

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE**  
**DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERIA ESTRUCTURAL Y SISMO RESISTENTE**



**PLANIFICACIÓN DEL LABORATORIO DE SISMORRESISTENCIA, PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE MESA VIBRATORIA UNIDIRECCIONAL DE SIMULACIÓN  
SÍSMICA, EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE,  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**HUGO ABRAHAM GORDILLO OROZCO**

QUETZALTENANGO, FEBRERO 2024



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN INGENIERIA ESTRUCTURAL Y SISMO RESISTENTE**

**PLANIFICACIÓN DEL LABORATORIO DE SISMORRESISTENCIA, PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE MESA VIBRATORIA UNIDIRECCIONAL DE SIMULACIÓN  
SÍSMICA, EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE,  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



TESIS PRESENTADA POR

**HUGO ABRAHAM GORDILLO OROZCO**

PREVIO A OPTAR AL TITULO PROFESIONAL  
QUE LO ACREDITA COMO

**MAESTRO EN INGENIERIA ESTRUCTURAL Y SISMORESISTENTE**

ASESOR:

**Dr. CARLOS ESTUARDO VENTURA**

QUETZALTENANGO FEBRERO 2022



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES**

**RECTOR MAGNIFICO** M A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

**SECRETARIA GENERAL** Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

**CONSEJO DIRECTIVO**

**DIRECTOR GENERAL DEL CUNOC** Dr. Cesar Haroldo Milián Requena

**SECRETARIO ADMINISTRATIVO** M Sc. José Edmundo Maldonado Mazariegos

**REPRESENTANTE DE CATEDRATICOS**

M Sc. Elmer Raúl Bethancourt Mérida

M Sc. Edelman Cándido Monzon

**REPRESENTANTES DE LOS EGRESADOS DEL CUNOC**

Lic. Víctor Lawrence Díaz Herrera

**REPRESENTANTES DE ESTUDIANTES**

Br. Aleyda Trinidad de León Paxtor

Br. José Antonio Gramajo Martir

**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS**

M Sc. Walter Valdemar Poroj Sacor



## TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS

**Presidente:** M Sc. Walter Valdemar Poroj Sacor.

**Secretario:** Dr. Edgar Vidal Camposeco Pérez.

**Coordinador:** M Sc. Víctor Carol Hernández Monzón.

**Experto en Materia:** M Sc. Daniel Antonio Quintana.

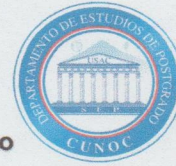
**Experto en Metodología:** Dr. Sebastián Ignacio Charchalac Ochoa.

**Asesor de Tesis:** Dr. Carlos Eduardo Ventura.

**NOTA:** Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en la presente tesis (artículo 31 del Reglamento de Exámenes Técnicos y Profesionales del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala)







**ORDEN DE IMPRESIÓN POST-CUNOC-004-2024**

El Infrascrito Director del Departamento de Estudios de Postgrado del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de tener a la vista el dictamen correspondiente del asesor y la certificación del acta de examen privado No. 62-2023 de fecha 02 de noviembre del año 2023, suscrita por los Miembros del Tribunal Examinador designados para realizar Examen Privado de la Tesis Titulada **“PLANIFICACIÓN DEL LABORATORIO DE SISMORRESISTENCIA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MESA VIBRATORIA UNIDIRECCIONAL DE SIMULACIÓN SÍSMICA, EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”** Presentada por él(la) Ingeniero(a) **Hugo Abraham Gordillo Orozco**, con Registro Académico No. **8811870**, previo a conferírsele el título de **Maestro(a) en Ingeniería Estructural y Sismo Resistente**, autoriza la impresión de la misma.

Quetzaltenango, febrero 2024.

**IMPRIMASE**

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

M Sc. **Walter Valdemar Poroj Sacor**  
Director Postgrados CUNOC







**Department of Civil Engineering**  
6250 Applied Science Lane  
Vancouver, B.C. Canada V6T 1Z4  
Tel.: (604) 822-6946 Fax: (604) 822-6901

E-mail: [ventura@civil.ubc.ca](mailto:ventura@civil.ubc.ca)

Vancouver, 20 de noviembre de 2023.

M Sc. Walter Waldemar Poroj Sacor  
Director del Departamento de Postgrados  
Centro Universitario de Occidente

Respetable M Sc. Walter Poroj:

Por este medio como asesor de Tesis del tema de investigación: PLANIFICACIÓN DEL LABORATORIO DE SISMORESISTENCIA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MESA VIBRATORIA UNIDIRECCIONAL DE SIMULACIÓN SÍSMICA, EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

**Grupo 3**

**PLANIFICACIÓN DE MESA VIBRATORIA UNIDIRECCIONAL DE SIMULACIÓN SÍSMICA, MURO DE REACCIÓN Y LOGÍSTICA.**

Propuesto por:

INTEGRANTES:

Ing. Giovany Manrique Hernández Mendoza  
Ing. Carlos Alberto Martínez Maldonado  
Ing. Hugo Abraham Gordillo Orozco  
Ing. Yarin Esduilian Mazariegos Rodas  
Ing. Kennedy Darío Villatoro Palacios

CARNÈ:

201032321  
9530207  
8811870  
200330549  
200630547

Manifiesto que he procedido a revisar las observaciones hechas por el honorable tribunal examinador en el examen privado que los estudiantes han realizado. Al respecto, he hecho las recomendaciones pertinentes de forma y fondo para que los estudiantes continúen con sus trámites respectivos.

Sin otro particular, me suscribo,

Atentamente,

Dr. Carlos Estuardo Ventura  
Director of the Earthquake Engineering Research Facility -EERF-  
Department of Civil Engineering, Faculty of Applied Science  
The University of British Columbia -UBC-  
Vancouver, Canadá  
Asesor





**EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

**CERTIFICA:**

Que ha tenido a la vista el libro de Actas de Exámenes Privados del Departamento de Estudios de Postgrado del Centro Universitario de Occidente en el que se encuentra el acta 62-2023 la que literalmente dice:-----

En la ciudad de Quetzaltenango, siendo las doce horas con treinta minutos del día jueves dos de noviembre del año dos mil veintitrés, reunidos en el Aula Magna del Departamento de Estudios de Postgrado, el Honorable Tribunal Examinador, integrado por los siguientes profesionales: **Presidente:** M Sc. Walter Valdemar Poroj Sacor, con registro de personal No. 20010348; **Coordinador:** M Sc. Víctor Carol Hernández Monzón, con registro de personal No. 19990600; **Experto en Materia:** M Sc. Daniel Antonio Quintana, con registro de personal No. 20121108; **Experto en Metodología:** Dr. Sebastián Ignacio Charchalac Ochoa, con registro de personal No. 20160293; **Secretario que certifica:** Dr. Edgar Vidal Camposeco Pérez, con registro de personal No. 20111086; con objeto de practicar el **Examen Privado** de la **Maestría en Ingeniería Estructural y Sismo Resistente** en el grado académico de **Maestro(a) en Ciencias** de él (la) Ingeniero(a) **Hugo Abraham Gordillo Orozco** identificado(a) con el registro Académico No. **8811870** procediéndose de la siguiente manera:-----

**PRIMERO:** El(la) sustentante practicó la evaluación oral correspondiente, de conformidad con el Reglamento respectivo.-----

**SEGUNDO:** Después de efectuadas las preguntas necesarias, los miembros del tribunal examinador procedieron a la deliberación, habiendo sido el dictamen **FAVORABLE**.-----

**TERCERO:** En consecuencia, él (la) sustentante **APROBO** con correcciones obligatorias el examen privado, en base al Artículo 28 del Normativo de tesis del Departamento de Estudios de Postgrado, para otorgarle el título profesional de **MAESTRO(A) EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y SISMO RESISTENTE**.-----

**CUARTO:** No habiendo más que hacer constar, se da por finalizada la presente, en el mismo lugar y fecha una hora después de su inicio, firmando de conformidad, los que en ella intervinieron.-----

Y para los usos legales que a él (la) interesado(a) convengan, se extiende, firma y sella la presente **CERTIFICACIÓN** en una hoja membretada del Departamento de Estudios de Postgrado del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala a los veintiséis días del mes de enero del año dos mil veinticuatro.-----

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

Certifica:

  
 Licda. Yomara Yamilette Guzmán de León  
 Secretaria de Postgrado  


Vo. Bo.

  
 M.Sc. Walter Valdemar Poroj Sacor  
 Director de Postgrados  




## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por iluminar mi camino y permitirme llegar hasta donde hoy estoy.

### **Al MBA. Ing. Víctor Carol Hernández Monzón**

Por el apoyo incondicional, esmero y empeño para que la maestría sea de alto nivel.

### **A la Universidad De San Carlos De Guatemala y Centro Universitario de Occidente**

Por permitirme realizar mis estudios Superiores.

**y**

### **Al Dr. Carlos Estuardo Ventura**

Por su apoyo, asesoría y tiempo para dirigir este trabajo





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis protectores**

Señor Justo Juez  
Señor de Esquipulas, y  
La Virgen de Guadalupe

### **Mis Padres**

Abraham Gordillo Campos (QEPD)  
Amparo Orozco Vda. de Gordillo.  
Por sus sabias enseñanzas.

### **Mi Esposa**

Paola del Milagro Paúl Pineda de Gordillo  
Por estar siempre y en todo momento a mi  
lado.

### **Mis Hijos**

Francis Gordillo  
Karla Gordillo  
Jorge Gordillo  
Por ser mi fuente de Inspiración

### **Mis Hermanos**

Lily, Bety, Tony, Yuwani, Anabella

### **Mis Suegros**

Jorge Paúl  
Aminta Pineda

### **Mis Sobrinos en Especial**

Luis Rafael Corea  
Juan Fernando Orozco  
Un cariño muy especial

### **Por su aprecio y amistad**

Silvana, Raúl, Yoshi, Evita, Harold, por su  
cariño incondicional, en especial al Lic.  
Héctor Paul

### **Los profesionales**

A todos los Catedraticos de la Maestría por su  
Excelente Enseñanza.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS.....	XIV
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. Planteamiento Del Problema .....	5
1.2. Justificación.....	6
1.3. Objetivos .....	8
1.3.1. Objetivo general .....	8
1.3.2. Objetivos específicos.....	9
1.4. Hipótesis.....	9
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Ejemplos de laboratorios de sismorresistencia.....	11
2.1.1. Laboratorio del centro de investigación de ingeniería sísmica – The University of British Columbia.....	11
2.1.2. Laboratorio de tecnología de la construcción – Nanyang Tehcnological University Singapore.....	12
2.1.3. El Centro de Investigación de Terremotos de Ingeniería Civil – Universidad de Nevada, Reno.....	15
2.2. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica y de muros de reacción en países desarrollados .....	18
2.3. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica de aproximadamente 3*3 metros .....	19
2.4. Características generales de las mesas vibratorias de simulación sísmica y su entorno, en Guatemala y países vecinos .....	20
2.5. Elementos que conforman una mesa vibratoria de simulación sísmica.....	21

3. MESA VIBRATORIA UNIDIRECCIONAL .....	22
3.1. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica.....	22
3.2. Elementos que conforman una mesa vibratoria de simulación sísmica.....	22
3.3. Algunos de los componentes de la mesa vibratoria son .....	22
3.4. Rodamientos lineales .....	23
3.5. Mesa vibratoria con rodamientos tipo riel -JET RAIL- (Unidireccional) .....	24
3.6. Las mesas vibratorias también necesitan un software para la simulación .....	25
3.6.1. La referencia y recomendación sobre el software para operar la mesa es el Matlab y Simulink .....	25
3.7. Otras imágenes del funcionamiento de la mesa vibratoria y sus elementos .....	26
3.8. Donación .....	27
3.9. Grados de libertad.....	27
3.10. Número de actuadores.....	28
3.11. Servo-válvulas y actuadores .....	28
3.12. Tipos de ensayos en mesa vibratoria .....	30
3.12.1. Por tipo de materiales .....	30
3.12.2. Por tipo de sistema estructural .....	31
3.12.3. Modelos típicos de vivienda .....	32
3.12.4. Por tipos de fallas en la estructura.....	33
3.13. Tipos de ensayos en mesa vibratoria de 3.2*3.2m .....	34
3.13. Algunas referencias de pruebas estándar que se podrían realizar con la mesa vibratoria	37
3.13.1. Evaluar un muro de block de concreto de 14*19*39cm de clase C.....	38
3.13.2. Evaluar un muro de block de concreto de 14*19*39cm de clase B.....	39
3.13.3. Evaluar un muro de block de concreto de 14*19*39cm de clase A .....	40
3.13.4. Evaluar un muro de block de concreto de 14*19*39cm de clase A .....	42
3.13.5. Evaluar muro sin refuerzo de block de concreto de 14*19*39 cm de clase A ....	43
3.13.6. Evaluar un muro de block con el refuerzo vertical pineado clase A de 14*19*39cm .....	44

3.13.7.	Evaluar un muro con refuerzo vertical en todas las celdas del block de clase A de 14*19*39cm .....	45
3.13.9.	Evaluar construcción tipo cajón de mampostería de 2*2m de block clase C .....	47
3.14.	Protocolo de ensayos a nivel técnico y de seguridad .....	49
3.14.1.	Objeto y campo de aplicación .....	49
3.14.2.	Metodología de ensayos .....	49
3.14.3.	Capacidades del equipo .....	49
3.14.4.	Herramientas para el análisis de datos.....	50
3.14.5.	Instrumentación.....	50
3.14.6.	Comprobación y calibración del equipo.....	50
3.14.7.	Acondicionamiento y colocación del espécimen .....	51
3.14.8.	Informes.....	51
3.14.9.	Señalización de seguridad.....	51
3.14.10.	Seguridad y equipo de protección industrial.....	52
3.15.	Planos .....	55
3.15.1.	Planta de la mesa .....	55
3.15.2.	Vistas y secciones de mesa vibratoria .....	57
4.	MURO DE REACCIÓN .....	59
4.1	Descripción.....	59
4.2	Ensayo pseudo-dinámico .....	59
4.3	Muros de reacción a nivel mundial.....	60
4.4	Elementos que conforman el muro de reacción .....	61
4.4.1	Galerías horizontales .....	61
4.4.2	Muro vertical de sostenimiento.....	61
4.4.3	Losa de reacción.....	61
4.4.4	Muro de reacción.....	61
4.4.5	Galerías verticales .....	62
4.4.6	Muro de cortante .....	62
4.5	Ventajas y desventajas del muro de reacción.....	62
4.5.1	Ventajas .....	62
4.5.2	Desventajas .....	62

4.6 Descripción del equipo de aplicación de carga lateral en muro de reacción .....	62
4.6.1 Sistema hidráulico .....	63
4.6.2 Actuadores .....	63
4.6.3 Servo válvula .....	63
4.6.4 Computador.....	63
4.6.5 Adquisición de datos .....	63
4.7 Concreto presforzado .....	63
4.7.1 Presfuerzo .....	63
4.7.2 Estructuras postensadas adheridas y no adheridas .....	64
4.7.3 Propiedades mecánicas del concreto y acero para elementos presforzados .....	64
4.7.4 Ventajas del concreto presforzado .....	65
4.7.5 Normativas rigen las estructuras presforzadas.....	65
4.8 Análisis estructural .....	66
4.8.1 Introducción .....	66
4.8.2 Componentes del muro de reacción .....	67
4.8.3 Acciones de cargas .....	69
4.8.4 Modelo experimental.....	71
4.8.5 Cargas de trabajo aplicadas a los modelos experimentales .....	71
4.8.6 Elemento finito (Sap 2,000).....	72
4.8.7 Espectro para diseño de muro de reacción. ....	73
4.8.8 Condiciones de servicio.....	77
4.9 Diseño estructural .....	86
4.9.1 Introducción .....	86
4.9.2 Normatividad .....	86
4.9.3 Diseño estructural de los elementos .....	86
4.9.4 Diseño estructural del muro de reacción en general .....	87
5. LOGÍSTICA .....	112
5.1. Histórico de logística .....	112
5.2. Listado de donaciones.....	112
5.2.1. Condiciones del equipo donado .....	115
5.3. Gestión de las donaciones en la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	118

5.3.1. Traslado del equipo (medio adecuado para la importación de donaciones, ruta de viaje).....	119
5.4. Costos y presupuestos .....	121
5.5. Inconvenientes encontrados .....	126
5.5.1. Pandemia Covid-19 .....	126
5.5.2. Crisis internacional de contenedores .....	126
5.5.3. Condiciones climatológicas en Canadá .....	127
5.5.4. Incumplimiento de oferta.....	127
5.6. Nuevas cotizaciones y selección de empresa encargada de traslado .....	127
5.7. El estado actual de la logística.....	130
6. CONCLUSIONES .....	131
7. RECOMENDACIONES .....	133
8. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	134
9. BIBLIOGRAFÍA .....	136
10. ANEXO PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN .....	139
11. ANEXO I LOGÍSTICA.....	172
11.1 Contrato para traslado de mesa.....	172
11.2. Invoice emitida por UBC .....	175
11.3. Pago para emisión de invoice necesaria para el traslado .....	177
12. ANEXO II.....	178
IMÁGENES DE MATERIALES Y MODELOS TÍPICOS DE VIVIENDA QUE PUEDEN SER ENSAYADOS EN LA MESA VIBRATORIA.....	178
13. ANEXO III PLANOS MESA VIBRATORIA .....	188
14. ANEXO IV PLANOS MURO DE REACCIÓN .....	194
15. ANEXO V ESTUDIO DE SUELOS.....	199

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Vista de mesa sísmica dentro de un laboratorio.....	13
Ilustración 2	Espacio del sistema hidráulico para una mesa vibratoria de 6 grados de libertad.....	13
Ilustración 3	Espacio de mesa vibratoria de 6m*4m de la Universidad de Bristol Reino Unido.....	14
Ilustración 4	Visual y componentes para un ensayo en muro de reacción de la empresa Testing & simulation systems for product design -MTS- .. ..	14
Ilustración 5	Mesa vibratoria en el centro de investigación de terremotos en ingeniería civil de la Universidad de Nevada Reno, Estados Unidos. ....	16
Ilustración 6	Sistema hidráulico y eléctrico del centro de investigación de terremotos en ingeniería civil de la Universidad de Nevada Reno, Estados Unidos.....	17
Ilustración 7	Muro de reacción del centro de investigación de terremotos en ingeniería civil de la Universidad de Nevada Reno, Estados Unidos....	18
Ilustración 8	Prueba de torre de condominios de siete pisos en mesa vibratoria.....	19
Ilustración 9	Mesa vibratoria de 9 metros cuadrados, de la Universidad Mariano Gálvez.....	20
Ilustración 10	Componentes de mesa vibratoria.....	23
Ilustración 11	Rodamiento lineal.....	23
Ilustración 12	Simulador de 1 eje con rodamiento lineal.....	24
Ilustración 13	Elementos de una mesa vibratoria tipo riel.....	24
Ilustración 14	Diagrama de simulación del software para la reproducción de terremotos a escala.....	25
Ilustración 15	Dirección de movimiento de mesa vibratoria por medio de actuadores..	26
Ilustración 16	Isométrico de mesa vibratoria y actuadores para la simulación sísmica.	27
Ilustración 17	Configuración general de mesa vibratoria de 6 gdl.....	27
Ilustración 18	Configuración especial de actuadores para ahorro de espacio en una mesa vibratoria.....	28
Ilustración 19	Descripción general de actuador.....	29



Ilustración 20	Configuración del sistema de control del actuador.....	29
Ilustración 21	Construcción de vivienda de madera.....	30
Ilustración 22	Construcción de vivienda de mampostería.....	31
Ilustración 23	Elementos estructurales en voladizo.....	31
Ilustración 24	Sistema de marcos estructurales con riostras.....	32
Ilustración 25	Estructuras tipo remesa.....	32
Ilustración 26	Estructura de adobe.....	32
Ilustración 27	Estructura tipo cajón.....	33
Ilustración 28	Estructura de ladrillo.....	33
Ilustración 29	Piso fuerte-piso débil.....	33
Ilustración 30	Fallo por piso fuerte-piso débil.....	34
Ilustración 31	Ensayo de muro de block no reforzado y el visible fallo en la base, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.....	35
Ilustración 32	Ensayo de muro de block no reforzado y el visible fallo por corte, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.....	35
Ilustración 33	Ensayo de estructura de acero, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.....	36
Ilustración 34	Ensayo de estructura de madera donde es visible el pandeo de elementos longitudinales de madera, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.....	36
Ilustración 35	Ensayo de estructura tipo cajón donde es visible el pandeo y la abertura de elementos cortos, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.....	37
Ilustración 36	Block tipo C.....	38
Ilustración 37	Muro de block sin reforzar de 2.4m por 2.6m.....	38
Ilustración 38	Block tipo B.....	39
Ilustración 39	Muro de 2.4m de ancho con refuerzo de pines a cada 60cm.....	39
Ilustración 40	Block tipo A.....	40
Ilustración 41	Muro de block de 2.4m de ancho con refuerzo de pines a cada 0.80m...	41
Ilustración 42	Muro de block de 2.4m de ancho con refuerzo de columnas y soleras...	42
Ilustración 43	Muro de block de 1m de ancho sin refuerzo.....	43

Ilustración 44	Muro de block de 1m de ancho con pines a cada 0.40m.....	44
Ilustración 45	Muro de block de 1m de ancho con pines a cada 0.20m.....	45
Ilustración 46	Muro de block de 1m de ancho con refuerzo de columnas y soleras.....	46
Ilustración 47	Estructura de mampostería de block tipo cajón, de 2*2m por 2.6m de altura.....	48
Ilustración 48	Ilustración de simulink scope, con simulación general en el dominio del tiempo, en este caso respuesta en el tiempo de vibración libre del sistema de 1 grado de libertad.....	50
Ilustración 49	Señalización de seguridad industrial.....	51
Ilustración 50	Elemento estructural que será evaluado bajo cargas sísmicas simuladas con 6 grados de libertad, las personas usan cascos de protección. ....	53
Ilustración 51	Ensayos que hicieron los estudiantes de ingeniería civil de la universidad de Bristol, Reino Unido.....	54
Ilustración 52	Ensayos en Harbin Institute of Technology de China, donde se puede observar el uso de cascos.....	54
Ilustración 53	Planta de mesa vibratoria con secciones indicadas.....	55
Ilustración 54	Planta de mesa vibratoria con distribución general. ....	56
Ilustración 55	Elevación de mesa vibratoria.....	57
Ilustración 56	Perfil de mesa vibratoria.....	57
Ilustración 57	Sección A-A de mesa vibratoria.....	58
Ilustración 58	Sección C-C de mesa vibratoria.....	58
Ilustración 59	Sección D-D de mesa vibratoria.. ....	58
Ilustración 60	Detalles de muro de reacción en forma de L, con abertura para ingreso de personal.....	59
Ilustración 61	Instituciones que poseen muro de reacción y sus dimensiones.....	60
Ilustración 62	Ejemplo de muro de reacción en forma de L, con aberturas para el ingreso de personal.....	60
Ilustración 63	Ejemplo de muro de reacción, sin aberturas, espesor de paredes y losa continúa .....	61
Ilustración 64	Muestra algunos ejemplos de configuraciones de elementos estructurales de los cuales se pueden hacer pruebas sobre el muro de	

	reacción; a) inmueble de 3 habitaciones b) habitación corrida planta alta, c) garaje abajo, d) pórtico superior, e) tienda abajo y bodega arriba, f) con losa a dos aguas, g) zapata, h) columnas, i) trabes T, j) trabes dobles T. ....	67
Ilustración 65	Muro de reacción. ....	67
Ilustración 66	Muestra elementos discretizados y las cargas de trabajo, así como la numeración de nodos y momentos flexionantes o par de carga. ....	72
Ilustración 67	Forma espectral elástica para diseño de muro de reacción. ....	77
Ilustración 68	Modelo de muro de reacción en programa de elementos finitos (SAP 2,000). ....	78
Ilustración 69	Isométrico de muro de reacción. ....	88
Ilustración 70	Planta de muro de reacción. ....	88
Ilustración 71	Elevación de muro de reacción. ....	89
Ilustración 72	Perfil de muro de reacción. ....	89
Ilustración 73	Muro de cortante en voladizo. ....	90
Ilustración 74	Gráfica de esfuerzos en muro vertical de reacción. ....	95
Ilustración 75	Ingreso resistencia de concreto. ....	99
Ilustración 76	Propiedades de la losa de reacción. ....	99
Ilustración 77	Propiedades de la losa de cimentación. ....	100
Ilustración 78	Ingreso de cargas vivas. ....	100
Ilustración 79	Ingreso de balasto vertical. ....	102
Ilustración 80	Presiones laterales sentido X-X. ....	102
Ilustración 81	Presiones laterales sentido Y-Y. ....	103
Ilustración 82	Momentos sentido Y-Y. ....	103
Ilustración 83	Momentos sentido X-X. ....	104
Ilustración 84	Cortante sentido 13. ....	104
Ilustración 85	Cortante sentido XY. ....	105
Ilustración 86	Deformación envolvente de servicio por gravedad. ....	105
Ilustración 87	Deformación envolvente de servicio por sismo. ....	106
Ilustración 88	Acero sentido Y-Y cama superior. ....	106
Ilustración 89	Acero sentido X-X, cama superior. ....	107

Ilustración 90	Acero sentido Y-Y cama inferior.....	107
Ilustración 91	Acero sentido X-X cama inferior.....	108
Ilustración 92	Acero sentido Y-Y cama superior.....	109
Ilustración 93	Acero sentido X-X cama superior.....	109
Ilustración 94	Acero sentido Y-Y cama inferior.....	110
Ilustración 95	Armado sentido X-X cama inferior.....	110
Ilustración 96	Estado actual de las donaciones.....	115
Ilustración 97	Estado actual de los equipos en almacenaje, mesa vibratoria. ....	116
Ilustración 98	Estado actual de equipos en almacenaje, Servoválvulas y actuadores....	
Ilustración 99	Estado actual de los equipos en almacenaje, servoválvulas y actuadores .....	116 117
Ilustración 100	Estado actual de equipos en almacenaje, servoválvulas y actuadores ....	117
Ilustración 101	Logística de traslado de la mesa vibratoria .....	118
Ilustración 102	Contenedor tipo plataforma .....	119
Ilustración 103	Contenedor tipo Flat rack .....	120
Ilustración 104	Contenedor tipo Open-top. ....	120
Ilustración 105	Mesa vibratoria en EERF, UBC, Vancouver Canadá .....	121
Ilustración 106	Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.....	121
Ilustración 107	Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.....	122
Ilustración 108	Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.....	122
Ilustración 109	Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.....	123
Ilustración 110	Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.....	123
Ilustración 111	Cotización aceptada para traslado de mesa vibratoria .....	124
Ilustración 112	Cotización aceptada para traslado de mesa vibratoria. ....	125
Ilustración 113	Primer intento de carga, apoyo de personal de UBC para carga .....	128
Ilustración 114	Primer intento de carga.....	129
Ilustración 115	Primer intento de carga, dimensiones de contenedor fue pequeño .....	129
Ilustración 116	Formulación de hipótesis.....	149
Ilustración 117	Mesa vibratoria a gran escala.....	154
Ilustración 118	Mesa vibratoria de 9 metros cuadrados.....	156
Ilustración 119	Diseño cualitativo integral.....	159

Ilustración 120	Placas tectónicas que delimitan Guatemala.....	169
Ilustración 121	Daños ocurridos por el terremoto de 1,976 en Guatemala .....	169
Ilustración 122	Epicentro del sismo del 7 de noviembre 2012.....	170
Ilustración 123	Mala configuración estructural y deficiencia de los materiales, sismo del 7 de noviembre de 2012.....	170
Ilustración 124	Evaluación de refuerzos en forma de L por medio del muro de reacción.....	171

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Formulación de hipótesis.....	10
Tabla 2	Muestra los pesos de los elementos estructurales.....	69
Tabla 3	Listado de amenaza sísmica y velocidad básica del viento por municipio para la República de Guatemala.....	73
Tabla 4	Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño.....	74
Tabla 5	Coefficientes de sitio Fa.....	74
Tabla 6	Coefficientes de Sitio Fv.....	74
Tabla 7	Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño.....	75
Tabla 8	Factores Kd de acuerdo al nivel de sismo.....	75
Tabla 9	Sistema estructural.....	76
Tabla 10	Participación modal espectral.....	78
Tabla 11	Valores de periodo de estructura.....	79
Tabla 12	Valores de espectro de respuesta.....	79
Tabla 13	Valores del coeficiente de corte en la base para sentido X y sentido Y.....	80
Tabla 14	Valores de coeficiente en la base, asignados en modelo, Sentido X.....	80
Tabla 15	Valores de coeficiente en la base, asignados en modelo, Sentido Y.....	81
Tabla 16	Valores de AMEx-x, AMEy-y, CSx-x, CSy-y (Kg).....	81
Tabla 17	Calibración de análisis modal.....	82
Tabla 18	Resultados de calibración de análisis modal.....	82
Tabla 19	Derivas últimas $\Delta u$ máximas tolerables.....	83
Tabla 20	Niveles de referencia para cálculos de derivas.....	83
Tabla 21	Derivas máximas para AMEx-x Story 2.....	83
Tabla 22	Derivas máximas para AMEx-x Story 3.....	84
Tabla 23	Derivas máximas para AMEy-y Story 2.....	84
Tabla 24	Derivas máximas para AMEy-y Story 3.....	85
Tabla 25	Cálculo de desplazamientos máximos y derivas de entrepiso.....	85
Tabla 26	Datos.....	91
Tabla 27	Propiedades geométricas.....	91
Tabla 28	Cálculo de esfuerzos permisibles.....	92

Tabla 29	Cálculo de momento del peso propio del muro.....	92
Tabla 30	Cálculo de momento de la carga sobrepuesta.....	92
Tabla 31	Momento total del peso propio ( $M_o + M_{csd}$ ).....	92
Tabla 32	Módulos de sección requeridos.....	93
Tabla 33	Chequeo de módulo de sección.....	93
Tabla 34	Esfuerzo en el centroide del concreto.....	93
Tabla 35	Fuerza pretensora inicial.....	94
Tabla 36	Cálculo de excentricidad.....	94
Tabla 37	Fuerza efectiva.....	94
Tabla 38	Revisión de esfuerzos considerando la sección como viga AASHTO TIPO III.....	95
Tabla 39	Momento de servicio para esfuerzos admisibles.....	96
Tabla 40	Cálculo de la fuerza P, que necesitamos para que chequee el esfuerzo admisible.....	96
Tabla 41	Esfuerzo en la fibra inferior del elemento en análisis.....	96
Tabla 42	Propuesta de varillas de acero de aleación para tensionamiento de postensado.....	97
Tabla 43	Equipo existente en EERF UBC.....	113
Tabla 44	Equipos existentes en EERF UBC.....	114
Tabla 45	Objetivo principal de logística el plan de acción de logística para el traslado de las donaciones.....	130
Tabla 46	Aplicación de metodología.....	160
Tabla 47	Resistencia de bloques de concreto, hechos artesanalmente en el departamento de San Marcos, a través de ensayos después del terremoto del 7 de noviembre de 2012.....	171

## ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS

<b>Ac</b>	Área de concreto de la sección transversal.
<b>c</b>	Distancia medida desde la fibra extrema en compresión al eje neutro.
<b>e</b>	Excentricidad de la carga paralela al eje del elemento medida desde el centroide de la sección transversal.
<b>f'c</b>	Resistencia a compresión del concreto.
<b>f'ci</b>	Resistencia especificada a la compresión del concreto al momento del presforzado inicial
<b>fup</b>	Resistencia especificada a la tracción del acero de presforzado.
<b>Fpy</b>	Resistencia especificada a la fluencia del acero de presforzado.
<b>fci</b>	Esfuerzo en la fibra extrema en compresión debida al presforzado y a todas las cargas = $0.6 * f'_{ci}$
<b>fti</b>	Esfuerzo en la fibra extrema inferior en tracción = $0.80 * f'_{ci}$
<b>fcs</b>	Esfuerzo en la fibra extrema en compresión debida al pretensado y a las cargas mantenidas en el tiempo = $0.45 * f'_{ci}$
<b>fts</b>	Esfuerzo en la fibra extrema superior en tracción = $1.6 * f'_c$
<b>I</b>	Momento de inercia de la sección transversal.
<b>r</b>	Radio de giro de la sección transversa de un elemento a compresión.
<b>R</b>	Relación de efectividad de las perdidas.



## GLOSARIO

<b>Actuador</b>	Dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado, cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico.
<b>Cargas de impacto</b>	Efecto dinámico sobre una estructura, móvil o estática, que tiene una carga aplicada de corta duración debido a su movimiento. También llamada carga móvil.
<b>Cargas muertas</b>	Son cargas gravitacionales permanentes y relativamente constantes que se derivan del peso mismo de la estructura, de los elementos constructivos que esta soporta y de los equipos de carácter permanente anclados y colocados sobre ella.
<b>Cargas vivas</b>	Las cargas vivas que actúan sobre una estructura son aquellas de carácter temporal y que también cambian en magnitud y ubicación. Se originan según el uso que se le da a la estructura e incluyen a las personas que van y vienen, los automóviles, los ascensores, maquinarias de todo tipo, mobiliario y hasta eventos naturales como el empuje de aguas y tierras, entre otros.
<b>Deflexiones y derivas</b>	La deriva global $\Delta$ se define como la relación entre el desplazamiento lateral máximo en el tope del edificio dividido por la altura total del edificio; $C_d$ es un factor que permite calcular los desplazamientos laterales máximos con comportamiento inelástico a partir de los máximos desplazamientos laterales con comportamiento elástico.
<b>Escala de Momento (Mw)</b>	Escala logarítmica que mide la energía total liberada de un sismo, que no se satura con valores más altos, pero coincide con Richter con valores debajo de 7 grados.

<b>Escala de Richter</b>	Es una escala sismológica de magnitud local (ML), con base logarítmica y que sirve para cuantificar la cantidad de energía que libera un sismo.
<b>Espectro de respuesta</b>	Es un valor utilizado en los cálculos de ingeniería sísmica, que mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta.
<b>Estudios experimentales</b>	La finalidad es evaluar la eficacia o efectividad de algo en estudio, pudiendo ser de carácter preventivo o educativo.
<b>Eventos sísmicos</b>	Un sismo es un temblor o una sacudida de la tierra por causas internas. El término es sinónimo de terremoto o seísmo, aunque en algunas regiones geográficas los conceptos de sismo o seísmo se utilizan para hacer referencia a temblores de menor intensidad que un terremoto.
<b>Grúa puente</b>	O puente-grúa, es un tipo de grúa que se utiliza en fábricas e industrias, para izar y desplazar cargas pesadas, permitiendo que se puedan movilizar piezas de gran porte en forma horizontal y vertical.
<b>Mesa vibratoria</b>	Una mesa vibratoria es una plataforma móvil que simula los movimientos de un sismo sobre un modelo estructural.
<b>Monitoreo</b>	Controlar de manera sistemática y organizada, el desarrollo de un suceso a través de monitores o personas encargadas.
<b>Muro de reacción</b>	Muro para la aplicación de fuerzas horizontales formado por bloques prefabricados de hormigón.
<b>Placas tectónicas</b>	Son fragmentos de tierra llamados litosfera compuestos por el manto superior y la corteza terrestre, son rígidos y varían de espesor si están en el océano o no; sin embargo, estos generan los sismos por su constante movimiento y choque entre ellos.
<b>Salas de control</b>	Es el lugar donde se controla, registra, y materializa señal procedente del laboratorio.

**Sistema constructivo**

Elementos de una edificación que forma un todo de manera funcional, con un fin común que es la de sostener la estructura y proveer protección a los espacios habitables.

**Vibración**

Movimiento de vaivén, rápido y de poca amplitud, de un cuerpo que vibra o de una parte de él.



## RESUMEN

Guatemala no cuenta con laboratorios de investigación de sismorresistencia con mesas vibratorias de varios grados de libertad, ni muros de reacción para la simulación sísmica. De esa cuenta el propósito principal de esta investigación es realizar la planificación para la implementación de la mesa vibratoria unidireccional de simulación sísmica, el diseño del muro de reacción por medio del análisis estructural basado en elementos finitos.

En los últimos 100 años, los sismos han provocado estragos como el sismo del 4 de febrero de 1,976 con escala de 7.5 Richter que provocó daños a viviendas, iglesias y edificios, así como pérdidas humanas y, el sismo del 7 de noviembre de 2,012 con Magnitud de Momento 7.4 Mw, con daños en viviendas, edificios públicos, privados, nuevos y antiguos.

Está claro que el país debe ser resistente a terremotos. Para ello es indispensable conocer la calidad de los materiales de construcción y su comportamiento ante los movimientos sísmicos, mediante ensayos de prototipos en la mesa vibratoria de simulación sísmica unidireccional y el muro de reacción, propuestos.

La mesa vibratoria unidireccional fue donada por el Dr. Carlos Ventura en representación de la UBC, gracias a la gestión del MBA Víctor Carol Hernández, la logística del traslado de Canadá a Guatemala se realizará vía terrestre de la UBC al puerto, vía marítima de Canadá a Guatemala y vía terrestre del puerto al Centro Universitario de Occidente CUNOC, Quetzaltenango, Guatemala.

El muro de reacción fue diseñado y analizado a través de la normativa AGIES, al utilizar el programa de elementos finitos para conocer los valores máximos posibles de desplazamiento, dependiendo del sismo máximo esperado; seguidamente se diseñó como viga AASHTO TIPO III postensada para el soporte de las cargas que generan los diferentes prototipos a ensayar. La cimentación fue diseñada con los datos obtenidos del estudio de suelos.

**Palabras clave:** Sismorresistencia, mesa vibratoria unidireccional de simulación sísmica, elementos finitos, respuesta dinámica, logística.

## ABSTRACT

Guatemala does not have earthquake resistance research laboratories with vibrating tables with several degrees of freedom, nor reaction walls for seismic simulation. Therefore, the main purpose of this research is to carry out the planning for the implementation of the unidirectional vibration table for seismic simulation, the design of the Reaction Wall, through structural analysis based on finite elements.

In the last 100 years, the earthquakes have caused havoc, such as the earthquake of February 4, 1976 with a scale of 7.5 Richter that caused damage to homes, churches and buildings, as well as human losses; and the earthquake of November 7, 2012 with a Moment Magnitude 7.4 Mw, which damage to homes, public, private, new and old buildings.

It is clear that the country must be resistant to earthquakes. For this, it is essential to know the quality of the construction materials and their behavior in the face of seismic movements, through prototype tests on the proposed unidirectional seismic simulation vibrating table and the reaction wall.

The Unidirectional Vibrating Table was donated by Dr. Carlos Ventura on behalf of the UBC, thanks to the management of MBA Víctor Carol Hernández, the logistics of the transfer from Canada to Guatemala will be carried out, by land from the UBC to the port, by sea. Canada to Guatemala, and by land from Puerto to the Western University Center CUNOC, Quetzaltenango, Guatemala.

The reaction wall was designed and analyzed through the AGIES regulations using a finite element program to know the maximum possible displacement values depending on the maximum expected earthquake, then it was designed as a post-tensioned AASHTO TYPE III beam to support the loads generated. the different prototypes to be tested. The foundation was designed with the data obtained from the soil study.

**Keywords:** Earthquake resistance, Unidirectional Vibrating Table for Seismic Simulation, Finite Elements, Dynamic response, Logistics.

## 1. INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de la investigación científica en el campo de la ingeniería resultan necesarios los espacios para laboratorios de ensayo, en el caso concreto de la ingeniería sísmica es muy importante contar con un espacio adecuado, que permita ensayar modelos de diversos tamaños, materiales y configuraciones. En varios países se han adoptado y propuesto soluciones diversas para el funcionamiento de laboratorios de sismo resistencia. Algunas de estas soluciones se han tomado como referencia para estudiar las alternativas posibles que permitan desarrollar una propuesta adecuada en función de las necesidades y recursos locales.

De las experiencias documentadas que han tenido lugar para la implementación y construcción de diversos laboratorios de ingeniería sísmica, y que a su vez debieron superar aspectos como la distribución del espacio, equipamiento, entre otros; se podrá contar con elementos que puedan aportar los criterios adecuados para realizar el proyecto de implementación del laboratorio de Ingeniería Sísmica del CUNOC.

La importancia del laboratorio de sismo resistencia puede apreciarse por la influencia y desarrollo que se puede lograr en distintos ámbitos de conocimiento, especialmente los relacionados a calidad de materiales de construcción, comportamiento estructural ante sismos, tipos de suelos, sistemas constructivos, calidad en la ejecución de las obras y normativas de construcción.

Muchos de los fallos estructurales en Guatemala se deben a materiales con bajas propiedades mecánicas y construcciones con un comportamiento inadecuado ante los sismos. En un país como Guatemala, que lo atraviesa tres grandes placas tectónicas, los efectos de las fallas estructurales pueden llegar a tener grandes consecuencias, tal es el caso de uno de los últimos sismos más representativos y recientes, que tuvo lugar en el departamento de San Marcos. Sismo ocurrido el 7 de noviembre del 2011, donde hubo decenas de casas dañadas por la mala calidad del block y materiales que no cumplían ni con la tercera parte de la resistencia mínima requerida.

En un proceso adecuado de construcción, los materiales deben cumplir con especificaciones técnicas de elaboración y ensayos de resistencias como primer paso, luego deben cumplir con normativas de fabricación como COGUANOR. Las edificaciones deben cumplir también con normativas para el diseño estructural como las normas de seguridad estructural AGIES NSE para Guatemala y las normas específicas para cada sistema estructural, como ACI o AISC. Sin embargo, para que las normas se desarrollen adecuadamente debe existir un proceso de investigación y comprobación que no es posible llevar a cabo sin los mecanismos, equipos y espacios adecuados.

De allí surge la necesidad de conocer la capacidad de los materiales y su desempeño sísmico resistente. Se considera que una de las maneras más efectivas de tener un conocimiento adecuado sobre los materiales y el sísmo resistencia es la implementación de una mesa vibratoria, porque con esto se pueden hacer diversos ensayos, y evaluar la variedad de tipos de materiales y sistemas constructivos aplicados en Guatemala.

Por las razones expuestas, se presenta la implementación y logística de la mesa vibratoria de simulación sísmica unidireccional y del muro de reacción, para la evaluación de diversos materiales y sistemas de constructivos, y con esto poder tener un acercamiento a la realidad guatemalteca en el ámbito sísmo resistente.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el país está en constante crecimiento en el área de investigación, pero específicamente en el área estructural y sismo-resistente hace falta mucho crecer y por abarcar. Solo una universidad privada cuenta con laboratorio en sismo resistencia y posee una mesa vibratoria de 9 metros cuadrados, pero no cuenta con más equipo para poder realizar otros estudios de investigación experimental. Para hacer este tipo de estudios, el investigador se encuentra con las siguientes problemáticas:

- Carencia de un espacio físico adecuado o áreas de laboratorio para realizar estudios de investigación sismo-resistente.
- No contar con el equipo adecuado para realizar investigaciones a nivel de simulación sísmica, como lo es la mesa vibratoria.
- No poder efectuar evaluaciones en muros, columnas o conexiones aplicando fuerzas horizontales, ya que no se cuenta con un muro de reacción.
- Deseo de parte de los profesionales para realizar estudios de investigación experimental de alto nivel, ya que en el campo laboral y de investigación ya es de mucha necesidad para Guatemala verificar y comprobar materiales y normativas existentes.

Aunado a la problemática, en el marco histórico y sísmico del país se tiene el último terremoto, que afectó al país en gran medida el 7 de noviembre del 2012 y según los informes de La Comisión Económica para América Latina y el Caribe -CEPAL-, ese movimiento significó el 0.3 % del Producto Interno Bruto -PIB- en daños y pérdidas, siendo un total de 128.5 millones de USD. Esto se debe a varias causas y algunas de ellas son: sistemas constructivos inadecuados, empirismo, normativas obsoletas (o mal aplicadas) y por falta de un buen control de calidad de los materiales en algunos sectores del país.

Como dice el Doctor Héctor Monzón en las Lecciones repetidas del terremoto del 7 de noviembre de 2012: que las razones primordiales por las cuales sucedieron daños en las estructuras de San Marcos fueron la mala calidad de los materiales y la inadecuada configuración de las edificaciones (Monzón, 2013).

La investigación y ensayos de los materiales mediante la simulación sísmica sería de gran ayuda para conocer más sobre el tipo de materiales, sistemas constructivos y normativa aplicada en Guatemala, respecto a la interacción de estos con los sismos; de allí surge la

necesidad de un laboratorio de sismo resistencia para la implementación de mesa vibratoria unidireccional de simulación sísmica, muro de reacción y logística que conlleva en el Centro Universitario de Occidente.

Con esto se pretende conocer un poco más el contexto guatemalteco en el ámbito sismo resistente y las posibles soluciones a los problemas estructurales mediante estudios experimentales. También con la finalidad de remediar esa necesidad en los profesionales, para que puedan efectuar sus respectivas investigaciones experimentales y, contar con el laboratorio y equipo adecuado, por ejemplo:

- El espacio físico adecuado para el laboratorio.
- La mesa vibratoria adecuada para 6 grados de libertad (detalle que marca la diferencia con respecto a la otra mesa que ya existe en Guatemala). También es importante mencionar que la mesa vibratoria estará aislada mediante aisladores sísmicos (esto hace la diferencia con respecto a la otra que ya existe en Guatemala), lo cual evitará que los edificios aledaños no sufran algún tipo de vibración perjudicial y que toda la estructura tenga un comportamiento adecuado e integral.
- El muro de reacción permitirá diversidad de ensayos, según el Dr. Carlos Ventura porque tienden a ser muy solicitados por lo económico de los ensayos a realizar, cuyo detalle hace más rentable y atractivo el laboratorio para las empresas y público en general que necesiten de dichos estudios.
- También se le puede sumar la gran cantidad de ensayos y experimentos que se podrán realizar en la Universidad de San Carlos para el beneficio tanto de la universidad como del país.

## **1.2. Justificación**

El proyecto del Laboratorio de Sismo Resistencia, para la Implementación de mesa vibratoria unidireccional de Simulación Sísmica, en el Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala posee diferentes etapas a desarrollar, entre las que se encuentra: la planificación del espacio físico, mesa vibratoria y muro de reacción.

La planificación que se obtendrá del espacio físico para el laboratorio de sismo resistencia abre las puertas a presentes y futuras generaciones que quieran generar proyectos similares, puesto que se tendrá una base o un punto de partida para empezar un nuevo

proyecto. La planificación del proyecto abre caminos porque en Quetzaltenango y Occidente del país no existe información al respecto del cómo plasmar un proyecto de este tipo.

Cualquier construcción que se realiza necesita de una planificación, la cual plasma: planos, estudios previos, presupuesto de traslado, especificaciones de materiales, especificaciones constructivas y otros; sin la existencia de una planificación el laboratorio no podría ejecutarse.

Realizar la planificación del proyecto planteado traerá beneficios académicos a cada uno de los integrantes del proyecto, puesto que se está investigando cómo llevarla a cabo y como consecuencia todos aprenderán en el proceso.

Un país que ha servido de ejemplo en materia de investigación en ingeniería es Canadá, que cuenta con facultades especializadas en sismo-resistencia. The University of British Columbia es ejemplo mundial en el uso de tecnologías dedicadas a la simulación sísmica, cuenta con un departamento de investigación en el campo de la ingeniería sísmica llamado The Earthquake Engineering Research Facility (EERF), cuyo propósito es dedicarse al análisis del comportamiento estructural. Algo tan necesario en Guatemala, debido a la gran cantidad de daños que se presentan en las estructuras año tras año, debido a su condición sísmica.

El instituto EERF en UBC fue fundado como institución en el año 1,948 y actualmente cuenta con aproximadamente 2,400 miembros. El Dr. Carlos Ventura dirige actualmente el laboratorio de dicho instituto, y hoy en día también es profesor de la Maestría en Ingeniería Estructural y Sismo-resistente del Centro Universitario de Occidente (CUNOC) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Debido a que el instituto antes mencionado se encuentra en actualización constante, deciden en el año 2018 ofrecer en calidad de donación al CUNOC una de las mesas vibratorias de simulación sísmica de 3.2\*3.2 metros que ellos ya no utilizan, pues en el laboratorio instalaron una nueva mesa.

El ingeniero Víctor Carol Hernández, quien es actualmente el coordinador de la Maestría en el CUNOC, aceptó la donación de la mesa, iniciando gestiones en rectoría para su recepción y el 12 de septiembre del año 2,020 se redactó el oficio Ref.679.09.20 donde el señor Rector de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos acepta con agrado la donación para el Centro Universitario de Occidente.

Con dicha respuesta por parte de Rectoría se inició el camino para la gestión y

traslado de la mesa vibratoria sismo resistente a Quetzaltenango. Actualmente en la UBC de Canadá, la mesa cumple el papel de simulador sísmico, en el cual se pueden colocar modelos en un área de 3.2 x 3.2 metros y con ello pueden realizar un sinnúmero de investigaciones y análisis a estructuras, que posteriormente son utilizadas en las normativas de construcción.

Entre los componentes del laboratorio de investigación Sísmica EERF en la UBC, se encuentra un muro de reacción sísmica, cuya estructura está formada por hormigón y que permite realizar análisis de fuerzas horizontales en las estructuras. El Doctor Carlos Ventura indicó el año pasado, en una de las pláticas que se tuvo con el Ing. Víctor Carol, que este muro es indispensable para el laboratorio; porque permite realizar versatilidad de estudios y los ingresos que se producen a razón de ello, lo hacen muy rentable desde un punto de vista económico, haciendo del laboratorio un proyecto sostenible.

Gracias a la donación del Instituto, bajo el mando del Dr. Ventura, a la aceptación del Ing. Murphy Paiz y coordinación del Ing. Víctor; y el apoyo de varias personalidades como el Dr. Héctor Monzón de Despang, la empresa MAGEBA de México, hoy se tiene la responsabilidad de iniciar gestiones para la importación y correcta documentación respecto a la donación de la mesa desde la UBC. También los permisos correspondientes según protocolos de la USAC para la importación y traslado en el CUNOC, así mismo para la gestión del espacio físico donde se instalará el laboratorio y que albergará tanto el muro de reacción como la mesa vibratoria de simulación sísmica.

Con lo anteriormente expuesto se evidencia la necesidad de poner en marcha las comisiones organizadas e integradas por los alumnos maestrantes, con el interés de engrandecer aún más a esta casa de estudios y que se puedan comenzar las gestiones necesarias, junto con el apoyo administrativo, docente y asesores correspondientes.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Planificar la implementación de una mesa vibratoria unidireccional de simulación sísmica, muro de reacción y logística que conlleva, en el Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Integrar un espacio para mesa vibratoria y muro de reacción dentro del laboratorio de sismo resistencia.
- Desarrollar el plan de acción de la logística para el traslado de donaciones.
- Determinar el número de actuadores y la ubicación de estos dentro del laboratorio de sismo resistencia.
- Identificar los tipos de ensayos a realizarse por medio de la mesa vibratoria.
- Diseñar el muro de reacción para la implementación dentro del laboratorio de sismoresistencia.
- Realizar los planos de la mesa vibratoria, muro de reacción y sus componentes dentro del laboratorio de sismo resistencia.

### **1.4. Hipótesis**

Por las características intrínsecas del tipo de proyecto de investigación no se establecieron hipótesis, por las razones siguientes:

- Estudios descriptivos, solo se formulan hipótesis cuando se pronostica un hecho o dato. El mero acto de medir un fenómeno para describirlo no requiere de hipótesis, por lo tanto, los estudios meramente descriptivos carecen de la misma.
- Las hipótesis indican lo que se está buscando o tratando de probar y pueden definirse como explicaciones tentativas del fenómeno investigado, formuladas a manera de proposiciones. En este caso, no se trata de probar algo en específico, porque se está implementando una mesa vibratoria y muro de reacción, que es parte del equipo o maquinaria que servirá para poder hacer investigaciones más profundas a futuro.
- El tipo de investigación que se abordará estará enfocado en determinar cuáles son los componentes y aplicaciones fundamentales de la mesa vibratoria. Para el muro de reacción se hará la investigación de los elementos que lo componen, la descripción respectiva de cada uno de ellos donde se aplicaran códigos y normas que rigen los lineamientos del análisis y diseño estructural. Por tanto, establecerá una línea general de investigación, describirá sus partes y con ello carecerá de hipótesis.

Tabla 1. Formulación de hipótesis.

Alcance del estudio	Enfoque cuantitativo	Enfoque cualitativo
Exploratorio	Sin formulación de hipótesis	Sin formulación de hipótesis
Descriptivo	Formulación de hipótesis para pronosticar un hecho	Sin formulación de hipótesis
Correlacional	Formulación de hipótesis	Con o sin formulación de hipótesis
Causal	Formulación de hipótesis	Potencial formulación de hipótesis

Fuente: <https://markainvestigaciòn.wordpress.com>, 2020

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Ejemplos de laboratorios de sismorresistencia**

Debido a la importancia que tiene un laboratorio de sismo resistencia en distintas universidades alrededor del mundo se han desarrollado propuestas y alternativas para el funcionamiento de este tipo de laboratorios. Uno de los casos de referencia es el laboratorio de pruebas de la Universidad de la Columbia Británica que tiene una instalación de última generación, el espacio de trabajo de 490 m<sup>2</sup> junto con una sala de control y una zona de trabajo de 42 m<sup>2</sup> y una altura de 15 metros; en contraste el laboratorio de Tecnología de la Construcción de Nanyang en Singapur está ubicado en el sótano 5 de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, tiene un piso fuerte de 576 m<sup>2</sup>, un anexo de construcción que alberga un piso fuerte de 250 m<sup>2</sup> y una sala de prueba de materiales, ocupando un espacio de 60 m x 24 m de suelo con una altura libre de 10 m. Debido a las distintas alternativas existentes se exponen las soluciones adoptadas por otras universidades y que se tendrán en cuenta para el desarrollo de la propuesta para el laboratorio de sismo resistencia del Centro Universitario de Occidente.

#### **2.1.1. Laboratorio del centro de investigación de ingeniería sísmica – The University of British Columbia**

La Instalación de Investigación de Ingeniería Sísmica (EERF) es un laboratorio de pruebas sísmicas de primer nivel ubicado en la Universidad de Columbia Británica y es parte del Departamento de Ingeniería Civil.

La Instalación de Investigación de Ingeniería Sísmica (EERF) es una instalación de última generación especialmente diseñada y dedicada al estudio del comportamiento de estructuras bajo la influencia de las fuerzas involucradas en eventos sísmicos. Hay un laboratorio de trabajo de 490 m<sup>2</sup> junto con una sala de control y una zona de trabajo de 42 m<sup>2</sup>. Hay una gran sala de conferencias (30 m<sup>2</sup>) con capacidad para videoconferencias y una zona de oficinas abierta de unos 20 m<sup>2</sup> en un entresuelo. También hay una zona de oficinas en el sótano que ocupa unos 30 m<sup>2</sup>. El resto del sótano alberga el sistema hidráulico utilizado para alimentar los equipos del laboratorio. Tiene un techo alto (aproximadamente 15 m de altura) y cuenta con una sala de control desde la cual se ve todo el equipo. El área está totalmente abierta para facilitar las pruebas y el movimiento de materiales; está equipado con una grúa puente de 20 toneladas que puede moverse tanto en dirección este-oeste

comonorte-sur. Hay dos equipos principales que se utilizan para hacer esto:

- La mesa vibratoria lineal (LST)

Este dispositivo consta de una plataforma de acero a la que se fijan los artículos de prueba y que se mueve en una dirección mediante el uso de un actuador. El movimiento del actuador se controla digitalmente.

- La mesa vibradora de ejes múltiples (MAST)

Este dispositivo consta de una mesa de acero de 4 m \* 4 m a la que se fijan los artículos de prueba y que se puede mover en seis grados mediante el uso de siete actuadores controlados de forma independiente. El sistema de control de este equipo tiene dos niveles: el sistema de control de nivel inferior está diseñado internamente y controla el movimiento de cada uno de los actuadores individuales. El controlador de nivel superior es un software de producción comercial de Spectral Dynamics llamado Jaguar y controla el movimiento general que dicta el posicionamiento de todos los actuadores. No hay actividades de laboratorio de enseñanza en este laboratorio, ya que es un laboratorio de investigación.

El equipo EERF también incluye varios sistemas digitales para pruebas de vibración de estructuras en el campo. Estos incluyen acelerómetros, hardware de computadora y software de computadora desarrollado internamente para analizar datos de una manera muy rápida y confiable. (Columbia T. u., 2020)

### **2.1.2. Laboratorio de tecnología de la construcción – Nanyang Technological University Singapore**

El Laboratorio de Tecnología de la Construcción está ubicado en el Sótano 5 de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Consiste en un piso fuerte de 24m \* 24m, un anexo de construcción que alberga un piso fuerte de 250 metros cuadrados y una sala de prueba de materiales. Ocupa un espacio de 60 m \* 24 m de suelo con una altura libre de 10 m, el laboratorio se ha mejorado con una grúa puente de 10 toneladas para mover y movilizar muestras grandes para las pruebas.

El área de prueba principal ocupa un espacio de piso de 24 m \* 24 m con un "piso fuerte" de construcción celular de 1.3 m de espesor con un sótano con acceso. El sótano de trabajo facilita la aplicación conveniente de la carga y la instalación de anclajes al piso. Los



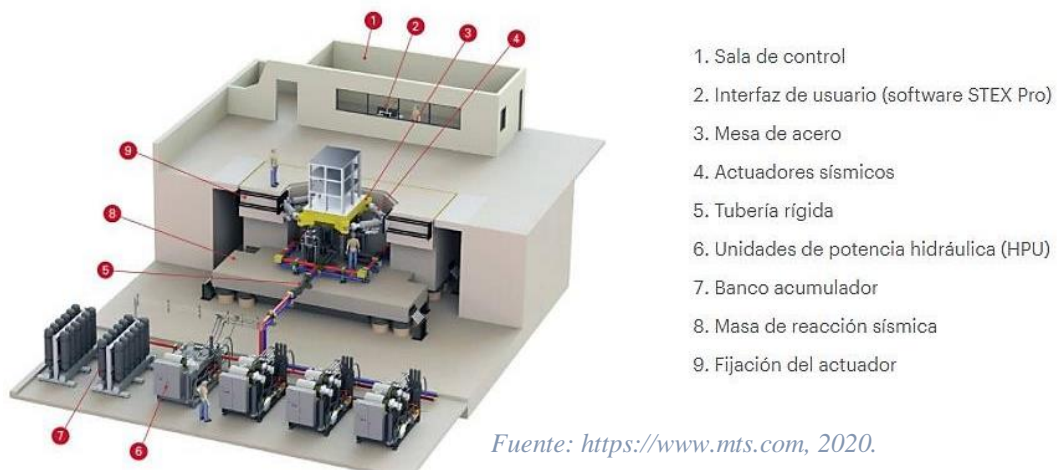
marcos de carga se pueden colocar fácilmente y erigido para probar estructuras a gran escala de hasta dos pisos de altura.

Este laboratorio consta de tres unidades, a saber, la unidad de ensayos destructivos y no destructivos, la unidad de ensayos de materiales y el taller.

