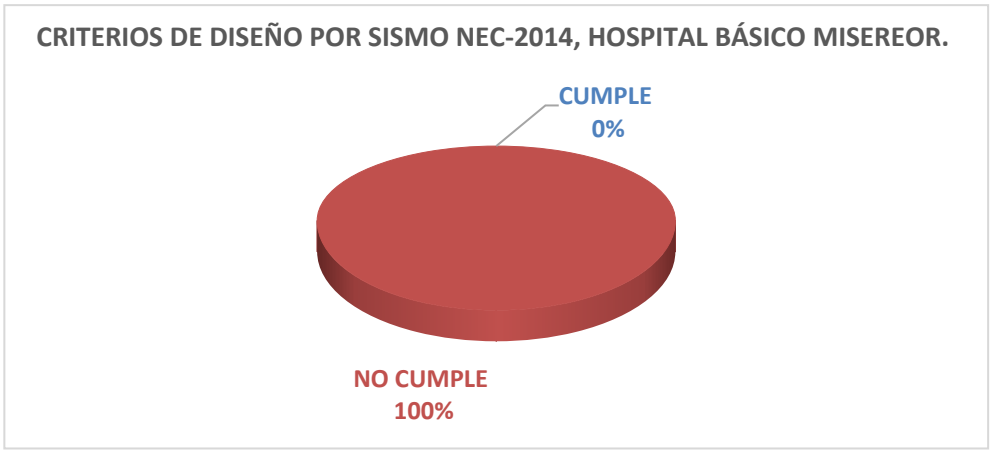

Figura 3.24 Criterios de diseño por sismo NEC-2014, Hospital Básico Misereor.

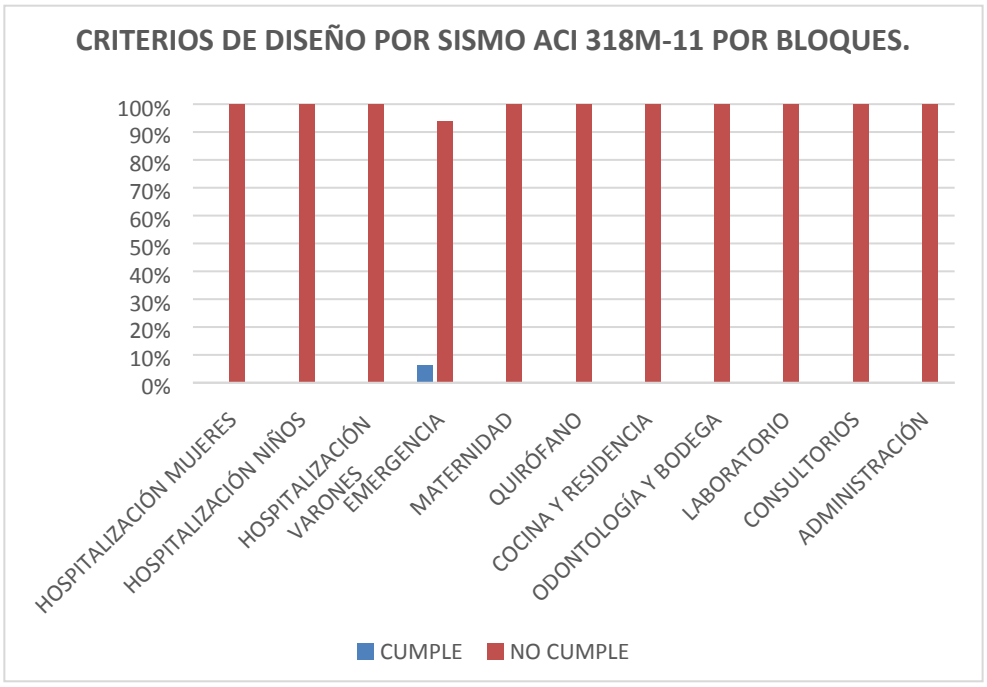

Figura 3.25 Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11, bloques Hospital Básico Misereor.

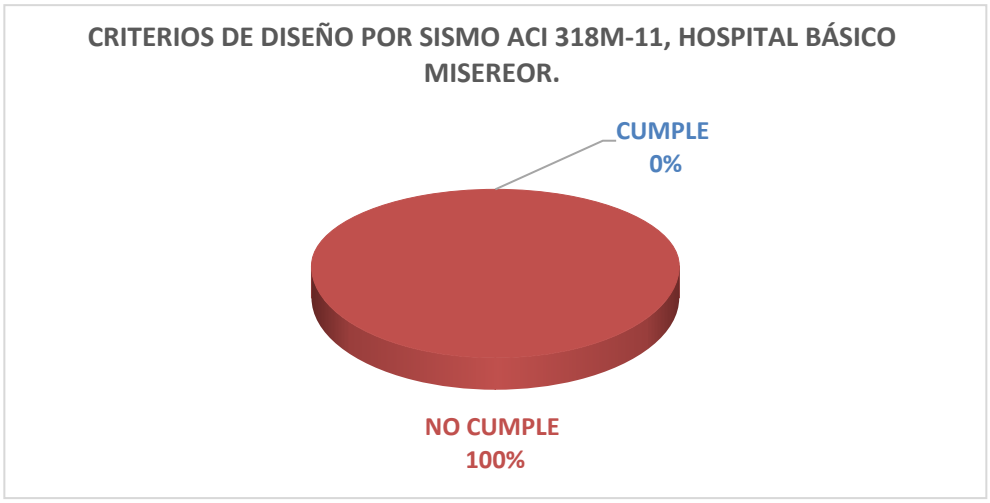

Figura 3.26 Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11, Hospital Básico Misereor.

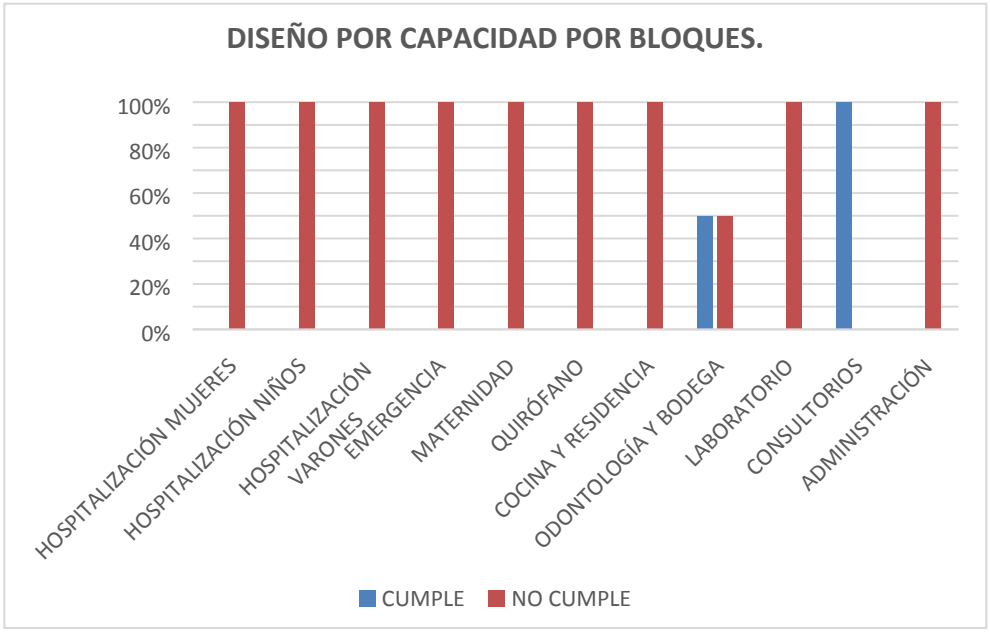

Figura 3.27 Diseño por capacidad, bloques Hospital Básico Misereor.

