



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**COMPARACIÓN DE TIEMPOS PARA LA EVACUACIÓN EN CASO DE SISMOS EN  
LAS AULAS CON PUPITRES MÓVILES Y FIJOS, BASADOS EN LA NORMA DE  
REDUCCIÓN DE DESASTRES NRD-2-CONRED DEL EDIFICIO T-3 DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

**Julia Rosaura Gómez Maxia**

Asesorado por el Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz

Guatemala, septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE TIEMPOS PARA LA EVACUACIÓN EN CASO DE SISMOS EN  
LAS AULAS CON PUPITRES MÓVILES Y FIJOS, BASADOS EN LA NORMA DE  
REDUCCIÓN DE DESASTRES NRD-2-CONRED DEL EDIFICIO T-3 DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JULIA ROSAURA GÓMEZ MAXIA**

ASESORADO POR EL ING. NICOLÁS DE JESÚS GUZMÁN SÁENZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **COMPARACIÓN DE TIEMPOS PARA LA EVACUACIÓN EN CASO DE SISMOS EN LAS AULAS CON PUPITRES MÓVILES Y FIJOS, BASADOS EN LA NORMA DE REDUCCIÓN DE DESASTRES NRD-2-CONRED DEL EDIFICIO T-3 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 20 de mayo de 2016.

**Julia Rosaura Gómez Maxia**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala, 24 de abril de 2018

Ingeniero  
**Guillermo Francisco Melini Salguero**  
Departamento de Planeamiento  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Melini:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que en calidad de asesor he analizado y revisado el trabajo de graduación titulado **COMPARACIÓN DE TIEMPOS PARA LA EVACUACIÓN EN CASO DE SISMOS EN AULAS CON PUPITRES MÓVILES Y FIJOS, BASADOS EN LA NORMA DE REDUCCIÓN DE DESASTRES NRD-2-CONRED DEL EDIFICIO T-3 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC** presentado por la estudiante universitaria de la carrera de Ingeniería Civil **Julia Rosaura Gómez Maxia**, el cual cumple con todos los requisitos establecidos en la Escuela de Ingeniería Civil.

Por tal motivo, doy por aprobado el trabajo para que prosiga su trámite correspondiente en su aprobación final. Sin otro particular, me despido atentamente:

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

**Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz**  
Ingeniero Civil, Master en Ingeniería Sanitaria  
Asesor



*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 31 de julio de 2018

Ingeniero  
 Hugo Leonel Montenegro Franco  
 Director Escuela Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **COMPARACIÓN DE TIEMPOS PARA LA EVACUACIÓN EN CASO DE SISMOS EN LAS AULAS CON PUPITRES MÓVILES Y FIJOS, BASADOS EN LA NORMA DE REDUCCIÓN DE DESASTRES NRD-2-CONRED DEL EDIFICIO T-3 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Julia Rosaura Gómez Maxia , quien contó con la asesoría del Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. civil, Guillermo Francisco Melini Salguero  
 Jefe Del Departamento de Planeamiento



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**DEPARTAMENTO**  
**DE**  
**PLANEAMIENTO**  
**USAC**

/mrrm.



*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz y Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación de la estudiante Julia Rosaura Gómez Maxia COMPARACIÓN DE TIEMPOS PARA LA EVACUACIÓN EN CASO DE SISMOS EN LAS AULAS CON PUPITRES MÓVILES Y FIJOS, CON BASE EN LA NORMA DE REDUCCIÓN DE DESASTRES NRD-2-CONRED DEL EDIFICIO T-3, DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2018

/mrm.



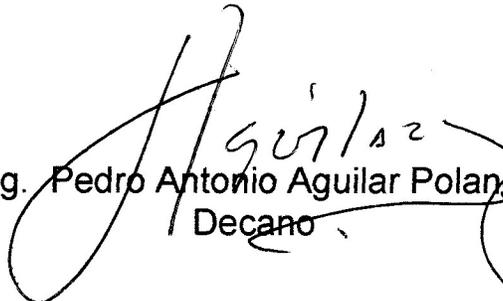
*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



Ref.DTG.D.317.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DE TIEMPOS PARA LA EVACUACIÓN EN CASO DE SISMOS EN LAS AULAS CON PUPITRES MÓVILES Y FIJOS, BASADOS EN LA NORMA DE REDUCCIÓN DE DESASTRES NRD-2-CONRED DEL EDIFICIO T-3 DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por la estudiante universitaria: **Julia Rosaura Gómez Maxia**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, Septiembre de 2018

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios Padre** Tu amor es mi principal fortaleza, gracias por permitirme la sabiduría e inteligencia para completar mis estudios y alcanzar un logro más en la vida.
- Mis padres** Juan José Gómez y Olivia Maxia, sus palabras de ánimo, su amor, ejemplo y sacrificio hicieron posible que yo alcanzara este triunfo, que Diosito derrame en ustedes muchas más bendiciones.
- Mi novio** Giancarlo Boteo, tu amor, tus palabras de sabiduría y de ánimo me exhortaron a continuar hasta terminar este duro pero feliz viaje de desánimo, alegrías y triunfos.
- Mis hermanos** Flor de María, Juan José y Gabriela, por su apoyo, por ser mis cómplices, compañía y alegría en los momentos de pesar, les quiero mucho Hermanitos Cosas.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser moldeadora de carácter, fortalezas y habilidades, en tu seno me acogiste, nutriste mi mente de sabiduría y a través de tu historia liberaste mi ser de las cadenas de la ignorancia e indiferencia social.

**Facultad de Ingeniería**

*Alma mater* que me vio nacer, en tus aulas sin egoísmo me entregaste el alimento de las ciencias, en tus jornadas de estudio aprendí a caminar acompañada de amigos, compañeros y desconocidos, ahora me entregas la recompensa de las noches de desvelo y de los muchos sacrificios que realicé, al llamarme tu hija.

**Escuela de Ingeniería  
Civil**

Por la educación académica y el conocimiento brindado a través de sus ilustres catedráticos. Por el compañerismo y las muchas amistades adquiridas y por haberme permitido la oportunidad de ser parte del equipo docente administrativo. Gracias por confiar en mí.

**Laboratorio de Suelos  
de la Facultad de  
Ingeniería**

Por influir de forma importante a través de sus conocimientos en mi carrera y brindarme el cariño de muchos buenos amigos.

**Ing. Hugo Montenegro**

Por el apoyo, la confianza y la amistad que me brindó cuando fui estudiante y auxiliar, su ejemplo, responsabilidad e inteligencia son pasos que buscaré seguir en este camino.

**Ing. Omar Medrano**

Le agradezco el apoyo, la confianza, la amistad y el tiempo que dedicó para transmitirme sus conocimientos en el área de Mecánica de Suelos y Cimentaciones, gracias por influir y encaminarme en el área de geotecnia.

**Ing. Nicolás de Jesús  
Guzmán**

Por el gran apoyo brindado durante el proceso de la elaboración de mi trabajo de graduación, por su amistad y regaños, gracias por ser un catedrático responsable con gran calidad académica, dispuesto a apoyar a los estudiantes que le necesiten y por demostrarme con sus ejemplos y acciones que se puede cumplir con “Ir y enseñar a todos”.

**Ing. Erick Rodas y  
Grupo PHI S.A.**

Por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, enseñándome valiosas lecciones de vida y brindarme parte del tiempo de trabajo para que realizara las prácticas de

mi trabajo de graduación en la Facultad de Ingeniera.

### **Mis amigos**

Gerardo Ramírez, Antonio Jurado, Fernando Andrino, Cristian Galicia, Elios Aguirre, María Rene, José Istupe, Byron García y Rigoberto Velazco, por todos esos momentos de alegría y tristeza riendo de nuestras tonteras y ocurrencias, discutiendo de los temas de los cursos, compartiendo sin egoísmo los conocimientos académicos, realizando las tareas en grupo a altas horas de la noche, desvelándonos y comunicándonos por teléfono hasta concluir las, por brindarme el apoyo que me ayudó a continuar y no abandonar el camino.

A mis amigos de la comparsa Chalanitos por brindarme de muchas alegrías a través de su amistad, apoyo y buenas vibras.

Agradezco a Diosito por tener la bendición de contar con su amistad y cariño.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1. Localización geográfica de la Facultad de Ingeniería .....	1
1.1.1. Ubicación.....	2
1.1.2. Fallas que la amenazan .....	5
1.2. Definición de desastre, riesgo, amenaza y vulnerabilidad.....	7
1.2.1. Desastre.....	7
1.2.2. Riesgo.....	8
1.2.3. Amenaza.....	8
1.2.4. Vulnerabilidad .....	9
1.2.5. Cuadro de amenazas.....	10
1.2.6. Cuadro de riesgos.....	11
1.3. Plan de respuesta a emergencia .....	11
1.3.1. Características de plan de emergencia.....	12
1.4. Simulacros de sismos.....	12

1.4.1.	Tipos de simulacros.....	12
1.4.2.	Etapas de simulacros .....	13
1.5.	Simulacro “40 minutos y listo por un aula segura” .....	14
1.6.	Normas de prevención generales.....	14
1.6.1.	Procedimientos de protección .....	15
1.7.	Tiempos de evacuación .....	15
1.7.1.	Método de caudal .....	15
1.7.2.	Método de la capacidad.....	16
2.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	17
2.1.	Metodología para la evaluación del conocimiento de los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, en el tema de normas y reglamentos que regulan los simulacros de evacuación en caso de sismos (etapa de planeación).....	17
2.1.1.	Muestra poblacional .....	18
2.1.2.	Encuestas de evaluación (etapa de reparación).....	20
2.2.	Metodología para determinar los tiempos de evacuación por medio de simulacros en aulas del edificio T-3 de Ingeniería (etapa de ejecución) .....	25
2.2.1.	Trabajo de gabinete y campo .....	27
2.2.2.	Número de simulacros de participación.....	36
2.3.	Normas y procedimientos de tiempos de evacuación en aulas con pupitres fijos y aulas con pupitres móviles .....	42
2.3.1.	Normas y ejercicios de evacuación en aulas con pupitres fijos .....	43

2.3.2.	Normas y ejercicios de evacuación en aulas con pupitres móviles .....	46
2.4.	Método de caudal .....	48
3.	RESULTADOS .....	49
3.1.	Resultados de la evaluación del conocimiento de los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, en el tema de los simulacros de evacuación en caso de sismos, normas y reglamentos que los regulan.....	49
3.2.	Simulacros en aulas del edificio T-3 .....	70
3.3.	Tiempo de evacuación en aulas del edificio T-3.....	73
3.3.1.	Tiempos de evacuación en aulas con pupitres fijos .....	76
3.3.2.	Tiempos de evacuación en aulas con pupitres móviles.....	77
3.4.	Aplicación de plan de respuestas según modelo de norma NRD2. Acuerdo número 04-2011 .....	79
3.4.1.	Eficiencia de las rutas de evacuación T-3.....	79
3.4.2.	Capacidad de gradas.....	81
3.4.3.	Cumplimiento de salidas de emergencia .....	82
3.4.4.	Puntos de reunión establecidos .....	83
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	85
4.1.	Análisis de los resultados de la evaluación del conocimiento de los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, en el tema de los simulacros	

de evacuación en caso de sismos, normas y reglamentos que los regulan .....	85
4.1.1. Gráficas de comparación de simulacros de evacuación sin previo aviso y con previo aviso .....	95
4.2. Análisis de los resultados de los ejercicios de simulacros de evacuación en caso de sismos.....	96
4.2.1. Gráfica de comparación de evaluación de ejercicios de simulacros.....	102
4.3. Análisis de los resultados de los tiempos de evacuación obtenidos en los ejercicios de simulacros en caso de sismos .....	107
4.3.1. Tabla comparativa de los tiempos de evacuación en aulas con pupitres fijos y aulas con pupitres móviles .....	112
4.4. Recomendación según norma NRD2 para el edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería .....	114
4.4.1. Capacidad de pasillos.....	114
4.4.2. Capacidad de gradas .....	115
4.4.3. Cumplimiento de salidas de emergencia .....	115
4.4.4. Análisis de uso de puntos de reunión establecidos.....	116
CONCLUSIONES.....	117
RECOMENDACIONES .....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	123

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Localización de la Facultad de Ingeniería .....	2
2.	Ubicación de la Facultad de Ingeniería .....	4
3.	Fallas cercanas al campus central de la USAC .....	5
4.	Clasificación de amenazas.....	10
5.	Clasificación de riesgos .....	11
6.	Cuestionario de evaluación .....	21
7.	Realización de cuestionario de evaluación en aula con pupitres fijos (jornada matutina) .....	23
8.	Realización de cuestionario de evaluación en aula con pupitres móviles (jornada matutina) .....	24
9.	Realización de cuestionario de evaluación en aula con pupitres fijos (jornada vespertina) .....	24
10.	Realización de cuestionario de evaluación en aula con pupitres móviles (jornada vespertina) .....	25
11.	Formato de evaluación del ejercicio de simulacro en caso de sismo.....	28
12.	Medición de tiempos de evacuación .....	30
13.	Ejercicio de evacuación .....	31
14.	Ejercicio de simulacros sin previo aviso.....	32
15.	Ejercicio de evacuación con previo aviso.....	34

16.	Punto de reunión, ejercicio de evacuación con previo aviso.....	34
17.	Registro fotográfico del ejercicio de evacuación con previo aviso .....	35
18.	Realización de ejercicios de simulacros sin previo aviso en aulas con escritorios fijos (jornada matutina).....	37
19.	Realización de ejercicios de simulacros sin previo aviso en aulas con escritorios movibles (jornada matutina) .....	37
20.	Realización de ejercicios de simulacros sin previo aviso en aulas con escritorios fijos (jornada vespertina).....	38
21.	Realización de ejercicios de simulacros sin previo aviso en aulas con escritorios fijos (jornada vespertina).....	38
22.	Realización de ejercicios de simulacros con previo aviso (jornada matutina).....	40
23.	Finalización de ejercicios de simulacros con previo aviso (jornada matutina).....	40
24.	Realización de ejercicios de simulacros con previo aviso (jornada vespertina).....	41
25.	Finalización de ejercicios de simulacros con previo aviso (jornada vespertina).....	41
26.	Localización de puntos de reunión cercanos al edificio T-3.....	45
27.	Pregunta No. 1. Amenaza o desastre que más probabilidades de ocurrir tenga en el edificio T-3 de Ingeniería (jornada matutina).....	50
28.	Pregunta No. 1. Amenaza o desastre que más probabilidades de ocurrir tenga en el edificio T-3 de Ingeniería (jornada vespertina) .....	51

29.	Pregunta No. 2. ¿Es importante la capacitación para saber qué hacer en caso de sismo? (jornada matutina) .....	52
30.	Pregunta No. 2. ¿Es importante la capacitación para saber qué hacer en caso de sismo? (jornada vespertina).....	53
31.	Pregunta No. 3. Plan de evacuación en el edificio T-3 (jornada matutina) .....	54
32.	Pregunta No. 3. Plan de evacuación en el edificio T-3 (jornada vespertina) .....	55
33.	Pregunta No. 4. ¿Conoce las normas de Reducción de Desastres Número Dos? (jornada matutina).....	56
34.	Pregunta No. 4. ¿Conoce las normas de Reducción de Desastres Número Dos? (jornada vespertina) .....	57
35.	Pregunta No. 5. ¿Conoce qué es el CEDESYD? (jornada matutina) .....	58
36.	Pregunta No. 5. ¿Conoce qué es el CEDESYD? (jornada vespertina) .....	59
37.	Pregunta No. 6. Puntos de reunión (jornada matutina) .....	60
38.	Puntos de reunión conocidos (jornada matutina) .....	61
39.	Pregunta No. 6. Puntos de reunión (jornada vespertina) .....	62
40.	Puntos de reunión conocidos (jornada vespertina) .....	63
41.	Pregunta No. 7. Señalización de evacuación en caso de emergencia dentro del edificio T-3 (jornada matutina) .....	64
42.	Pregunta No. 7. Señalización de evacuación en caso de emergencia dentro del edificio T-3 (jornada vespertina) .....	65
43.	Pregunta No. 8. Rutas de evacuación en caso de un sismo (jornada matutina) .....	66

44.	Pregunta No. 8. Rutas de evacuación en caso de un sismo (jornada vespertina).....	67
45.	Pregunta No. 9. ¿El aula es segura para realizar una evacuación en caso de sismo? (jornada matutina).....	68
46.	Pregunta No. 9. ¿El aula es segura para realizar una evacuación en caso de sismo? (jornada vespertina).....	69
47.	Pregunta No. 10. Simulacro de evacuación (jornada matutina).....	70
48.	Pregunta No. 10. Simulacro de evacuación (jornada vespertina).....	71
49.	Pregunta No. 11. Realización de simulacro de evacuación (jornada matutina).....	72
50.	Pregunta No. 11. Realización de simulacro de evacuación (jornada vespertina).....	73
51.	Pregunta No. 12. Tiempos de evacuación (jornada matutina).....	74
52.	Pregunta No. 12. Tiempos de evacuación (jornada vespertina).....	75
53.	Simulacro de evacuación sin previo aviso y con previo aviso.....	96
54.	Interpretación del comportamiento de los alumnos al salir del aula y edificio en evacuación sin previo aviso .....	99
55.	Interpretación del comportamiento de los alumnos al salir del aula y edificio en evacuación con previo aviso .....	102
56.	Comparación de la evaluación de los ejercicios de evacuación sin previo aviso y con previo aviso .....	103
57.	Comparación de la evaluación de los ejercicios de evacuación sin previo aviso y con previo aviso .....	106

58.	Comparación de tiempo de evacuación teórico y tiempo de evacuación experimental .....	111
59.	Comparación de tiempos de evacuación en aulas con pupitres fijos y en aulas con pupitres móviles.....	113

## TABLAS

I.	Fuentes sísmicas y valores esperados de intensidad, aceleración y velocidad del suelo en el campus central de la USAC .....	6
II.	Fórmula para determinar el tamaño de la población .....	19
III.	Niveles de confianza según nivel de significancia.....	20
IV.	Tiempos de evacuación en el nivel 0 .....	76
V.	Tiempos de evacuación en el nivel 2 .....	77
VI.	Tiempos de evacuación en el nivel 1 .....	77
VII.	Tiempos de evacuación en el nivel 3 .....	78
VIII.	Tiempos de evacuación en el nivel 4 .....	78
IX.	Carga de ocupación .....	81
X.	Carga de ocupación, nivel 1.....	82
XI.	Amenazas o desastres con más probabilidades de ocurrencia en el edificio T-3 de Ingeniería .....	86
XII.	Importancia de la capacitación para saber qué hacer en caso de sismo.....	87
XIII.	Importancia del plan de evacuación en el edificio T-3.....	88
XIV.	Conocimiento de las Normas de Reducción de Desastres Número Dos.....	88

XV.	Conocimiento del CEDESVD.....	89
XVI.	Conocimiento de los puntos de reunión.....	90
XVII.	Puntos de reunión más conocidos.....	91
XVIII.	Señalización de evacuación en caso de emergencia .....	92
XIX.	Rutas de evacuación en caso de un sismo.....	92
XX.	Seguridad dentro del aula para realizar una evacuación en caso de sismo.....	93
XXI.	Conocimiento de los ejercicios de simulacro de evacuación .....	94
XXII.	Seguridad dentro del aula para realizar una evacuación en caso de sismo.....	94
XXIII.	Evaluación de ejercicios de evacuación sin previo aviso.....	97
XXIV.	Evaluación del comportamiento de los alumnos al salir del aula y edificio en evacuación sin previo aviso .....	98
XXV.	Evaluación de ejercicios de evacuación con previo aviso .....	100
XXVI.	Evaluación del comportamiento de los alumnos al salir del aula y edificio en evacuación con previo aviso .....	101
XXVII.	Comparación de la evaluación del comportamiento de los alumnos al salir del aula con escritorios fijos en simulacros sin previo aviso y simulacros con previo aviso .....	104
XXVIII.	Comparación de la evaluación del comportamiento de los alumnos al salir del aula con escritorios móviles en simulacros sin previo aviso y simulacros con previo aviso .....	107
XXIX.	Comparación de tiempos de evacuación sin previo aviso y con previo aviso.....	108
XXX.	Comparación de tiempos de evacuación teóricos y experimentales .....	109

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Ag</b>	Ancho de gradas
<b>CO</b>	Carga de ocupación
<b>cm</b>	Centímetro
<b>±</b>	Mas menos
<b>m</b>	Metro
<b>Z</b>	Nivel de confiabilidad
<b>NC %</b>	Nivel de confianza
<b>α</b>	Nivel de significancia
<b>No.</b>	Número
<b>%</b>	Porcentaje
<b>q</b>	Variabilidad negativa
<b>p</b>	Variabilidad positiva



## GLOSARIO

<b>ACAAI</b>	Agencia Centroamericana de Acreditación de Programa de Arquitectura y de Ingeniería.
<b>Amenaza</b>	Probabilidad de ocurrencia de riesgo al cual una persona o comunidad es vulnerable.
<b>Catástrofe</b>	Suceso que tiene consecuencias desastrosas.
<b>CEDESVD</b>	Coordinación del Centro de Estudios de Desarrollo de Seguro y Desastres.
<b>CONRED</b>	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.
<b>Encuestas</b>	Procedimientos o técnicas que se utilizan en la investigación descriptiva para la recopilación de información o datos, se utiliza un cuestionario previamente diseñado para interrogar de manera verbal y escrita a una muestra poblacional previamente seleccionada.
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
<b>Ítems</b>	Preguntas que forman parte de la encuesta.

<b>JICA</b>	Agencia de Cooperación Internacional de Japón.
<b>M.A.S.</b>	Muestreo aleatorio simple.
<b>Método de caudal</b>	Teoría de evacuación de un edificio en un período máximo de tiempo, correspondiente a 60 personas por minuto por unidad de paso.
<b>Muestra</b>	Colección de mediciones seleccionadas de la población de interés. Son grupos finitos conformados por personas. El interés por la muestra se basa en la posibilidad de describir con ella a la población de la cual fue extraída.
<b>Muestreo aleatorio simple</b>	Técnica de muestreo en la que todos los elementos que forman el universo están descritos en el marco muestral y tienen idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra.
<b>NRD2</b>	Norma de Reducción de Desastres Número 2.
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas.
<b>Punto de reunión</b>	Lugar de encuentro al que se debe acudir en caso de un evento sísmico o una emergencia, se debe ubicar en un área segura y libre de obstáculos que atenten contra la seguridad física y psicológica de los ocupantes.

<b>Riesgo</b>	Probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas como resultado de interacciones entre amenazas y vulnerabilidades.
<b>T-3</b>	Edificio No. 3 de la Facultad de Ingeniería.
<b>Tiempo de evacuación</b>	Tiempo mínimo que se utiliza para evacuar un área y llegar a un punto de reunión.
<b>Toma de muestra</b>	Tamaño o número de sujetos que componen la muestra extraída de una población, necesarios para que los datos obtenidos sean representativos de la población.
<b>USAC</b>	Universidad de San Carlos de Guatemala.
<b>Vulnerabilidad</b>	Probabilidad de riesgo que puede sufrir una persona frente a una situación de peligro, provocado por un desastre.



## RESUMEN

Con el objetivo de regular las condiciones de seguridad dentro de cualquier infraestructura y con el fin de proteger la vida e integridad de los ocupantes, la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), a través de la Norma de Reducción de Desastres Número 2 (NRD2) y el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional establecen que todas las instituciones públicas y privadas deben contar con un Plan de Contingencia ante emergencias.

La Escuela de Ingeniería Civil pertenece a la Facultad de Ingeniería de la USAC. Se encuentra asentada sobre la Placa del Caribe y está muy próxima a las fallas de Pínula y Mixco. Por ser una institución pública se ve ante la necesidad y obligación de contar con un plan de evacuación y contingencia en caso de sismos y otras emergencias, el cual se utilice para enseñar a los docentes y estudiantes cómo deben actuar y a dónde deben acudir, con el objetivo de prevenir, mitigar y reducir daños en la integridad física y emocional de cada uno de ellos.

Como apoyo a la Escuela de Ingeniería Civil en la construcción de un Sistema de Salud y Seguridad Ocupacional, esta investigación busca servir como referencia para la creación de un plan de evacuación en caso de sismos, para ello fue necesario determinar varios aspectos con los docentes y estudiantes, entre ellos:

- La evaluación del conocimiento acerca de los temas involucrados en simulacros de evacuación, normas de prevención, tiempos y ejercicios de evacuación, rutas y salidas de emergencia, puntos de reuniones, etc.

- La realización de ejercicios de simulacros de evacuación sin previo aviso y con previo aviso, para obtener el tiempo que les tomó salir del aula de forma segura y ordenada, utilizar las rutas y salidas de emergencia y llegar a los puntos de reunión más cercanos a sus ubicaciones.
- Y la comparación de los sistemas de pupitres fijos y pupitres móviles utilizados dentro de las aulas del edificio T-3, para determinar cuál de ellos permitió realizar una evacuación de forma segura y ordenada.

Al realizar la comparación de los tiempos mínimos en los ejercicios de simulacros de evacuación, se obtuvo que el mejor sistema de pupitres a utilizar dentro de las aulas del edificio T-3 de Ingeniería son los escritorios móviles, debido a que se pueden correr a un lado permitiendo a los docentes y alumnos mayor movimiento entre filas, siempre y cuando los escritorios estén ordenados y no se encuentren obstáculos entre las filas, mientras que en los escritorios fijos no hay una libre movilidad y los alumnos deben esperar a que salgan los compañeros que se encuentran antes de ellos en cada una de las filas, retrasando el proceso de la evacuación del aula.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Comparar los tiempos para la evacuación del edificio T-3 de Ingeniería en caso de sismos en aulas con pupitres móviles y en aulas con pupitres fijos, con base en la Norma de Reducción de Desastres NRD2 de CONRED.

### **Específicos**

1. Evaluar el conocimiento de los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, en el tema de los simulacros de evacuación en caso de sismos, normas y reglamentos que los regulan.
2. Determinar los tiempos de evacuación, por medio de simulacros en el edificio T-3 de Ingeniería, en los niveles que tienen aulas con pupitres móviles.
3. Determinar los tiempos de evacuación, por medio de simulacros en el edificio T-3 de Ingeniería, en los niveles que tienen aulas con pupitres fijos.
4. Comparar los tiempos de evacuación obtenidos en los simulacros en los niveles con aulas que tienen pupitres móviles y fijos.
5. Determinar el tiempo óptimo de evacuación en el edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería.



## INTRODUCCIÓN

La carrera de Ingeniería Civil es un programa reacreditado por la Agencia Centroamericana de Acreditación de Programa de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI). Para mantenerse dentro del programa de reacreditación la Escuela de Ingeniería Civil debe cumplir con varios requisitos, entre ellos la categoría 10, correspondiente a la evaluación de la infraestructura, en donde se indica que debe contar con un Plan de Contingencia ante emergencias o Plan de Evacuación, como guía para salvaguardar la integridad física de los estudiantes y docentes. Estos requisitos también son exigidos por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) en la Norma de Reducción de Desastres NRD2 y por el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional, Acuerdo Gubernativo No. 229-2014.

En la actualidad, ni la Facultad de Ingeniería ni la Escuela de Ingeniería Civil cuentan con un plan de evacuación, aun cuando se han realizado varios ejercicios de evacuación dentro de la facultad, de los cuales solo se cuenta con algunos registros fotográficos. Es por eso que este trabajo buscó la recopilación de algunos datos para establecer las bases para la creación de un Plan de Evacuación ante emergencias, como parte de un sistema de salud y seguridad ocupacional en la Escuela de Ingeniería Civil.

Para el desarrollo de este trabajo se realizó una muestra poblacional de estudiantes y docentes en la Escuela de Ingeniería Civil, con lo que se determinó mediante encuestas escritas el nivel de conocimiento de los docentes y estudiantes acerca de los temas de simulacros de evacuación, normas de

prevención, ejercicios de evacuación, rutas y salidas de emergencia, puntos de reuniones, entre otros.

Se utilizaron rutas críticas de evacuación para determinar el tiempo de evacuación del sistema de pupitres móviles y del sistema de pupitres fijos. Al comparar los tiempos de ambos sistemas se concluyó que el mejor a utilizar dentro del edificio T-3 era el de escritorios móviles, ya que los escritorios fijos no cuentan con un pasillo entre los escritorios que les permita formar dos columnas para salir más rápido de las filas y del aula.