El Laboratorio de Estructuras Pesadas ubicado en la Escuela de Ingeniería Civil y Ambiental ocupa un piso resistente de 60 m \* 24 m con una altura libre de 10 m y es el laboratorio de pruebas estructurales más grande de Singapur. (University, 2020)

## MTS Systems Corporation

*Ilustración 1.* Vista de mesa sísmica dentro de un laboratorio.



*Ilustración 2.* Espacio del sistema hidráulico para una mesa vibratoria de 6 grados de libertad.

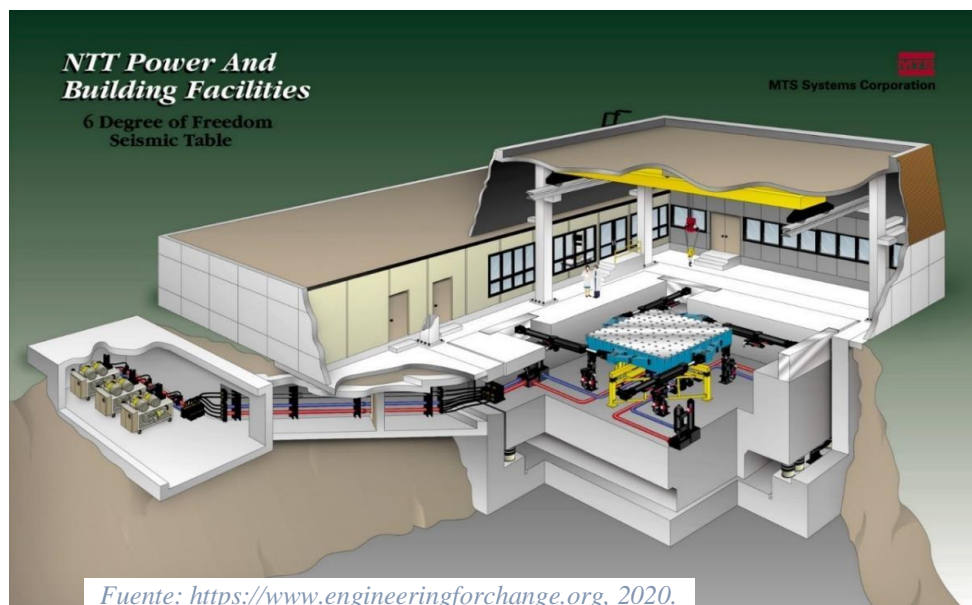
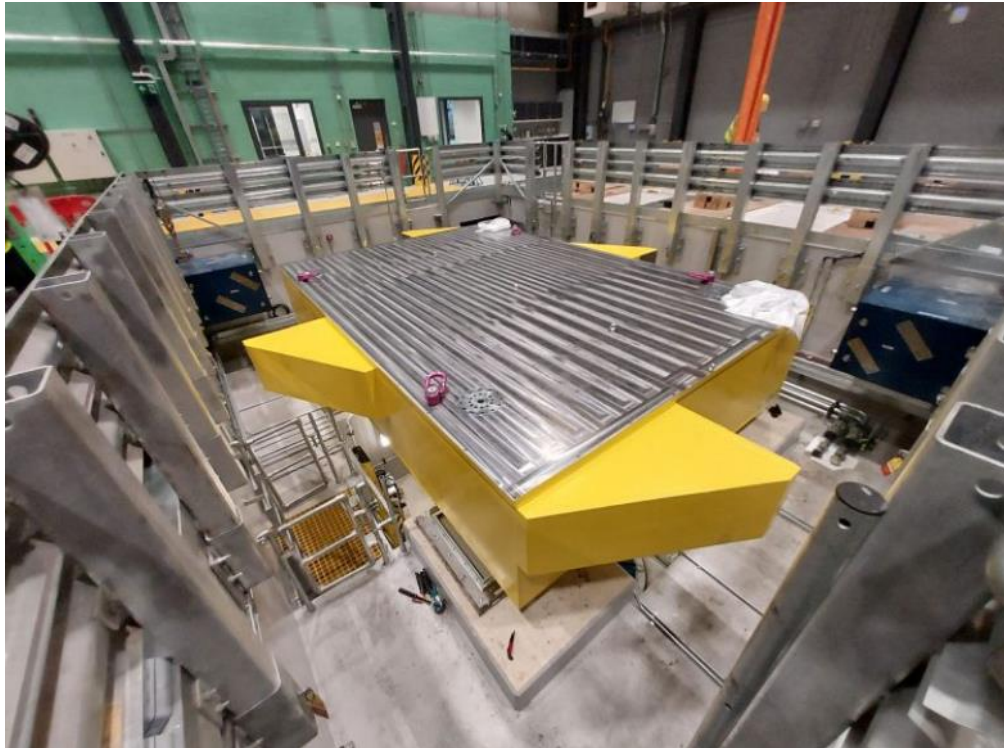
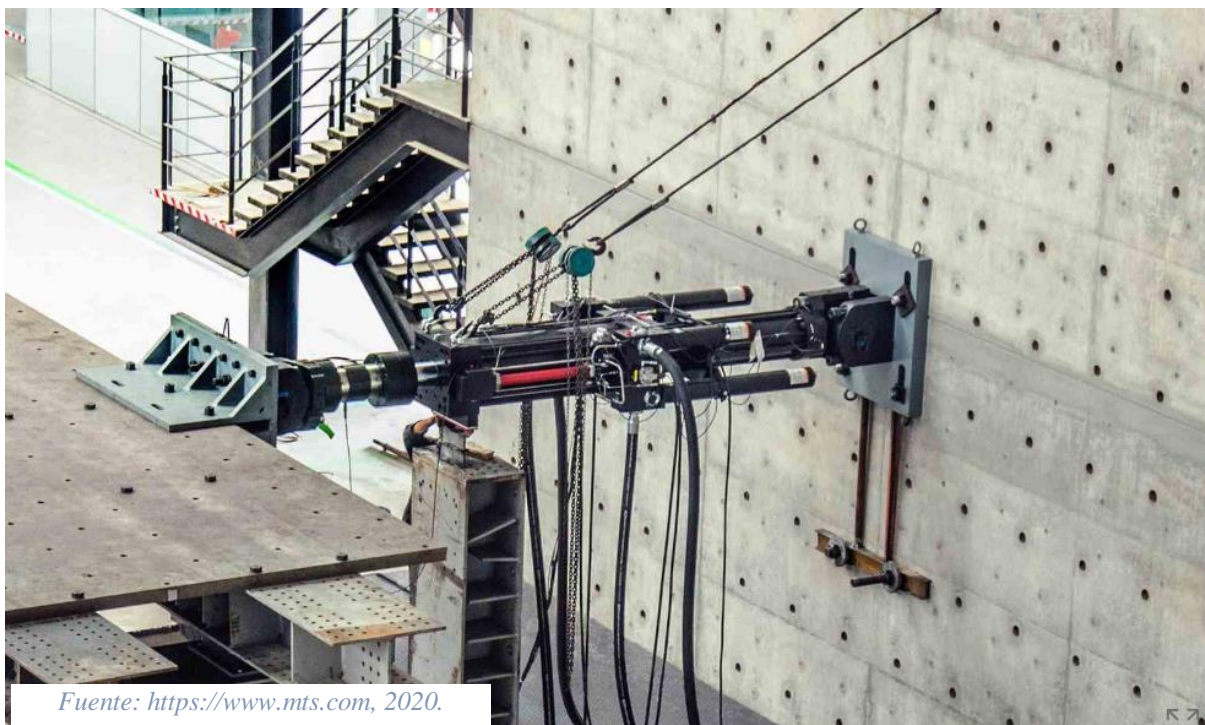


Ilustración 3. Espacio de mesa vibratoria de 6m\*4m de la Universidad de Bristol Reino Unido.



Fuente: <https://sofsi.bristol.ac.uk>, 2020.

Ilustración 4. Visual y componentes para un ensayo en muro de reacción de la empresa Testing & simulation systems for product design -MTS-



Fuente: <https://www.mts.com>, 2020.

### **2.1.3. El Centro de Investigación de Terremotos de Ingeniería Civil – Universidad de Nevada, Reno**

El Laboratorio de Ingeniería Sísmica incluye:

- Un laboratorio de 9,600 pies cuadrados de gran altura completo con piso fuerte de amarre.
- Aproximadamente \$ 15 millones en mesas vibratorias reubicadas del Laboratorio de estructuras a gran escala.
- Salas de control e instrumentación.
- Espacio de oficina para estudiantes graduados e investigadores visitantes.
- Un auditorio de 140 asientos, equipado con un videowall y tecnologías de Internet de banda ancha.

a) Piso de prueba:

El piso del laboratorio de pruebas mide 80 pies por 120 pies y fue diseñado a medida por BJK Architecture and Engineering. El piso de prueba es una losa unidireccional que abarca la dirección estrecha del laboratorio de pared a pared y está sostenida por tres muros de carga intermedios.

El lado este del laboratorio incluye una pared fuerte de concreto de 80 pies de largo por 20 pies de alto que se puede usar para experimentos independientemente o junto con las mesas vibratorias. La pared fuerte envuelve la esquina sureste del laboratorio con una sección adicional de 16 pies por 20 pies.

Además,

el laboratorio incluye:

- Dos puentes grúa de 30 toneladas
- Dos plataformas masivas
- Numerosos bloques de reacción
- Muro de reacción combinado con mesa vibratoria
- Muro de reacción en escuadra
- Una sala de control e instrumentación de última generación
- 392 canales de adquisición de datos y equipos de telepresencia

*Ilustración 5. Mesa vibratoria en el Centro de investigación de terremotos en ingeniería civil de la Universidad de Nevada Reno, Estados Unidos.*



*Fuente: <https://www.unr.edu>, 2020.*

b) Sótano:

La losa de cimentación de la viga de caja de seis celdas proporciona un área de sótano para ubicar purgas y otros acumuladores para las mesas vibratoras y actuadores servohidráulicos y acceso a la parte inferior del piso de amarre para anclar accesorios de prueba y almacenamiento general. El espacio para la cabeza en el sótano es de 8 pies, y el espacio se usa para hacer funcionar líneas de energía eléctrica e hidráulica hacia y desde equipos experimentales en el piso de arriba. El acceso al sótano es proporcionado por dos escaleras en el norte y una gran bóveda en el suelo, en el sur que accede al patio de fabricación. La bóveda contiene un elevador de tijera con capacidad de 6000 libras para mover equipos dentro y fuera del sótano.

Las líneas rígidas hidráulicas alimentan el laboratorio desde una casa de bombas externa en las afueras de la esquina suroeste del edificio. Las líneas duras corren a lo largo del piso del sótano y distribuyen aceite en las cuatro mesas batidoras. Hay varias ubicaciones de roscado para proporcionar sistemas hidráulicos para actuadores adicionales. Una serie de orificios de piso de gran tamaño permiten un fácil acceso desde el piso del laboratorio al sistema hidráulico del sótano.

*Ilustración 6. Sistema hidráulico y eléctrico del Centro de investigación de terremotos en ingeniería civil de la Universidad de Nevada Reno, Estados Unidos.*



*Fuente: <https://www.unr.edu>, 2020.*

c) Muro de reacción:

La pared resistente del Laboratorio de Ingeniería Sísmica se puede utilizar para hacer reaccionar varios experimentos a gran escala, tanto en el suelo resistente como en una mesa vibratoria. La pared está fuertemente reforzada con barras de refuerzo atadas al piso fuerte para una reacción monolítica.

La pared tiene forma de L, la cual consiste en una sección de concreto de 80 pies de largo por 20 pies de alto por 4 pies de espesor que se puede usar para experimentos independientemente o en conjunto con las mesas vibratorias. La pared fuerte envuelve la esquina sureste del laboratorio con una sección adicional de 16 pies de largo por 20 pies de alto por 4 pies de espesor. Está perforado con agujeros de amarre en la misma cuadrícula de 2 pies por 2 pies que el piso de prueba.

La pared puede usarse junto con bloques de reacción modulares para permitir una variedad de configuraciones de carga de anclaje y reacción, incluidos los sistemas en forma de L. (Reno, 2020)

*Ilustración 7. Muro de reacción del Centro de investigación de terremotos en ingeniería civil de la Universidad de Nevada Reno, Estados Unidos.*



*Fuente: <https://www.unr.edu>, 2020.*

## **2.2. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica y de muros de reacción en países desarrollados**

Las mesas vibratorias en los últimos años han tenido un desarrollo y construcción significativo en diferentes escalas. El desarrollo de estas se ha llevado a cabo principalmente en Estados Unidos, Europa y Japón.

La instalación de una mesa vibratoria en la Universidad de Berkeley en Estados Unidos, por parte de MTS System Corporation da lugar a modernizar las mismas en el año de 1,972.

La mesa vibratoria a gran escala llamada E-defense es construida por medio del Instituto Nacional de Investigación para las Ciencias de la Tierra y la Prevención de Desastres (NIED), la cual puede realizar ensayos tridimensionales a estructuras, misma que fue construida debido a los daños provocados por el sismo de Kobe en el año 1995 en Japón, teniendo la capacidad de colocar en ella edificios de escala real y sistemas de infraestructura en condiciones reales sísmicas.

*Ilustración 8. Prueba de torre de condominios de siete pisos en mesa vibratoria.*



*Fuente: <https://www3.weforum.org>, 2020.*

Gracias al avance tecnológicos de algunos países es posible considerar el día de hoy hasta mesas vibratorias de 6 grados de libertad, permitiendo un análisis a una escala lo más aproximado al comportamiento real de la estructura.

### **2.3. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica de aproximadamente 3\*3 metros**

En el campus de Indian Institute Technology of Roorke ubicado en el distrito de Haridwar en el estado de Uttarakhand en India, cuenta con una mesa vibratoria de características parecidas a la del presente trabajo; con una estructura piramidal, con una parte superior plana de 3.5 \* 3.5 metros accionada por tres actuadores, uno de ellos es horizontal y dos son verticales. Cada actuador está equipado con un acumulador de 28 L en el lado de presión y un acumulador de 1 L en el lado de retorno.

Algunas características importantes de la mesa vibratoria son los siguientes: el actuador horizontal con un empuje de 250 kN estático y 200 KN dinámico, el actuador vertical con un empuje de 150 KN estático y 100 KN dinámico, un desplazamiento horizontal y vertical de +/- 150 mm, una velocidad de 1000 mm/seg tanto horizontal como vertical, y un flujo de máxima velocidad horizontal de 750 L/min y un flujo de máxima velocidad

vertical de 375 L/min.

#### **2.4. Características generales de las mesas vibratorias de simulación sísmica y su entorno, en Guatemala y países vecinos**

Las características generales de las mesas en nuestros países vecinos nos dan una idea de las necesidades particulares de nuestra región, porque coincidimos en las condiciones sísmicas similares.

Actualmente la única universidad nacional en Guatemala cuenta con un laboratorio sísmico equipado con una mesa vibratoria en la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala en su campus central, donde se cuenta con un equipo principal que lo constituye una mesa vibratoria de 9 m<sup>2</sup> para la simulación de sismos, la cual es impulsada por dos pistones, uno en cada eje horizontal, totalmente equipada para hacer pruebas casi a escala natural. Es la segunda en Latinoamérica, en su tipo.

*Ilustración 9. Mesa vibratoria de 9 metros cuadrados, de la Universidad Mariano Gálvez*



*Fuente: <https://in3.umg.edu.gt>, 2020.*

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cuenta con una mesa vibratoria horizontal y vertical, entre sus características se puede mencionar sus dimensiones que son de 4 x 4 metros con un peso de 8.5 toneladas; cuenta con 8 actuadores de los cuales 4 son horizontales con una capacidad de 10 toneladas cada uno y desplazamiento máximo de 15 cm a cada lado y 4 actuadores verticales con capacidad de 20 toneladas y con carrera



máxima de 7.5 cm cada uno.

## **2.5. Elementos que conforman una mesa vibratoria de simulación sísmica**

Los sismos son frecuentes en Guatemala, siendo parte del entorno y de manera impredecible en cuanto a su magnitud, por lo que los efectos de estos causan daños leves, moderados o graves en la infraestructura o inclusive causan en algún momento el deceso de varias personas.

Una de las maneras en las cuales se puede simular el efecto que podría causar sobre una estructura antes de presentarse un sismo real, es realizar dicha simulación a través de mesas vibratorias, y de esta manera poder determinar los efectos que se producen, lanzando resultados sobre los daños o fallas que pueden ocurrir y las formas en las que se vería afectada la estructura.

Una mesa vibratoria entonces permite simular el efecto que genera un sismo de cierta intensidad sobre una maqueta de una estructura a escala, utiliza un sistema de rieles y es manejado a través de un sistema de computación avanzado.

Compuesta por dos placas sobre las cuales va montada un motor en este caso particular la placa inferior totalmente fija, y la otra placa sobre la cual se montan las estructuras que se van a analizar en este caso particular la placa inferior móvil.

### **3. MESA VIBRATORIA UNIDIRECCIONAL**

#### **3.1. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica**

Las mesas pueden tener diferentes grados de libertad según la necesidad y uso, siendo la más sencilla la de un solo grado de libertad o comúnmente, llamada unidireccional a la que se enfocara este trabajo de investigación. Sin embargo, es necesario el funcionamiento de cada grado de libertad a través de una servoválvula propia. Se puede hacer, además una clasificación de las mesas según su tamaño, como mesas grandes, medianas y pequeñas.

Es importante indicar que en las mesas vibratorias de gran tamaño sí se pueden realizar ensayos a escala natural, mientras que en las mesas medianas pueden realizarse ensayos a escala real, ensayos a escala reducida, y en las mesas pequeñas solo pueden realizarse ensayos de tamaño pequeño y ensayos a escalas reducidas. También existe otra característica importante en las mesas vibratorias, que son los tipos de actuadores, los cuales pueden ser hidráulicos, mecánicos o electromecánicos.

#### **3.2. Elementos que conforman una mesa vibratoria de simulación sísmica**

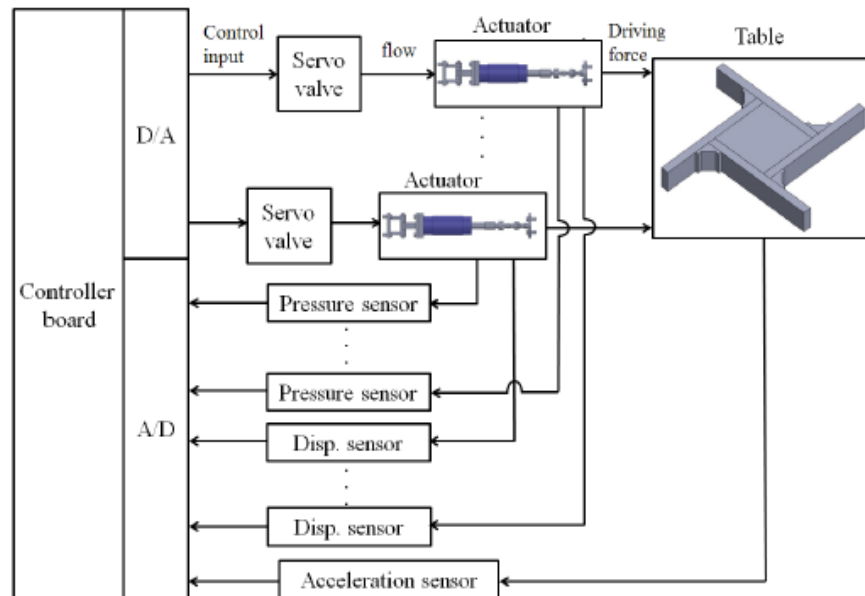
La mesa vibratoria de simulación sísmica está compuesta por cinco partes.

- El actuador: encargado de darle movilidad a la mesa.
- La placa móvil: es la plataforma donde se colocan las maquetas a ensayar.
- Sistema de Guías: son los rieles y patines donde se desliza la placa, los cuales deben de tener un bajo rozamiento.
- Sistema de control y adquisición de datos: donde se almacenarán los datos del ensayo para posterior análisis.
- Servoválvulas: que se utilizan en sistemas electrohidráulicos de control.

#### **3.3. Algunos de los componentes de la mesa vibratoria son**

En la siguiente ilustración se pueden observar algunos nombres y figuras de los componentes de la mesa vibratoria.

Ilustración 10. Componentes de mesa vibratoria.

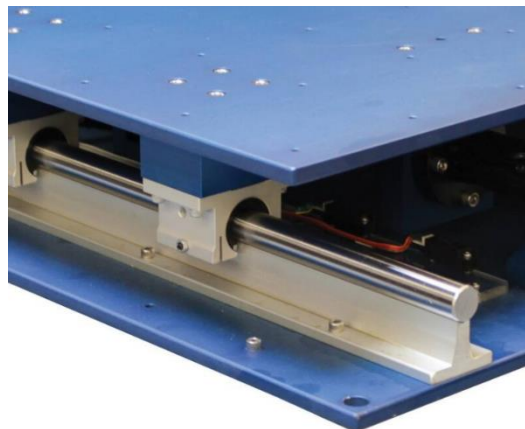


Fuente: <https://iopscience.iop.org>, 2020.

### 3.4. Rodamientos lineales

Se basan en que la superficie tiende a deslizarse para disminuir la fricción en el momento que se genere movimiento en la plataforma. Estos elementos pueden ser rodamientos lineales como se muestra a continuación:

Ilustración 11. Rodamiento lineal



Fuente: <https://labmidwest.com>, 2020.

La mesa vibratoria puede se puede utilizar con rodamientos lineales o con actuadores:

### 3.5. Mesa vibratoria con rodamientos tipo riel -JET RAIL- (Unidireccional)

Algunas mesas constan de una etapa superior accionada por un potente motor que le permite alcanzar aceleraciones en g cuando se carga con una masa X. El escenario tiene un recorrido en centímetros y se desplazan sobre dos ejes de metal templado en el suelo, que utilizan cojinetes lineales, lo que permite un movimiento lineal suave con una baja desviación de la trayectoria. El motor es un actuador de CC sin escobillas trifásico de alta potencia en watts. El motor contiene un codificador integrado de alta resolución que permite medir la posición de la platina con una resolución lineal efectiva en  $\mu\text{m}$ . Un acelerómetro analógico montado en la plataforma mide la aceleración del escenario directamente.

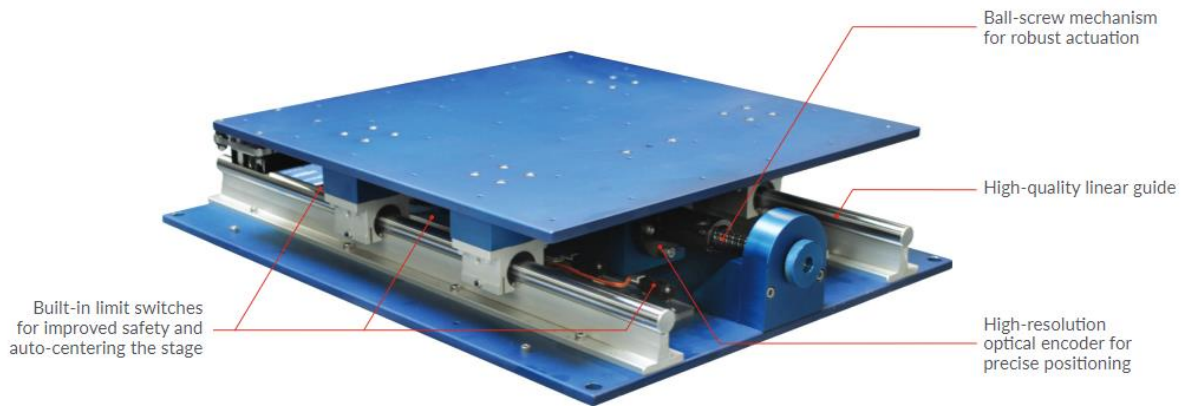
*Ilustración 12. Simulador de 1 eje con rodamiento lineal.*



Fuente: <https://www.quanser.com>, 2020

Elementos de este tipo de mesa vibratoria:

*Ilustración 13. Elementos de una mesa vibratoria tipo riel.*

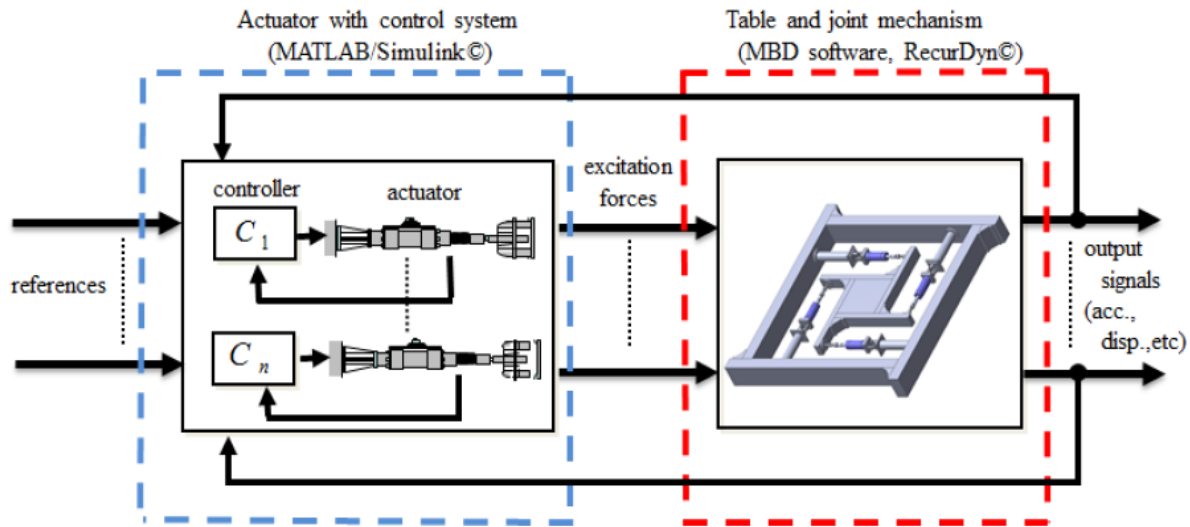


Fuente: <https://uvadoc.uva.es>, 2020

### 3.6. Las mesas vibratorias también necesitan un software para la simulación

Algunas mesas tienen el control mediante el software independiente Shake Table o con QUARC para MATLAB / Simulink. Se adjunta en bloque el diagrama de simulación integrada de MBD software y MATLAB / Simulink (Algunos admiten escalado y reproducción de datos de terremotos):

Ilustración 14. Diagrama de simulación del software para la reproducción de terremotos a escala.



Fuente: <https://iopscience.iop.org>, 2020.

#### 3.6.1. La referencia y recomendación sobre el software para operar la mesa es el Matlab y Simulink

Al utilizar los dos softwares juntamente permite combinar tanto la programación gráfica como la textual, con la que se puede diseñar un sistema de simulación.

Matlab® y Simulink® Matlab (MATrix LABoratory) es un entorno interactivo para cálculo numérico, visualización y programación; permite al ingeniero analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos y aplicaciones propias. Sus puntos fundamentales son:

- Entorno interactivo para la exploración, diseño y solución de problemas.
- Amplia librería de funciones para cálculo científico que permiten trabajar de forma natural con problemas de algebra lineal, estadística, análisis de Fourier o cálculo numérico.
- Biblioteca de funciones gráficas para la visualización en 2D y 3D de datos. Incluye

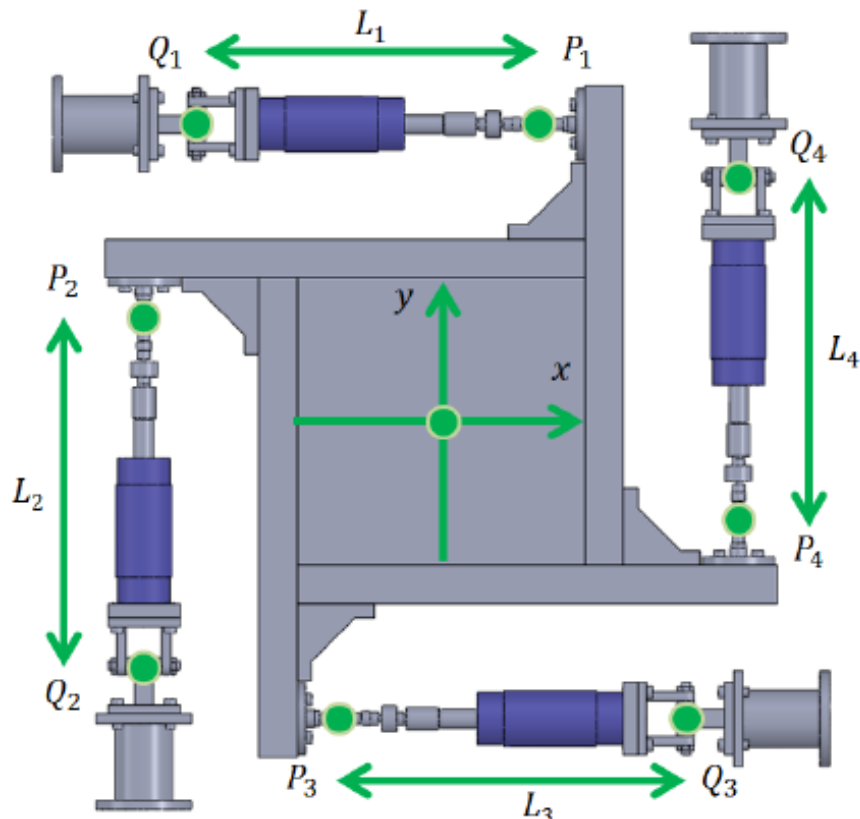
herramientas que permiten la generación de gráficos personalizados.

- Lenguaje de programación de alto nivel.
- Una gran variedad de librerías adicionales (toolboxes) especializadas en campos específicos de la ingeniería y la ciencia.

Simulink es una herramienta incluida en Matlab para el modelado, simulación y análisis de sistemas dinámicos. El interfaz principal es una herramienta gráfica para la descripción del sistema mediante diagramas de bloques. Además, permite su extensión mediante la creación de librerías con nuevos tipos de bloques, y está altamente integrado con el resto de Matlab. Es una herramienta muy usada en ingeniería de control y procesamiento de señal para la simulación de sistemas y el diseño basado en modelos.

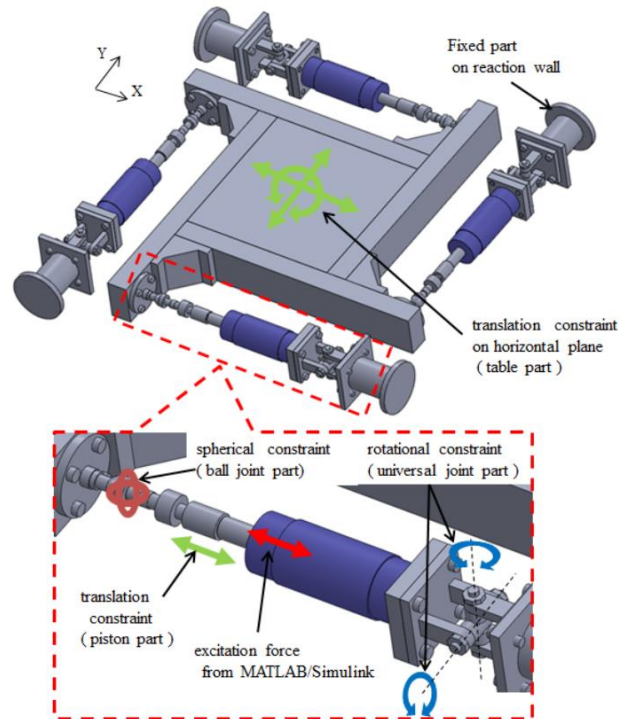
### 3.7. Otras imágenes del funcionamiento de la mesa vibratoria y sus elementos

*Ilustración 15. Dirección de movimiento de mesa vibratoria por medio de actuadores.*



*Fuente: <https://iopscience.iop.org>, 2020.*

Ilustración 16. Isométrico de mesa vibratoria y actuadores para la simulación sísmica.



Fuente: <https://iopscience.iop.org>, 2020

### 3.8. Donación

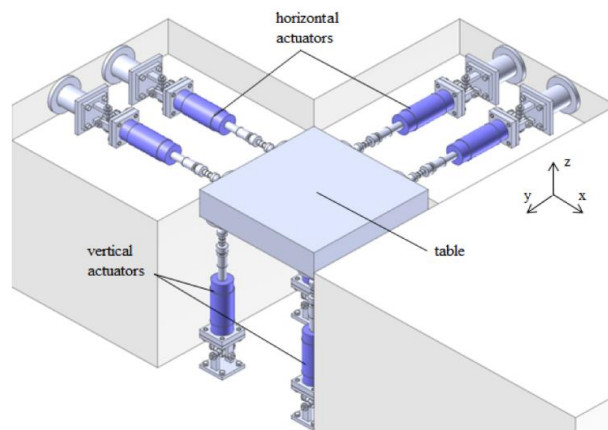
Mesa vibratoria personalizada de 3.2m \* 3.2m por 19 pulgadas de grosor.

Aleación: Aluminio 6061-T6 con reducción de tensión y mecanizado. Peso de 4,600 libras.

### 3.9. Grados de libertad

Mesa vibratoria con actuadores. Pueden ser con mecanismo general (6 grados de libertad)

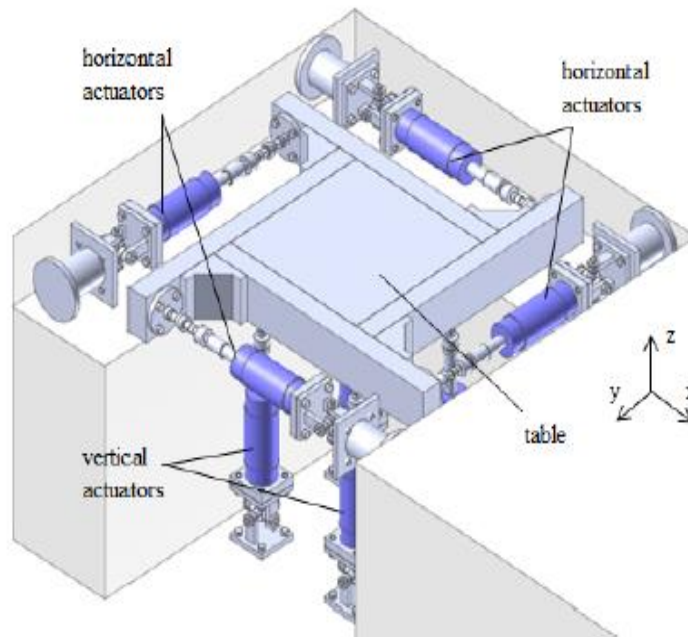
Ilustración 17. Configuración general de mesa vibratoria de 6 gdl.



Fuente: <https://iopscience.iop.org>, 2020

Si se quiere reducir y optimizar el espacio de trabajo de la mesa vibratoria, puede ser de la siguiente manera:

*Ilustración 18. Configuración especial de actuadores para ahorro de espacio en una mesa vibratoria.*



*Fuente: <https://iopscience.iop.org>, 2020*

Para la mesa en estudio será de movimiento unidireccional, pero contará con foso para poder adjuntarle 6 grados de libertad a futuro.

### **3.10. Número de actuadores**

Las mesas vibratorias pueden funcionar por medio de actuadores, apoyos (pedestales) o rodamientos lineales. Para este proyecto se espera dejar considerada la planificación para movimiento unidireccional que funcionará con un actuador y el espacio como para ampliar la mesa a 6 grados de libertad que podrían ser siete actuadores.

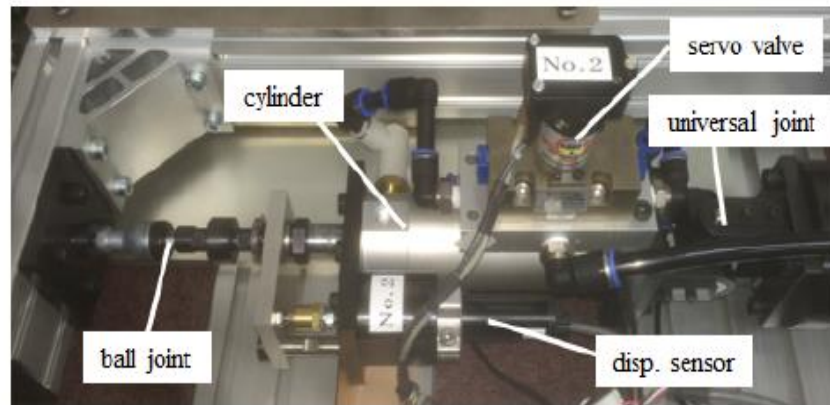
### **3.11. Servo-válvulas y actuadores**

Se trata de cilindros hidráulicos lineales que se encargan de transmitir los movimientos que se generan a la plataforma rígida de la mesa. Las válvulas son el elemento final de control del sistema cerrado, porque son las que permiten los cambios de dirección u movimientos del actuador.



Los actuadores se caracterizan por contar con capacidad de carga en compresión y tensión, longitud (en kN o kip), stroke (en pulgadas o milímetros), su calificación es estático o dinámico y la designación del tipo de equipo. Algunas de los componentes son:

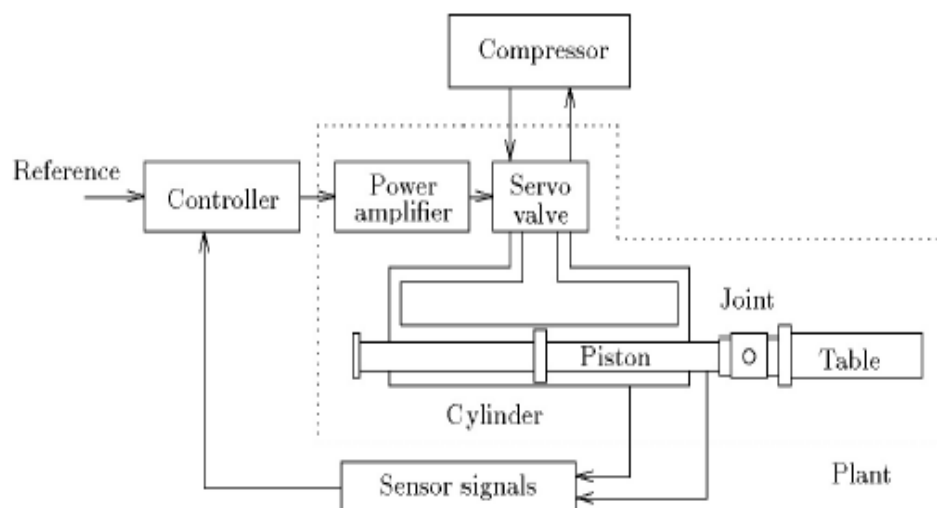
*Ilustración 19.* Descripción general de actuador.



*Fuente:* <https://iopscience.iop.org>, 2020

Los actuadores también necesitan de un sistema de control, que va desde el controlador hasta hacer funcionar la mesa:

*Ilustración 20.* Configuración del sistema de control del actuador.



*Fuente:* <https://iopscience.iop.org>, 2020

Para la ubicación de los actuadores dentro del laboratorio de sismo resistencia, solo se cuenta con una servoválvula para utilizar un actuador, por tanto, el movimiento será unidireccional, pero podrán acoplarse más actuadores para poder cumplir con 6 grados de libertad a futuro.

### **3.12. Tipos de ensayos en mesa vibratoria**

Los usuarios pueden generar perfiles de aceleración sinusoidales, de chip y precargados de terremotos reales para estudiar sus efectos en edificios, puentes y diversos materiales. Además, los perfiles de terremotos se pueden descargar de la base de datos de la Universidad de San Carlos, escalar con el software suministrado y reproducir en la mesa vibratoria.

La idea primordial es evaluar estructuras de mayor importancia en Guatemala como los sistemas de mampostería y sus diversas variaciones. Esto no exime la importancia de poder evaluar cualquier otro sistema estructural si así se requiere.

#### **3.12.1. Por tipo de materiales**

- Mampostería: ladrillo, bloques de concreto y adobe.
- Madera: pino y bambú.
- Acero: la variedad de perfiles en el mercado.
- Concreto reforzado.
- Concreto presforzado: pretensado y postensado.

*Ilustración 21. Construcción de vivienda de madera.*



*Fuente: <http://casa-carolina.guatemalacity-hotels.com>, 2020*

*Ilustración 22. Construcción de vivienda de mampostería.*

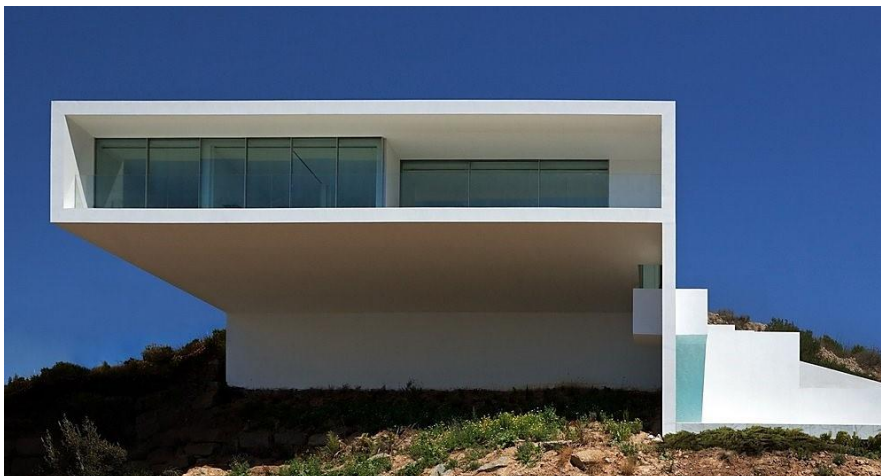


*Fuente: <https://www.researchgate.net>, 2020.*

### **3.12.2. Por tipo de sistema estructural**

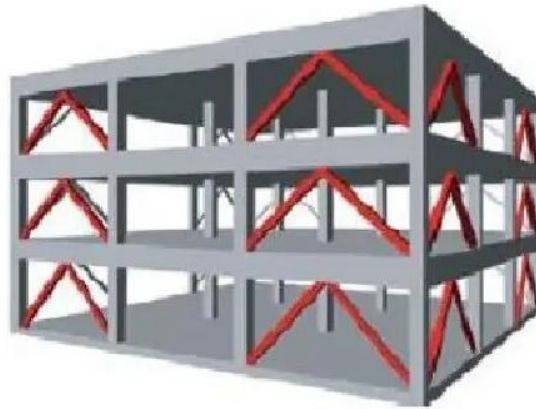
- Sistema de muros
- Sistema general
- Sistema dual
- Paredes o columnas voladizas de concreto reforzado

*Ilustración 23. Elementos estructurales en voladizo.*



*Fuente: <https://arquitecturayempresa.es>, 2020*

*Ilustración 24. Sistema de marcos estructurales con riostras.*



*Fuente: <https://wiki.ead.pucv.cl>, 2020*

### **3.12.3. Modelos típicos de vivienda**

- Tipo cajón
- Estructuras tipo remesa
- Modelos típicos de adobe
- Modelos típicos de ladrillo

*Ilustración 25. Estructuras tipo remesa*



*Fuente: <https://www.prensalibre.com>, 2020*

*Ilustración 26. Estructura de adobe.*



*Fuente: <https://tecomagazine.net>, 2020*

Ilustración 27. Estructura tipo cajón.



Fuente: <https://dca.gob.gt>, 2020

Ilustración 28. Estructura de ladrillo.

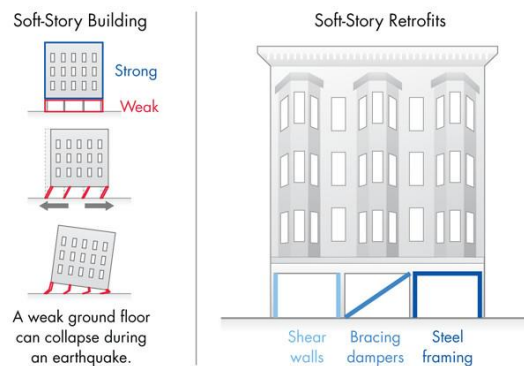


Fuente: <https://bex.com.gt>, 2020

### 3.12.4. Por tipos de fallas en la estructura

- Por columna corta
- Piso fuerte-piso débil
- Falla por deformación elástica, permanente.
- Por corte, alabeo, compresión, flexión, flexo compresión, tracción, fatiga, resonancia.
- Fallas en conexiones

Ilustración 29. Piso fuerte-piso débil.



Fuente: <https://www.ebiconsulting.com>, 2020

*Ilustración 30. Fallo por piso fuerte-piso débil.*



*Fuente: <https://www.ebiconsulting.com>, 2020*

### **3.13. Tipos de ensayos en mesa vibratoria de 3.2\*3.2m**

Un ejemplo es el caso de la mesa ubicada en la universidad de Nevada en el Centro de Investigación de Terremotos de Ingeniería Civil (CCEER). La mesa vibratoria denominada tabla de 6 grados de libertad (6DOF). La cuarta tabla es un verdadero sistema de 6 grados de libertad, con tres componentes de traslación y tres de rotación. El sistema, a excepción del controlador sísmico, fue diseñado internamente por Patrick Laplace como una mesa vibratoria liviana y de alto rendimiento destinada principalmente a experimentos que involucran excitación vertical, incluidas, entre otras, pruebas de calificación sísmica.

La mesa está compuesta por una platina de 10 pies x 10 pies (3 m \* 3 m), 7 toneladas y puede transportar una carga útil nominal de 50 toneladas (445 kN) a 1 g de aceleración en todos los ejes. Las carreras de desplazamiento X, Y, Z son  $\pm 12$ ,  $\pm 12$  y  $\pm 4$  pulgadas ( $\pm 305$ ,  $\pm 305$  y  $\pm 105$  mm) respectivamente. El sistema utiliza un total de ocho actuadores MTS.

Todas las tablas se ejecutan utilizando controladores sísmicos MTS 469D, que están integrados en la red informática del laboratorio a través de la memoria reflectante ScramNET. Todas las tablas se pueden reubicar para permitir una gran variación de configuraciones experimentales.

Se presentan algunos ejemplos de ensayos hechos en Canadá sobre la mesa donada:

**a) Muro de block no reforzado**

*Ilustración 31.* Ensayo de muro de block no reforzado y el visible fallo en la base, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.



*Fuente: Exposición del Doctor Carlos Ventura impartida para el CUNOC, 2020.*

**b) Muro de block no reforzado**

*Ilustración 32.* Ensayo de muro de block no reforzado y el visible fallo por corte, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.



*Fuente: Exposición del Doctor Carlos Ventura impartida para el CUNOC, 2020.*

### c) Estructuras de acero

*Ilustración 33.* Ensayo de estructura de acero, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.



*Fuente:* Exposición del Doctor Carlos Ventura impartida para el CUNOC, 2020.

### d) Estructuras de madera

*Ilustración 34.* Ensayo de estructura de madera donde es visible el pandeo de elementos longitudinales de madera, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.



*Fuente:* Exposición del Doctor Carlos Ventura impartida para el CUNOC, 2020.



### e) Estructuras tipo cajón

*Ilustración 35.* Ensayo de estructura tipo cajón donde es visible el pandeo y la abertura de elementos cortos, como parte de la investigación en ingeniería sísmica en la UBC.



*Fuente: Exposición del Doctor Carlos Ventura impartida para el CUNOC, 2020.*

### **3.13. Algunas referencias de pruebas estándar que se podrían realizar con la mesa vibratoria**

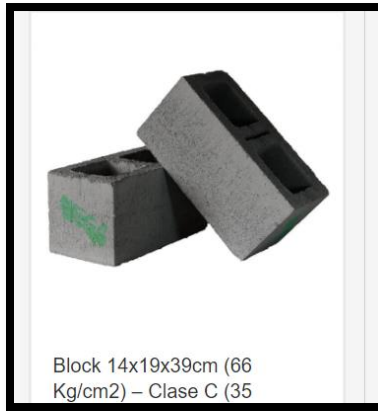
La versatilidad de hacer diversas pruebas a través de la mesa vibratoria es un beneficio, que puede ampliar la capacidad de hacer investigaciones a nivel de licenciatura y postgrado de las propiedades dinámicas de las estructuras actuales y discutir la validación de lo que pudo haberse calculado manualmente o calculado por medio de un software de análisis contra lo verificado por medio de la mesa vibratoria.

Como también resultaría atractivo a las empresas que deseen demostrar que sus materiales de construcción son adecuados para aplicarlos en Guatemala, debido a que es un país altamente sísmico. Con esto se podrían verificar el comportamiento de las estructuras bajo movimientos dinámicos y su respuesta sísmica. Por tanto, a continuación, se dejan algunas referencias de pruebas estándar que se podrían realizar con la mesa vibratoria:

### 3.13.1. Evaluar un muro de block de concreto de 14\*19\*39cm de clase C

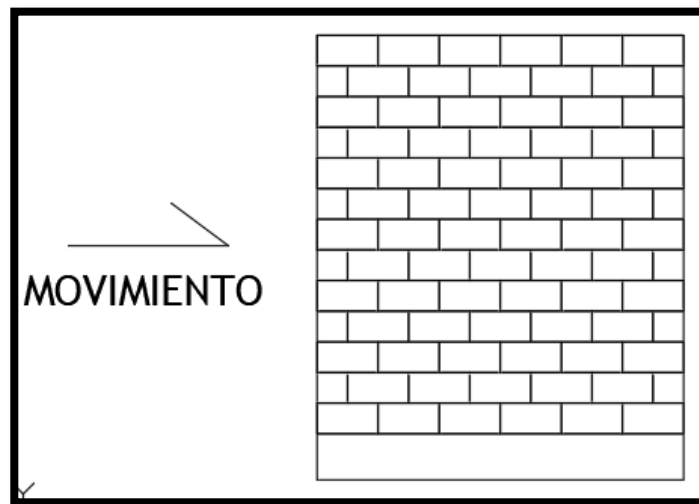
Evaluar block comercial de concreto clase C(66kg/cm<sup>2</sup>), con 2.4m de ancho, por 2.6m de altura sin reforzar.

Ilustración 36. Block tipo C.



Fuente: [www.megaproductos.com](http://www.megaproductos.com), 2023.

Ilustración 37 Muro de block sin reforzar de 2.4m por 2.6m.



Fuente: *el autor*, 2023

Con acción de movimiento de la mesa paralelo a la inercia fuerte del muro se podrá evaluar el comportamiento dinámico de los elementos de block en conjunto. Con esto se esperaría observar qué posibles daños se pudiesen tener, entre estos: por corte en los bloques, daños por compresión debido a la acción dinámica, daños por conjuntos de bloques en corte, daños en los primeros bloques de abajo por la acción de movimiento dinámico o tener el colapso total por la falta de

refuerzo. Los daños se observan o no dependiendo de la calidad de los materiales, que pueden ser desde fisuras a grietas las que sean visibles cuando se haga el ensayo respectivo.

También se puede evaluar la normativa NSE que estipula que se deben tener refuerzos verticales (columnas) como máximo a 2.4m y el uso de soleras, lo cual podría confirmarse si el elemento llega a colapsar totalmente o a presentar fallas por corte o en la base que sean significativas. Esta prueba tendría un peso aproximado de 3,550 lbs, lo cual está dentro de la capacidad de la servoválvula que es de 35,000 lbs.

### 3.13.2. Evaluar un muro de block de concreto de 14\*19\*39cm de clase B

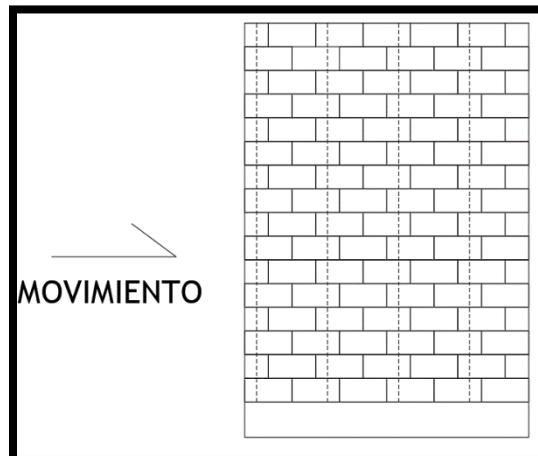
Evaluar block comercial de concreto clase B(100kg/cm<sup>2</sup>), con 2.4m de ancho, por 3.2m de altura con refuerzo vertical (pines fundidos con grout siendo varilla de acero No. 3, 3/8” G 40 a cada 60cm).

Ilustración 38. Block tipo B.



Fuente: [www.megaproductos.com](http://www.megaproductos.com), 2023

Ilustración 39. Muro de 2.4m de ancho con refuerzo de pines a cada 60cm.



Fuente: el autor, 2023.

Con acción de movimiento de la mesa paralelo a la inercia fuerte del muro, se podrá evaluar el comportamiento dinámico de los elementos de block en conjunto. Con esto se esperaría observar qué posibles daños se tendría, entre estos: por corte en los bloques, por compresión debido a la acción dinámica, por conjuntos de bloques en corte, en los primeros bloques de abajo por la acción de movimiento dinámico o tener el colapso total por la falla del refuerzo vertical proporcionado. Los daños se pueden observar o no dependiendo de la calidad de los materiales, que pueden ser desde fisuras a grietas las que sean visibles.

También se puede evaluar la normativa NSE que estipula que se deben tener refuerzos verticales (columnas) como máximo a 2.4m y el uso de soleras, lo cual podría confirmarse si el elemento llega a colapsar totalmente o a presentar fallas por corte o en la base que sean significativas. Esta prueba tendría un peso aproximado de 6,100 lbs, lo cual está dentro de la capacidad de la servoválvula que es de 35,000 lbs.

Si en dado caso el elemento resiste la acción dinámica en dirección paralela, se puede generar otro ensayo en la dirección perpendicular que es el lado débil, y ver en qué puntos de la estructura sucede la falla estructural, para evaluar zonas de refuerzo con la verificación y aplicación de normativa por soleras en elementos de mampostería integral establecido en la NSE AGIES.

### 3.13.3. Evaluar un muro de block de concreto de 14\*19\*39cm de clase A

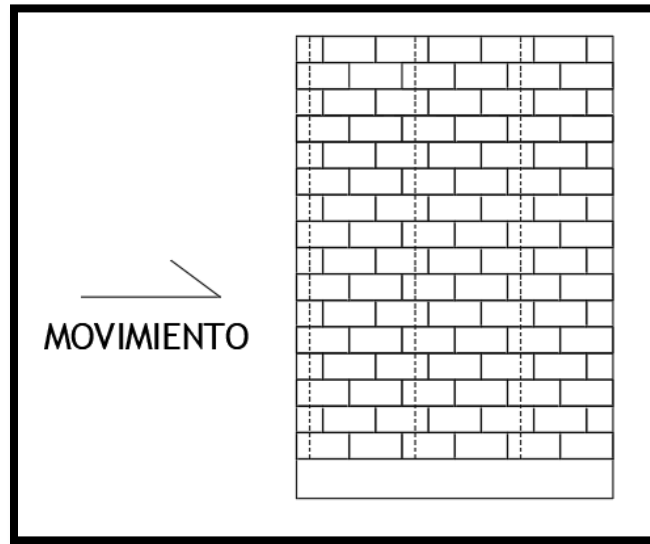
Evaluar block comercial de concreto clase A(133kg/cm<sup>2</sup>), con 2.4m de ancho, por 3.2m de altura con refuerzo vertical (pines fundidos con grout siendo varilla de acero No. 3, 3/8” G 40 a cada 80cm).

Ilustración 40. Block tipo A.



Fuente: [www.megaproductos](http://www.megaproductos.com), 2023

*Ilustración 41. Muro de block de 2.4m de ancho con refuerzo de pines a cada 0.80m.*



*Fuente: el autor, 2023.*

Con acción de movimiento de la mesa paralelo a la inercia fuerte del muro, se podrá evaluar el comportamiento dinámico de los elementos de block en conjunto. Con esto se esperaría observar qué posibles daños se pueden tener, entre estos: daños por corte en los bloques, daños por compresión debido a la acción dinámica, daños por conjuntos de bloques en corte, daños en los primeros bloques de abajo por la acción de movimiento dinámico o tener el colapso total por la falla del refuerzo vertical proporcionado. Los daños se pueden observar o no dependiendo de la calidad de los materiales, que pueden ser desde fisuras a grietas.

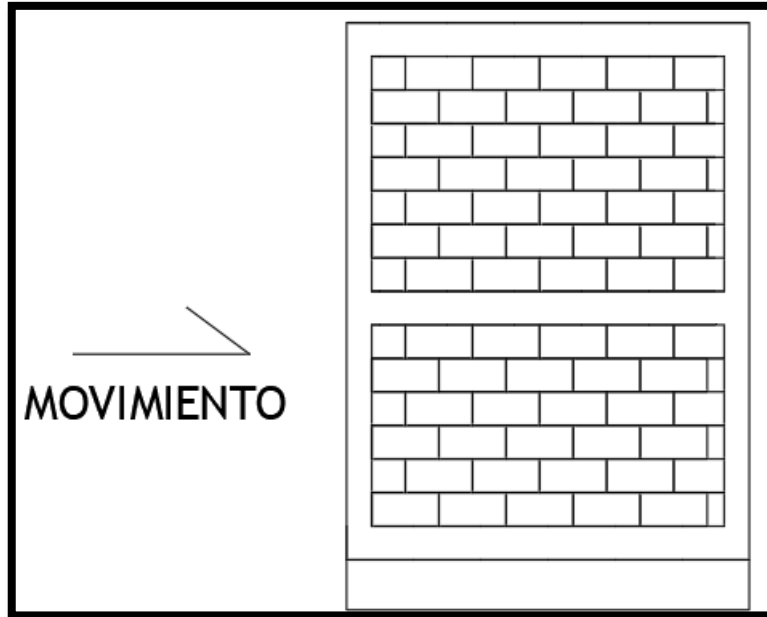
También se puede evaluar la normativa NSE que estipula que se deben tener refuerzos verticales (columnas) como máximo a 2.4m y el uso de soleras, lo cual podría confirmarse si el elemento llega a colapsar totalmente o a presentar fallas por corte o en la base que sean significativas. Esta prueba tendría un peso aproximado de 5,630 lbs lo cual está dentro de la capacidad de la servoválvula que es de 35,000 lbs.

Si en dado caso el elemento resiste la acción dinámica en dirección paralela, se puede generar otro ensayo en la dirección perpendicular que es el lado débil y ver en qué puntos de la estructura sucede la falla estructural, para evaluar zonas de refuerzo con la verificación y aplicación de normativa por soleras en elementos de mampostería integral establecido en la NSE AGIES.

### 3.13.4. Evaluar un muro de block de concreto de 14\*19\*39cm de clase A

Evaluar block comercial de concreto clase A(133kg/cm<sup>2</sup>), con 2.4m de ancho, por 3.2m de altura con 2 columnas de 0.14\*0.14m\*3.2, 1 en cada extremo y con 3 soleras de 0.14\*0.19\*2.4m con armado de 4 varillas G 40 No. 3 (3/8”), estribos No. 2 a cada 0.15m y concreto 3,000PSI para soleras y columnas.

*Ilustración 42. Muro de block de 2.4m de ancho con refuerzo de columnas y soleras.*



*Fuente: el autor, 2023*

Con acción de movimiento de la mesa paralelo a la inercia fuerte del muro, para poder evaluar el comportamiento dinámico de los elementos de block en conjunto. Con esto se esperaría observar que posibles daños se pudiesen tener, entre ellos: daños por corte en los bloques, daños por compresión debido a la acción dinámica, daños por conjuntos de bloques en corte, daños en los primeros bloques de abajo por la acción de movimiento dinámico, daños en las uniones de solera columna, daños generales en las columnas y soleras, o tener el colapso total por la falla del refuerzo vertical proporcionado. Los daños se pueden observar o no dependiendo de la calidad de los materiales, que pueden ser desde fisuras a grietas.