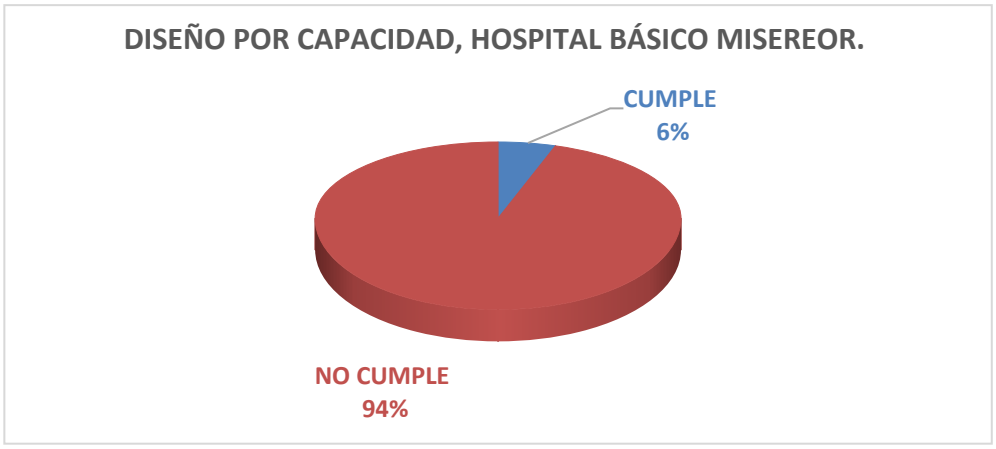

Figura 3.28 Diseño por capacidad, Hospital Básico Misereor.

3.5.2 Comprobaciones de Estados Límites Últimos, vigas.

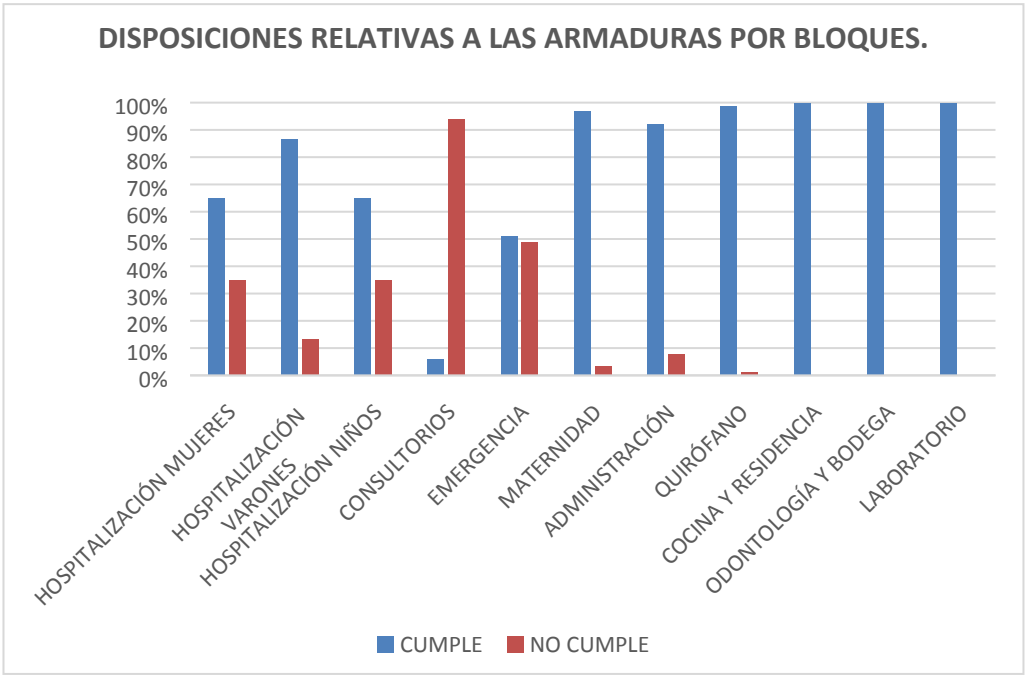

Figura 3.29 Disposiciones relativas a las armaduras, bloques Hospital Básico Misereor.

Figura 3.30 Disposiciones relativas, Hospital Básico Misereor.

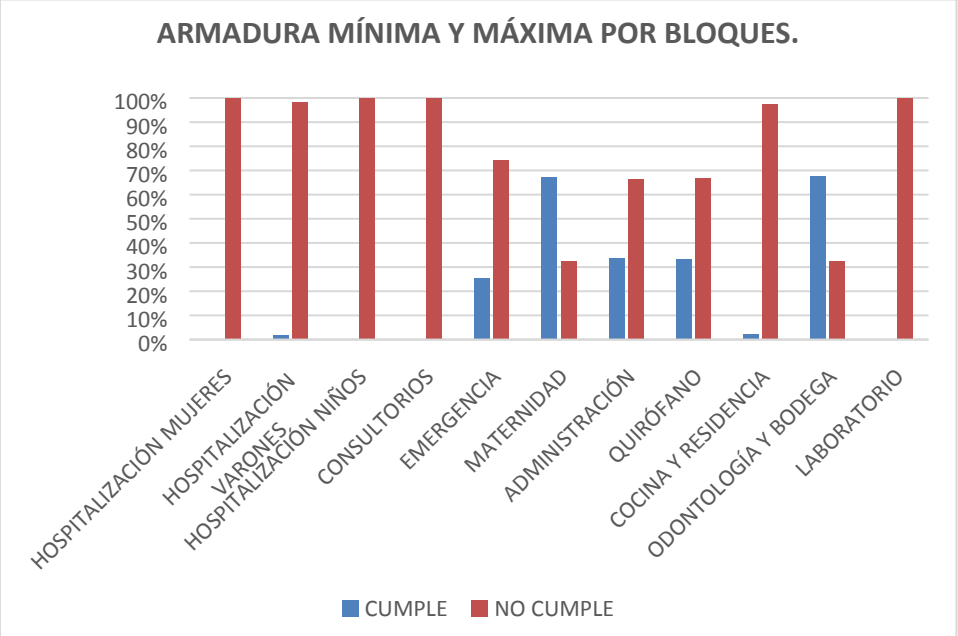

Figura 3.31 Armadura mínima y máxima, bloques Hospital Básico Misereor.