La estructura de este documento se la siguiente:

- Capítulo 1: localización y ubicación de la Facultad de Ingeniería, conceptos y definiciones de las características de un plan de emergencia, etapas de simulacros, normas y procedimientos de protección, etc.
- Capítulo 2: descripción de la metodología para la evaluación del conocimiento de los estudiantes y docentes en temas de normas y reglamentos que regulan los simulacros de evacuación, metodología para determinar los tiempos y ejercicios de evacuación.
- Capítulo 3: resultados de la evaluación del conocimiento de los estudiantes y docentes en temas de normas y reglamentos que regulan los simulacros de evacuación, resultados de los ejercicios de evacuación en caso de sismo para determinar y calcular el tiempo que se necesita para evacuar el edificio T-3 y llegar a un punto de reunión.
- Capítulo 4: análisis de los resultados de la evaluación realizada a los alumnos y docentes, análisis de los tiempos y ejercicios de evacuación, y comparación de los sistemas de pupitres fijos y pupitres móviles.

# 1. INFORMACIÓN GENERAL

La Escuela de Ingeniería fue fundada en la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) en el año de 1879 y, en el año de 1882, según Decreto del Gobierno del presidente Justo Rufino Barrios, se elevó a la categoría de facultad.

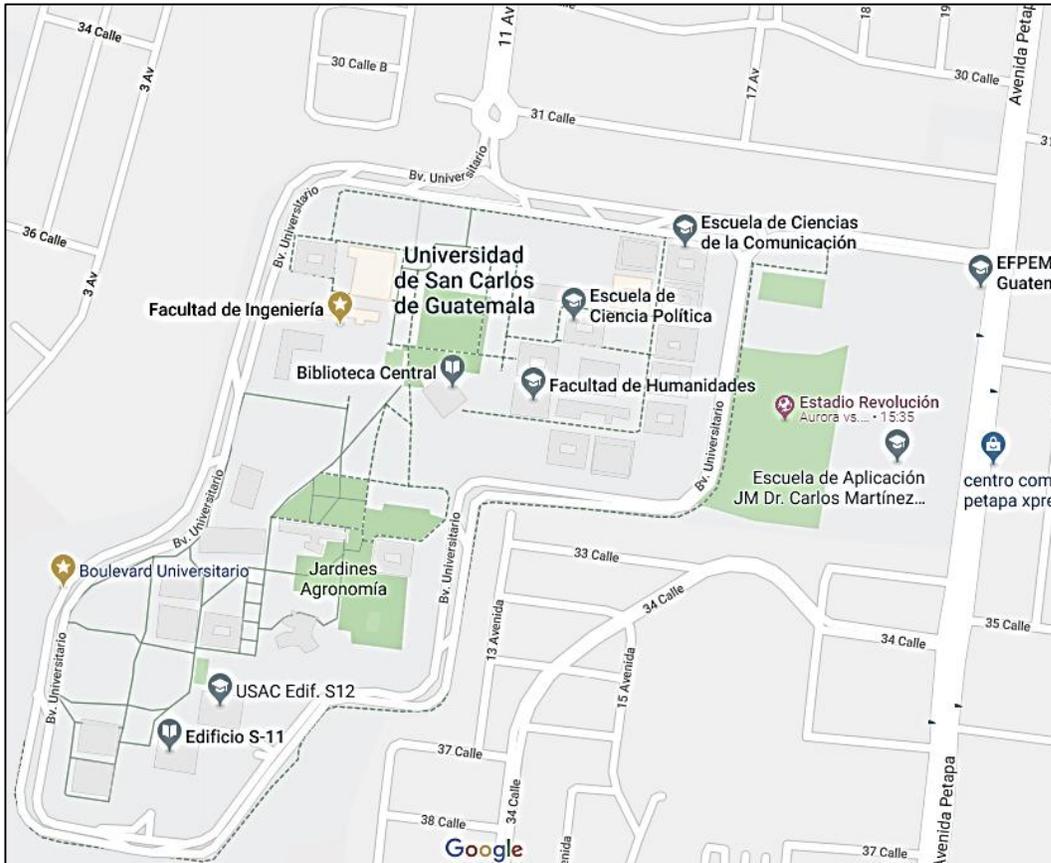
Debido a los distintos cambios de locación y gobernabilidad la Facultad de Ingeniería logra restablecer sus funciones en el año de 1920 en el edificio que ocupó durante muchos años ubicado frente al parque Jocotenango (comúnmente conocido como parque Morazán), en la zona 2 de la Ciudad de Guatemala, donde solamente se impartió la carrera de Ingeniero Topógrafo. En 1930 se reestructuraron los estudios estableciéndose la carrera de Ingeniería Civil.

En 1947 la Facultad de Ingeniería se traslada a la 8a. avenida y 11 calle de la zona 1 (actualmente desapareció este edificio). Finalmente, en 1959 la Facultad de Ingeniería se traslada al Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala ubicado en la zona 12 de la ciudad capital, donde actualmente sigue desarrollando sus labores.

## 1.1. Localización geográfica de la Facultad de Ingeniería

La Facultad de Ingeniería y la Escuela de Ingeniería Civil están localizadas dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la 11 av., entre 31 y 33 calle de la zona 12, en coordenadas geográficas Latitud Norte  $14^{\circ}35'15.3''$  y Longitud Oeste  $90^{\circ}33'11.4''W$  (ver figura 1).

Figura 1. Localización de la Facultad de Ingeniería



Fuente: Google Earth. Consulta: 8 de junio de 2017.

### 1.1.1. Ubicación

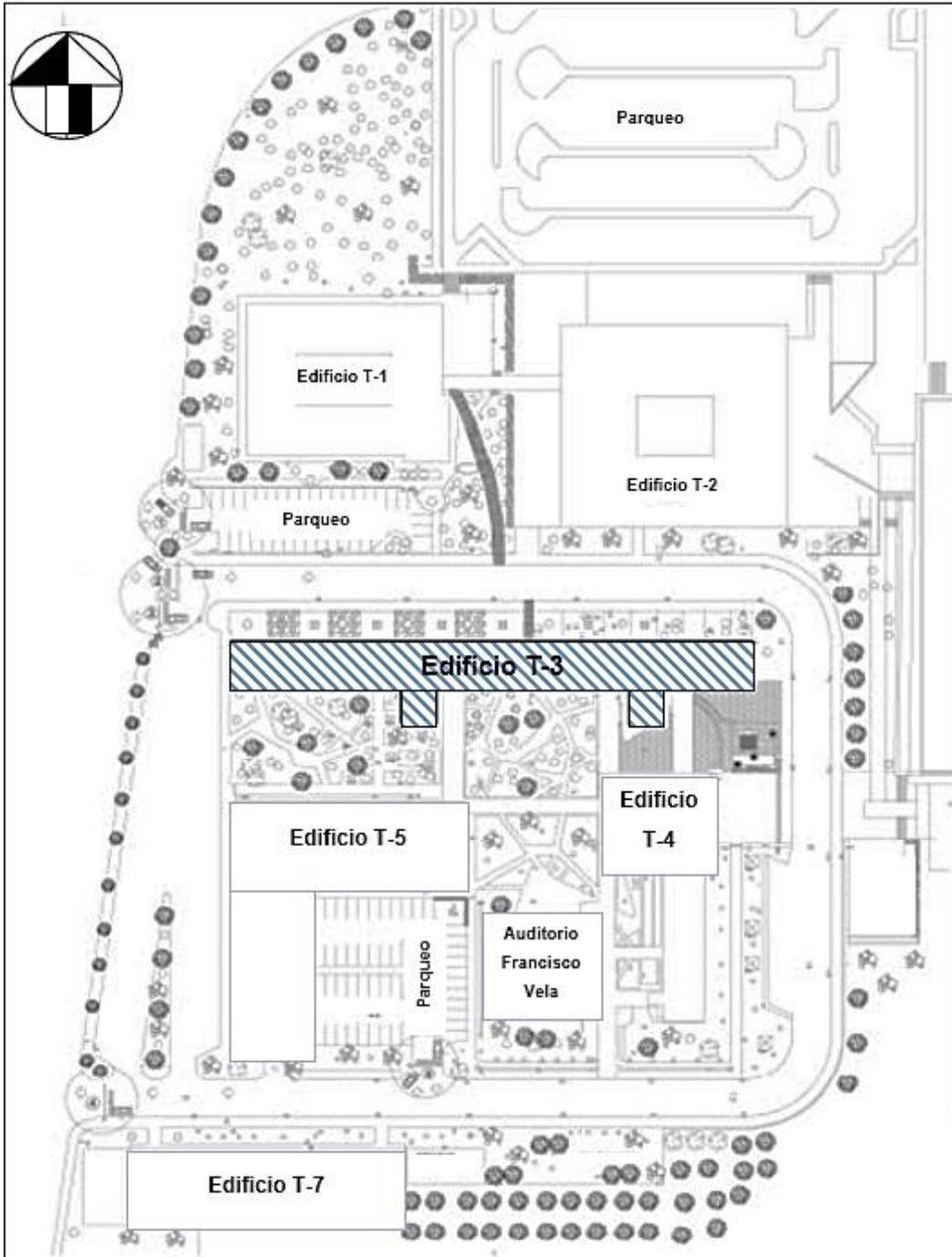
La Facultad de Ingeniería cuenta con seis edificios, denominados T por pertenecer al área técnica, además de los edificios anexados S-11 y S-12 (solo jornada matutina).

Dentro de estos edificios se encuentra el edificio T-3, que es el edificio principal de la facultad. El edificio T-3 cuenta con:

- Aulas puras (salones de clase)
- Oficina de la Escuela Civil
- Oficina de la Escuela de Sistemas
- Unidades de salud y odontológica
- Oficina de deporte y cultura
- Laboratorios de cómputo estudiantil
- Laboratorio de Internet y tecnología de Korea
- Laboratorio de geomática
- Laboratorios Sae-Sap
- Laboratorios tecnológicos ITCoE
- Aula virtual
- Aula de recursos audiovisuales
- Asociación de Estudiantes de Ingeniería

El edificio T-3 colinda al norte con el edificio T- 1 y el T-2, de la Facultad de Arquitectura, al este colinda con el edificio de Rectoría, plaza de los Mártires y Biblioteca Central, al sur colinda con el edificio T-4, donde se encuentran las oficinas administrativas de la Facultad y el auditorium Francisco Vela, y al oeste colinda con el parqueo de la Facultad de Ingeniería y el Parque Ecológico Las Ardillas. Su ubicación se observa en la figura 2:

Figura 2. **Ubicación de la Facultad de Ingeniería**



Fuente: Unidad de Planificación, Facultad de Ingeniería.

### 1.1.2. Fallas que la amenazan

La Ciudad Universitaria y la Facultad de Ingeniería se encuentran asentadas sobre la Placa del Caribe y se encuentran muy próximas a las fallas de Pínula y Mixco (ver figura 3); de estas dos, el mayor grado de daño se espera de la falla de Mixco, la cual se clasifica en el grado VIII o destructivo en la escala de Mercalli modificada.

Figura 3. Fallas cercanas al campus central de la USAC



Fuente: Boletín No. 1 del Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres (CEDESUD), fallas del estudio JICA/INSIVUMEH 2003.

Del año 2001 al año 2003 la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), elaboraron ocho mapas de la amenaza sísmica<sup>1</sup>, de los cuales cinco corresponden a la Ciudad de Guatemala; a partir de estos mapas se identificó el escenario sísmico para el campus central de la USAC que se presenta en la tabla I.

Tabla I. **Fuentes sísmicas y valores esperados de intensidad, aceleración y velocidad del suelo en el campus central de la USAC**

Fuente Sísmica	Intensidad Mercalli Modificada	Aceleración (cm/s <sup>2</sup> )	
Falla de Pínula	<b>VIII, Destructivo:</b> muebles sacados de lugar, daños en edificios.	370	1020
Falla de Mixco	<b>VIII, Destructivo:</b> muebles sacados de lugar, daños en edificios.	370	1020
Falla de Jalpatagua	<b>VII, Muy fuerte:</b> dificultad para estar en pie, sensible al manejar, mampostería dañada.	270	790
Falla de Motagua	<b>VII, Muy Fuerte:</b> dificultad para estar en pie, sensible al manejar, mampostería dañada.	290	680
Zona de subducción segmento superficial	<b>VI, Fuerte:</b> lo perciben todas las personas, cristales rotos, objetos caen.	150	270

Fuente: Boletín No. 1 del Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres (CEDESXD).

<sup>1</sup> INSIVUMEH. *Mapas de amenaza sísmica.* 2004. [http://www.insivumeh.gob.gt/Mapa\\_Amenaza\\_sismica.html](http://www.insivumeh.gob.gt/Mapa_Amenaza_sismica.html). Consulta: abril de 2016.

## **1.2. Definición de desastre, riesgo, amenaza y vulnerabilidad**

Cuando una población es incapaz de responder ante una amenaza, los resultados provocados por los riesgos se convierten en desastres, los cuales ponen de manifiesto la vulnerabilidad del equilibrio necesario para la sobrevivencia y prosperidad de la comunidad.

### **1.2.1. Desastre**

Un desastre es un hecho natural o provocado por el hombre que afecta las funciones normales o cotidianas de una comunidad. Según el criterio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), los desastres se clasifican de la siguiente manera:

- Desastres naturales: son los desastres producidos por la fuerza de la naturaleza. Entre estos están:
  - Desastres generados por procesos dinámicos en el interior de la tierra: sismos, tsunamis y erupciones volcánicas.
  - Desastres generados por procesos dinámicos en la superficie de la tierra: derrumbes, aludes, aluviones y huaycos.
  - Desastres generados por fenómenos meteorológicos o hidrológicos: inundaciones, sequías, heladas, tormentas, granizadas, tornados, huracanes, etc.
  
- Desastres tecnológicos: son desastres provocados por el hombre, entre estos están:
  - Desastres de origen biológico: plagas, epidemias, etc.

- Otros desastres: incendios, explosiones, derrames de sustancias químicas, contaminación ambiental, guerras, subversión, terrorismo, etc.

### **1.2.2. Riesgo**

Según la CONRED, en la guía didáctica para el curso de inducción al manejo de desastres, el riesgo es una posibilidad de que un evento sobrepase los daños que cause, tanto a la sociedad, al medio ambiente o a la economía en un lugar y un tiempo definidos. Asimismo, el Cuerpo de Paz de Guatemala (2000) indica que el riesgo es una probabilidad de generar daños en el área social, ambiental y económica.

Antes de realizar un plan de emergencia en caso de un desastre, se deberán definir los riesgos a los que está expuesta la comunidad. El proceso de evaluación de riesgos se basará en este caso en la revisión de las características del sismo (amenaza), el análisis de las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales de la vulnerabilidad y exposición de la población (vulnerabilidades).

### **1.2.3. Amenaza**

En la guía didáctica para uso de rotafolio de manejo de desastres de origen natural o provocado, CONRED especifica que una amenaza puede darse de una forma natural o inducida por parte de las personas en un lugar y tiempo determinado, y señala que una amenaza puede ser un suceso que pone en riesgo al ser humano y su entorno, surge y causa daños en el momento que se presente. Sugiere también 3 tipos de amenazas:

- Amenazas naturales: son de origen natural, como terremotos, huracanes, entre otros, y están fuera de control.
- Amenazas sociales: estas las provoca el hombre de una forma consciente o inconsciente, tales como incendios, explosiones, accidentes, entre otros.
- Amenazas socionaturales: su origen radica en la combinación de lo natural y la intervención del hombre como inundaciones, sequías, entre otros.

#### **1.2.4. Vulnerabilidad**

Cuando una persona o comunidad no están preparadas ante una amenaza de origen natural, provocada por el hombre o de origen técnico, es decir que se encuentra indefensa, se dice que es vulnerable, en otras palabras “es incapaz de absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad para adaptarse a ese cambio”<sup>2</sup>, tomando en cuenta que la vulnerabilidad constituye un proceso dinámico que surge de la combinación de una serie de factores y de características internas y externas que afectan a una comunidad en particular.

Según la guía didáctica para uso de rotafolio de manejo de desastres de origen natural o provocado de CONRED, la vulnerabilidad se considera como la falta de reacción efectiva para afrontar los sucesos o eventualidades que se presentan y en consecuencia los daños pueden ser mayores.

---

<sup>2</sup> JOSE CAMPOS. *La vulnerabilidad global*.

### 1.2.5. Cuadro de amenazas

Es importante la clasificación de las amenazas para determinar los parámetros que se deben seguir en caso de riesgo. Las amenazas se clasifican según la figura 4:

Figura 4. **Clasificación de amenazas**

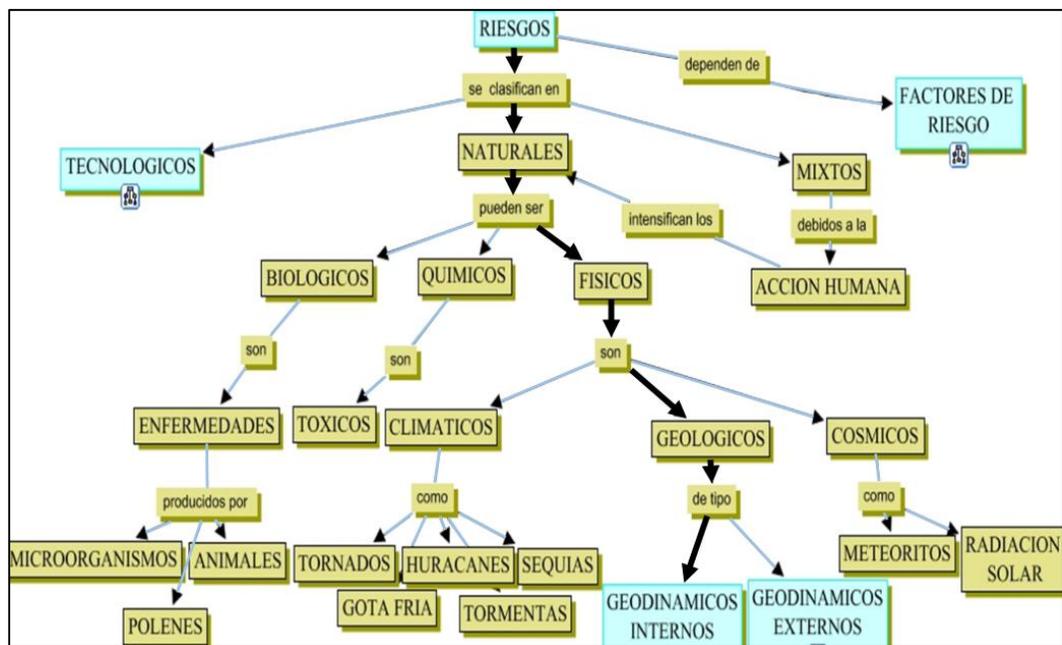
Tipo de amenaza	Origen de amenaza	Descripción	Fenómenos y ejemplos
Natural	Hidrometeorológico	Procesos o fenómenos naturales de origen atmosféricos, hidrológicos y oceanográficos.	Inundaciones, flujos de lodo y detritos, ciclones tropicales, marejadas, vientos, lluvias, sequías, desertificación, incendios forestales, temperaturas extremas, heladas, avalanchas de nieve.
	Geológica	Procesos o fenómenos naturales terrestres.	Terremotos, tsunamis, actividad y erupciones volcánicas, movimientos de masas.
	Biológica	Procesos de origen orgánico o transportado por vectores biológicos.	Brotes de enfermedades epidémicas, contagio de plantas y animales, pandemias.
Tecnológica	Accidentes tecnológicos o industriales	Procedimientos peligrosos, fallos de infraestructura o de ciertas actividades humanas.	Contaminación industrial, actividades nucleares y radioactividad, desechos tóxicos, rotura de presas, accidentes de transporte y otros.
Degradación ambiental	Disminución de la capacidad del ambiente para responder a las necesidades y objetivos sociales y ecológicos	Los efectos son variados y contribuyen al incremento de la vulnerabilidad, frecuencia e intensidad de las amenazas.	Degradación del suelo, deforestación, desertificación, incendios forestales, pérdida de biodiversidad, contaminación atmosférica, terrestre y acuática. Cambios climáticos, aumento del nivel del mar, perdido de la capa de ozono.

Fuente: Propuesta de plan de atención de emergencias ante los efectos de sismos.

### 1.2.6. Cuadro de riesgos

Para determinar los parámetros de mitigación es importante conocer los tipos de riesgos que hay, estos se clasifican según la figura 5:

Figura 5. Clasificación de riesgos



Fuente: *Clasificación de riesgo.*

[http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1040062951828\\_590102092\\_560/RIESGOS%20\(2\).cmap](http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1040062951828_590102092_560/RIESGOS%20(2).cmap).

Consulta: mayo de 2016.

### 1.3. Plan de respuesta a emergencia

Es un conjunto de parámetros y acciones ordenadas que deben realizarse para combatir, controlar y mitigar daños, en el supuesto de que se produzca un siniestro. El objetivo final es minimizar los daños físicos y materiales.

### **1.3.1. Características de plan de emergencia**

Para la creación del plan de respuesta a emergencia se deben tomar como base los siguientes parámetros:

- El plan de respuesta a emergencia debe estar por escrito de forma clara y precisa, para evitar modificaciones e improvisaciones.
- Debe tener la aprobación de la máxima autoridad dentro de la institución donde se aplique.
- Deben ser difundidos ampliamente para su conocimiento.
- Se debe formar una brigada o comisión que responda a la hora de un siniestro, que esté capacitada y asegure el aprendizaje del contenido entre los brigadistas.
- Realizar simulacros y practicarlos regularmente dentro del escenario propio de las instalaciones para lograr el manejo adecuado de los equipos de prevención y primeros auxilios, conocer los sitios de repliegue, zonas de menor riesgo, así como las rutas alternativas de evacuación y los puntos de reunión.

### **1.4. Simulacros de sismos**

Son ejercicios y prácticas de prevención que se toman como medidas de seguridad para efectuar la evacuación ordenada de las personas que se encuentran dentro de un inmueble. Se realizan con el fin de mitigar daños físicos en caso de un sismo.

#### **1.4.1. Tipos de simulacros**

Los simulacros se dividen en varios tipos según su formación:

- Por operatividad de gabinete: no implican desplazamiento de recursos humanos o materiales. Se realizan por medio de reuniones en mesas de trabajo integradas por la brigada de protección y autoridades.
- Por operatividad de operativos: es la ejecución de las actividades planeadas. Participa el personal de las brigadas y personal administrativo.
- Por programación con previo aviso: los integrantes de las brigadas y el personal conocen la fecha y hora en que se realizará el simulacro.
- Por programación sin previo aviso: solo los integrantes de la brigada conocen la fecha y la hora en que se realizará el simulacro.

#### **1.4.2. Etapas de simulacros**

Las etapas para la formación de un simulacro son:

- Planeación: durante esta etapa se establecen metas que se deben alcanzar cuando se realizan los simulacros. Esto se logra mediante la ayuda de los participantes a los cuales se les debe definir sus funciones.
- Preparación: dependiendo del tipo de simulacro (con o sin previo aviso), se debe informar a los participantes sobre el ejercicio, así como indicar los puntos de reunión, la conducta en el pasillo y las medidas de protección necesarias durante el mismo.
- Ejecución: durante esta etapa se aplican los lineamientos, procedimientos y normas establecidas, se solucionan los problemas imprevistos derivados de la emergencia simulada, se selecciona un mecanismo de alerta claramente identificable para evitar confusión y se verifica el desalojo del inmueble.
- Evaluación: al finalizar el simulacro se deben reunir los integrantes de la brigada con el propósito de realizar observaciones de las fallas y mejoras

que se le deben dar al ejercicio. También es útil realizar un informe de los resultados y de las mejoras propuestas.

### **1.5. Simulacro “40 minutos y listo por un aula segura”**

Es un sistema de simulacro de tipo operativo y por programación, que ha realizado la Coordinación del Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres (CEDESUD). Este programa de simulacro está formado principalmente para los y las estudiantes de la Ciudad Universitaria, pero se ha difundido a escuelas e instituciones privadas.

El desarrollo y la explicación de la metodología del simulacro se deben realizar en un lapso de 37 ó 40 minutos como máximo, durante la primera sesión, posteriormente los siguientes ejercicios de simulacros se deben ir realizando en menor tiempo, hasta llegar a un tiempo mínimo, constante y seguro para la evacuación de las instalaciones.

### **1.6. Normas de prevención generales**

Todo plan de emergencias desarrollado para Guatemala o sus comunidades estará en función de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), que es el centro de interrelación institucional de las entidades del Estado, organismos internacionales e instituciones que operan a nivel nacional, cuyo fin es el de orientar para el establecimiento de una política de prevención, mitigación y atención en caso de amenazas (Decreto Ley 109 – 96, Artículo 1).

### **1.6.1. Procedimientos de protección**

Al efectuar un ejercicio de simulacro se debe tomar en cuenta los siguientes procedimientos:

- Al escuchar la alarma se debe abandonar lo que se está haciendo y guardar silencio.
- Escuchar con atención y obedecer las instrucciones del personal de la brigada de protección.
- Dirigirse a las salidas señaladas, sin correr, empujar o gritar. Caminar rápido y naturalmente.
- Durante el desplazamiento no entrelazar los brazos con los de otros compañeros y no llevar cosas que puedan entorpecer el desplazamiento.
- No improvisar salidas ni regresar por objetos personales olvidados.

### **1.7. Tiempos de evacuación**

Es el menor tiempo que un grupo de individuos utiliza para desplazarse o evacuar las instalaciones de alguna edificación, de forma segura y ordenada, para salvaguardar la integridad física, en caso de que ocurra una emergencia.

#### **1.7.1. Método de caudal**

Es el período de tiempo máximo para efectuar la evacuación a través de pasos horizontales y puertas de un caudal de 60 personas por minuto y por unidad de paso de 22 pulgadas (56 minutos).

### 1.7.2. Método de la capacidad

Para determinar el tiempo máximo de evacuación dentro de las instalaciones del edificio T-3, se utiliza la fórmula de la ecuación (1) diseñada por K. Togawa<sup>3</sup>, la cual relaciona el número de personas a evacuar, distancia que se recorre y ancho de salida de emergencia.

$$TS = \frac{N}{(A*K)} + \frac{D}{V} \quad (1)$$

Donde:

- TS: Tiempo de salida (en segundos)
- N: Número de personas a evacuar
- A: Ancho de salida (en metros)
- K: Constante experimental
- D: Distancia total recorrida (en metros)
- V: Velocidad de desplazamiento (en metros por segundo)

---

<sup>3</sup> *Plan de emergencia, Mancera.* <https://es.slideshare.net/manceramr/plan-de-emergencias-15570992>. Consulta: abril de 2016.

## **2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

Se utilizó un modelo cuantitativo con enfoque descriptivo para la recopilación de los datos en campo, que se obtuvieron dentro de las instalaciones del edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería del campus central.

El enfoque descriptivo se utilizó para plantear los objetivos de la investigación, determinando el nivel de conocimiento que tienen los alumnos y profesores de la Escuela de Ingeniería Civil acerca de: señalizaciones de rutas y salidas de emergencia, puntos de reunión, amenazas o desastres con mayores posibilidades de ocurrencia dentro de las instalaciones del edificio T-3 de Ingeniería, tiempos de evacuación y simulacros de evacuación en caso de emergencia sísmica.

La información se auxilió de estudios y análisis de documentos con los cuales se obtuvo información que se caracterizó por presentar la interpretación de los datos de forma gráfica y en tablas estadísticas.

### **2.1. Metodología para la evaluación del conocimiento de los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, en el tema de normas y reglamentos que regulan los simulacros de evacuación en caso de sismos (etapa de planeación)**

El procedimiento para obtener los datos cuantitativos sobre los conocimientos que los estudiantes y docentes de la escuela de Ingeniería Civil tienen con respecto al tema de normas y reglamentos que regulan los simulacros de evacuación en caso de sismos, fue el siguiente:

### 2.1.1. Muestra poblacional

La muestra poblacional para el estudio estuvo formada por docentes y estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la jornada matutina y vespertina, que actualmente cursan los últimos años de la carrera. Se utilizó la metodología del muestreo aleatorio simple (MAS), en el que todos los docentes y alumnos tuvieron las mismas probabilidades de ser seleccionados para formar parte de la muestra poblacional. Para la selección y asignación del tamaño de la muestra poblacional se utilizaron los siguientes factores:

- El porcentaje de confianza garantizó que los datos obtenidos de la muestra hacia la población total utilizaría una tolerancia del 100 % al 90 %.
- El porcentaje de error descartó los valores verdaderos de los falsos, utilizando una tolerancia de 0 % hasta 10 %.
- El nivel de variabilidad representó la probabilidad o el porcentaje con que se aceptaron y rechazaron los datos.