También se puede evaluar la normativa NSE que estipula que se deben tener refuerzos verticales (columnas) como máximo a 2.4m y el uso de soleras, lo cual podría confirmarse si el elemento llega a soportar adecuadamente el movimiento dinámico. Esta prueba tendría un peso

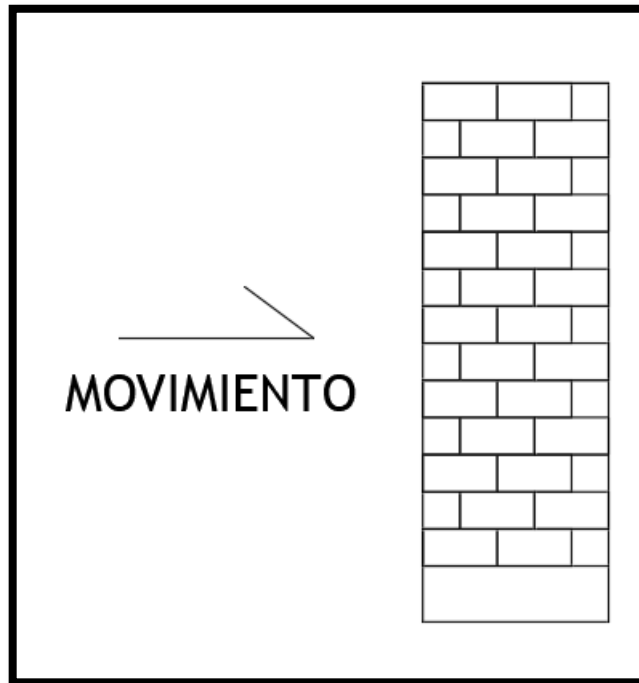
aproximado de 5,175 lbs lo cual está dentro de la capacidad de la servoválvula que es de 35,000 lbs.

Si en dado caso el elemento resiste la acción dinámica en dirección paralela, se puede generar otro ensayo en la dirección perpendicular que es el lado débil, y ver en qué puntos de la estructura sucede la falla estructural o colapso total si así lo fuera, para evaluar zonas de refuerzo con la verificación y aplicación de normativa en elementos de mampostería integral establecido en la NSE AGIES.

### 3.13.5. Evaluar muro sin refuerzo de block de concreto de 14\*19\*39 cm de clase A

Evaluar block comercial de concreto clase A(133kg/cm<sup>2</sup>), con 1m de ancho, por 2.6m de altura.

*Ilustración 43. Muro de block de 1m de ancho sin refuerzo.*



*Fuente: el autor, 2023*

Con acción de movimiento de la mesa paralelo a la inercia fuerte del muro, para poder evaluar el comportamiento dinámico de los elementos de block en conjunto. Con esto se esperaba observar que posibles daños se pudiesen tener, entre ellos: daños por corte en los bloques, daños por compresión debido a la acción dinámica, daños por conjuntos de bloques en corte, daños en los primeros bloques de abajo por la acción de movimiento dinámico, o tener el colapso total por la falla del refuerzo vertical proporcionado, los daños se pueden observar o no dependiendo de la

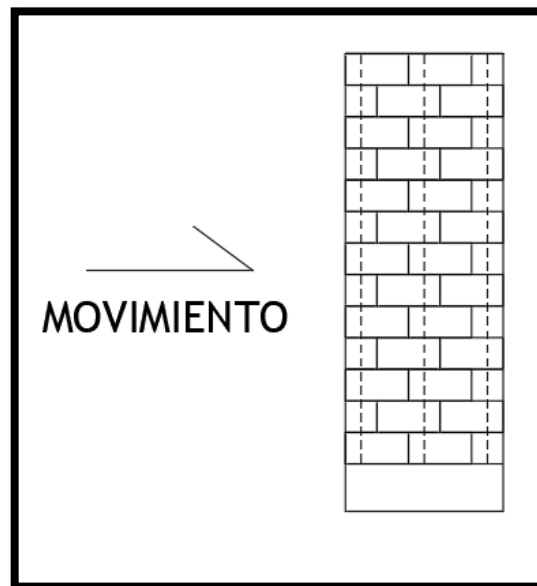
calidad de los materiales, que pueden ser desde fisuras a grietas.

La importancia de este tipo de muro es que se puede evaluar la funcionalidad de la sección ya que el sismo del 7 de noviembre en San Marcos demostró que secciones menores a 1 metro eran las que estaban con mayor cantidad de grietas, por tanto, se podría experimentar si el elemento con estas dimensiones realmente no es apto para contemplarse en un sistema de mampostería bajo movimiento dinámicos. Esta prueba tendría un peso aproximado de 1,545 lbs lo cual está dentro de la capacidad de la servoválvula que es de 35,000 lbs.

### **3.13.6. Evaluar un muro de block con el refuerzo vertical pineado clase A de 14\*19\*39cm**

Evaluar un muro con el refuerzo vertical pineado (pines fundidos con grout varilla de acero No. 3, 3/8" G 40 a cada 40cm), de block comercial de concreto de 14\*19\*39cm de clase A (133kg/cm<sup>2</sup>), con 1m de ancho, por 2.6m de altura.

*Ilustración 44. Muro de block de 1m de ancho con pines a cada 0.40m.*



*Fuente: el autor, 2023.*

Con acción de movimiento de la mesa paralelo a la inercia fuerte del muro, para poder evaluar el comportamiento dinámico de los elementos de block en conjunto. Con esto se esperaría observar que posibles daños se pudiesen tener, entre ellos: daños por corte en los bloques, daños por compresión debido a la acción dinámica, daños por conjuntos de bloques en corte, daños en los primeros bloques de abajo por la acción de movimiento dinámico, daños en las uniones de solera



columna, daños generales en las columnas y soleras, o tener el colapso total por la falla del refuerzo vertical proporcionado. Los daños se pueden observar o no dependiendo de la calidad de los materiales, que pueden ser desde fisuras a grietas.

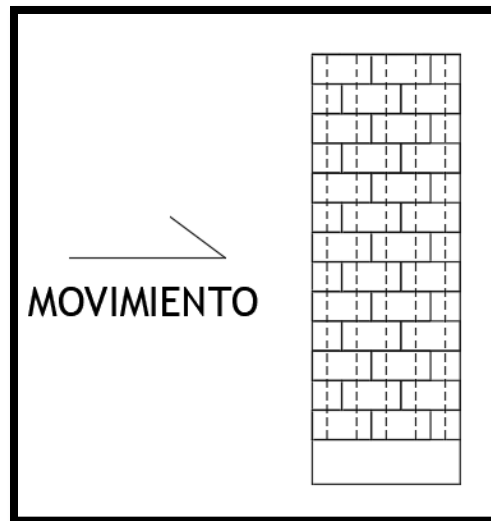
La importancia de este tipo de muro es que se puede evaluar la funcionalidad de la sección, ya que el sismo del 7 de noviembre en San Marcos demostró qué secciones menores a 1 metro eran las que estaban con mayor cantidad de grietas, por tanto, se podría experimentar si el elemento con estas dimensiones, realmente no es apto para contemplarse en un sistema de mampostería bajo movimiento dinámicos. Esta prueba tendría un peso aproximado de 1,545 lbs, lo cual está dentro de la capacidad de la servoválvula que es de 35,000 lbs.

La diferencia en este caso es que ya tiene una varilla de acero a cada 40cm. Si en dado caso el elemento resiste la acción dinámica en dirección paralela, se puede generar otro ensayo en la dirección perpendicular que es el lado débil, y ver en qué puntos de la estructura sucede la falla estructural o colapso total si así lo fuera, para evaluar zonas de refuerzo.

### **3.13.7. Evaluar un muro con refuerzo vertical en todas las celdas del block de clase A de 14\*19\*39cm**

Evaluar un muro de block con todas las celdas con refuerzo vertical o pineadas (pines fundidos con grout varilla de acero No. 3, 3/8" G 40 a cada 20cm), block comercial de concreto de 14\*19\*39cm de clase A (133kg/cm<sup>2</sup>), con 1m de ancho, por 2.6m de altura

*Ilustración 45. Muro de block de 1m de ancho con pines a cada 0.20m.*



*Fuente: el autor, 2023.*

Con acción de movimiento de la mesa paralelo a la inercia fuerte del muro, para poder evaluar el comportamiento dinámico de los elementos de block en conjunto. Con esto se esperaría observar qué posibles daños se pudiesen tener, entre ellos: daños por corte en los bloques, daños por compresión debido a la acción dinámica, daños por conjuntos de bloques en corte, daños en los primeros bloques de abajo por la acción de movimiento dinámico, daños en las uniones de solera columna, daños generales en las columnas y soleras, o tener el colapso total por la falla del refuerzo vertical proporcionado. Los daños se pueden observar o no dependiendo de la calidad de los materiales, que pueden ser desde fisuras a grietas.

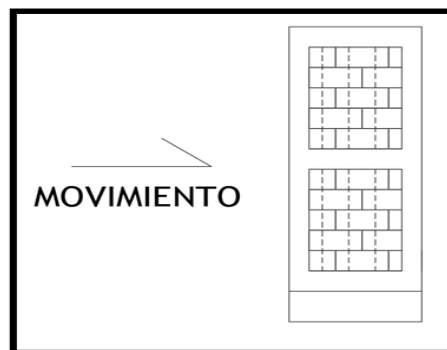
La importancia de este tipo de muro es que se puede evaluar la funcionalidad de la sección, ya que el sismo del 7 de noviembre en San Marcos demostró qué secciones menores a 1 metro eran las que estaban con mayor cantidad de grietas, por tanto, se podría experimentar si el elemento con estas dimensiones realmente no es apto para contemplarse en un sistema de mampostería bajo movimiento dinámicos. Esta prueba tendría un peso aproximado de 1,545 lbs, lo cual está dentro de la capacidad de la servoválvula que es de 35,000 lbs.

La diferencia en este caso es que ya tiene varillas de acero en todas las celdas del block a cada 20cm. Si en dado caso el elemento resiste la acción dinámica en dirección paralela, se puede generar otro ensayo en la dirección perpendicular que es el lado débil, y ver en qué puntos de la estructura sucede la falla estructural o colapso total si así lo fuera, para evaluar zonas de refuerzo.

### 3.13.8. Evaluar un muro de block de concreto de clase A con columnas y pines

Evaluar un muro de block de clase A(133kg/cm<sup>2</sup>) con columnas y pines, de 2.4m de ancho, por 2.6m de altura con 2 columnas de 0.14\*0.14\*2.6m, una en cada extremo, 3 soleras de 0.14\*0.19\*1m con armado de 4 varillas G 40 No. 3 (3/8”) con estribos No. 2 a cada 0.15m, pines fundidos con grout de 3/8” G40 en las celdas restantes del block y concreto 3,000PSI para soleras y columnas

*Ilustración 46. Muro de block de 1m de ancho con refuerzo de columnas y soleras.*



*Fuente: el autor, 2023.*

Con la acción de movimiento de la mesa paralelo a la inercia fuerte del muro, se podrá evaluar el comportamiento dinámico de los elementos de block en conjunto. Con esto se esperaría observar qué posibles daños se pudiesen tener, entre ellos: daños por corte en los bloques, daños por compresión debido a la acción dinámica, daños por conjuntos de bloques en corte, daños en los primeros bloques de abajo por la acción de movimiento dinámico, daños en las uniones de solera columna, daños generales en las columnas y soleras, o tener el colapso total por la falla del refuerzo vertical proporcionado. Los daños se pueden observar o no dependiendo de la calidad de los materiales, que pueden ser desde fisuras a grietas.

La importancia de este tipo de muro es que se puede evaluar la funcionalidad de la sección, ya que el sismo del 7 de noviembre en San Marcos demostró qué secciones menores a 1 metro eran las que estaban con mayor cantidad de grietas, por tanto, se podría experimentar si el elemento con estas dimensiones realmente no es apto para contemplarse en un sistema de mampostería bajo movimiento dinámicos. Esta prueba tendría un peso aproximado de 1,545 lbs, lo cual está dentro de la capacidad de la servoválvula que es de 35,000 lbs.

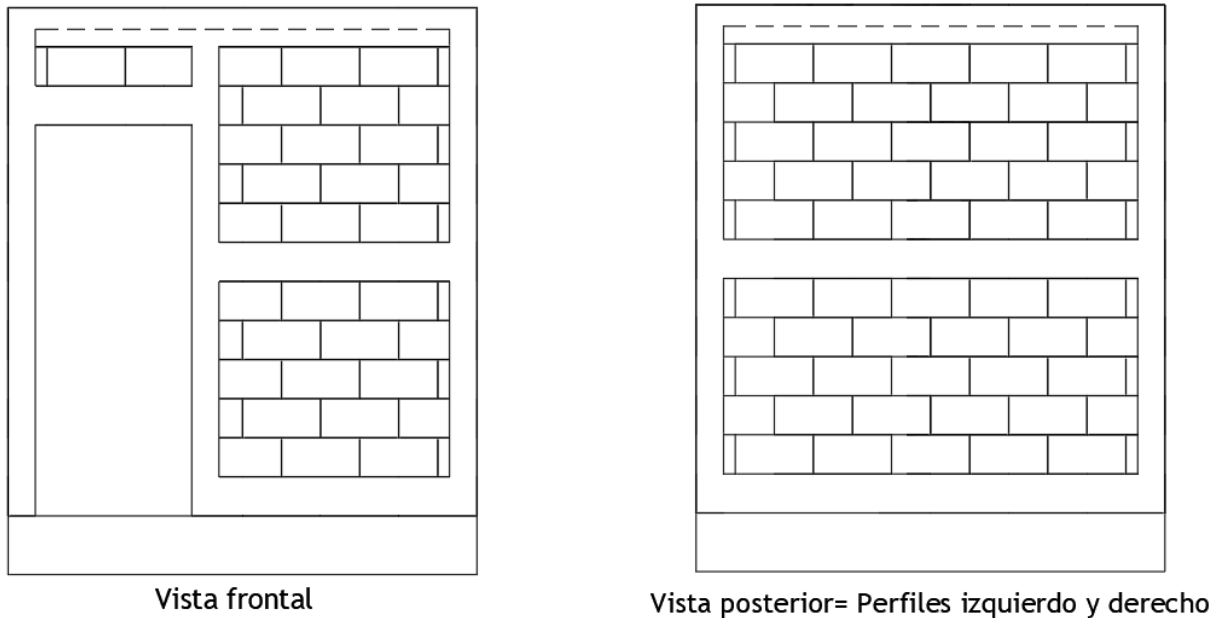
La diferencia en este caso es que ya cuenta con columnas, soleras y pines de acero fundidos en las celdas del block restante, lo que lo hace un muro bastante reforzado. Si en dado caso el elemento resiste la acción dinámica en dirección paralela, se puede generar otro ensayo en la dirección perpendicular que es el lado débil, y ver en qué puntos de la estructura sucede la falla estructural o colapso total si así lo fuera, para evaluar zonas de refuerzo, aunque en este tipo de muro se espera un mejor desempeño ante las acciones dinámicas, es decir se espera que resista de una mejor manera.

Al final del ensayo es necesario ver en qué puntos de la estructura hay fisuras, grietas o colapso total si así lo fuera, para evaluar zonas de refuerzo.

### **3.13.9. Evaluar construcción tipo cajón de mampostería de 2\*2m de block clase C**

Evaluar construcción tipo cajón de 2\*2m de mampostería con block de concreto de 14\*19\*39cm de clase C, con losa maciza de 0.11m de espesor, por 2.6m de altura de construcción, con columnas de 0.14\*0.14\*2.6m en cada esquina y en zona de puerta y 3 soleras de sección 0.14\*0.19m por lado con armado de 4 varillas G 40 No. 3 (3/8") con estribos No. 2 a cada 0.15m, con concreto 3,000PSI para soleras, columnas y losa.

Ilustración 47. Estructura de mampostería de block tipo cajón, de 2\*2m por 2.6m de altura.



Fuente: el autor, 2023.

Con la acción del movimiento de la mesa vibratoria al realizar el ensayo, se debe hacer en el sentido paralelo a la puerta, según vista frontal de la ilustración 47, debido a que es el eje débil del sistema, con el fin evaluar el comportamiento dinámico de los elementos de block en conjunto con la losa, soleras y columnas. Con esto se esperaría observar que posibles daños se pudiesen tener, entre ellos: daños por corte en los bloques, daños por compresión debido a la acción dinámica, daños por conjuntos de bloques en corte, daños en los primeros bloques de abajo por la acción de movimiento dinámico, daños en las uniones de solera columna, daños generales en las columnas y soleras, algunas fisuras en losa, fisuras en zonas de puerta o tener el colapso total por la falla del refuerzo vertical proporcionado. Los daños se pueden observar o no dependiendo de la calidad de los materiales, que pueden ser desde fisuras a grietas.

La importancia de este tipo de estructura es que se puede evaluar la funcionalidad del block tipo C, que es el de menor resistencia y más utilizado porque es más económico. Por esa razón es importante dejar como punto de partida este block, con tendencia a evaluar los diversos tipos de que ofrecen en el mercado y que no cuentan con un sistema de control de calidad, ya que el sismo del 7 de noviembre en San Marcos demostró que hubo algunas fallas por la mala calidad del block y algunas siendo de piso fuerte y débil, donde muchos de estos contaban con block de resistencia

más baja que el tipo C normado en AGIES. Con esto se podría experimentar si el sistema tipo cajón es adecuado para estas dimensiones con las especificaciones de materiales antes indicadas bajo movimiento dinámicos. Esta prueba tendría un peso aproximado de 16,930 lbs, lo cual está dentro de la capacidad de la servoválvula que es de 35,000 lbs.

Al final del ensayo es necesario ver en qué puntos de la estructura hay fisuras, grietas o colapso total, si así lo fuera, para evaluar zonas de refuerzo. De esta misma manera se podrían realizar diversos tipos de ensayos, con diferentes tipos de block, acero, sistema constructivo y normativa de diseño, para evaluar cuál y qué es funcional para resistir ante movimientos dinámicos.

### **3.14. Protocolo de ensayos a nivel técnico y de seguridad**

#### **3.14.1. Objeto y campo de aplicación**

En este se describe la metodología para el ensayo de especímenes a escala de tipologías estructurales diversas y su comportamiento ante cargas sísmica aplicadas. Este procedimiento se llevará a cabo, situando sobre la mesa vibratoria de simulación sísmica un espécimen y posteriormente se aplica una carga sísmica actuando directamente sobre la mesa, con el fin de simular un registro sísmico conocido.

De la aplicación de esta metodología se obtendrán resultados cuantificados por medio de acelerómetros y sensores ubicados estratégicamente en el espécimen para identificar y medir los comportamientos observados y definir mejoras a reglamentos de construcción, con el propósito de aumentar la resiliencia sísmica de las estructuras a partir de la experimentación.

#### **3.14.2. Metodología de ensayos**

Será posible realizar ensayos de las tipologías estructurales construidas a escala, de acuerdo con lo descrito desde la sección 3.12 hasta la 3.13.9 de la presente tesis, y todas las estructuras que no excedan las dimensiones de la mesa vibratoria para salvaguardar la integridad de esta y sus componentes, en caso de un colapso estructural durante la simulación sísmica.

#### **3.14.3. Capacidades del equipo**

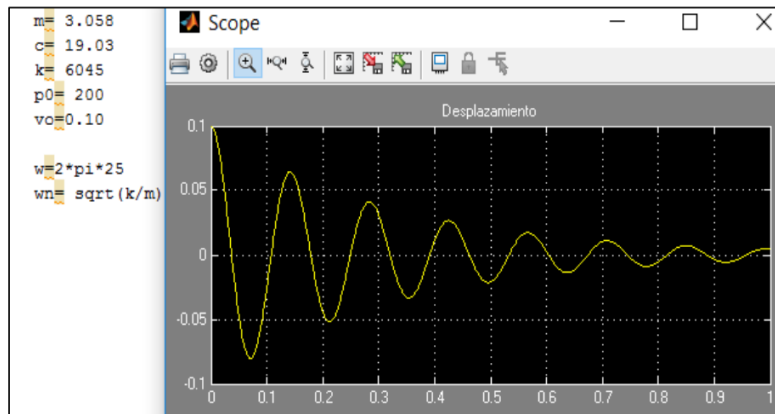
- Dimensiones máximas del espécimen 3.00 x 3.00 m
- Máxima carga vertical aplicable 80,000 libras, delimitada por pedestales.

- Carga horizontal actuante última 35,000 libras, delimitada por actuador.
- Carrera de desplazamiento máxima de 6 pulgadas.
- Puntos de anclaje para asegurar especímenes 36.

#### 3.14.4. Herramientas para el análisis de datos

La combinación de las herramientas Matlab – Simulink por medio de la función de transferencia continua aportan el entorno a través de su interfaz para graficar la respuesta de los especímenes y conocer su comportamiento.

*Ilustración 48.* Ilustración de simulink scope, con simulación general en el dominio del tiempo, en este caso respuesta en el tiempo de vibración libre del sistema de 1 grado de libertad.



*Fuente:* <https://repositorio.upt.edu.pe/>, 2023.

#### 3.14.5. Instrumentación

Se colocará en la plataforma de la mesa vibratoria y en el espécimen, acelerómetros y sensores para medir las fuerzas que experimentan los elementos durante la simulación.

#### 3.14.6. Comprobación y calibración del equipo

- Se deber realizar comprobaciones para determinar que el equipo se encuentra en óptimas condiciones para efectuar los ensayos.
- Nivelación de la plataforma de la mesa vibratoria por medio de los pedestales
- Verificar presión de aceite en servoválvulas
- Verificación de acelerómetros
- Verificación del software
- Verificación de actuador

Cabe mencionar que el protocolo de mantenimiento de instrumentación lo brindará a detalle el grupo de sistema de control y mando de mesa vibratoria.

### 3.14.7. Acondicionamiento y colocación del espécimen

Se debe garantizar que el espécimen se encuentre correctamente anclado y asegurado a la mesa vibratoria, ya que al aplicar fuerzas se deben evitar desplazamientos entre la mesa y la base de este. En ningún caso será posible que el espécimen posea volados que excedan las dimensiones de la mesa vibratoria.

### 3.14.8. Informes

Se deben generar informes de laboratorio, identificando fallas en las diferentes etapas e intensidades de los sismos aplicados, para cuantificar los comportamientos estructurales.

### 3.14.9. Señalización de seguridad

Debe estar a la vista, para advertir sobre el uso de equipo de protección o de seguridad dentro de rutas de evacuación, prevenciones y peligro, incendio.

La nave industrial o edificio como tal debe cumplir con las normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público como se indica en la normativa de CONRED; como se establece en el manual de uso para la reducción de desastres número 2 -NRD2-, donde se determina todo tipo de rotulación y rutas de evacuación, lo cual debe ser explícito por el grupo que está trabajando el análisis y diseño de la nave industrial.

Como ejemplo, se puede implementar rotulación de seguridad industrial que abarca: contra incendios, evacuación, peligro y de obligación del siguiente tipo:

*Ilustración 49. Señalización de seguridad industrial.*

<p><b>COLOR ROJO</b></p> <p><b>SIGNIFICADO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PARADA</li> <li>• PROHIBICIÓN</li> <li>• EQUIPOS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS</li> </ul> <p><b>APLICACIÓN:</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• SEÑALES DE PARADA</li> <li>• SEÑALES DE PROHIBICIÓN</li> <li>• DISPOSITIVOS DE DESCONEXIÓN DE URGENCIA</li> </ul>	<p><b>COLOR VERDE</b></p> <p><b>SIGNIFICADO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SITUACIÓN DE SEGURIDAD</li> <li>• SEÑAL DE SALVAMENTO O AUXILIO</li> </ul> <p><b>APLICACIÓN:</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• SEÑALIZACIÓN DE PASAJES Y SALIDAS DE SOCORRO</li> <li>• VUELTA A LA NORMALIDAD</li> <li>• PUESTOS DE PRIMEROS AUXILIOS O SALVAMENTO</li> </ul>
<p><b>COLOR AMARILLO O AMARILLO ANARANJADO</b></p> <p><b>SIGNIFICADO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ATENCIÓN</li> <li>• PELIGRO</li> </ul> <p><b>APLICACIÓN:</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• SEÑALIZACIÓN DE RIESGOS</li> <li>• SEÑALIZACIÓN DE PASAJES PELIGROSOS</li> <li>• OBSTÁCULOS</li> </ul>	<p><b>COLOR AZUL</b></p> <p><b>SIGNIFICADO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SEÑALES DE OBLIGACIÓN</li> <li>• INDICACIONES</li> </ul> <p><b>APLICACIÓN:</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• OBLIGACIÓN DE LLEVAR EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</li> <li>• LOCALIZACIÓN DE TELÉFONO, ASESOS, ETC.</li> </ul>

*Fuente: <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt>, 2023*

### **3.14.10. Seguridad y equipo de protección industrial**

Desde el punto de vista de seguridad, la nave industrial contará con zona de visualización como mezanine que estará lo suficientemente retirado para poder observar los ensayos desde una zona segura y así evitar aglomeración de personas alrededor de la zona de ensayo; pero si fuese necesario estar cerca por el tipo de ensayo, se contará con una distancia de separación prudencial de 1m a 1.3m del foso de la mesa. Esta distancia estará circulada por cinta de precaución, la cual dependerá de lo que se esté ensayando. También para tener mayor seguridad será indispensable el uso de equipo de protección industrial como:

- Casco de seguridad: proteger la cabeza
- Careta o lentes de seguridad: para proteger los ojos y rostro de cualquier material
- Cofia: evita que el cabello largo alcance las áreas de trabajo.
- Guantes: preferiblemente de cuero, resistencia a la abrasión.
- Calzado de seguridad: evita que objetos cortopunzantes lesionen los pies.
- Chaleco reflectivo.

Este equipo de protección es indispensable por el flujo de personas que se tendrá dentro del laboratorio, y por los riesgos que pudiesen darse a través de la inspección de los ensayos y antropometría misma de las personas; la finalidad es tener seguridad y reducir el riesgo ante los siguientes casos:

- Reducir el riesgo de golpearse la cabeza con algún elemento ensayado con el uso del casco.
- Evitar cortarse las manos con elementos cortopunzantes como lo podrían ser puntas de acero con el uso de guates.
- Evitar golpearse o cortarse los pies con el uso de calzado de seguridad industrial con punta de acero o policarbonato.
- Evitar llenarse los ojos con polvo o esquirlas (por los elementos a ensayar que algunas veces podrían colapsar) con el uso de caretas o lentes de seguridad.
- En el caso de las mujeres evitarían enredarse el cabello en elementos ensayados con el uso de cofia.
- Con el uso del chaleco reflectivo se identificaría de manera visual y fácil a las personas, para estar seguros de que no habrá alguien dentro o cerca del elemento a ensayar y así evitar un accidente.



El uso de equipo de protección personal lo deben usar todos, siempre y cuando vayan a estar cerca de los elementos a ensayar, a menos que el ensayo se vea de lejos y sobre el mezanine podría evitarse el uso de cofia en el caso de mujeres. Para los especialistas, técnicos e instrumentistas que estén haciendo el ensayo y que después tengan que verificar los daños, acercándose al elemento ensayado, será obligatorio el uso completo del equipo de protección personal adicionando. El equipo que sugiera el grupo de sistema de control y mando que podría incluir el uso de mascarillas especiales con filtros para gases, guantes y zapatos dieléctricos, y guantes para el flujo de aceites, entre algunos que podrían mencionarse.

A continuación, se muestran algunas imágenes de mesas vibratorias y personal que está con o sin equipo de protección, dependiendo del tipo de elemento a ensayar:

En la imagen se puede observar que se cuenta con un perímetro de seguridad y el personal tiene con cascos de seguridad.

*Ilustración 50. Elemento estructural que será evaluado bajo cargas sísmicas simuladas con 6 grados de libertad, las personas usan cascos de protección.*

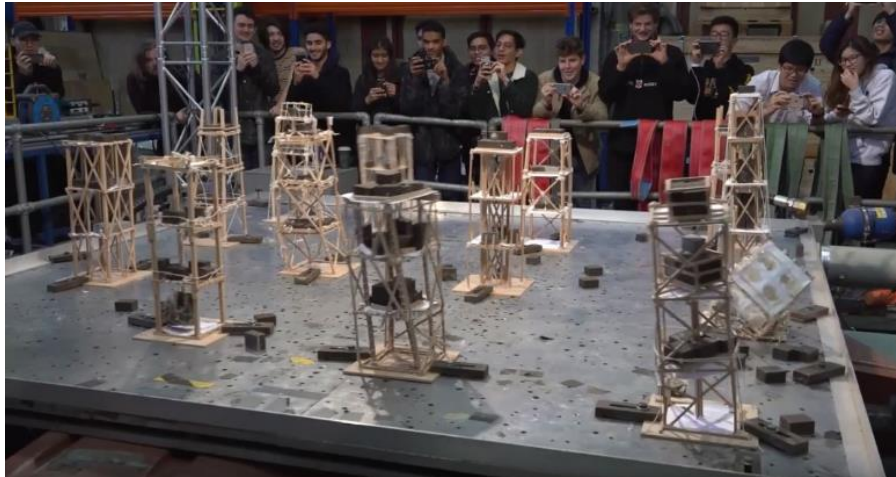


*Fuente: <https://www.mts.com/>, 2023.*

En la siguiente imagen los estudiantes de ingeniería civil de la universidad de Bristol de Reino Unido hacían ensayos a diferentes estructuras a escala con pesos por nivel en donde esperaban ver qué tipo de estructura es la que iba a resistir esa simulación sísmica. Por tanto, no era indispensable el uso de cascos debido a que la muestra no representaba riesgo alguno, también cuenta con un espacio de seguridad prudencial separado del foso y acción de movimiento de la

mesa. De cualquier forma, para el laboratorio propuesto en este trabajo se recomienda el equipo antes mencionado, porque puede haber otro tipo de ensayos o materiales almacenados que puedan ocasionar un accidente.

*Ilustración 51. Ensayos que hicieron los estudiantes de ingeniería civil de la universidad de Bristol, Reino Unido.*



*Fuente: <https://www.bristol.ac.uk/>, 2023.*

*Ilustración 52. Ensayos en Harbin Institute of Technology de China, donde se puede observar el uso de cascos.*



*Fuente: <https://www.eurekalert.org/>, 2023.*

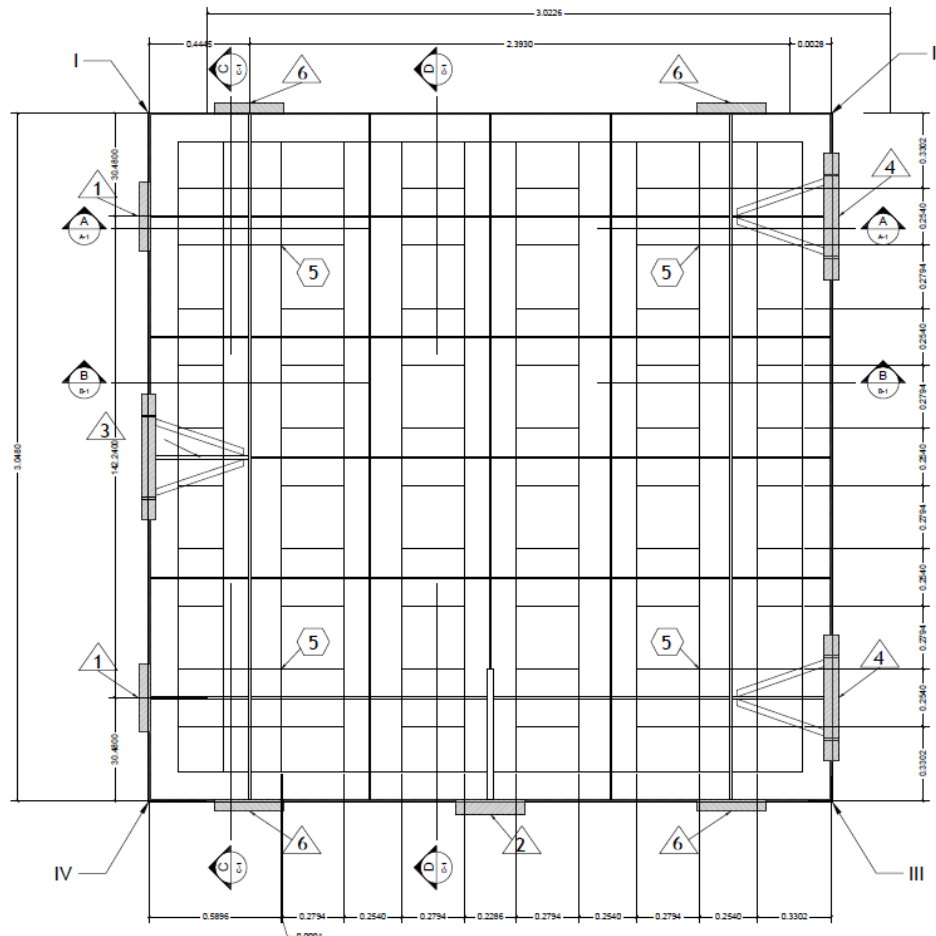
### 3.15. Planos

La mesa vibratoria sísmica cuenta con dimensiones de 3.2\*3.2m en planta y 0.48m de profundidad. Consta de una placa superior continua de 3/4" de espesor, que actúa como una brida superior, también con placas de alma que se cruzan y placas de brida inferior que se cruzan. Todos los materiales de aleación de aluminio 5083-0 de grado son soldable. Los tapones roscados de latón, el soporte de elevación superior debe ser de acero ASTM A36 o similar. A continuación, se presenta de manera general algunos componentes de la mesa en estudio, pero para mayor detalle los planos se adjuntan en ANEXO III.

#### 3.15.1. Planta de la mesa

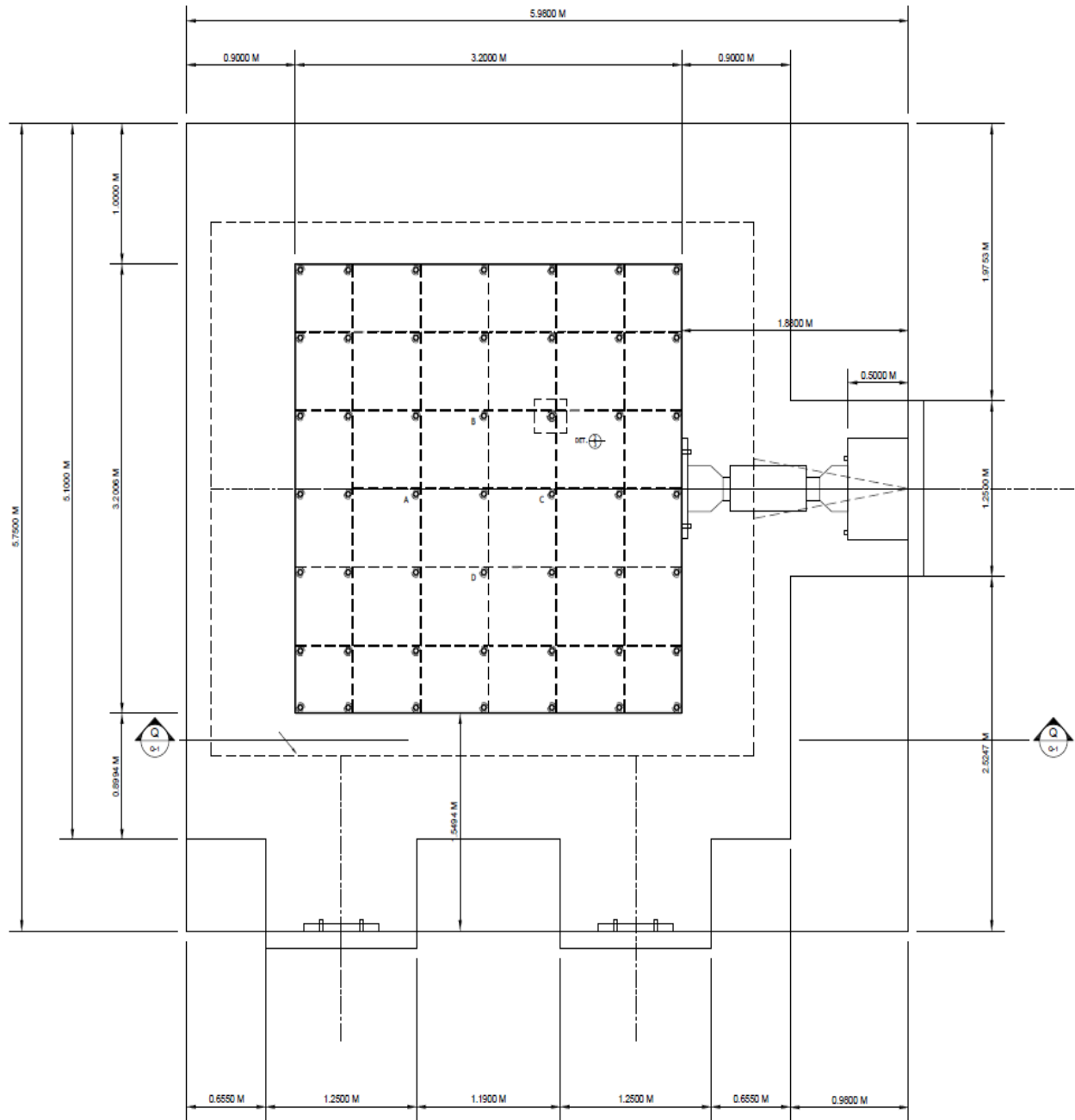
Mesa de 3.2m\*3.2m unidireccional y foso con capacidad de adecuar mesa de 4m\*4m y 6 grados de libertad a futuro.

*Ilustración 53. Planta de mesa vibratoria con secciones indicadas.*



*Fuente: El Autor, 2020*

Ilustración 54. Planta de mesa vibratoria con distribución general.



PLANTA

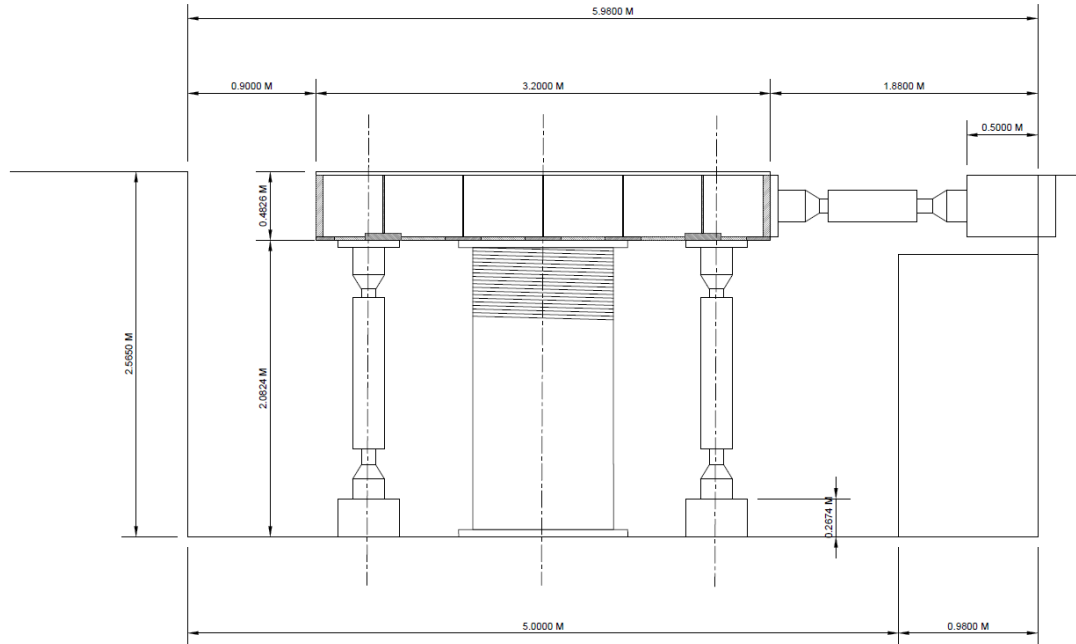
ESCALA: 1/25

Fuente: El Autor, 2020

### 3.15.2. Vistas y secciones de mesa vibratoria

#### Elevación

Ilustración 55. Elevación de mesa vibratoria.

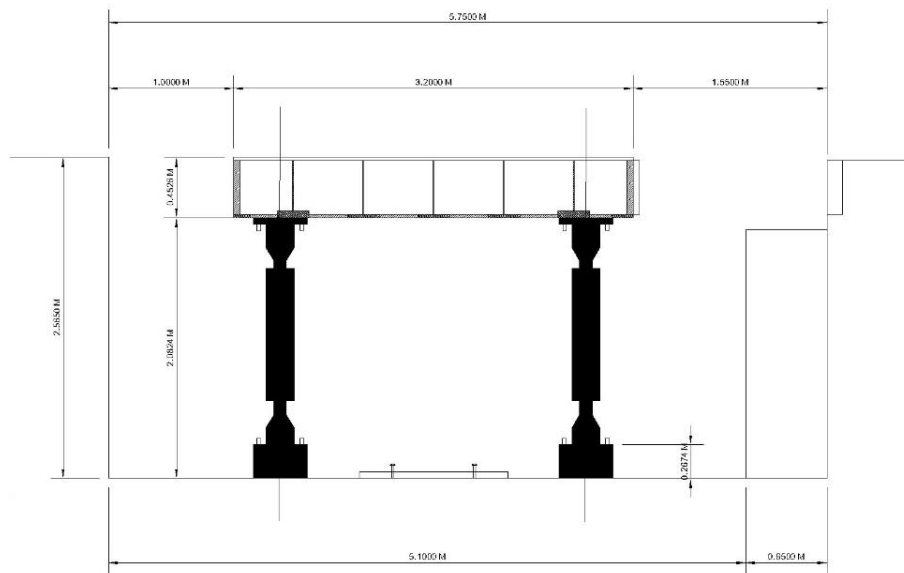


SECCION Q-Q'  
ESCALA : 1/15

Fuente: El Autor, 2020

#### Perfil

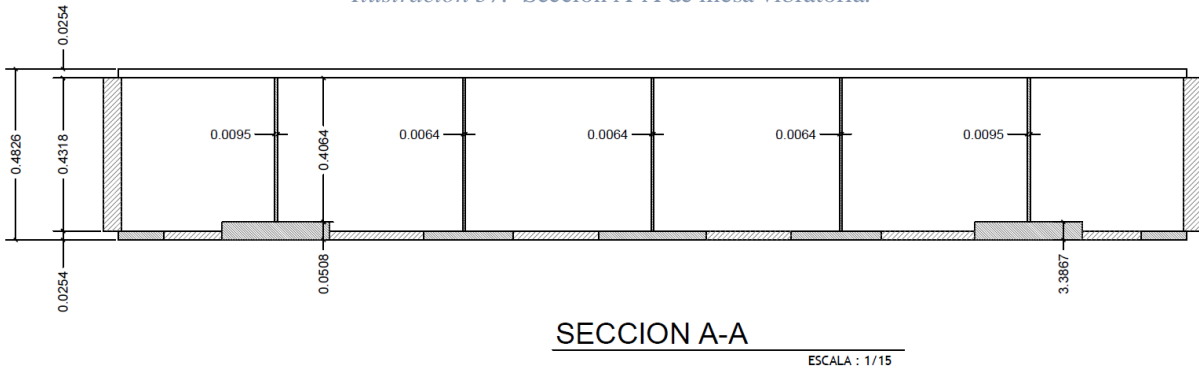
Ilustración 56. Perfil de mesa vibratoria.



Fuente: El Autor, 2020

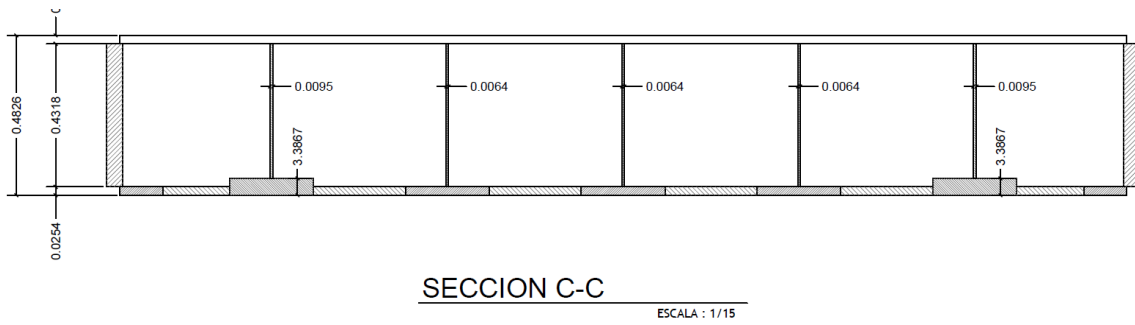
# Secciones de mesa vibratoria

Ilustración 57. Sección A-A de mesa vibratoria.



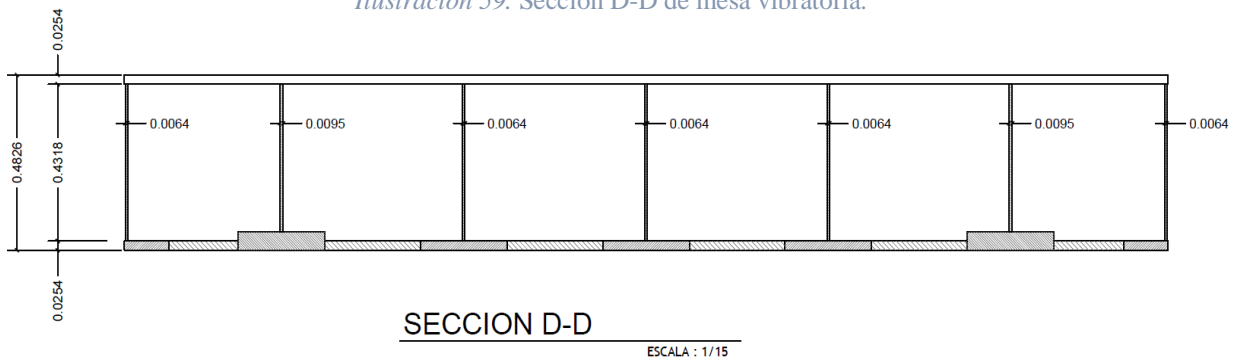
Fuente: El Autor, 2020.

Ilustración 58. Sección C-C de mesa vibratoria.



Fuente: El Autor, 2020.

Ilustración 59. Sección D-D de mesa vibratoria.



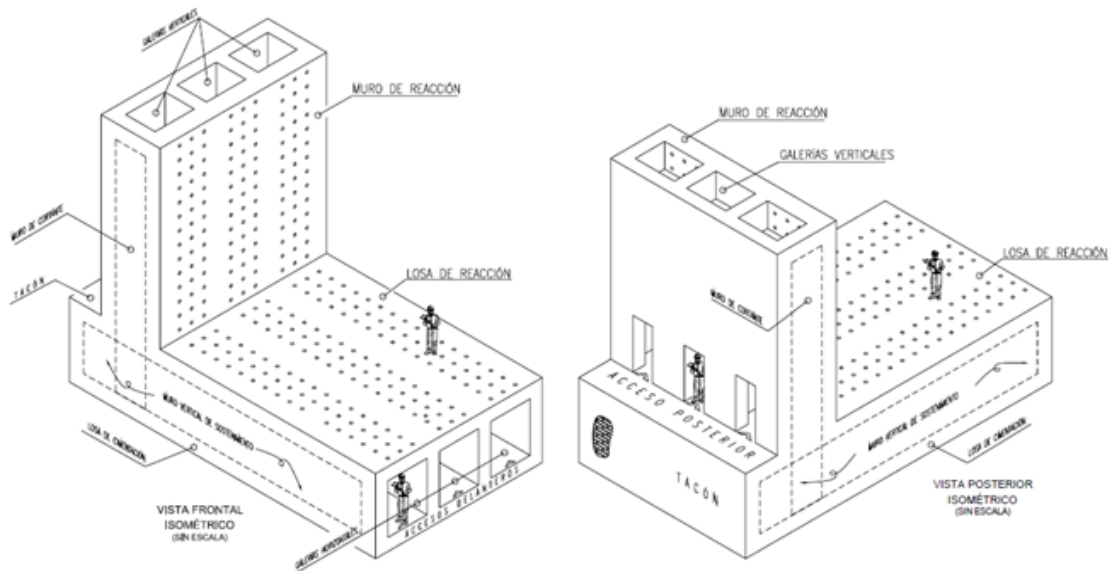
Fuente: El Autor, 2020.

## 4. MURO DE REACCIÓN

### 4.1 Descripción

Es una estructura de concreto reforzado que permite absorber las cargas generadas por los actuadores, encargados de simular los efectos sísmicos en laboratorio para el ensayo de estructuras a escala real o componentes de esta. Los ensayos que se realizan en el muro de reacción son considerados pseudo dinámicos. Dicho ensayo permite evaluar la vulnerabilidad sísmica, antes fuerzas de viento y empuje en edificios y viviendas de mediana o gran escala.

*Ilustración 60.* Detalles de muro de reacción en forma de L, con abertura para ingreso de personal.



*Fuente:* Reproducida de, Facultad de Ingeniería, Diseño Arquitectónico del Laboratorio de Estructuras y Diseño Estructural del Muro de Reacción de la Facultad de Ingeniería U.A.Q. Carlos Guerrero Ugalde. México 2009, 2022

### 4.2 Ensayo pseudo-dinámico

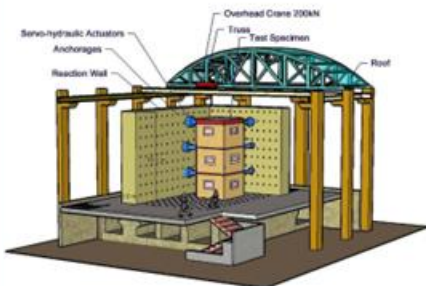
También llamado híbrido (actuadores y computador) es el tipo de ensayo en el que un modelo estructural se somete a un historial predefinido de desplazamientos y cargas laterales con velocidad de aplicación muy baja. Los movimientos y deformaciones observados en las muestras de prueba se utilizan para determinar las fuerzas de inercia, a las que un modelo estructural habría estado expuesto durante un sismo real.

### 4.3 Muros de reacción a nivel mundial


Ilustración 61. Instituciones que poseen muro de reacción y sus dimensiones.

Institution	Reaction wall height (m)	Strong floor area (m <sup>2</sup> )	Reaction Wall Configuration
Building Research Institute (Japan)	25	600	L- shaped
Hazama Technical Research Institute, Hazama Corp. Ltd.(Japan)	18	423	L- shaped
European Laboratory for Structural Assessment – JRC Ispra (Italy)	16	281	Rectangular
Structural Systems Laboratory, Univ. of Calif. at San Diego (USA)	15	946	Rectangular
National Center for Research on Earthquake Engineering, Taipei (Taiwan)	6 to 15	1800	L-shaped stepped
Earthquake Engineering Research Centre, Univ. of Calif. Berkeley (USA)	13.3	590	Reconfigurable
University of Minnesota, Minneapolis (USA)	12	297	L- shaped
Ecole Polytechnique, Montreal (Canada)	10	500	L- shaped
Protective Engineering Laboratory, Nanyang Technological Univ., Singapore	6 to 8	700	L- shaped stepped
University of Patras (Greece)	5.5	288	L- shaped



(a)

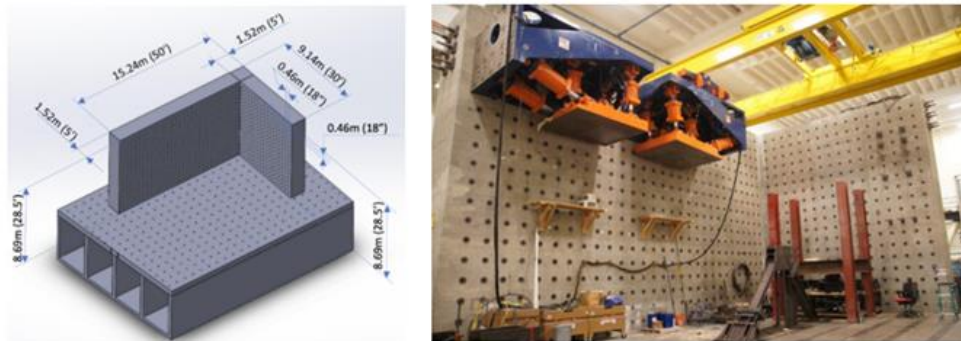


(b)

Figure 1. (a) Schematic diagram showing various components of testing facility and (b) a view of the reaction wall-floor assembly at IIT Kanpur

Fuente: *Construction and Load Rating Of Large Capacity Reaction Floorwall Assembly For Lateral Load Testing At Iit Kanpur*, Durgesh C Rai, Sudhir K Jain, Murty CVR and Dipanshu Bansal, 2022.

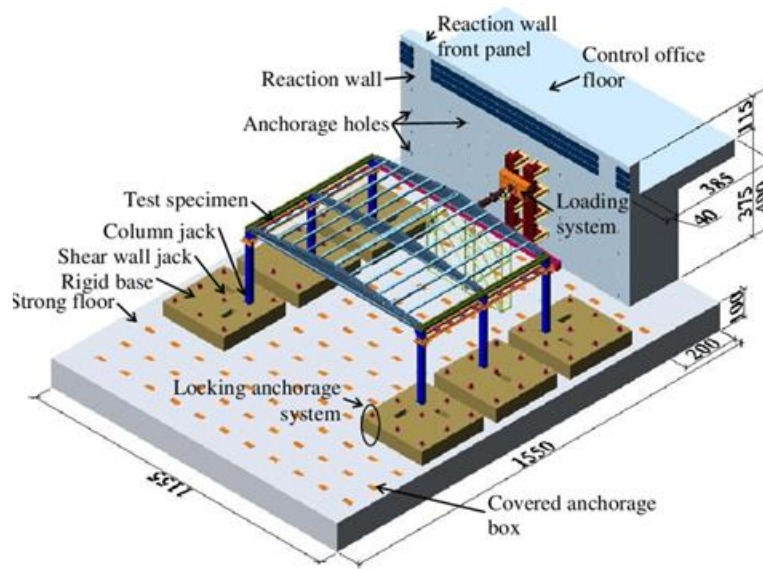
Ilustración 62. Ejemplo de muro de reacción en forma de L, con aberturas para el ingreso de personal.



Fuente: *Muro de reacción Newmark Structural Engineering Laboratory*, 2022



Ilustración 63. Ejemplo de muro de reacción, sin aberturas, espesor de paredes y losa continua.



Fuente: Pamukkale University Structural Mechanics Laboratory, 2022

## 4.4 Elementos que conforman el muro de reacción

### 4.4.1 Galerías horizontales

Su función es permitir el acceso de los analistas de supervisión para los anclajes en el sentido horizontal de la losa de reacción. Permiten la colocación de la instrumentación de modelos estructurales.

### 4.4.2 Muro vertical de sostenimiento

Son los muros verticales que cargan la losa de reacción, que a su vez poseen galerías horizontales que permiten el ingreso para la instrumentación y anclaje de los elementos a ensayar.

### 4.4.3 Losa de reacción

Elemento de concreto reforzado que soporta el peso total del muro y a su vez la distribuye de manera uniforme hacia el suelo de cimentación. El espesor de la losa de cimentación estará en función de la capacidad portante del suelo.

### 4.4.4 Muro de reacción

Elemento principal para la ejecución de los ensayos de concreto reforzado con forma rectangular

que posee agujeros pasantes en su superficie para la instrumentación y anclaje de los actuadores que servirán para ensayar los modelos estructurales.

#### **4.4.5 Galerías verticales**

Su función es permitir el acceso de los analistas de supervisión para los anclajes en el sentido vertical del muro de reacción. Permiten la colocación de la instrumentación de modelos estructurales y la colocación de cables eléctricos por los agujeros pasantes de la losa de reacción.

#### **4.4.6 Muro de cortante**

Base vertical trasera de apoyo para el muro de reacción. Soporta la transmisión de cargas de este.

### **4.5 Ventajas y desventajas del muro de reacción**

#### **4.5.1 Ventajas**

- Ensayo de modelos a escala real.
- Al ser automatizado, la simulación de cargas laterales permite la aplicación de cargas sísmicas, de viento y empujes laterales.
- Permite conocer y observar los patrones de falla en la estructura en cualquier instante de tiempo  $T$ , debido a que la aplicación de cargas es lenta, no como ocurre en un evento real.

#### **4.5.2 Desventajas**

- Requiere una base sólida de dinámica estructural, análisis de vibraciones, instrumentación y técnicas de medición.
- El periodo de planificación de un modelo a ensayar es el mismo que el de una obra real.
- El tiempo de ensayo puede ser prolongado, debido a que el ensayo se realiza en cámara lenta, es decir la aplicación de cargas no es como un evento real que se produce en cuestión de segundos.

### **4.6 Descripción del equipo de aplicación de carga lateral en muro de reacción**

El equipo para la aplicación de carga lateral e instrumentación necesaria para realizar los ensayos pseudo-dinámicos son los siguientes.

#### **4.6.1 Sistema hidráulico**

El sistema general hidráulico está conformado por una bomba hidráulica, un depósito, una torre de refrigeración, filtros, acumuladores y válvulas.

#### **4.6.2 Actuadores**

Son gatos hidráulicos de gran tamaño controlados por computadora que permiten someter a las estructuras de ensayo a cargas laterales. Estos actuadores son los encargados de controlar los movimientos programados en una computadora.

#### **4.6.3 Servo válvula**

El servo válvula o las mangueras hidráulicas son los elementos encargados de la regulación del movimiento del actuador; regulan el caudal hidráulico que entra y sale del cilindro interno del actuador.

#### **4.6.4 Computador**

Para la carga sistemática, el procesamiento de datos y la verificación de seguridad se hace uso de las computadoras, por lo general, dos. Una para el manejo de datos y otra para el control de las cargas de aplicación. Durante la prueba, una computadora supervisa el movimiento de los actuadores para un control de comando de carga preciso y para la verificación de seguridad; mientras, la otra computadora se utiliza para la adquisición y el procesamiento de datos.

#### **4.6.5 Adquisición de datos**

El sistema de adquisición de datos consiste en la conexión de diferentes dispositivos, los cuales miden, transmiten, decodifican y finalmente muestran información fácil de entender.

### **4.7 Concreto presforzado**

#### **4.7.1 Presfuerzo**

El presfuerzo significa la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura o conjunto de piezas, con el propósito de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de servicio y de resistencia. Los principios y técnicas del presforzado se han aplicado a estructuras

de muchos tipos y materiales, la aplicación más común ha tenido lugar en el diseño del concreto estructural.