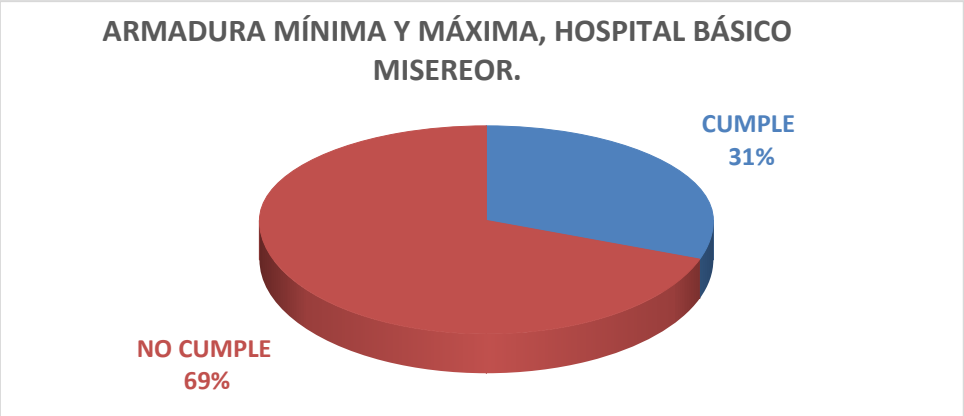

Figura 3.32 Armadura mínima y máxima, Hospital Básico Misereor.

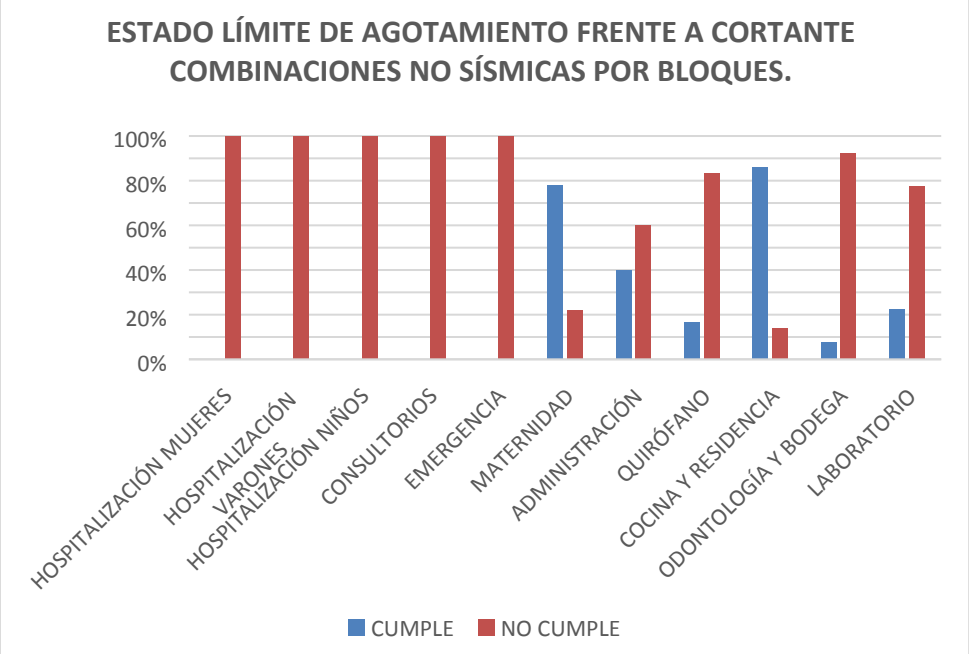

Figura 3.33 Estado Límite de agotamiento frente a cortante combinaciones no sísmicas, bloques Hospital Básico Misereor.

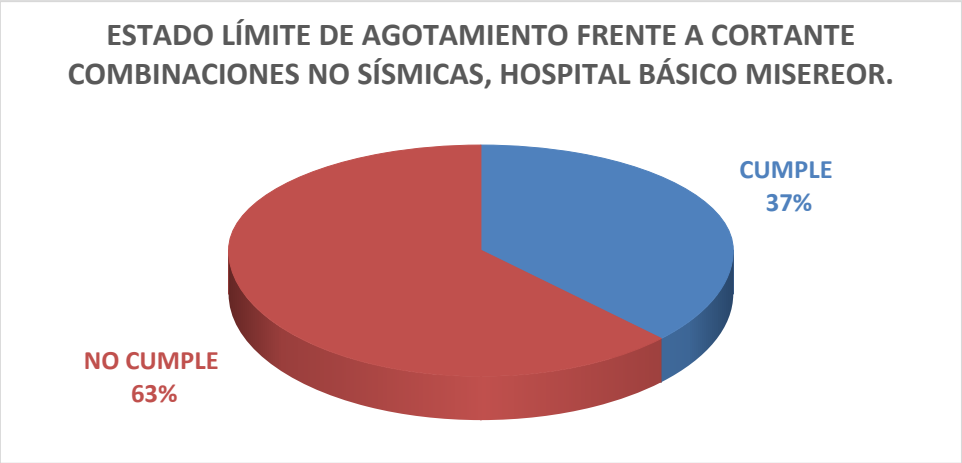

Figura 3.34 Estado Límite de agotamiento frente a cortante combinaciones no sísmicas, Hospital Básico Misereor.

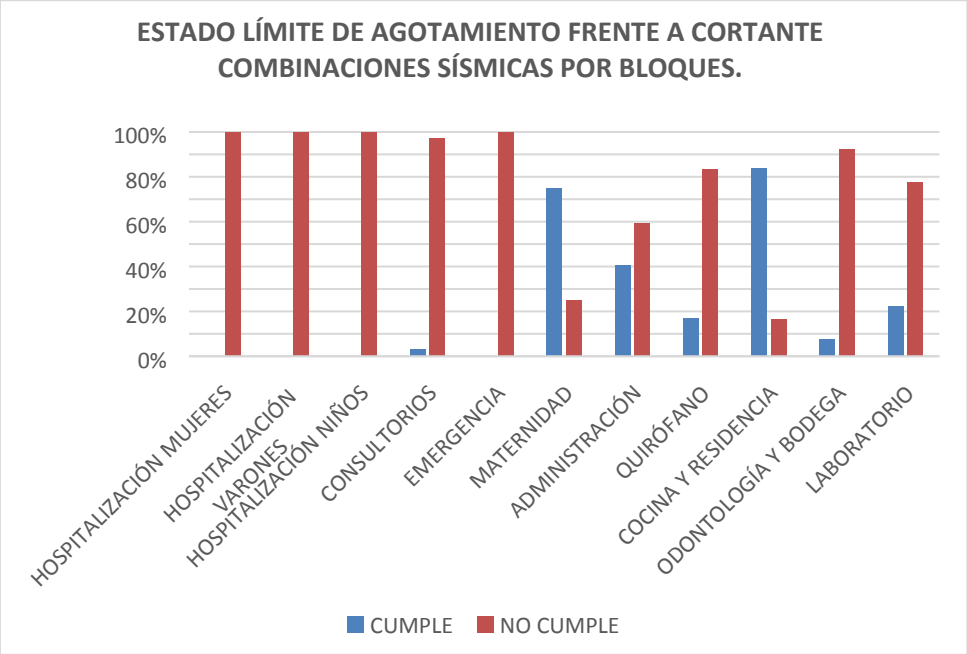

Figura 3.35 Estado límite de agotamiento frente a cortante combinaciones sísmicas, bloques Hospital Básico Misereor.