El porcentaje con que se aceptó la hipótesis de los datos de la muestra poblacional se llama variabilidad positiva ( $p$ ) y el porcentaje con el que se rechaza la hipótesis es la variabilidad negativa ( $q$ ). Los valores de  $p$  y  $q$  son porcentajes complementarios, la suma es igual a la unidad:  $p + q = 1$ . El valor de la máxima variabilidad para  $p$  y  $q$  será de  $p = q = 0,5$ , dado que no existen pruebas previas a esta investigación que puedan ser utilizadas como antecedentes. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó de acuerdo a la fórmula de la tabla II y se utilizaron los niveles de confianza de la tabla III.

Tabla II. **Fórmula para determinar el tamaño de la población**

<b>Cuando no se conoce el número exacto de la población</b>
$n = \frac{Z^2 pq}{E^2}$ <p>Donde:</p> <p>n es el tamaño de la muestra</p> <p>Z es el nivel de confianza</p> <p>p es la variabilidad positiva</p> <p>q es la variabilidad negativa</p> <p>E es la precisión o error</p>

Fuente: CANALES, Anabel. *Estadística inferencial. Tamaño de la muestra.*  
<https://es.slideshare.net/guest8a3c19/tamao-de-la-muestra-4141371>. Consulta: octubre de 2017.

Tabla III. **Niveles de confianza según nivel de significancia**

NIVEL DE CONFIANZA (NC %)	ERROR	NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ )	NIVEL DE CONFIABILIDAD (Z)
	100-NC	$\alpha = 1-(NC/100)$	
99 %	1 %	0.01	2.58
98 %	2 %	0.02	2.33
97 %	3 %	0.03	2.17
96 %	4 %	0.04	2.05
95 %	5 %	0.05	1.96

Fuente: CANALES, Anabel. *Estadística inferencial. Tamaño de la muestra*.  
<https://es.slideshare.net/guest8a3c19/tamao-de-la-muestra-4141371>. Consulta: octubre de 2017.

Se tomó un error del 5 %  $\pm$  1 %, debido a que no existe alguna investigación previa a este documento.

### 2.1.2. Encuestas de evaluación (etapa de preparación)

Para la etapa de preparación se realizó una encuesta a los docentes y estudiantes que cumplieron con los siguientes requisitos:

- Pertener a la Escuela de Ingeniería Civil
- Formar parte de la muestra poblacional seleccionada
- Asistir con regularidad a una de las dos jornadas de estudio
- No tener conocimiento de los *ítems* del cuestionario

La encuesta estuvo formada por 12 *ítems* de opción múltiple y estuvo basada en el cuestionario de la figura 6:

Figura 6. Cuestionario de evaluación

		<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> EDIFICIO DE INGENIERIA T-3 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
<b>NIVEL</b> <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <b>HORARIO</b> _____	<input type="checkbox"/> Alumno	
<b>SALON No.</b> _____ <b>CATEDRA</b> _____	<input type="checkbox"/> Catedrático	
	<input type="checkbox"/> Personal administrativo	
<b>Instrucciones:</b> A continuación se le plantean una serie de preguntas, marque con una "X" en el espacio "SI" o "NO" según sea su conocimiento		<b>GENERO:</b>
		<input type="checkbox"/> Masculino
		<input type="checkbox"/> Femenino
1. ¿Conoce que es un simulacro de evacuación?		
<input type="checkbox"/> SI		
<input type="checkbox"/> NO		
2. ¿Ha realizado un simulacro de evacuación?		
<input type="checkbox"/> SI		
<input type="checkbox"/> NO		
3. ¿Ha observado si en el edificio hay señalizaciones de evacuación en caso de emergencia?		
<input type="checkbox"/> SI		
<input type="checkbox"/> NO		
4. ¿Considera que su aula es segura y tiene una ruta apropiada para realizar una evacuación en caso de sismo?		
<input type="checkbox"/> SI		
<input type="checkbox"/> NO		
5. ¿Conoce que es el CDSYD y a que se dedica?		
<input type="checkbox"/> SI		
<input type="checkbox"/> NO		

Continuación de la figura 6.

6. ¿Conoce las rutas de evacuación en caso de un sismo?

SI

NO

7. ¿Conoce los puntos de reunión a los que debe ir en caso de un sismo o alguna emergencia?

SI ¿Qué puntos de reunión conoce? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

NO

8. ¿Piensa que es importante la capacitación para saber qué hacer en caso de sismo?

SI

NO

9. ¿Considera que es importante implementar un plan de evacuación en el edificio T-3?

SI

NO

10. A su criterio, ¿Cuál es la amenaza o desastre que más probabilidades de ocurrir tenga acá en el edificio T-3 de ingeniería?

<input type="checkbox"/> Sismos	<input type="checkbox"/> Incendios
<input type="checkbox"/> Hundimientos	<input type="checkbox"/> Epidemias
<input type="checkbox"/> Envenenamiento	<input type="checkbox"/> Escape de sustancias peligrosas
<input type="checkbox"/> Explosiones	<input type="checkbox"/> Concentraciones masivas

11. ¿Conoce cuáles son las normas NRD2?

SI ¿Sabe para qué sirven y donde se aplican? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

NO

12. ¿Conoce que son los tiempos de evacuación?

SI

NO

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Word 2013.

Los ítems del cuestionario se utilizaron para interrogar de manera escrita y verbal a los docentes y alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil pertenecientes a la muestra poblacional seleccionada, tal como se puede observar en las fotos de las figuras 7, 8, 9 y 10.

**Figura 7. Realización de cuestionario de evaluación en aula con pupitres fijos (jornada matutina)**



Fuente: Resistencia de materiales 1, sección B, salón 210, edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 8. **Realización de cuestionario de evaluación en aula con pupitres móviles (jornada matutina)**



Fuente: Mecánica de Fluidos, sección A, salón 105, edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 9. **Realización de cuestionario de evaluación en aula con pupitres fijos (jornada vespertina)**



Fuente: Análisis Estructural 1, sección N, salón 216, edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 10. **Realización de cuestionario de evaluación en aula con pupitres movibles (jornada vespertina)**



Fuente: Concreto Preesforzado, sección N, salón 311, edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

## **2.2. Metodología para determinar los tiempos de evacuación por medio de simulacros en aulas del edificio T-3 de Ingeniería (etapa de ejecución)**

Los ejercicios de simulacro de evacuación que se utilizaron se basaron en el programa que realiza la Coordinación del Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres (CEDESYD), llamado “40 minutos y listo por un aula segura”.

El desarrollo de los ejercicios consistió de los siguientes pasos:

- Se realizó una plática introductoria de 4 minutos máximo, en que se explicó de forma breve el fenómeno de los sismos, su frecuencia en la región de Centroamérica y Guatemala, la importancia de un plan de

evacuación, tiempos mínimos y los puntos de reunión más cercanos o próximos al edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería.

- Se identificaron los elementos o actividades que representan peligro y los factores que hacen vulnerables a las personas, alumnos y autoridades presentes dentro del aula. Esta actividad tuvo una duración máxima de 12 minutos.
- Durante 7 minutos máximo, se indicaron las medidas de protección que debe haber dentro del aula si ocurre un sismo.
  - Se les explicó que los estudiantes que se sienten en el escritorio más cercano a la salida, deben asumir la responsabilidad de abrir las dos hojas de la puerta hacia afuera o en caso de que las hojas de la puerta abran hacia adentro, y uno o dos individuos deben asumir el rol de líderes para la realización de la evacuación, despejando los escritorios de la primera fila para facilitar la salida.
- Se realizó el ejercicio de evacuación del aula de forma segura con una duración de 7 a 10 minutos máximo. Se utilizaron las rutas de emergencia, situándose en los puntos de reunión próximos a su localización y se realizó un recuento de compañeros.
- Se formó un grupo de dos o más personas para buscar y sacar de forma segura a las personas heridas que han quedado atrapadas en el simulacro de sismo, se aplica la técnica del silbato de vida y se explicó cuál es la forma correcta de trasladar a los heridos a una zona segura. El ejercicio duró de 7 a 10 minutos.

La metodología del simulacro se expuso en la primera sesión, teniendo una duración de 37 ó 40 minutos como máximo.

Los ejercicios de simulacros tuvieron como objetivo alcanzar el menor tiempo posible o el tiempo mínimo, constante y seguro para la evacuación de los alumnos de las instalaciones del edificio T-3 de Ingeniería.

### **2.2.1. Trabajo de gabinete y campo**

Se realizó una mesa de trabajo con el propósito de establecer los objetivos de los ejercicios de simulacros, las funciones de los procedimientos del Plan de Evacuación en caso de emergencia, el registro del tiempo mínimo para las evacuaciones de los alumnos de las aulas donde se realizaron los ejercicios de evacuación tomando en cuenta la cantidad de alumnos, la distancia de las salidas de emergencia a los puntos de reunión, el nivel y la ubicación del aula dentro del edificio T-3 de Ingeniería. Para el trabajo de gabinete se realizó lo siguiente:

- Se determinaron los horarios de cursos de los alumnos pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Civil, tanto en jornada matutina como en la jornada vespertina.
- La muestra poblacional se determinó seleccionando varios cursos y secciones de cátedras pertenecientes a la carrera de Ingeniería Civil.
- En la jornada matutina y vespertina se tomaron varios cursos de cátedras por cada nivel del edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería donde se imparten clases.
- Se elaboró el formato para la evaluación de los ejercicios de simulacro en caso de sismo. Ver figura 11.

Figura 11. **Formato de evaluación del ejercicio de simulacro en caso de sismo**

<b>Evaluación del ejercicio de simulacro en caso de sismo</b>		
<b>Edificio T-3 de la facultad de Ingeniería</b>		
Jornada de estudio: _____		
Nivel donde se realiza el simulacro: _____		
Fecha del ejercicio de simulacro: _____		
Hora de realización del ejercicio de simulacro: _____		
Tiempo de duración del simulacro: _____		
<b>Antes del ejercicio de simulacro</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
El equipo de gabinete asistió puntual y completo.		
El equipo de gabinete porta identificación y herramientas para el ejercicio de simulacro.		
<b>Durante el ejercicio de simulacro</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
El ejercicio de simulacro se realizó a la hora indicada.		
El sistema de alertamiento fue escuchado por todos los participantes.		
Los participantes reaccionaron de forma rápida ante la alerta de inicio del simulacro.		
Los participantes desalojaron el aula y las instalaciones del edificio T-3, de manera ordenada, rápida y segura.		
En la evacuación por las escaleras y ruta de evacuación se presentó algún problema.		
Algún alumno o participante permaneció en el pasillo o jardines del edificio T-3 de Ingeniería		
¿Cómo salieron los alumnos del aula y del edificio?		
Bromeando		
Apáticos		
Distraídos		
Nerviosos		
Participativos		
Los participantes salieron por las rutas y salidas de emergencia establecidas		
Los participantes llegaron a los puntos de reunión establecidos		

Continuación de la figura 11.

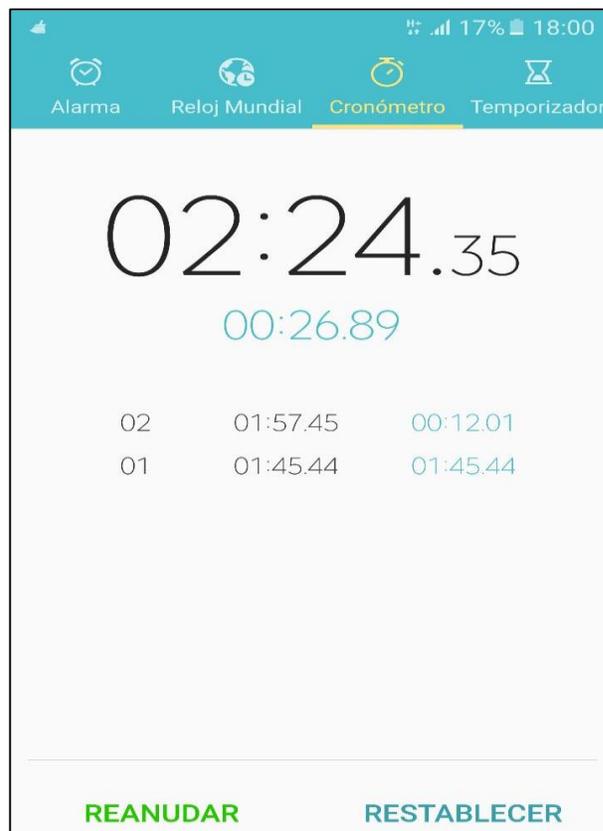
<b>Después</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
El equipo de gabinete realizo el censo de los participante en el ejercicio de evacuación de simulacro		
Los participantes resultaron dañados		
Se presentaron daños a bienes muebles e inmuebles durante el ejercicio de evacuación		
<b>Observaciones:</b>		

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Word 2013.

- Se establecieron las fechas para realizar las encuestas y las pláticas de cómo realizar un simulacro de evacuación en caso de sismo, con base en el programa “40 minutos y listo por un aula segura” del CEDESUD.
- Se coordinaron las fechas para realizar los ejercicios de simulacros sin previo aviso y las fechas para realizar los ejercicios de simulacros con previo aviso.
- Se informó y solicitó permiso a los catedráticos de los cursos seleccionados para realizar las encuestas y ejercicios de evacuación en caso de sismo.
- Se determinaron las rutas de evacuación, salidas de emergencia, puntos de reunión y zonas seguras, para los alumnos que realizaron los ejercicios de simulacro de evacuación en caso de sismo.
- Para cada zona segura se estableció una persona encargada del monitoreo, la medición y registro del tiempo que tardaron los alumnos desde la evacuación del aula hasta la llegada a los puntos de reunión más cercanos a su ubicación.

- Los tiempos de evacuación se midieron y registraron utilizando cronómetros de aplicaciones de teléfonos celulares. Ver figura 12.

Figura 12. **Medición de tiempos de evacuación**



Fuente: cronómetro de aplicación Android de teléfono celular.

- El comportamiento de los alumnos durante los ejercicios de evacuación se registró por fotografías tomadas con cámaras de teléfonos celulares y se compartieron al grupo de gabinete por medio del *chat*. Ver figura 13.

Figura 13. **Ejercicio de evacuación**



Fuente: segundo nivel del edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Para la ejecución práctica de los ejercicios de evacuación sin previo aviso, establecida en el trabajo de gabinete, se realizaron las siguientes acciones:

- Se realizaron las entrevistas escritas a los alumnos de los cursos de las cátedras seleccionadas, pertenecientes a la muestra poblacional en las fechas establecidas y con ayuda del equipo de gabinete.
- Se contó con el permiso de los catedráticos.
- El ejercicio de evacuación en caso de sismo se realizó en fecha desconocida por los alumnos.
- Se asistió al salón durante el intervalo del período de clases y se les indicó a los alumnos que se estaba realizando un ejercicio de evacuación en caso de sismos, por lo que debían evacuar de forma inmediata.

- Durante el ejercicio de evacuación se utilizó el formato de evaluación del ejercicio de simulacro en caso de sismo, se realizó un registro fotográfico y anotaciones del comportamiento de los alumnos.
- El tiempo de evacuación se midió desde el momento en que salió el primer alumno del salón hasta que se registró el último alumno a uno de los puntos de reunión.
- Se tomaron notas de los pros y contras del ejercicio de evacuación sin previo aviso.
- Durante el ejercicio de evacuación se registró el comportamiento de los alumnos, por medio de fotografías tomadas con cámaras de teléfonos celulares y se compartieron por *chat* al grupo de gabinete. Ver figura 14.

Figura 14. **Ejercicio de simulacros sin previo aviso**



Fuente: segundo nivel del edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Para la ejecución práctica de los ejercicios de evacuación con previo aviso, establecida en el trabajo de gabinete, se realizaron las siguientes acciones:

- Se realizaron las entrevistas escritas a los alumnos de los cursos de las cátedras seleccionadas, pertenecientes a la muestra poblacional en las fechas establecidas y con ayuda del equipo de gabinete.
- Se realizaron las pláticas informativas de cómo actuar en caso de sismos y cómo se debe realizar correctamente un ejercicio de simulacro de evacuación según lo establecido por el programa de “40 minutos y listo por un aula segura” del CEDESUD.
- Se contó con el permiso de los catedráticos y, en las fechas previamente establecidas, se realizaron los ejercicios de simulacros con previo aviso.
- Los ejercicios de evacuación en caso de sismos se realizaron en fechas conocidas por los catedráticos y alumnos.
- Durante el intervalo del periodo de clases se asistió al salón y se les indicó a los alumnos que se realizaría el ejercicio de evacuación en caso de sismos.
- Con ayuda del equipo de gabinete, se les indicó cuáles eran las medidas de seguridad que debían tomar antes de comenzar el ejercicio de simulacro de evacuación.
- Se indicaron las rutas de evacuación, salidas de emergencia y puntos de reunión a los que deberían llegar en el menor tiempo posible.
- Se les indicó a los alumnos que deberían dejar sus cosas, protegerse la cabeza y salir en orden del salón, utilizando las rutas de evacuación previamente indicadas y que se debían dirigir por las salidas de emergencia hacia el punto de reunión más cercano a su ubicación. Ver figuras 15 y 16.

Figura 15. **Ejercicio de evacuación con previo aviso**



Fuente: tercer nivel del edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 16. **Punto de reunión, ejercicio de evacuación con previo aviso**



Fuente: punto de reunión 3, parqueo del edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

- Durante cada ejercicio de evacuación se utilizó el formato de evaluación del ejercicio de simulacro en caso de sismo, se realizó un registro fotográfico y anotaciones del comportamiento de los alumnos. Ver figura 17.

Figura 17. **Registro fotográfico del ejercicio de evacuación con previo aviso**



Fuente: segundo nivel del edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

- El tiempo de evacuación se midió desde el momento en que salió el primer alumno del salón hasta que se registró la llegada del último alumno a uno de los puntos de reunión.
- Se tomaron notas de los pros y contras del ejercicio de evacuación sin previo aviso.
- Durante el ejercicio de evacuación se registró el comportamiento de los alumnos, por medio de fotografías tomadas con cámaras de teléfonos celulares, y se compartieron por *chat* al grupo de gabinete.

### **2.2.2. Número de simulacros de participación**

Se determinó un escenario acerca de las posibles consecuencias o daños generados dentro del edificio T-3 de Ingeniería, tomando como factores: la ubicación geográfica, condiciones físicas, características o problemática del edificio, hora del evento sísmico, magnitud del fenómeno y afectación directa o indirecta al edificio T-3 de Ingeniería, originada por las fallas de Pinula y Mixco.

Los simulacros de evacuación en caso de sismo fueron planeados para un escenario que incluyó información lo más apegada a la realidad, los ejercicios de evacuación se repitieron tres veces en la jornada matutina y tres veces en la jornada vespertina, se incluyó una secuencia de eventos y horarios en distintos días, pudiéndose complementar con la creación de situaciones sorpresa durante los mismos.

Los ejercicios de simulacros se dividieron en:

- Simulacros sin previo aviso

Se realizó un ejercicio de simulacros en la jornada matutina y un ejercicio de simulacros en la jornada vespertina, en fechas y en horas conocidas por el grupo de gabinete, pero desconocidas por los profesores y los alumnos involucrados en la realización del simulacro de evacuación.

En los ejercicios se evaluó el desempeño, la organización y el tiempo máximo de evacuación efectuado por los alumnos, tal como se observa en las fotografías de las figuras 18, 19, 20 y 21.

Figura 18. **Realización de ejercicios de simulacros sin previo aviso en aulas con escritorios fijos (jornada matutina)**



Fuente: Resistencia de materiales 1, sección B, salón 210, edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 19. **Realización de ejercicios de simulacros sin previo aviso en aulas con escritorios movibles (jornada matutina)**



Fuente: Topografía 1, sección A, salón 114, edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 20. **Realización de ejercicios de simulacros sin previo aviso en aulas con escritorios fijos (jornada vespertina)**



Fuente: Diseño Estructural, sección N, salón 216, edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 21. **Realización de ejercicios de simulacros sin previo aviso en aulas con escritorios fijos (jornada vespertina)**



Fuente: Concreto Preesforzado, sección N, salón 311, edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

- Simulacros con previo aviso

Se realizaron dos ejercicios de simulacros en la jornada matutina y dos ejercicios de simulacros en la jornada vespertina, en fechas y en horas conocidas por el grupo de gabinete, profesores y los alumnos involucrados en la realización del simulacro de evacuación en caso de sismo.

Para la realización de los ejercicios de simulacros se indicaron las funciones, actividades, posiciones, conductas que cada integrante del grupo debía adoptar y cuáles son los grupos de apoyos externos a los que deben acudir en caso de un evento sísmico o una emergencia, tales como Bomberos, Cruz Roja, Policía, entre otros.

Se establecieron las rutas de evacuación, salidas de emergencia, tiempos máximos en los que debían realizar los ejercicios de simulacro, y se indicaron los puntos de reunión a los que debían llegar los alumnos. Ver en las figuras 22, 23, 24 y 25.

Figura 22. **Realización de ejercicios de simulacros con previo aviso  
(jornada matutina)**



Fuente: segundo nivel del edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 23. **Finalización de ejercicios de simulacros con previo aviso  
(jornada matutina)**



Fuente: punto de reunión 7, parqueo del edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 24. **Realización de ejercicios de simulacros con previo aviso (jornada vespertina)**



Fuente: evacuación de salón de clases, tercer nivel del edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

Figura 25. **Finalización de ejercicios de simulacros con previo aviso (jornada vespertina)**



Fuente: alumnos en punto de reunión 7, edificio T-3 de Ingeniería, USAC.

### **2.3. Normas y procedimientos de tiempos de evacuación en aulas con pupitres fijos y aulas con pupitres móviles**

De acuerdo al Artículo 28, Rotulación de Salidas de Emergencia y Rutas de Evacuación, de la norma NRD2, cuando se tengan dos (2) o más salidas de emergencia será obligatorio rotular las puertas indicando todas las salidas posibles en casos de una emergencia, la rotulación se deberá instalar en lugares visibles sobre o inmediatamente adyacente a una puerta de salida que conduzca a un punto de reunión en una zona segura, ubicada en un ambiente interno o externo libre de amenazas.

El tiempo de evacuación se determinó desde el momento que inició el ejercicio de evacuación y salió el primer alumno del aula, siguió por la ruta de evacuación, tomó la salida de emergencia inmediata, hasta que el último alumno llegó al punto de reunión más próximo. Los puntos de reunión se encuentran en el perímetro del edificio T-3.

La rotulación de puertas, rutas y salidas de emergencia que hay dentro del edificio T-3, ayudó a minimizar el tiempo para efectuar los ejercicios de evacuación de las aulas dentro del edificio. Para calcular y comparar los tiempos de evacuación que se dieron por cada nivel del edificio T-3 de Ingeniería, se tomó como referencia el tiempo promedio que tardó el primer alumno y el tiempo que tardó el último en llegar al punto de reunión. Los ejercicios de evacuación se realizaron en distintas aulas de cada nivel y a distintas horas del día.

### **2.3.1. Normas y ejercicios de evacuación en aulas con pupitres fijos**

El edificio T-3 de Ingeniería cuenta con dos tipos de ambientes y sistemas de pupitres: el sistema de pupitres fijos (pupitres plásticos de color azul sujetos al piso) y el sistema de pupitres móviles (pupitres de color negro).

Para los ambientes del nivel 0 y el segundo nivel del edificio T-3 de Ingeniería, que cuentan con asientos fijos, la norma NRD2 en el Artículo 26, Asientos fijos<sup>4</sup>, establece que el espaciamiento libre entre filas de asientos es la distancia horizontal libre entre el respaldo del asiento de la fila de enfrente y la proyección más cercana de la fila. Cuando los asientos son automáticos, la distancia puede ser medida con los asientos subidos. Cuando los asientos no son automáticos, la distancia libre debe ser medida con los asientos abajo.

También indica que el espaciamiento libre mínimo entre filas de asientos debe ser de:

- Treinta (30) centímetros para filas con 14 o menos asientos.
- Treinta (30) centímetros más 0,76 centímetros por cada asiento adicional después del catorce (14), hasta un máximo de cincuenta y seis (56) centímetros.

En el Artículo 25, Pasillos, la norma NRD2 indica que el espaciamiento o el ancho libre de los pasillos no será menor de ciento veintidós (122) centímetros para pasillos con gradas y con asientos a ambos lados, ciento seis (106) centímetros para pasillos planos o con rampa y con asientos a ambos lados, y

---

<sup>4</sup> Norma de Reducción de Desastres Número Dos, NRD2, Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público.

noventa (90) centímetros para pasillos planos o con rampa y con asientos en un solo lado.

Para la realización de la toma de tiempos y los ejercicios de evacuación en el nivel cero y en el segundo nivel se tomó en cuenta lo siguiente:

- Ubicación de los ambientes
- Ancho de pasillo entre filas
- Número de salidas de emergencia
- Ruta de evacuación
- Puntos de reunión próximos al ambiente

El salón de videoconferencias se encuentra ubicado en el nivel 0 del edificio T-3 de Ingeniería, es un ambiente con pupitres fijos automáticos, cuenta con una sola ruta de evacuación hasta la puerta de salida, los puntos de reunión más cercanos son el punto 2 y el punto 7.

Los salones 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215 y 216 se encuentran ubicados en el segundo nivel del edificio T-3 de Ingeniería, son ambientes con pupitres fijos automáticos y plásticos de color azul sujetos al piso, cuentan con dos salidas de emergencia y una ruta de evacuación, los puntos de reunión más cercanos son el punto 2, el punto 3 y el punto 7, estos se pueden ver en la figura 26.

Figura 26. Localización de puntos de reunión cercanos al edificio T-3



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Word 2013.

En el nivel 0 y en el segundo nivel del edificio T-3 se realizaron varios ejercicios de evacuación sin previo aviso y con previo aviso, a distintas horas del día y en diferentes aulas. Se tomó como medida el tiempo por nivel que tardaron el primer y el último alumno en salir del aula, tomar la ruta de evacuación y llegar al punto de reunión más próximo a su ubicación.

Se registró en tablas los tiempos que tardaron los alumnos en realizar cada ejercicio de simulacro de evacuación y se separaron por nivel.

### **2.3.2. Normas y ejercicios de evacuación en aulas con pupitres móviles**

Para las aulas con pupitres móviles la Norma de Reducción de Desastres Número Dos indica que:

- El ancho mínimo de los corredores para cargas de ocupación menores a cincuenta (50) será de 90 centímetros; o ciento diez (110) centímetros para cargas de ocupación de cincuenta (50) o más.
- El ancho mínimo de los corredores utilizados en las rutas de evacuación no será menor al de la carga total de ocupación multiplicada por 0,76 para gradas y por 0,50 para otras salidas de emergencia, ni menores de noventa (90) centímetros, y deberá ser mantenido para cualquier nivel en todo el edificio.<sup>5</sup>
- La altura mínima en los corredores será de doscientos diez (210) centímetros. No podrá haber ninguna obstrucción que reduzca el ancho del corredor.<sup>6</sup>
- Para edificios de cuatro (4) o más niveles, por lo menos una de las gradas deberá extenderse a la superficie del techo, excepto cuando el techo tenga una pendiente igual o mayor al treinta y tres (33) por ciento. El edificio T-3 de Ingeniería cuenta con salida al techo, por medio de gradas ubicadas en el cuarto nivel.

Para la realización de la toma de tiempos y los ejercicios de evacuación en el nivel cero y en el segundo nivel se tomó en cuenta lo siguiente:

---

<sup>5</sup> Artículo 14. *Ancho de las Salidas de Emergencia, Norma de Reducción de Desastres Número Dos, NRD2.*

<sup>6</sup> Artículo 22. *Corredores, Norma de Reducción de Desastres Número Dos, NRD2.*

- Ubicación de los ambientes
- Ancho de pasillo entre filas
- Número de salidas de emergencia
- Ruta de evacuación
- Puntos de reunión próximos al ambiente

Los salones 109, 110, 111, 112, 113 y 114 son ambientes con pupitres móviles que se encuentran ubicados en el primer nivel del edificio T-3 de Ingeniería, además cuentan con una ruta de evacuación, dos juegos de gradas que dan acceso a los niveles superiores y a las dos salidas de emergencia. Los puntos de reunión más cercanos son el punto 2, el punto 3 y el punto 7.

En el tercer nivel del edificio T-3 de Ingeniería se encuentran ubicados los salones 309, 310, 311, 312, 313, 314 y 315, son ambientes con pupitres móviles, cuentan con una ruta de evacuación y dos salidas que se conectan al ducto de gradas del primer nivel.