El concepto original del concreto presforzado consistió en introducir en vigas suficiente precompresión axial para que se eliminaran todos los esfuerzos de tensión que actuarán en el concreto. Con la práctica y el avance en conocimiento, se ha visto que esta idea es innecesariamente restrictiva, pues pueden permitirse esfuerzos de tensión en el concreto y un cierto ancho de grietas. El ACI propone la siguiente definición:

Concreto presforzado: Concreto en el cual han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes debido a cargas externas son contrarrestados a un grado deseado. (ACI, 318-19)

#### **4.7.2 Estructuras postensadas adheridas y no adheridas**

El método consiste en colocar en los encofrados unos cables de acero al interior de unos ductos y posteriormente el concreto. Una vez este ha fraguado, se tensionan los cables, los cuales pueden deslizarse dentro de los ductos, con ayuda de unos gatos colocados en los extremos y que se apoyan sobre el concreto. En seguida, se bloquean las extremidades y los cables quedan así tensionados. Los torones pueden estar en el ducto antes del vaciado del concreto, o se pueden introducir después del vaciado, antes de tensar los cables, halados o empujados en los ductos.

El método tiene ventajas como la concentración del acero, la reducción del peso propio, la continuidad de los aceros, diferentes posibilidades del trazado de cables. Además, este método puede ser utilizado en estructuras vaciadas in situ o prefabricadas. La desventaja se puede presentar durante el proceso de vaciado debido a que existe el peligro de que el ducto o la coraza se deformen o se rompan, generando problemas para introducir los torones, o si ya estaban colocados, pueden impedir que una parte del cable entre en tensión.

#### **4.7.3 Propiedades mecánicas del concreto y acero para elementos presforzados**

El acero utilizado para el concreto presforzado deberá de cumplir con los requisitos de la norma ASTM A421 alambres sin revestimiento, relevados de esfuerzo para concreto reforzado. El cable trenzado que suele usarse a menudo más para elementos pretensados, pero que también se utilizan para elementos postensados, deberá de cumplir con ASTM A-416 cable trenzado sin revestimiento de siete alambres, relevado de esfuerzos para concreto presforzado.

En el caso de las varillas de acero, la alta resistencia se obtiene mediante la introducción de ciertos elementos de ligazón, principalmente manganeso, silicón, y cromo, y deberán de cumplir con ASTM A-277, varillas de acero de alta resistencia, sin revestimiento, para concreto presforzado. El factor importante del porqué se necesita concreto de alta resistencia para elementos postensados es debido a que el concreto de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación de presfuerzo. La relación agua cemento no deberá de ser mayor a 0.45.

Las propiedades mecánicas más importantes del concreto presforzado son la resistencia a compresión simple, módulo de elasticidad y relación de Poisson que oscila entre 0.15 y 0.20. Las propiedades físicas más representativas son la dilatación térmica y la deformación por retracción y por fluencia.

#### **4.7.4 Ventajas del concreto presforzado**

##### ***4.7.4.1 Eficiencia estructural***

- Uso de materiales de alta resistencia
- Eliminación de grietas (Comúnmente en concretos de baja resistencia)
- Uso de concreto de alta resistencia y bajo uso de acero.

##### ***4.7.4.2 Eficiencia económica***

- Menor cantidad de materiales
- Reducción de peso estructural

##### ***4.7.4.3 Eficiencia en servicio***

- Grandes luces o claros por cubrir
- Capacidad de soportar cargas muy elevadas
- Mayor control de deformaciones
- No se agrietan bajo cargas de servicio

#### **4.7.5 Normativas que rigen las estructuras presforzadas**

ACI-ASCE Joint committee Recommendations for the Design of Prestressed Members. Se presenta en forma de recomendación más que un código de construcción. AASHTO Standar Specifications for Highway Bridges presenta algunas diferencias respecto a los esfuerzos permisibles del ACI.

## **4.8 Análisis estructural**

### **4.8.1 Introducción**

Las pruebas de resistencia mecánica que se realizan a un modelo estructural siempre proveerán al ingeniero, al estudiante y al investigador de información básica del comportamiento de un sistema, que como se sabe, es más tangible que cualquier planteamiento teórico. Este conocimiento es de suma utilidad para beneficio de la sociedad.

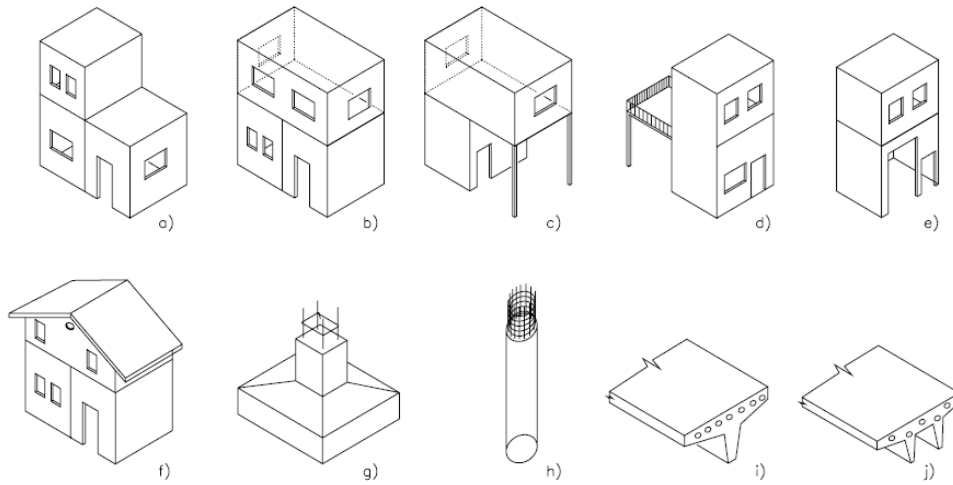
El análisis estructural de elementos (cualesquiera que estos sean) está basado principalmente en el estudio de las leyes de comportamiento, tanto de materiales como de elementos y sistemas estructurales sometidos a diferentes tipos de esfuerzo y existen teorías que sustentan los planteamientos analíticos de modelos que representa el comportamiento de los elementos y sistemas utilizados en la construcción de edificios y estructuras de todo tipo.

Con el objeto de sustentar el análisis de elementos estructurales, tanto para investigación como para docencia en la División de Ciencias de la Ingeniería del Centro Universitario de Occidente, se planteó la posibilidad de hacer la planificación para realizar la construcción de un muro de reacción. La finalidad de dicha estructura será alojar elementos estructurales (modelos) de tamaño real para estudiar su comportamiento cuando se aplican sobre él, cargas de diferentes magnitudes y direcciones.

El diseño arquitectónico del muro de reacción que se planifica para su construcción en la División de Ciencias de la Ingeniería del Centro Universitario de Occidente es un sistema que en la parte inferior entre la losa de reacción y la losa de cimentación cuenta con galerías para instalaciones y la parte vertical del muro es una estructura alta y robusta, en donde el modelo a ser probado se fija a la losa de reacción por medio de tornillos de sujeción. Las cargas son de manera cuasi-estática por medio de gatos hidráulicos (actuadores) que se fijan al muro por medio de marcos de acero rígidos y armaduras de acero (Ugalde C. G., 2009).

La siguiente ilustración muestra algunos ejemplos de modelos o configuraciones estructurales de elementos que son comúnmente utilizados en el día a día en la construcción en Guatemala, y, que se vuelve necesaria la realización de pruebas sobre el muro de reacción para su estudio, construcción y docencia:

*Ilustración 64.* Muestra algunos ejemplos de configuraciones de elementos estructurales de los cuales se pueden hacer pruebas sobre el muro de reacción; a) inmueble de 3 habitaciones b) habitación corrida planta alta, c) garaje abajo, d) pórtico superior, e) tienda abajo y bodega arriba, f) con losa a dos aguas, g) zapata, h) columnas, i) traves T, j) traves dobles T,

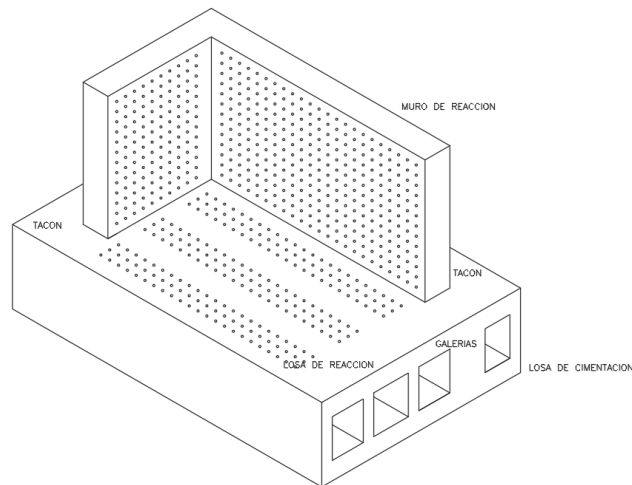


*Fuente: Reproducida de, Facultad de Ingeniería, Diseño Arquitectónico del Laboratorio de Estructuras y Diseño Estructural del Muro de Reacción de la Facultad de Ingeniería U.A.Q. Carlos Guerrero Ugalde. México 2009, 2022*

#### 4.8.2 Componentes del muro de reacción

El muro de reacción está compuesto de varios elementos estructurales rígidos, los cuales pueden ser losa de cimentación, muro vertical de sostenimiento, losa de reacción, muro de reacción, galerías, tacón.

*Ilustración 65.* Muro de reacción



*Fuente: Autor, 2022*

#### ***4.8.2.1 Losa de cimentación***

Es una losa de concreto reforzado que soportará el peso total del muro y a su vez lo distribuirá de manera uniforme al piso de desplante.

#### ***4.8.2.2 Muros verticales de sostenimiento***

Son los muros que soportarán la losa de reacción y que a su vez proveen de galerías horizontales de inspección que funcionarán para sujeción de elementos estructurales en estudio por medio de agujeros pasantes y para conducción de cables de las instalaciones.

#### ***4.8.2.3 Losa de reacción***

Plataforma principal en donde se dará soporte total a los prototipos a ser estudiados y que posee en su superficie hileras de agujeros pasantes construidos a base de tubería de acero estructural de 4 pulgadas de diámetro, los cuales funcionarán para permitir el paso de sujetadores por medio de placas metálicas y tornillos para anclaje de prototipos.

#### ***4.8.2.4 Muro de reacción***

Principal soporte para ejercer cargas verticales a los modelos estructurales a ser estudiados e instrumentados, con apoyo de la losa de reacción se contempla la aplicación de cargas verticales y horizontales para hacer fallar los prototipos; a su vez se deberá disponer de gatos hidráulicos (actuadores) que se anclarán al muro de reacción y estos a su vez al dispositivo computadora que simulara las cargas de ensayo.

#### ***4.8.2.5 Galerías***

No son consideradas como elemento estructural, sin embargo, su función principal es permitir el acceso peatonal de supervisión de anclajes en ambas direcciones, a su vez permitir la instrumentación de los modelos estructurales por medio del paso de cables eléctricos por los agujeros pasantes.

#### ***4.8.2.6 Tacón***

Elemento estructural diseñado básicamente para evitar el volteo del muro resultado de cargas verticales aplicadas al muro de reacción.



### 4.8.3 Acciones de cargas

La aplicación de las cargas pretende representar las acciones de fuerzas sísmicas, de viento o bloques de mampostería en la estructura, donde se pueden incluir los efectos de comportamiento no lineales de los elementos estructurales del modelo experimental. Las simulaciones controladas hacen posible la modelación de estructuras complicadas, reproduciendo con precisión las condiciones particulares de un sismo individual, así como la observación progresiva de las degradaciones de esta (particularmente, la aparición de grietas y deformaciones o distorsiones), el control técnico y la instrumentación permite medidas bastante aproximadas de los desplazamientos y deformaciones.

Un muro de reacción permite realizar pruebas estructurales a escala natural, con un poder de excitación razonable en sustitución de las mesas vibratorias. También ofrece la posibilidad de completar el modelo estructural con resultados de un modelo matemático que puede ser modelado por medio de computadoras y direccionado a los actuadores (gatos hidráulicos), lo cual presenta ventajas para modelar estructuras tipo puentes, donde es complicado construir un modelo completo.

Un muro de reacción también tiene desventajas, una de ellas es la dificultad en la aplicación de las cargas que reflejan las acciones reales, sobre todo, cargas dinámicas. A continuación, se describen las principales cargas a las que se someterá el muro de reacción y que son las cargas estimadas de ensayos de modelos estructurales.

#### 4.8.3.1 *Peso propio*

Al considerarse una estructura del tipo robusta, el muro de reacción tiene a ser lo suficientemente pesado para ejercer una presión en la losa de cimentación, así como en los muros verticales de sostenimiento, por lo anterior los espesores de losas y muros fueron considerados como peso muerto para el desplante y para trabajar en conjunto con las cargas vivas.

Tabla 2  
Muestra los pesos de los elementos estructurales.

PESO DE MURO DE REACCIÓN						
ELEMENTO ESTRUCTURAL	LOGITUD	ANCHO	ALTO	VOLUMEN	γ ESP	W (PESO) TON
1 Muro de Reacción Largo	12.50	1.40	7.00	122.50	2400	294.00
2 Muro de Reacción Corto	5.85	1.40	9.15	74.94	2400	179.85
3 Losa de Reaccion (incluye tacon)	16.50	11.25	1.00	185.63	2400	445.50
4 Losa de cimentación	16.50	11.25	1.00	185.54	2400	445.30
5 Pared Lateral Lado Izq.	16.50	0.60	2.15	21.29	2400	51.08
6 Pared Lateral Lado Der.	16.50	0.60	2.15	21.29	2400	51.08
7 Pared de Galeria 1	16.50	0.60	2.15	21.29	2400	51.08
8 Pared de Galeria 2	16.50	0.60	2.15	21.29	2400	51.08
9 Pared de muro de reaccion	16.50	1.40	2.15	49.67	2400	119.20
<b>TONELADAS =</b>						<b>1688.19</b>

Fuente: Autor, 2022

#### ***4.8.3.2 Carga muerta***

Como carga muerta de análisis estructural se consideró un porcentaje equivalente al peso propio del muro, en este caso aplica el factor de amplificación de carga que indica el código AGIES 40 % adicional al peso propio. Lo anterior se basa en el método de confiabilidad de diseño, lo que implica una misma posibilidad de falla en cada uno de los estados límite (cortante, flexión, momento).

Por otro lado, una carga muerta siempre estima como la que un inmueble considera en condiciones de servicio (por ejemplo, un área destinada a un archivo muerto en un edificio de oficina) para cualquier tipo de inmueble; esto significa para el caso del muro de reacción, se consideraron las que los modelos estructurales ejercen sobre el muro de reacción o la misma losa de reacción por peso propio. Para tales efectos y de acuerdo con la tabla 1 es común considerar un peso aproximado de 5 toneladas por metro cuadrado para casas de habitación; sin embargo, esta carga es relativamente mínima considerada al cálculo que deberá soportar el muro de reacción respecto a 170.1 toneladas de manera puntual.

#### ***4.8.3.3 Carga viva***

Las relaciones de carga viva fueron consideradas despreciables para el peso de un ser humano, sin embargo, en caso de grupos de estudiantes se consideró un peso general estandarizado según el código de 250 kilogramos por metro cuadrado. Dicho peso continúa aun siendo despreciable para el caso de la losa de reacción que es recurrente con el cálculo del muro vertical de reacción que fueron calculados para un total de 100 toneladas en carga puntual (aplicándolas sobre muros de sostenimiento por su cimentación en una carga regular distribuida según el modelo lo requiera).

Por otro lado, considerando la vida útil de la estructura se estimaron variaciones en las cargas conocidas como cargas accidentales, las cuales no son constantes, pero si se puede alcanzar grandes magnitudes. Este tipo de acciones pueden afectar los elementos responsables de mantener la capacidad de carga del muro de reacción e incluso llevarlo a la falla, para tales efectos fue considerado un cálculo básico de un 18% mayor de la máxima carga que el muro de reacción debe soportar en condiciones de servicio mínimas. Con lo anterior se considera que cualquier elemento sometido a 100 toneladas deberá ser lo suficientemente pequeño para fallar antes de que esta carga sea aplicada.

#### **4.8.4 Modelo experimental**

Los modelos experimentales para estudiar deberán ser analizados independientemente para cada caso en especial, lo que significa que estos serán considerados siempre independientes para el muro de reacción. Lo anterior indica que cada modelo experimental deberá ser construido sobre la losa de reacción o en su defecto depositado sobre dicha losa y sujetado mediante los agujeros pasantes y equipamiento especial del muro (tornillos y placas de sujeción). Esto significa que cada vez que se desee probar modelos experimentales diferentes deberá ser retirado el anterior que se estudió o se llevó a la falla por medio de la aplicación de cargas verticales y horizontales o la combinación de ellas.

Por otro lado, es importante que cualquier modelo experimental a estudiar sobre el muro de reacción, previamente deberá ser analizados mediante sistemas computacionales, con la finalidad de verificar cómo se comportarán sobre el muro de reacción. Esto implica conocer las caras que serán aplicadas y correrlas previamente en el software para conocer cuáles pueden ser los efectos que las cargas pueden generar sobre la herramienta de trabajo.

#### **4.8.5 Cargas de trabajo aplicadas a los modelos experimentales**

Las cargas aplicadas a los modelos experimentales serán incluidas mediante los actuadores hidráulicos debidamente sujetos mediante los dispositivos placas y tornillería. Dichas cargas deberán estar debidamente controladas por medio del software especializado de control de dispositivos hidráulicos con la finalidad de medir el desplazamiento del vástago que a su vez transmitirá la carga aplicada al modelo experimental.

El muro de reacción está calculado para soportar las siguientes cargas de trabajo:

Peso propio = 1,688.19 Toneladas.

- Carga muerta  
675.27 Toneladas (equivalente al 40% del peso propio en la losa de cimentación).  
5.00 Toneladas por metro cuadrado de modelos estructurales.
- Carga viva  
Despreciables para el peso de ser humano (individual)  
250Kg/m<sup>2</sup> para grupo de estudiantes.  
170.1 Toneladas carga puntual para muro de reacción  
100 toneladas carga puntual para losa de reacción.

- Cargas accidentales

18% de la carga máxima (18 Toneladas puntual)

Por lo anterior, la transmisión de cargas que los modelos experimentales puedan ser objeto de estudio, dependientes a las cargas que el muro de reacción resiste.

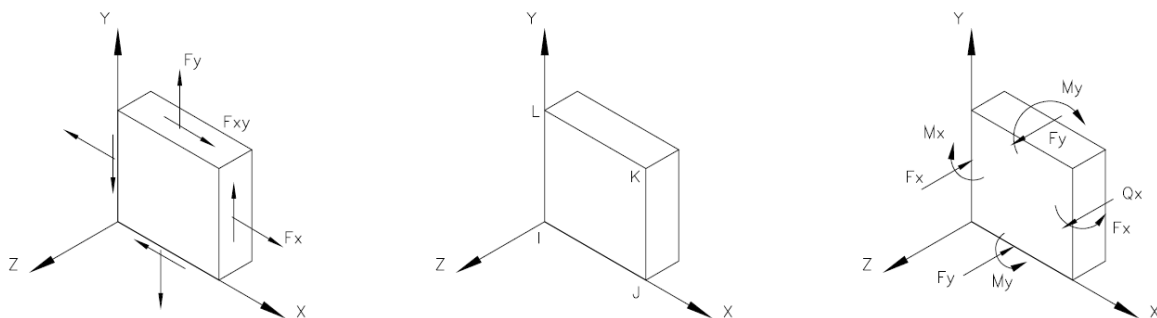
#### 4.8.6 Elemento finito (Sap 2,000)

Para realizar el diseño estructural del muro de reacción se utilizó el método de elemento finito que también es conocido como diferencias finitas, el cual utiliza una malla con espesores diferentes de acuerdo con las necesidades de cálculo.

El uso de software especializado (SAP 2000) es frecuente hoy en día para resolver ecuaciones diferenciales parciales a nivel estructura y que por ende se tomaría mucho tiempo el realizar manualmente los cálculos

Este método se basa principalmente en dividir la estructura a ser analizada en partes conectadas entre sí por medio de nodos, que a su vez caracterizará el comportamiento físico del elemento en estudio. Así entonces, el conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio que es conocida como discretización (es decir, un elemento finito es la partición de toda la estructura).

*Ilustración 66. Muestra elementos discretizados y las cargas de trabajo, así como la numeración de nodos y momentos flexionantes o par de carga.*



Fuente: Reproducida de, Facultad de Ingeniería, Diseño Arquitectónico del Laboratorio de Estructuras y Diseño Estructural del Muro de Reacción de la Facultad de Ingeniería U.A.Q. Carlos Guerrero Ugalde. México 2009, 2022

Cada elemento considera un espesor (para elementos en tercera dimensión) que a su vez considera conexiones entre otros elementos que llevan el nombre de nodos, por lo que un mismo nodo puede pertenecer a varios elementos a su vez; así entonces el conjunto de nodos que consideran ser adyacentes se denomina malla, la cual puede ser considerada para temas de cálculo en dos dimensiones (un dominio y un contra dominio) así como para tres dimensiones (cuando se aplica una profundidad a la malla).

El análisis estructural por medio del método del elemento finito calcula el campo de desplazamientos de los nodos, que a su vez transfiere la carga nodo a nodo de acuerdo a las condiciones básicas de entrada de datos (desde las dimensiones, reglamento de cálculo, peso del concreto, módulo de elasticidad del concreto, etc.) lo que ofrece la ventaja de conocer la forma en cómo se representan los esfuerzos internos dentro de la malla de discretización, así como también de las deformaciones y tensiones respectivamente. (Ugalde C. G., 2009)

#### 4.8.7 Espectro para diseño de muro de reacción.

Para el análisis estructural del muro de reacción en estudio se definirá el espectro de diseño de acuerdo a la norma (AGIES, 2020)

##### 4.8.7.1 Zonificación sísmica para Quetzaltenango

Tabla 3.

Listado de amenaza sísmica y velocidad básica del viento por municipio para la República de Guatemala,

No.	Municipio	Departamento	I <sub>0</sub>	Suelo Tipo A			Suelo Tipo B			Suelo Tipo C			Suelo Tipo D			Suelo Tipo E			Velocidad básica del viento (m/s)
				S <sub>cr</sub>	S <sub>1r</sub>	T <sub>L</sub>	S <sub>cr</sub>	S <sub>1r</sub>	T <sub>L</sub>	S <sub>cr</sub>	S <sub>1r</sub>	T <sub>L</sub>	S <sub>cr</sub>	S <sub>1r</sub>	T <sub>L</sub>	S <sub>cr</sub>	S <sub>1r</sub>	T <sub>L</sub>	
151	Puerto Barrios	Izabal	4.1	1.42	0.47	4.91	1.64	0.62	4.87	1.94	1.04	4.21	1.86	1.40	4.74	1.62	1.97	4.65	120
152	Purullhá	Baja Verapaz	4.1	1.31	0.43	4.51	1.54	0.53	4.45	1.88	0.90	3.69	1.75	1.28	4.27	1.43	1.70	4.43	100
153	Quesada	Jutiapa	4.1	1.37	0.47	2.55	1.43	0.52	2.51	1.53	0.68	2.69	1.53	1.05	3.27	1.32	1.82	3.51	100
154	Quetzaltenango	Quetzaltenango	4.1	1.51	0.47	2.59	1.51	0.52	2.56	1.64	0.68	2.68	1.64	0.85	3.65	1.46	1.39	3.90	100
155	Quetzaltepeque	Chiquimula	4.1	1.33	0.43	2.54	1.52	0.48	2.54	1.60	0.77	2.44	1.60	1.13	2.77	1.32	1.65	3.02	100

Fuente: AGIES NSE 2 Demandas estructurales y condiciones de sitio 2018,2022

##### 4.8.7.2 Clasificación de obras

El muro de reacción se define en la categoría III como una obra importante.

### 4.8.7.3 Sismicidad y nivel de protección

Tabla 4  
Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño.

Índice de Sismicidad <sup>(a)</sup>	Clase de obra <sup>(a)</sup>			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
Io = 4	E	D	D	C
Io = 3	D	C	C	B
Io = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño <sup>(a)</sup>	5% en 50 años <sup>(a)</sup>	5% en 50 años <sup>(a)</sup>	10% en 50 años	Sismo mínimo <sup>(a)</sup>

Fuente: AGIES NSE2 Demandas estructurales y condiciones de sitio 2,020, 2022

### 4.8.7.4 Ajustes por intensidades sísmicas especiales

Tabla 5  
Coeficientes de sitio  $F_a$ ,

Clase de sitio	Índice de sismicidad			
	2	3	4.1	4.2
AB	1.0	1.0	1.0	1.0
C <sup>(1)</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.0	1.0	1.0	1.0
E	1.0	1.0	1.0	1.0
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4			

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo clasifica como C o como D, el factor  $F_a$  se tomará del suelo C.

Fuente: AGIES NSE2 Demandas estructurales y condiciones de sitio 2,020, 2022

Tabla 6  
Coeficientes de Sitio  $F_v$

Clase de sitio	Índice de sismicidad			
	2	3	4.1	4.2
AB	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0
D <sup>(1)</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0
E	1.0	1.0	1.0	1.0
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4			

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo firme clasifica como C o como D, el factor  $F_v$  se tomará del suelo D.

Fuente: AGIES NSE2 Demandas estructurales y condiciones de sitio 2,020, 2022

#### 4.8.7.5 Nivel de protección sísmica NPS

Tabla 7  
Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño

Índice de Sismicidad <sup>[b]</sup>	Clase de obra <sup>[a]</sup>			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
lo = 4	E	D	D	C
lo = 3	D	C	C	B
lo = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño <sup>[c]</sup>	5% en 50 años <sup>[d]</sup>	5% en 50 años <sup>[d]</sup>	10% en 50 años	Sismo mínimo <sup>[e]</sup>

Fuente: AGIES NSE2 Demandas estructurales y condiciones de sitio 2,020, 2022

#### 4.8.7.6 Periodos de vibración de transición

Periodo  $T_s$  que separa los periodos cortos de los largos.

Ecuación 1 
$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}}$$

Periodo  $T_o$  que define el inicio de la meseta de periodos cortos del espectro.

Ecuación 2 
$$T_o = 0.2 T_s$$

#### 4.8.7.7 Probabilidad nominal de ocurrencia de los sismos de diseño

Tabla 8  
Factores  $K_d$  de acuerdo con el nivel de sismo

Nivel de sismo	Factor $K_d$
Sismo ordinario — 10% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.66
Sismo severo — 5% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.80
Sismo extremo — 2% probabilidad de ser excedido en 50 años	1.00
Sismo mínimo — condición de excepción	0.55

Fuente: AGIES NSE2 Demandas estructurales y condiciones de sitio 2,020, 2022

#### 4.8.7.8 Sistema estructural

Tabla 9  
Sistema estructural,

SISTEMA ESTRUCTURAL Sección 1.6 [a]		Norma	R	$\Omega_R$	$C_d$	Limite de altura en metros SL - sin limite NP - no permitido				notas
						Nivel de protección				
						B	C	D	E	
<b>E2</b>	<b>SISTEMA DE MUROS</b>	1.6.3								
	De concreto reforzado DA	NSE 7.1	6	2.5	5	SL	SL	SL	SL	[b]
	De concreto reforzado DB	NSE 7.9	4	2.5	4	[d]	[d]	[d]	[d]	[c]
	De mampostería reforzada DA	NSE 7.4	4	2.5	3.5	[f]	[f]	[f]	[f]	[e]
	De mampostería reforzada DB	NSE 4.1	3	2.5	2	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]

Fuente AGIES NSE 3 Diseño estructural de edificaciones 2,020, 2,022

#### 4.8.7.9 Parámetros de espectro

Los parámetros de espectro se calibrarán a la probabilidad estipulada mediante las expresiones

Ecuación 3 
$$S_{cd} = K_d * S_{cs}$$

Ecuación 4 
$$S_{1d} = K_d * S_{1s}$$

#### 4.8.7.9 Espectros genéricos probables

Los espectros genéricos probables se calculan mediante las expresiones.

Ecuación 5 
$$S_a(T) = S_{cd} \quad \text{cuando } T_o \leq T \leq T_s$$

Ecuación 6 
$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T} \leq S_{cd} \quad \text{cuando } T > T_s$$

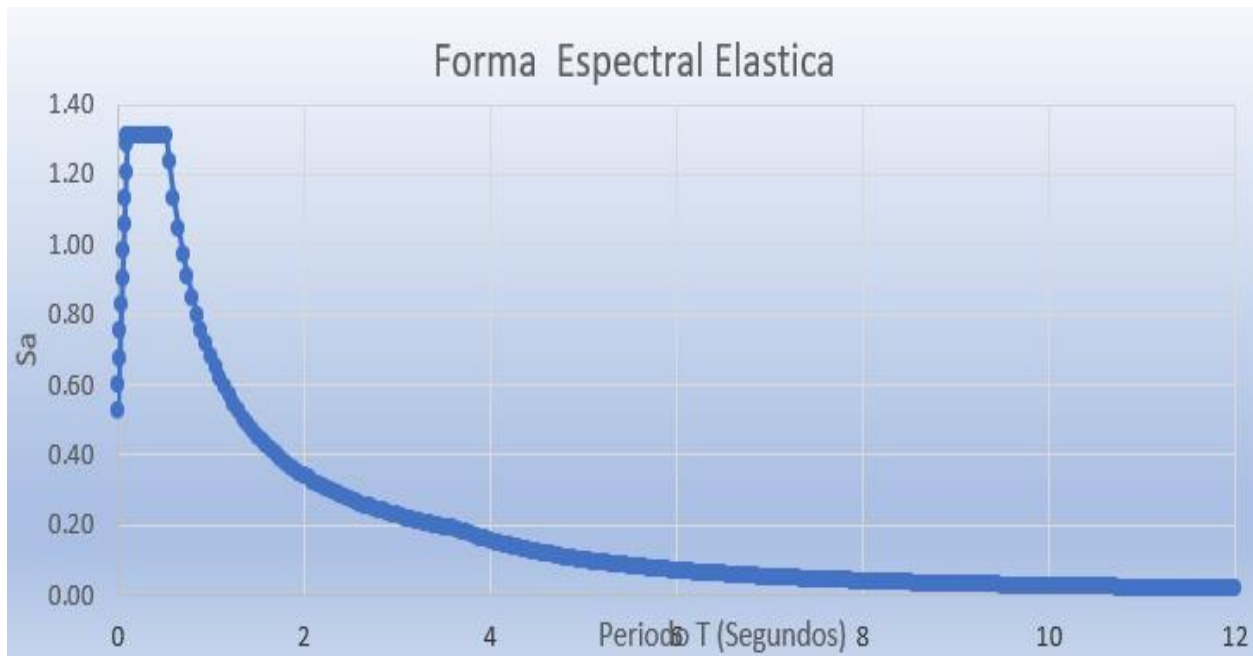
Ecuación 7 
$$S_a(T) = S_{cd} \left[ 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_o} \right] \quad \text{cuando } T < T_o$$

Ecuación 8 
$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T^2} * T_L \quad \text{cuando } T \geq T_o$$



#### 4.8.7.10 Forma espectral elástica

Ilustración 67. Forma Espectral elástica para diseño de muro de reacción



Fuente Autor, 2022

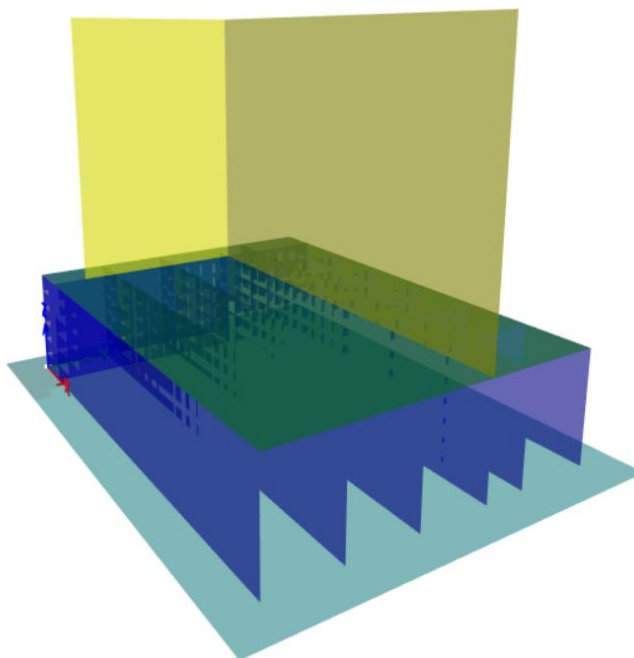
#### 4.8.8 Condiciones de servicio

En esta etapa del análisis estructural, se van a evaluar las condiciones de servicio del modelo en el programa de elementos finitos (Sap 2,000).

##### 4.8.8.1 Análisis modal espectral

Del análisis modal espectral que se realizó del muro de reacción en el programa de elementos finitos (Sap 2,000) se puede ver que para el eje Y se alcanza el 90 % de la participación de la masa en el modo no. 7 y para el eje X se alcanza el 90 % de la participación de la masa en el modo no. 9 y el 100 % de la participación de la masa se logra en el modo no. 12

Ilustración 68. Modelo de muro de reacción en programa de elementos finitos (SAP 2,000)



Fuente Autor, 2022

**Tabla 10**  
participación modal espectral

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.084	0.0001	0.163	0	0.0001	0.163	0	0.6746
Modal	2	0.042	0.1028	0.0436	0	0.1028	0.2066	0	0.1436
Modal	3	0.038	0.0197	0.0386	0	0.1225	0.2452	0	0.1271
Modal	4	0.023	0.0092	0.045	0	0.1318	0.2903	0	0.027
Modal	5	0.022	0.2512	0.0094	0	0.3829	0.2997	0	0.0219
Modal	6	0.02	0.0163	0.5987	0	0.3992	0.8984	0	0.0007
Modal	7	0.013	0.0001	0.0075	0	0.3993	0.9059	0	0.0004
Modal	8	0.012	0.2138	0.0703	0	0.6131	0.9763	0	0.0004
Modal	9	0.012	0.3857	0.0196	0	0.9988	0.9959	0	0.0022
Modal	10	0.011	0.0002	0.0041	0	0.9989	1	0	0.0017
Modal	11	0.009	0.0003	4.573E-06	0	0.9992	1	0	0.0002
Modal	12	0.008	0.0008	0	0	1	1	0	0.0001
Modal	13	0.007	0	0	0	1	1	0	3.927E-05
Modal	14	0.007	1.256E-05	0	0	1	1	0	3.042E-05
Modal	15	0.005	0	0	0	1	1	0	3.491E-06

Fuente Autor, 2022

#### 4.8.8.2 Análisis sísmico

Para el análisis sísmico se requiere el periodo en dirección X y en dirección Y de la estructura en análisis, así mismo de los valores del espectro de respuesta.

**Tabla 11**  
Valores de periodo de estructura,

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.084	0.0001	0.163	0	0.0001	0.163	0	0.6746
Modal	2	0.042	0.1028	0.0436	0	0.1028	0.2066	0	0.1436
Modal	3	0.038	0.0197	0.0386	0	0.1225	0.2452	0	0.1271
Modal	4	0.023	0.0092	0.045	0	0.1318	0.2903	0	0.027
Modal	5	0.022	0.2512	0.0094	0	0.3829	0.2997	0	0.0219
Modal	6	0.02	0.0163	0.5987	0	0.3992	0.8984	0	0.0007
Modal	7	0.013	0.0001	0.0075	0	0.3993	0.9059	0	0.0004
Modal	8	0.012	0.2138	0.0703	0	0.6131	0.9763	0	0.0004
Modal	9	0.012	0.3857	0.0196	0	0.9988	0.9959	0	0.0022
Modal	10	0.011	0.0002	0.0041	0	0.9989	1	0	0.0017
Modal	11	0.009	0.0003	4.573E-06	0	0.9992	1	0	0.0002
Modal	12	0.008	0.0008	0	0	1	1	0	0.0001
Modal	13	0.007	0	0	0	1	1	0	3.927E-05
Modal	14	0.007	1.256E-05	0	0	1	1	0	3.042E-05
Modal	15	0.005	0	0	0	1	1	0	3.491E-06

Fuente Autor, 2022

Para el análisis en dirección X se tiene el periodo = 0.042 seg.

Para el análisis en dirección Y se tiene el periodo = 0.084 seg.

**Tabla 12**  
Valores de espectro de respuesta

ESPECTRO DE RESPUESTA.	
T (s)	Sa (g)
0	0.12375
0.1	0.12375
0.2	0.12375
0.3	0.12375
0.4	0.12375
0.5	0.12375
0.6	0.12375
0.7	0.110196
0.8	0.096422
0.9	0.085708
1	0.077138
1.2	0.064281
1.5	0.051425
1.7	0.045375
2	0.038569
2.5	0.030855
3	0.025713
3.5	0.022039
4	0.019284
5	0.015428
8	0.009642
11	0.007013
15	0.005143

Fuente Autor, 2022

## Cálculo de coeficiente de corte en la base

**Tabla 13**

Valores del coeficiente de corte en la base para sentido X y sentido Y.

ANÁLISIS SISMICO					
Análisis en Dirección X			Análisis en Dirección Y		
Tx=	0.042	Seg	Ty=	0.0840	Seg
0	0.042	0.1	0	0.084	0.1
0.12375	<b>0.1238</b>	0.12375	0.12375	<b>0.1238</b>	0.12375
	m:0			m:0	
<p><b>Cálculo de coeficiente K</b></p> $k = \begin{cases} k = 1.0 & \text{si } T \leq 0.50 \text{ seg} \\ k = 1 + \left(\frac{T - 0.5}{2}\right) & \text{si } 0.5 \text{seg} < T \leq 2.5 \text{seg} \\ k = 2.0 & \text{si } T > 2.50 \text{ seg} \end{cases}$					
k x-x=			1.0		
Cs x-x=			<b>0.123750</b>		
k y-y=			1		
Cs y-y=			<b>0.123750</b>		

Fuente Autor, 2022

Los valores de coeficiente en la base para sentido X y para sentido Y es de 0.123750, valor que se procede a modificar en modelo realizado.

**Tabla 14**

Valores de coeficiente en la base, asignados en modelo, Sentido X.

The screenshot shows a software interface with two main panels. The top panel, titled 'Loads', contains a table with columns for 'Load', 'Type', 'Self Weight Multiplier', and 'Auto Lateral Load'. The 'CSx-x' load is highlighted in blue. To the right of this table are buttons for 'Add New Load', 'Modify Load', 'Modify Lateral Load...', and 'Delete Load', along with 'OK' and 'Cancel' buttons.

The bottom panel, titled 'Direction and Eccentricity', has several sections:
 

- Direction and Eccentricity:** Checkboxes for 'X Dir', 'Y Dir', 'X Dir + Eccentricity', 'Y Dir + Eccentricity', 'X Dir - Eccentricity', and 'Y Dir - Eccentricity'. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0.05.
- Factors:** A red box highlights the 'Base Shear Coefficient, C' set to 0.12375. Below it, 'Building Height Exp., K' is set to 1.
- Story Range:** 'Top Story' is set to 'Story3' and 'Bottom Story' is set to 'Base'.

 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom of this panel.

Fuente Autor, 2022

**Tabla 15**  
Valores de coeficiente en la base, asignados en modelo, Sentido Y.

Fuente Autor, 2022

#### 4.8.8.3 Calibración del análisis modal

De la norma AGIES NSE 3 (Diseño estructural de edificaciones), (c) cuando la estructura no tenga irregularidades en planta ni irregularidades en elevación, entonces se podrá calibrar con:

Ecuación 9

$$VDx = 0.85 * VEx$$

Ecuación 10

$$VDy = 0.85 * VEy$$

Se extraen los datos del modelo en programa de elementos finitos (Sap 2,000), reacciones en la base, para el análisis modal espectral en X y en Y (AMEx-x, AME y-y) y para los análisis estáticos en X y en Y (CSx-x, CSy-y).

**Tabla 16**  
Valores de AMEx-x, AME y-y, CSx-x, CSy-y (Kg).

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-m	MY kgf-m	MZ kgf-m
AMEx-x	LinRespSpec	Max		78239.38	14781.06	0	84192.37	313719.54	397947.65
AMEy-y	LinRespSpec	Max		14781.06	78985.22	0	299258.42	103116.25	531177.75
CSx-x	LinStatic	Step By Step	1	-119753.25	0	0	0	-777535.82	580160.36
CSx-x	LinStatic	Step By Step	2	-119753.25	0	0	0	-777535.82	607625.3
CSx-x	LinStatic	Step By Step	3	-119753.25	0	0	0	-777535.82	552695.43
CSy-y	LinStatic	Step By Step	1	0	-119753.25	0	777535.82	0	-649597.09
CSy-y	LinStatic	Step By Step	2	0	-119753.25	0	777535.82	0	-688609.79
CSy-y	LinStatic	Step By Step	3	0	-119753.25	0	777535.82	0	-610584.4
1.4M	Combination			123320.26	-147984.31	2087546.16	10814752.09	-11047886.9	-1416333.19
1.2M+1.6V	Combination			105703.08	-126843.7	1833325.28	9463387.51	-9744617.34	-1213999.87
1.2M+V	Combination			105703.08	-126843.7	1816825.28	9390787.51	-9641492.34	-1213999.87
1.2M+V+1AM...	Combination	Max		188376.78	-88367.07	1816825.28	9564757.4	-9296837.92	-656698.9
1.2M+V+1AM...	Combination	Min		23029.38	-165320.32	1816825.28	9216817.61	-9986146.76	-1771300.84
1.2M+V+1AM...	Combination	Max		188376.78	-88367.07	1816825.28	9564757.4	-9296837.92	-656698.9
1.2M+V+1AM...	Combination	Min		23029.38	-165320.32	1816825.28	9216817.61	-9986146.76	-1771300.84

Fuente Autor, 2022

Con los datos obtenidos se procede a buscar los factores para calibración de modelo.

**Tabla 17**

*Calibración de análisis modal*

CALIBRACIÓN DE ANALISIS MODAL			
Vb AMEx (Vi):	78239.38		Vb AMEy (Vi): 78985.22
Vb CSx (Ve):	119753.25		Vb CSy (Ve): 119753.25
VDx:	101790.26	88234.918	VDy: 101790.26
Factor de corrección de diseño (AMEx):	1.30101060		Factor de corrección de diseño (AMEy): 1.28872544
Factor de corrección diseño (CSx):	0.85		Factor de corrección diseño (CSy): 0.85

*Fuente Autor, 2022*

Con los datos obtenidos se procede a modificar el factor del modelo del programa de elementos finitos (SAP 2,000) realizado y se obtienen los nuevos cortes en la base.

**Tabla 18**

*Resultados de calibración de análisis modal.*

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-m	MY kgf-m	MZ kgf-m
AMEx-x	LinRespSpec	Max		101790.26	19230.32	0	109535.17	408152.45	517734.11
AMEy-y	LinRespSpec	Max		19048.73	101790.26	0	385661.94	132888.54	684542.27
CSx-x	LinStatic	Step By Step	1	-119753.25	0	0	0	-777535.82	580160.36
CSx-x	LinStatic	Step By Step	2	-119753.25	0	0	0	-777535.82	607625.3
CSx-x	LinStatic	Step By Step	3	-119753.25	0	0	0	-777535.82	552695.43
CSy-y	LinStatic	Step By Step	1	0	-119753.25	0	777535.82	0	-649597.09
CSy-y	LinStatic	Step By Step	2	0	-119753.25	0	777535.82	0	-688609.79
CSy-y	LinStatic	Step By Step	3	0	-119753.25	0	777535.82	0	-610584.4
1.4M	Combination			123320.26	-147984.31	2087546.16	10814752.09	-11047886.9	-1416333.19
1.2M+1.6V	Combination			105703.08	-126843.7	1833325.28	9463387.51	-9744617.34	-1213999.87
1.2M+V	Combination			105703.08	-126843.7	1816825.28	9390787.51	-9641492.34	-1213999.87
1.2M+V+1AM...	Combination	Max		213207.96	-77076.3	1816825.28	9616021.25	-9193473.33	-490903.09
1.2M+V+1AM...	Combination	Min		-1801.8	-176611.09	1816825.28	9165553.76	-10089511.36	-1937096.66
1.2M+V+1AM...	Combination	Max		213207.96	-77076.3	1816825.28	9616021.25	-9193473.33	-490903.09
1.2M+V+1AM...	Combination	Min		-1801.8	-176611.09	1816825.28	9165553.76	-10089511.36	-1937096.66

*Fuente: El autor*

Se puede ver en la tabla anterior que el AMEx-x es igual al AMEy-y (101790.26 Kg)

#### **4.8.8.4 Cálculos de desplazamientos máximos y derivas de entrepiso**

Las derivas últimas  $\Delta u$  máximas tolerables son:

**Tabla 19**  
*derivadas últimas Δu máximas tolerables*

Estructura	Clasificación de obra		
	Categoría II	Categoría III	Categoría IV
Edificaciones NSE 7.4	0.007h <sub>p</sub>	0.007h <sub>p</sub>	0.007h <sub>p</sub>
Edificaciones NSE 7.9	0.010h <sub>p</sub>	0.010h <sub>p</sub>	0.010h <sub>p</sub>
Edificaciones en general	0.020h <sub>p</sub>	0.020h <sub>p</sub>	0.015h <sub>p</sub>

h<sub>p</sub> es la altura del piso para el que se calcula la deriva.<sup>[1]</sup>

Fuente: AGIES NSE 3 Diseño estructural de edificaciones 2020, 2022

Se Extrae del modelo las derivadas máximas para el AMEx-x y AMEy-y para los niveles de referencia indicados.

**Tabla 20**  
*Niveles de referencia para cálculos de derivadas.*

Referencia	Nivel	H (cm)
Story 2	0+Losa de Reac	295
Story 3	0+ Final de muro	740

Fuente: El autor 2,022

**Tabla 21**  
*Derivas máximas para AMEx-x Story 2.*

	Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Ux cm
▶	Story2	3	31	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	4	32	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	6	33	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	8	34	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	10	35	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	12	36	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	14	37	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	16	38	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	17	130	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	18	140	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	19	13	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	20	15	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	21	17	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	22	19	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	23	21	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006
	Story2	24	23	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0006

Fuente: El autor 2,022

**Tabla 22**  
Derivas máximas para AMEx-x Story 3.

	Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Ux cm
▶	Story3	417	3289	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0123
	Story3	419	3304	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0114
	Story3	34	136	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0105
	Story3	322	3229	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0095
	Story3	324	3244	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0085
	Story3	326	3259	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0075
	Story3	26	139	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0064
	Story3	211	3184	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0054
	Story3	213	3199	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0045
	Story3	215	3214	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0038
	Story3	18	141	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0032
	Story3	216	2508	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0031
	Story3	24	24	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.003
	Story3	221	2523	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.003
	Story3	316	2833	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.003
	Story3	226	2538	AMEx-x	LinRespSpec	Max	0.0029

Fuente: El autor 2,022

**Tabla 23**  
Derivas máximas para AMEy-y Story 2.

	Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Uy cm
▶	Story2	16	38	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	24	23	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	32	50	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	40	44	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	48	30	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	56	11	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	201	275	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	202	276	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	203	277	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	204	278	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	205	279	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	206	280	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	207	281	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	208	282	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	312	386	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021
	Story2	313	387	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0021

Fuente: El autor 2,022



**Tabla 24**  
Derivas máximas para AMEy-y Story 3.

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Uy cm
Story3	24	24	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0436
Story3	316	2833	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0427
Story3	311	2818	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0418
Story3	306	2803	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0408
Story3	23	22	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0398
Story3	298	2774	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0386
Story3	293	2759	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0374
Story3	288	2744	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0361
Story3	22	20	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0347
Story3	280	2715	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0332
Story3	275	2700	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0316
Story3	270	2685	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.03
Story3	21	18	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0282
Story3	262	2656	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0265
Story3	257	2641	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0246
Story3	252	2626	AMEy-y	LinRespSpec	Max	0.0228

Fuente: El autor 2,022

Con los datos anteriores se calcula el % de utilización de la deriva y se concluye que por la rigidez del muro las deformaciones que se presentan en el modelo son mínimas. A continuación, se presenta tabla con los cálculos realizados.

**Tabla 25**  
Cálculo de desplazamientos máximos y derivas de entrepiso.

CÁLCULO DE DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS Y DERIVAS DE ENTREPISO									
	Cd=	5	NSE 3 Tabla 1.6.14-1			δc: desplazamiento horizontal al límite de cedencia corregido δu: desplazamiento último.			
ANÁLISIS EN DIRECCIÓN X									
Nivel	H (cm)	hp (cm)	δc: (cm) absoluta	δc: (cm) relativa	δu: (cm)	δu	Límite NSE 3, Tabla 4.3.3	Estado	% utilización
0+ Losa de Reac	295	295	0.0006	0.0006	0.003000	0.000010	0.02	OK	0.001
0+ Final de muro	740	445	0.0123	0.0117	0.058500	0.000131	0.02	OK	0.007
ANÁLISIS EN DIRECCIÓN Y									
Nivel	H (cm)	hp (cm)	δc: (cm) absoluta	δc: (cm) relativa	δu: (cm)	δu	Límite NSE 3, Tabla 4.3.3	Estado	% utilización
0+ Losa de Reac	295	295	0.0021	0.0021	0.0105	0.000036	0.02	OK	0.002
0+ Final de muro	740	445	0.0436	0.0415	0.2075	0.000466	0.02	OK	0.023

Fuente: El autor 2,022

Con el chequeo de derivas permitidas, se finaliza la etapa del análisis estructural del muro de reacción y se procede al diseño estructural.

## **4.9 Diseño estructural**

### **4.9.1 Introducción**

Luego de realizar las acciones que se van a ejercer en el muro de reacción, el siguiente paso es la realización del diseño de acuerdo con la normativa existente; por esta razón se inicia por dar una semblanza de los actuales reglamentos y normatividad que se eligió para el diseño estructural.

### **4.9.2 Normatividad**

La construcción del muro de reacción se basó principalmente en las normativas existentes en la región, así como los reglamentos de construcción vigentes para el diseño por flexión que es el principal esfuerzo por contrarrestar, por lo que se utilizó como apoyo el ACI (American Concrete Institute).

Lo anterior aplica a las disposiciones generales de construcción de estructuras de concreto de alta resistencia reforzado, colado en sitio; asimismo con el uso de las normas técnicas complementarias acerca de los criterios de diseño estructural. Por otro lado, el uso de normatividad representa, en todos los aspectos del diseño estructural, revisar los estados de servicio de la estructura del muro de reacción y a su vez conocer las posibles deformaciones que otorgarán a la estructura el funcionamiento en condiciones de servicio satisfactorio.

El diseño mediante reglamentos de construcción y normas complementarios tiene su fundamento en los límites de servicio y la durabilidad de la estructura con la finalidad de diseñar una estructura cien por ciento operativa, de acuerdo con las necesidades propias de la División de Ciencias de la Ingeniería del Centro Universitario de Occidente de Quetzaltenango CUNOC. Para tales efectos se consideró la siguiente normatividad:

- Normas AGIES (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica), Normas de Seguridad Estructural para Guatemala 2018
- El manual del Instituto Americano del Concreto ACI (American Concrete Institute).

### **4.9.3 Diseño estructural de los elementos**

En el capítulo anterior se describieron los elementos y las acciones que se van a ejercer sobre estos elementos, el cual está conformado por el muro de reacción en su totalidad; así entonces se procedió a llevar a cabo el diseño estructural de cada uno de los elementos. A continuación, se

describe (en orden de importancia) la forma en que se realizó el diseño estructural de cada uno de ellos. (Ugalde C. G., 2009).

#### **4.9.4 Diseño estructural del muro de reacción en general**

Existe poca información sobre el análisis y diseño de muros de reacción que sustente una construcción segura y funcional; sin embargo, la idea original de construcción del muro fue desde un principio, que deberá soportar cargas de hasta 100 toneladas de manera lateral, por lo que se considera que es carga suficiente para probar prototipos de hasta 7 metros de altura, equivalentes a una casa habitación de dos pisos, lo que indica que en la superficie de apoyo (losa de reacción) deberá soportar cargas similares.

Para el diseño estructural se utilizó el reglamento vigente a nivel nacional y el código ACI (American Concrete Institute), para lo cual se compararon los resultados generados, utilizando el software SAP 2000. Para finalizar los análisis se hizo una combinación de las cantidades de acero, tomando en consideración lo indicado por el reglamento local; pero no se olvidó que se trata de la construcción de una estructura de concreto masivo, en donde, por las condiciones de terreno se recomienda hacer la cimentación a los niveles descritos seguidamente o realizar una mejora en el suelo para obtener esas características de resistencia.

De 4.00 a 5.00 m de profundidad son suelo medio denso con una resistencia equivalente a 19.11 Ton/mts<sup>2</sup>, siendo esta una capacidad de suelo media, lo cual no presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El tipo de suelo que presenta es ML limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.

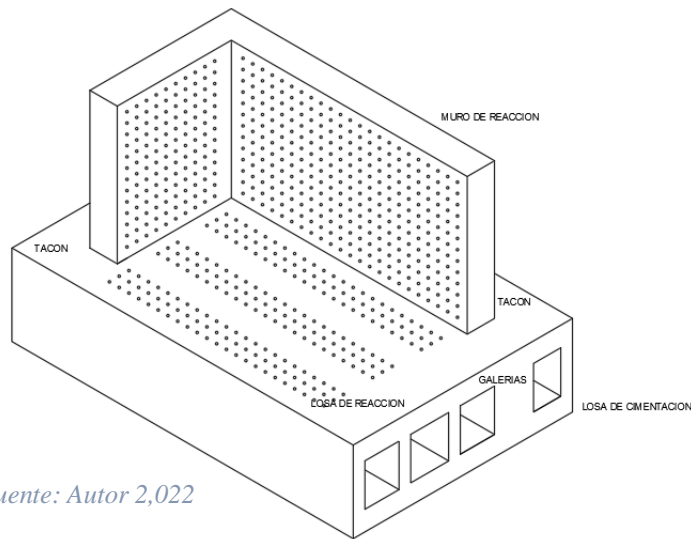
De 5.00 a 5.50 m de profundidad es un suelo muy denso con una resistencia equivalente a 63.70 Ton/mts<sup>2</sup>, siendo esta una capacidad de suelo muy alta, lo cual no presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El tipo de suelo que presenta es SM son arenas limosas, mezclas de arena y limo. Por lo que se determinó que se debe mejorar el suelo para que dominen los armados por temperatura en la cimentación de muro.

Los tipos de sistemas que se podrán someter a pruebas en el muro de reacción son realmente ilimitados en términos de su función estructural y de su capacidad de carga. Lo anterior, siempre y cuando queden alojados dentro de la estructura; a manera de ejemplo se dice que se podrán ensayar elementos estructurales típicos de una vivienda como lo son: columnas, vigas, muros de cortante y losas, zapatas e incluso pilotes cortos, así como estructura de puentes o edificios.

Para el diseño estructural del muro de reacción se dividió la estructura en cuatro diferentes partes, que son:

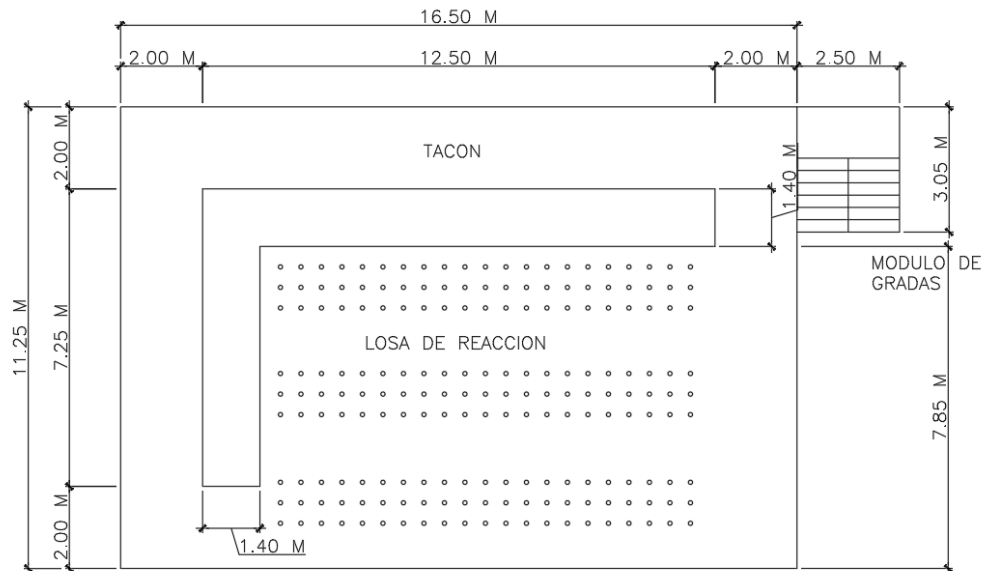
- Muro vertical de reacción y de trabajo, sección tipo cajón.
- Losa de reacción.
- Losa de cimentación.
- Muros de cortante del muro de reacción y entrepaños.

*Ilustración 69. Isométrico de muro de reacción*



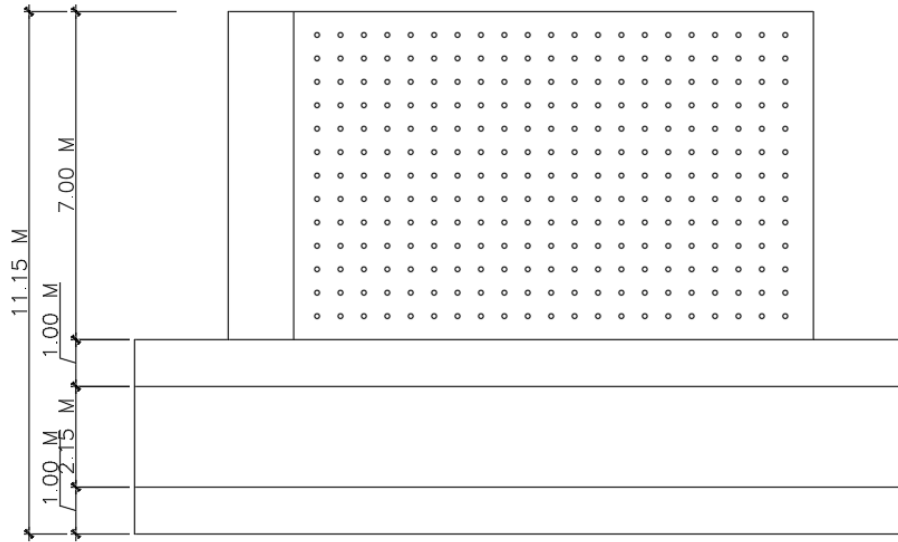
*Fuente: Autor 2,022*

*Ilustración 70. Planta de muro de reacción*



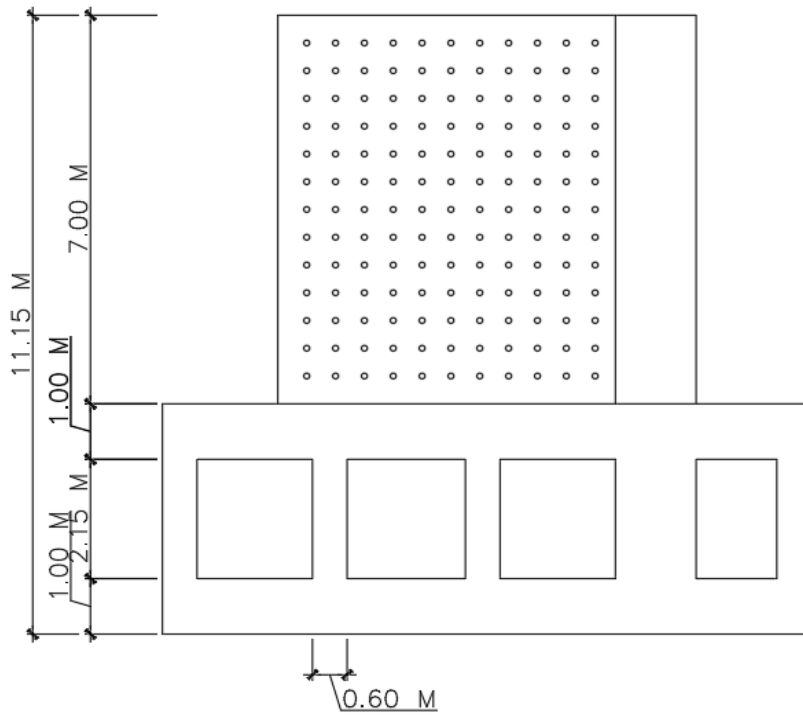
*Fuente: El autor 2,022*

Ilustración 71. Elevación de muro de reacción



Fuente: El autor 2,022

Ilustración 72. Perfil de muro de reacción



Fuente: El autor 2,022

#### 4.9.4.1 Muro vertical de reacción y de trabajo, sección tipo cajón

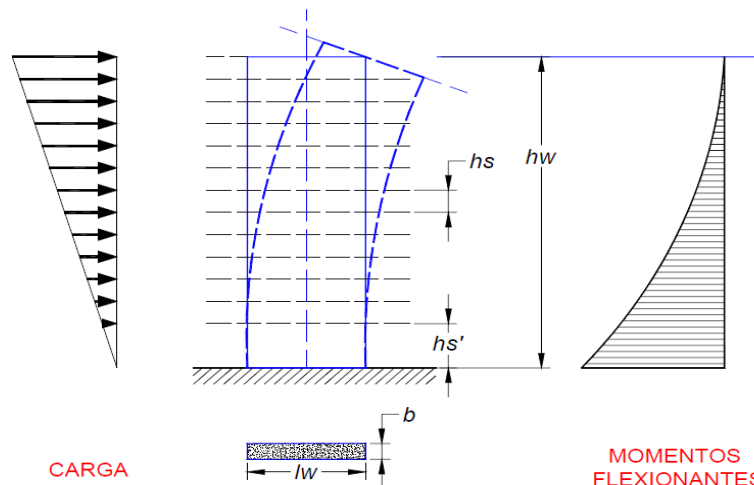
Uno de los principales elementos estructurales a considerar para la construcción del muro de reacción es específicamente el muro vertical, en donde se anclan, a través de los agujeros los pasantes el actuador encargado de aplicar las cargas o fuerzas horizontales, a las que son sometidos los modelos de ensayo, por medio de actuadores hidráulicos.