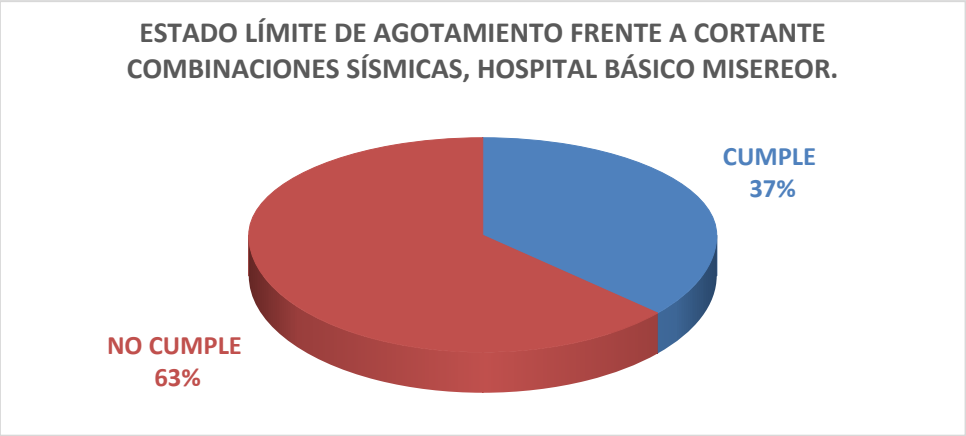

Figura 3.36 Estado límite de agotamiento frente a cortante combinaciones sísmicas, Hospital Básico Misereor.

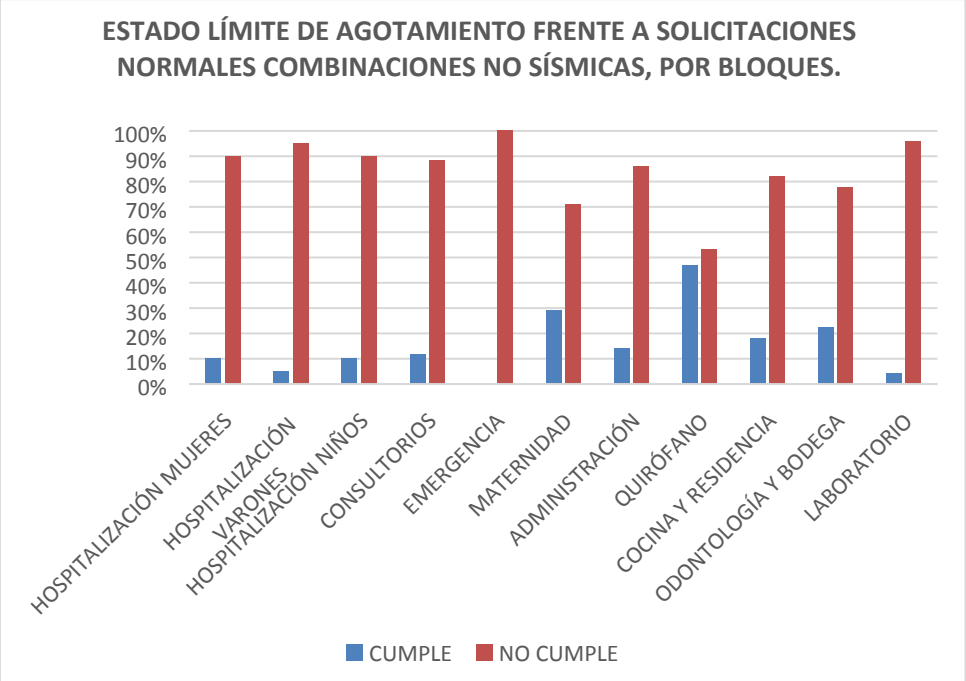

Figura 3.37 Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales combinaciones no sísmicas, bloques Hospital Básico Misereor.

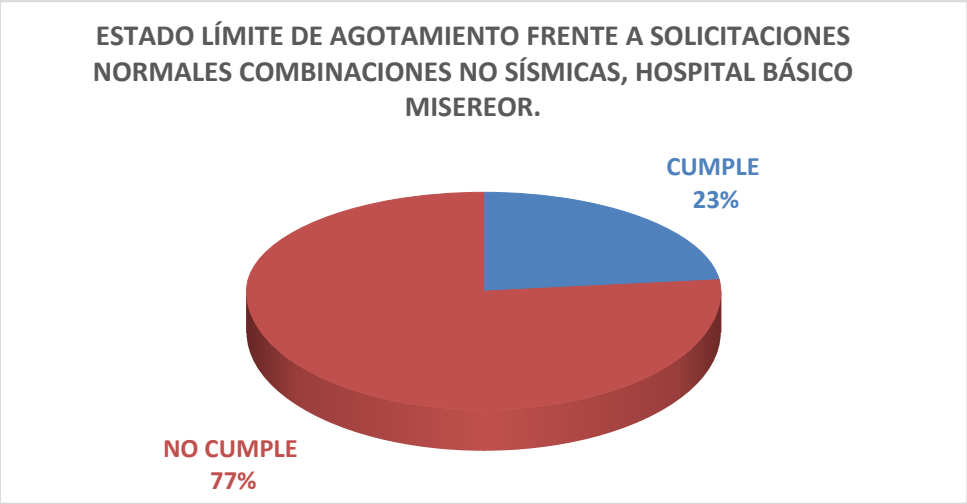

Figura 3.38 Estado Límite de agotamiento frente a solicitaciones normales combinaciones no sísmicas, Hospital Básico Misereor.

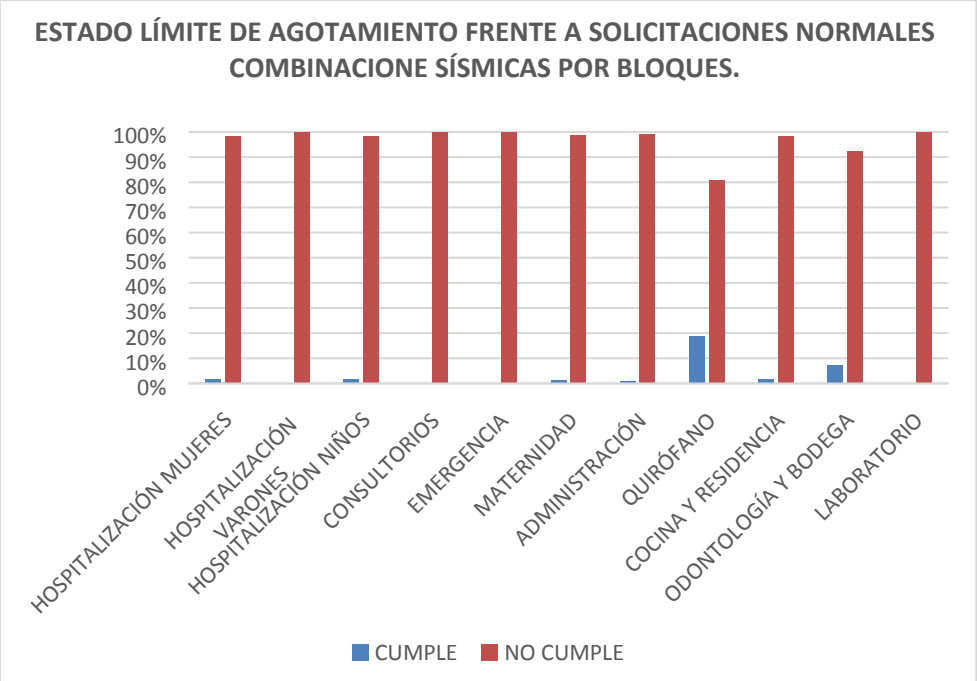

Figura 3.39 Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales combinaciones sísmicas, bloques Hospital Básico Misereor.