En el cuarto nivel del edificio T-3 de Ingeniería se cuentan los salones 401, 403, 407, 408 y 410, que son ambientes con pupitres móviles. Este nivel cuenta con una ruta de evacuación y con dos ductos de gradas que conectan el nivel con los niveles inferiores y con la salida al techo.

En el primer, tercer y cuarto nivel del edificio T-3 se realizaron varios ejercicios de evacuación sin previo aviso y con previo aviso, a distintas horas del día y en aulas ubicadas a diferentes distancias. Se tomó como media el tiempo por nivel que tardaron el primer y el último alumno en salir del aula y en tomar la ruta de evacuación y llegar al punto de reunión más próximo a su ubicación. Se registró en tablas los tiempos que tardaron los alumnos en realizar cada ejercicio

de simulacro de evacuación y se separaron de acuerdo al nivel donde se realizaron.

#### **2.4. Método de caudal**

El método del caudal se determinó según la cantidad de alumnos, ubicación del aula, tipo de pupitres fijos o móviles y distancia máxima hacia la salida de emergencia. Para establecer el flujo de la evacuación se tomó la media de 60 personas por minuto por unidad de paso de cincuenta y seis (56) centímetros, a través de puertas y pasos horizontales.

### 3. RESULTADOS

Los resultados de la información y datos obtenidos en la encuesta que se les realizó a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería se representaron en forma gráfica empleando diagramas y cálculo porcentual para cada *ítem*.

#### **3.1. Resultados de la evaluación del conocimiento de los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, en el tema de los simulacros de evacuación en caso de sismos, normas y reglamentos que los regulan**

El tamaño de la muestra poblacional se calculó de acuerdo a la fórmula de la tabla II y se utilizaron los niveles de confianza de la tabla III, utilizando un error del 6 %. La muestra poblacional fue de 335 alumnos y catedráticos.

Se tomó una muestra poblacional de 144 alumnos y catedráticos de la jornada matutina y 191 alumnos y catedráticos de la jornada vespertina.

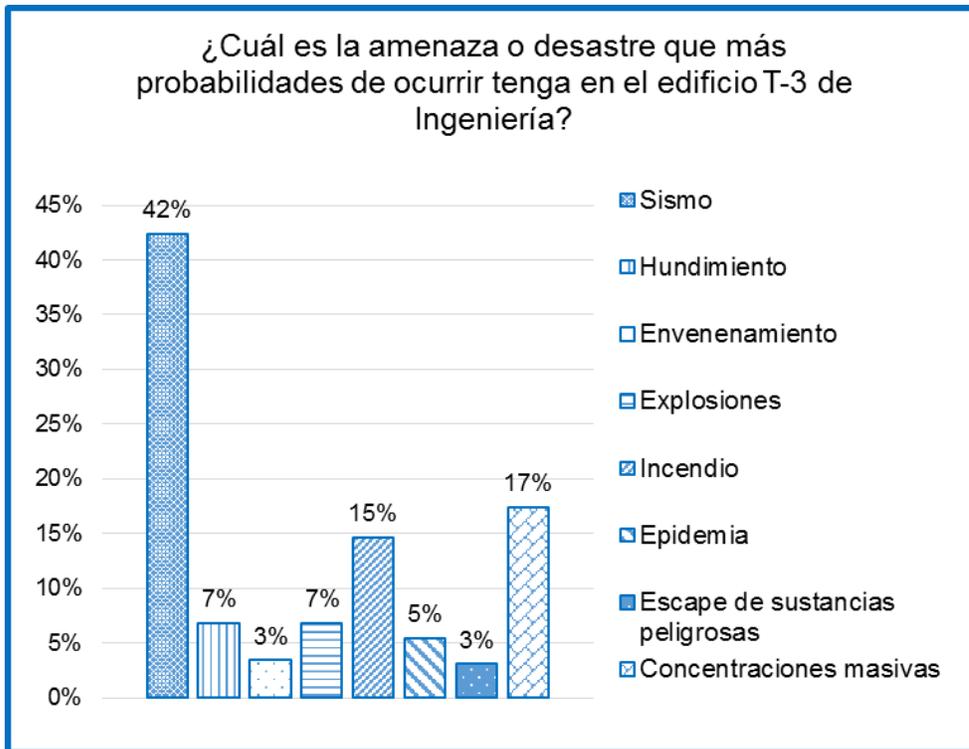
La información recopilada de los ítems del cuestionario dio como resultado la siguiente información:

- Grado de vulnerabilidad que sienten los alumnos dentro de las instalaciones del edificio T-3 de Ingeniería

En las gráficas de la figura 27 se observa que los alumnos de la jornada matutina indicaron que la principal amenaza o desastre que más probabilidad de

ocurrencia tiene dentro del edificio T-3 de la facultad de Ingeniería es un evento sísmico, debido a la proximidad de las fallas de Pinula y Mixco al campus central de la USAC y a la constante actividad sísmica del territorio nacional.

Figura 27. **Pregunta No. 1. Amenaza o desastre que más probabilidades de ocurrir tenga en el edificio T-3 de Ingeniería (jornada matutina)**

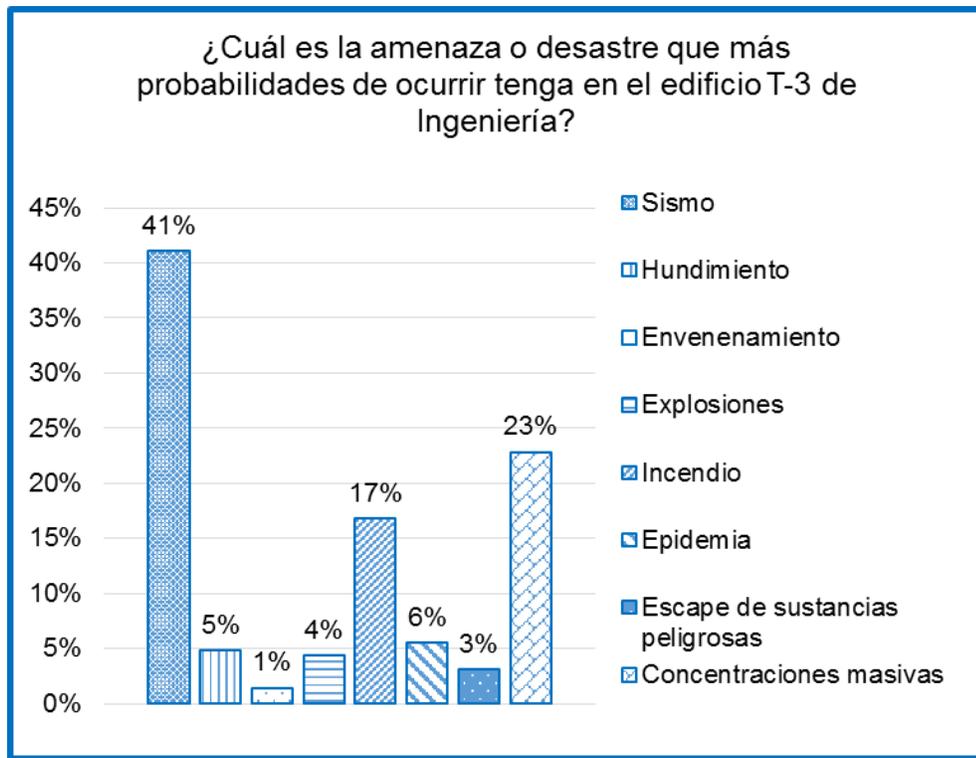


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

De igual forma, los alumnos de la jornada vespertina indicaron que la principal amenaza o desastre que más probabilidad de ocurrencia tiene dentro del edificio T-3 es un evento sísmico, debido a la proximidad de las fallas de

Pinula y Mixco al Campus Central de la USAC y a la constante actividad sísmica del territorio nacional. Ver figura 28.

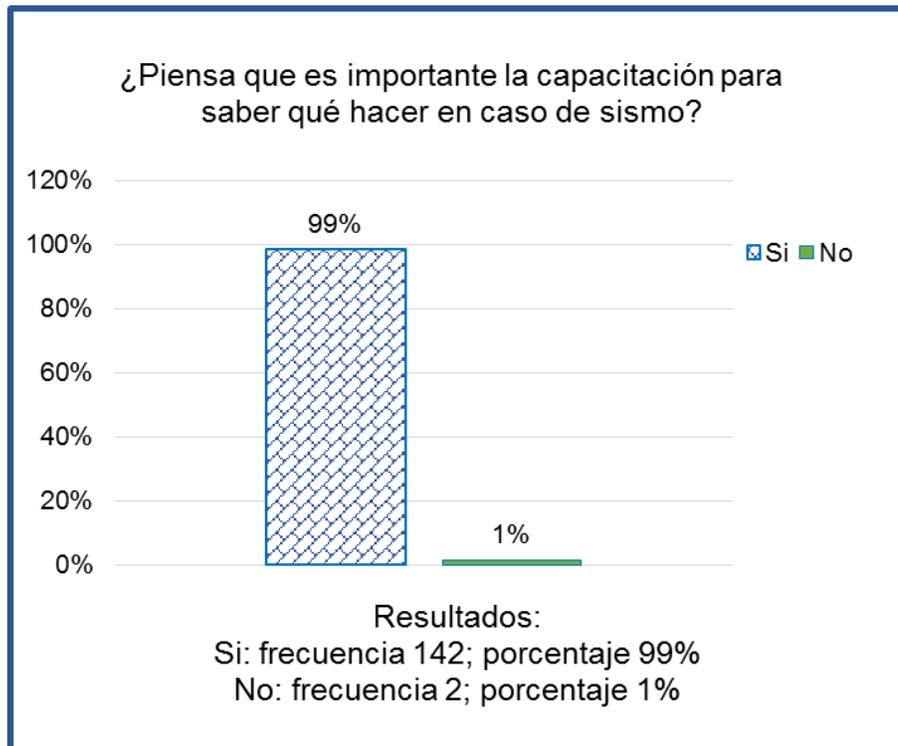
Figura 28. **Pregunta No. 1. Amenaza o desastre que más probabilidades de ocurrir tenga en el edificio T-3 de Ingeniería (jornada vespertina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Se registró que el 99 % de los alumnos de la jornada matutina están de acuerdo en que se realicen campañas constantes de capacitación de simulacros de evacuación en caso de sismos, para saber qué hacer y cómo actuar antes y después del evento. Ver figura 29.

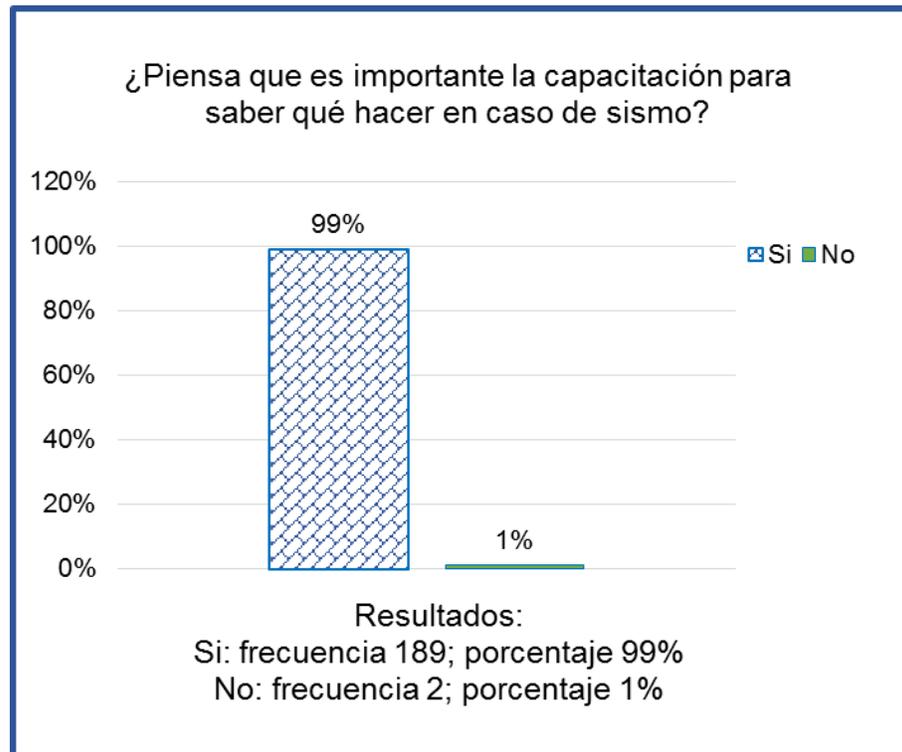
Figura 29. **Pregunta No. 2. ¿Es importante la capacitación para saber qué hacer en caso de sismo? (jornada matutina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

El 99 % de los alumnos de la jornada vespertina indicaron estar de acuerdo en que se realicen campañas constantes de capacitación de simulacros de evacuación en caso de sismos, para saber qué hacer y cómo actuar antes y después del evento. Ver figura 30.

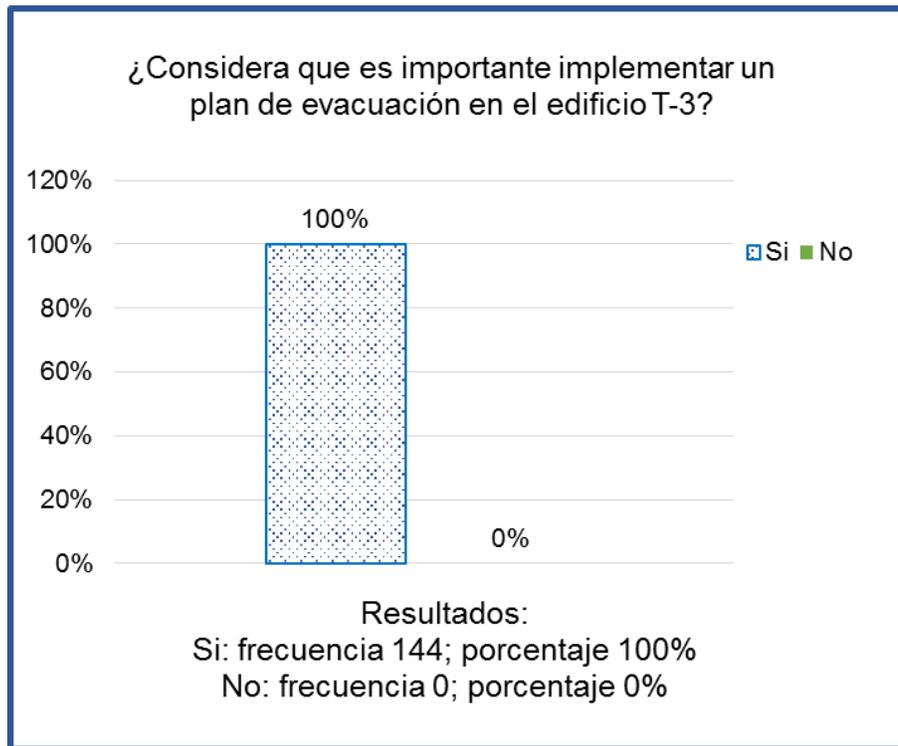
Figura 30. **Pregunta No. 2. ¿Es importante la capacitación para saber qué hacer en caso de sismo? (jornada vespertina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al preguntarles a los catedráticos y alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la jornada matutina si consideraban que es importante implementar un plan de evacuación en el edificio T-3, el 100 % indicó estar de acuerdo. Ver figura 31.

Figura 31. **Pregunta No. 3. Plan de evacuación en el edificio T-3 (jornada matutina)**

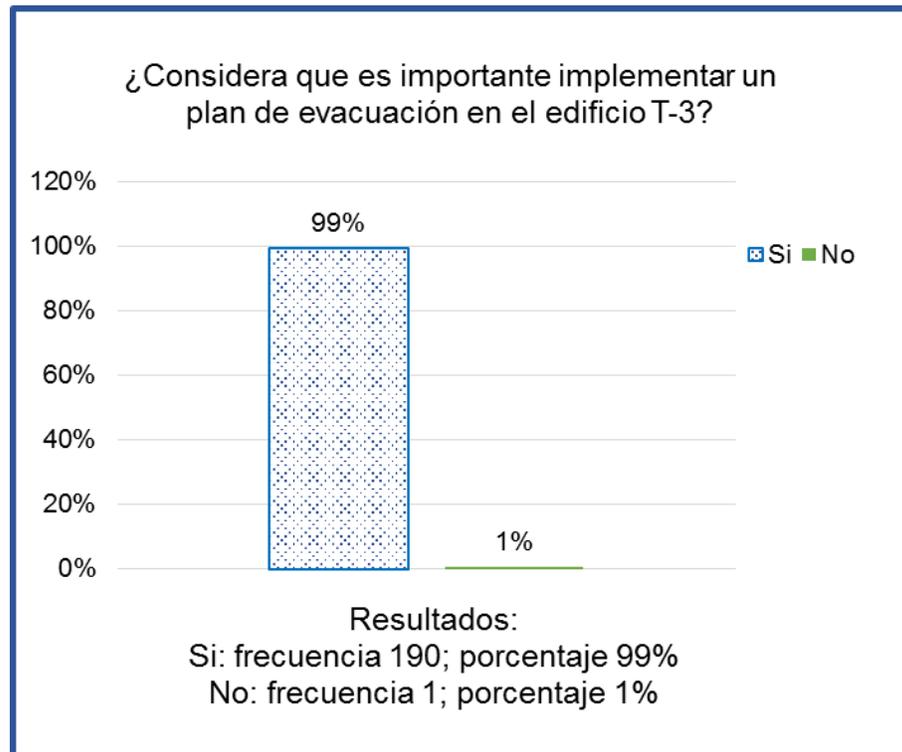


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

El 99 % de los catedráticos y alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la jornada vespertina estuvieron de acuerdo en que se implemente un plan de evacuación en caso de emergencia, conformado por alumnos, catedráticos y personal administrativo.

El 1 % de los alumnos no sabe qué es un plan de evacuación o cómo se conforma. Ver figura 32.

Figura 32. **Pregunta No. 3. Plan de evacuación en el edificio T-3 (jornada vespertina)**

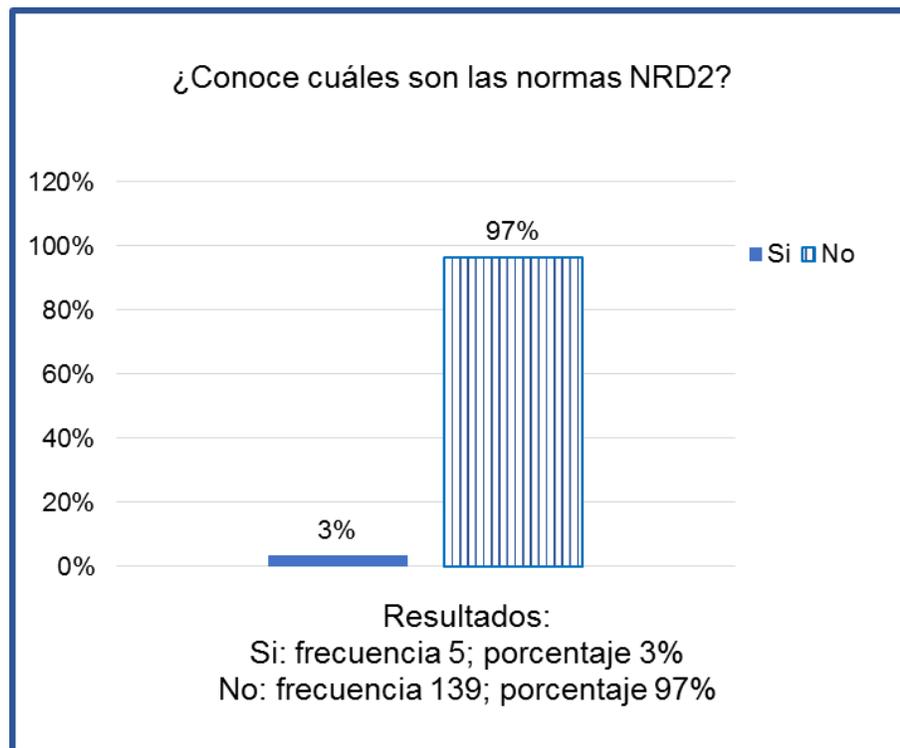


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

El 96 % de los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la jornada matutina no conocen qué son, para qué sirven, dónde se aplican ni cuál es el ente institucional que regula las normas NRD2.

Solo el 4 % de los alumnos tienen conocimiento de las normas NRD2. Ver figura 33.

Figura 33. **Pregunta No. 4. ¿Conoce las normas de Reducción de Desastres Número Dos? (jornada matutina)**

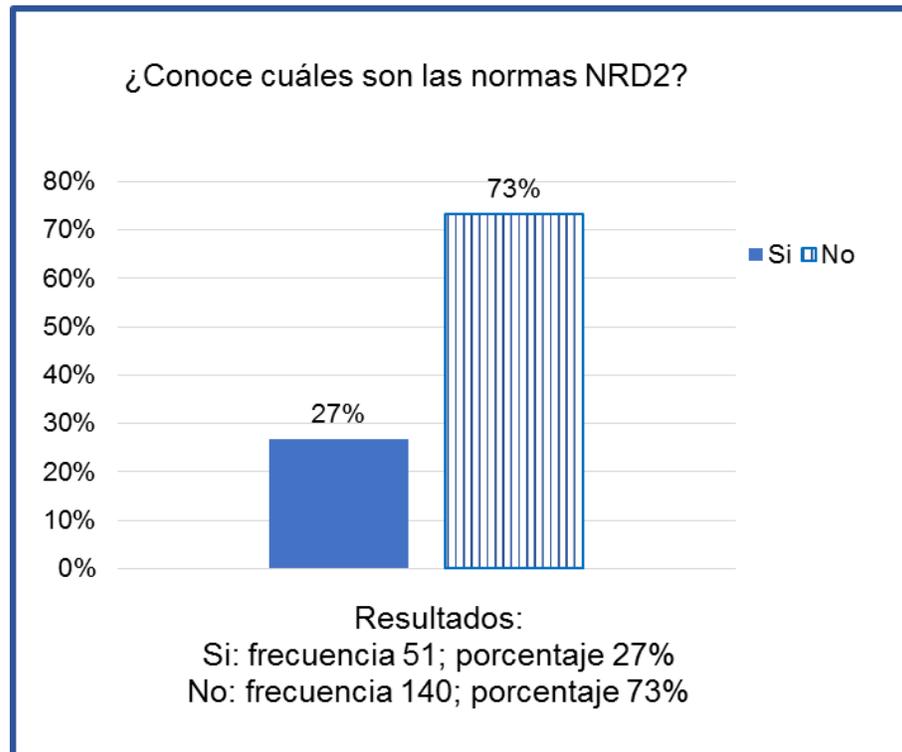


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al preguntarles a los alumnos de la jornada vespertina si conocían cuáles eran las normas NRD2, el 27 % de ellos contestó que sí tiene conocimiento de qué son, dónde se usan y que el ente que las regula es la CONRED.

El otro 73 % de los alumnos no conocen qué son, para qué sirven, dónde se aplican ni cuál es el ente institucional que regula las normas. Ver figura 34.

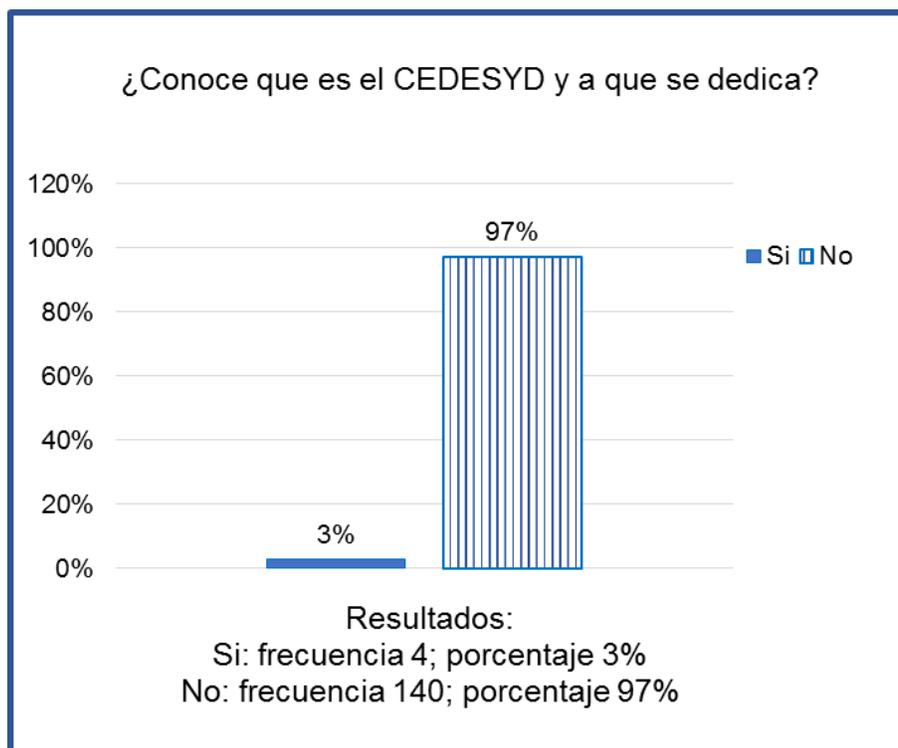
Figura 34. **Pregunta No. 4. ¿Conoce las normas de Reducción de Desastres Número Dos? (jornada vespertina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al entrevistar a los alumnos de la jornada matutina y preguntarles: ¿conocen a qué se dedica, para qué sirven y dónde se encuentra la sede del CEDESUD? Solo el 3 % de ellos contestaron que sí, mientras que el 97 % de los alumnos ignora qué es y en dónde se encuentra. Ver figura 35.

Figura 35. **Pregunta No. 5. ¿Conoce qué es el CEDESVD? (jornada matutina)**

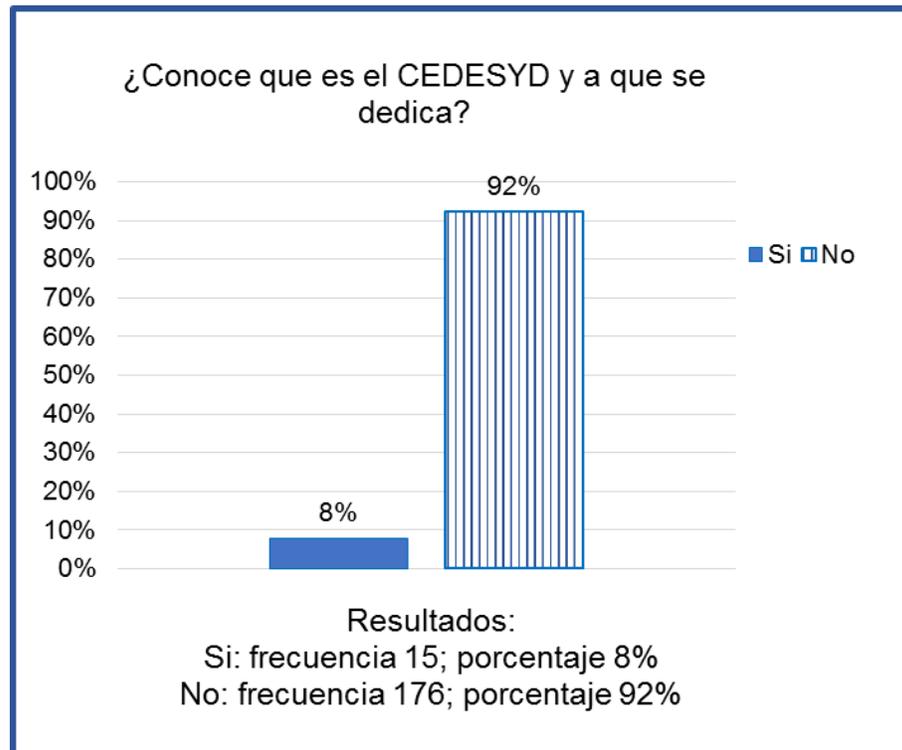


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

De igual manera se entrevistó a los alumnos de la jornada vespertina y se les pregunto: ¿conocen a qué se dedica, para qué sirven y dónde se encuentra la sede del CEDESVD? A lo que el 8 % de ellos contestaron que sí tienen conocimiento de qué es este centro, debido a que uno de los catedráticos les solicitó una tarea sobre el CEDESVD.

El resto de los alumnos pertenecientes al 92 % ignora qué es y en dónde se encuentra ubicada su sede. Ver figura 36.