Se sabe que, para edificios de niveles múltiples, los muros de cortante se habilitan en posiciones ventajosas dentro de la construcción y son muy eficientes para resistir cargas laterales producidas por el viento o sismos (para el presente caso, las cargas serán inducidas de manera controlada). Este tipo de muros recibe cargas extraordinarias resultados de la composición estructural del edificio en general y son construidos a base de concreto reforzado en su interior con varilla tradicional o de alta resistencia. El espesor de los muros variará de acuerdo con el tipo de edificio a construir, así como de la compleja modelación estructural en conjunto para el inmueble en general.

La atención principal para los muros verticales de la estructura será la composición misma del muro tipo viga “I”, o de sección cajón vertical, que fueron diseñados para absorber la energía disipada por los actuadores que dictarán la respuesta sísmica aplicada a los modelos estructurales.

Específicamente el muro de reacción fue diseñado con muros altos de sección transversal rectangular y es razonable esperar que un muro de cortante en voladizo se comporte esencialmente de la misma manera que una viga de concreto reforzado. Lo anterior indica que actúan como diafragmas horizontales que dan apoyo lateral. La siguiente figura ilustra el comentario anterior:

Ilustración 73. Muro de cortante en voladizo



Fuente: Guerrero Ugalde, Carlos. (2009, 2022) Reproducida de Facultad de Ingeniería, Diseño Arquitectónico del Laboratorio de Estructuras y Diseño Estructural del Muro de Reacción de la Facultad de Ingeniería U.A.Q. México

Por lo tanto, el muro de cortante que actúa como voladizo grande estará sujeto a momentos flexionantes y fuerzas cortantes que se originen principalmente en las cargas laterales y a compresión axial provocada por la gravedad misma (peso propio del muro de concreto).

El diseño del muro de reacción se realizó con un sistema postensado, para lograr una mejoría en el comportamiento bajo la carga de servicio y así poder tener el control del agrietamiento y la deflexión dentro de los límites aceptables. De esta manera se pueden utilizar materiales de alta resistencia, donde se puede reducir las secciones de los elementos estructurales, logrando una eficiencia en la utilización del concreto y se puede llevar el acero de refuerzo a cantidades mínimas, lo cual hace que la estructura sea menos pesada y se disminuyan los efectos producidos por sismo.

A continuación, se realiza el chequeo de esfuerzos en el muro vertical. (NAWY, 2009) (ACI, 2019)

**Tabla 26**  
Datos.

DATOS:		
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
$C_d$ =	170.1	Toneladas.
L=	7	m
$C_d+C_l$ =	170350	Kg/m
$f_{pu}$ =	18600	Kg/cm <sup>2</sup>
$E_p$ =	1.96X10 <sup>6</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
$f'_c$ =	420	Kg/cm <sup>2</sup>
$f'_{ci}$ =	378	Kg/cm <sup>2</sup>
Perdidas=	0.2	%
R=	0.8	
$C_l$ =	250	Kg/m

Fuente: El autor 2,022

**Tabla 27**  
Propiedades geométricas.

PROPIEDADES GEOMETRICAS		
$A_c$ =	14000	cm <sup>2</sup>
I =	22866666.67	cm <sup>4</sup>
$C_b = C_2$ =	70.00	cm
h=	140	cm
b1=	100	cm
b2=	100	cm
C1=	70.00	cm
$r^2$ =	1633.33	cm <sup>2</sup>
<b>S1 =</b>	<b>326666.67</b>	<b>cm<sup>3</sup>.</b>
<b>S2 =</b>	<b>326666.67</b>	<b>cm<sup>3</sup>.</b>

Fuente: El autor 2,022

**Tabla 28**  
Cálculo de esfuerzos permisibles

<b>Calculo de Esfuerzos Permisibles.</b>		
<b>Excentricidad Variable</b>		
$f_{ci} =$	-226.8	Kg/cm <sup>2</sup>
$f_{ti} =$	15.55	Kg/cm <sup>2</sup>
$f_{cs} =$	-189.00	Kg/cm <sup>2</sup>
$f_{ts} =$	32.79	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: El autor 2,022

Para el cálculo del momento flexionante se consideró una viga empotrada en el extremo, con la carga aplicada al centro de la viga.

Ecuación 11 
$$M_o = \frac{P \cdot L}{2}$$

**Tabla 29**  
Cálculo de momento del peso propio del muro

<b>Calculo de Momento del peso propio del Muro</b>		
$W_c =$	2400	kg/m <sup>3</sup>
$p =$	3360	kg/m
$M_o =$	11760	Kg-m
<b><math>M_o =</math></b>	<b>1176000</b>	<b>Kg-cm</b>

Fuente: El autor 2,022

**Tabla 30**  
Cálculo de momento de la carga sobrepuesta

<b>Calculo de Momento de la Carga Sobrepuesta</b>		
$C_d + C_l = p =$	170350	kg/m
$M_{csd} =$	596225	Kg-m
$M_{csd} =$	<b>59622500</b>	<b>Kg-cm</b>

Fuente: El autor 2,022

**Tabla 31**  
Momento total del peso propio ( $M_o + M_{csd}$ )

<b>Momento Total del Peso Propio (<math>M_o + M_{csd}</math>)</b>		
$M_t =$	60798500	Kg-cm

Fuente: El autor 2,022



Con el momento total del peso propio del muro de reacción se procedió a determinar los módulos de sección con las siguientes fórmulas, los cuales chequearon:

Ecuación 12 
$$S2 \geq \frac{(1-R)*Mo+Md+Ml}{fts-R*fc_i}$$

Ecuación 13 
$$S1 \geq \frac{(1-R)*Mo+Md+Ml}{R*ft_i - fc_i}$$

**Tabla 32**  
*Módulos de sección requeridos*

<b>Modulos de Sección Requeridos</b>		
S1=	297144.57	cm <sup>3</sup> .
S2=	279408.26	cm <sup>3</sup> .

Fuente: El autor 2,022

**Tabla 33**  
*Chequeo de módulo de sección*

<b>CHEQUEO DE MODULO DE SECCIÓN</b>	
Si S <sub>1</sub> Req < S <sub>1</sub> Seccion =	<b>VERDADERO</b>
Si S <sub>2</sub> Req < S <sub>2</sub> Seccion =	<b>VERDADERO</b>

Fuente: El autor 2,022

Se calcula el esfuerzo en el centroide del concreto

Ecuación 14 
$$fcc_i = fit - \frac{c1}{h}(ft_i - fc_i)$$

**Tabla 34**  
*Esfuerzo en el centroide del concreto*

<b>Esfuerzo en el centroide del concreto</b>		
f <sub>cci</sub> =	-105.623	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: El autor 2,022

Se calcula la fuerza pretensora inicial  $P_i$

Ecuación 15

$$P_i = A_c * f_{cci}$$

**Tabla 35**  
Fuerza pretensora inicial

Fuerza Pretensora Inicial $P_i$		
$A_c =$	14000	cm <sup>2</sup>
$P_i =$	<b>1478723.56</b>	<b>Kg</b>

Fuente: El autor 2,022

Se calcula la excentricidad.

Ecuación 16

$$e = (f_{ti} - f_{cci}) \frac{S_1}{P_i} + \frac{M_o}{P_i}$$

**Tabla 36**  
Cálculo de excentricidad

Calculo de Excentricidad		
$e =$	<b>27.56</b>	<b>cm</b>

Fuente: El autor 2,022

Se calcula la fuerza efectiva.

Ecuación 17

$$P_e = R * P_i$$

**Tabla 37**  
Fuerza efectiva

Fuerza Efectiva		
$R =$	0.8	
$P_e =$	<b>1182978.85</b>	<b>Kg</b>

Fuente: El autor 2,022

Con los datos obtenidos, se pueden revisar los esfuerzos del muro, considerando la sección de viga como una viga tipo AASHTO TIPO III.

**Tabla 38**

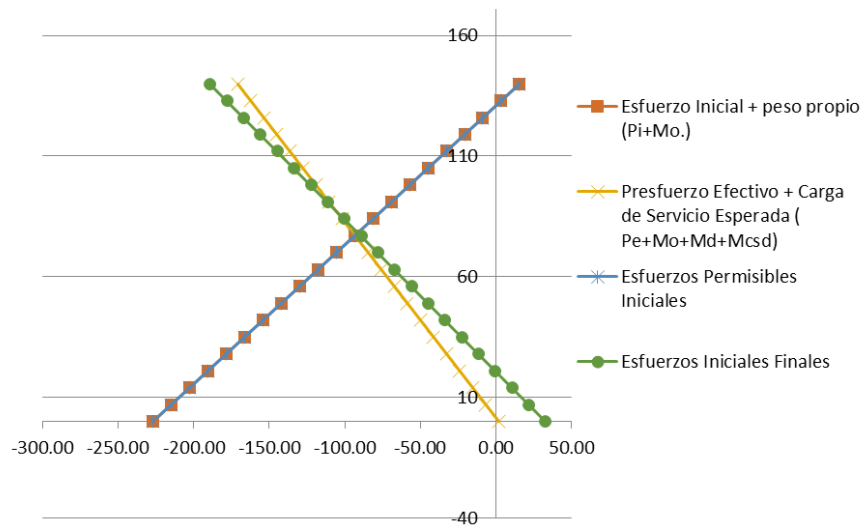
Revisión de esfuerzos considerando la sección como viga AASHTO TIPO III,

<b>REVISION DE ESFUERZOS CONSIDERANDO LA SECCION COMO VIGA AASHTO TIPO III</b>					
Fibra Extrema Superior			Fibra Extrema Inferior		
h=	140	cm	h=	0	cm
Para Condición Inicial Solo ( Pi )					
Fibra Extrema Superior			Fibra Extrema Inferior		
f <sub>1</sub> =	19.15	Kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>2</sub> =	-230.40	Kg/cm <sup>2</sup>
Para Presfuerzo Inicial + Peso Propio ( Pi+Mo )					
Fibra Extrema Superior			Fibra Extrema Inferior		
f <sub>1,2</sub> =	15.55	Kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>2,2</sub> =	-226.80	Kg/cm <sup>2</sup>
	<b>32.79</b>	<b>Ok</b>		<b>-226.80</b>	<b>Ok</b>
$f^t = -\frac{P_e}{A_c} \left( 1 - \frac{e_c c_t}{r^2} \right) - \frac{M_D + M_{SD}}{S^t}$			$f_b = -\frac{P_e}{A_c} \left( 1 + \frac{e_c c_b}{r^2} \right) + \frac{M_D + M_{SD}}{S_b}$		
Para Presfuerzo Efectivo + Peso Propio ( Pe+Mo+Md)					
Fibra Extrema Superior			Fibra Extrema Inferior		
f <sub>1,3</sub> =	11.72	Kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>2,3</sub> =	-180.72	Kg/cm <sup>2</sup>
	<b>-189.00</b>	<b>Ok</b>		<b>-189.00</b>	<b>Ok</b>
$f^t = -\frac{P_e}{A_c} \left( 1 - \frac{e_c c_t}{r^2} \right) - \frac{M_D + M_{SD}}{S^t} - \frac{M_{CSD} + M_L}{S_c^t}$					
Para Presfuerzo Efectivo + Carga de Servicio Esperada ( Pe+Mo+Md+M <sub>CSD</sub> )					
Fibra Extrema Superior			Fibra Extrema Inferior		
f <sub>1,4</sub> =	-170.79	Kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>2,4</sub> =	1.80	Kg/cm <sup>2</sup>
	<b>-189.00</b>	<b>Ok</b>		<b>32.79</b>	<b>Ok</b>

Fuente: El autor 2,022

Gráficamente se tiene:

Ilustración 74. Gráfica de esfuerzos en muro vertical de reacción



Fuente: El autor 2022

Se calcula la fuerza que soportan los esfuerzos admisibles.

**Tabla 39**

*Momento de servicio para esfuerzos admisibles*

Carga puntual en el extremo $M_B=$	1190.7	Ton - M	Condicion + Critica
<b>Carga puntual en el centro <math>M_B=</math></b>	<b>595.35</b>	<b>Ton - M</b>	<b>Condicion a L/2</b>
Momento Debido al Peso propio =	11.76	Ton-m	
Momento Debido a carga Viva =	0.875	Ton-m	
<b>Momento de servicio =</b>	<b>607.985</b>	<b>Ton-m</b>	

*Fuente: El autor 2,022*

**Tabla 40**

*Cálculo de la fuerza P, que necesitamos para que chequee el esfuerzo admisible*

Calculo de la fuerza P, que necesitamos para que chequee el esfuerzo admisible			
32.79	-7.14286E-05	0.0001	186.12
carga p que soporta es =	984156.8142	Kg	
perdidas del 20% R =	0.8		
<b>P=</b>	<b>1230196.018</b>	<b>Kg</b>	

*Fuente: El autor 2,022*

Con la fuerza P requerida y las propiedades geométricas de la sección se chequea el esfuerzo en la fibra inferior para ver si este es excedido o no.

**Tabla 41**

*Esfuerzo en la fibra inferior del elemento en análisis*

Esfuerzo en la fibra inferior.			
	-87.87	-103.79	0.04
$f_c=$	-191.62	Kg/cm <sup>2</sup>	
$f_{ts}=$	-226.80	Kg/cm <sup>2</sup>	
<b>No Excedemos el esfuerzo por</b>	<b>-35.18</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	

*Fuente: El autor 2,022*

Como no excede el esfuerzo permisible, se procede a calcular el tensionamiento de las varillas de acero.

Tabla 42

Propuesta de varillas de acero de aleación para tensionamiento de postensado

<b>TENSIONAMIENTO</b>		
Aplicamos una fuerza al 100 % de la fuerza de tensionamiento		
P100%=	<b>1230196.018</b>	Kg
<b>Propuesta de varillas de acero de aleación para tensionamiento</b>		
Fy=	10200	Kg/cm <sup>2</sup>
fs=	7140	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Área de torones de 0.6 grado 270</b>		
At=	9.57	cm <sup>2</sup>
Cantiad de varillas =	18.00	
Cantiad de varillas =	20	de 1 3/8 " grado 145
Se toman 20 varillas de acero de aleación de 1 3/8 Plg.		
Área de varillas=	191.40	cm <sup>2</sup>
Estas 20 varillas, tensionadas al máximo esfuerzo admisible, resisten una fuerza igua a=		
P <sub>100%</sub> =	<b>1366596</b>	Kg
PVarilla=	68329.8	Kg
<b>CHEQUEA</b>		<b>90.02%</b>

Fuente: El autor 2,022

## Resumen

- a. Para el postensado se propone:
  - Refuerzo Vertical: 6 Varillas de acero de aleación de 1 3/8" Grado 145 @ 0.25 m. en ambas caras del muro. (Ver detalles en planos).
- b. Para el armado estructural del muro se propone:
  - Refuerzo vertical. 4 No. 6 @ 0.25 m. en toda la longitud del muro ambas caras. (Ver detalles en planos).
  - Refuerzo horizontal. 4 estribos tipo U No. 4 @ 0.05 m. + eslabones No. 4 @ 0.05 m. en toda la longitud del muro ambas caras.
- c. Acero de refuerzo:
  - Fy= 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> = 60,000 PSI ACERO GRADO 60 (NO SE PERMITE ACERO GRADO 40). (Ver detalles en planos).

- Varilla de acero de aleación:  $F_y = 10,200 \text{ Kg/cm}^2 = 1450,000 \text{ PSI}$  ACERO GRADO 145

d. Concreto:

- El concreto a suministrar en el muro de reacción es de:  $f'_c = 420 \text{ Kg/cm}^2 = 6,000 \text{ PSI}$  (No se permite suministrar concreto de menor resistencia).

#### ***4.9.4.2 Losa de reacción y losa de cimentación***

Como se indicó, el diseño para la losa de reacción y losa de cimentación está basado en un modelo computacional con ayuda del software Sap 2000, aplicando al mismo lo referente a la normativa nacional NSE (Normas de Seguridad Estructural) e internacional vigentes.

Se toman como base para la obtención del espectro de respuesta y datos de coeficientes de balasto el estudio geotécnico realizado, y de acuerdo con las recomendaciones de este se trabaja a una profundidad descrita a continuación.

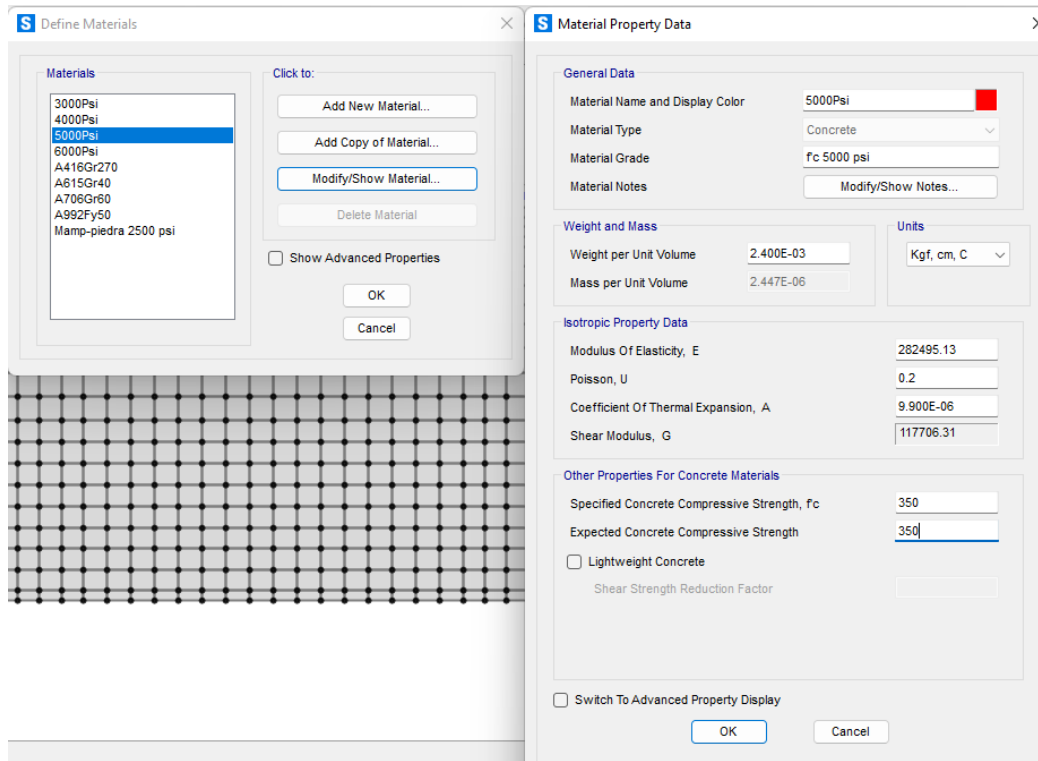
- De 4.00 a 5.00 m de profundidad suelo medio denso con una resistencia equivalente a 19.11 Ton/mts<sup>2</sup>, siendo esta una capacidad de suelo media, lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El tipo de suelo que presenta es ML: limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
- De 5.00 a 5.50 m. de profundidad, suelo muy denso con una resistencia equivalente a 63.70 Ton/mts<sup>2</sup>, siendo esta una capacidad de suelo muy alta, lo cual no presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.

Por lo que se concluye que el estrato adecuado para el emplazamiento o base de la losa de cimentación deberá ser a una profundidad de 5.00 metros. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del software y los armados correspondientes a ambas losas.

Ingreso de datos al software:

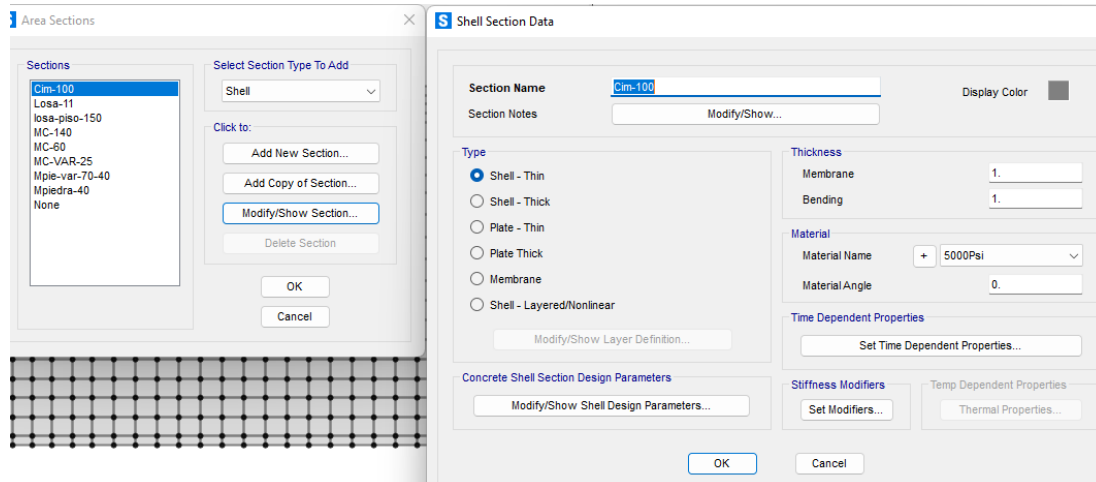
- Se define el material con una resistencia específica del concreto de  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  o su equivalente de  $f'_c = 5000 \text{ PSI}$  en el sistema inglés.
- Peso específico del concreto de 2400 kg/m<sup>3</sup>.

Ilustración 75. Ingreso resistencia de concreto



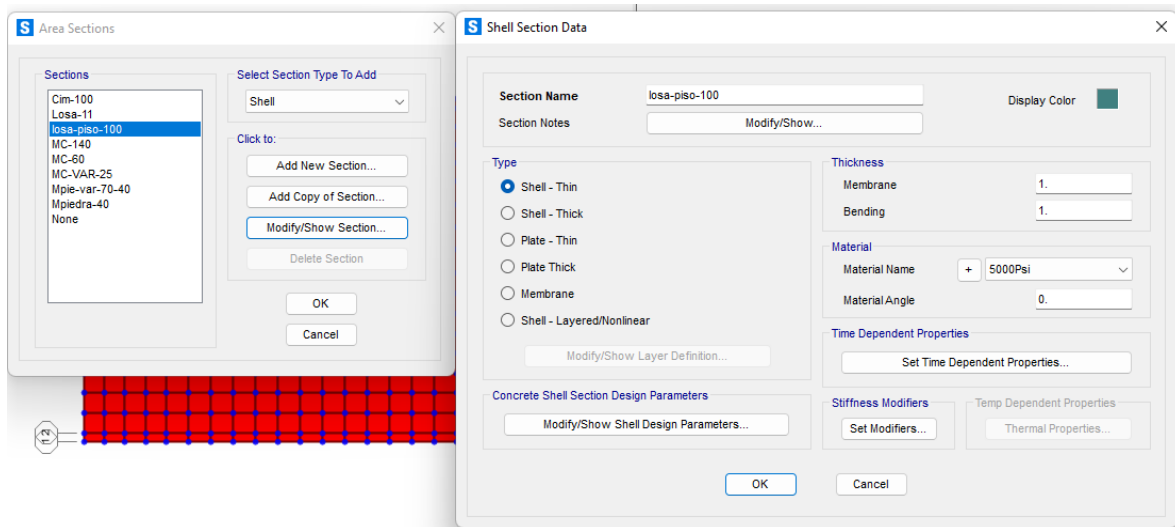
Fuente: El autor 2022

Ilustración 76. Propiedades de la losa de reacción



Fuente: El autor 2022

Ilustración 77. Propiedades de la losa de cimentación.

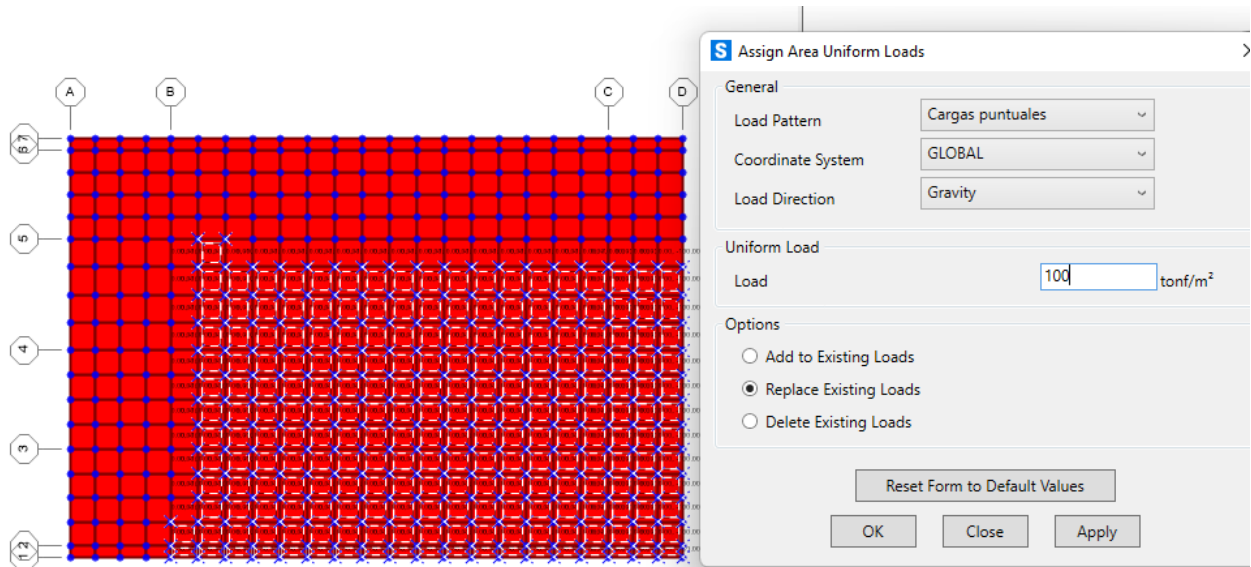


Fuente: El autor 2022

#### 4.9.4.2.1 Ingreso de carga

Se considera que la carga es de 100 ton/m<sup>2</sup>, despreciando por ser tan baja la carga de 250 kg/m<sup>2</sup> descrita anteriormente, por lo que se muestra a continuación el ingreso de cargas al software.

Ilustración 78. Ingreso de cargas vivas.



Fuente: El autor 2022



#### **4.9.4.2.2 Ingreso del módulo de balasto**

Según el estudio geotécnico dado por el Dr. Dagoberto Bautista, los datos son los siguientes. (Dr Bautista, 2021)

##### **a. SONDEO 1**

Profundidad: 4.15 metros.

Resistencia del suelo: 22.75 ton/m<sup>2</sup>, 19.11 ton/m<sup>2</sup>

Coefficiente de Balasto de 7.25 kg/cm<sup>3</sup>, 5.72 kg/cm<sup>3</sup>

De 4.00 a 5.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo medio denso con porcentajes de humedad de 34.54, 31.15 por ciento, y una resistencia de 2.28, 1.91 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a 22.75, 19.11 Ton/mts<sup>2</sup> presentando una capacidad de soporte del suelo media, lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de 37, 35 y su ángulo de reposo del material talud oscila en 63.68, 62.75. El tipo de suelo que presenta es MH: limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos. Mientras que ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. El índice de plasticidad es de 0.0, 7.0. El índice de plasticidad se encuentra bajo. El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.333.17, 1.474.50 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 990.91, 1124.29. Coeficiente de balasto es de **7.25, 5.72 Kg/cm<sup>3</sup>**. El porcentaje de CBR es de 24, 20 por ciento.

##### **b. SONDEO 2**

Profundidad: 4.15 metros.

Resistencia del suelo: 36.40 ton/m<sup>2</sup>, 32.76 ton/m<sup>2</sup>, 28.21 ton/m<sup>2</sup>

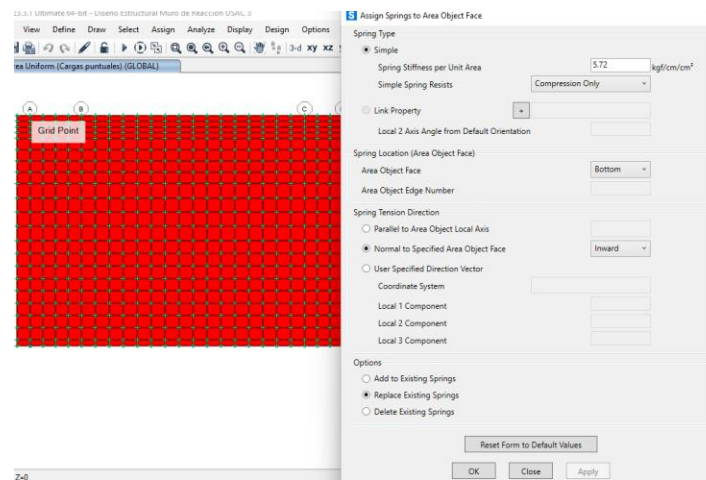
Coefficiente de Balasto de 17.75 kg/cm<sup>3</sup>

De 4.00 a 6.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo DENSO con porcentajes de humedad de 15.41, 34.78, 10.98, 39.33 por ciento, y una resistencia de 3.64, 3.64, 3.28, 2.82 kg/cm<sup>2</sup>, que equivale a 36.40, 36.40, 32.76, 28.21 Ton/mts<sup>2</sup> presentando una capacidad de soporte del suelo alta, lo cual NO presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de 43, 43, 42, 40 y su ángulo de reposo del material talud oscila en 66.64, 66.64, 65.92, 64.95. El tipo de suelo que presenta es ML: limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. Y SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.

El índice de plasticidad es de 7.0, 5.0, 0.0, 0.0. El índice de plasticidad se encuentra bajo. El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 2.179.62, 1.148.39, 1.488.03, 1.033.21 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1888.59, 852.05, 1340.81, 741.55. Coeficiente de balasto es de **17.55, 17.55, 13.80, 10.27 Kg/cm<sup>3</sup>**. El porcentaje de CBR es de 39, 39, 35, 30 por ciento.

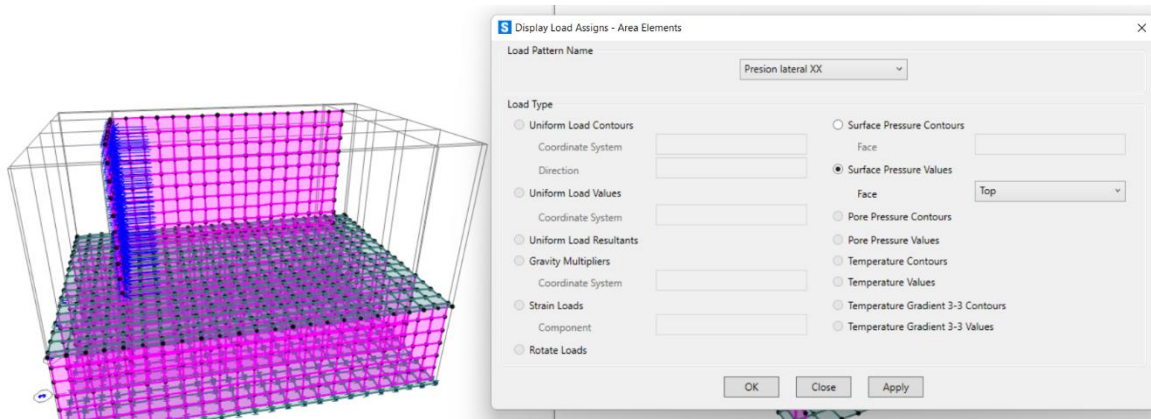
En base a ambos sondeos se muestra a continuación el valor de balasto más pequeño a fin de comprobar los resultados con el más crítico y de esta manera obtener los armados finales.

*Ilustración 79. Ingreso de balasto vertical.*



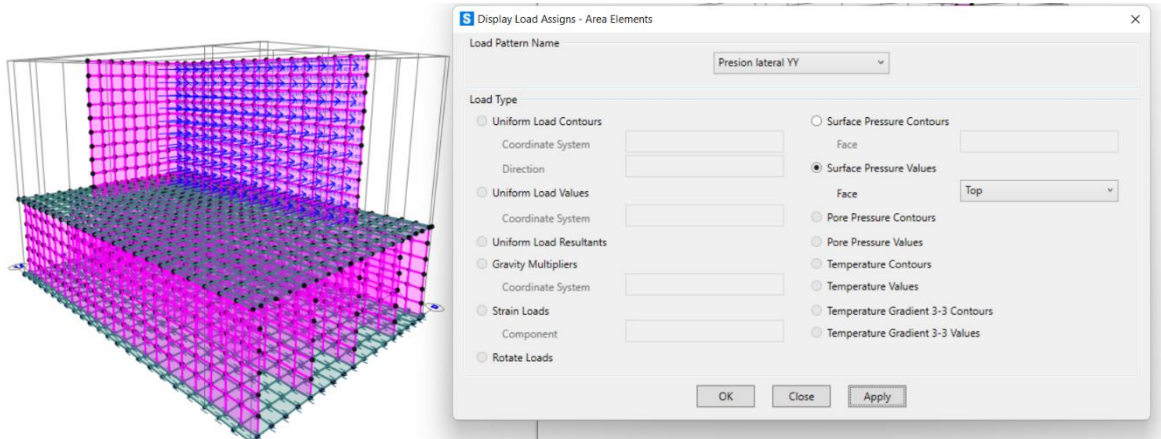
*Fuente: El autor 2022*

*Ilustración 80. Presiones laterales sentido X-X.*



*Fuente: El autor 2022*

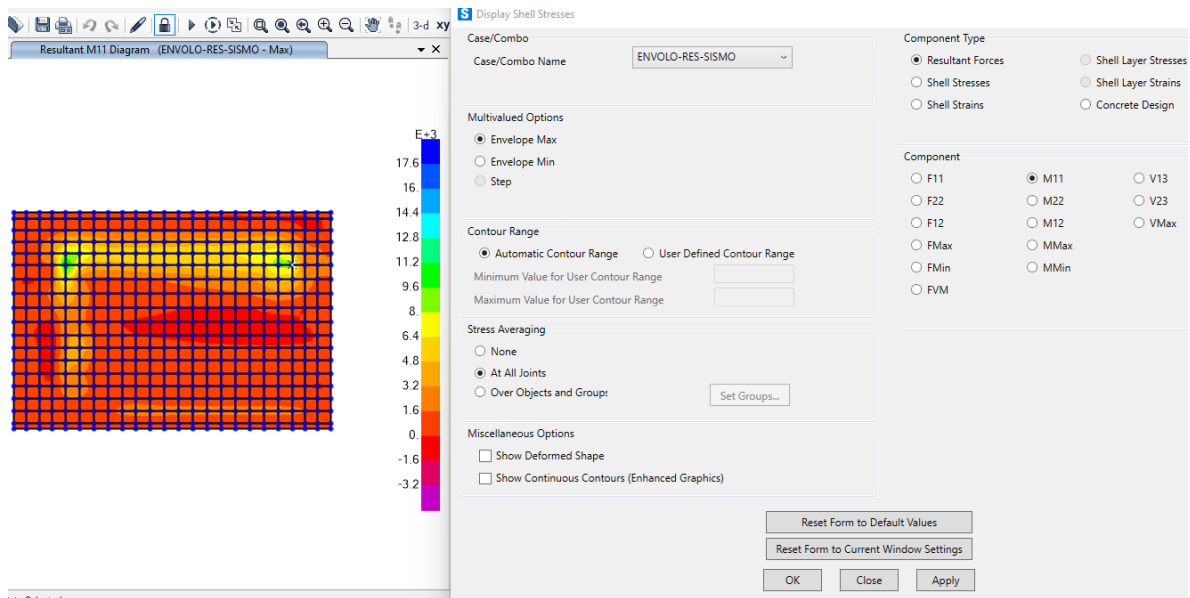
Ilustración 81. Presiones laterales sentido Y-Y.



Fuente: El autor 2022

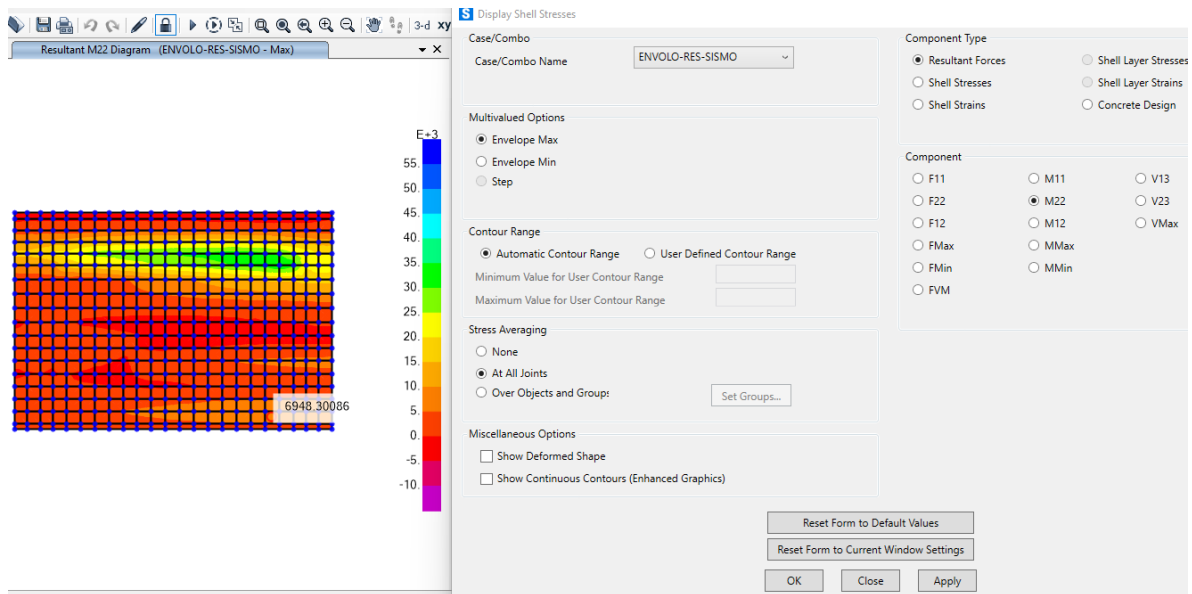
#### 4.9.4.2.3 Resultados obtenidos del software

Ilustración 82. Momentos sentido Y-Y.



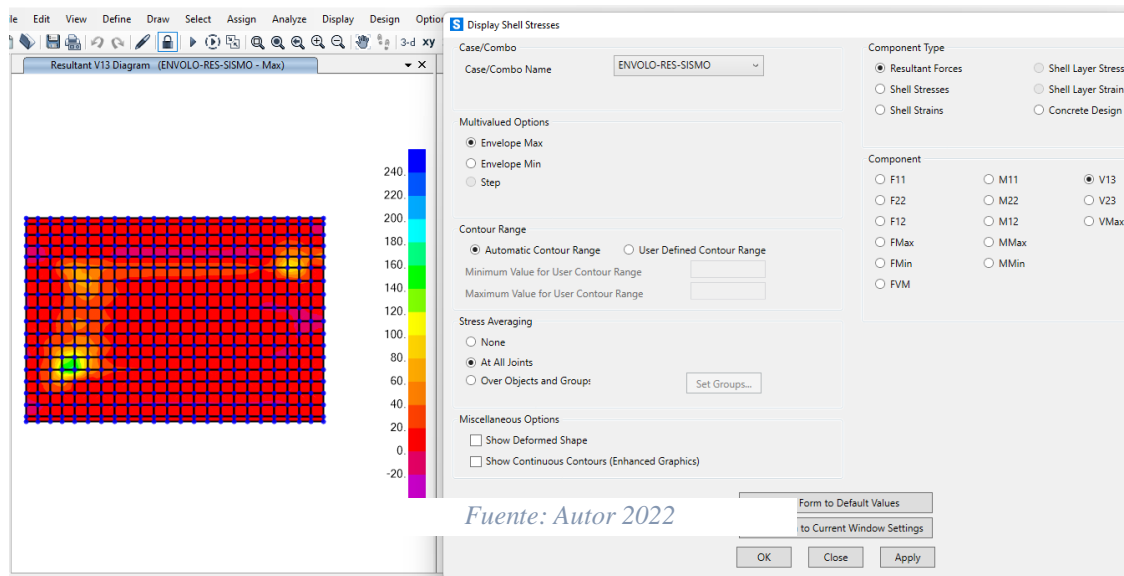
Fuente: El autor 2022

Ilustración 83. Momentos sentido X-X.



Fuente: El autor 2022

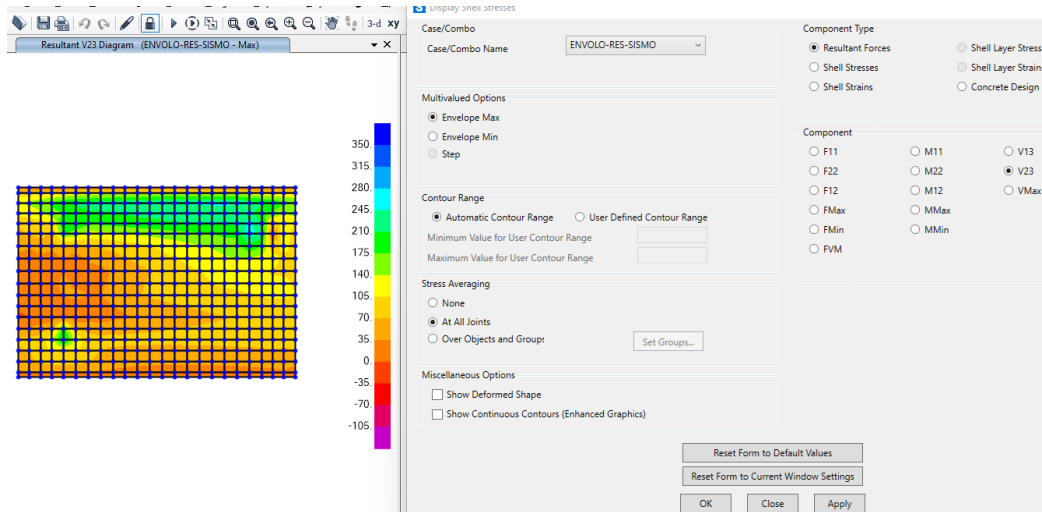
Ilustración 84. Cortante sentido 13.



Fuente: Autor 2022

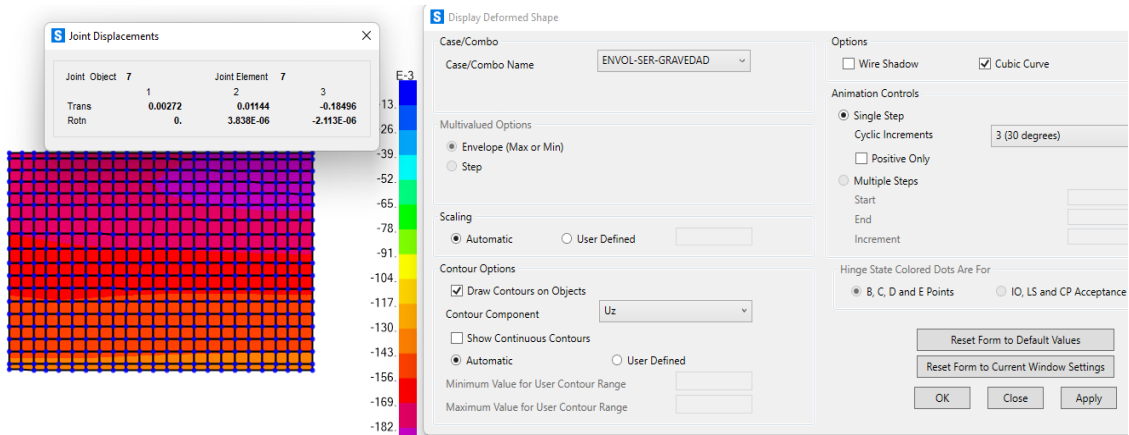
Fuente: El autor 2022

Ilustración 85. Cortante sentido XY.



Fuente: Fuente: El autor 2022

Ilustración 86. Deformación envolvente de servicio por gravedad.



Fuente: Fuente: El autor 2022

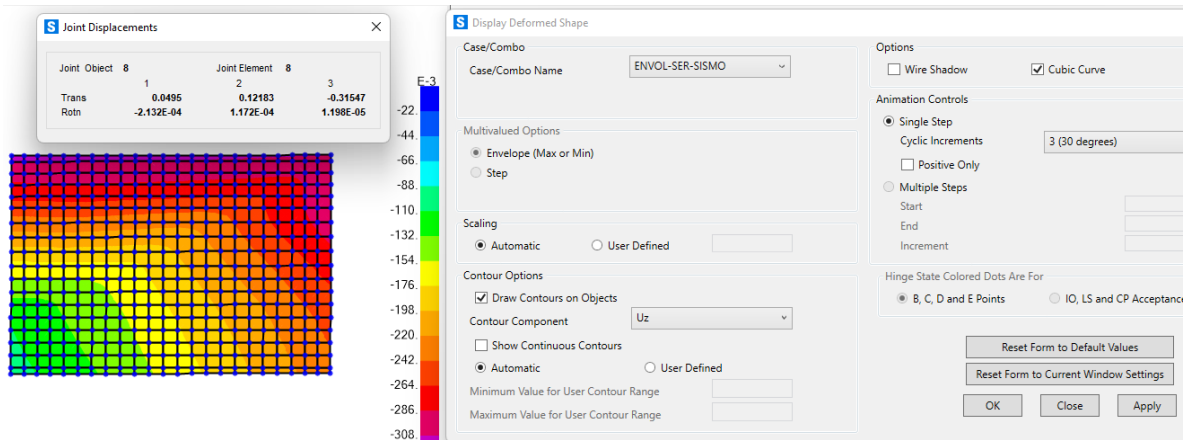
De acuerdo con el presente resultado se puede ver que el valor más crítico es de -0.1849 kg\*cm, al realizar la comprobación para el valor soporte del suelo.

### Resultado:

$$0.1849 \text{ kg*cm} * 5.72 \text{ Kg/cm}^3 = 1.05 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{10.5 \text{ ton/m}^2}$$

Resultado más bajo que el valor esperado para el sondeo 1 de 19.11 ton/m<sup>2</sup>, por lo que el espesor propuesto de 1m y las dimensiones de la cimentación son adecuados.

Ilustración 87. Deformación envolvente de servicio por sismo.



Fuente: Fuente: El autor 2022

De acuerdo con el presente resultado se puede ver que el valor más crítico es de  $-0.3154 \text{ kg/cm}^2$ , al realizar la comprobación para el valor soporte del suelo.

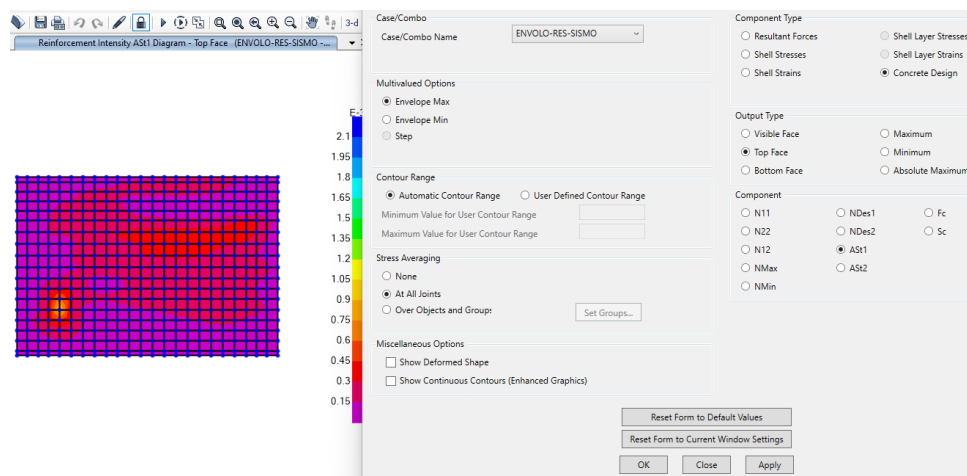
**Resultado:**

$$0.3154 \text{ K*cm}^3 * 5.72 \text{ Kg/cm}^3 = 1.81 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{18.1 \text{ ton/m}^2}$$

Resultado más bajo que el valor esperado para el sondeo 1 de  $19.11 \text{ ton/m}^2$ , por lo que el espesor propuesto de 1m y las dimensiones de la cimentación son adecuados.

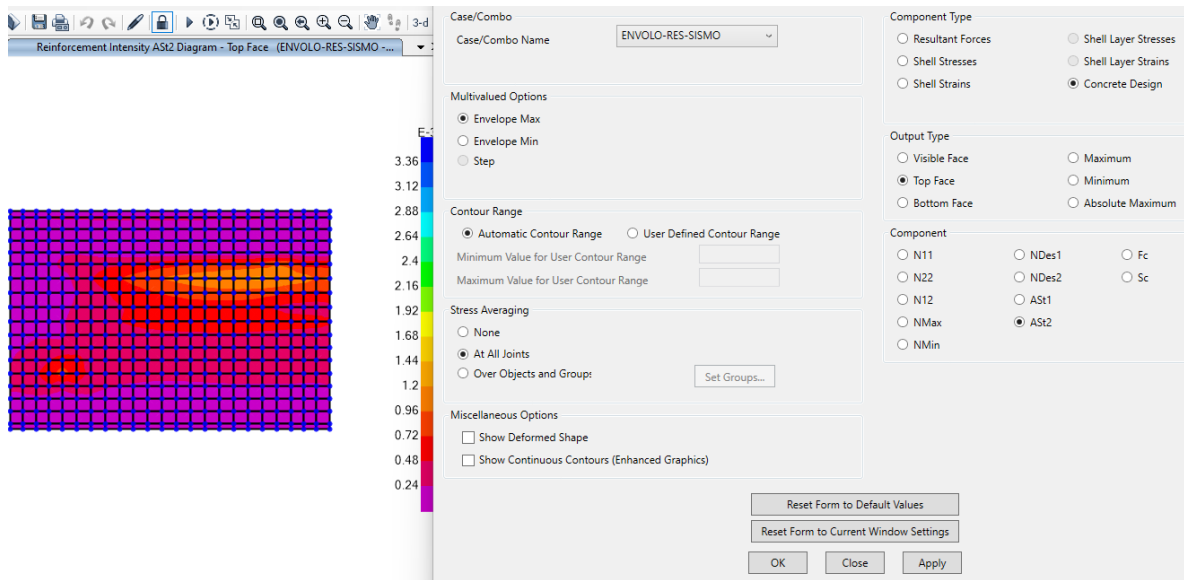
4.9.4.2.4 Armados finales losa de reacción:

Ilustración 88. Acero sentido Y-Y cama superior.



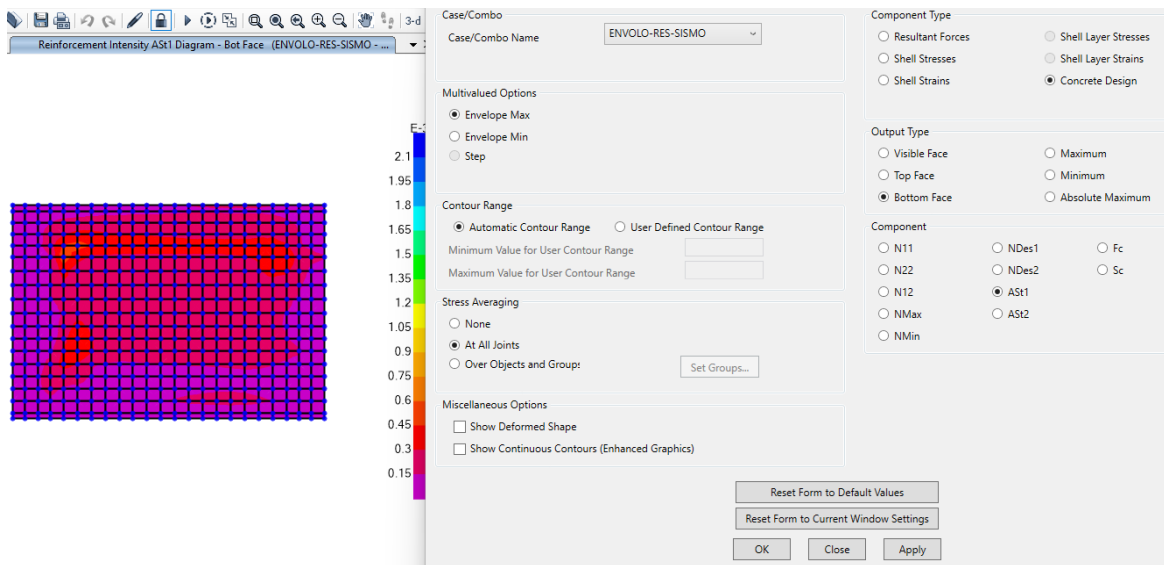
Fuente: Fuente: El autor 2022

Ilustración 89. Acero sentido X-X cama superior.



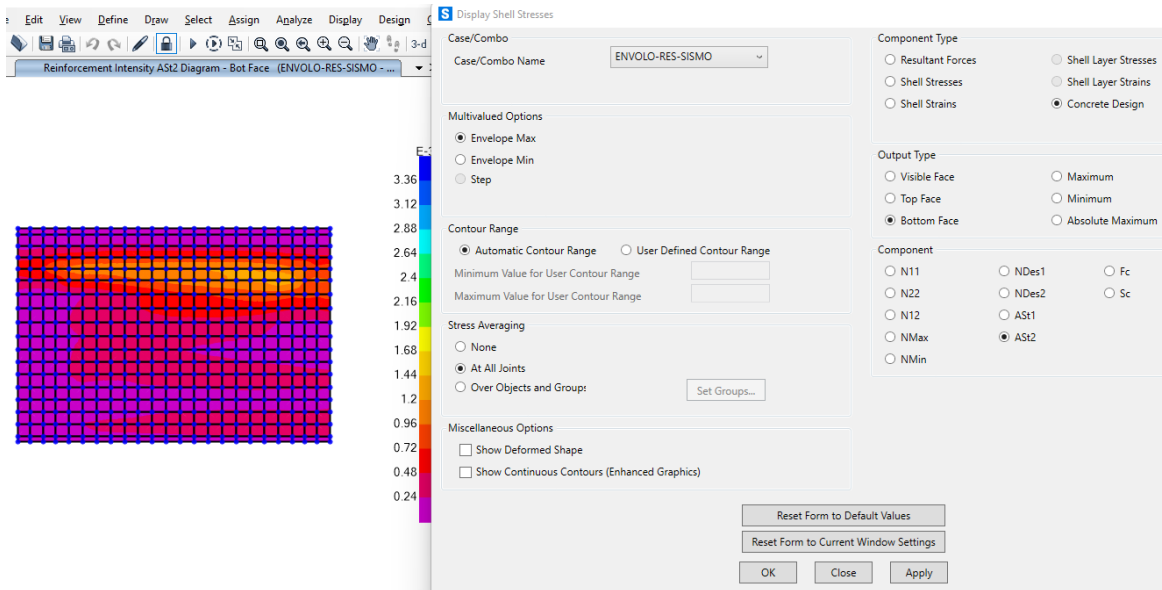
Fuente: Fuente: El autor 2022

Ilustración 90. Acero sentido Y-Y cama inferior.



Fuente: El autor 2022

Ilustración 91. Acero sentido X-X cama inferior.



Fuente: El autor 2022

Como el porcentaje de acero es demasiado pequeño  $0.042 \text{ cm}^2/\text{cm} * 100 \text{ cm}$  de una franja unitaria =  $4.2 \text{ cm}^2$  de acero, lo cual hace que el acero que deba utilizarse sea el mínimo descrito en el Código ACI 318

Ecuación 18 
$$As_{min} = \frac{0.018 * 4200 * As}{fy}$$

Para una base de 100 cm y un espesor de losa de reacción de 100 cm.