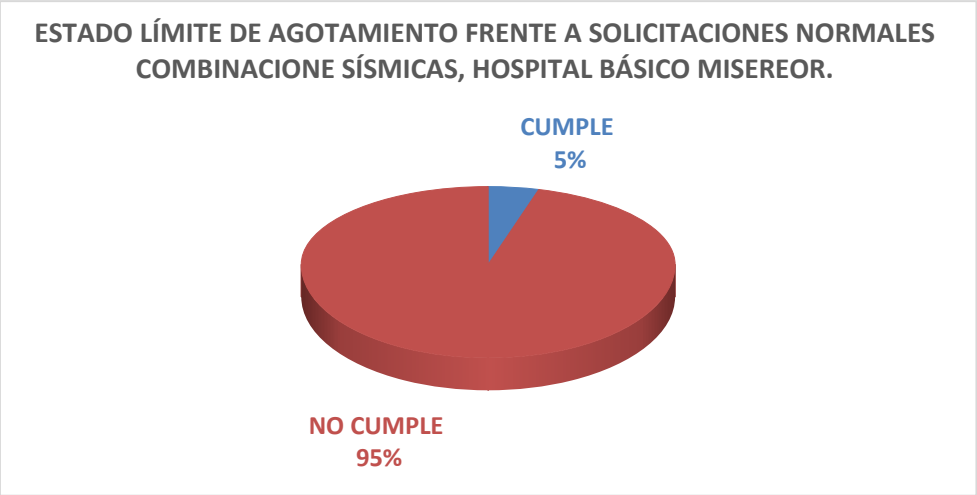

Figura 3.40 estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales combinaciones sísmicas, Hospital Básico Misereor.

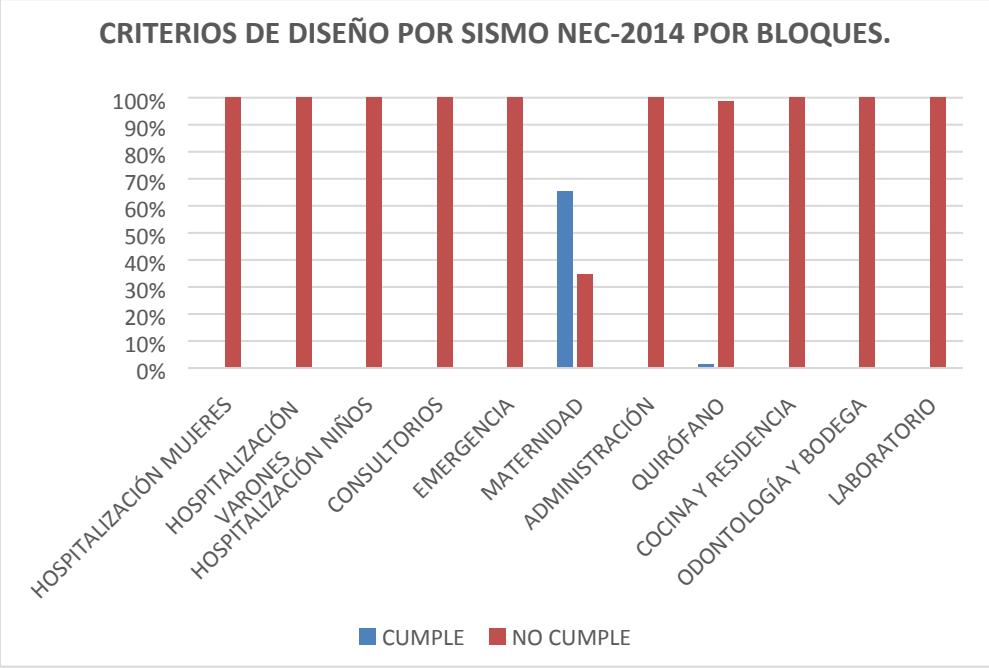

Figura 3.41 Criterios de diseño por sismo NEC-2014, bloques Hospital Básico Misereor.

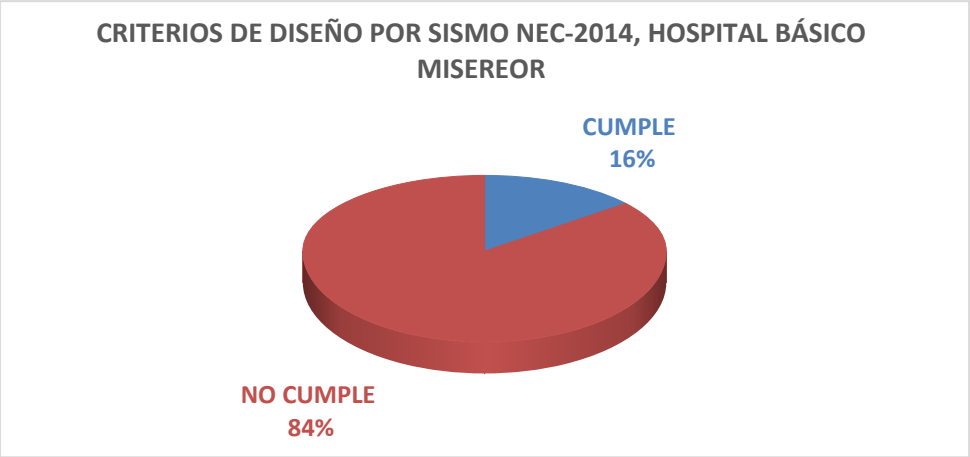

Figura 3.42 Criterios de diseño por sismo NEC-2014, Hospital Básico Misereor.