Figura 36. **Pregunta No. 5. ¿Conoce qué es el CEDESVD? (jornada vespertina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- Puntos de encuentro o de reunión alrededor del perímetro del edificio T-3 de Ingeniería

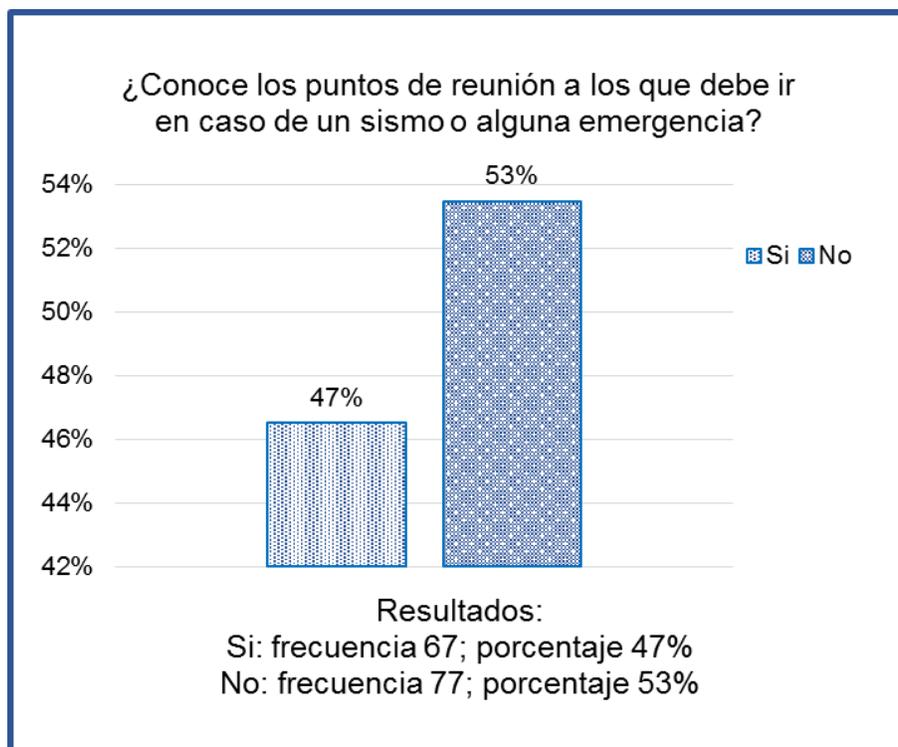
Para determinar si los catedráticos y alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil tienen conocimiento de qué son y dónde se encuentran ubicados los puntos de reunión y las zonas seguras, se realizaron las siguientes preguntas:

Al entrevistar de forma escrita a los catedráticos y alumnos de la escuela de Ingeniería Civil, se les realizó la siguiente pregunta: ¿conoce los puntos de

reunión a los que debe ir en caso de un sismo o alguna emergencia? A lo que el 47 % de los alumnos de la jornada matutina contestaron que sí conocen su simbología y ubicación.

El otro 53 % de los alumnos indicaron que desconocen dónde se encuentran ubicados y no saben a cuál punto de reunión deberían acudir en caso de un evento sísmico o una emergencia. Ver figura 37.

Figura 37. **Pregunta No. 6. Puntos de reunión (jornada matutina)**

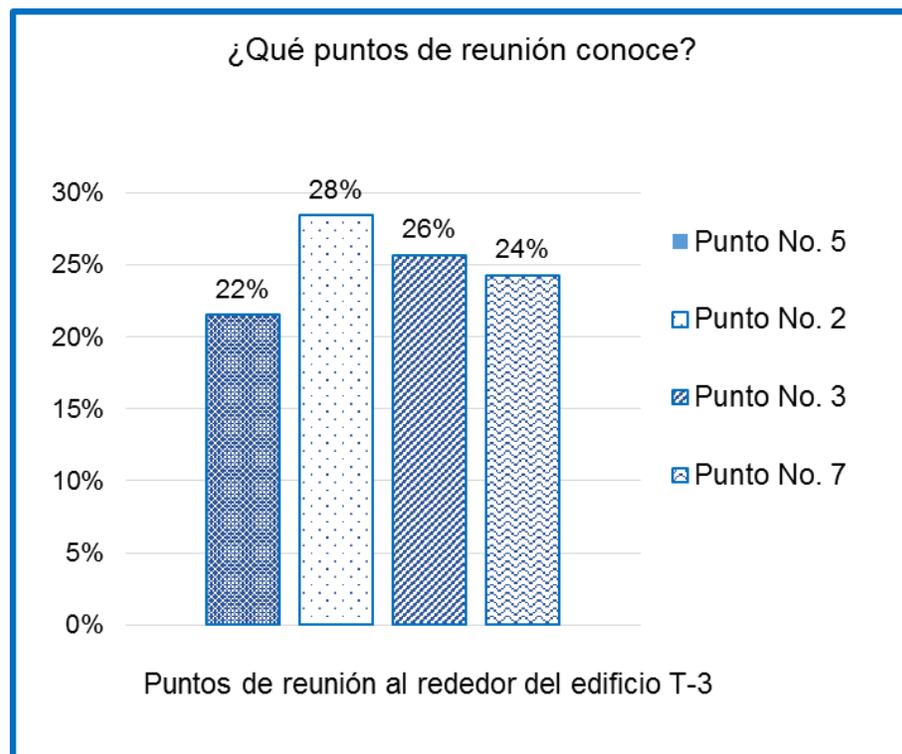


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Los alumnos de la jornada matutina que conocen los puntos de reunión y su ubicación indicaron que los puntos más conocidos son: el punto de reunión

No. 2 (con un 28 %) y No. 3 (con un 26 %), debido a que se encuentran en la parte frontal y lateral del edificio T-3 y en el área de parqueo, lo que hace más visible su ubicación. Ver figura 38.

Figura 38. **Puntos de reunión conocidos (jornada matutina)**

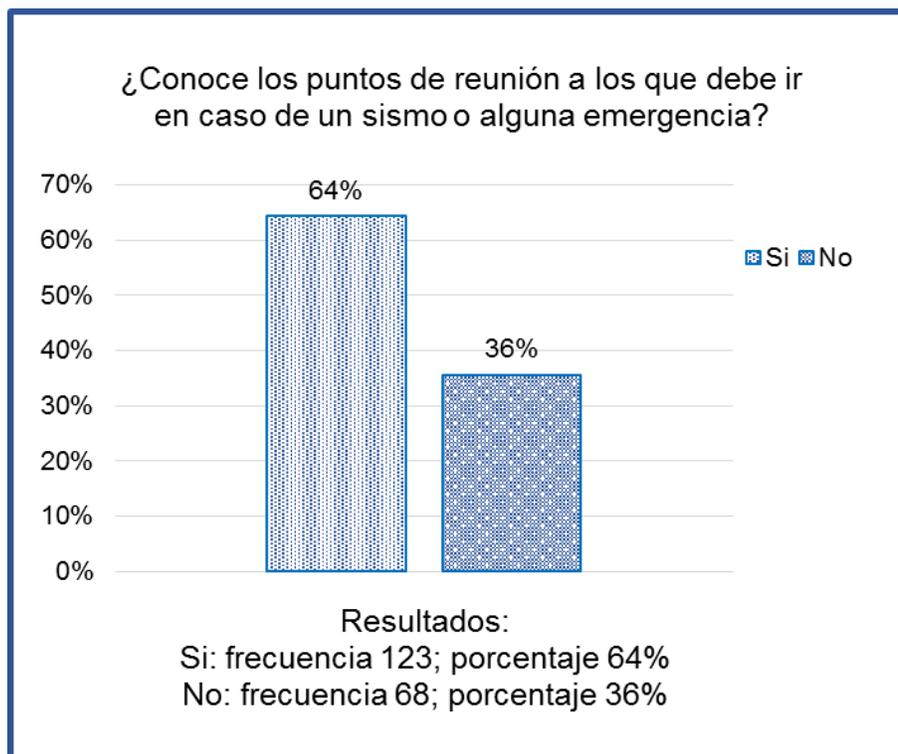


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Se entrevistó a los catedráticos y alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la jornada vespertina y al preguntar: ¿conoce los puntos de reunión a los que debe ir en caso de un sismo o alguna emergencia? El 64 % de los alumnos contestaron que sí conocen su simbología y ubicación.

El 36 % de los alumnos indicaron que desconocen dónde se encuentra ubicado y no saben a cuál punto de reunión deberían acudir en caso de un evento sísmico o una emergencia. Ver figura 39.

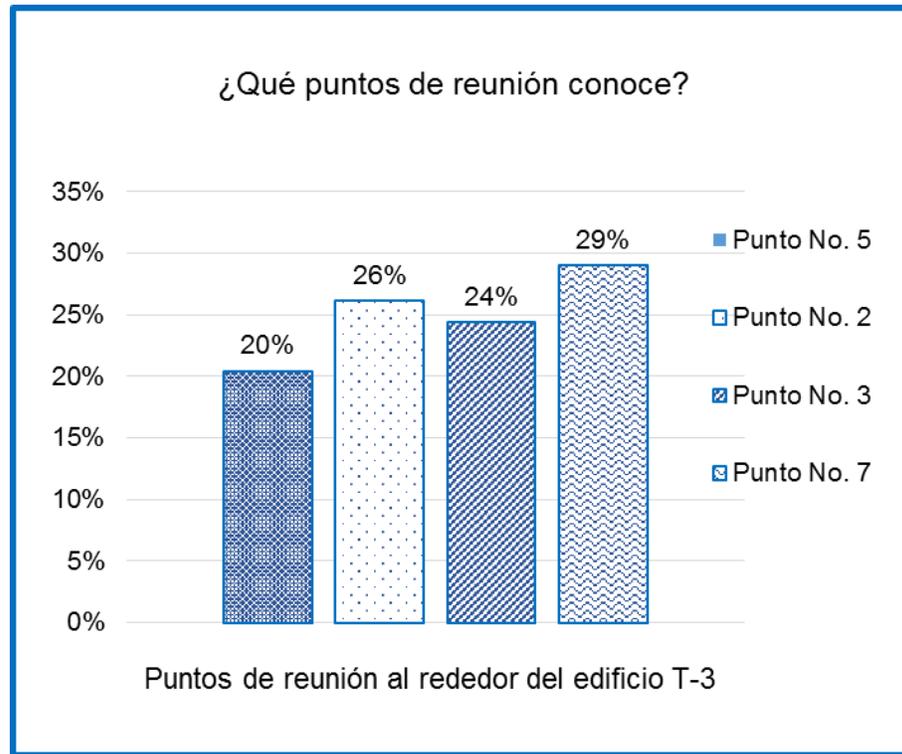
Figura 39. **Pregunta No. 6. Puntos de reunión (jornada vespertina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Los puntos de reunión más conocidos por los alumnos de la jornada vespertina son: el punto de reunión No. 7 (con un 29 %) y No. 2 (con un 26 %), debido a que se encuentran en la parte trasera y lateral del edificio T-3 y en el área de parqueo, lo que permite su ubicación con mayor visibilidad. Ver figura 40.

Figura 40. **Puntos de reunión conocidos (jornada vespertina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

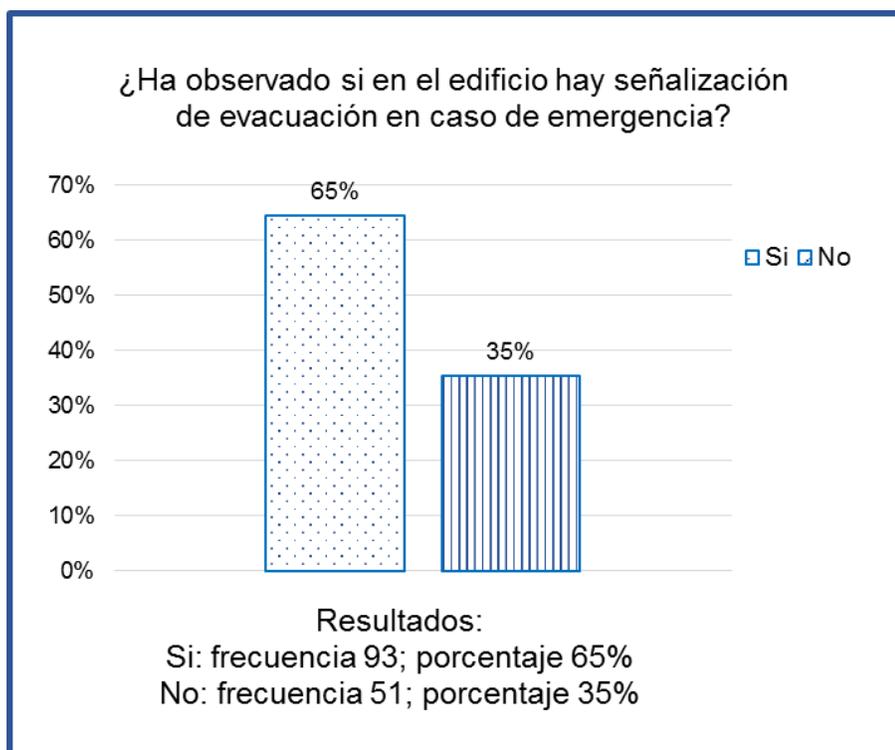
- Salidas de emergencia del edificio T-3 de Ingeniería

El edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería cuenta con dos salidas de evacuación por nivel, que están conectadas por el módulo de gradas a dos salidas de emergencia ubicadas en el primer nivel del edificio. Para determinar el conocimiento que tienen los catedráticos y alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil acerca de las rutas de evacuación y las salidas de emergencia, se realizaron las siguientes preguntas:

Al preguntar a los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la jornada matutina si han observado señalización de evacuación en caso de emergencia dentro del edificio T-3, el 65 % de los entrevistados indicaron que sí hay señalización de rutas de evacuación y salidas de emergencia pero que en algunas partes del edificio no son visibles.

El resto de los alumnos indicó que no han visto o que no tienen conocimiento de las señalizaciones de rutas de evacuación y salidas de emergencia. Ver figura 41.

Figura 41. **Pregunta No. 7. Señalización de evacuación en caso de emergencia dentro del edificio T-3 (jornada matutina)**

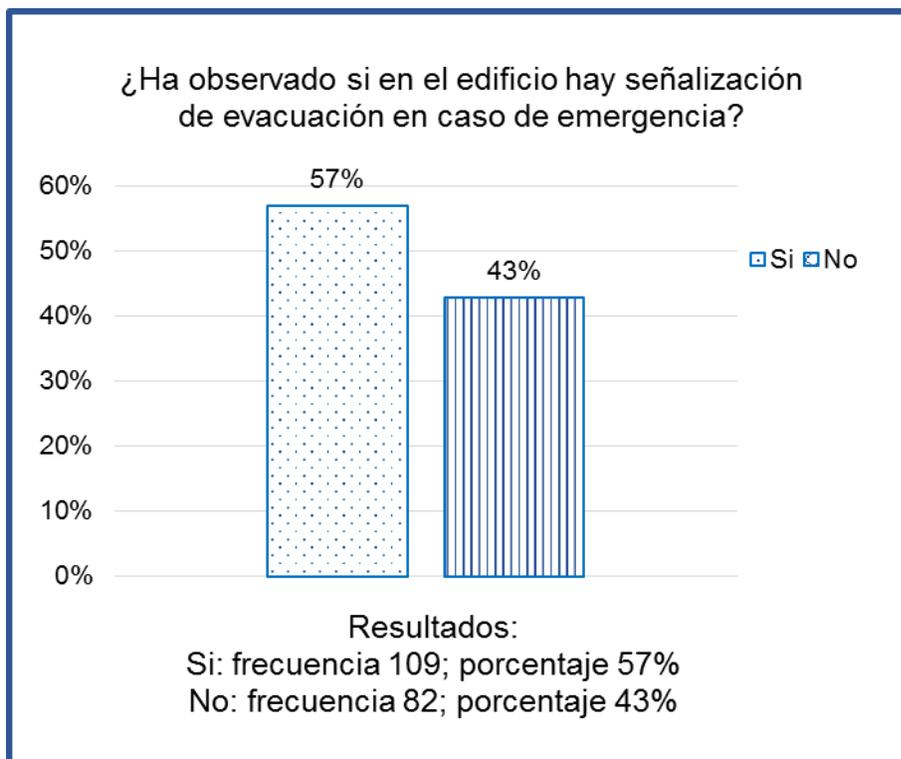


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al preguntar a los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la jornada vespertina si han observado señalización de evacuación en caso de emergencia dentro del edificio T-3, el 57 % de los entrevistados indicaron que sí hay señalización pero que en algunos niveles falta y en otras partes del edificio las señalizaciones no son de fácil visibilidad.

El resto de los alumnos indicó que no han visto o que no tienen conocimiento de las señalizaciones de rutas de evacuación y salidas de emergencia. Ver figura 42.

Figura 42. **Pregunta No. 7. Señalización de evacuación en caso de emergencia dentro del edificio T-3 (jornada vespertina)**

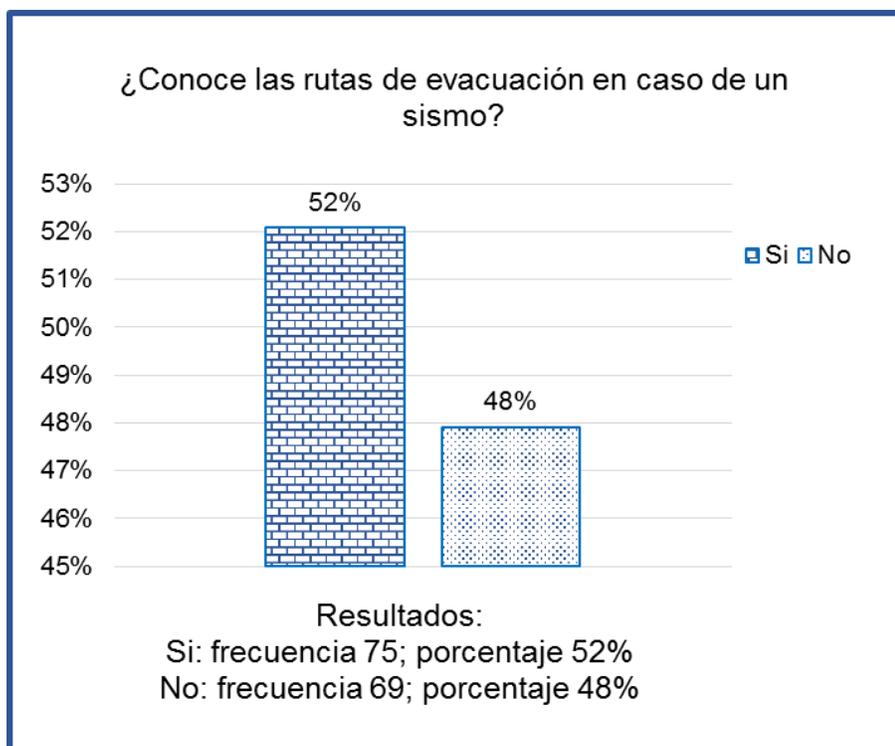


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Se les preguntó a los alumnos de la jornada matutina si conocían cuáles eran las rutas de evacuación en caso de sismos, el 52 % indicaron que sí las conocían, pero que en algunos niveles no hay señalización o no es visible.

El 48 % de los alumnos indicó que no conocen cuál es la ruta adecuada para la evacuación del edificio en caso de un evento sísmico o en caso de emergencia. Ver figura 43.

Figura 43. **Pregunta No. 8. Rutas de evacuación en caso de un sismo (jornada matutina)**



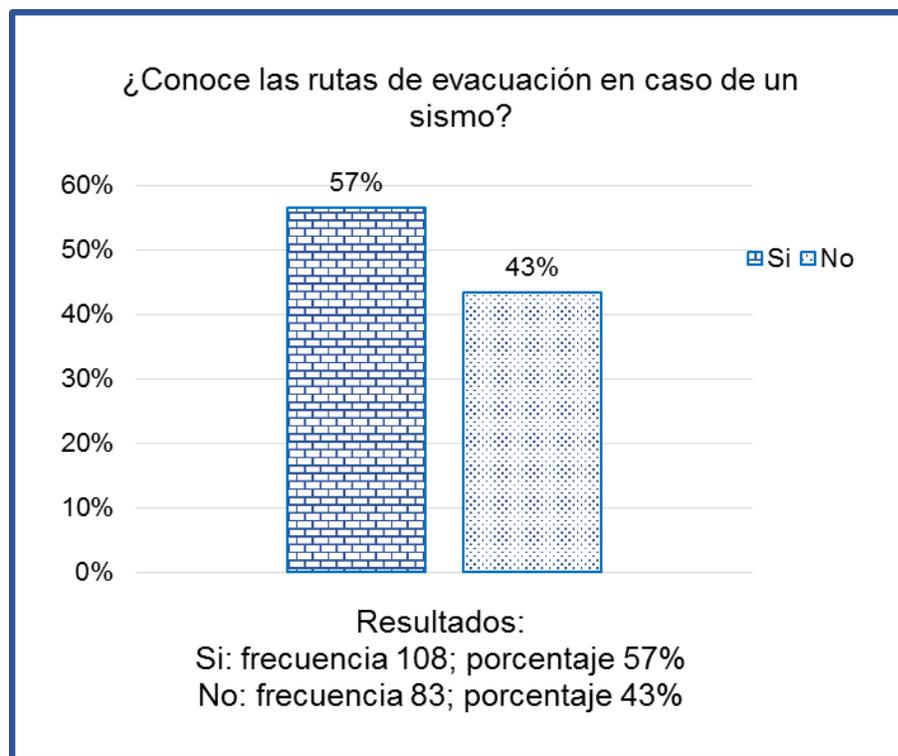
Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Se les preguntó a los alumnos de la jornada vespertina si conocían cuáles eran las rutas de evacuación en caso de sismos, el 57 % indicaron que sí las

conocían, pero que en algunos niveles del edificio T-3 no hay visibilidad de la señalización y que en el área de las gradas no hay pasamanos.

El 43 % de los alumnos indicó que no conocen cuál es la ruta adecuada para la evacuación del edificio en caso de un evento sísmico o en caso de emergencia. Ver figura 44.

Figura 44. **Pregunta No. 8. Rutas de evacuación en caso de un sismo (jornada vespertina)**



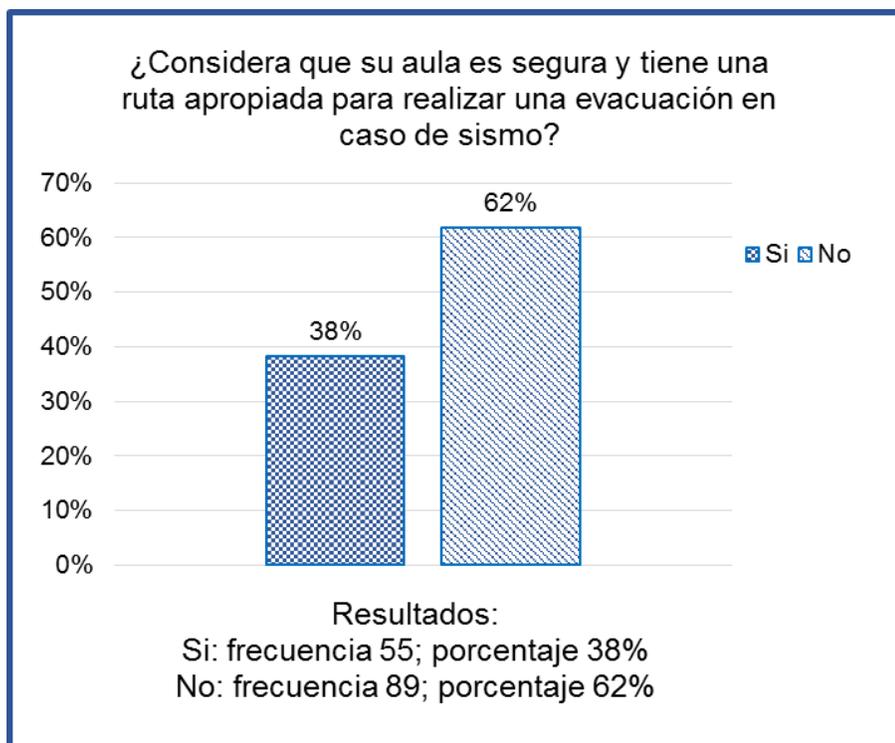
Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Se les cuestionó a los alumnos de la jornada matutina si se sentían seguros dentro del aula donde reciben clases para realizar una evacuación y el 62 %

respondió que se sentían vulnerables dentro del aula, debido a diferentes factores.

Solo el 38 % de los alumnos indicaron que se sienten seguros y que el aula se encuentra en buenas condiciones para resistir un sismo o para realizar un ejercicio de simulacro de evacuación en caso de sismo. Ver figura 45.

Figura 45. **Pregunta No. 9. ¿El aula es segura para realizar una evacuación en caso de sismo? (jornada matutina)**



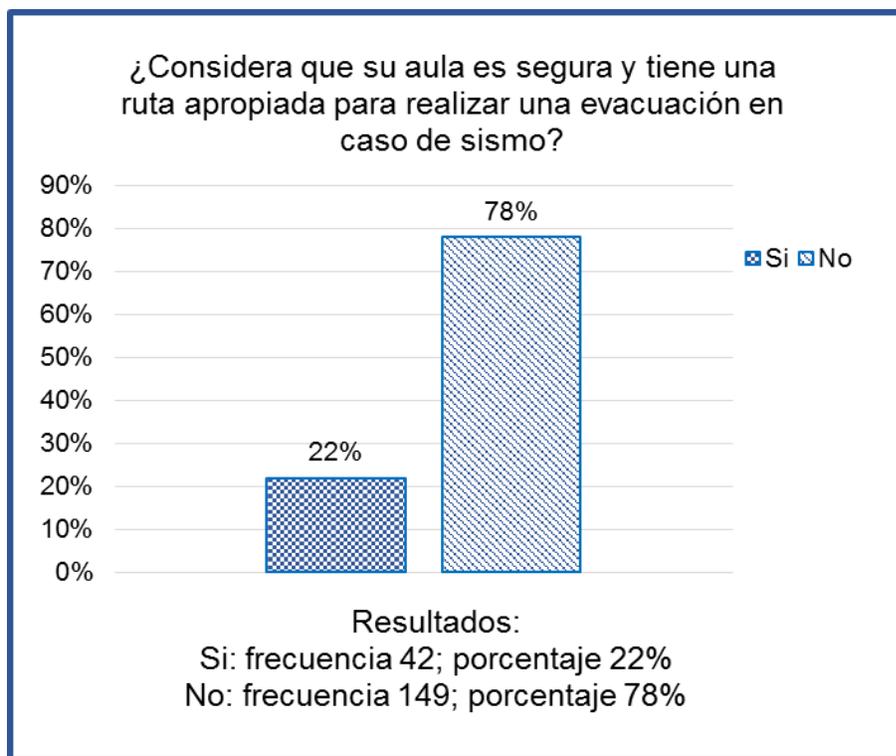
Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Cuando se les consulto a los alumnos de la jornada vespertina si se sentían seguros dentro del aula donde reciben clases para realizar una evacuación, el 78 % respondió sentirse vulnerables dentro del aula, debido a la sobrepoblación

de estudiantes, escritorios dentro y fuera del aula, la falta de mantenimiento en algunas ventanas, puertas, cañoneras, lámparas, etc.

Solo el 22 % de los alumnos indicaron que se sienten seguros y que el aula se encuentra en buenas condiciones para resistir un sismo o para realizar un ejercicio de simulacro de evacuación en caso de sismo. Ver figura 46.