- **Condición 1.**

$$As_{min} = \frac{0.0018 * 4200}{4200} * 100 * 100 = 18 \text{ cm}^2$$

- **Condición 2.**

$$As_{min} = 0.0014 * 100 * 100 = 14 \text{ cm}^2$$

Por lo que el acero mínimo a utilizar será de  $18 \text{ cm}^2$

Para una varilla de  $\frac{3}{4}$ " con un área de  $2.85 \text{ cm}^2$

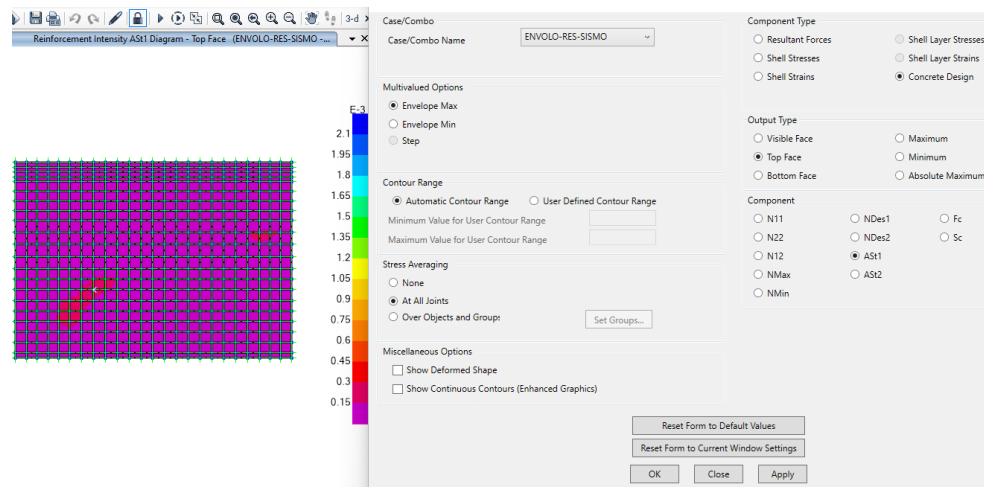
$$18 \text{ cm}^2 / 2.85 \text{ cm}^2/\text{varilla} = 6.31 \text{ varillas en } 100 \text{ cm}$$



- **Separación:**  
100 cm / 7 varillas = 14.28 cm
- **Separación propuesta= 14 cm para ambos sentidos en ambas camas.**  
Recubrimiento= 10 cm

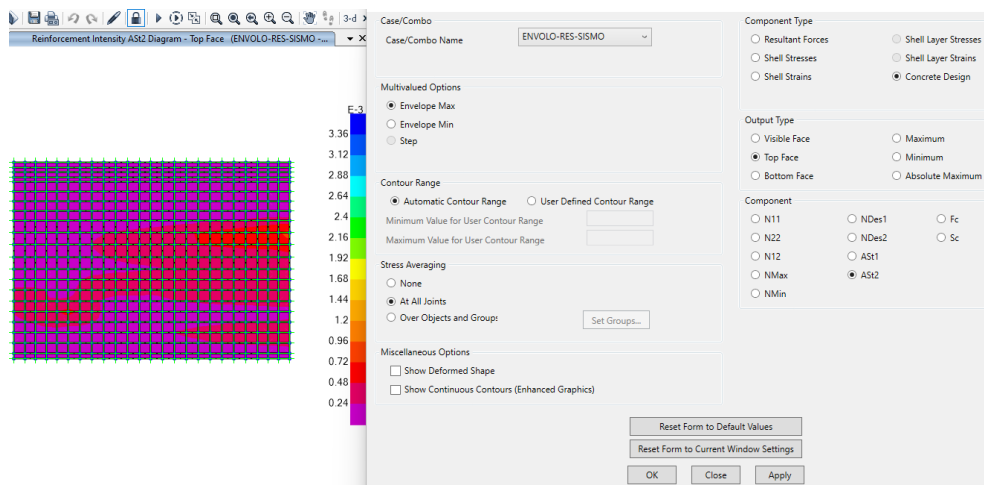
### 3.9.4.2.5 Armados finales losa de cimentación

Ilustración 92. Acero sentido Y-Y cama superior.



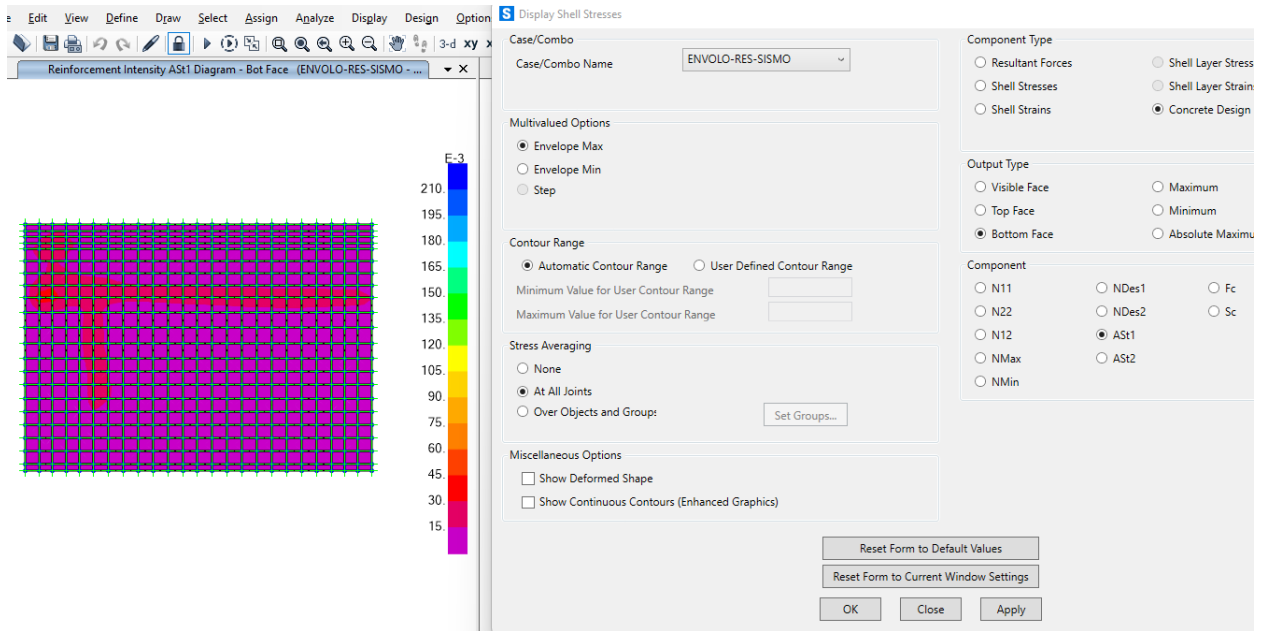
Fuente: Fuente: El autor 2022

Ilustración 93. Acero sentido X-X cama superior.



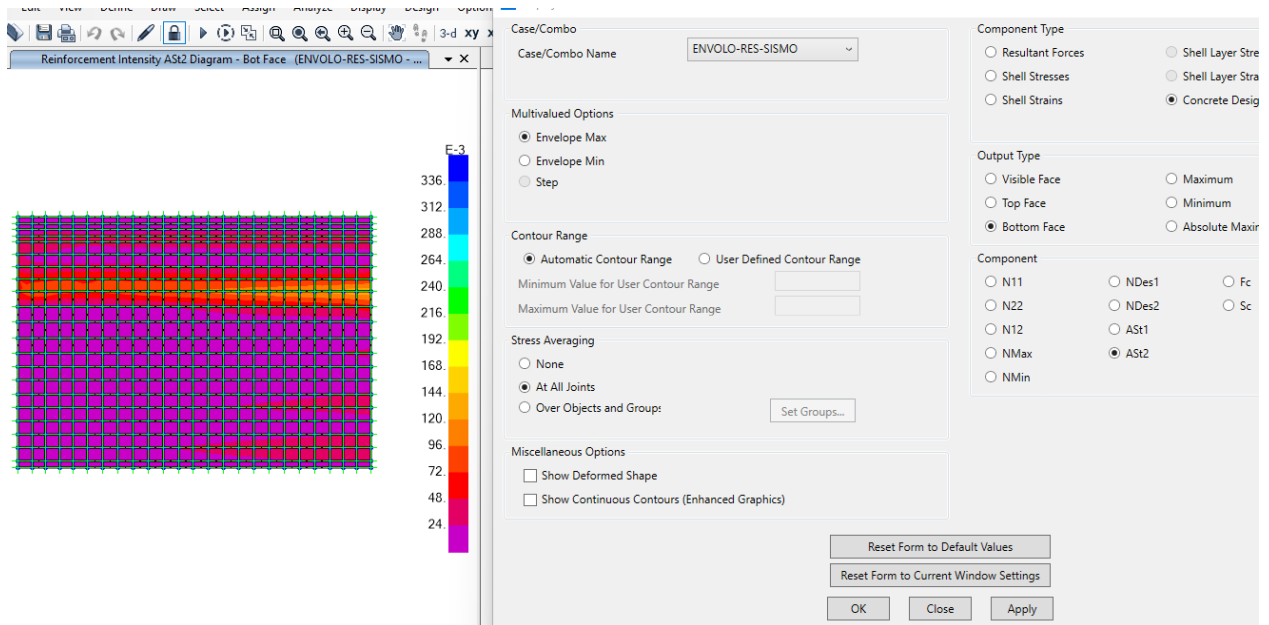
Fuente: El autor 2022

Ilustración 94. Acero sentido Y-Y cama inferior.



Fuente: El autor 2022

Ilustración 95. Acero sentido X-X cama inferior.



Fuente: El autor 2022

Como el porcentaje de acero es demasiado pequeño  $0.038 \text{ cm}^2/\text{cm} * 100 \text{ cm}$  de una franja unitaria =  $3.8 \text{ cm}^2$  de acero, lo cual hace que el acero que deba utilizarse sea el mínimo descrito en el código ACI 318. Para una base de  $100 \text{ cm}$  y un espesor de losa de reacción de  $100 \text{ cm}$ .

- **Condición 1**

$$A_{smin} = \frac{0.0018 * 4200}{4200} * 100 * 100 = 18 \text{ cm}^2$$

- **Condición 2**

$A_{smin} = 0.0014 * 100 * 100 = 14 \text{ cm}^2$ , por lo que el acero mínimo a utilizar será de  $18 \text{ cm}^2$

Para una varilla de  $\frac{3}{4}$ " con un área de  $2.85 \text{ cm}^2$

$$18 \text{ cm}^2 / 2.85 \text{ cm}^2/\text{varilla} = 6.31 \text{ varillas en } 100 \text{ cm}$$

- **Separación:**

$$100 \text{ cm} / 7 \text{ varillas} = 14.28 \text{ cm}$$

- **Separación propuesta= 14 cm para ambos sentidos en ambas camas**

Recubrimiento=  $10 \text{ cm}$

## 5. LOGÍSTICA

Son todas las operaciones, medios y métodos necesarios para hacer posible que un producto llegue al consumidor desde el lugar donde se obtienen las materias primas, pasando por el lugar de su producción.

Para el caso específico se trata del conjunto de medios y métodos necesarios para hacer posible que el equipo para ensayos de sismorresistencia sea trasladado desde la Universidad de British Columbia en Vancouver Canadá hasta el Centro Universitario de Occidente en Quetzaltenango, Guatemala.

### 5.1. Histórico de logística

En el año 2020 se estableció el acuerdo de donación de la mesa vibratoria unidireccional por parte del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de British Columbia en Vancouver Canadá hacia el Laboratorio de Sismo Resistencia del Centro Universitario de Occidente CUNOC en Quetzaltenango, Guatemala. La donación fue efectuada por el Dr. Carlos Ventura en representación de la UBC, gracias a la gestión del MBA. Ing. Víctor Carol Hernández y representantes estudiantiles de las cohortes 2019 y 2020 de la Maestría en Ingeniería Estructural y Sismorresistente.

En este contexto se establece que debe realizarse el traslado de la donación por dos vías de transporte desde Vancouver, Canadá hacia Quetzaltenango, Guatemala y, se define una propuesta de logística a seguir.

### 5.2. Listado de donaciones

En la Universidad de British Columbia se cuenta con el siguiente equipo para la correspondiente donación.

El listado del equipo de la donación por parte de la UBC fue entregado en idioma inglés de los Estados Unidos de Norteamérica.

De esa cuenta a continuación se muestran dos listados del equipo:

- Listado 1: en inglés
- Listado 2: en español

Listado 1

Tabla 43  
*Equipo existente en EERF UBC.*

<b><i>EXISTING EQUIPMENT AT THE EERF UBC</i></b>
Custom shake table 3m x 3m by 19 in .tick Allow: Aluminum 6061-T6 Stress relieved. And machined. Weight: 4,600 pounds
MTS – Servo Hydrauylc Actuator Model: 204.64 Force capacity +/- 35 kips Stroke 6 inches – piston 12.54 sq/in. SN: 128 Double acting with swivels both ends
MTS – Servo valve Model: 253.31 SN: 222L Delta – P Model: 254.04
MTS – Hydraulic service manifold Line Tamer - Model: 284.34
MTS – Hydrostatic Guide bearings – 2 are of constant force & 1 constant displacement 3- 1/16” stainless Steel sheets for Bearing displacement assembled on S.T.
Custom – Manifold with regulated oil pressure For all 3 guide bearings
MTS Shake Table Pedestals Qty. 4 All four preloaded to 80 kips with swivels At both ends.

*Fuente: Exposición del Dr. Carlos Ventura para el CUNOC, 2020.*

Listado 2

Tabla 44  
Equipo existente en EERF UBC.

<b><i>EQUIPOS EXISTENTES EN LA EERF UBC</i></b>
Mesa vibratoria hecha a la medida de 3.00m x 3.00m por 19 pulgadas de ancho Aleación: Aluminio 6061-T6 mecanizado y liberador de tensiones. Peso: 4,600 libras
MTS – Servoactuador hidráulico Modelo: 204.64 Capacidad de fuerza +/- 35 kips Pistón 12.54 Plg <sup>2</sup> - 6 pulgadas de carrera SN: 128 Doble actuador con giro en ambos extremos.
MTS – servoválvula Modelo: 253.31 SN: 222L Delta – P Modelo: 284.34
MTS – Colector de servicio hidráulico Domador de líneas - Modelo: 284.34
MTS – Cojinetes guía hidrostáticos – 2 son de fuerza constante y 1 de desplazamiento constante. Hojas de acero inoxidable de 3-1/16” para montaje de cojinetes de desplazamiento en S.T. (In situ)
Tubería de distribución hecha a la medida con presión de aceite regulada para los tres tipos de cojinetes guía.
4 pedestales para la mesa vibratoria Todas precargadas con 80 Kips con pivotes en ambos extremos.

Fuente: Exposición del Dr. Carlos Ventura para el CUNOC, 2020.

### 5.2.1. Condiciones del equipo donado

De acuerdo con lo comentado por el Dr. Carlos Ventura se trata de un equipo de mesa vibratoria unidireccional para ensayos de sismorresistencia de estructuras a escala. Este se utiliza por el Centro de Investigación de Ingeniería Sísmica de la UBC durante algunos años y posteriormente se almacena para su donación.

Durante el proceso de resguardo, estos componentes se degradan de tal manera que hoy en día requieren de mantenimiento de algunos sellos y piezas o en algunos casos especiales un reemplazo. A continuación, se presentan fotografías, cortesía de Dr. Carlos Ventura de UBC que constatan lo indicado.

*Ilustración 96. Estado actual de las donaciones.*



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2,020.*

*Ilustración 97. Estado actual de los equipos en almacenaje, Mesa vibratoria.*



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2,020.*

*Ilustración 98. Estado actual de equipos en almacenaje. Servoválvulas y actuadores.*



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2,020.*



*Ilustración 99. Estado actual de equipos en almacenaje. Servoválvulas y actuadores.*



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2,020.*

*Ilustración 100. Estado actual de equipos en almacenaje. Servoválvulas y actuadores.*

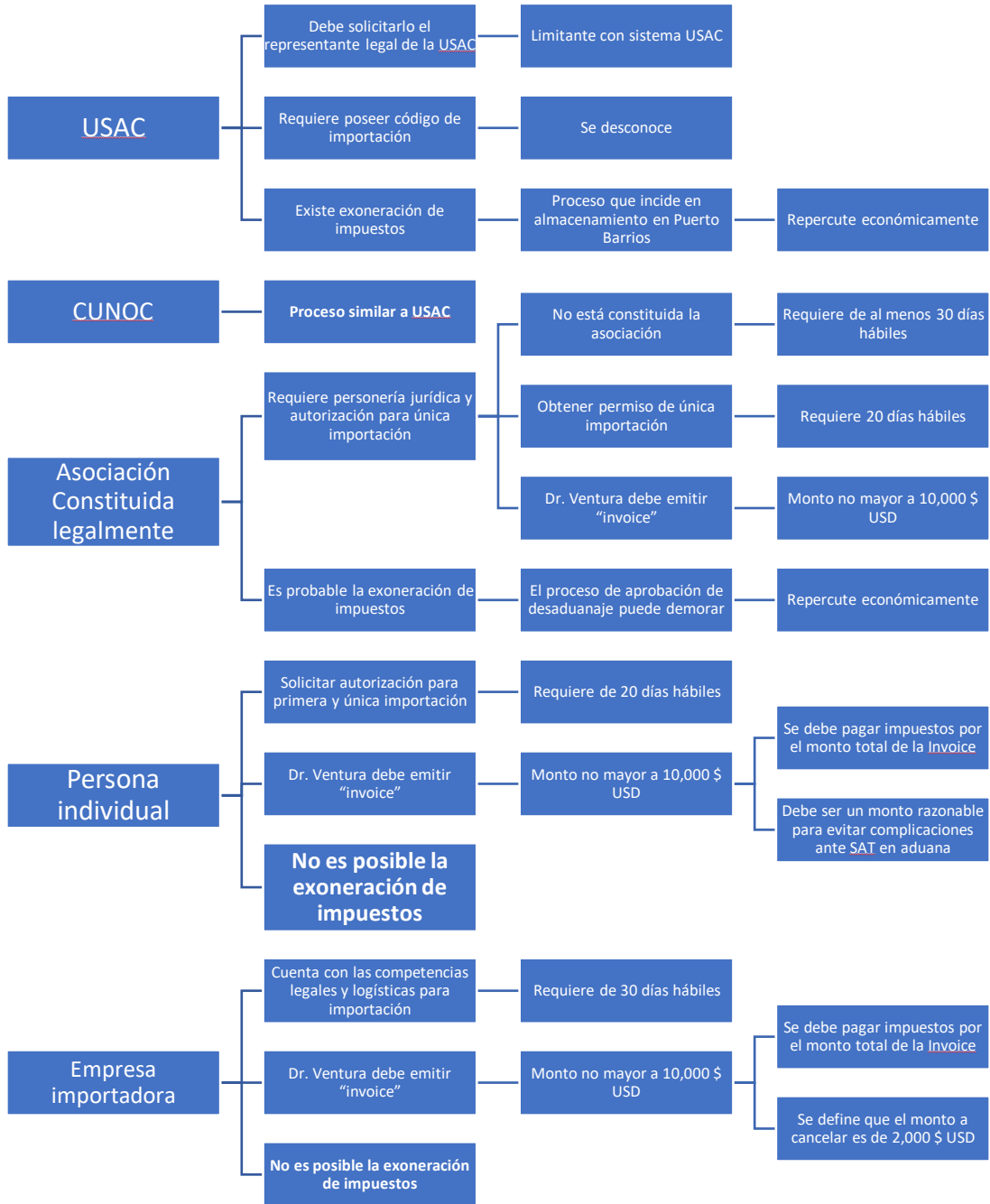


*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2,020.*

### 5.3. Gestión de las donaciones en la Universidad de San Carlos de Guatemala

Se realizó investigación para determinar la mejor opción y logística del traslado de la mesa vibratoria, tal como se observa en la ilustración siguiente:

Ilustración 101. Logística de traslado de la mesa vibratoria. vibratoria.



Fuente: El autor, 2023.

De acuerdo con los normativos, reglamentos y sistema de la Universidad de San Carlos de Guatemala y Centro Universitario de Occidente en Guatemala no permiten a terceras personas actuar en nombre de la USAC, en procesos de importación. De esta manera, al no contar con la documentación y logística necesaria para la importación del equipo, por medio de la institución, se tuvo la necesidad de realizar las gestiones a través de una empresa importadora para realizar este proceso, de la misma manera el desaduanaje y traslados correspondientes.

Posteriormente al contar con el equipo de mesa vibratoria en el país se realizó un proceso de entrega al Laboratorio de Sismorresistencia del Centro Universitario de Occidente, donde se implementaría.

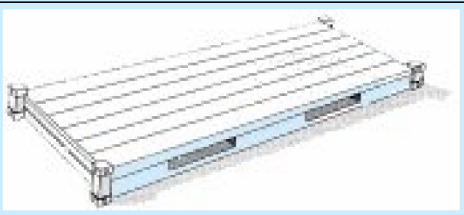
### 5.3.1. Traslado del equipo (medio adecuado para la importación de donaciones, ruta de viaje)

Para poder realizar el traslado del equipo para ensayos de sismorresistencia desde la Universidad de British Columbia en Vancouver Canadá hasta el Centro Universitario de Occidente en Quetzaltenango, Guatemala se requirió de tres etapas de transportes, siendo estas:

- Transporte terrestre de UBC a Puerto Vancouver Canadá
- Transporte marítimo de Puerto Vancouver, Vancouver, Canadá a Puerto Barrios, Izabal, Guatemala.
- Transporte terrestre de Puerto Barrios, Izabal a CUNOC, Quetzaltenango, Guatemala.

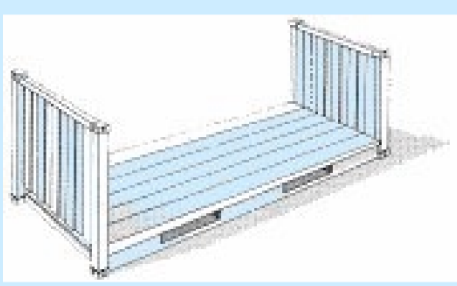
Los transportes terrestres propuestos para trasladar la carga en la etapa 1 es por medio de un contenedor arrastrado por tráiler, siendo este tipo plataforma Flat rack y Open-top; de acuerdo con la reglamentación canadiense, el transporte más adecuado es el contenedor tipo Open-top debido a las dimensiones de la mesa vibratoria. Estos se describen en las ilustraciones 83, 84 y 85.

Ilustración 102. Contenedor tipo plataforma.

Container 20' Platform			Millimeter/mm	Foot/ft
	<b>Internal</b>	Length	6058	20'
		Width	2438	8'
		Height bottom	370	1' 2 9/16"
			<b>Kilogram/kg</b>	<b>Lbs/Pound</b>
<b>Weight</b>	Max. Gross		30400	74950
	Tare		2740	6040
	Max. Payload		31260	68910

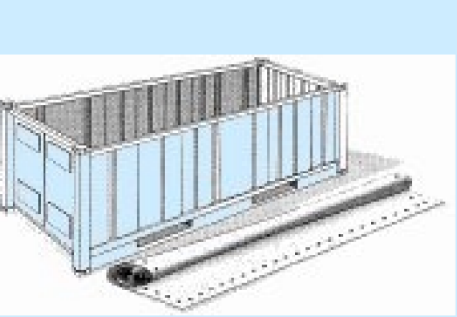
Fuente: Freight Logistics. Co., 2,020.

Ilustración 103. Contenedor tipo Flat rack.

Container 20' Flat Rack		Millimeter/mm	Foot/ft	
	<b>Internal</b>	Length floor	6038	19' 9 3/4"
		Length min.	5612	18' 4 7/8"
		Width floor	2438	8' 0"
		Width min.	2210	7' 2 7/8"
		Height	2213	7' 3 1/8"
		Height bottom	370	1' 2 9/16"
		<b>Kilogramm/kg</b>	<b>Lbs/Pound</b>	
<b>Weight</b>	Max. Gross	34000	74956	
	Tare	2740	6040	
	Max. Payload	31260	68910	

Fuente: Freight Logistics. Co., 2020.

Ilustración 104. Contenedor tipo Open top.

Container 20' Open-Top		Millimeter/mm	Foot/ft	
	<b>Internal</b>	Length	5897	19' 4 1/8"
		Width	2350	7' 8 1/2"
		Height	2377	7' 9 1/2"
	<b>Door Opening</b>	Width	2338	7' 8"
		Height	2280	7' 5 3/4"
			<b>Kilogramm/kg</b>	<b>Lbs/Pound</b>
<b>Weight</b>	Max. Gross	30480	67200	
	Tare	2350	5180	
	Max. Payload	28130	62020	
		<b>Cubic meter m<sup>3</sup></b>	<b>Cubic foot cu.ft</b>	
<b>Capacity</b>		32,5	1149	

Fuente: Freight Logistics. Co., 2020.

Para la etapa 2 fue necesario contar con el apoyo de una empresa naviera, que por medio del empleo de un buque marítimo se transportó la mercancía desde el Puerto de Vancouver, Canadá hasta Puerto Barrios, Izabal Guatemala.

La mesa vibratoria tiene dimensiones que exceden un contenedor típico, por lo que fue necesario trasladarla por medio de un contenedor abierto tipo Open-top; esto fue necesario para ubicar el espacio más idóneo en el buque marítimo.

Para la etapa 3 del traslado se realizó el traslado dentro del territorio guatemalteco por medio de un contenedor tipo Open-Top arrastrado por un tráiler, con el fin de minimizar riesgos derivados de anchos de autopistas y que los equipos fueran resguardados de mejor manera.

#### 5.4. Costos y presupuestos

Para realizar cotizaciones y presupuestos del traslado se solicitó a los diferentes oferentes que se realizara un proceso de confirmación de carga y de ser posible un embalaje y preparación de los diferentes componentes a trasladar.

Ante estos requerimientos se solicita al Dr. Carlos Ventura de su apoyo, quién amablemente delega al Dr. Mehrtash Motamedi esta labor, por lo que se establecieron líneas de comunicación directa y se procedió a medir, embalar y pesar cada uno de los elementos a trasladar. Dicha información se envía a los diferentes oferentes y se les proporciona una serie de fotografías que se presentan a continuación.

*Ilustración 105. Mesa vibratoria en EERF, UBC, Vancouver Canadá.*



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2020*

*Ilustración 106. Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.*



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2020*

*Ilustración 107. Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.*



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2020*

*Ilustración 108. Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.*



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2020*

*Ilustración 109.* Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2020*

*Ilustración 110.* Elementos de la mesa vibratoria, EERF, UBC, Vancouver Canadá.



*Fuente: Cortesía Dr. Ventura, 2020*

Con el auxilio de esta información los oferentes proceden a realizar su correspondiente cotización, siendo seleccionada para proceder con el traslado de la empresa Opción Industrial que presentó la cotización siguiente:

*Ilustración 111. Cotización aceptada para traslado de mesa vibratoria*



## Opción Industrial Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Guatemala, 24 de agosto de 2,022  
Cof. G-126A-M-21

Señores:  
**Universidad De San Carlos de Guatemala**  
Calle Rodolfo Roble 29-99 Zona 1  
Quetzaltenango, Guatemala.

**Referencia: Ing. Hugo Gordillo**

### **Oferta Técnica-Comercial Sobre Carga y Traslado de Vancouver, Canadá a Quetzaltenango, Guatemala de mesa Vibratoria,**

Respetables Ingeniero:

De acuerdo a su amable solicitud, presentamos a continuación nuestra propuesta para el servicio de importación equipo especial.

#### **1. Detalles de La Oferta:**

**Origen:** EXW VANCOUVER CANADA BC V6T 1Z4  
**Destino:** CFR CALLE RODOLFO ROBLES Z. 1 QUETZALTENANGO  
**Tipo de Carga:** CARGA GENERAL/MESA VIBRATORIA  
**Equipo:** 1 x 20' FLAT RACK  
**Recolección y Cargos FOB en origen USD:** 6,149.25  
**Flete Marítimo USD:** 26,110.35  
**Manejo y BL USD:** 155.25  
**Thc y cargos de naviera en puerto USD:** 742.50  
**Collect Fee USD:** 1,738.41

**TOTAL, USD:** **34,895.76**

**Cargue en Puerto GTQ:** 10,065.00  
**Flete Local GTQ:** 17,710.00  
**Transmisión De Póliza Agente Aduanal GTQ:** 1,210.00

**TOTAL, QTQ:** **28,985.00**

---

4ta Avenida 43-51 "A" Zona 12 Monte María 3 Guatemala Ciudad.  
TELFAX: (502) 24801123-58261306  
www.opcionindustrial.com  
E-mail: erickramirez@opcionindustrial.com

*Fuente: Autor, 2022*





## Opción Industrial Ingeniería Mecánica y Eléctrica

### 2. Observaciones generales:

- ✓ Tiempo de tránsito 32 días estimado puerto a puerto
- ✓ Tarifas sujetas a cambio por variaciones en precios de combustible.
- ✓ Nuestras cotizaciones no incluyen: descarga en destino, pagos de impuestos, almacenajes, permisos especiales, revisiones estadías, demoras, cargos de naviera en destino, a menos que por ser una negociación especial la misma lo indique.
- ✓ El valor de la oferta **Incluye el 12 % de IVA.**

### 3. Forma de pago:

**Crédito.**

### 4. Validez de la Oferta:

**30 días.**

Quedando a su amable disposición para aclarar cualquier duda.  
Atentamente,

**Jurguen González**  
**Analista de Logística**

---

4ta Avenida 43-51 "A" Zona 12 Monte María 3 Guatemala Ciudad.  
TELFAX: (502) 24801123-58261306  
www.opcionindustrial.com  
E-mail: erickramirez@opcionindustrial.com

*Fuente: Autor, 2022*

Con esta información se da arranque al proceso de importación por parte de los estudiantes de la Maestría en Ingeniería Estructural y Sismorresistente y al proceso de recolección de recursos económicos para este propósito.

## **5.5. Inconvenientes encontrados**

### **5.5.1. Pandemia Covid-19**

Durante el año 2019 fueron identificados en la ciudad de Wuhan China los primeros casos de la enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2, que posteriormente fue declarada por la Organización Mundial de la Salud una emergencia de salud pública de importancia internacional el 30 de enero 2020, y esta condición se mantuvo hasta el 5 de mayo del año 2023.

Durante la emergencia sanitaria las primeras prácticas usadas para el control de la epidemia de Covid-19, a nivel mundial fue la restricción de la movilidad poblacional, mediante el cierre de aeropuertos, fronteras terrestres y marítimas, restricción de movilidad y el confinamiento poblacional obligatorio. Se cerraron fronteras, se establecieron toques de queda, distanciamiento social; posteriormente se optaron por la implementación de medidas de carácter persuasivo, que apelaban a la buena voluntad ciudadana mediante el llamado a quedarse en casa, el lavado frecuente de manos y la provisión de información diaria sobre la situación de la epidemia.

Con el descubrimiento de las diferentes vacunas para combatir la pandemia de SARS-CoV-2 se fueron levantadas las diferentes restricciones establecidas por cada país y se inició la etapa definida como la nueva normalidad.

En el contexto específico de la logística del traslado de la mesa vibratoria se presentaron contratiempos derivados de la restricción de movilidad, cierres de fronteras a nivel de ambos países, Guatemala y Canadá, la preparación y embalaje de la donación por personeros de la UBC y la incertidumbre derivada del miedo causado por la pandemia. Esto generó un atraso en los planes de importación y consecuente demora en procesos de carga del equipo de la mesa vibratoria por el transportista.

### **5.5.2. Crisis internacional de contenedores**

Derivada de la pandemia Covid-19 existieron retrasos en toda la cadena mundial de suministros, así como, el incremento en el precio de los fletes marítimos y demoras para poder cumplir con la demanda en la entrega de mercancías. Se produjo un efecto de dominó debido a la escasez y retraso

en el lapso de entrega, que repercutió directamente en el encarecimiento del servicio logístico y en los principales puertos se generó una congestión de barcos a la espera en largas filas para desembarcar sus cargas.

En el proceso logístico del traslado de la mesa vibratoria, posterior a la confirmación de la carga (donación) se procedió a solicitar espacio a la naviera para el traslado marítimo del contenedor durante la etapa 2 del traslado. Derivado a la crisis mundial no fue posible obtener un espacio debido a la alta demanda y tiempos de entregas, así como en procesos administrativos de las navieras donde se priorizaron traslados de mercancías de mayor valor jerárquico: y no así una carga atípica como lo es la mesa vibratoria que requiere un espacio mayor por sus dimensiones y por tratarse de un contenedor tipo Open-top; a tal grado que se optó por esperar la regularización de la crisis y buscar opciones nuevamente para cumplir con el traslado.

### **5.5.3. Condiciones climatológicas en Canadá**

El 16 de noviembre del año 2021 Vancouver Canadá quedó aislado del resto del país debido a una serie de inundaciones históricas que dejan la provincia bajo el agua. Estas afectaron la movilidad a tal grado que las autoridades decretan un estado de emergencia y se desplegó al ejército para ayudar en operaciones de rescate.

De acuerdo con lo suscitado no fue posible programar procesos de carga durante los últimos meses de 2021, hasta no rehabilitar vías y posterior a la emergencia nacional decretada.

### **5.5.4. Incumplimiento de oferta**

Por todos los acontecimientos el proceso de importación generó atrasos y sobrecostos en el traslado, a tal punto que no fue posible concluir con lo estipulado en la cotización con la empresa Opción Industrial, esto generó la necesidad de actualizar la cotización con la misma empresa y buscar otras empresas con las capacidades para realizar la importación.

### **5.6. Nuevas cotizaciones y selección de empresa encargada de traslado**

Durante el primer trimestre del año 2023, luego de la evaluación de cada una de las empresas oferentes se tomó la decisión de realizar la importación con el auxilio de la empresa América, S.A. con un costo total de \$30,000 aproximadamente y un plazo de entrega de entre 45 a 90 días calendario.

El 12 de abril del 2023 se realizaría el proceso de carga de la mesa vibratoria y sus componentes para el correspondiente traslado terrestre en un contenedor tipo Open Top de 20 pies con dirección hacia el Puerto de Vancouver Canadá; lamentablemente en el momento en que el transporte realizó la carga se pudo determinar que las dimensiones de la mesa vibratoria eran diferentes a las mostradas inicialmente, ya que se tenía conocimiento que la mesa medía 3.00 x 3.00m y en realidad las dimensiones son de 3.20 x 3.20m.

Debido a este error en la determinación de las dimensiones de la mesa no fue posible realizar la carga y posterior traslado, ya que regulaciones de transporte de Canadá prohíbe expresamente que sean conducidas cargas que excedan las dimensiones de los contenedores tipo Open Top. Esto se confirma con una serie de fotografías suministradas por la empresa encargada de transportar la carga que se observan a continuación:

*Ilustración 113. Primer intento de carga, Apoyo de personal de UBC para carga.*



*Fuente: Cortesía Transportista, 2022.*

*Ilustración 114. Primer intento de carga.*



*Fuente: Cortesía Transportista, 2022.*

*Ilustración 115. Primer intento de carga, dimensiones de contenedor fue pequeño.*



*Fuente: Cortesía transportista, 2022.*

Luego de este proceso el transportista notificaría un incremento en la cotización de \$8,000 debido al conocimiento de las nuevas dimensiones de la mesa vibratoria y la necesidad de un contenedor de dimensiones atípicas. La formalización de las negociaciones se llevaría a cabo durante el segundo trimestre del año 2023 y se daría paso a la recolección de la mesa vibratoria y sus componentes durante el tercer trimestre del año en curso.

## 5.7. El estado actual de la logística

En el mes de octubre del año 2023 personeros del Laboratorio de Sismos y Estructuras de UBC se encuentran en el proceso de la elaboración de la estructura tipo pallet de madera, como embalaje de protección para la mesa vibratoria durante el traslado. Esto a solicitud del transportista para resguardo de la carga durante las tres etapas de traslado.

**Tabla 45**

*Objetivo principal de logística el plan de acción de logística para el traslado de las donaciones.*

<b>Objetivo: Desarrollar el plan de acción logística para el traslado de las donaciones</b>			
<b>Actividades y metas</b>	<b>Estrategia</b>	<b>Plazos</b>	<b>Responsables</b>
<b>Confirmación de cargas</b>	Solicitar a la UBC por medio del Dr. Carlos Ventura que se realice un conteo y dimensionamiento de cada uno de los elementos que contiene la mesa vibratoria unidireccional y sus componentes. También se debe establecer el peso y agrupar de una manera que facilite su carga y traslado.	15 días	UBC
<b>Cotización de importación</b>	Solicitar cotizaciones con navieras, empresas importadoras, personas individuales.	15 días	Grupo Logística
<b>Elegir Importadora</b>	Seleccionar de manera democrática la mejor opción de importadora para poder realizar el traslado de la mesa vibratoria unidireccional y sus partes ya sea por vía aérea, terrestre o marítima.	5 días	Maestranter
<b>Trámites de exportación</b>	La empresa importadora debe realizar visita a UBC, confirmar que la carga coincide con lo definido por el Dr. Ventura. Solicitar <del>invoice</del> e iniciar con los trámites de exportación de las donaciones.	7 días	UBC, Grupo Logística e Importadora
<b>Recolección de carga en UBC</b>	Se realiza carga en transporte terrestre tipo "Open top" de las donaciones previamente embaladas y preparadas por la UBC por medio de montacargas y se asegura para traslado.	1 día	UBC - Importadora
<b>Transporte terrestre y marítimo fase 1 y 2</b>	Se realiza el traslado terrestre desde la UBC hacia el puerto de Vancouver. Se realiza embarque y se dirige en buque hacia Puerto Barrios Guatemala.	30 días	Importadora, Grupo Logística
<b>Desaduanaje</b>	Se realizan los trámites aduanales y el pago de impuestos por ingreso de la mesa vibratoria y sus componentes en Puerto Barrios Izabal, Guatemala y se procede a retirar de la aduana.	14 días	Importadora, Grupo Logística
<b>Transporte terrestre hacia CUNOC, Fase 3</b>	Se realiza traslado desde el Puerto hacia el Centro Universitario de Occidente por medio de transporte tipo Open Top.	2 días	Importadora
<b>Descarga en CUNOC</b>	Por medio de montacargas se procede a descargar la mesa vibratoria y sus componentes y se ubica en espacio designado en CUNOC para el laboratorio de Sismo resistencia.	1 día	Grupo Logística

*Fuente: El autor, 2023.*

## 6. CONCLUSIONES

- Como resultado del análisis espacial, flujo de actividades, área de movimiento del puente grúa dentro del laboratorio y de los resultados del análisis y diseño estructural del muro de reacción y losa de reacción, se determinó el área, el espacio y ubicación adecuada para la mesa vibratoria y muro de reacción dentro del laboratorio de sismoresistencia en la División de Ciencia de la Ingeniería del Centro Universitario de Occidente.
- La mesa funcionará de manera unidireccional, la cual asumirá un grado de libertad para todas las pruebas que se realicen dentro del laboratorio, siendo esta apoyada en cuatro pedestales y un actuador lateral, que tendrá la función de transmitir la unidireccional a la mesa; pero se va a dejar para el futuro la colocación de seis actuadores adicionales para obtener 6 grados de libertad.
- Los diferentes tipos de ensayos identificados para realizarse por medio de la mesa vibratoria son las estructuras clasificadas por el tipo de materiales, el sistema estructural, por tipos de fallas que se esperan obtener en el ensayo y por modelos típicos de vivienda construidos en Guatemala, siempre y cuando estén dentro de los límites de la dimensión de la mesa que son los 3m\*3m y el peso con el que trabaja la servoválvula es de 35,000 lbs. Por esta razón se adjuntaron distintas referencias de pruebas estándar que se pueden realizar con la mesa, tomando en consideración la dimensión y peso antes mencionados. También se adjuntaron ejemplos de modelos ensayados en Canadá sobre la mesa donada.
- La implementación de las estrategias definidas en el plan de acción logística permitió determinar la mejor ruta y opción del traslado de las donaciones desde la UBC en Vancouver Canadá, hasta el CUNOC en Quetzaltenango, Guatemala; a pesar de los inconvenientes por la pandemia Covid 19, la crisis de contenedores, guerra en Ucrania y encarecimiento de combustibles, inflación y fluctuaciones en precio, cuya descripción se presenta en el capítulo 5.

- El muro de reacción que se propone fue diseñado con un sistema postensado donde el análisis estructural se realiza en dos etapas (chequeo de condiciones de servicio a través de software de elementos finitos (SAP 2,000) y chequeo de esfuerzos del postensado), esto para lograr una mejoría en el comportamiento bajo la carga de servicio y así poder tener el control del agrietamiento y la deflexión dentro de los límites aceptables. El muro vertical de reacción se diseñó con una carga puntual de 170.1 Ton. y la losa de cimentación se diseñó con una carga puntual de 100 Ton. Para estas cargas se necesita el diseño por medio del sistema postensado, para ayudar a reducir las secciones de los elementos estructurales del muro de reacción.
- Se realizaron los planos de la mesa vibratoria, muro de reacción y sus componentes dentro del laboratorio de sismo resistencia. Todo se adjunta en los anexos.



## **7. RECOMENDACIONES**

- Se deben seguir todos los lineamientos técnicos y constructivos que se indiquen en la presente planificación, para la correcta construcción y ejecución del laboratorio de sismo resistencia.
- Se debe realizar la supervisión técnica de control de calidad para la construcción del laboratorio de sismo resistencia, sea realizado única y específicamente por el grupo de ingenieros desarrolladores de esta propuesta, ya que son los únicos profesionales competentes para desarrollar esta actividad.
- Se debe implementar una mesa vibratoria unidireccional y muro de reacción, para poder tener un parámetro de estudio e investigación experimental de los materiales de construcción y los sistemas constructivos empleados en Guatemala.
- En el caso de las investigaciones cualitativas de tipo exploratorio, la metodología de enfoque cualitativo integral carecerá de hipótesis, por lo que se debe fundamentar la teoría de diseño de solución al problema en textos científicos y métodos sugeridos por el asesor de tema.
- La alta sismicidad del país y las lecciones aprendidas por los terremotos deben ponerse a prueba a través de estudios y ensayos por medio de la implementación de una mesa vibratoria y muro de reacción, con prototipos a escala para evaluar el desempeño de las diferentes normativas, pero principalmente la utilizada en Guatemala.

## 8. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

La implementación del laboratorio de Ingeniería Sísmica en el CUNOC representa una línea de investigación muy compleja por la coordinación con las autoridades pertinentes, la gestión de los fondos, además de las indagaciones técnicas propias de la implementación dicha obra. Sin embargo, es un objetivo que apertura la investigación para muchos campos de la ingeniería sísmica, como:

- La investigación para la implementación de sensores sísmicos en estructuras de primer orden: Estos sensores se instalan en edificios importantes para obtener datos e información de los sismos que constantemente están actuando en Guatemala, a fin de mejorar de manera correctiva el comportamiento de obras esenciales y en consecuencia desarrollar la tecnología en el este campo.
- Desarrollo de dispositivos electrónicos que monitoreen las demandas sísmicas de las edificaciones.
- Modelar y validar los espectros de respuesta que están establecidos en la normativa de construcción local.
- Ensayar modelos de edificaciones para el desarrollo en la investigación de aisladores sísmicos en la base: En Guatemala son muy pocos lo edificios que implementan este tipo de tecnología, por falta de recursos, de conocimiento y desarrollo en esta rama de la ingeniería.
- Materiales de construcción: Se puede ampliar el conocimiento del comportamiento de las estructuras con nuevos materiales de construcción, o en su defecto nuevas proporciones para el caso del concreto, nuevos agregados e inclusive desarrollo en la investigación de otros aditivos que hoy en día se aplican al concreto para mejorar su resistencia como lo son las fibras de vidrio o fibras de acero.
- Métodos de construcción: Desarrollar en el campo de la construcción con materiales

prefabricados, ensayar nuevas disposiciones que sean más eficientes y seguras. Esto puede significar un desarrollo en la economía del país, ya que representa nuevas formas de empleo y una mejora en la utilización de recursos tanto para las instituciones como para el ciudadano a nivel individual.

- La propuesta principal es sobre una mesa de simulación sísmica unidireccional y muro de reacción, pero a futuro se podría implementar mayor capacidad tanto en fuerza y tipos de ensayo en cada uno de ellos.
- La investigación cualitativa integral presentada en este documento puede en un futuro servir como referencia para una investigación de tipo experimental. En el momento de tener montada ya la mesa vibratoria y el muro de reacción se puede prestar para el desarrollo de un sinnúmero de investigaciones que permitan comprobar una hipótesis.
- Actualmente la propuesta es implementar una mesa vibratoria unidireccional de simulación sísmica, pero la línea fuerte de acción tendría que ser adecuar la mesa que se propone para 6 grados de libertad, pero desde el punto de vista mecánico se debe establecer qué tipos de actuadores serían los adecuados para adaptarla, según las condiciones en que se encuentre.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. 012072, J. o. (4 de 10 de 2020). *Modeling and feedforward controller design in*  
2-. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/>:  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/744/1/012072/pdf>
2. ACI - American Concrete Institute -. (29 de 08 de 2014). Requisitos de  
Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) y Comentario (ACI  
318SR-14). (*Versión en español y en sistema métrico SI*). Michigan,  
Farmington Hills, United States.
3. ACI, A. C. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI  
318-19)*. American Concrete Institute.
4. AGIES, A. G. (2020). *Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*. AGIES.
5. Alatown. (20 de 10 de 2020). *Testing Buildings to Destruction*. Obtenido de  
[www.alatown.com](http://www.alatown.com): <http://www.alatown.com/testing-buildings-destruction/>
6. Arquitecturayempresa. (8 de 10 de 2020). *Casa del acantilado, Calpe (Alicante)*.  
Obtenido de <https://arquitecturayempresa.es>:  
<https://arquitecturayempresa.es/proyecto/casa-del-acantilado-calpe-alicante>
7. Ávila, E. (21 de 10 de 2020). *Sistemas constructivos*. Obtenido de  
<https://sites.google.com>: <https://sites.google.com/site/bi2tdlc1arq5/sistemas-constructivos>
8. Blog de MARKA Investigación. (21 de 10 de 2020). *Metodología de  
Investigación Sencilla y eficaz*. Obtenido de  
<https://markainvestigacion.wordpress.com>:  
<https://markainvestigacion.wordpress.com/2019/02/15/las-investigaciones-exploratorias-y-descriptivas-tienen-hipotesis/>
9. Casa-carolina.guatemalacity-hotel. (7 de 10 de 2020). *Casa* . Obtenido de  
[www.casa-carolina.guatemalacity-hotels.com](http://casa-carolina.guatemalacity-hotels.com): <http://casa-carolina.guatemalacity-hotels.com/>
10. Columbia, T. U. (21 de octubre de 2020). *The University British Columbia*.  
Obtenido de The University British Columbia:  
[www.theuniversitybritishcolumbia.com](http://www.theuniversitybritishcolumbia.com)

11. Columbia, T. u. (23 de 10 de 2020). *The University of British Columbia Vancouver Campus*. Obtenido de <https://www.civil.ubc.ca/research/research-areas/research-facilities/earthquake-engineering-research-facility>
12. Corporation, M. S. (2 de 10 de 2020). *Manual de capacidades de pruebas de ingeniería civil, estructural y arquitectónica*. Obtenido de [www.megadanismanlink.com.tr](http://www.megadanismanlink.com.tr):  
<https://www.megadanismanlik.com.tr/Upload/pdf/urun/Civil%20Testing.pdf>
13. Das, B. M. (s.f.). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*.
14. Despang, H. M. (20 de 10 de 2020). *LECCIONES REPETIDAS DEL TERREMOTO DEL 7 DE NOVIEMBRE DE 2012*. Obtenido de [www.agies.org](http://www.agies.org):  
<https://www.agies.org/wp-content/uploads/2018/02/Lecciones-aprendidas-del-terremoto-del-07-de-noviembre.pdf>
15. Dr. Ing. Luis O. Ibáñez Mora. (s.f.). *Clasificación de suelos*.
16. Earthquake Engineering Research Institute (EERI) y Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). (21 de 10 de 2020). *El terremoto Guatemalteco M 7.4 del 7 de noviembre 2012 y sus implicaciones para la reducción y mitigación de desastres*. Obtenido de [www.eeri.org](http://www.eeri.org):
17. Earthquake Engineering Research Institute. (20 de 10 de 2020). *El terremoto Guatemalteco M 7.4 del 7 de noviembre 2012 y sus implicaciones para la reducción y mitigación de desastres*. Obtenido de [www.eeri.org](http://www.eeri.org):  
<https://www.eeri.org/wp-content/uploads/EERI-AGIES-Guatemala-Final-Report-Spanish.pdf>
18. EBI Consulting. (3 de 12 de 2020). *Conditions of Site and Building Instability*. Obtenido de <https://www.ebiconsulting.com>:  
[https://www.ebiconsulting.com/resources\\_news/conditions-of-site-and-building-instability/](https://www.ebiconsulting.com/resources_news/conditions-of-site-and-building-instability/)
19. Izaguirre, G. I. (3 de 4 de 2021). *Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios Facultad de Tecnología en la Construcción, Muros de Reacción*. Obtenido de <https://es.scribd.com>:  
<https://es.scribd.com/document/412469049/Muros-de-Reaccion-Dinamica>
20. Labmidwest. (5 de 10 de 2020). *Shake Table II*. Obtenido de <https://labmidwest.com>: <https://labmidwest.com/product-catalogue/shake-table->

ii/#gallery-1

21. Martínez, B. (30 de 10 de 2020). *Impacto de las remesas en la vida de familiares de migrantes*. Obtenido de <https://www.prensalibre.com>:  
<https://www.prensalibre.com/pl-plus/guatemala/comunitario/impacto-de-las-remesas-en-la-vida-de-familiares-de-migrantes/>
22. NAWY, E. G. (2009). *PRESTRESSED CONCRETE*. PEARSON.
23. QUANSER. (6 de 10 de 2020). *Small-scale single-axis motion simulator*. Obtenido de <https://www.quanser.com>:  
<https://www.quanser.com/products/shake-table-ii/>
24. Santizo, J. (5 de 4 de 2021). *Vivienda (Fopavi)*. Obtenido de <https://dca.gob.gt>:  
<https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/fopavi-recibio-3-mil-700-solicitudes-de-subsidio/>
25. TecnoMagazine. (1 de 11 de 2020). *Técnica de construcción de casas de barro*. Obtenido de <https://tecnomagazine.net>: <https://tecnomagazine.net/tecnologia-fija-concepto-y-ejemplos/>
26. Ugalde, C. G. (2009). Diseño arquitectónico del laboratorio de estructuras y diseño estructural del muro de reacción de la Facultad de Ingeniería U.A.Q. Querétaro, México.

## **10. ANEXO PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN**

---

PLANIFICACIÓN DEL LABORATORIO DE SISMORRESISTENCIA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MESA VIBRATORIA UNIDIRECCIONAL DE SIMULACIÓN SÍSMICA, EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

---

**PLANIFICACIÓN DE MESA VIBRATORIA UNIDIRECCIONAL DE SIMULACIÓN SÍSMICA, MURO DE REACCIÓN Y LOGÍSTICA, EN EL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Asesor: Dr. Carlos Ventura

INTEGRANTES:

CARNÈ:

Ing. Giovany Manrique Hernández Mendoza

201032321

Ing. Carlos Alberto Martínez Maldonado

9530207

Ing. Hugo Abraham Gordillo Orozco

8811870

Ing. Gilberto Aleksander Cano Hernández

2015 90519

Ing. Fernando Marco Aurelio Alvarado

200831427

Ing. Yarin Esduilian Mazariegos Rodas

200330549

Ing. Kennedy Darío Villatoro Palacios

200630547

**VO.BO. COORDINADOR MAESTRÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y  
SISMORRESISTENTE**

**Mba. Ing. Víctor Carol Hernández**

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Formulación de hipótesis.....	149
Ilustración 2. Mesa vibratoria a gran escala.....	154
Ilustración 3. Mesa vibratoria de 9 metros cuadrados..	156
Ilustración 4. Diseño Cualitativo Integral.....	159
Ilustración 5. Placas tectónicas que delimitan Guatemala. ....	169
Ilustración 6. Daños ocurridos por el terremoto de 1,976 en Guatemala. ....	169
Ilustración 7. Epicentro del sismo del 7 de noviembre.....	170
Ilustración 8. Mala configuración estructural y deficiencia de los materiales, sismo del 7 de noviembre..	170
Ilustración 9. Evaluación de refuerzos en forma de L por medio del muro de reacción. ....	171



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aplicación de metodología.....	160
Tabla 2. Resistencia de bloques de concreto, hechos artesanalmente en el departamento de San Marcos, a través de ensayos después del terremoto del 7 de noviembre.....	171

## GLOSARIO

- Actuador:** Es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico.
- Cualitativo:** Se refiere a las características no numéricas de una investigación, es decir todas aquellas distintas a los experimentos.
- Escala de Momento (M<sub>w</sub>):** Escala logarítmica que mide la energía total liberada de un sismo, que no se satura con valores más altos, pero coincide con Richter con valores debajo de 7 grados.
- Escala de Richter:** Es una escala sismológica de magnitud local (ML), con base logarítmica y que sirve para cuantificar la cantidad de energía que libera un sismo.
- Estudios experimentales:** La finalidad es evaluar la eficacia o efectividad de algo en estudio, pudiendo ser de carácter preventivo o educativo.
- Integral:** Que comprende todos los aspectos necesarios de un sistema para estar completo.
- Metodología:** Conjunto de procedimientos lógicos utilizados para alcanzar el objetivo o la gama de objetivos que rige una investigación científica.
- Monitoreo:** Controlar de manera sistemática y organizada, el desarrollo de un suceso a través de monitores o personas encargadas.
- Pistones:** Es un elemento imprescindible en un motor de combustión interna. Es el encargado de comprimir la mezcla y de enviar el impulso mecánico de la expansión de los gases al cigüeñal con el movimiento alternativo que realiza dentro del cilindro.
- Placas tectónicas:** Son fragmentos de tierra llamados litosfera compuestos por el manto superior y la corteza terrestre, son rígidos y varían de espesor si están en el océano o no; sin embargo, estos generan los sismos por su constante movimiento y choque entre ellos.
- Sistema constructivo:** Elementos de una edificación que forma un todo de manera funcional, con un fin común que es la de sostener la estructura y proveer protección a los espacios habitables.

## **RESUMEN**

Guatemala está rodeada por 3 placas tectónicas: Norteamericana, Caribe y Cocos, y por esto ha tenido 2 terremotos significativos durante estos últimos 100 años, como: el sismo del 4 de febrero del año 1,976 con una escala de 7.5 Richter, el cual provocó daños a muchas viviendas, iglesias y edificios, al igual que pérdidas humanas; y el sismo del 7 de noviembre del año 2,012 con una escala de Magnitud de Momento 7.4 Mw, que provocó daños en viviendas, edificios públicos, privados, nuevos y antiguos, también se produjo un incremento en las olas de países vecinos.

Este país se considera altamente sísmico y debe ser un país resistente a terremotos. Por ello, es indispensable conocer la calidad de los materiales de construcción y su comportamiento ante los movimientos sísmicos, para este tipo de estudios se propone: la planificación de la mesa vibratoria de simulación sísmica unidireccional, muro de reacción y logística que conlleva, en el Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día los desastres naturales son parte de los desafíos de la humanidad y Guatemala no se libra de ellos, los más representativos son los huracanes, depresiones tropicales, derrumbes y terremotos. En el ámbito de la Ingeniería Estructural y Sismorresistente lo que concierne son los terremotos, y de estos se puede mencionar que: El último terremoto que afectó al país en gran medida fue el del 7 de noviembre del 2012 y según los informes de La Comisión Económica para América Latina y el Caribe -CEPAL-, ese terremoto significó el 0.3 % del Producto Interno Bruto -PIB- en daños y pérdidas, siendo un total de 128.5 millones de USD.

Cabe recordar que las pérdidas no solo son económicas sino también humanas. Para reducir estos daños es importante verificar muchos ámbitos de la construcción, y algunos de ellos son: sistemas constructivos, empirismo, normativas y control de calidad de los materiales. Como dice el Doctor Héctor Monzón en las Lecciones repetidas del terremoto del 7 de noviembre de 2012: que las razones primordiales por las cuales sucedieron daños en las estructuras de San Marcos fueron la mala calidad de los materiales y la inadecuada configuración de las edificaciones.

La investigación y ensayos de los materiales mediante la simulación sísmica sería de gran ayuda para conocer más sobre el tipo de materiales, sistemas constructivos y normativa aplicada en Guatemala, de allí surge la necesidad de hacer la planificación de una mesa unidireccional de simulación sísmica, muro de reacción y logística, en el Centro Universitario de Occidente, con lo que se pretende conocer un poco más el contexto guatemalteco en el ámbito sismorresistente y las posibles soluciones a los problemas estructurales mediante estudios experimentales.

## JUSTIFICACIÓN

Guatemala se caracteriza por ser un país altamente sísmico, geográficamente está repartido en tres placas tectónicas, y cuenta con aproximadamente 288 volcanes, de los cuales 37 son reconocidos oficialmente como tal y 8 se encuentran activos en la actualidad.

A raíz de las características geológicas propias del territorio, se han producido una serie de sismos recurrentes en última década. El 14 de junio de 2017 se produjo uno de los sismos más evidentes, teniendo su epicentro en el municipio de San Pablo, San Marcos. La Coordinadora nacional para la reducción de desastres CONRED, dio a conocer que la magnitud de dicho evento fue de 6.9 grados en la escala de Richter, y fue sensible en varios departamentos del suroccidente del país.

El terremoto de 2017 dejó como evidencia, gran cantidad de daños causados en las estructuras en general, según reportes de diarios locales, se generaron daños en 6 departamentos del país, entre ellos se observó el colapso de estructuras que en su mayoría fueron construidas con tecnologías de la construcción empíricas, como la madera, el adobe, y la mampostería sin refuerzo. También en las estructuras de mampostería reforzada se pudo observar según daños reportados a la CONRED que las estructuras que no colapsaron, presentaron daños graves en cuestión de grietas y rotura de elementos como vigas y columnas, que no contaban con una adecuada forma de empalme.

A raíz de este suceso, se hace evidente la carencia de regulación respecto a las construcciones en el país, y las autoridades como CONRED y AGIES comienzan a trabajar en proponer medidas más eficientes que garanticen la seguridad habitacional de la sociedad guatemalteca.

En países altamente sísmicos, como Guatemala, es fundamental la creación de entidades de investigación dedicadas a la búsqueda y perfección de nuevas tecnologías de la construcción. Un país que ha servido de ejemplo en materia de investigación en ingeniería es Canadá, que cuenta con facultades especializadas en sismo-resistencia.

The University of British Columbia, es ejemplo mundial en el uso de tecnologías dedicadas a la simulación sísmica, cuenta con un departamento de investigación en el campo de la ingeniería sísmica, llamado “The Earthquake Engineering Research Facility (EERF)” cuyo propósito es dedicarse al análisis del comportamiento estructural, algo tan necesario en Guatemala, debido a la gran cantidad de daños que se presentan en las estructuras año tras año, debido a su condición sísmica.

El instituto EERF en UBC fue fundado como institución en el año 1948, y actualmente cuenta con aproximadamente 2,400 miembros. Se encuentra constantemente en actualización y parte de ello es que, en el año 2018, el Dr. Carlos Ventura quien dirige actualmente el laboratorio, y es también profesor en la Maestría en Sismo-resistencia y estructuras del Centro Universitario de Occidente (CUNOC), en la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), realizó el ofrecimiento en calidad de donación al CUNOC, de una de las mesas vibratorias de simulación sísmica que ellos ya no utilizan, debido a la instalación de una nueva mesa en su laboratorio.

El ingeniero Víctor Carol Hernández, quien es actualmente el coordinador de la Maestría en el CUNOC, aceptó la donación de la mesa, iniciando gestiones en rectoría para su recepción, y justamente el pasado 12 de septiembre se redactó el oficio Ref.679.09.20 donde el señor Rector de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos acepta con agrado la donación para el Centro Universitario de Occidente.

Con dicha respuesta por parte de Rectoría, se inicia el camino para la gestión y traslado de la mesa Vibratoria Sismo-resistente a Quetzaltenango. Actualmente en la UBC en Canadá, la mesa cumple el papel de simulador sísmico, en el cual se pueden colocar modelos en un área de 3 x 3 metros y con ello se pueden realizar un sinnúmero de investigaciones y análisis a estructuras que posteriormente son utilizadas en las normativas de construcción.