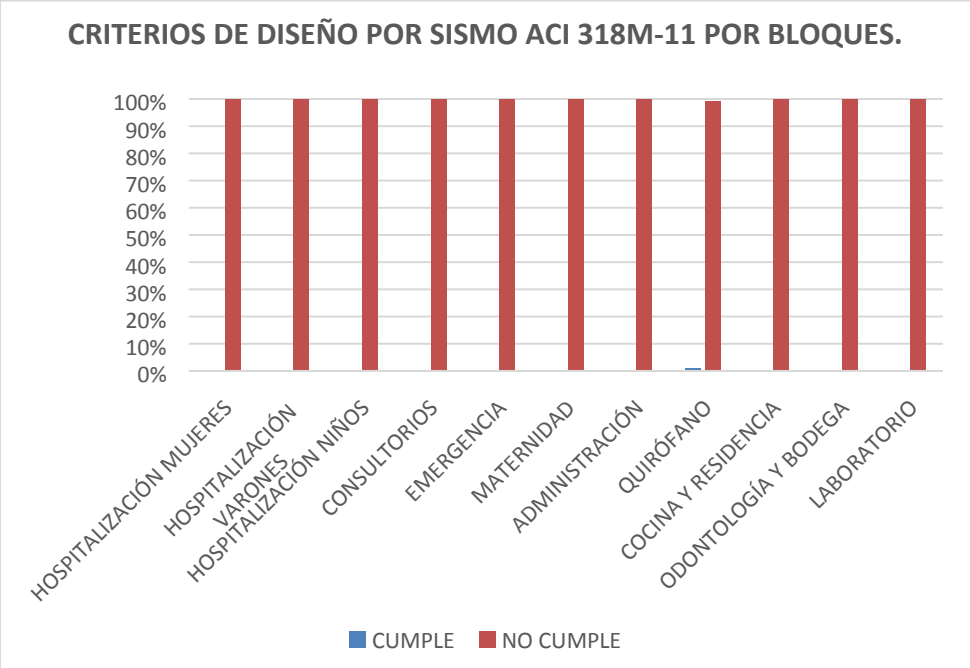

Figura 3.43 Criterios de diseño por sísmico ACI 318M-11, bloques Hospital Básico Misereor.

Figura 3.44 Criterios de diseño por sismo ACI 318M-11, Hospital Básico Misereor.

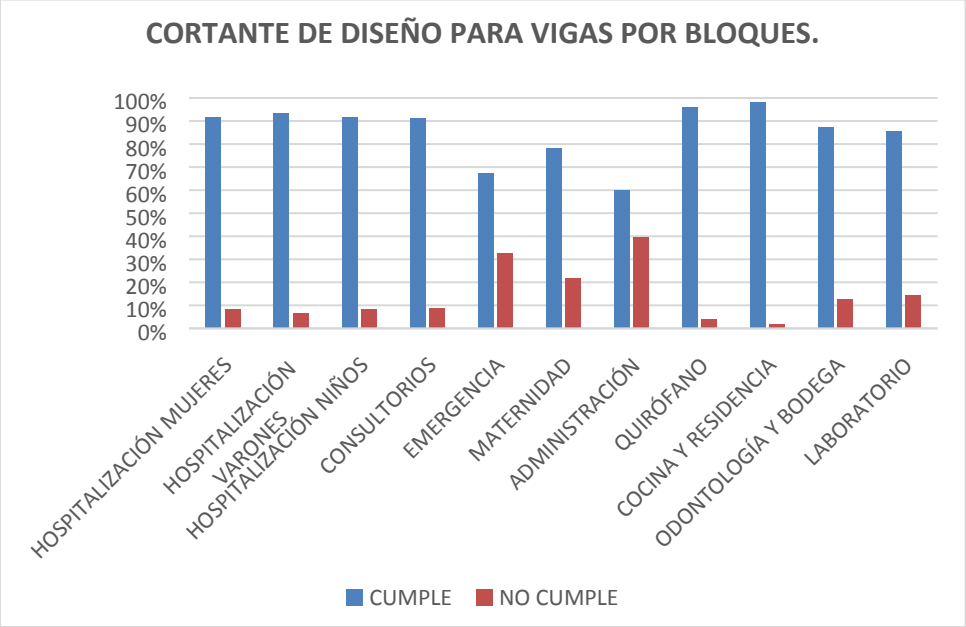

Figura 3.45 Cortante de diseño para vigas, bloques Hospital Básico Misereor.

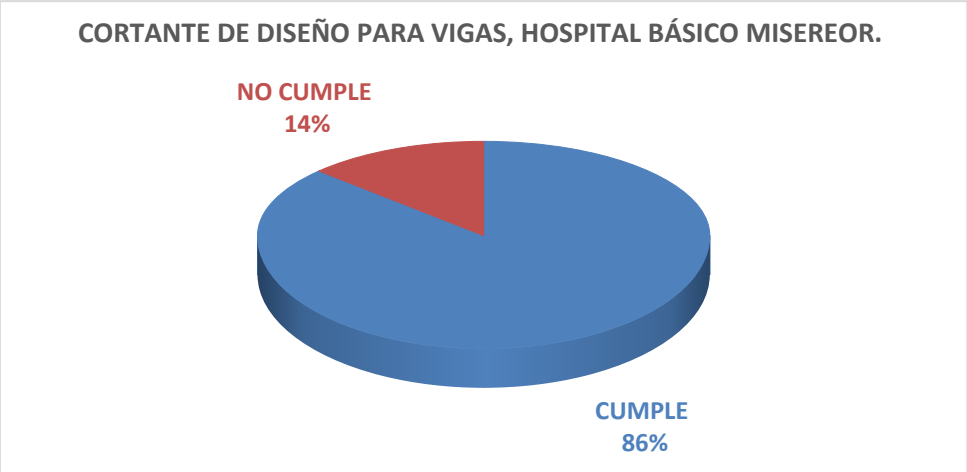

Figura 3.46 Cortante de diseño para vigas, Hospital Básico Misereor.

3.5.3 Comprobaciones de flechas y derivas en losas.

Los resultados de la evaluación de flechas en las diferentes losas que conforman la entidad hospitalaria son los siguientes:

Tabla 3.5 Evaluación de flechas en losas.

Evaluación de flechas en losas										
Flecha máxima NEC-2014		**L/480**								
Bloque	**Nivel**	**Planta**	**Luz vano (cm)**	**Luz volado (cm)**	**Flecha secante (cm)**	**Flecha tangente (cm)**	**Flecha máxima secante (cm)**	**Flecha máxima tangente (cm)**	**Estado de flecha secante**	**Estado de flecha tangente**
Administración	N+6,00	Baja	555.0	81.0	0.170	0.007	1.156	0.169	Cumple	Cumple
	N+9,00	1era alta	555.0	126.0	-0.696	0.009	1.156	0.263	Cumple	Cumple
	N+12,00	Techo	---	115.0	---	-0.005	---	0.240	---	Cumple
Cocina y residencia	N+2,7	Baja	331.00	---	-0.169	---	0.690	---	Cumple	---
	N+6,00	1era alta	495.0	---	0.125	---	1.031	---	Cumple	---
	N+9,00	2da alta	500.0	96.0	0.336	0.014	1.042	0.200	Cumple	Cumple
	N+11,90	Techo	---	100.0	CUMPLE	-0.002	---	0.208	---	Cumple
Laboratorio	N+6,16	Baja	422.0	90.0	0.073	0.002	0.879	0.188	Cumple	Cumple
	N+9,16	Techo	422.0	168.0	0.167	0.081	0.879	0.350	Cumple	Cumple
Odontología y bodega	N+2,7	Baja	507.0	---	0.172	---	1.056	---	Cumple	---
	N+5,8	1era alta	502.0	---	0.289	---	1.046	---	Cumple	---