Figura 46. **Pregunta No. 9. ¿El aula es segura para realizar una evacuación en caso de sismo? (jornada vespertina)**



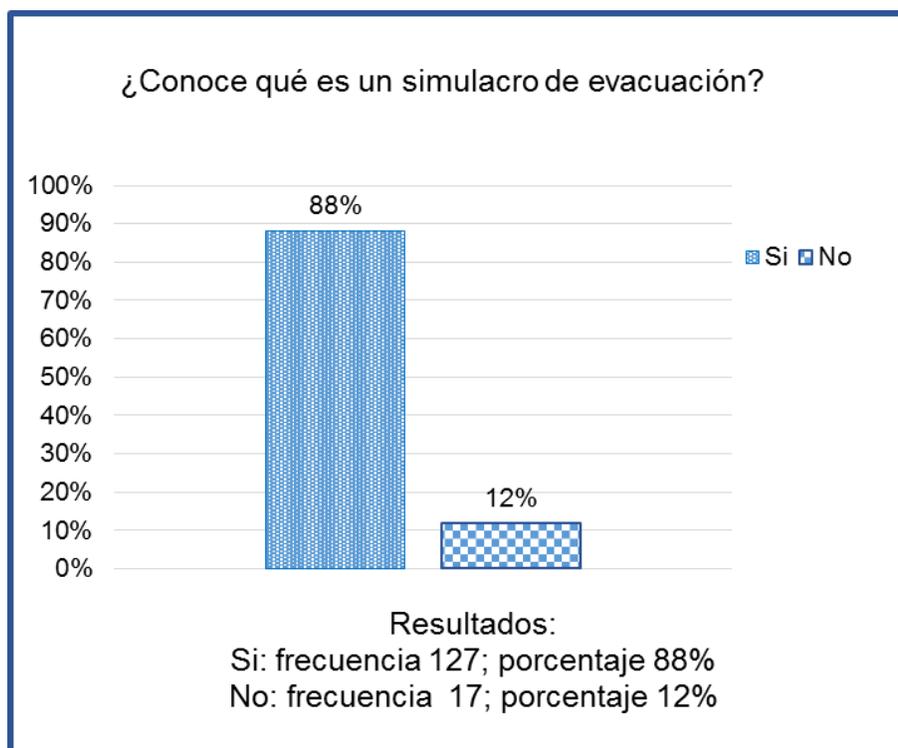
Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

### 3.2. Simulacros en aulas del edificio T-3

Para determinar la importancia de los ejercicios de simulacros se realizaron las siguientes preguntas a los estudiantes y catedráticos de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería.

Al encuestar a los alumnos de la jornada matutina acerca de si conocían qué es un simulacro de evacuación, el 88 % de ellos indicaron que sí tienen conocimiento de qué es y cómo se debe realizar. Ver figura 47.

Figura 47. **Pregunta No. 10. Simulacro de evacuación (jornada matutina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

De igual manera se les preguntó a los alumnos de la jornada vespertina si tenían conocimiento de qué son los simulacros de evacuación en caso de sismo, el 93 % de los alumnos respondió que sí tienen conocimiento de qué es y cómo se debe realizar un simulacro de evacuación en caso de sismo o emergencia.

El 7 % de los alumnos indicaron que no tiene conocimiento, no saben cómo realizarlo o que solo tienen un conocimiento superficial debido a la falta de información o interés. Ver figura 48.

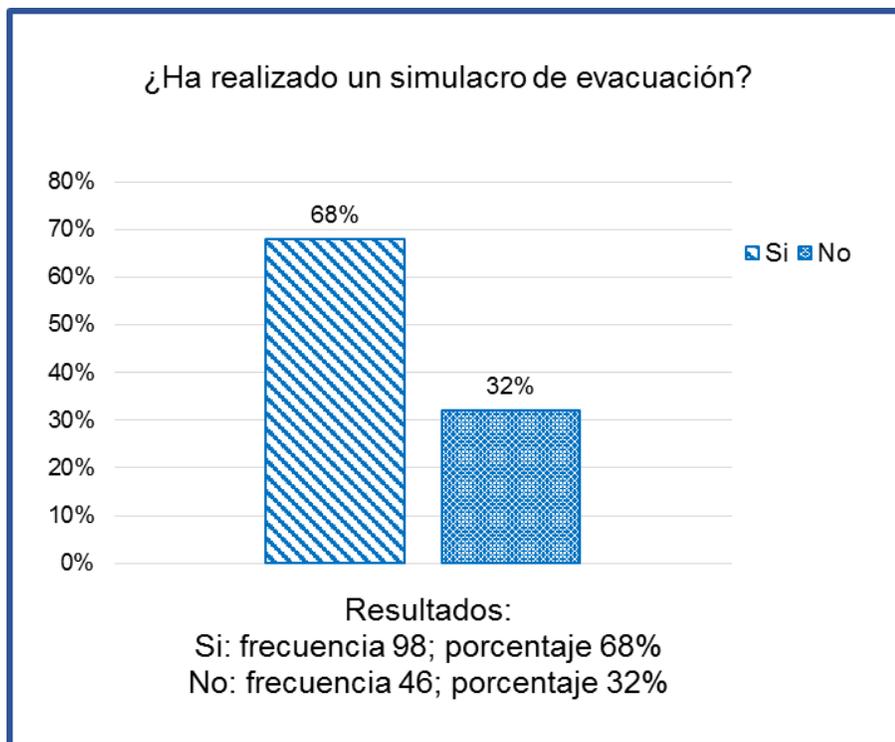
Figura 48. **Pregunta No. 10. Simulacro de evacuación (jornada vespertina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al consultar a los alumnos si alguna vez han participado o realizado un ejercicio de simulacro de evacuación, el 68 % de la jornada matutina respondieron que sí han participado en algún simulacro de evacuación. Ver figura 49.

Figura 49. **Pregunta No. 11. Realización de simulacro de evacuación (jornada matutina)**

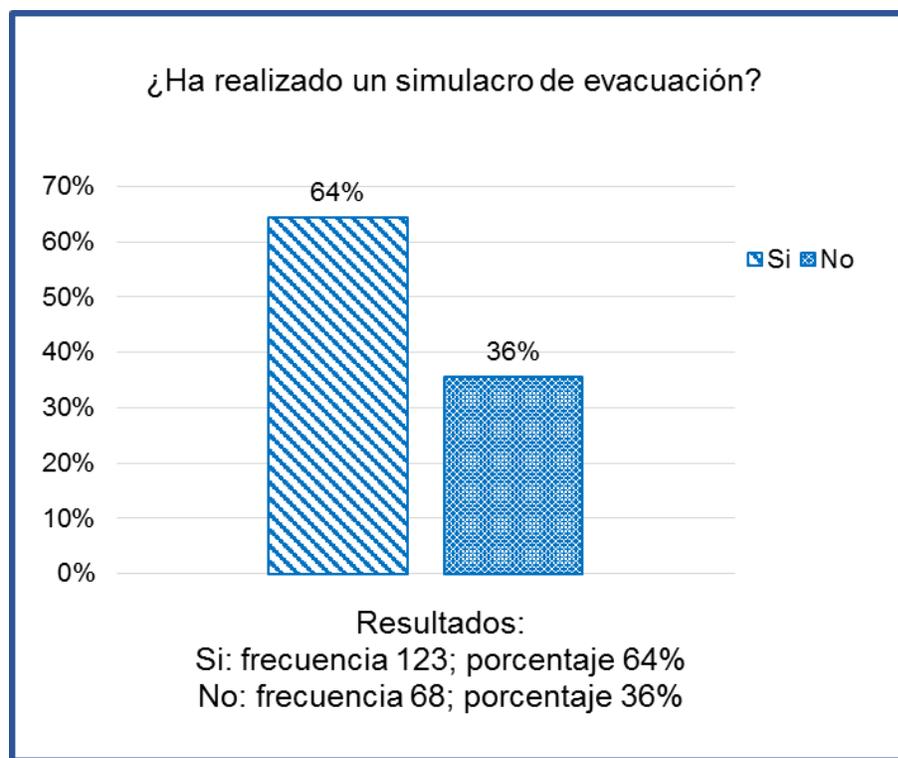


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al consultar a los alumnos de la jornada vespertina si alguna vez han participado o realizado un ejercicio de simulacro de evacuación, el 64 % de los respondieron que sí han participado en algún simulacro de evacuación, pero no comprendieron cuál fue el objetivo del ejercicio, ya que no se les dio mayor información.

El 36 % de los alumnos indicó que no han tenido la oportunidad de participar en algún ejercicio de evacuación porque la mayoría de ejercicios se han realizado en la jornada matutina y en horarios distintos a los suyos. Ver figura 50.

Figura 50. **Pregunta No. 11. Realización de simulacro de evacuación (jornada vespertina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

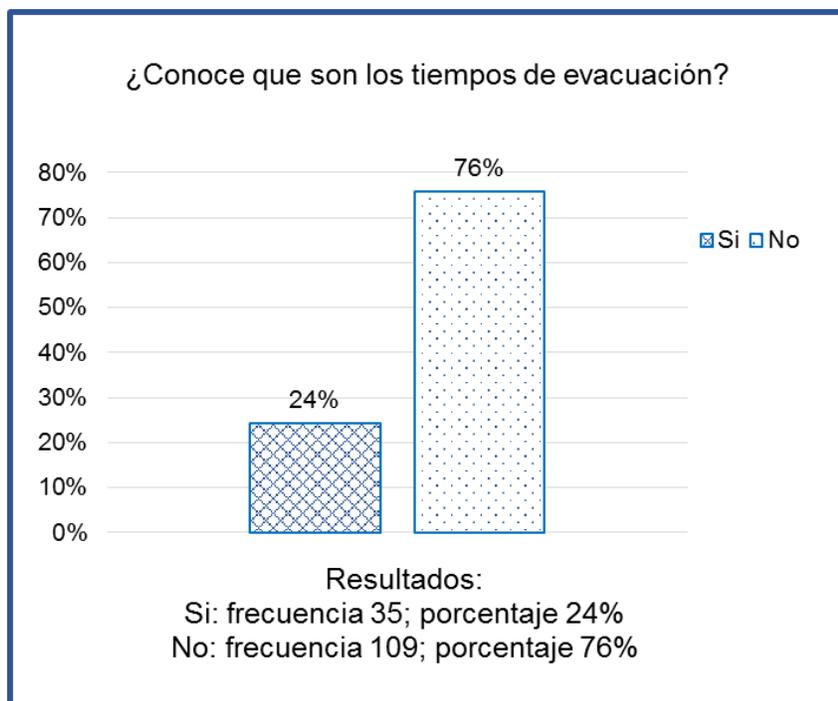
### 3.3. Tiempo de evacuación en aulas del edificio T-3

Para determinar la importancia y el conocimiento de los tiempos que se obtienen cuando se realizan los ejercicios de simulacros de evacuación en caso de sismos, se realizó la siguiente pregunta a los estudiantes y catedráticos:

- ¿Conoce qué son los tiempos de evacuación?

El 24 % de los alumnos de la jornada matutina indicaron que sí conocen qué son los tiempos de evacuación, para qué sirven y que se utilizan para crear parámetros que sirven de base para los ejercicios de evacuación en caso de sismo y planes de emergencia, pero el 76 % de los alumnos indicaron que no tiene conocimiento de qué son o para qué se utilizan. Ver figura 51.

Figura 51. **Pregunta No. 12. Tiempos de evacuación (jornada matutina)**



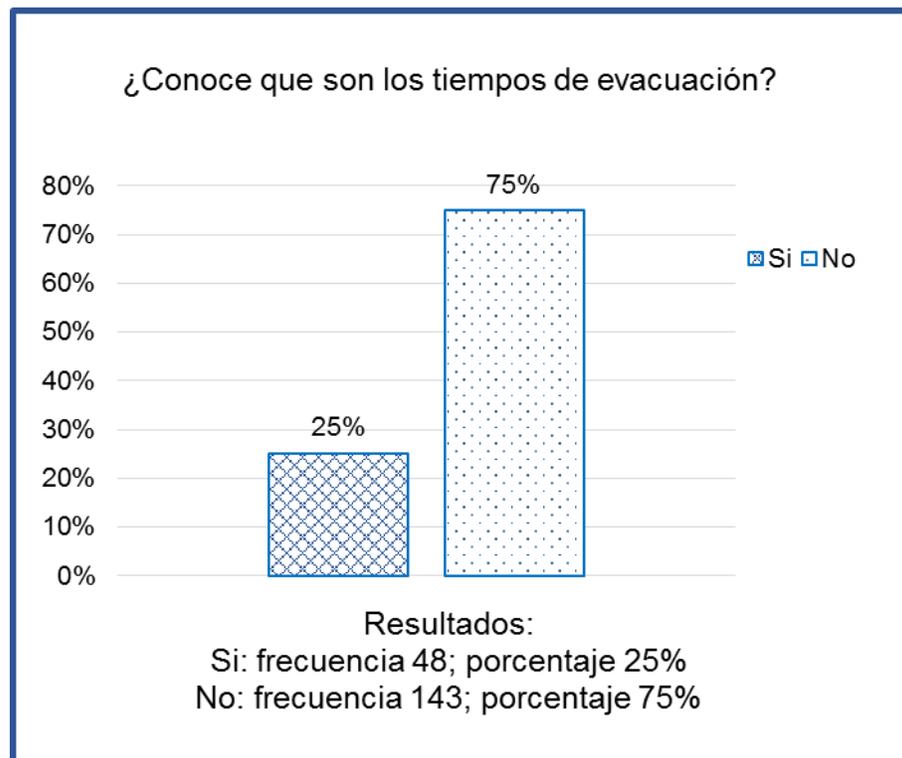
Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

El 25 % de los alumnos de la jornada vespertina indicaron que sí conocen qué son los tiempos de evacuación, para qué sirven y que se utilizan para crear

parámetros que sirven de base para los ejercicios de evacuación en caso de sismo y planes de emergencia.

El 75 % de los alumnos indicaron que no tiene conocimiento de qué son o para qué se utilizan. Ver figura 52.

Figura 52. **Pregunta No. 12. Tiempos de evacuación (jornada vespertina)**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

### 3.3.1. Tiempos de evacuación en aulas con pupitres fijos

Para determinar y calcular el tiempo que tardaban los alumnos en salir del aula, evacuar las instalaciones del edificio T-3 de Ingeniería y llegar a un punto de reunión más cercano a su ubicación, se realizaron varios ejercicios de simulacros de evacuación en caso de sismos. Los tiempos que se registraron en los ejercicios de evacuación se dividieron por niveles del edificio T-3 de Ingeniería, donde se encontraba el sistema de pupitres fijos, dando como resultado lo siguiente:

- Los tiempos indicados en la tabla IV se registraron en el salón de videoconferencias, que es un ambiente con pupitres fijos automáticos. El salón se ubica en el nivel 0 del edificio T-3 de Ingeniería.

Tabla IV. **Tiempos de evacuación en el nivel 0**

Edificio T-3 No. De Nivel	Tiempo de evacuación			
	Sin previo aviso		Con previo aviso	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
0	0.45 min	1.30 min	0.30 min	1.20 min

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- En el nivel 2 del edificio T-3 de Ingeniería se encuentran ubicados los salones 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215 y 216, que son ambientes con pupitres fijos automáticos de plástico color azul sujetos al piso. Los tiempos de evacuación resultantes se registran en la tabla V:

Tabla V. **Tiempos de evacuación en el nivel 2**

Edificio T-3 No. De Nivel	Tiempo de evacuación			
	Sin previo aviso		Con previo aviso	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
2	3.28 min	8.00 min	1.45 min	3.40 min

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

### 3.3.2. **Tiempos de evacuación en aulas con pupitres móviles**

Los tiempos que se calcularon en los ejercicios de simulacros de evacuación en caso de sismos, en aulas con el sistema de pupitres móviles, se dividieron por niveles del edificio T-3 de Ingeniería, dando como resultado lo siguiente:

- En el nivel 1 del edificio T-3 de Ingeniería se encuentran ubicados los salones 109, 110, 111, 112, 113 y 114, que son ambientes con pupitres móviles. Los tiempos de evacuación resultantes se registran en la tabla VI:

Tabla VI. **Tiempos de evacuación en el nivel 1**

Edificio T-3 No. De Nivel	Tiempo de evacuación			
	Sin previo aviso		Con previo aviso	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1	1.45 min	2.30 min	2.03 min	3.30 min

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- En el nivel 3 del edificio T-3 de Ingeniería se encuentran ubicados los salones 309, 310, 311, 312, 313, 314 y 315, que son ambientes con pupitres móviles. Los tiempos de evacuación resultantes se registran en la tabla VII:

Tabla VII. **Tiempos de evacuación en el nivel 3**

Edificio T-3 No. De Nivel	Tiempo de evacuación			
	Sin previo aviso		Con previo aviso	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
3	3.00 min	5.00 min	3.00 min	4.50 min

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- En el nivel 4 del edificio T-3 de Ingeniería se encuentran ubicados los salones 401, 403, 407, 408 y 410, que son ambientes con pupitres móviles. Los tiempos de evacuación resultantes se registran en la tabla VIII:

Tabla VIII. **Tiempos de evacuación en el nivel 4**

Edificio T-3 No. De Nivel	Tiempo de evacuación			
	Sin previo aviso		Con previo aviso	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
4	3.00 min	5.00 min	1.24 min	3.00 min

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

### **3.4. Aplicación de plan de respuestas según modelo de norma NRD2. Acuerdo número 04-2011**

La norma NRD 2 indica que las autoridades responsables de una edificación o instalación de uso público, en este caso el edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería, deberán elaborar un Plan de Respuesta a Emergencias, que contenga las Normas Mínimas de Seguridad aprobadas e indicadas en dicha norma. El objetivo principal es tener una respuesta anticipada ante aquellos hechos inesperados que pueden llegar a ocurrir dentro de las instalaciones. Actualmente la Escuela de Ingeniería Civil no cuenta con un Plan de Respuesta a Emergencias donde se detallen los procedimientos a seguir durante una emergencia.

#### **3.4.1. Eficiencia de las rutas de evacuación T-3**

Para que exista una buena eficiencia en las rutas de evacuación del edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería la carga de ocupación máxima que soporta el edificio no debe exceder la capacidad de evacuación de las salidas de emergencias. (Artículo 11. Carga de Ocupación Máxima.<sup>7</sup>).

La Carga de Ocupación Máxima del edificio T-3 de Ingeniería, tomando como referencia que todos los salones, laboratorios, servicios sanitarios y oficinas estarán ocupados al mismo tiempo, es de 2 848 personas.<sup>8</sup>

Se debe tomar en cuenta la capacidad en pasillos, gradas y salidas de emergencia. Tal como se indica en las siguientes normas:

---

<sup>7</sup> Norma de Reducción de Desastres Número Dos, NRD2, Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público.

<sup>8</sup> Centro de Cálculo e Investigación Educativa de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central.

- En el Artículo 25<sup>9</sup> de la norma NRD2 se indica que el ancho libre entre pasillos en aulas y auditorios con pupitres fijos dependerá de la carga de ocupación (CO) de la parte de asientos fijos que utilicen el pasillo en consideración.

El pasillo central del salón de videoconferencias, ubicado en el edificio T-3 de Ingeniería, es de un metro con cinco centímetros (1,05 m) y el ancho de los pasillos laterales de las aulas del segundo nivel del edificio T-3 es de noventa centímetros (90 cm). El nivel 1, que es el que evacúa los módulos de las gradas del edificio T-3, cuenta con 4 salidas de emergencia, pero debido que las salidas se encuentran situadas únicamente en 2 sitios del edificio se catalogan como 2 salidas de emergencia, reduciendo la carga de ocupación máxima a 500 personas en todo el edificio.

- El Artículo 16<sup>10</sup> de la norma NRD2 indica que la distancia máxima a recorrer entre cualquier punto del edificio hasta la salida de emergencia, en un edificio que no esté equipado con rociadores contra incendios, será de cuarenta y cinco metros (45 m), la distancia máxima a recorrer desde el punto más lejano del edificio T-3 de Ingeniería hacia la salida más próxima es de treinta y cuatro metros con cincuenta centímetros (34,50 m).

---

<sup>9</sup> Artículo 25. *Pasillos. Norma de Reducción de Desastres Número Dos, NRD2, Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público.*

<sup>10</sup> Artículo 16. *Distancia a las Salidas de Emergencia. Norma de Reducción de Desastres Número Dos, NRD2, Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público.*

### 3.4.2. Capacidad de gradas

De acuerdo a la norma NRD2 en el Artículo 14, Ancho de las Salidas de Emergencia, cuando la carga de ocupación sea mayor de 50 personas, el ancho mínimo de las gradas utilizadas en las rutas de evacuación o en los ductos de gradas se calcula según la ecuación (2), pero no deberá ser menor a 1,10 metros. Esta ecuación se aplica para nuevas estructuras:

$$Ag = CO * 0.76 \quad (2)$$

Donde:

Ag = Ancho de gradas

CO = Carga de ocupación

En el caso del edificio T-3 de Ingeniería, es un edificio existente y se procede a calcular la CO por nivel, mediante el ancho de sus salidas de emergencia, dando como resultado los datos de la tabla IX:

Tabla IX. **Carga de ocupación**

Edificio T-3 Nivel No.	Carga ocupacional			
	Ag (cm)	76%	%	CO (No. Personas)
1	600 cm	76.00	100 %	474 personas
2	600 cm	76.00	50 %	237 personas
3	600 cm	76.00	25 %	118 personas
4	600 cm	76.00	25 %	118 personas

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Para el nivel 1 se toma el 50 % más del porcentaje de carga de ocupación, debido a que en este nivel convergen los niveles superiores y que durante la evacuación todos los ocupantes se mantienen en constante movimiento.

### 3.4.3. Cumplimiento de salidas de emergencia

El Artículo 14<sup>11</sup> de la norma NRD2 indica que el ancho requerido en salidas de emergencias depende de la carga de ocupación que soportan los ambientes según el uso que se les asigne, si la CO que llega al nivel donde estén ubicadas las salidas de emergencia excede más de 1 000 personas, el número de salidas de emergencia mínimas será de 4 en edificaciones de nueva construcción. Pero si la edificación es existente, la CO se debe reducir a 500 personas por cada salida de emergencia.

El edificio T-3 de Ingeniería tiene dos salidas de emergencia y cada una tiene un ancho de seis metros (6,00 m). El cálculo de la CO que llega al nivel 1 se realizó utilizando la ecuación (2) y se indica en la tabla X:

Tabla X. **Carga de ocupación, nivel 1**

<b>Carga ocupacional</b>					
<b>Ag (cm)</b>	<b>76%</b>	<b>%</b>	<b>CO (No. Personas)</b>	<b>No. Salidas</b>	<b>CO total (No. Personas)</b>
600 cm	76.00	100 %	789 personas	2	1579 personas

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

<sup>11</sup> Artículo 14. *Ancho de las Salidas de Emergencia. Norma de Reducción de Desastres Número Dos, NRD2, Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público.*

#### **3.4.4. Puntos de reunión establecidos**

Los puntos de reunión se ubicarán en el área externa del inmueble, en lugares visibles tales como patios, estacionamientos o cualquier zona que no represente riesgo. Cada punto de reunión debe estar señalado e identificado.

Los puntos de reunión deben servir para que todas las personas que desalojaron las instalaciones de forma ordenada y preventiva procedan a una evacuación. Los puntos de reunión conducen a una zona segura. Esto se indica en el Artículo 28, Rotulación de Salidas de Emergencia y Rutas de Evacuación de la norma NRD2.

Alrededor del edificio T-3 de Ingeniería se encuentran tres puntos de reunión identificados y en áreas previamente despejadas, ya que se encuentran en el área de los parqueos que están en los perímetros del edificio.



## 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los resultados de la información y datos obtenidos en la encuesta determinó el nivel de conocimiento que tienen los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil sobre los temas de simulacros de evacuación en caso de sismos y de los tiempos mínimos de evacuación.

El tiempo mínimo para que los estudiantes y docentes puedan evacuar de forma ordenada y segura el edificio T-3 de Ingeniería se determinó por medio de la comparación y el análisis de los tiempos de evacuación, que se registraron en los ejercicios de simulacros en caso de sismos, efectuados en los niveles con aulas de pupitres fijos y en los niveles con aulas de pupitres móviles.

### 4.1. **Análisis de los resultados de la evaluación del conocimiento de los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, en el tema de los simulacros de evacuación en caso de sismos, normas y reglamentos que los regulan**

Con la información recopilada en los *ítems* del cuestionario que se les realizó a los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, se determinó lo siguiente:

- Grado de vulnerabilidad

Para evaluar el grado de vulnerabilidad que sienten los alumnos dentro de las instalaciones del edificio T-3 de Ingeniería se analizaron las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la amenaza o desastre que más probabilidades de ocurrencia tendría en el edificio T-3 de Ingeniería? Los estudiantes y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil indicaron, con un 42%, que la amenaza o desastre que más probabilidades de ocurrencia tendría dentro del edificio T-3 de Ingeniería es un evento sísmico, debido a que la Ciudad Universitaria y la Facultad de Ingeniería se encuentran asentadas sobre la placa del Caribe y muy próximas a las fallas de Pinula y Mixco.

El segundo desastre que más probabilidad de ocurrencia tendría debido a la sobrepoblación dentro de las aulas es la concentración masiva. En tercer lugar se determinó la amenaza de un incendio, ya que los alumnos indicaron que el edificio no cuenta con la protección ni el equipo para prevenir o controlar un siniestro.

Para el resto de amenazas o desastres las probabilidades de que ocurran dentro del edificio T-3 de Ingeniería son bajas, esto según las respuestas de los alumnos y docentes a quienes se entrevistó. Ver tabla XI.

Tabla XI. **Amenazas o desastres con más probabilidades de ocurrencia en el edificio T-3 de Ingeniería**

Amenaza o desastre	Frecuencia	Porcentaje
<b>Sismo</b>	<b>295</b>	<b>42%</b>
Concentraciones masivas	146	21%
Incendio	113	16%
Hundimiento	40	6%
Epidemia	39	6%
Explosiones	38	5%

Continuación de la tabla XI.

Amenaza o desastre	Frecuencia	Porcentaje
Escape de sustancias peligrosas	22	3%
Envenenamiento	16	2%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- ¿Piensa que es importante la capacitación para saber qué hacer en caso de sismo? El 99 % de los alumnos indicaron que es importante recibir capacitaciones constantes para efectuar de manera correcta los ejercicios de evacuación, ya que esta información la pueden transmitir a sus familias y lugares de trabajo. Ver tabla XII.

Tabla XII. **Importancia de la capacitación para saber qué hacer en caso de sismo**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
2	331	99%	4	1%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- ¿Considera que es importante implementar un plan de evacuación en el edificio T-3? El 99 % de los alumnos y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil respondieron que es importante tener y dar a conocer el plan de evacuación en caso de emergencias, para reducir al mínimo las consecuencias de daños o pérdidas de vidas humanas o económicas que pudieran derivarse del caos que se produciría durante y después de un evento sísmico. Se debe contar

con un buen plan de evacuación en caso de eventos sísmicos y de emergencias y no se deben dejar al azar las situaciones. Ver tabla XIII.

Tabla XIII. **Importancia del plan de evacuación en el edificio T-3**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
3	334	99.7%	1	0.3%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- ¿Conoce cuáles son las normas NRD2? El 17 % de los alumnos y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil conoce qué son, para qué se usan y dónde se aplican, ya que en algunos cursos profesionales de la carrera se ha estudiado el tema. Pero debido a la necesidad de tener un plan de evacuación en caso de sismos, los alumnos y docentes indicaron que las normas de Reducción de Desastres número dos o NRD2 de la CONRED se deben dar a conocer por los distintos medios de comunicación, puesto que el otro 83 % de la muestra poblacional no tiene conocimiento de las mismas. Ver tabla XIV.

Tabla XIV. **Conocimiento de las Normas de Reducción de Desastres Número Dos**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
4	56	17%	279	83%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- ¿Conoce qué es el CEDESYSYD y a que se dedica? El 94 % de los alumnos aseguró desconocer qué es el CEDESYSYD, desconociendo dónde se encuentra ubicado y su labor dentro de la Universidad de San Carlos.

Solo el 6 % de los alumnos y catedráticos indicaron que el CEDESYSYD es una dependencia institucional de la USAC, encargada de la prevención y reducción del riesgo a desastres, y del adecuado manejo de las emergencias a nivel nacional e internacional. Ver tabla XV.

Tabla XV. **Conocimiento del CEDESYSYD**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
5	19	6%	316	94%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- Puntos de reunión alrededor del perímetro del edificio T-3 de ingeniería

Para determinar si los alumnos y docentes de la escuela de ingeniería Civil conocen qué son y dónde se encuentran los puntos de reunión más cercanos al edificio T-3 de Ingeniería, se analizaron las siguientes preguntas:

- ¿Conoce los puntos de reunión a los que debe ir en caso de un sismo o alguna emergencia? El 57 % de los entrevistados respondió que sí los conocen, ya que se encuentran en lugares visibles en el área de parqueos en el perímetro del edificio T-3 de Ingeniería, pero que no hay un área libre para caminar que los conduzca de manera directa hacia los puntos de reunión, ya que muchas veces el paso se encuentra obstruido por vehículos. El otro 43 % de los alumnos

respondió que no los conocen y que desconocen la simbología que especifica si un lugar o área es un punto de reunión. Ver tabla XVI.