Entre los componentes del laboratorio de investigación Sísmica EERF, en la UBC, Canadá, se requiere también de un muro de reacción sísmica, una estructura formada en su totalidad por hormigón, y que permite realizar análisis de fuerzas horizontales en las estructuras. El Doctor Carlos Ventura indicó el año pasado en una de las charlas que se tuvo con el Ing. Víctor Carol sobre la donación mencionó que este muro es indispensable para el laboratorio porque permite realizar versatilidad de estudios, y la cantidad de ingresos que se producen a razón de ello, lo hacen muy rentable económicamente, para la sostenibilidad del propio proyecto.

Gracias a la aceptación del Ing. Murphy Paiz a la donación de UBC Canadá, y al interés de varias personalidades en el ámbito de las estructuras en Guatemala, como el Dr. Héctor Monzón Despang, y la empresa MAGEBA de México, la cual está interesada en donar aisladores sísmicos para el funcionamiento de la mesa, se tiene actualmente la responsabilidad de iniciar gestiones para la importación y correcta documentación respecto a la donación de la mesa desde la UBC. también para los permisos correspondientes según protocolos de la USAC para la importación y traslado en el CUNOC. Con lo anteriormente expuesto se evidencia la necesidad de organizar comisiones

integradas por los alumnos maestrantes con interés en el proyecto, que puedan comenzar las gestiones necesarias, junto con el apoyo administrativo y financiero de las empresas interesadas.

## **OBJETIVO GENERAL**

Planificar la mesa vibratoria unidireccional de simulación sísmica, muro de reacción y logística, en el Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desarrollar el plan de acción de la logística para el traslado de donación.
- Determinar el número de actuadores y la ubicación de los mismos dentro del laboratorio de sismo resistencia.
- Identificar los tipos de ensayos que podrían realizarse por medio de la mesa vibratoria.
- Diseñar el muro de reacción para la implementación dentro del laboratorio de sismo resistencia.
- Realizar los planos de la mesa vibratoria, muro de reacción y sus componentes dentro del Laboratorio de sismo resistencia.



## HIPÓTESIS

Por las características intrínsecas del tipo de proyecto e investigación, no se establecieron hipótesis. Descriptiva no llevan hipótesis.

Estudios descriptivos, solo se formulan hipótesis cuando se pronostica un hecho o dato. El mero acto de medir un fenómeno para describirlo no requiere de hipótesis, por lo tanto, los estudios meramente descriptivos carecen de la misma.

Las hipótesis nos indican lo que estamos buscando o tratando de probar y pueden definirse como explicaciones tentativas del fenómeno investigado, formuladas a manera de proposiciones. En nuestro caso, no estamos tratando de probar algo en específico, sencillamente se está implementando una mesa vibratoria y muro de reacción, que solo es parte del equipo o maquinaria que servirá para poder hacer investigaciones más profundas a futuro.

El tipo de investigación que se abordará a continuación es de tipo exploratorio y descriptivo, y estará enfocado a determinar la relación entre las variables como es el diseño de la mesa vibratoria y el muro de reacción, por lo tanto, solamente establecerá una línea general de investigación, describirá sus partes y con ello carecerá de hipótesis.

*Ilustración 116. Formulación de hipótesis.*

Alcance del estudio	Enfoque cuantitativo	Enfoque cualitativo
Exploratorio	Sin formulación de hipótesis	Sin formulación de hipótesis
Descriptivo	Formulación de hipótesis para pronosticar un hecho	Sin formulación de hipótesis
Correlacional	Formulación de hipótesis	Con o sin formulación de hipótesis
Causal	Formulación de hipótesis	Potencial formulación de hipótesis

Activar Windows

*Fuente: <https://markainvestigacion.wordpress.com>, 2020.*

## RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

La planificación de la mesa vibratoria de simulación sísmica a implementarse en el Centro Universitario de Occidente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, será con movimiento unidireccional, pero para ello debe establecerse la ubicación y número de actuadores que conllevará.

Se pretende que en el futuro la mesa vibratoria pueda contar con el espacio adecuado para poder agregarle más actuadores y así poder llegar a los seis grados de libertad. Es un trabajo que en conjunto se establecerá, con el equipo encargado de la masa de reacción y sistema de control de la mesa.

Sin embargo, el espacio se considerará en los planos, para que futuros ingenieros puedan utilizar como líneas futuras de investigación la implementación adecuada de los 6 grados de libertad bajo las condiciones en que se encuentre en ese momento la mesa vibratoria unidireccional (físico, económico y necesidad).

También se tomará en cuenta la implementación del muro de reacción, identificando las características mínimas e indispensables para el laboratorio de sismo resistencia; ya que dependerá del espacio con que se cuente, la distribución general y del flujo con que se cuente, cuyas medidas se establecerán por medio de los otros equipos de trabajo. De cualquier forma, se hará mención de las posibles medidas de la estructura y los pesos a considerar según lo decida el Msc Víctor Carol con ayuda del Asesor (Dr. Ventura) y la investigación realizada, bajo los lineamientos que se establezcan y la economía disponible.

Todo esto estará aunado a un plan de logística, que buscará el medio adecuado para el traslado de las donaciones previendo: el correcto traslado, seguridad, aspectos legales, facilidad y economía con que se cuente.

## 1. Estado del arte

1.1. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica y de muros de reacción en países desarrollados

1.2. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica de aproximadamente 3x3 metros

1.3. Características generales de las mesas vibratorias de simulación sísmica y su entorno, en Guatemala y países vecinos:

1.4. Elementos que conforman una mesa vibratoria de simulación sísmica

1.5. Geometría y dimensiones más usuales de los muros de reacción.

1.6. Elementos que conforman el muro de reacción.

## 2. Mesa vibratoria:

2.1. Grados de libertad:

2.2. Actuadores:

2.3. Tipos de ensayos

2.4. Planos

## 3. Muro de reacción

3.1. Diseño (geometría del muro de reacción, actuadores)

3.2. Planos (dimensiones, elementos, anclajes)

## 4. Logística

4.1. Listado de donaciones

4.2. Gestión de las donaciones en la universidad de San Carlos de Guatemala

4.3. Traslado del equipo (medio práctico y adecuado para la importación de donaciones, ruta de viaje)

4.4. Costos y Presupuestos

4.5. Aspectos Legales

## INTRODUCCIÓN

La sismoresistencia a grandes rasgos va de la mano con la calidad de los materiales de construcción, los sismos, placas tectónicas, tipos de suelos, sistemas constructivos, calidad en la ejecución de las obras y normativas de construcción.

Los materiales de construcción son diversos y algunos son: madera, block, ladrillo, adobe, laminas, tejas, cementos, agregados, aditivos, pisos y aceros entre algunos. Lo más utilizado en Guatemala es la mampostería, entre ella: ladrillo, block y adobe. Entre los anteriores el adobe, debería ser discontinuado y promover un block o cualquier otro material de calidad mínima para el uso en zonas de bajos recursos económicos.

Muchos de los fallos estructurales en Guatemala se deben a materiales con bajas propiedades mecánicas ante los sismos. El comprar productos hechizos en las calles, no garantiza un buen desempeño sismorresistente, porque al final, comprar productos baratos sale caro; cuando las estructuras fallan no hay mucho que se pueda hacer si el material es hechizo.

Guatemala es un país rodeado por tres grandes placas tectónicas por lo que es altamente sísmico. Uno de los últimos sismos representativos en Guatemala fue en el departamento de San Marcos, sismo ocurrido el siete de noviembre del dos mil doce, hubo decenas de casas dañadas por la mala calidad del block y materiales que no cumplían ni con la tercera parte de la resistencia mínima requerida.

Por tanto, los materiales deben cumplir con especificaciones técnicas de elaboración y ensayos de resistencias como primer paso, luego deben cumplir con normativa de fabricación y sismo resistencia como: COGUANOR Y NTG (NORMAS TÉCNICAS GUATEMALTECAS), el ACI o AGIES para Guatemala.

De allí surge la necesidad de saber la capacidad de esfuerzo de cada uno de los materiales y su desempeño sismorresistente en conjunto. Pero una de las maneras más efectivas de tener un control sobre los materiales y la sismo resistencia es la planificación de la implementación de una MESA VIBRATORIA, porque con esto se pueden hacer diversos ensayos, y evaluar la variedad de tipos de materiales y sistemas constructivos aplicados en Guatemala.

Por las razones expuestas, a continuación, se presenta la planificación de la implementación y logística de la mesa vibratoria de simulación sísmica unidireccional y del muro de reacción, para la evaluación de diversos materiales y sistemas de constructivos; y con esto poder tener un acercamiento a la realidad guatemalteca en el ámbito sismorresistente.

## MARCO TEÓRICO

### 1. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica y de muros de reacción en países desarrollados

Las mesas vibratorias en los últimos años han tenido un desarrollo y construcción significativo en diferentes escalas, el desarrollo de las mismas se ha llevado a cabo principalmente en Estados Unidos, Europa y Japón.

La instalación de una mesa vibratoria en la Universidad de Berkeley en Estados Unidos, por parte de MTS System Corporation da lugar a modernizar las mismas en el año de 1,972.

La mesa vibratoria a gran escala llamada E-defense es construida por medio del Instituto nacional de Investigación para las Ciencias de la Tierra y la Prevención de Desastres (NIED), la cual puede realizar ensayos tridimensionales a estructuras, misma que fue construida debido a los daños provocados por el sismo de Kobe en el año 1995 en Japón, teniendo la capacidad de colocar en ella edificios de escala real y sistemas de infraestructura en condiciones reales sísmicas.

*Ilustración 117. Mesa vibratoria a gran escala.*



*Fuente: Simpson Strong-Tie, 2020.*

Gracias al avance tecnológicos de algunos países es posible considerar el día de hoy hasta mesas vibratorias de 6 grados de libertad permitiendo un análisis a una escala lo más aproximado al comportamiento real de la estructura.

## **2. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica de aproximadamente 3x3 metros**

En el campus de Indian Institute Technology of Roorke ubicado en el distrito de Haridwar en el estado de Uttarakhand en India, cuenta con una mesa vibratoria de características parecidas a la del presente trabajo, con una estructura piramidal con una parte superior plana de 3.5 x 3.5 metros accionada por 3 actuadores, uno de ellos es horizontal y dos son verticales, cada actuador está equipado con un acumulador de 28 L en el lado de presión y un acumulador de 1 L en el lado de retorno.

Algunas características importantes de la mesa vibratoria son los siguientes: el actuador horizontal con un empuje de 250 kN estático y 200 KN dinámico, el actuador vertical con un empuje de 150 KN estático y 100 KN dinámico, un desplazamiento horizontal y vertical de +/- 150 mm, una velocidad de 1000 mm/seg tanto horizontal como vertical, y un flujo de máxima velocidad horizontal de 750 L/min y un flujo de máxima velocidad vertical de 375 L/min.

## **3. Características generales de las mesas vibratorias de simulación sísmica y su entorno, en Guatemala y países vecinos**

Las características generales de las mesas en nuestros países vecinos nos dan una idea de las necesidades particulares de nuestra región, porque coincidimos en placas condiciones sísmicas similares.

Actualmente la única universidad nacional en Guatemala que cuentan con un laboratorio sísmico equipado con una mesa vibratoria es la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala en su campus central, cuenta con un equipo principal que lo constituye una mesa vibratoria de 9 m<sup>2</sup> para la simulación de sismos, la cual es impulsada por dos pistones, uno en cada eje horizontal, totalmente equipada para hacer pruebas casi a escala natural. Es la segunda en Latinoamérica en su tipo.

*Ilustración 118. Mesa vibratoria de 9 metros cuadrados.*



*Fuente: Universidad Mariano Gálvez, 2020.*

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cuenta con una mesa vibratoria horizontal y vertical, entre sus características podemos mencionar sus dimensiones que son de 4 x 4 metros con un peso de 8.5 toneladas, cuenta con 8 actuadores de los cuales 4 son horizontales con una capacidad de 10 toneladas cada uno y desplazamiento máximo de 15 cm a cada lado, y 4 actuadores verticales con capacidad de 20 toneladas y con carrera máxima de 7.5 cm cada uno.

#### **4. Elementos que conforman una mesa vibratoria de simulación sísmica:**

Los sismos son frecuentes en nuestro país, siendo parte de nuestro entorno y de manera impredecible en cuanto a su magnitud, por lo que los efectos de los mismos causan daños leves, moderados o graves en la infraestructura o inclusive causan en algún momento el deceso de varias personas.

Una de las maneras en las cuales podemos simular el efecto que podría causar sobre una estructura antes de presentarse un sismo real, es realizar dicha simulación a través de mesas vibratorias, y de esta manera poder determinar los efectos que se producen, lanzando resultados sobre los daños o fallas que pueden ocurrir y las formas en las que se vería afectada la estructura.

Una mesa vibratoria entonces permite simular el efecto que genera un sismo de cierta intensidad sobre una maqueta de una estructura a escala, utiliza un sistema de rieles y es manejado a través de un sistema de computación avanzado.



Compuesta por dos placas sobre las cuales va montada un motor en este caso particular la placa inferior totalmente fija, y la otra placa sobre la cual se montan las estructuras que se van a analizar en este caso particular la placa inferior móvil.

### **5. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica:**

Las mesas pueden tener diferentes grados de libertad según la necesidad y uso, siendo la más sencilla la de un solo grado de libertad o comúnmente llamada unidireccional a la que nos enfocaremos en este trabajo de investigación.

Sin embargo, es necesario el funcionamiento de cada grado de libertad a través de una servoválvula propia. Podemos hacer además una clasificación de las mesas según su tamaño, como mesas grandes, medianas y pequeñas. Es importante mencionar que en las mesas vibratorias de gran escala si pueden realizarse ensayos a escala natural mientras que en las otras a escalas medianas y pequeñas.

También otra característica importante en las mesas vibratorias son los tipos de actuadores, lo cuales pueden ser Hidráulicos, mecánicos o electromecánicos.

### **6. Elementos que conforman una mesa vibratoria de simulación sísmica**

Compuesta por 5 partes.

1. El actuador: encargado de darle movilidad a la mesa
2. La placa móvil: es la plataforma donde se colocan las maquetas a ensayar
3. Sistema de Guías: son los rieles y patines donde se desliza la placa los cuales deben de tener un bajo rozamiento
4. Sistema de Control y Adquisición de datos: donde se almacenarán los datos del ensayo para posterior análisis
5. Servoválvulas: que se utilizan en sistemas electrohidráulicos de control.

### **7. Geometría y dimensiones más usuales de los muros de reacción.**

En el caso de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y el Centro de Investigación de Estructuras el mismo país, tienen dentro del laboratorio dos muros de reacción con las siguientes características:

- Laboratorio consta con una losa de 60 cm de espesor.

- Dos muros de reacción de 140 cm de espesor y casi 400 cm de alto.

Estos permiten ensayos pseudo estáticos y dinámicos de elementos estructurales como: elementos de concreto armado, acero y conexiones.

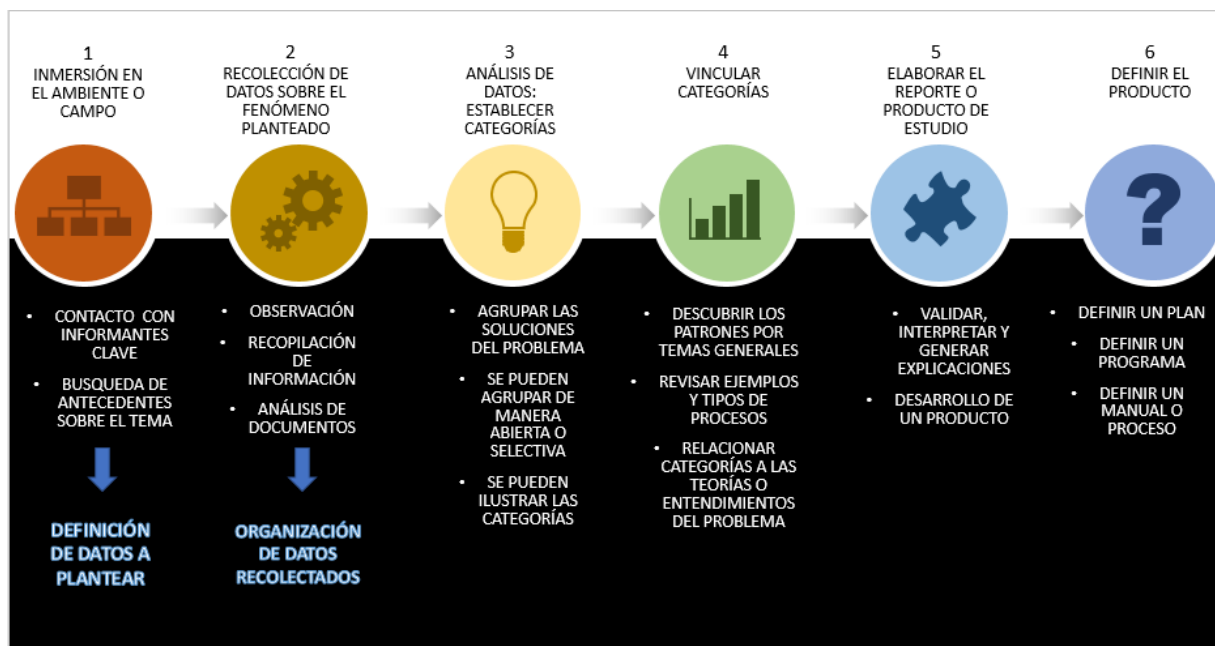
## METODOLOGÍA DISEÑO CUALITATIVO INTEGRAL

Este diseño de investigación toma en cuenta la naturaleza básica y aplicada de las investigaciones realizadas en la educación superior, como lo es una tesis de Maestría. En este proceso se busca descubrir los patrones o categorías que responderán a las preguntas de la investigación.

Esta metodología yuxtapone los elementos de la investigación cualitativa, se basa en la teoría fundamentada, siguiendo un procedimiento sistemático que busca encontrar la solución a un problema o necesidad. Para desarrollar la metodología de diseño es necesario primero tener bien definido el planteamiento del problema, ya que a partir de este punto se comienza con los siguientes pasos:

### Diseño cualitativo integral (de la investigación al producto)

*Ilustración 119. Diseño Cualitativo Integral.*



*Fuente: el autor con base en metodología de Sampieri 2017, 2020.*

A continuación, se describe la forma en la que se utilizará la metodología en la investigación

**Tabla 46**

*Aplicación de Metodología.*

<b>FASE</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Inmersión en el ambiente o campo	En esta fase se consultará con el asesor del tema todos los conceptos relacionados a la Mesa Vibratoria, Muro de Reacción y logística
2	Recolección de datos sobre el fenómeno planteado	Aquí se buscará información de manera documental, digital o evidencias acerca del funcionamiento y espacios necesarios para el correcto diseño el espacio donde se colocará la mesa vibratoria y el muro de reacción.
3	Análisis de datos, establecer categorías	En este punto se analizarán las fases necesarias dese el diseño hasta la implementación de la mesa y muro de reacción.
4	Vincular categorías	Aquí ordenaremos la logística necesaria para la elaboración del diseño y planos correspondientes. Así como el proceso de importación de la mesa desde Canadá.
5	Elaborar el reporte o producto de estudio	En este punto se desarrollarán los planos, análisis y diseños estructurales necesarios para la implementación de la mesa y muro de reacción.
6	Definir el producto	Aquí se presentará el informe de planificación y planos para el montaje correcto de la mesa vibratoria.

Fuente: el autor con base en metodología de Sampieri 2017, 2020.

# PROPUESTA DE CONTENIDO

## RESUMEN

## JUSTIFICACIÓN

## OBJETIVOS

## INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO I

### Estado del arte

- 1.1. Mesas vibratorias de simulación sísmica
  - 1.1.1. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica y de muros de reacción en países desarrollados
    - 1.1.1.1. Generalidades de algunas de las mesas vibratorias de simulación sísmica de aproximadamente 3x3 metros
    - 1.1.1.2. Características generales de las mesas vibratorias de simulación sísmica y su entorno, en Guatemala y países vecinos.
  - 1.1.2. Elementos que conforman una mesa vibratoria de simulación sísmica
- 1.2. Muros de reacción
  - 1.2.1. Generalidades de muros de reacción en países desarrollados
  - 1.2.2. Geometría y dimensiones más usuales de los muros de reacción.
  - 1.2.3. Elementos que conforman el muro de reacción.

## CAPÍTULO II

### Mesa vibratoria unidireccional

- 2.1. Mesa vibratoria
- 2.2. Grados de libertad
- 2.3. Actuadores
- 2.4. Tipos de ensayos
- 2.5. Planos

## CAPÍTULO III

### Muro de reacción

- 1.1. Muro de reacción
- 1.2. Diseño (geometría del muro de reacción, actuadores)
- 1.3. Planos (dimensiones, elementos, anclajes)

## **CAPÍTULO IV**

### **Logística**

4.1. Listado de donaciones

4.2. Traslado del equipo (medio práctico y adecuado para la importación dedonaciones, ruta de viaje)

4.3. Costos y presupuestos

4.4. Aspectos Legales

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **LINEAS DE INVESTIGACIÓN**

## **ANEXOS**

### **A.1 Logística**

### **A.2 Planos mesa vibratoria**

### **A.3 Planos muro de reacción**

## CONCLUSIONES

- Los terremotos inciden en daños y pérdidas tanto económicas como humanas, algunos de los aspectos que afectan son los inadecuados sistemas constructivos y la mala calidad de los materiales de construcción.
- El enfoque cualitativo integral permite desarrollar una investigación de tipo no experimental, tomando en cuenta todos los aspectos necesarios para llegar a la solución del problema, permitiendo la preparación de un plan o producto donde se clarifiquen las estrategias de abordaje de la solución,
- Guatemala ha sufrido daños estructurales a lo largo del tiempo por terremotos, por lo que se necesitan materiales de alta calidad y con el sismo resistencia adecuada para no sufrir de dichos daños de manera significativa.

## RECOMENDACIONES

- Se debe implementar una mesa vibratoria unidireccional y muro de reacción, para poder tener un parámetro de estudio e investigación experimental de los materiales de construcción y los sistemas constructivos empleados en Guatemala.
- En el caso de las investigaciones cualitativas de tipo exploratorio, la metodología de enfoque cualitativo integral carecerá de hipótesis, por lo que se recomienda fundamentar la teoría de diseño de solución al problema, basada en textos científicos y métodos sugeridos por el asesor de tema.
- La alta sismicidad del país y las lecciones aprendidas por los terremotos, deben ponerse a prueba a través de estudios por medio de la implementación de una mesa vibratoria y muro de reacción, con prototipos a escala para mejorar la calidad de los materiales en el ámbito del sismo resistencia.



## LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

- La propuesta principal es sobre la planificación de una mesa de simulación sísmica unidireccional y muro de reacción, pero a futuro se podría implementar la mesa y el muro de reacción, también se podría agregar mayor capacidad tanto en fuerza y tipos de ensayo en cada uno de ellos.
- La investigación cualitativa integral presentada en este documento puede en un futuro servir como referencia para una investigación de tipo experimental, en el momento de tener montada ya la mesa vibratoria y el muro de reacción se puede prestar para el desarrollo de un sinnúmero de investigaciones que permitan comprobar una hipótesis.
- Hoy en día la propuesta es la planificación de la implementación de una mesa vibratoria unidireccional de simulación sísmica, pero una futura línea de acción tendría que ser adecuar la mesa que hoy en día se propone, para 6 grados de libertad, pero desde el punto de vista mecánico y que tipos de actuadores serían los adecuados para adaptar en el futuro según las condiciones en que se encuentre.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Alatown. (20 de 10 de 2020). *Testing Buildings to Destruction*. Obtenido de [www.alatown.com](http://www.alatown.com): <http://www.alatown.com/testing-buildings-destruction/>
- 2) Ávila, E. (21 de 10 de 2020). *Sistemas constructivos*. Obtenido de <https://sites.google.com>: <https://sites.google.com/site/bi2tdlc1arq5/sistemas-constructivos>
- 3) Blog de "MARKA Investigación". (21 de 10 de 2020). *Metodología de Investigación Sencilla y eficaz*. Obtenido de <https://markainvestigacion.wordpress.com>: <https://markainvestigacion.wordpress.com/2019/02/15/las-investigaciones-exploratorias-y-descriptivas-tienen-hipotesis/>
- 4) Columbia, T. U. (21 de octubre de 2020). *The University British Columbia*. Obtenido de The University British Columbia: [www.theuniversitybritishcolumbia.com](http://www.theuniversitybritishcolumbia.com)
- 5) Columbia, T. u. (23 de 10 de 2020). *The University of British Columbia Vancouver Campus*. Obtenido de <https://www.civil.ubc.ca/research/research-areas/research-facilities/earthquake-engineering-research-facility>
- 6) Das, B. M. (s.f.). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*.
- 7) Despang, H. M. (20 de 10 de 2020). *LECCIONES REPETIDAS DEL TERREMOTO DEL 7 DE NOVIEMBRE DE 2012*. Obtenido de [www.agies.org](http://www.agies.org): <https://www.agies.org/wp-content/uploads/2018/02/Lecciones-aprendidas-del-terremoto-del-07-de-noviembre.pdf>
- 8) Dr. Ing. Luis O. Ibáñez Mora. (s.f.). *Clasificación de suelos*.
- 9) Earthquake Engineering Research Institute. (20 de 10 de 2020). *El terremoto Guatemalteco M 7.4 del 7 de noviembre 2012 y sus implicaciones para la reducción y mitigación de desastres*. Obtenido de [www.eeri.org](http://www.eeri.org): <https://www.eeri.org/wp-content/uploads/EERI-AGIES-Guatemala-Final-Report-Spanish.pdf>
- 10) Earthquake Engineering Research Institute (EERI) y Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). (21 de 10 de 2020). *El terremoto Guatemalteco M 7.4 del 7 de noviembre 2012 y sus implicaciones para la reducción y mitigación de desastres*. Obtenido de [www.eeri.org](http://www.eeri.org):

- <https://www.eeri.org/wp-content/uploads/EERI-AGIES-Guatemala-Final-Report-Spanish.pdf>
- 11) EcuRed. (22 de 10 de 2020). *Escala de Richter*. Obtenido de [www.ecured.cu](http://www.ecured.cu):  
[https://www.ecured.cu/Escala\\_de\\_Richter](https://www.ecured.cu/Escala_de_Richter)
  - 12) Gobierno de México. (21 de 10 de 2020). *Sismo en Chiapas y Guatemala, el 7 de noviembre de 2012*. Obtenido de [www.gob.mx](http://www.gob.mx):  
<https://www.gob.mx/cenapred/articulos/sismo-de-chiapas-y-guatemala-el-7-de-noviembre-de-2012>
  - 13) Herrera, O. F. (2018). EL DISEÑO DE LA INVESTIGACION DESCRIPTIVA. *DIGI/SEP//USAC*, 16-17. Recuperado el 10 de OCTUBRE de 2020, de  
[https://issuu.com/digi-usac/docs/boletin\\_digisep\\_enero-febrero\\_18/16](https://issuu.com/digi-usac/docs/boletin_digisep_enero-febrero_18/16)
  - 14) Indian Institute of Technology Roorkee. (21 de 10 de 2020). *Shake Table Test Facility*. Obtenido de <https://eq.iitr.ac.in>: [https://eq.iitr.ac.in/pages/lab\\_stl+test\\_facilities.html](https://eq.iitr.ac.in/pages/lab_stl+test_facilities.html)
  - 15) INSIVUMEH. (s.f.). *MARCO TECTONICO PARA GUATEMALA*. GUATEMALA. Recuperado el 10 de OCTUBRE de 2020, de MARCO TECTONICO PARA GUATEMALA: <https://insivumeh.gob.gt/destacados-portada/marco-tectonico-para-Guatemala/4>
  - 16) Investigación, M. (15 de febrero de 2019). *Metodología de investigación sencilla yeficaz*. Recuperado el 10 de 10 de 2020, de  
<https://markainvestigacion.wordpress.com/2019/02/15/las-investigaciones-exploratorias-y-descriptivas-tienen-hipotesis/>
  - 17) Mauricio Bernal, J. A. (20 de 10 de 2020). *Sistemas de control para mesas vibratorias: una revisión crítica*. Obtenido de <https://www.redalyc.org>:  
<https://www.redalyc.org/pdf/852/85241628010.pdf>
  - 18) MTS. (23 de 10 de 2020). *MTS*. Obtenido de <https://test.mts.com/products/civil-engineering/seismic-simulators#technical>
  - 19) POCÓN, R. (8 de SEPTIEMBRE de 2017). Terremoto causa daños severos en seis departamentos de Guatemala. *PRENSA LIBRE*, pág. 1. Recuperado el 10 de OCTUBRE de 2020, de  
<https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/terremoto-causa-daos-severos-en-6-departamentos/>

- 20) Prensa Libre. (21 de 10 de 2020). *Mayoría de sismos se concentran en el sur*.  
Obtenido de [www.prensalibre.com](http://www.prensalibre.com):  
<https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/mayoria-sismos-concentra-sur-0-1141085886/>
- 21) Red Sismológica Nacional Universidad de Costa Rica. (22 de 10 de 2020).  
*¿Qué son las placas tectónicas?* Obtenido de <https://rsn.ucr.ac.cr>:  
<https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/3412-placas-tectonicas>
- 22) Reno, U. o. (23 de 10 de 2020). *University of Nevada Reno*.  
Obtenido de <https://www.unr.edu/cceer/facilities/earthquake-laboratory>
- 23) Republica. (21 de 10 de 2020). *Así fue el terremoto del 4 de febrero de 1976 en Guatemala*. Obtenido de <https://republica.gt>:  
<https://republica.gt/2020/02/04/terremoto-del-4-de-febrero-de-1976-guatemala/>
- 24) Universidad Mariano Gálvez. (20 de 10 de 2020). *Instituto de Investigaciones de Ingeniería, matemática y ciencias físicas*. Obtenido de <https://in3.umg.edu.gt>: <https://in3.umg.edu.gt/laboratorios.html>
- 25) Universidad Nacional Autónoma de México. (22 de 10 de 2020).  
*Construcciones a prueba de sismos en la Mesa Vibradora*. Obtenido de <http://ciencia.unam.mx>:  
[http://ciencia.unam.mx/leer/258/Construcciones\\_a\\_prueba\\_de\\_sismos\\_en\\_la\\_Mesa\\_Vibradora](http://ciencia.unam.mx/leer/258/Construcciones_a_prueba_de_sismos_en_la_Mesa_Vibradora)
- 26) University, N. T. (23 de 10 de 2020). *Nanyang Technological University Singapore*. Obtenido de [http://www.cee.ntu.edu.sg/aboutus/CEELabs/PE\\_CT/CTLab/Pages/Home.aspx](http://www.cee.ntu.edu.sg/aboutus/CEELabs/PE_CT/CTLab/Pages/Home.aspx)
- 27) Volcanes Históricos. (22 de 10 de 2020). *Escala Sismológica de Magnitud de Momento Mw*. Obtenido de [www.volcaneshistoricos.com](http://www.volcaneshistoricos.com):

## ANEXOS

Ilustración 120. Placas tectónicas que delimitan Guatemala.



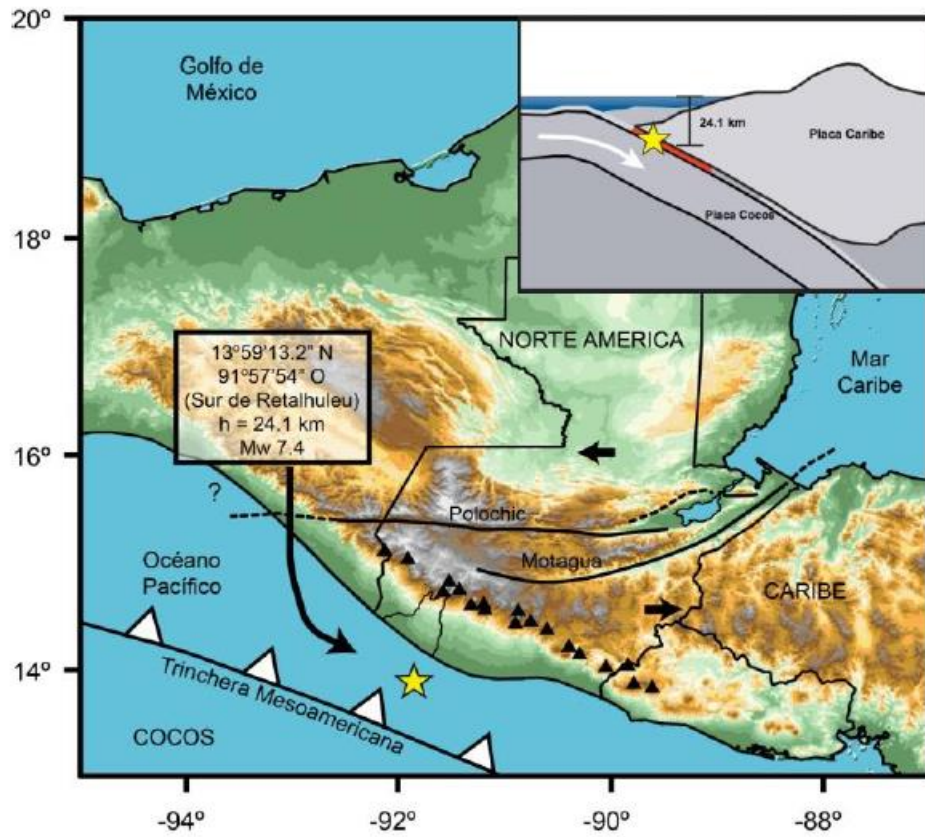
Fuente: [www.prensalibre.com](http://www.prensalibre.com), 2020.

Ilustración 121. Daños ocurridos por el terremoto de 1976 en Guatemala.



Fuente: <https://republica.gt>, 2020.

Ilustración 122. Epicentro del sismo del 7 de noviembre de 2012.



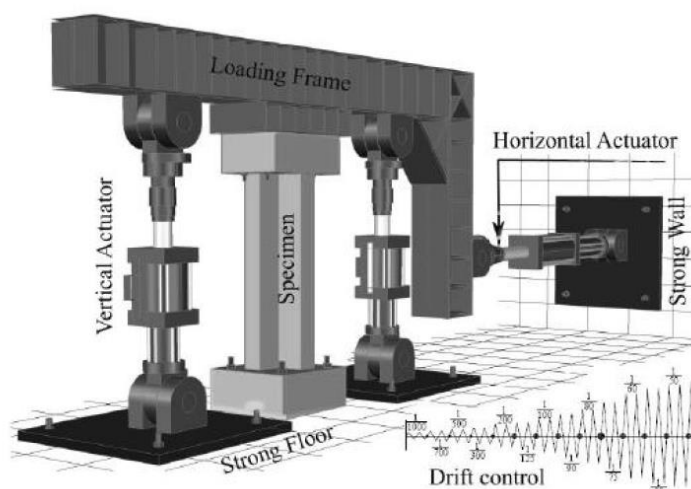
Fuente: Informe de EERI y AGIES 2,013, 2020.

Ilustración 123. Mala configuración estructural y deficiencia de los materiales, sismo del 7 de noviembre de 2012.



Fuente: Informe de EERI y AGIES 2,013, 2020.

Ilustración 124. Evaluación de refuerzos en forma de L por medio del muro de reacción.



Fuente: Conferencia Mundial sobre Terremotos 16WCEE 2017, 2020.

**Tabla 47**

Resistencia de bloques de concreto, hechos artesanalmente en el departamento de San Marcos, a través de ensayos después del terremoto del 7 de noviembre.

No.	Fecha de Prueba	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Capacidad (kg/cm <sup>2</sup> )
1	22-11-2012	401	149	199	25.74
2	22-11-2012	402	149	203	31.78
3	22-11-2012	401	148	198	19.64
4	22-11-2012	403	149	198	29.71
5	22-11-2012	400	149	202	24.46
6	22-11-2012	388	140	189	15.11
7	22-11-2012	390	139	188	13.28
8	22-11-2012	391	139	190	18.48
9	22-11-2012	388	140	189	18.98

Fuente: ICCG 2012, 2020.

## 11. ANEXO I LOGÍSTICA

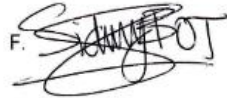
### 11.1 Contrato para traslado de mesa

En la ciudad de Quetzaltenango, el diecisiete de marzo del año dos mil veintitrés. NOSOTROS: **SIDNEY ESTUARDO BOJ DE LEON**, de cuarenta y un años de edad, casado, guatemalteco, Licenciado en Administración de Empresas,, de este domicilio, me identifiqué con Documento Personal de Identificación cuyo Código Unico es el número: mil setecientos treinta y tres; setenta y siete mil ochocientos treinta y uno; cero novecientos uno (1733 77831 0901) extendido por el Registro Nacional de las Personas de la República de Guatemala; y **YARIN ESDUILIAN MAZARIEGOS RODAS**, de treinta y ocho años de edad, casado, guatemalteco, Ingeniero Civil, de este domicilio, me identifiqué con Documento Personal de Identificación con Código Unico de Identificación número: mil ochocientos quince; noventa y nueve mil veintitrés; cero novecientos uno (1815 99023 0901), extendido por el Registro Nacional de las Personas de la República de Guatemala. Ambos encontrándonos en el libre ejercicio de nuestros derechos civiles manifestamos lo siguiente: PRIMERA: Yo: **SIDNEY ESTUARDO BOJ DE LEON** mediante el presente documento declaro que soy Gerente de Operaciones y Logística de Transporte de Mercancías marítimas o terrestres de la Empresa Denominada Grupo Automotriz America, Sociedad Anónima y que por tal razón tendré a bien importarle al señor **YARIN ESDUILIAN MAZARIEGOS RODAS** quien representa al grupo de estudiantes de la Maestría en Ingeniería Estructural y Sismoresistente del Centro Universitario de Occidente CUNOC, que tienen a su cargo el proyecto: traslado de Mesa Vibratoria desde la Universidad de Vancouver, BC Canadá el artículo que se describe a continuación: Mesa vibratoria personalizada de 3m X 3m por 19 pulgadas de grosor; Aleación: aluminio 6061-T6 con reducción de tensión y mecanizado; Peso: 4,600 libras. Dicho artículo cuenta con lo siguiente: a) MTS- Servoactuador hidráulico; Modelo: 204.64 Capacidad de fuerza +/- 35 kips; Carrera 6 pulgadas- Pistón 12.54 se/in. SN: 128 doble efecto con rótulas en ambos extremos; b) MTS- Servoválvula Mod: 253.31 SN: 222L Delta-P Mod. 254.04; Colector de servicio hidráulico MTS Modelo Line Tamer: 284.34; c) Cojinetes guía MTS-hidroestáticos- 2 son de fuerza constante y 1 desplazamiento constante 3- 1/16" hojas de acero inoxidable para desplazamiento del rodamiento montado en S.T.; d) Manifold personalizado con presión de aceite regulada para los 3 rodamientos guía; e) Pedestales de la Mesa de Sacudidas MTS Cant. 4. Los cuatro precargamos a 80 kips con pivotes en ambos extremos. I. **SOBRE EL PUNTO DE SALIDA DEL PRODUCTO.** Departamento de Ingeniería Civil 2010-6250. Aplicación Equipos de Ciencia. Vancouver, BC Canadá



V6T 124. **II. SOBRE EL PUNTO EXACTO DE LLEGADA.** Calle Rodolfo Robles veintinueve guion noventa y nueve de la zona uno de la ciudad de Quetzaltenango, Guatemala. **III. SOBRE EL TIEMPO DE ENTREGA DEL PRODUCTO.** El tiempo estimado de la entrega del Producto ya descrito es de cuarenta y cinco días (siete de mayo) a noventa días (veintiuno de junio) a partir del veintidos de marzo del presente año. **IV. SOBRE GASTOS DE LA IMPORTACIÓN.** En cuanto a los gastos de la importación no se incluye: gastos aduaneros, inspecciones, impuestos transitorios, almacenajes, sobre estadías; cargos por DCS y/o costo de carga y descarga. No incluye cargos locales ni de destino. **V. SOBRE LOS COSTOS DE LA IMPORTACIÓN:** El costo de la importación sin los gastos de importación ya mencionados es de CIENTO NOVENTA Y DOS MIL QUETZALES (Q. 192,000.00) de los cuales el Señor SIDNEY ESTUARDO BOJ DE LEON ya recibió la cantidad de NOVENTA Y SEIS MIL QUETZALES (Q. 96,000.00) el anticipo se desglosa de la siguiente manera: Un depósito monetario por Q. 30,000.00 a la cuenta monetaria de banco industrial No. 0100288522 realizado desde la cuenta del señor López Basegoda Edwin Antonio Grupo 1, Entrega de efectivo por Q. 27,000.00 por Lourdes Janeth Barrios Ochoa Grupo 2, Cheque No. 269 de Banco Banrural por Q. 14,000.00 de Yarin Esduilian Mazariegos Rodas Grupo 3 y Cheque No. 103 de Banco Banrural por Q.25,000.00 de Santos Danilo Xivir Huix o sea el cincuenta por ciento del total del costo de importación en concepto de anticipo, y los otros NOVENTA Y SEIS MIL QUETZALES (Q. 96,000.00) que equivalen al otro cincuenta por ciento se harán efectivos al momento de la entrega del producto. **VI. SOBRE LAS OBLIGACIONES DEL IMPORTADOR.** I. Al cumplir en la entrega del producto en el punto primero liberal III en el plazo pactado, siendo la fecha a los 90 días siendo la fecha el veintiuno de junio. II. En caso de incumplimiento en el primer mes se tendrá un descuento del 1.5 % de los costos de importación. III. Pasados noventa días de la fecha máxima de entrega y continuar en incumplimiento, el importador **SIDNEY ESTUARDO BOJ DE LEON**, se compromete a la devolución de la totalidad del dinero recibido equivalente a la cantidad de NOVENTA Y SEIS MIL QUETZALES (Q 96,000.00), adicionalmente al pago de daños y perjuicios y a las costas procesales sometiéndose desde ya a los órganos jurisdiccionales competentes en caso de incumplimiento, señalando como lugar para recibir notificaciones la sexta avenida siete guion cincuenta y uno de la zona dos de esta ciudad. TERCERO: Nosotros: **SIDNEY ESTUARDO BOJ DE LEON y YARIN ESDUILIAN MAZARIEGOS**

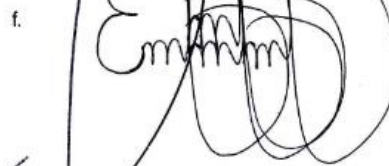
RODAS manifiestamos que ACEPTAMOS los términos del presente Documento Privado en cuanto a la Importación del producto así como las condiciones indicadas y las obligaciones asumidas en el mismo.

F. 

F. 

En la ciudad de Quetzaltenango, el diecisiete de marzo del año dos mil veintitres. Como Notario DOY FE que las firmas que anteceden a la presente son AUTENTICAS, en virtud de haber sido puestas el día de hoy en mi presencia por SIDNEY ESTUARDO BOJ DE LEON quien se identifica con Documento Personal de Identificación con Código Unico de Identificación número: mil quinientos ochenta y tres; cuarenta y tres mil ochocientos treinta y dos; mil trescientos uno (1583 43832 1301) extendido por el Registro Nacional de las Personas de la República de Guatemala y YARIN ESDUILIAN MAZARIEGOS RODAS quien se identifica con Documento Personal de Identificación cuyo Código Unico es el numero: mil ochocientos quince; noventa y nueve mil veintitres; cero novecientos uno (1815 99023 0901), extendido por el Registro Nacional de las Personas de la República de Guatemala. Previa lectura de la presente Acta de Legalización los signatarios vuelven a firmar la presente juntamente conmigo que de todo lo relacionado DOY FE.-

f. 

f. 

ANTE MI:

LICENCIADO  
*Edgar Cecovanni Ortiz Vásquez*  
ABOGADO Y NOTARIO



**11.2. Invoice emitida por UBC**

**THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA**



**Carlos Ventura**  
**Department of Civil Engineering**  
2018 – 6250 APPLIED SCIENCE LN  
Vancouver, B.C. Canada V6T 1Z4

Tel: (604) 822-6946 Fax: (604) 822-6901  
E-mail: [ventura@civil.ubc.ca](mailto:ventura@civil.ubc.ca)

**INVOICE**

DATE: March 20, 2023

INVOICE NO: CIVL2303C(CV).

REF. ACCOUNT: PM000608/ HFTL  
Revenue Sales/Service: 4200

IN ACCOUNT WITH: Yarin Esduilian Mazariegos Rodas  
4ta calle 2-11 Zona 7 Colonia Jardines de  
Xelaju Quetzaltenango  
Quetzaltenango, Guatemala, Central America  
Phone: +502 5910 8794  
e-mail: [esdvalen@gmail.com](mailto:esdvalen@gmail.com)

**PLEASE MAKE ALL CHEQUES PAYABLE TO  
"UBC – DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING"  
6250 Applied Science Lane, #2002  
Vancouver, BC V6T 1Z4**

Please include a copy of this invoice with your remittance.

**For the sale of one used aluminum shake table  
(for purpose of student research) .....US\$2,000.00**

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'C. Ventura'.

Carlos Ventura,  
Director, Earthquake Engineering Research Facility

Beneficiary Bank: HSBC Bank Canada  
Vancouver Main Branch  
885 West Georgia Street Vancouver,  
B.C. Institution: 016  
Transit: 10020  
SWIFT CODE: HKBCCATT

Beneficiary: 437218002  
University of British Columbia 6190  
Agronomy Road, 5th Floor Vancouver,  
BC, Canada, V6T 1Z3

Remittance detail): Terry Moser, Civil Engineering/  
PM000608/ HFTL

## 11.3. Pago para emisión de invoice necesaria para el traslado

4/4/23, 17:09

Consulta Transferencias al Exterior



### Transferencia al Exterior

#### Datos Cliente

No. Autorización : **5001051712** Usuario Ingreso : **9990309850**  
Estado : **Operada**  
Fecha : **04/04/2023** Hora : **17:07:11**  
Direccion Cliente: **13 CALLE 6-12, ZONA 5 QUETZALTENANGO**  
Telefono Cliente: **0059108794** No. Cuenta Banco G&T: 67-8018431-9 YARIN ESDUILLIAN MAZARIEG  
No Negocio :  
Tasa de Cambio : **7.900000** Costo Fijo: **264.00**  
Valor Dolares: **2000.00** Valor Quetzales: **15800.00**  
Total a Debitar : **16064.00**  
Motivo de Transferencia: **Compra de Mesa Vibratoria de Aluminio Usada (Investigación Estudiantil)**

#### Datos Beneficiario

Tipo **Empresarial**  
Beneficiario : **UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA**  
Empresa: **6190 Agronomy Road, 5th Floor**  
Direccion: **Vancouver, BC, Canada, V6T 1Z3**

#### Banco Destino

Banco : **HSBC BANK CANADA**  
Direccion : **TORONTO,CANADA**  
Cuenta : **437218002** Aba-Banking(USA) :  
Swift : **HKCCATT**

## 12. ANEXO II

### IMÁGENES DE MATERIALES Y MODELOS TÍPICOS DE VIVIENDA QUE PUEDEN SER ENSAYADOS EN LA MESA VIBRATORIA



Fuente: [www.megaproductos.com](http://www.megaproductos.com)



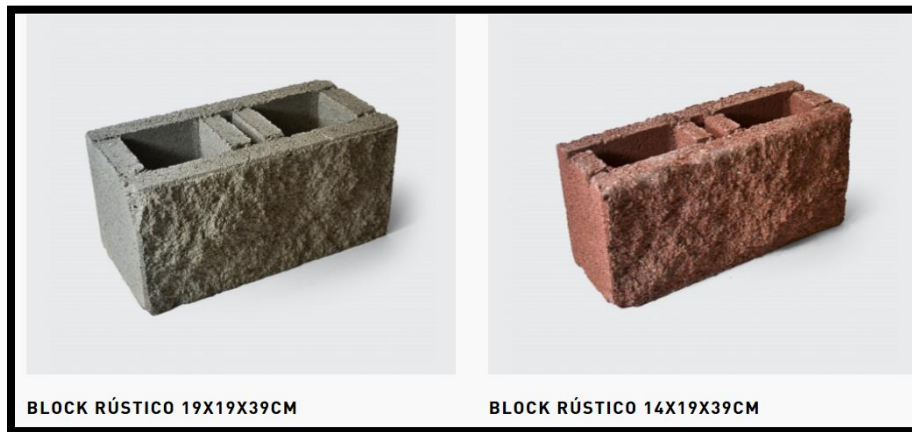
Fuente: [www.megaproductos.com](http://www.megaproductos.com)



Fuente: [www.megaproductos.com](http://www.megaproductos.com)



Fuente: [www.megaproductos.com](http://www.megaproductos.com)



Fuente: <https://laroca.com.gt/>



Fuente: <https://grupomonolit.com/>



Fuente: [www.megaproductos.com](http://www.megaproductos.com)



Fuente: <https://precon.com.gt/>



Fuente: <https://grupomonolit.com/>





Fuente: <https://grupomonolit.com/>



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



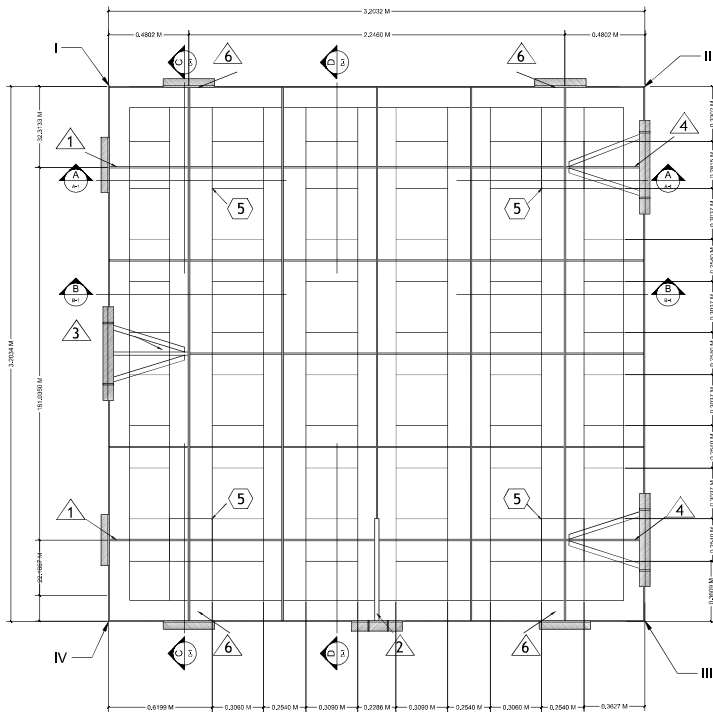
Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.



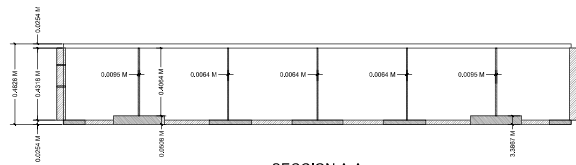
Fuente: Jacaltenango, Huehuetenango, el autor.

### **13. ANEXO III PLANOS MESA VIBRATORIA**





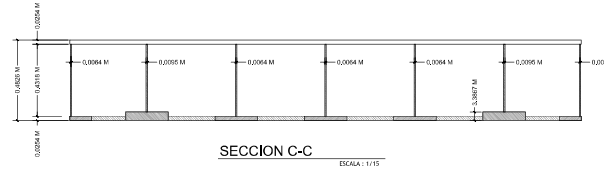
PLANTA  
ESCALA: 1/15



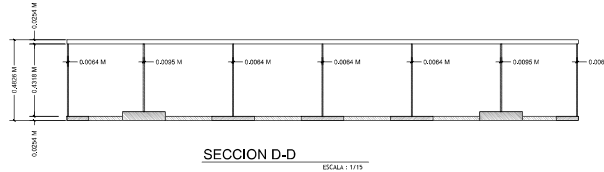
SECCION A-A  
ESCALA: 1/15



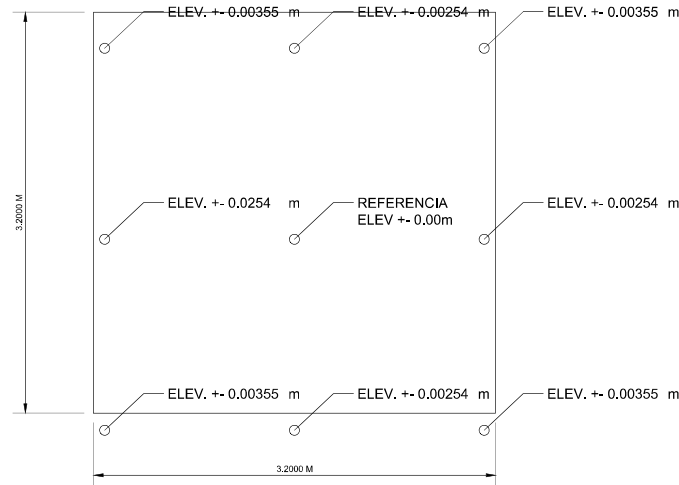
SECCION B-B  
ESCALA: 1/15



SECCION C-C  
ESCALA: 1/15



SECCION D-D  
ESCALA: 1/15



PLANTA DE MESA QUE MUESTRA LAS TOLERANCIAS DE LA SUPERFICIE DESPUÉS DE ALMIAR EL ESTRÉS

ESCALA: 1/20

NOTAS GENERALES:

1. MESA VIBRATORIA SISMICA CUENTA CON DIMENSIONES DE 3.00M x 3.00M EN PLANTA Y 0.48M DE PROFUNDIDAD, CONSTA DE UNA PLACA SUPERIOR CONTINUA DE 3/4" DE ESPESOR, QUE ACTÚA COMO UNA BRIDA SUPERIOR, TAMBIEN CON PLACAS DE ALMA QUE SE CRUZAN Y PLACAS DE BRIDA INFERIOR QUE SE CRUZAN.
2. TODOS LOS MATERIALES SERÁN DE ALEACION DE ALUMINIO 5083-0 DE GRADO SOLDABLE. LOS TAPONES ROSCADOS SERÁN DE LATÓN. EL SOPORTE DE ELEVACION SUPERIOR DEBE SER DE ACERO ASTM A36 O SIMILAR.
3. EL CONTRATISTA PUEDE PROPONER CONEXIONES ALTERNATIVAS O LA DISPOSICIÓN DE LAS PLACAS DE LOS COMPONENTES, SI ELLO MINIMIZA LOS COSTOS Y LA DISTORSION.
4. EL PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DEBE SER TAL QUE MINIMICE LA DISTORSION GENERAL Y LOCAL, DEFORMACIONES, COMBADURAS, PROTUBERANCIAS Y DESNIVELES.
5. LA SOLDADURA DEBE REALIZARSE CON LOS PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES RECOMENDADOS POR LAS SECCIONES APROPIADAS DE LAS NORMAS CSA.
6. EL PROPIETARIO INSPECCIONARÁ CADA FASE DE LA SOLDADURA ANTES DE QUE LAS INTERSECCIONES SOLDADAS SE ENCAJEN, O ANTES DE QUE SE VUELVAN INACCESIBLES.
7. SI LA PLACA DE CUBIERTA SUPERIOR DE 1" ESTÁ HECHA DE SECCIONES, LAS CONEXIONES DEBEN SOLDARSE A TOPE, PENETRANDO COMPLETAMENTE ENTRE SÍ Y AL RAS DEL SUELO EN AMBAS CARAS. SE APLICA UNA SOLDADURA SIMILAR A LAS PLACAS DE ALMA SI SE UNEN EN LUGARES QUE NO SEAN INTERSECCIONES.
8. UNIDAD DE LA MESA DE ALIVIO DE TENSION DEPUÉS DE QUE SE HAYAN EJECUTADO TODAS LAS SOLDADURAS.
9. LAS TOLERANCIAS DE PLANITUD DE LA SUPERFICIE DE LA MES DESPUÉS DE ALMIAR LA TENSION DEBEN SER LAS QUE SE MUESTRAN EN DETALLE 6-1
10. LAS PLACAS DE REACCIÓN Y DE SOPORTE DEBEN FRESARSE. PLANA DESPUÉS DE ALMIAR LA TENSION DE LA SIGUIENTE MANERA:
  - PLACAS 1, 2, 5 PLANAS A 0.0254 CM
  - PLACAS 3, 4 PLANAS A 0.0127 CM
  - PLACAS 6 PLANAS A 0.079 CM
  - ADEMÁS LAS PLACAS 3 Y 4 DEBEN ESTAR PARALELAS ENTRE SI A 0.158 CM

ANOTACIONES DE PLACAS:

- △ 12" x 17" x 2" REACCIÓN DEL ACTUADOR LATERAL.
- △ 12" x 17" x 2 1/2" REACCIÓN DEL ACTUADOR.
- △ 22" x 17" x 2 1/2" REACCIÓN DEL RODAMIENTO HIDRÁULICO.
- △ 22" x 17" x 2" REACCIÓN DEL RODAMIENTO HIDRÁULICO.
- ⑤ 10" x 10" x 2" REACCIÓN DEL ACTUADOR VERTICAL.
- △ 12" x 17" x 1 1/2" IMPACTO.



CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

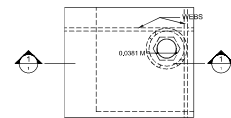
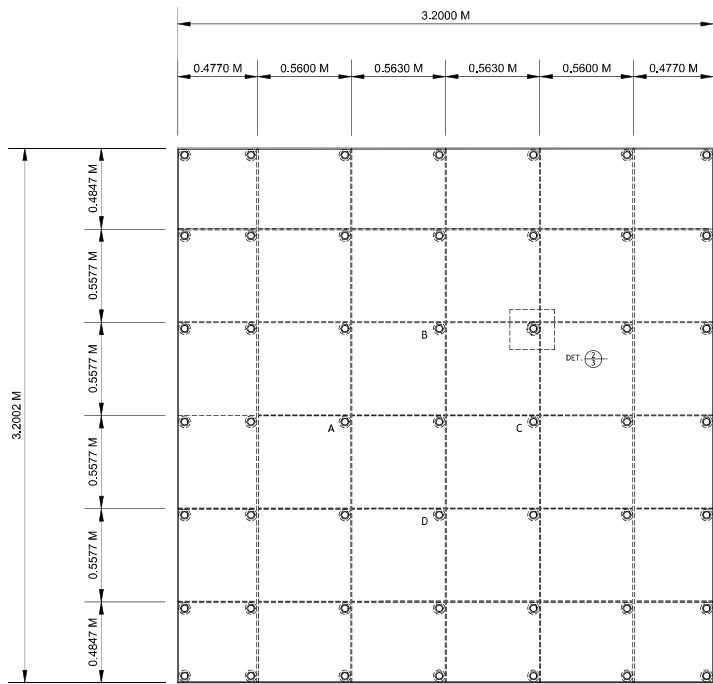
MESA VIBRATORIA SÍSMICA DE ALUMINIO

DIBUJO:  
GRUPO 3  
REVISÓ:  
FIRMA:  
/

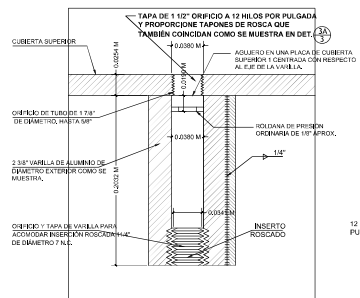
DIBUJO ESTRUCTURAL No 01/09

FECHA: OCTUBRE, 2023.