	N+8,05	Techo	509.0	---	0.346	---	1.060	---	Cumple	---
Quirófano y lavandería	N+3,00	Baja	388.0	---	0.055	---	0.808	---	Cumple	---
	N+6,00	1era alta	606.0	100.0	0.301	0.011	1.263	0.208	Cumple	Cumple
	N+9,10	Techo	---	104.0	---	-0.001	---	0.217	---	Cumple
Maternidad	N+2,7	Baja	534.0	---	0.185	---	1.113	---	Cumple	---
	N+6,00	1era alta	531.0	273.0	0.296	0.392	1.106	0.569	Cumple	Cumple
	N+9,00	2da alta	538.0	196.0	0.430	0.380	1.121	0.408	Cumple	Cumple
	N+11,90	Techo	---	518.0	---	-2.613	---	1.079	---	No cumple
Hospitalización mujeres	N+6,16	Baja	685.0	---	0.591	---	1.427	---	Cumple	---
	N+9,16	Techo	---	679.0	---	-1.043	---	1.415	---	Cumple
Hospitalización niños	N+6,16	Baja	688.0	---	0.598	---	1.433	---	Cumple	---
	N+9,16	Techo	---	766.0	---	-0.544	---	1.596	---	Cumple
Hospitalización varones	N+6,16	Baja	681.0	---	0.647	---	1.419	---	Cumple	---
	N+9,16	Techo	---	386.0	---	-0.122	---	0.804	---	Cumple
Emergencia	N+6,00	Baja	458.0	---	0.761	---	0.954	---	Cumple	---
	N+9,00	1era alta	458.0	---	0.838	---	0.954	---	Cumple	---
	N+12,00	Techo	---	386.0	---	-0.784	---	0.804	---	Cumple
Consultorios	N+6,16	Baja	394.0	---	0.152	---	0.821	---	Cumple	---
	N+9,16	Techo	380.0	---	0.171	---	0.792	---	Cumple	---

En cuanto a los resultados de la evaluación de derivas de piso son los siguientes:

Tabla 3.6 Evaluación de derivas de piso.

EVALUACIÓN DE DERIVAS DE PISO										
Deriva máxima NEC 2014		**1/50**								
Bloque	**Nivel**	**Planta**	**Deriva local dirección X**	**Deriva local dirección Y**	**Estado local dirección X**	**Estado local dirección Y**	**Deriva general dirección X**	**Deriva general dirección Y**	**Estado general dirección X**	**Estado general dirección Y**
Administración	N+6,00	Baja	1/233	1/150	Cumple	Cumple	1/64	1/39	Cumple	No cumple
	N+9,00	1era alta	1/68	1/42	Cumple	No cumple				
	N+12,00	Techo	1/45	1/28	No cumple	No cumple				
Cocina y residencia	N+2,7	Baja	1/711	1/193	Cumple	Cumple	1/86	1/54	Cumple	Cumple
	N+6,00	1era alta	1/135	1/57	Cumple	Cumple				
	N+9,00	2da alta	1/99	1/51	Cumple	Cumple				
	N+11,90	Techo	1/61	1/34	Cumple	No cumple				
Laboratorio	N+6,16	Baja	1/139	1/222	Cumple	Cumple	1/45	1/66	No cumple	Cumple
	N+9,16	Techo	1/34	1/50	No cumple	Cumple				
Odontología y bodega	N+2,7	Baja	1/130	1/184	Cumple	Cumple	1/49	1/64	No cumple	Cumple
	N+5,8	1era alta	1/44	1/59	No cumple	Cumple				
	N+8,05	Techo	1/39	1/51	No cumple	Cumple				
Quirófano y	N+3,00	Baja	1/844	1/540	Cumple	Cumple	1/62	1/53	Cumple	Cumple

lavandería	N+6,00	1era alta	1/135	1/81	Cumple	Cumple				
	N+9,10	Techo	1/48	1/43	No cumple	No cumple				
Maternidad	N+2,7	Baja	1/711	1/193	Cumple	Cumple	1/86	1/54	Cumple	Cumple
	N+6,00	1era alta	1/135	1/57	Cumple	Cumple				
	N+9,00	2da alta	1/99	1/51	Cumple	Cumple				
	N+11,90	Techo	1/61	1/34	Cumple	No cumple				
Hospitalización mujeres	N+6,16	Baja	1/139	1/222	Cumple	Cumple	1/45	1/66	No cumple	Cumple
	N+9,16	Techo	1/34	1/50	No cumple	Cumple				
Hospitalización niños	N+6,16	Baja	1/139	1/222	Cumple	Cumple	1/45	1/66	No cumple	Cumple
	N+9,16	Techo	1/34	1/50	No cumple	Cumple				
Hospitalización varones	N+6,16	Baja	1/139	1/222	Cumple	Cumple	1/45	1/66	No cumple	Cumple
	N+9,16	Techo	1/34	1/50	No cumple	Cumple				
Emergencia	N+6,00	Baja	1/233	1/150	Cumple	Cumple	1/64	1/39	Cumple	No cumple
	N+9,00	1era alta	1/68	1/42	Cumple	No cumple				
	N+12,00	Techo	1/45	1/28	No cumple	No cumple				
Consultorios	N+6,16	Baja	1/139	1/222	Cumple	Cumple	1/45	1/66	No cumple	Cumple
	N+9,16	Techo	1/34	1/50	No cumple	Cumple				

3.6 Conclusiones:

- El software CYPECAD, para la evaluación de los diferentes elementos estructurales, se respalda en el método de diseño basado en fuerza (DBF), el cual realiza un análisis dentro del rango elástico.

- En base a las distintas comprobaciones realizadas a la estructura de la entidad hospitalaria, se comprobó que las características físico-mecánicas de vigas y columnas son insuficientes y no cumplen con la normativa vigente, es decir, que ante la presencia de un evento sísmico el hospital fracasaría estructuralmente.

- Se determinó que la estructura del Hospital Básico Misereor no es capaz de responder adecuadamente ante las combinaciones básicas de cargas que nos presenta la NEC-2014, las mismas que incluyen únicamente cargas gravitatorias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- En el proceso investigativo que se ha llevado a cabo, se identificó que el Hospital Básico Misereor de la ciudad de Gualaquiza presenta: una alta susceptibilidad a movimientos de masa debido a deslizamientos geológicos, hidro-meteorológicos e intensas precipitaciones anuales que se encuentran en el rango de 1750 mm/año y 2000 mm/año.

- Por otro lado, la presencia de un árbol ubicado en la entrada principal del hospital pone en riesgo la seguridad de las personas y la funcionalidad de la entidad en caso de presentarse un evento adverso.

- El ensayo de suelos proporcionado por el GAD Municipal de Gualaquiza, da cuenta del tipo de suelo que presenta el terreno donde se encuentra emplazado el hospital, según la clasificación SUCS pertenece a limos inorgánicos de baja comprensibilidad (ML), y de acuerdo a la clasificación AASHTO como un suelo A-6 con un índice de grupo 9 presentando características pobres como material de cimentación.