Tabla XVI. **Conocimiento de los puntos de reunión**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
6	190	57%	145	43%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Los alumnos y catedráticos entrevistados que respondieron que sí conocían los puntos de reunión y su ubicación indicaron que los puntos de reunión más conocidos o de fácil identificación son:

- El punto de reunión No. 7, que se encuentra en el parqueo oeste del edificio T-3 de Ingeniería, próximo a la ruta de salida de vehículos y frente al mural del edificio.
- El punto de reunión No. 2, que se encuentra en el parqueo norte del edificio T-3 de Ingeniería, frente al parqueo de catedráticos del edificio T-1.
- El punto de reunión No. 3, que se encuentra en el parqueo este del edificio T-3 de Ingeniería, frente a la cancha de fútbol de la facultad y al área de ajedrez.
- Y el punto de reunión No. 5, que se encuentra en el parqueo del edificio T-5 de Ingeniería. Ver tabla XVII.

Tabla XVII. **Puntos de reunión más conocidos**

<b>Puntos de Reunión</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Punto No. 7</b>	<b>116</b>	<b>27%</b>
Punto No. 2	114	27%
Punto No. 3	105	25%
Punto No. 5	88	21%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- Rutas de evacuación y salidas de emergencia

Para determinar si los alumnos y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil conocen cuáles son y dónde se encuentran las rutas de evacuación y salidas de emergencia del edificio T-3 de Ingeniería, se analizaron las siguientes preguntas:

- ¿Ha observado si en el edificio hay señalización de evacuación en caso de emergencia? El 60 % de los alumnos y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil indicaron que dentro del edificio T-3 se observan pocas señalizaciones de rutas y salidas de emergencia, pero que el tamaño de las señalizaciones es muy pequeño y que en algunos lugares la colocación no es visible o se encuentra oculta. Ver tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Señalización de evacuación en caso de emergencia**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
7	202	60%	133	40%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- ¿Conoce las rutas de evacuación en caso de un sismo? El 55 % de los alumnos y docentes entrevistados indicaron que sí conocen las rutas que se deben seguir para evacuar el edificio T-3 de Ingeniería, pero que debido a la sobrepoblación del edificio no sienten que sean suficientes las salidas de emergencia ni el ancho de los pasillos que se utilizarían para la evacuación. El otro 45 % de los entrevistados indicaron desconocer las rutas de evacuación en caso de sismos y que desconocen cuál sería la ruta más segura para salir del edificio. Ver tabla XIX.

Tabla XIX. **Rutas de evacuación en caso de un sismo**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
8	183	55%	152	45%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al preguntar a los entrevistados si consideraban que su aula era segura y tenía una ruta apropiada para realizar una evacuación en caso de un evento sísmico, el 71 % de los alumnos respondió que no, debido a que dentro de las aulas no hay un lugar para resguardarse de algunas ventanas rotas, cañoneras

mal aseguradas, sobrepoblación dentro de las aulas, puertas en mal estado, falta de señalización en rutas de evacuación y salidas de emergencia.

Solo el 29 % dijo que si ocurriera un evento sísmico, buscarían un refugio bajo escritorios o vigas, alejándose de las ventanas o quedándose dentro del aula porque es más seguro, ya que la salida de la puerta es estrecha y no les daría tiempo de salir. Ver tabla XX.

Tabla XX. **Seguridad dentro del aula para realizar una evacuación en caso de sismo**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
9	97	29%	238	71%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- Ejercicios de simulacros de evacuación en caso de un evento sísmico

Para evaluar el conocimiento que los catedráticos y alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil tienen acerca de los ejercicios de evacuación en caso de sismos, se realizaron las siguientes preguntas:

- ¿Conoce qué es un simulacro de evacuación? El 91 % de los catedráticos y alumnos respondieron que sí conocen qué son los ejercicios de evacuación y cómo se deben ejecutar, pero que el conocimiento que tienen es muy poco debido a que dentro de la Escuela de Ingeniería Civil no se proporciona mayor información y que no existe una brigada de emergencia que les brinde capacitación constante. Ver tabla XXI.

Tabla XXI. **Conocimiento de los ejercicios de simulacro de evacuación**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
10	304	91%	31	9%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

- ¿Alguna vez ha realizado un simulacro de evacuación? El 66 % de los catedráticos y alumnos respondieron que sí habían participado de algún ejercicio de evacuación en caso de sismo, pero que en la mayoría de las ocasiones no tenían conocimiento de qué hacer antes y después del simulacro, desconociendo a dónde acudir al salir del edificio y sin saber cuándo se daba por finalizado el ejercicio de evacuación.

El 34 % de los alumnos que no habían realizado un ejercicio de evacuación en caso de sismo indicaron que se debería formar una brigada de emergencia, encargada de dar capacitaciones constantes sobre cómo ejecutar los ejercicios y que informe a toda la población estudiantil sobre la importancia de los mismos. Ver tabla XXII.

Tabla XXII. **Seguridad dentro del aula para realizar una evacuación en caso de sismo**

Pregunta No.	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
11	221	66%	114	34%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

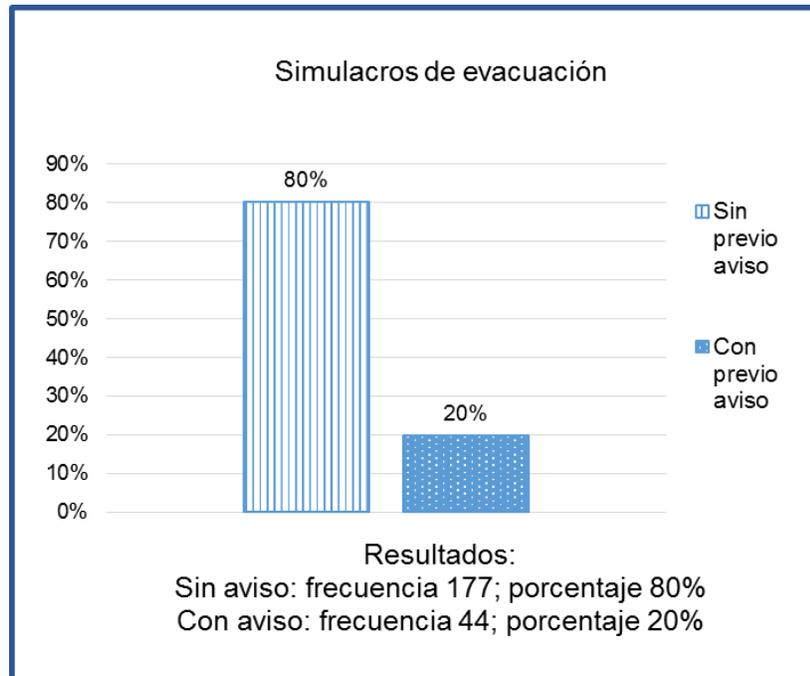
#### **4.1.1. Gráficas de comparación de simulacros de evacuación sin previo aviso y con previo aviso**

Los catedráticos y alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil que han participado en otros ejercicios de evacuación de simulacro de sismos realizados en otras ocasiones dentro del edificio T-3 de Ingeniería señalaron:

El 80 % de los alumnos y docentes entrevistados no tuvieron conocimiento de que día o a qué hora se realizarían los ejercicios de evacuación, teniendo en desconocimiento cuáles eran las rutas de evacuación que debían seguir hacia las salidas de emergencia o de qué debían hacer cuando estuvieran fuera del edificio y cuáles eran los puntos de reunión a los que debían llegar para estar en una zona segura.

Solo el 20 % de los alumnos y catedráticos tuvo conocimiento de qué día y a qué hora se realizarían los ejercicio de evacuación de simulacro de sismo, teniendo ventaja en conocer cuáles eran las rutas de evacuación, salidas de emergencia y puntos de reunión a los que debían acudir para estar dentro de una zona segura. Ver figura 53.

Figura 53. **Simulacro de evacuación sin previo aviso y con previo aviso**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

#### 4.2. **Análisis de los resultados de los ejercicios de simulacros de evacuación en caso de sismos**

Por cada ejercicio de simulacro de evacuación en caso de sismo que se efectuó con los catedráticos y alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil se realizó una evaluación escrita, en la cual se determinaron varios aspectos referentes al comportamiento que ellos presentaron durante el ejercicio.

Los primeros ejercicios de simulacro de evacuación que se realizaron fueron sin previo aviso, estos se realizaron tanto en aulas con escritorios móviles de color negro como en aulas con escritorios fijos de color azul. En la tabla XXIII se interpretaron los resultados de las evaluaciones de cada ejercicio.

Tabla XXIII. **Evaluación de ejercicios de evacuación sin previo aviso**

Durante el ejercicio de simulacro	Pupitres Fijos		Pupitres Móviles	
	Si	No	Si	No
El ejercicio de simulacro se realizó a la hora indicada.	8%	4%	9%	3%
El sistema de alertamiento fue escuchado por todos los participantes.	8%	4%	13%	0%
Los participantes reaccionaron de forma rápida ante la alerta de inicio del simulacro.	2%	10%	3%	9%
Los participantes desalojaron el aula y las instalaciones del edificio T-3, de manera ordenada, rápida y segura.	2%	10%	3%	9%
En la evacuación por las escaleras y ruta de evacuación se presentó algún problema.	4%	8%	3%	9%
Algún alumno o participante permaneció en el pasillo o jardines del edificio T-3 de Ingeniería	6%	6%	0%	13%
Los participantes salieron por las rutas y salidas de emergencia establecidas	8%	4%	13%	0%
Los participantes llegaron a los puntos de reunión establecidos	2%	10%	3%	9%
	42%	58%	47%	53%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al realizar el ejercicio de evacuación sin previo aviso, se observó que los alumnos que se encontraban en las aulas con escritorios móviles atendieron más rápidamente el sistema de alerta, reaccionando de forma rápida ante la alerta del inicio del simulacro, desalojando rápidamente el aula y utilizando las rutas y salidas de emergencia establecidas, que los alumnos que se encontraban en aulas con escritorios fijos, debido a que tenían más movilidad y desplazamiento libre entre escritorios.

En cuanto al comportamiento que presentaron los alumnos cuando salieron del aula, se pudo observar que los participantes que se encontraban en aulas con pupitres fijos se presentaron más apáticos y distraídos, tal como se observa en la tabla XXIV:

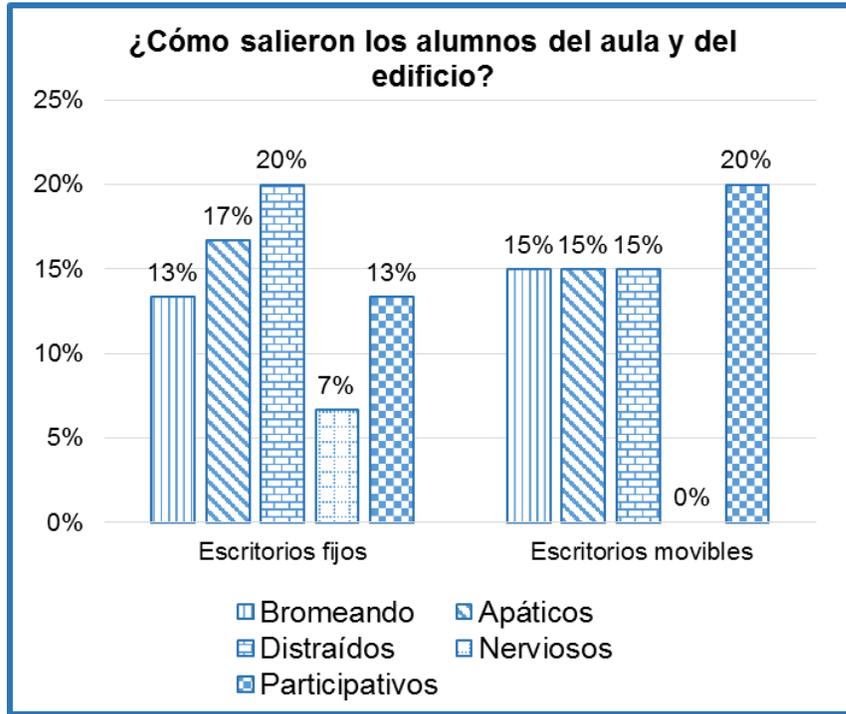
**Tabla XXIV. Evaluación del comportamiento de los alumnos al salir del aula y edificio en evacuación sin previo aviso**

¿Cómo salieron los alumnos del aula y del edificio?	Pupitres Fijos		Pupitres Móviles	
	Si	No	Si	No
Bromeando	13%	7%	15%	5%
Apáticos	17%	3%	15%	5%
Distraídos	20%	0%	15%	5%
Nerviosos	7%	13%	0%	20%
Participativos	13%	7%	20%	0%
	70%	30%	65%	35%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Los resultados de la tabla anterior se interpretaron en la gráfica 54, observándose que los participantes que se encontraban en aulas con pupitres móviles se presentaron más participativos y menos distraídos.

Figura 54. Interpretación del comportamiento de los alumnos al salir del aula y edificio en evacuación sin previo aviso



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Posteriormente se realizaron los ejercicios de simulacro de evacuación con previo aviso, tanto en aulas con escritorios móviles de color negro como en aulas con escritorios fijos de color azul. En la tabla XXV se interpretaron los resultados de las evaluaciones de cada ejercicio.

Tabla XXV. **Evaluación de ejercicios de evacuación con previo aviso**

Durante el ejercicio de simulacro	Pupitres Fijos		Pupitres Móviles	
	Si	No	Si	No
El ejercicio de simulacro se realizó a la hora indicada.	10%	2%	13%	0%
El sistema de alertamiento fue escuchado por todos los participantes.	13%	0%	13%	0%
Los participantes reaccionaron de forma rápida ante la alerta de inicio del simulacro.	10%	2%	9%	3%
Los participantes desalojaron el aula y las instalaciones del edificio T-3, de manera ordenada, rápida y segura.	10%	2%	9%	3%
En la evacuación por las escaleras y ruta de evacuación se presentó algún problema.	2%	10%	0%	13%
Algún alumno o participante permaneció en el pasillo o jardines del edificio T-3 de Ingeniería	2%	10%	0%	13%
Los participantes salieron por las rutas y salidas de emergencia establecidas	13%	0%	13%	0%
Los participantes llegaron a los puntos de reunión establecidos	13%	0%	9%	3%
	73%	27%	66%	34%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al realizar el ejercicio de evacuación con previo aviso se observó que los alumnos que se encontraban en las aulas con escritorios fijos tuvieron un mejor comportamiento que los alumnos que se encontraron en las aulas con escritorios móviles.

Los participantes en las aulas con escritorios fijos atendieron más rápidamente el sistema de alertamiento, reaccionando de forma rápida ante la alerta del inicio del simulacro y desalojando rápidamente el aula, utilizaron las

rutas y salidas de emergencia y llegaron a los puntos de reunión establecidos. Esto debido a que se organizaron mejor y atendieron las instrucciones establecidas que se les impartió previamente en el programa “40 minutos y listo por un aula segura”, del CEDESYD.

El comportamiento de los alumnos en aulas con escritorios fijos también presentó una mejora cuando salieron del aula, se pudo observar que los participantes se encontraban más participativos y menos nerviosos, tal como se observa en la tabla XXVI:

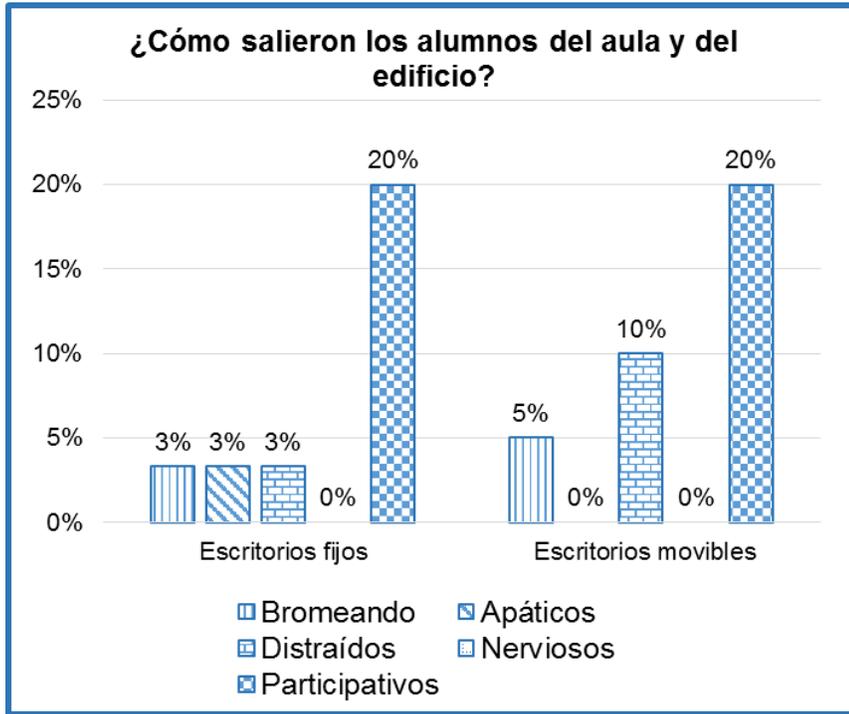
**Tabla XXVI. Evaluación del comportamiento de los alumnos al salir del aula y edificio en evacuación con previo aviso**

¿Cómo salieron los alumnos del aula y del edificio?	Pupitres Fijos		Pupitres Móviles	
	Si	No	Si	No
Bromeando	3%	17%	5%	15%
Apáticos	3%	17%	0%	20%
Distraídos	3%	17%	10%	10%
Nerviosos	0%	20%	0%	20%
Participativos	20%	0%	20%	0%
	30%	70%	35%	65%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Los resultados de la tabla anterior se interpretaron en la gráfica 55, observándose que los participantes que se encontraban en aulas con pupitres móviles se presentaron participativos pero más distraídos.

Figura 55. Interpretación del comportamiento de los alumnos al salir del aula y edificio en evacuación con previo aviso

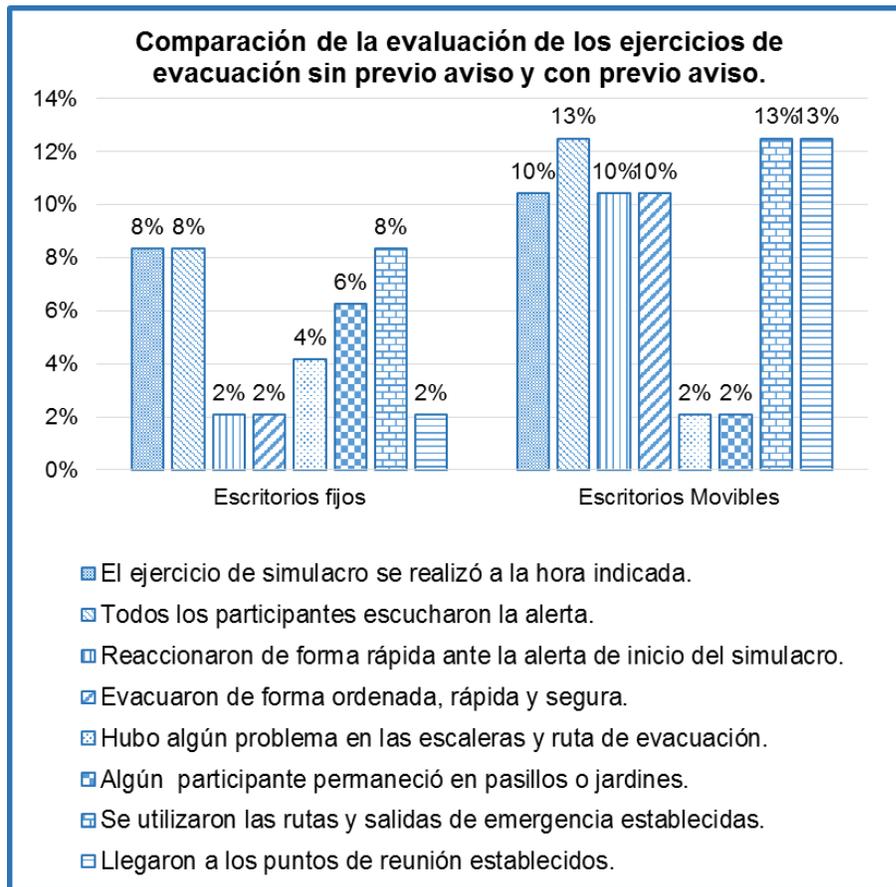


Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

#### 4.2.1. Gráfica de comparación de evaluación de ejercicios de simulacros

Al realizar la comparación de los ejercicios sin previo aviso y con previo aviso de las evacuaciones en caso de simulacro de sismos en las aulas con escritorios fijos, se pudo observar que hubo un incremento positivo al realizar los ejercicios con previo aviso. Ver figura 56.

Figura 56. **Comparación de la evaluación de los ejercicios de evacuación sin previo aviso y con previo aviso**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Los aspectos que incrementaron de forma positiva al realizar los ejercicios con previo aviso fueron:

- La mayoría de los participantes escuchó la alerta de inicio del simulacro y la atendió prontamente.
- La reacción de los participantes fue más rápida.
- Evacuaron el aula y el edificio de forma ordenada, rápida y segura.

- No hubo problemas significativos en las gradas y pasillos.
- Los participantes utilizaron de forma correcta las rutas y salidas de emergencia llegando a los puntos de reunión previamente establecidos.

Otro aspecto que se observó que mejoraron los participantes en los ejercicios de evacuación con previo aviso fue su comportamiento cuando salieron del aula y del edificio. Ver tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Comparación de la evaluación del comportamiento de los alumnos al salir del aula con escritorios fijos en simulacros sin previo aviso y simulacros con previo aviso**

¿Cómo salieron los alumnos del aula y del edificio?	Pupitres Fijos			
	Sin previo aviso		Con previo aviso	
	Si	No	Si	No
Bromeando	13%	7%	3%	17%
Apáticos	17%	3%	3%	17%
Distraídos	20%	0%	3%	17%
Nerviosos	7%	13%	0%	20%
Participativos	13%	7%	20%	0%
	70%	30%	30%	70%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Los aspectos de la tabla anterior se interpretan de la siguiente forma:

- No salieron bromeando ni apáticos.
- Los participantes se mostraron menos distraídos.
- Estuvieron más participativos y menos nerviosos.

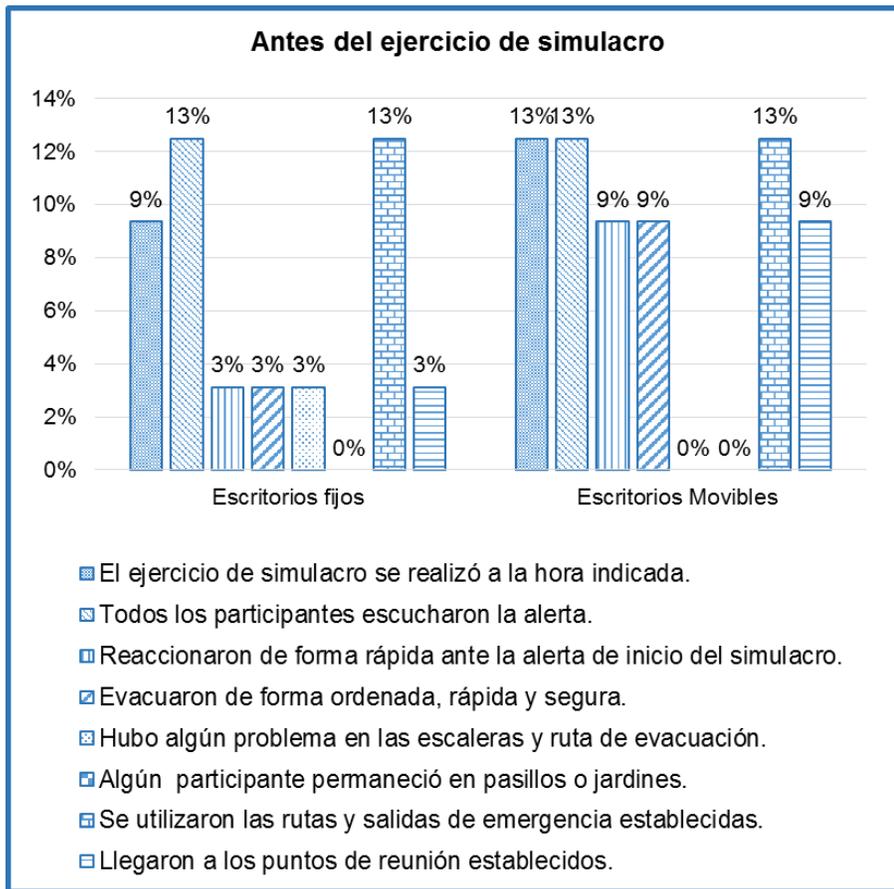
De igual forma se realizó la comparación de los ejercicios sin previo aviso y con previo aviso de las evacuaciones en caso de simulacro de sismos, en las aulas con escritorios móviles.

En la comparación se observó el incremento de algunos aspectos de forma positiva al realizar los ejercicios con previo aviso, los cuales fueron:

- La mayoría de los participantes escuchó la alerta de inicio del simulacro y la atendió prontamente.
- La reacción de los participantes fue más rápida.
- Evacuaron el aula y el edificio de forma ordenada, rápida y segura.
- No hubo problemas significativos en las gradas y pasillos.
- Ninguno de los participantes se quedó en los pasillos o jardines del edificio T-3.
- Los participante utilizaron de forma correcta las rutas y salidas de emergencia, llegando a los puntos de reunión previamente establecidos.

El incremento positivo de los aspectos anteriormente descritos se puede confirmar con los datos de la gráfica de la figura 57.

Figura 57. **Comparación de la evaluación de los ejercicios de evacuación sin previo aviso y con previo aviso**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Otro aspecto que se observó que mejoraron los participantes en los ejercicios de evacuación con previo aviso fue su comportamiento cuando salieron del aula y del edificio. Ver tabla XXVIII.

**Tabla XXVIII. Comparación de la evaluación del comportamiento de los alumnos al salir del aula con escritorios móviles en simulacros sin previo aviso y simulacros con previo aviso**

¿Cómo salieron los alumnos del aula y del edificio?	Pupitres móviles			
	Sin previo aviso		Con previo aviso	
	Si	No	Si	No
Bromeando	15%	5%	5%	15%
Apáticos	15%	5%	0%	20%
Distraídos	15%	5%	10%	10%
Nerviosos	0%	20%	0%	20%
Participativos	20%	0%	20%	0%
	65%	35%	35%	65%

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Los aspectos de la tabla anterior se interpretan de la siguiente forma:

- No salieron bromeando ni apáticos.
- Los participantes se mostraron menos distraídos.
- Estuvieron más participativos y menos nerviosos.

#### **4.3. Análisis de los resultados de los tiempos de evacuación obtenidos en los ejercicios de simulacros en caso de sismos**

Se realizaron varios ejercicios de simulacro de sismo para determinar el tiempo que tardaron los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil en evacuar cada nivel de las instalaciones del edificio T-3. Los tiempos se registraron y compararon de dos formas:

- Los tiempos de evacuación se separaron por cada nivel del edificio T-3, se compararon entre los tiempos que se tomaron en los ejercicios donde no se dio aviso del ejercicio y los tiempos donde se dio aviso del ejercicio de evacuación, dando como resultado los tiempos de la tabla XXIX:

Tabla XXIX. **Comparación de tiempos de evacuación sin previo aviso y con previo aviso**

		Tiempo de evacuación								
		Edificio T-3	Sin previo aviso				Con previo aviso			
			Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo	
			s	min	s	min	s	min	s	min
Ambientes con pupitres fijos	Nivel 0	27.00	0.45	78.00	1.30	18.00	0.30	72.00	1.20	
	Nivel 2	196.80	3.28	480.00	8.00	87.00	1.45	204.00	3.40	
Ambientes con pupitres móviles	Nivel 1	87.00	1.45	138.00	2.30	121.80	2.03	198.00	3.30	
	Nivel 3	180.00	3.00	300.00	5.00	180.00	3.00	270.00	4.50	
	Nivel 4	180.00	3.00	300.00	5.00	74.40	1.24	180.00	3.00	

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

En la tabla anterior se observó que, al efectuar el ejercicio de simulacro con previo aviso, hubo una disminución en los tiempos de evacuación en comparación a los tiempos obtenidos en los ejercicios sin previo aviso.

Esta disminución de tiempo se debe a que los alumnos ya tenían conocimiento de cómo actuar ordenadamente para salir del aula, cuáles eran las rutas de evacuación que debían seguir para llegar a las salidas de emergencia más cercanas y a qué punto de reunión debían llegar para estar en una zona segura.

- Se utilizó como parámetro la ecuación del método del caudal para determinar que los tiempos obtenidos en los ejercicios de evacuación realizados con los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil se encontraban dentro del tiempo límite o estándar del tiempo máximo necesario para realizar una evacuación de forma segura.

Los tiempos de evacuación teóricos obtenidos de la ecuación diseñada por K. Togawa se compararon con los tiempos obtenidos en cada ejercicio de evacuación que se realizó dentro de las instalaciones del edificio T-3 de Ingeniería, dando como resultado los tiempos de la tabla XXX:

Tabla XXX. **Comparación de tiempos de evacuación teóricos y experimentales**

		Comparación de tiempo de evacuación.					
		Tiempos Teóricos		Tiempos Experimentales			
		Máximo		Mínimo		Máximo	
Edificio T-3		s	min	s	min	s	min
	Ambientes con pupitres fijos	Nivel 0	73.37	1.22	18.00	0.30	72.00
Nivel 2		117.92	1.97	87.00	1.45	204.00	3.40
Ambientes con pupitres móviles	Nivel 1	105.70	1.76	121.80	2.03	198.00	3.30
	Nivel 3	142.83	2.38	180.00	3.00	270.00	4.50
	Nivel 4	156.78	2.61	74.40	1.24	180.00	3.00

Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

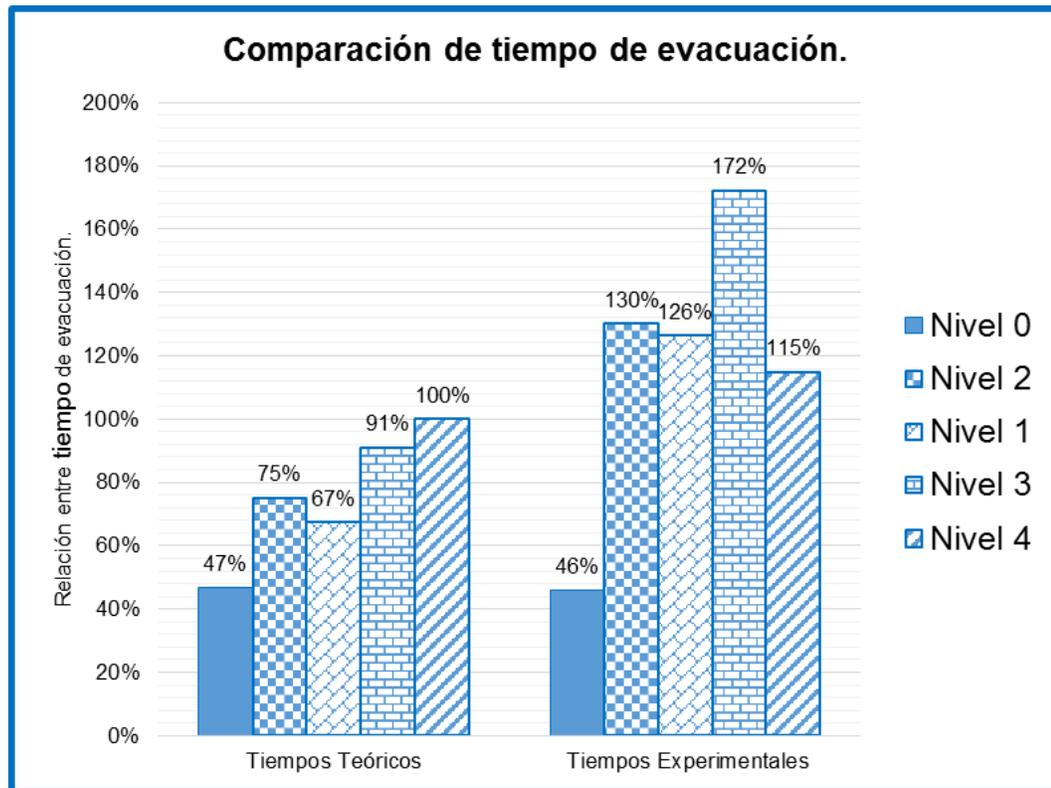
Para determinar los tiempos teóricos obtenidos con la ecuación de K. Togawa se tomaron como parámetros los siguientes datos:

- El número de personas a evacuar por nivel.

- Distancia horizontal: distancia máxima recorrida hasta la salida de emergencia más próxima. En metros.
- Distancia vertical: distancia máxima recorrida en el módulo de gradas. En metros.
- Distancia exterior: distancia máxima recorrida hasta el punto de reunión más próximo. En metros.
- Velocidad 1: velocidad de desplazamiento vertical promedio de una persona adulta sin impedimentos: 1,6 m/s.
- Velocidad 2: velocidad de desplazamiento horizontal promedio de una persona adulta sin impedimentos: 0,75 m/s.
- K: constante experimental. 1,3 personas/metro\*segundo.
- Ts1: tiempo de salida de las aulas, en segundos.
- Ts2: tiempo de salida en módulos de gradas, en segundos.
- Ts3: tiempo de llegada al punto de reunión más próximo, en segundos.
- Ts total /nivel: tiempo de salida del edificio T-3, hasta el punto de reunión más cercano, en segundos.
- Ancho de salida en metros.

Los tiempos experimentales máximos obtenidos en los ejercicios de evacuación en caso de sismo se compararon con los tiempos teóricos, tal como se puede observar en la gráfica de la figura 58, donde el tiempo que se tomó como referencia del 100 % es el tiempo teórico del 4to nivel, por ser el punto más alejado del edificio T-3.

Figura 58. **Comparación de tiempo de evacuación teórico y tiempo de evacuación experimental**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

Al comparar los tiempos teóricos y experimentales de la gráfica anterior se pudo analizar que:

- El tiempo de evacuación experimental en el nivel cero fue semejante al tiempo teórico, existe una diferencia entre ellos del 1 % que equivale a 1,37 segundos.
- En el nivel dos se observó que la diferencia entre el tiempo de evacuación experimental y el tiempo de evacuación teórico es del 55 %, que equivale a 86,08 segundos.

- En el nivel uno se observó que la diferencia entre el tiempo de evacuación experimental y el tiempo de evacuación teórico es del 59 %, que equivale a 92,30 segundos.
- En el nivel tres la diferencia entre el tiempo de evacuación experimental y el tiempo de evacuación teórico se observó que fue del 81 %, que equivale a 127,17 segundos.
- El tiempo de evacuación experimental en el cuarto nivel fue semejante al tiempo teórico, existe una diferencia entre ellos del 15 %, que equivale a 23,22 segundos.

#### **4.3.1. Tabla comparativa de los tiempos de evacuación en aulas con pupitres fijos y aulas con pupitres móviles**

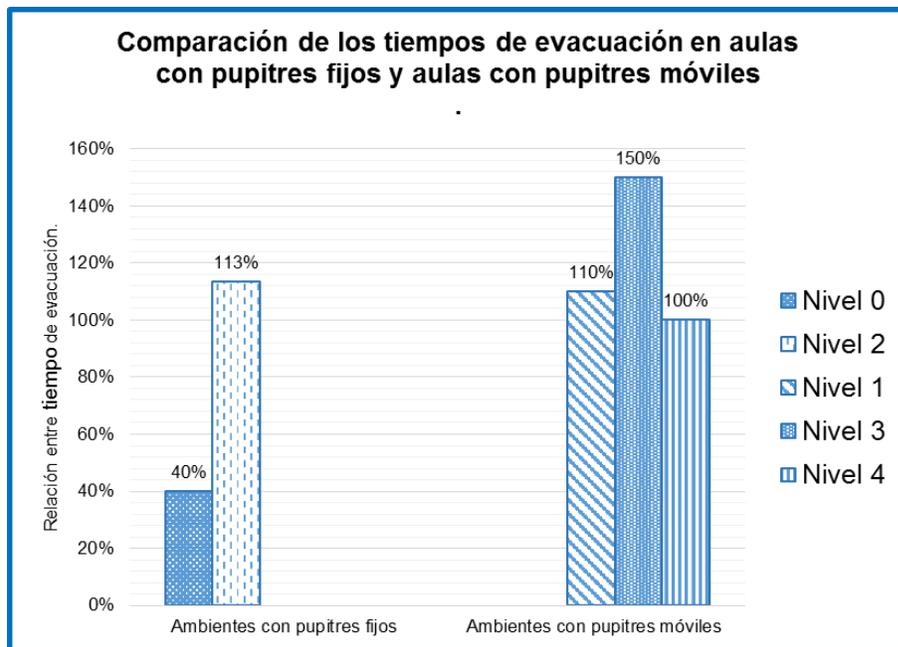
El edificio T-3 de Ingeniería cuenta con dos sistemas de pupitres, los pupitres fijos, que se encuentran instalados en el nivel cero y en el segundo nivel, y los pupitres móviles, que se encuentran en los niveles uno, tres y cuatro.

Para determinar cuál de los dos sistemas de pupitres proporciona un tiempo mínimo y es más eficiente para realizar ejercicios de evacuación en caso de sismos, se compararon los tiempos que se obtuvieron en los ejercicios de evacuación con previo aviso.

Se determinó que los niveles con pupitres móviles presentaron menores tiempos de evacuación en comparación a los niveles donde se encontraban pupitres fijos. Debido a que los escritorios móviles se pueden correr a un lado, permitiendo a los alumnos mayor libertad de movimiento entre filas y pasillos, siempre y cuando los escritorios móviles se encuentren ordenados correctamente y no se encuentren obstáculos entre las filas.

En comparación con los ambientes donde se encuentran los escritorios fijos, no existe para los alumnos una libre movilidad y deben esperar a que salgan los compañeros que se encuentran antes de ellos en cada una de las filas, retrasando el proceso de la evacuación del aula. Ver figura 59.

Figura 59. **Comparación de tiempos de evacuación en aulas con pupitres fijos y en aulas con pupitres móviles**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Microsoft Office Excel 2013.

El tiempo que se tomó como referencia del 100 % es el tiempo de evacuación desde el 4to nivel hasta el punto de reunión No. 7, por ser el punto más alejado del edificio T-3.

#### **4.4. Recomendación según norma NRD2 para el edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería**

Para que las rutas de evacuación del edificio T-3 de Ingeniería sean eficientes y cumplan con las normas NRD2, la carga de ocupación máxima actual de 2 848 personas que se da durante los horarios de 17:00 a 20:00, se debe reducir a la mitad, teniendo como máximo 1 579 personas.

##### **4.4.1. Capacidad de pasillos**

El salón de videoconferencia y las aulas del segundo nivel del edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería son ambientes con asientos fijos.

El artículo 25 de la norma NRD2, que regula el ancho entre los asientos y el pasillo para ambientes con asientos fijos, dice que el espacio mínimo entre asientos es de:

- Treinta centímetros (30 cm) para filas con catorce asientos (14) o menos.
- Treinta centímetros (30 cm), más 0,76 centímetros por cada asiento adicional después del catorce (14), hasta un máximo de cincuenta y seis centímetros (56 cm).

El salón de videoconferencia cuenta con dos columnas de asientos fijos separados por un pasillo de un metro con cinco centímetros (1,05 m) de ancho, el espacio entre los asientos de las filas es de cuarenta y cinco centímetros (45 cm) y cada fila cuenta con 5 asientos fijos.

Los salones de aulas del segundo nivel del edificio T-3 cuentan con una columna de asientos fijos y dos pasillos a sus costados, cada pasillo tiene un

ancho de noventa centímetros (90 cm), la separación de los asientos entre las filas es de cincuenta y cinco centímetros (55 cm) y cuenta con ocho (8) filas de nueve (9) asientos cada una. En algunos salones hay menos filas y cada fila tiene ocho (8) asientos.

El ancho de los corredores del edificio T-3 es de tres metros con cincuenta centímetros (3,50 m) en cada uno de los niveles, y la distancia máxima a recorrer entre cualquier punto del edificio hasta la salida de emergencia más próxima es de treinta y cuatro metros con cincuenta centímetros (34,50 m), cumpliendo con lo que dice la norma NRD2 en los artículos 14, 16 y 22.

#### **4.4.2. Capacidad de gradas**

El ancho de las salidas de emergencia del edificio T-3 de Ingeniería es de doce metros (12 m) por cada nivel, generando una carga ocupacional de 947 personas como máximo, por lo que el edificio debería contar con otras dos salidas de emergencia por nivel, esto según el artículo 13 de la norma NRD2.

Para el nivel 1 la carga ocupacional será de 1 420 personas, debido a que es el punto donde convergen los niveles superiores y durante la evacuación todos los ocupantes se mantienen en constante movimiento, y se deberá tomar un 50 % más del porcentaje del cálculo de la carga ocupacional.

#### **4.4.3. Cumplimiento de salidas de emergencia**

Debido a que el edificio T-3 de Ingeniería es un edificio existente y cuenta solo con dos salidas de emergencia, su máxima carga ocupacional debe ser de 789 personas por cada salida de emergencia. La carga de ocupacional actual del edificio T-3 es de 2 848 personas, por lo que se debe contar con otras dos salidas

de emergencia para efectuar una evacuación en caso de sismos o emergencias de forma segura y eficiente. El valor de la carga ocupacional se obtuvo de la fórmula de la ecuación 2 y se indicó en la tabla X del capítulo 3, según el artículo 14 de la norma NRD2.

#### **4.4.4. Análisis de uso de puntos de reunión establecidos**

El edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería cuenta con 3 puntos de reunión cercanos, ubicados en la periferia del área de parqueos de la facultad, se encuentran poco identificados y no cuentan con acceso peatonal libre e inmediato.

El 57 % de los alumnos y docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, pertenecientes a la muestra poblacional, tienen conocimiento de qué son los puntos de reunión y para qué sirven.

Los puntos de reunión más conocidos son el punto No. 2, ubicado en el parqueo de la facultad entre el edificio T-3 y el parqueo de catedráticos del edificio T-1, y el punto No. 7, ubicado en el parqueo de la facultad entre el edificio T-3 y el periférico universitario.

## CONCLUSIONES

1. El 66 % de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil no saben cómo realizar correctamente un ejercicio o simulacro de evacuación en caso de sismos, ni qué salidas de emergencia deben tomar, mientras que el 75 % de los estudiantes desconocen qué son los tiempos de evacuación y cuáles son los puntos de reunión a los que deben acudir en caso de un evento sísmico, y el 97% de ellos tienen poca o nula información acerca de qué son y para qué sirven las normas NRD2 y la institución del CEDESUD.
2. Los ejercicios de evacuación realizados en aulas con pupitres móviles dentro del edificio T-3 de Ingeniería dieron como resultado que en los ejercicios sin previo aviso el tiempo de evacuación promedio mínimo obtenido fue de 180 segundos (3 min), y en los ejercicios con previo aviso el tiempo promedio mínimo de evacuación obtenido fue de 127,20 segundos (2,12 min), notando una diferencia de 52,80 segundos, por lo que se puede afirmar que si se realizan capacitaciones de forma constante se obtendrán menores tiempos de evacuación, que permitirán salvaguardar la integridad física y psicológica de los docentes y estudiantes.
3. Se realizaron ejercicios de evacuación en aulas del edificio T-3 de Ingeniería que tienen pupitres fijos, estos dieron como resultado que en los ejercicios sin previo aviso el tiempo de evacuación promedio mínimo obtenido fue de 111,90 segundos (1,86 min) y en los ejercicios con previo aviso el tiempo promedio mínimo de evacuación obtenido fue de 52,50

segundos, notando una diferencia de 59,40 segundos. Con este resultado se puede afirmar nuevamente que para obtener menores tiempos de evacuación se debe capacitar constantemente a los docentes y estudiantes.

4. Al comparar los tiempos mínimos en los ejercicios de simulacros de evacuación en los sistemas de aulas con pupitres móviles y aulas con pupitres fijos, se obtuvo una diferencia del 3 % entre ambos, determinando que el mejor sistema de pupitres a utilizar dentro de las aulas del edificio T-3 de Ingeniería es el de los escritorios móviles, debido a que estos pupitres se pueden correr a un lado permitiendo a los docentes y alumnos mayor libertad de movimiento entre filas, siempre y cuando los escritorios estén ordenados y no se encuentren obstáculos entre las filas, mientras que en los escritorios fijos no hay una libre movilidad y los alumnos deben esperar a que salgan los compañeros que se encuentran antes de ellos en cada una de las filas, retrasando el proceso de la evacuación del aula.
5. Teóricamente el tiempo óptimo para realizar una evacuación del edificio T-3 de Ingeniería es de 149,80 segundos (2,50 min). En la práctica, el tiempo de evacuación fue de 225 segundos (3,75 min), por lo que se puede notar una diferencia de 75,20 segundos (1,25 min) equivalente a un 48 %, por lo que no se pudo obtener un tiempo óptimo de evacuación en la práctica, debido a la poca ejercitación, y se manifestó una vez más que solo con la constante capacitación de los docentes y estudiantes se podrán obtener menores tiempos de evacuación.
6. Para esta investigación se utilizaron dos rutas críticas de evacuación, la primera se midió desde el nivel 4 hasta el punto de reunión No. 3, con la

que se determinó el tiempo de evacuación del sistema de pupitres móviles, y la segunda se midió desde el nivel 2 hasta el punto de reunión No. 3, determinando el tiempo de evacuación del sistema de pupitres fijos, concluyendo que el mejor sistema de pupitres a utilizar dentro del edificio T-3 es el de escritorios móviles, ya que los escritorios fijos no cuentan con un pasillo entre ellos que les permita formar dos columnas para salir más rápido del aula. También se observó que dentro de las instalaciones del edificio no se cumple con algunos aspectos que indica la norma NRD2, entre ellos: poca señalización de las rutas de evacuación y salidas de emergencia, no hay rutas de evacuación preestablecidas, la visibilidad de los rótulos de señalización es poca debido a que no cumple con el tamaño indicado en la norma, falta de pasamanos a los lados de las gradas que conectan los distintos niveles, poco mantenimiento en ventanas de aulas y pasillos y falta de un acceso directo para llegar a los puntos de reunión.



## RECOMENDACIONES

1. El 75 % de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil no están preparados en caso de una emergencia y se sienten inseguros dentro de las instalaciones del edificio T-3, debido a la poca o nula capacitación que tienen acerca de qué hacer, cómo actuar y a dónde deberían acudir durante y después de un evento sísmico, por lo que es necesario crear un plan de evacuación y que este se haga de conocimiento público a través de los distintos medios de comunicación, capacitando a los alumnos y catedráticos.
2. La señalización de las rutas de evacuación, salidas de emergencia y puntos de reunión son elementos clave para que de forma exitosa se realicen los ejercicios de simulacros de evacuación en caso de sismo, por lo que es necesario solicitar que en varios sectores internos del edificio T-3 de Ingeniería se coloquen nuevamente estas señales en lugares visibles y sin obstáculos que impidan su visibilidad, ya que se debe recordar que estos elementos buscan evitar daños físicos a través de la correcta prevención.
3. Es necesario que los puntos de reunión tengan una buena señalización y que exista un área para caminar y para acceder hacia dichos puntos de forma rápida y segura, ya que en la actualidad todos se encuentran en las zonas del parqueo de la Facultad de Ingeniería y no tienen buena visibilidad ni cuentan con un acceso directo.

4. Para evitar la sobrepoblación de estudiantes que hay durante algunos horarios, es necesario prevenir que se sobrepase la carga ocupacional del edificio T-3 y disipar los temores en los catedráticos y estudiantes de que se produzca un evento sísmico en horarios en que se generen aglomeraciones de personas en los pasillos y salidas de emergencia, y también es necesario disminuir la cantidad de alumnos por aula, buscando nuevas opciones para impartir las cátedras de forma virtual o semipresencial.
  
5. Todos los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería deben conocer por completo qué son las normas NRD2, dónde se aplican, qué indican y para qué sirven, también deben conocer las instituciones que brindan apoyo en caso de emergencias y que distribuyen información importante, así como ejecutan capacitaciones y estudios de riesgo, como lo hace la Coordinación del Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres (CEDESYD).

## BIBLIOGRAFÍA

1. ABELLO, Raúl. *La investigación en ciencias sociales: sugerencias prácticas sobre el proceso.* [en línea]. [Http://Www.Gratispdf.Com/?Url=Http%3a%2f%2fciruelo.Uninorte.Edu.Co%2fpdf%2finvest\\_Desarrollo%2f17-1%2f10%252520la%252520investigacion%252520en%252520ciencias%252520sociales.Pdf&T=La+Investigaci%C3%93n+En+Ciencias+ Sociales%3a+Sugerencias+Pr%C3%A1cticas+Sobre](http://wwwGratispdf.Com/?Url=Http%3a%2f%2fciruelo.Uninorte.Edu.Co%2fpdf%2finvest_Desarrollo%2f17-1%2f10%252520la%252520investigacion%252520en%252520ciencias%252520sociales.Pdf&T=La+Investigaci%C3%93n+En+Ciencias+ Sociales%3a+Sugerencias+Pr%C3%A1cticas+Sobre). [Consulta: 9 de diciembre de 2016].
2. Acuerdo Gubernativo Número 01-2014 del Congreso de la República. *Ley de La Coordinadora Nacional para La Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado.* Guatemala: CONRED. 82 p.
3. Acuerdo Gubernativo Número 229-2014 del Congreso de la República. *Reglamento General Sobre Higiene Y Seguridad En El Trabajo.* Guatemala 2014. 50 p.
4. ARIAS, Franco. *El proyecto de investigación. Guía para su elaboración.* 3a ed. Venezuela: Editorial Espíteme, 1999. 120 p.
5. BALESTRINI, Manuel. *Cómo se elabora el proyecto de investigación para los estudios formulativos o exploratorios, descriptivos, diagnósticos, evaluativos, formulación de hipótesis causales,*

*experimentales y los proyectos factibles*. Caracas, Venezuela: BI Consultores Asociados, Servicio Editorial, 1997. Págs. 25 p.

6. BIG SIGMA. *Tamaño de la muestra para una proporción*. [en línea]. <<https://www.youtube.com/watch?v=Khpz39jn4co>>. [Consulta: 20 de abril de 2017].
7. BOTTA, N. *Confeción de planes de evacuación*. [en línea]. <[http://www.redproteger.com.ar/escuela%20de%20seguridad/org\\_emergencia/modulo\\_iii-01\\_confecion\\_planes\\_de\\_evacuacion\\_2007.pdf](http://www.redproteger.com.ar/escuela%20de%20seguridad/org_emergencia/modulo_iii-01_confecion_planes_de_evacuacion_2007.pdf)>. [Consulta: 15 de septiembre de 2016].
8. BUSTOS LÓPEZ, Edgardo José. *Cálculo de la muestra sin población y con población*. [en línea]. <<https://www.youtube.com/watch?v=Kx25rdmk-Yu&T=6s>> [Consulta: 11 de abril de 2016].
9. CAMPOS, Jose. *La vulnerabilidad global*. Bogotá, Colombia. Editorial Planeta, 1993. 145 p.
10. CANALES, Anabel. *Tamaño de la muestra*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/Guest8a3c19/Tamao-De-La-Muestra-4141371>> [Consulta: 11 de abril de 2016].
11. CEDESYD. *40 minutos y listo por un aula segura*. [en línea]. <<http://www.docfoc.com/40-Minutos-Y-Listo-Por-Un-Aula-Segura-Preparacion-Ante-Terremotos-Cedesyd>> [Consulta: 25 de mayo de 2016].

12. Centro de Estudios de Desarrollo Seguro y Desastres. *Lecciones aprendidas*. Boletín No. 1 Guatemala: CEDESYD, 2015. 18 p.
13. CHÁVEZ ZEPEDA, Juan. *Cómo se elabora un proyecto de investigación*. Guatemala. Editorial Universitario 3ª Edición 2003. 168 p.
14. CHOQUE, Christel. *Cálculo del tamaño de una muestra*. [en línea]. <<https://www.youtube.com/watch?v=Crddcxuto-8>> [Consulta: 27 de julio de 2017].
15. CINGCIVIL. *Ecuación de K. Togawa*. [en línea]. <<http://www.cingcivil.com/comunidad/index.php?topic=4725.0>> [Consulta: 10 de agosto de 2017].
16. Consejo Nacional de Reducción de Desastres. *Acuerdo Número 04-2011. Norma de Reducción de Desastres Número Dos: normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público*. Guatemala: CONRED, 2011. 16 p.
17. \_\_\_\_\_. *Guía de señalización*. Guatemala: CONRED, 2009, Dirección De Respuesta. Págs. 36 p.
18. CRUZ, Edwin. *Cálculo del tiempo de evacuación: metodología básica para aforos menores a 215 personas*. [en línea]. <<https://www.youtube.com/watch?v=Jqg4rj2thes>> [Consulta: 25 de febrero de 2018].
19. DÁVILA, Fernando. *Elaboración del manual de organización y el catálogo de estudios de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de*

*Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como parte de los requisitos indispensables para la consecución de la acreditación a nivel centroamericano.* Trabajo de graduación de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 300 p.

20. Decreto Legislativo 109-96. *Ley De La Coordinadora Nacional Para La Reducción De Desastres De Origen Natural O Provocado.* Guatemala: CONRED. 140 p.
21. Escuela de Ingeniería Civil. *Manual de acreditación parte 1, sección A, Requisitos de calidad.* ACAAI, 2011. 213 p.
22. GONZÁLEZ, Jarvey. *Cálculo y normativas del tiempo de evacuación.* [en línea]. <<https://www.youtube.com/watch?v=Z5bkwrr3bk8>> [Consulta: 15 de febrero de 2018].
23. INSIVUMEH. *Programa de sismología.* [en línea]. <[http://www.insivumeh.gob.gt/?page\\_id=66](http://www.insivumeh.gob.gt/?page_id=66)>. [Consulta: 25 de septiembre de 2017].
24. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. *Cálculo estimado de vías y tiempos de evacuación.* España: NTP 436, 2010. 6 p.
25. MASKREY, Andrew. *Vulnerabilidad y mitigación de desastres: los desastres no son naturales.* S.I. La Red, 1993. 137 p.

26. MILLER FUENTES, Bárbara Natacha. *Elaboración de un plan de emergencia, evacuación y su implementación para el edificio C, Federico Saelzer ante un riesgo de incendio*. Chile: Valdivia, 2009. Capítulos 1 y 5.
27. PAPUA, John. *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*. México. Secretaría Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, 1982. 15 p.
28. PAZ PAIZ, Mynor Hugo. *Evaluación de riesgos y método de aplicación de la Norma de Reducción de Desastres No. 2 NRD2 de CONRED para los edificios T-3 Y T-5 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 64 p.
29. PIQUÉ, T. *Planes de emergencia en lugares de pública concurrencia*. [en línea]. <[http://Www.Mtas.Es/Insht/Ntp/Ntp\\_361.Htm](http://Www.Mtas.Es/Insht/Ntp/Ntp_361.Htm)> [Consulta: 15 de septiembre de 2016].
30. RENA, Edu.Ve. *Discusión de los resultados*. [en línea]. <<http://Www.Rena.Edu.Ve/Cuartaetapa/Metodologia/Tema17.Htm>> [Consulta: 20 de enero de 2017].
31. RUIZ, Marcel. *Cálculo del tiempo de evacuación*. [en línea]. <<https://Www.Youtube.Com/Watch?V=Jlacvywwlq0>>. [Consulta: 10 de febrero de 2018].

32. RUIZ, Marcera. *Planes de emergencia*. [en línea]. <<https://Es.Slideshare.Net/Manceramr/Plan-De-Emergencias-15570992>> [Consulta: 26 de febrero de 2018].
33. SLIDES. *Planes de emergencia*. [en línea]. <<https://Es.Slideshare.Net/Manceramr/Plan-De-Emergencias-15570992>> [Consulta: 10 de julio de 2017].
34. TINTAYA, Eliseo. *Muestras poblacionales*. [en línea]. <<https://Es.Slideshare.Net/Eliseotintaya/Como-Extraer-Muestra-Finita-1-De-Agosto-2015>> [Consulta: 1 de abril de 2016].
35. Unidad de Acreditación. *Autoestudio del programa de Ingeniería Civil para ser presentado a la Agencia Centroamericana de Acreditación de Programa de Arquitectura e Ingeniería Civil*. ACAAI, 2015. Capítulo 10.
36. Universidad de Palermo. *Experiencias en análisis de la peligrosidad natural en Centro América, Guatemala, El Salvador y Nicaragua*. Cooperazione Italiana, 2015. 529 p.
37. WIKIMEDIA, INC. *Distribución de las instalaciones del edificio T-3*. [en línea]. <[https://es.wikipedia.org/wiki/Facultad\\_de\\_Ingenieria\\_de\\_la\\_Universidad\\_de\\_San\\_Carlos\\_de\\_Guatemala](https://es.wikipedia.org/wiki/Facultad_de_Ingenieria_de_la_Universidad_de_San_Carlos_de_Guatemala)> [Consulta: 11 de abril de 2016].