- A través de ensayos no destructivos y la modelación correspondiente, se corroboró el resultado expuesto mediante la evaluación del índice de seguridad hospitalaria.

- Mediante el modelo matemático realizado en base al índice de seguridad hospitalaria, el Hospital Básico Misereor obtiene un índice de seguridad de 0.45 con una vulnerabilidad de 0.55, ubicándose en la categoría B tendiendo a C, de acorde a la Organización Panamericana de la Salud.

- Las cargas que se utilizaron para realizar la evaluación y modelación estructural, son las que contempla la Norma Ecuatoriana de la Construcción

2014; fueron agrupadas y modeladas de acorde a la distribución física que presenta el hospital.

- En base a la modelación en el software CYPECAD, el hospital no cumple con las combinaciones básicas gravitatorias que presenta la NEC-2014.

- En referencia al diseño sismo resistente, los miembros estructurales que conforman la entidad hospitalaria no son capaces de resistir un sismo con aceleración esperada para la zona, es decir, no cumplen con los lineamientos actuales vigentes.

- La estructura del hospital, no cumple uno de los principios fundamentales dentro del diseño estructural sismoresistente; que es el diseño por capacidad y consiste en procurar columna fuerte – viga débil, debido a que, las vigas presentan mayor sección y resistencia que las columnas.

- Al no cumplir con el principio de columna fuerte – viga débil, por ende, la unión entre estos dos elementos estructurales es débil, dejando la posibilidad de la formación de rótulas plásticas en cabeza y pie de columna.

- Se determinó que en los bloques que conforman el hospital, de una y dos plantas no cumplen con los límites máximos de derivas establecidos en la NEC-2014, es decir, son flexibles en exceso.

- A pasar de que el hospital ha sido construido por etapas, no se han dejado las debidas juntas constructivas entre los distintos bloques pudiendo producir martilleo ante la presencia de un sismo, en especial entre los bloques de quirófano y cocina.

- Por medio de una inspección visual, se constató la existencia de columnas apeadas de hormigón, las mismas se encuentran ubicadas en las cubiertas de administración y quirófano.

- La vulnerabilidad estructural se puede medir principalmente por la presencia de columnas cortas y piso débil, en el caso del Hospital Básico Misereor se tiene la presencia de los dos casos, volviéndolo aún más vulnerable.

Recomendaciones:

- La realización de una evaluación estructural por medio del índice de seguridad hospitalaria debe ir acompañada de estudios especializados en el campo de la ingeniería civil, para tener una idea de las condiciones reales en las cuales se encuentra una estructura, con más razón una estructura esencial como lo es un hospital.

- El índice de seguridad hospitalaria debe ser considerado como una herramienta de gestión y planificación, es decir, los directivos a cargo de la entidad hospitalaria tendrán que considerar las falencias que el ISH muestre y priorizar de esta manera las acciones correctivas pertinentes de acorde con su importancia.

- Es fundamental que toda entidad hospitalaria posea una maqueta virtual, que consten todas las instalaciones y características constructivas, con la finalidad de ser usada como una herramienta que esté al alcance de todos, permitiendo así, realizar planes de mantenimiento en el tiempo de las diferentes áreas que conforman el hospital.

- Para aumentar la capacidad y resistencia en los diferentes bloques, se recomienda: implementar diagonales rigidizadoras perimetrales para controlar las derivas de piso; aumentar la sección de vigas y columnas mediante un encamisado de hormigón o reforzarlas mediante fibras de carbono.

- Se recomienda realizar una evaluación estructural complementaria en el rango inelástico, para determinar el posible colapso, colapso progresivo o colapso total de la estructura, es decir, nos ayudará a identificar las zonas de mayor vulnerabilidad.

- Por último, se debe realizar un análisis de costos entre el valor del reforzamiento y el del hospital, para de esta manera tomar la decisión más adecuada.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar Rodríguez, A. (2004). Geografía general. Guadalajara: Pearson Education.

Alatrista, C. B., & Bambarén, S. A. (2008). Programa Médico Arquitectónico para el Diseño de Hospitales Seguros. Lima: Sinco.

Área de Praparativos para Situaciones de Emergencia y Socorro de Desastre de la OPS. (2009). Hospitales Seguros. Washington, D.C., Estados Unidos.

Cassan, M. (1982). Los Ensayos "in situ" en la mecánica del suelo, Volumen 1. Barcelona: Editores técnicos asociados.

Contreras, A. R. (2012). Proyecto Arquitectónico En Zonas Sísmicas.

Dr. C. René Navarro Machado, I. L. (2012). Tarjetas de funciones del área de ingeniería del Hospital General Universitario Dr. Gustavo Aldereguía Lima de Cienfuegos ante situaciones de desastre. Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos, 9.

Gallegos, H., & Casabone, C. (2005). Albañilería Estructural. Pontificia Universidad Católica.

García Gómez, M. (1994). Los Mapas de Riesgos Concepto y Medodología para su Elavoración. San Hig Pub.

Instituto Mexicano del Seguro Social. (s.f.). Glosario. México DF.

Llanes Burón, P. (s.f.). Hospitales seguros. Evaluación de las amenazas.

Médez, I. J. (1995). INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES. Santiago de Cuba.

Ministerio de la Protección Social República de Colombia. (2007). MANUAL DE PLANEAMIENTO HOSPITALARIO. Bogotá, Colombia.

Ministerio de la Protección Social República de Colombia. (2007). Manual de planeamiento hospitalario para emergencias. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Organización Panamericana de la Salud. (7 de febrero de 2008). Política Nacional de Hospitales Seguros. Programa de Hospital Seguro. Quito, Ecuador.

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

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción. Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente. Ecuador.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2016). NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción. Cargas (No Sísmicas). Ecuador.

Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. (2010). Pan American Health Organization. Obtenido de http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_content&view=category&id=907&layout=blog&Itemid=884&lang=es

Organización Panamericana de la Salud. (2004). Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud. Washington, D.C, Estados Unidos.

Organización Panamericana de la Salud. (2013). Hospitales Seguros Sistematización de experiecias en la República Dominicana.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. (1993). MItigation of Dissters in Health Facilities. Washington.

patologiasconstruccion. (28 de abril de 2016). Obtenido de http://www.patologiasconstruccion.net/2013/11/resistencia-del-hormigon-mediante-esclerometro-o-indice-de-rebote-1/

Peralta, J. C. (2012). Diseño de un plan de seguridad e identificación de riesgos en el hospital de Misereor Cantón Gualaquiza. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Peralta, J. C. (2012). Diseño de un plan de seguridad e identificación de riesgos en el hospital Misereor cantón Gualaquiza. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Perles, P. (2007). Temas de estructuras especiales. Nobuko.

Programa de preparativos para situación de emergencias y socorro en casos de desastres, Organización Panamericana de la Salud, Oficina regional de la Organización Mundial de la Salud. (2000). Fundamentos para la mitigación de desastres en estableciminetos de salud. Washington D.C.

upcommons. (28 de abril de 2016). Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6154/07.pdf?sequence=8