ESCALA: INDICADA

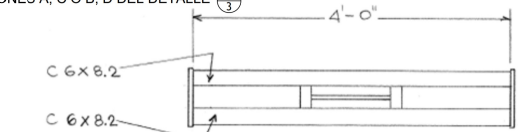


1 PLANTA DE LIMITACIÓN DE ANCLAJES ESCALA: 1/105

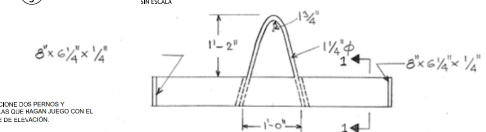


SECCION 1-1 ESCALA: 1/103

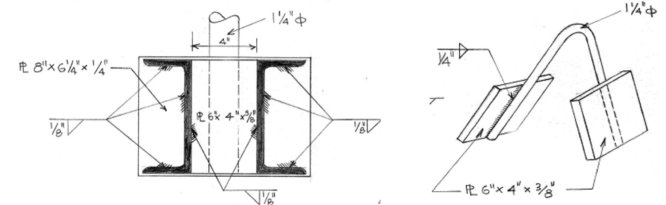
SOPORTE DE LOFTING SUPERIOR QUE SERÁ ATORNILLADO EN LAS POSICIONES A, C O B, D DEL DETALLE 1



4 PLANTA SIN ESCALA

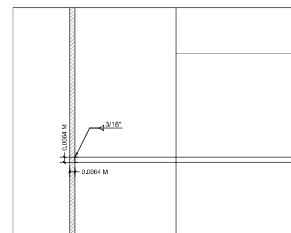


5 ELEVACION SIN ESCALA

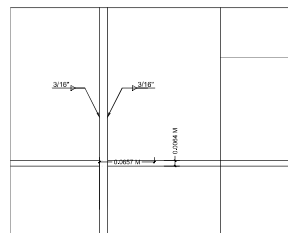


6 SECCION 1-1 SIN ESCALA

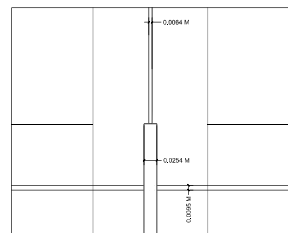
PLANTA DE UBICACION DE ANCLAJES PARA MUESTRAS ESCALA: 1/115



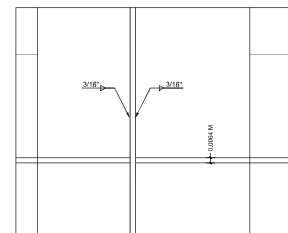
INTERSECCION WEB TIPO 1 ESCALA: 1/103



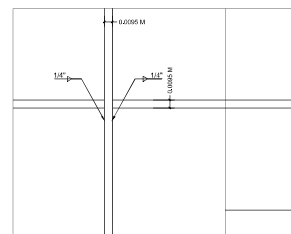
INTERSECCION WEB TIPO 2 ESCALA: 1/103



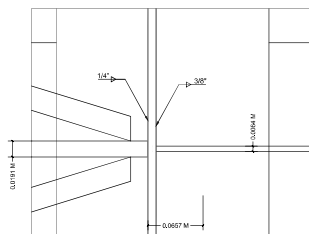
INTERSECCION WEB TIPO 3 ESCALA: 1/115



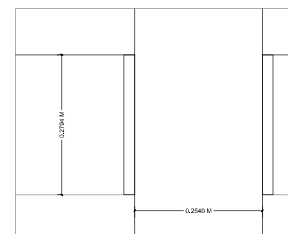
INTERSECCION WEB TIPO 4 ESCALA: 1/103



INTERSECCION WEB TIPO 5 ESCALA: 1/103

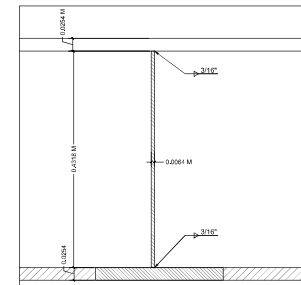


INTERSECCION WEB TIPO 6 ESCALA: 1/103

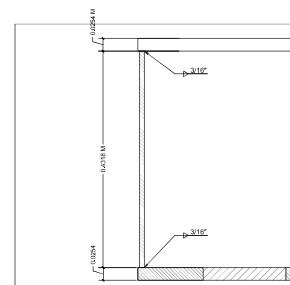


INTERSECCION DE BRIDA INFERIOR TIPO 1 ESCALA: 1/13

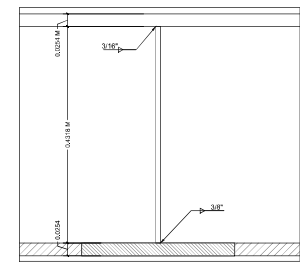
DETALLE DE TAPONES ROSCADOS DE LATON ESCALA: 1/103



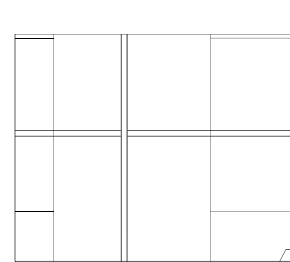
INTERSECCION DE BRIDA WEB TIPO 1 ESCALA: 1/105



INTERSECCION DE BRIDA WEB TIPO 2 ESCALA: 1/105

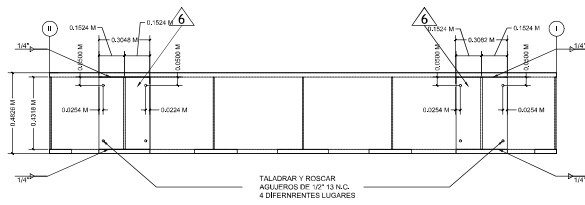


INTERSECCION DE BRIDA WEB TIPO 1 ESCALA: 1/105

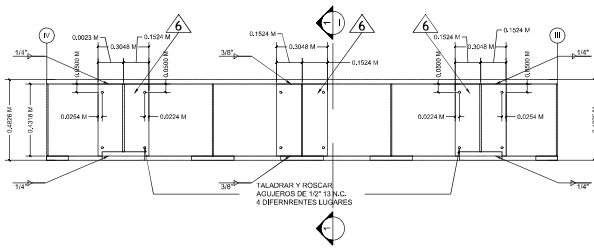


DETALLE PLACA DE SOPORTE ESCALA: 1/103

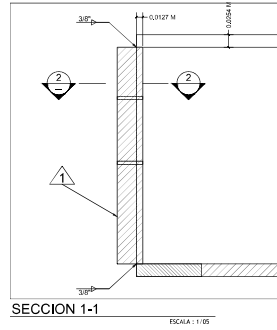
<p>CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	<p>MESA VIBRATORIA SÍSMICA DE ALUMINIO</p>		
	<p>DIBUJO: GRUPO 3</p>	<p>DIBUJO ESTRUCTURAL No 02/09</p>	
<p>REVISÓ:</p>	<p>FIRMA:</p>	<p>FECHA: OCTUBRE, 2023.</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p>



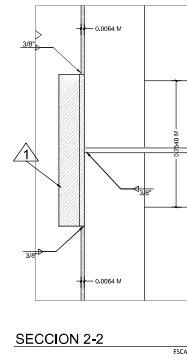
ELEVACION I - II  
ESCALA: 1/115



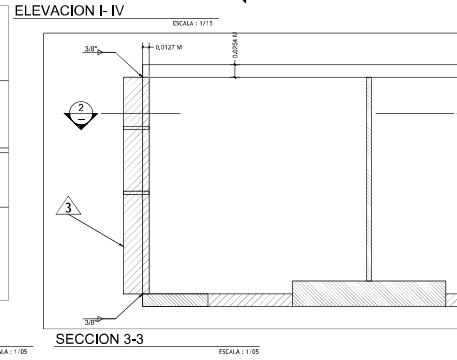
ELEVACION IV - III  
ESCALA: 1/115



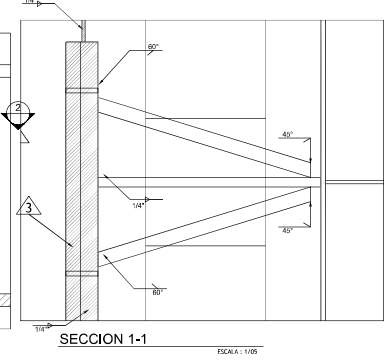
SECCION 1-1  
ESCALA: 1/65



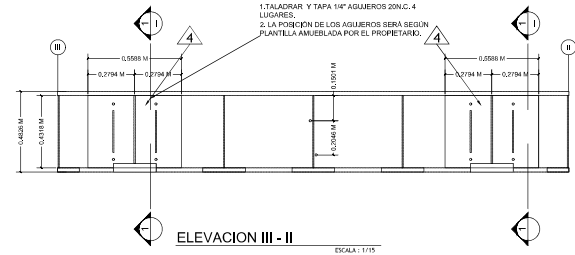
SECCION 2-2  
ESCALA: 1/65



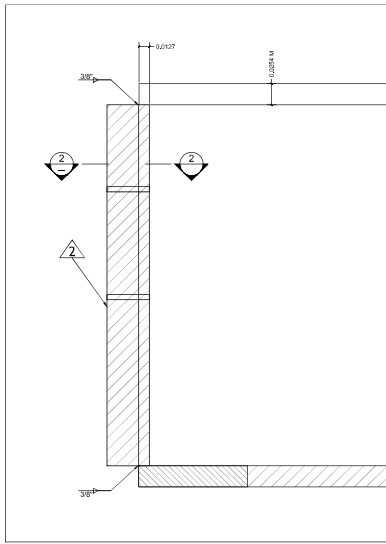
ELEVACION I - IV  
ESCALA: 1/115



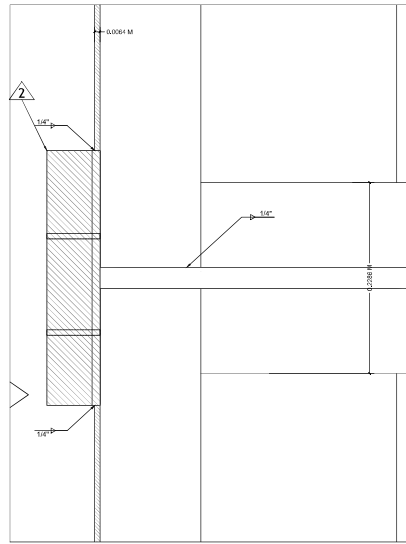
SECCION 1-1  
ESCALA: 1/65



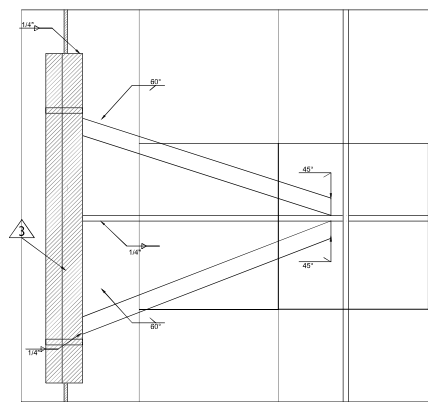
ELEVACION III - II  
ESCALA: 1/115




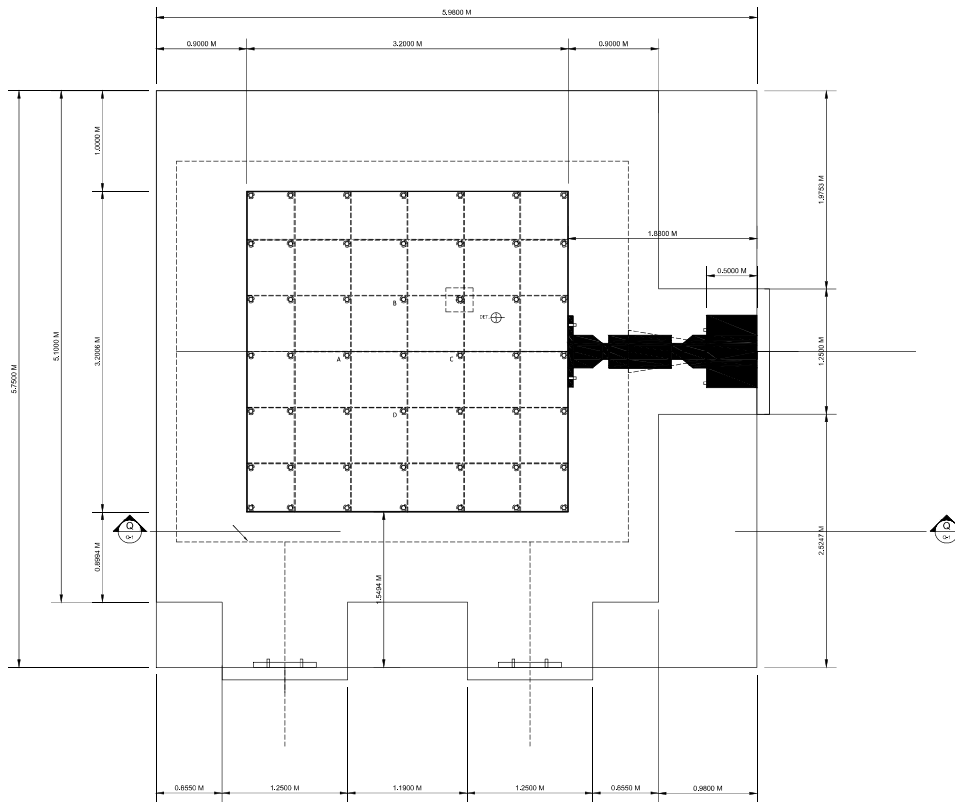
SECCION 1-1  
ESCALA: 1/65



SECCION 1-1  
ESCALA: 1/65

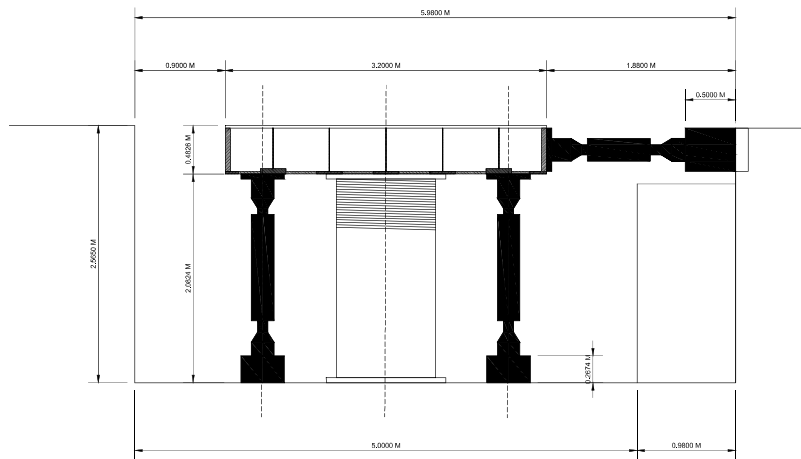


 CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		<b>MESA VIBRATORIA SÍSMICA DE ALUMINIO</b>	
		DIBUJO: GRUPO 3	<b>DIBUJO ESTRUCTURAL No 03/09</b>
FIRMA:  		FECHA: OCTUBRE, 2023.	ESCALA: INDICADA



PLANTA

ESCALA: 1/25




SECCION Q-Q

ESCALA: 1/10

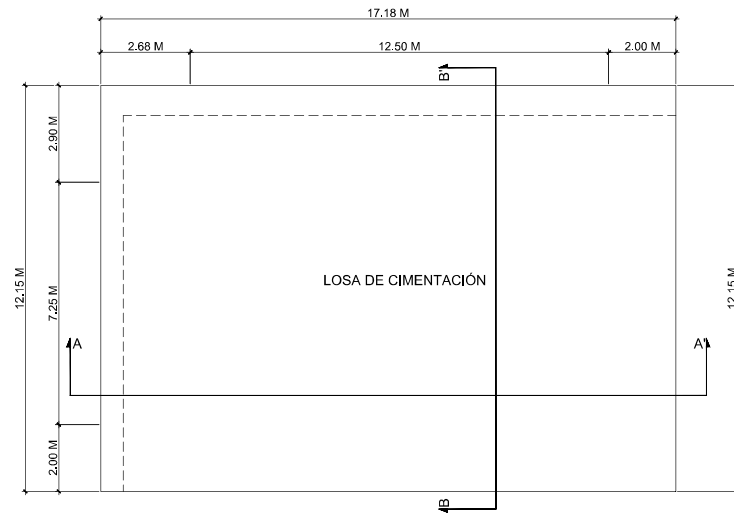
### NOTAS GENERALES:

1. MESA VIBRATORIA SISMICA CUENTA CON DIMENSIONES DE 3.00M x 3.00M EN PLANTA Y 0.48M DE PROFUNDIDAD, CONSTA DE UNA PLACA SUPERIOR CONTINUA DE 3/4" DE ESPESOR, QUE ACTÚA COMO UNA BRIDA SUPERIOR, TAMBIEN CON PLACAS DE ALMA QUE SE CRUZAN Y PLACAS DE BRIDA INFERIOR QUE SE CRUZAN.
2. TODOS LOS MATERIALES SERÁN DE ALEACION DE ALUMINIO 5083-0 DE GRADO SOLDABLE. LOS TAPONES ROSCADOS SERÁN DE LATÓN. EL SOPORTE DE ELEVACION SUPERIOR DEBE SER DE ACERO ASTM A36 O SIMILAR.
3. EL CONTRATISTA PUEDE PROPONER CONEXIONES ALTERNATIVAS O LA DISPOSICIÓN DE LAS PLACAS DE LOS COMPONENTES, SI ELLO MINIMIZA LOS COSTOS Y LA DISTORSION.
4. EL PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DEBE SER TAL QUE MINIMICE LA DISTORSION GENERAL Y LOCAL, DEFORMACIONES, COMBADURAS, PROTUBERANCIAS Y DESNIVELES.
5. LA SOLDADURA DEBE REALIZARSE CON LOS PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES RECOMENDADOS POR LAS SECCIONES APROPIADAS DE LAS NORMAS CSA.
6. EL PROPIETARIO INSPECCIONARÁ CADA FASE DE LA SOLDADURA ANTES DE QUE LAS INTERSECCIONES SOLDADAS SE ENCAJEN, O ANTES DE QUE SE VUELVAN INACCESIBLES.
7. SI LA PLACA DE CUBIERTA SUPERIOR DE 1" ESTÁ HECHA DE SECCIONES, LAS CONEXIONES DEBEN SOLDARSE A TOPE, PENETRANDO COMPLETAMENTE ENTRE SÍ Y AL RAS DEL SUELO EN AMBAS CARAS. SE APLICA UNA SOLDADURA SIMILAR A LAS PLACAS DE ALMA SI SE UNEN EN LUGARES QUE NO SEAN INTERSECCIONES.
8. UNIDAD DE LA MESA DE ALIVIO DE TENSION DEPUÉS DE QUE SE HAYAN EJECUTADO TODAS LAS SOLDADURAS.
9. LAS TOLERANCIAS DE PLANITUD DE LA SUPERFICIE DE LA MES DEPUÉS DE ALIVIA LA TENSION DEBEN SER LAS QUE SE MUESTRAN EN DETALLE 6-1
10. LAS PLACAS DE REACCIÓN Y DE SOPORTE DEBEN FRESARSE. PLANA DESPUES DE ALIVIA LA TENSION DE LA SIGUIENTE MANERA:
  - PLACAS 1, 2, 5 PLANAS A 0.0254 CM
  - PLACAS 3, 4 PLANAS A 0.0127 CM
  - PLACAS 6 PLANAS A 0.079 CM
  - ADEMÁS LAS PLACAS 3 Y 4 DEBEN ESTAR PARALELAS ENTRE SI A 0.158 CM

		<b>MESA VIBRATORIA SÍSMICA DE ALUMINIO</b>	
		DIBUJO: GRUPO 3	<b>DIBUJO ESTRUCTURAL No 04/09</b>
REVISÓ: 	FIRMA: /		
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA: OCTUBRE, 2023.	ESCALA: INDICADA



## **14. ANEXO IV PLANOS MURO DE REACCIÓN**



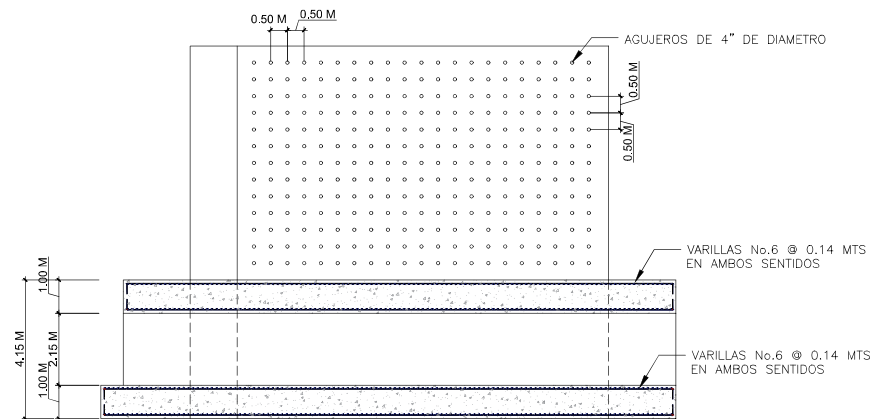
PLANTA DE MURO DE REACCION

ACERO DE REFUERZO  
 $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2 = 60,000 \text{ PSI}$   
 ACERO GRADO 60  
 (NO SE PERMITE GRADO 40)

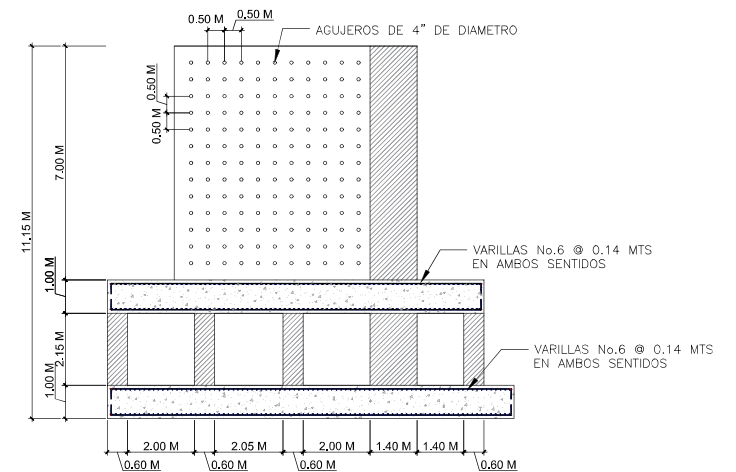
VARILLA DE ACERO DE ALEACIÓN  
 $F_y = 10,200 \text{ kg/cm}^2 = 145,000 \text{ PSI}$   
 ACERO GRADO 145

CONCRETO  
 $f'_c = 420 \text{ kg/cm}^2 = 6,000 \text{ PSI}$


NOTA: COLOCAR TUBO DE METAL PARA LOS AGUJEROS DE 4" DE DIAMETRO EN LA COLOCACIÓN DE LA FORMALETA DEL MURO DE REACCIÓN Y LOSA DE REACCIÓN

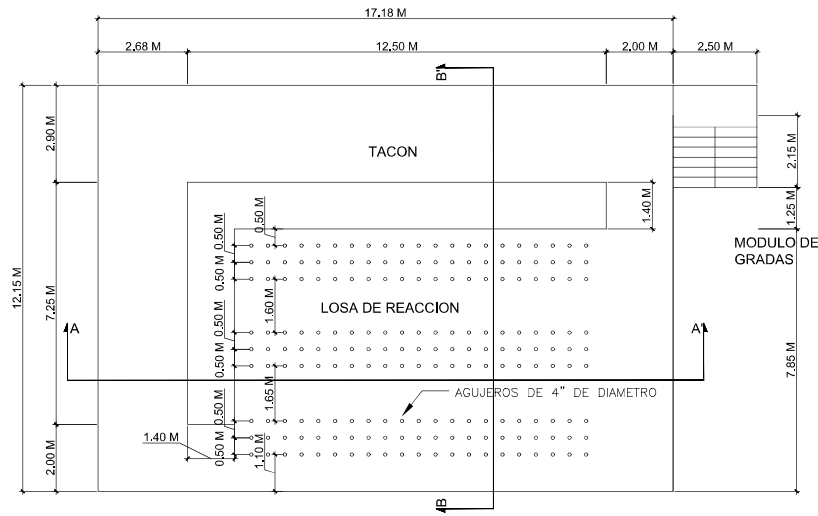


ELEVACION DE MURO DE REACCION



PERFIL DE MURO DE REACCION

 CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	MESA VIBRATORIA SÍSMICA DE ALUMINIO	
	DIBUJO: GRUPO 3	DIBUJO ESTRUCTURAL No.06/09
REVISO:  FIRMA: /	FECHA: OCTUBRE, 2023.	ESCALA: 1/75



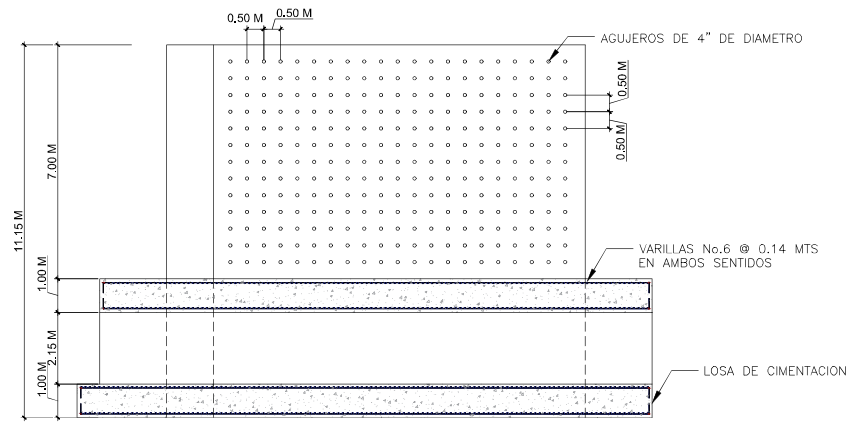
ACERO DE REFUERZO  
 $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2 = 60,000 \text{ PSI}$   
 ACERO GRADO 60  
 (NO SE PERMITE GRADO 40)

VARILLA DE ACERO DE ALEACIÓN  
 $F_y = 10,200 \text{ kg/cm}^2 = 145,000 \text{ PSI}$   
 ACERO GRADO 145

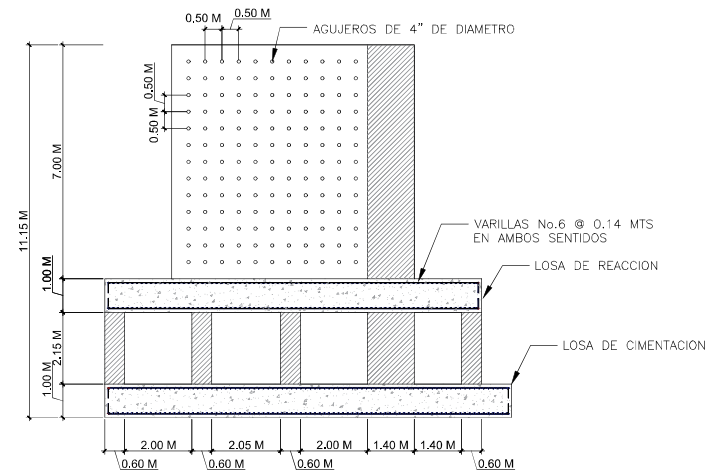
CONCRETO  
 $f'_c = 420 \text{ kg/cm}^2 = 6,000 \text{ PSI}$

NOTA: COLOCAR TUBO DE METAL PARA LOS AGUJEROS DE 4" DE DIAMETRO EN LA COLOCACIÓN DE LA FORMALETA DEL MURO DE REACCIÓN Y LOSA DE REACCIÓN


PLANTA DE MURO DE REACCION



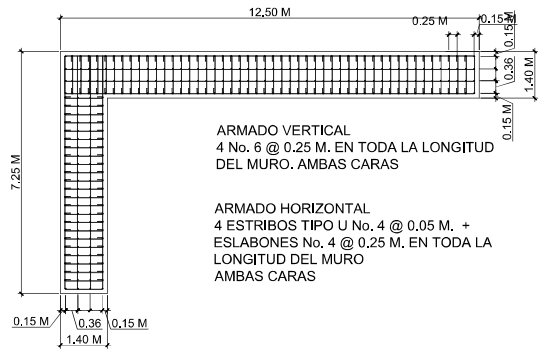
ELEVACION DE MURO DE REACCION



PERFIL DE MURO DE REACCION

 CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	<b>MESA VIBRATORIA SÍSMICA DE ALUMINIO</b>	
	DIBUJO: GRUPO 3	<b>DIBUJO ESTRUCTURAL No 07/09</b>
REVISO:  FIRMA: /	FECHA: OCTUBRE, 2023.	ESCALA: 1/75



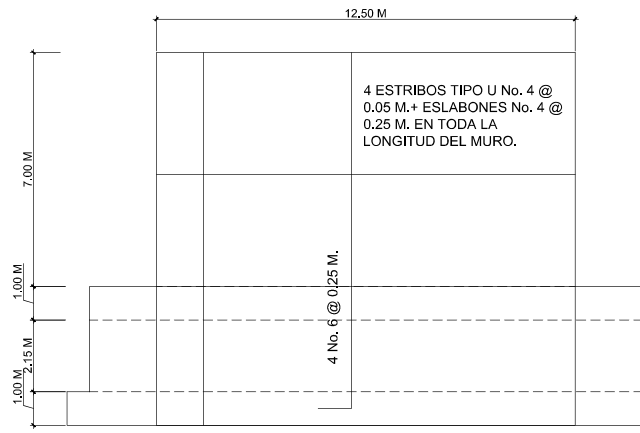


ACERO DE REFUERZO  
 $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2 = 60,000 \text{ PSI}$   
 ACERO GRADO 60  
 (NO SE PERMITE GRADO 40)

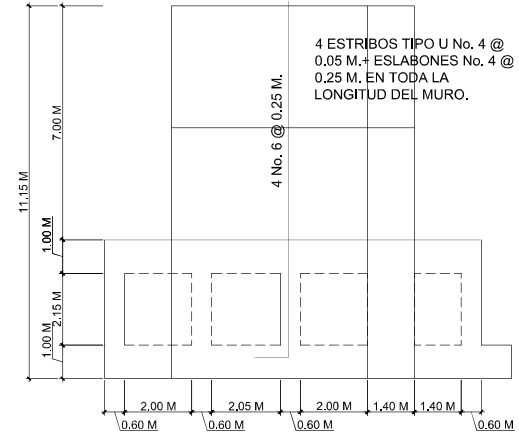
VARILLA DE ACERO DE ALEACIÓN  
 $F_y = 10,200 \text{ kg/cm}^2 = 145,000 \text{ PSI}$   
 ACERO GRADO 145

CONCRETO  
 $f'_c = 420 \text{ kg/cm}^2 = 6,000 \text{ PSI}$


ARMADO PLANTA DE MURO DE REACCION

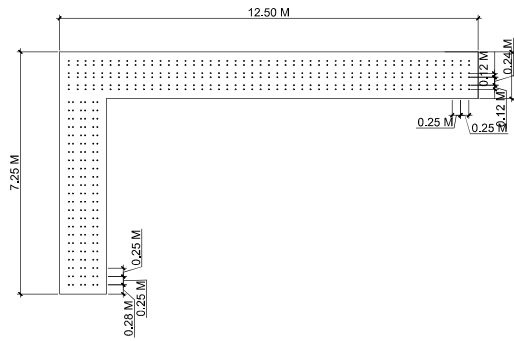


ARMADO DE ELEVACION DE MURO DE REACCION



ARMADO DE PERFIL DE MURO DE REACCION

 CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	MESA VIBRATORIA SÍSMICA DE ALUMINIO	
	DIBUJO: GRUPO 3	DIBUJO ESTRUCTURAL No 08/09
	REVISO:	
	FIRMA:	
FECHA: OCTUBRE, 2023.	ESCALA: 1/75	



**NOTAS DEL POSTENSADO**

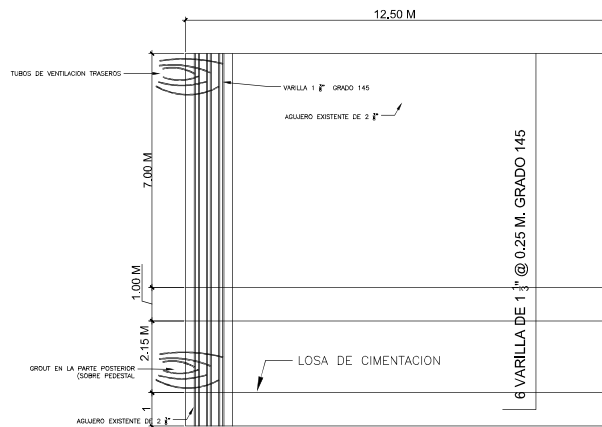
- 1). INSTALE ANCLAJES Y PLACAS DESPUES DE FUNDICION DE PARED DE MURO.
- 2). REALICE TENSION EN LA PARTE SUPERIOR DEL MURO.
- 3). REALICE TENSION AL 85 % DE LA CAPACIDAD.
- 4). APLIQUE GROUT DESPUES DE TENSAR.

ACERO DE REFUERZO  
 $F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2 = 60,000 \text{ PSI}$   
 ACERO GRADO 60  
 (NO SE PERMITE GRADO 40)

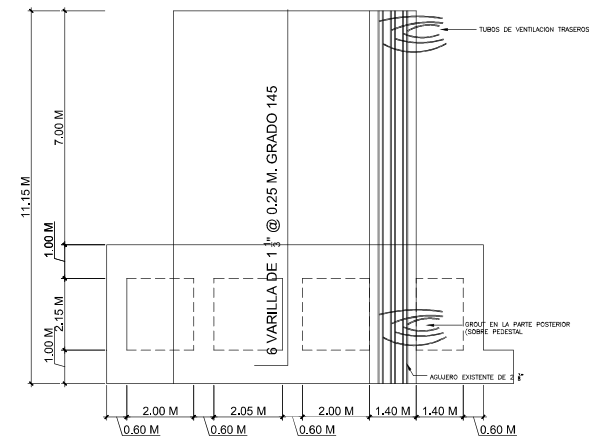
VARILLA DE ACERO DE ALEACION  
 $F_y = 10,200 \text{ kg/cm}^2 = 145,000 \text{ PSI}$   
 ACERO GRADO 145

CONCRETO  
 $f'_c = 420 \text{ kg/cm}^2 = 6,000 \text{ PSI}$


**ARMADO POSTENSADO DE PLANTA DE MURO DE REACCION.**



**ARMADO POSTENSADO DE ELEVACION DE MURO DE REACCION.**



**ARMADO POSTENSADO DE PERFIL DE MURO DE REACCION**

 CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	<b>MESA VIBRATORIA SÍSMICA DE ALUMINIO</b>	
	DIBUJO: GRUPO 3	<b>DIBUJO ESTRUCTURAL No 09/09</b>
REVISO:  FIRMA: /	FECHA: OCTUBRE, 2023.	ESCALA: 1/75

## **15. ANEXO V ESTUDIO DE SUELOS**



Estudios Geotécnicos  
Estudios hidrogeológicos  
Estudios de permeabilidad  
Sondeos eléctricos verticales  
Calicatas eléctricas  
Sísmica de refracción  
Tomografía eléctrica

Ensayos Triaxiales  
Ensayos de Corte Directo  
Ensayo de Penetración Estándar (SPT)  
Ensayo de Abrasión  
Ensayo de Esclerometria  
Ensayo de Resistencia a la Compresión  
Ensayo de Consolidación Edometrica

# Laboratorios Control de Calidad De Suelos

Concreto, Asfalto y Materiales

## INFORME GEOTÉCNICO



**PROYECTO:** Laboratorio de sismoresistencia CUNOC-USAC  
**UBICACIÓN:** C. Rodolfo Robles 29-99, Quezaltenango  
**FECHA:** OCTUBRE 2021

## 1.- INTRODUCCIÓN

Se realiza el presente informe geotécnico del **PROYECTO**: Laboratorio de sismoresistencia CUNOC-USAC. **UBICACIÓN**: C. Rodolfo Robles 29-99, Quezaltenango.

La parcela tiene su topografía podemos indicar que es plana.



**Fotografía 1** Vista de la topografía del área del proyecto

Fuente: Elaboración propia. 2021.

Se pretende con el mismo analizar en el área a construir el proyecto con todos los aspectos que desde el punto de vista geotécnico afecten al proyecto, y más concretamente:

- Condiciones geológicas generales de la zona.
- Características geotécnicas del subsuelo, con obtención de los distintos parámetros geotécnicos de los materiales.
- Características químicas del terreno y el agua
- Condiciones de cimentación: tipo de cimiento, cargas admisibles.
- Otras recomendaciones.

### Ubicación geográfica

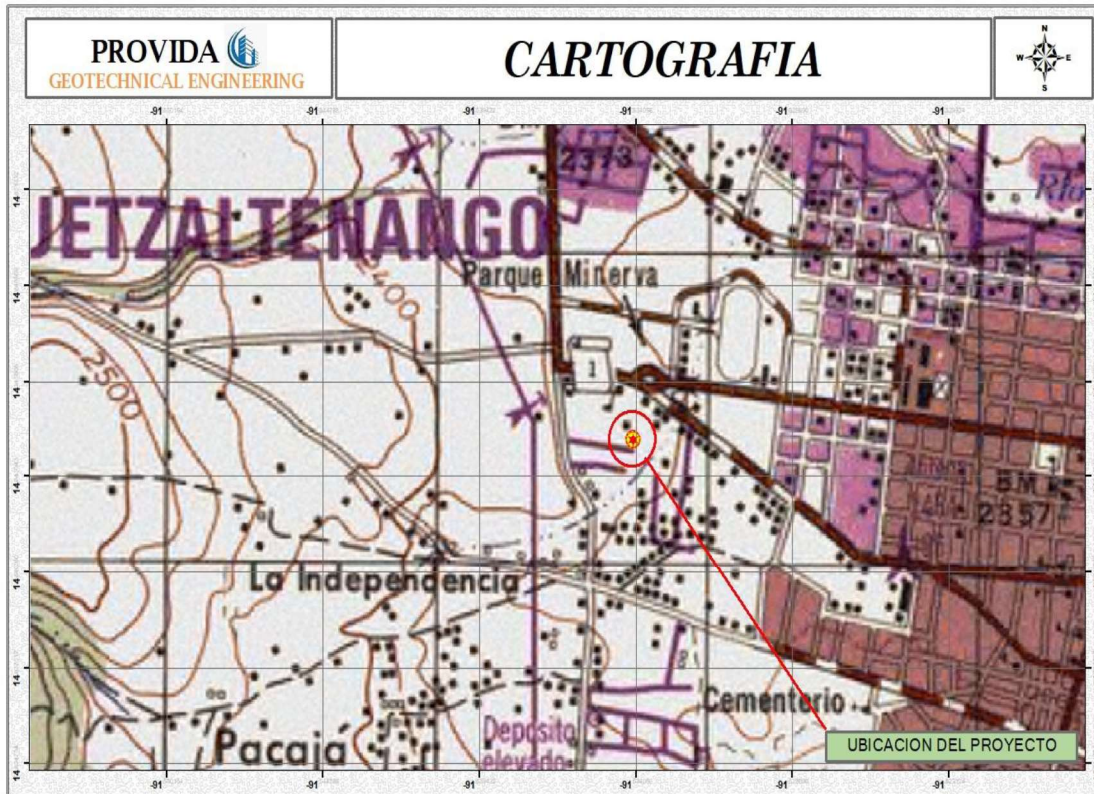
El terreno donde se desarrollará el **PROYECTO**: Laboratorio de sismoresistencia CUNOC-USAC. **UBICACIÓN**: C. Rodolfo Robles 29-99, Quezaltenango.



**Mapa 1 Ubicación del área del proyecto**  
Fuente: Elaboración propia en base a ArcGIS

### COORDENADAS DE UBICACIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y UTM

<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>			
	<b>GRADOS</b>	<b>MINUTOS</b>	<b>SEGUNDOS</b>
<b>Latitud N</b>	14°	50´	38.44"
<b>Longitud W</b>	91°	32´	2.82"
<b>COORDENADAS UTM</b>			
<b>Coordenada Norte</b>	1641590 N		
<b>Coordenada Este</b>	0657722 E		



Mapa 2 Cartografía del área del proyecto

Fuente: Elaboración propia en base a Instituto Geográfico Nacional, IGN

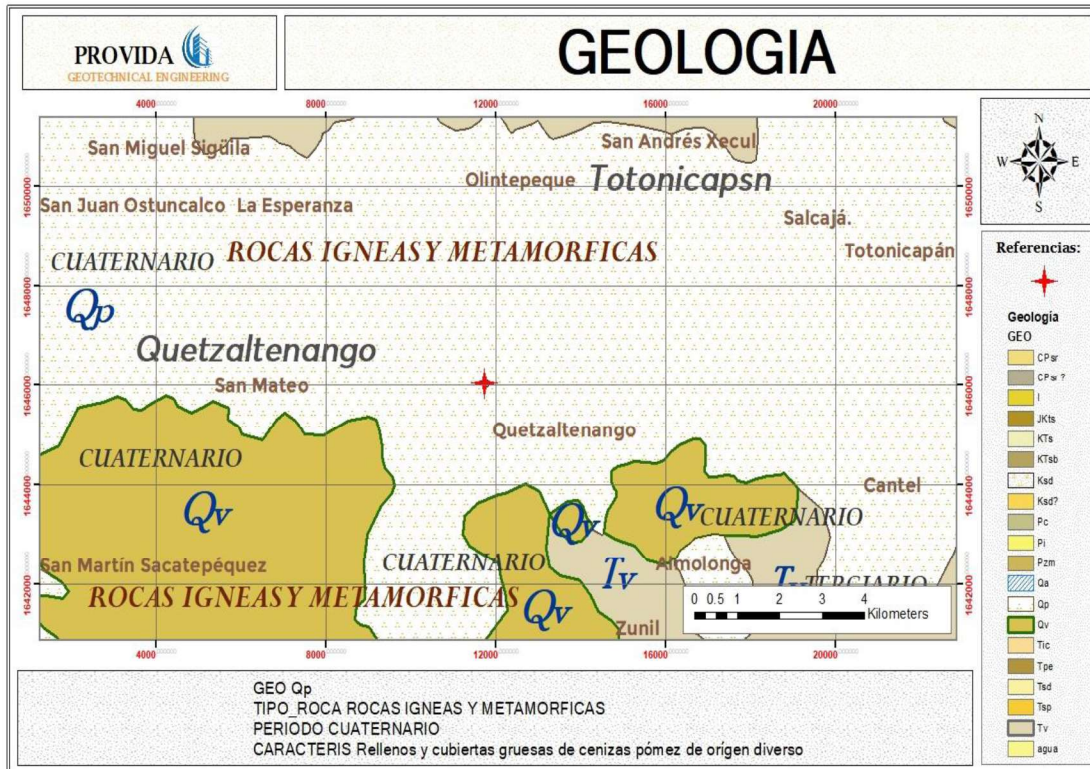
## CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICAS

El Proyecto se localiza en un terreno con las siguientes características:

**Qp** ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS CUATERNARIO Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso

### Cenizas Volcánicas

*Esta clase de cenizas y pómez de origen volcánico se encuentran diseminados principalmente en el Cinturón Volcánico. Estando las cabeceras departamentales de San Marcos, Quezaltenango, Sololá, El Quiché, Huehuetenango, Totonicapán, Chimaltenango, Salamá, Santa Rosa, Jutiapa y Guatemala, asentadas sobre esta clase de rellenos pumíceos. Existiendo además en el norte de Sacatepéquez, en el centro de El Progreso y al sur de Izabal. Son rocas muy reciente del Cuaternario.*



**Mapa 3 Geología del proyecto**  
 Fuente: Elaboración propia en base a ArcGIS

Dentro del área de influencia también existen las siguientes litologías.

**Qv:** ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS. CUATERNARIO. Rocas volcánicas. Incluye coladas de lava, material laharico, tobas y edificios volcánicos.

Esta clase de rocas (lavas, lahares y tobas), son propias del Cinturón Volcánico, ya que su formación se debió a la aparición de la cadena volcánica que se localiza en Guatemala, de este a oeste. Aflorando en el norte de los departamentos de Retalhuleu, Mazatenango y Escuintla, así como en el sur y el oeste de San Marcos y en el sur de los departamentos de Quezaltenango, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala y Jutiapa. Pudiéndose observar también al oeste de Santa Rosa. Se formaron al principio del periodo Cuaternario.





**Sismicidad y nivel de protección**

***Índice de sismicidad***

El índice de sismicidad ( $I_0$ ) es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad. Incide sobre el nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación e incide en la selección del espectro sísmico de diseño.

**ESPECTRO DE DISEÑO SISMICO AGIES NSE 2018**

SE OBTIENEN LOS SIGUIENTES DATOS DEL ANEXO A DE LA NORMA NSE 2 2017

Departamento	Municipio	Amenaza Sismica			Velocidad basica de viento (Kph)
		$I_0$	$S_{cr}$	$S_{lr}$	
Quetzaltenango	Quetzaltenango	4.2	1.5	0.55	100

**CLASIFICACION DE OBRA**

INDICE DE SISMICIDAD ( $I_0$ )	4.2
CLASIFICACION DE LA OBRA	Importante
NIVEL DE PROTECCION SISMICA	D
PROBABILIDAD DE EXCEDER EL SISMO DE DISEÑO	5% en 50 años
TIPO DE SISMO	Sismo Severo

**AJUSTES POR CLASE DE SITIO**

CLASE DE SUELO	E
$F_a$	0.9
$F_v$	2.2
$S_{cs}$	1.35
$S_{ls}$	1.21



**AJUSTES POR INTENSIDADES SISMICAS ESPECIALES**

TIPO DE AMENAZA SISMICA	A	
PROXIMIDAD DE LA AMENAZA	≥ 15	Km

Na	1
Nv	1

Scs	1.35
Sls	1.21

**PERIODO DE TRANSICION**

Ts	0.896296	seg
To	0.179259	seg

**FACTORES DE ESCALA**

Kd	0.8
----	-----

**ESPECTRO CALBRADO AL NIVEL DE DISEÑO REQUERIDO**

Scd	1.1
Sld	0.968

**COEFICIENTE SISMICO AL LIMITE DE CEDENCIA Cs**

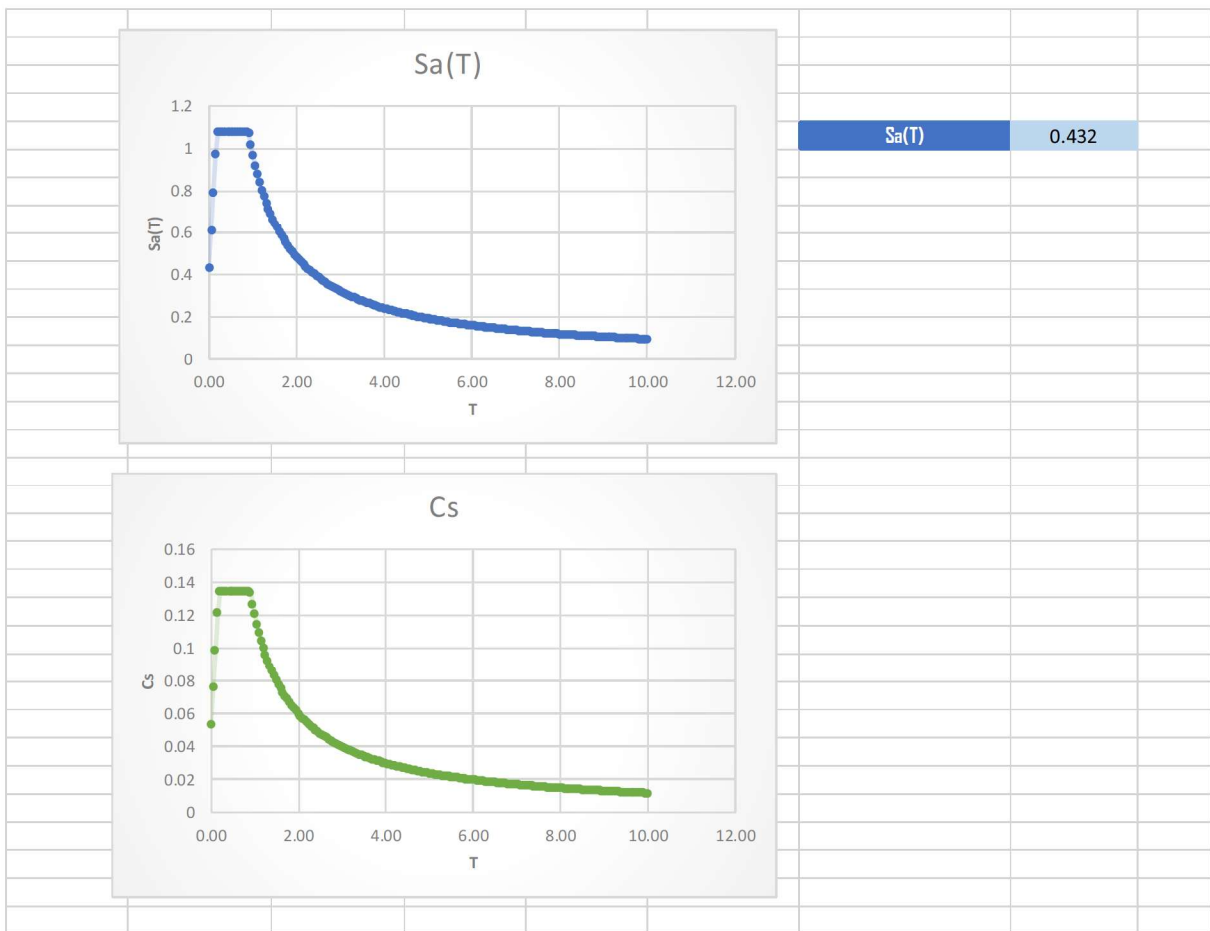
SISTEMA ESTRUCTURAL				
E1	SISTEMA DE MARCOS RESISTENTES A MOMENTO			
TIPO	De concreto reforzado DA			



SISTEMA ESTRUCTURAL		Norma	R
Sección 1.6 [a]			
E1	SISTEMA DE MARCOS RESISTENTES A MOMENTO	1.6.2	
	Marcos dúctiles DA		
	De concreto reforzado	NSE 7.1	8
	De acero estructural	NSE 7.5	8
	Compuestos acero-concreto	7.1/7.5	8
	Ductilidad intermedia DI		
	De concreto reforzado	NSE 7.1	5
	De acero estructural	NSE 7.5	4.5
	Compuestos acero-concreto	7.1/7.5	4.5
	Ductilidad Baja DB		
	De concreto reforzado	NSE 7.1	3
	De acero estructural	NSE 7.5	3.5
	Compuestos acero-concreto	7.1/7.5	3
E2	SISTEMA DE MUROS	1.6.3	
	De concreto reforzado DA	NSE 7.1	6
	De concreto reforzado DB	NSE 7.9	4
	De mampostería reforzada DA	NSE 7.4	4
	De mampostería reforzada DB	NSE 4.1	3

R 8

GRAFICA DE ESPECTRO





T	Sa(T)	T	Cs
0.00	0.432	0.00	0.054
0.05	0.6127438	0.05	0.07659298
0.1	0.7934876	0.1	0.09918595
0.15	0.9742314	0.15	0.12177893
0.2	1.08	0.2	0.135
0.25	1.08	0.25	0.135
0.30	1.08	0.3	0.135
0.35	1.08	0.35	0.135
<b>0.44</b>	<b>1.08</b>	<b>0.44</b>	<b>0.135</b>
0.45	1.08	0.45	0.135
0.5	1.08	0.5	0.135
0.55	1.08	0.55	0.135
0.60	1.08	0.6	0.135
0.65	1.08	0.65	0.135
0.7	1.08	0.7	0.135
0.75	1.08	0.75	0.135
0.8	1.08	0.8	0.135
0.85	1.08	0.85	0.135
0.90	1.07555556	0.9	0.13444444
0.95	1.01894737	0.95	0.12736842
1	0.968	1	0.121
1.05	0.92190476	1.05	0.1152381
1.1	0.88	1.1	0.11
1.15	0.84173913	1.15	0.10521739
1.20	0.80666667	1.2	0.10083333
1.25	0.7744	1.25	0.0968
1.3	0.74461538	1.3	0.09307692
1.35	0.71703704	1.35	0.08962963
1.4	0.69142857	1.4	0.08642857
1.45	0.66758621	1.45	0.08344828
1.50	0.64533333	1.5	0.08066667
1.55	0.62451613	1.55	0.07806452
1.6	0.605	1.6	0.075625



	1.65	0.58666667	1.65	0.07333333	
	1.7	0.56941176	1.7	0.07117647	
	1.75	0.55314286	1.75	0.06914286	
	1.80	0.53777778	1.8	0.06722222	
	1.85	0.52324324	1.85	0.06540541	
	1.9	0.50947368	1.9	0.06368421	
	1.95	0.49641026	1.95	0.06205128	
	2	0.484	2	0.0605	
	2.05	0.47219512	2.05	0.05902439	
	2.1	0.46095238	2.1	0.05761905	
	2.15	0.45023256	2.15	0.05627907	
	2.20	0.44	2.2	0.055	
	2.25	0.43022222	2.25	0.05377778	
	2.3	0.42086957	2.3	0.0526087	
	2.35	0.41191489	2.35	0.05148936	
	2.4	0.40333333	2.4	0.05041667	
	2.45	0.39510204	2.45	0.04938776	
	2.50	0.3872	2.5	0.0484	
	2.55	0.37960784	2.55	0.04745098	
	2.6	0.37230769	2.6	0.04653846	
	2.65	0.36528302	2.65	0.04566038	
	2.7	0.35851852	2.7	0.04481481	
	2.75	0.352	2.75	0.044	
	2.80	0.34571429	2.8	0.04321429	
	2.85	0.33964912	2.85	0.04245614	
	2.90	0.3337931	2.9	0.04172414	
	2.95	0.32813559	2.95	0.04101695	
	3	0.32266667	3	0.04033333	
	3.05	0.31737705	3.05	0.03967213	
	3.1	0.31225806	3.1	0.03903226	
	3.15	0.30730159	3.15	0.0384127	
	3.20	0.3025	3.2	0.0378125	



	3.25	0.29784615	3.25	0.03723077	
	3.3	0.29333333	3.3	0.03666667	
	3.35	0.28895522	3.35	0.0361194	
	3.4	0.28470588	3.4	0.03558824	
	3.45	0.28057971	3.45	0.03507246	
	3.50	0.27657143	3.5	0.03457143	
	3.55	0.27267606	3.55	0.03408451	
	3.6	0.26888889	3.6	0.03361111	
	3.65	0.26520548	3.65	0.03315068	
	3.7	0.26162162	3.7	0.0327027	
	3.75	0.25813333	3.75	0.03226667	
	3.8	0.25473684	3.8	0.03184211	
	3.85	0.25142857	3.85	0.03142857	
	3.90	0.24820513	3.9	0.03102564	
	3.95	0.24506329	3.95	0.03063291	
	4	0.242	4	0.03025	
	4.05	0.23901235	4.05	0.02987654	
	4.1	0.23609756	4.1	0.0295122	
	4.15	0.23325301	4.15	0.02915663	
	4.20	0.23047619	4.2	0.02880952	
	4.25	0.22776471	4.25	0.02847059	
	4.3	0.22511628	4.3	0.02813953	
	4.35	0.22252874	4.35	0.02781609	
	4.4	0.22	4.4	0.0275	
	4.45	0.21752809	4.45	0.02719101	
	4.50	0.21511111	4.5	0.02688889	
	4.55	0.21274725	4.55	0.02659341	
	4.60	0.21043478	4.6	0.02630435	
	4.65	0.20817204	4.65	0.02602151	
	4.7	0.20595745	4.7	0.02574468	
	4.75	0.20378947	4.75	0.02547368	
	4.8	0.20166667	4.8	0.02520833	
	4.85	0.19958763	4.85	0.02494845	
	4.90	0.19755102	4.9	0.02469388	



	4.95	0.19555556	4.95	0.02444444
	5	0.1936	5	0.0242
	5.05	0.19168317	5.05	0.0239604
	5.1	0.18980392	5.1	0.02372549
	5.15	0.18796117	5.15	0.02349515
	5.20	0.18615385	5.2	0.02326923
	5.25	0.18438095	5.25	0.02304762
	5.3	0.18264151	5.3	0.02283019
	5.35	0.18093458	5.35	0.02261682
	5.4	0.17925926	5.4	0.02240741
	5.45	0.17761468	5.45	0.02220183
	5.5	0.176	5.5	0.022
	5.55	0.17441441	5.55	0.0218018
	5.60	0.17285714	5.6	0.02160714
	5.65	0.17132743	5.65	0.02141593
	5.7	0.16982456	5.7	0.02122807
	5.75	0.16834783	5.75	0.02104348
	5.8	0.16689655	5.8	0.02086207
	5.85	0.16547009	5.85	0.02068376
	5.90	0.1640678	5.9	0.02050847
	5.95	0.16268908	5.95	0.02033613
	6	0.16133333	6	0.02016667
	6.05	0.16	6.05	0.02
	6.1	0.15868852	6.1	0.01983607
	6.15	0.15739837	6.15	0.0196748
	6.20	0.15612903	6.2	0.01951613
	6.25	0.15488	6.25	0.01936
	6.30	0.15365079	6.3	0.01920635
	6.35	0.15244094	6.35	0.01905512
	6.4	0.15125	6.4	0.01890625
	6.45	0.15007752	6.45	0.01875969
	6.50	0.14892308	6.5	0.01861538



	6.55	0.14778626	6.55	0.01847328	
	6.6	0.14666667	6.6	0.01833333	
	6.65	0.14556391	6.65	0.01819549	
	6.7	0.14447761	6.7	0.0180597	
	6.75	0.14340741	6.75	0.01792593	
	6.80	0.14235294	6.8	0.01779412	
	6.85	0.14131387	6.85	0.01766423	
	6.90	0.14028986	6.9	0.01753623	
	6.95	0.13928058	6.95	0.01741007	
	7	0.13828571	7	0.01728571	
	7.05	0.13730496	7.05	0.01716312	
	7.10	0.13633803	7.1	0.01704225	
	7.15	0.13538462	7.15	0.01692308	
	7.2	0.13444444	7.2	0.01680556	
	7.25	0.13351724	7.25	0.01668966	
	7.3	0.13260274	7.3	0.01657534	
	7.35	0.13170068	7.35	0.01646259	
	7.40	0.13081081	7.4	0.01635135	
	7.45	0.12993289	7.45	0.01624161	
	7.50	0.12906667	7.5	0.01613333	
	7.55	0.12821192	7.55	0.01602649	
	7.6	0.12736842	7.6	0.01592105	
	7.65	0.12653595	7.65	0.01581699	
	7.70	0.12571429	7.7	0.01571429	
	7.75	0.12490323	7.75	0.0156129	
	7.8	0.12410256	7.8	0.01551282	
	7.85	0.1233121	7.85	0.01541401	
	7.90	0.12253165	7.9	0.01531646	
	7.95	0.12176101	7.95	0.01522013	
	8	0.121	8	0.015125	
	8.05	0.12024845	8.05	0.01503106	
	8.1	0.11950617	8.1	0.01493827	
	8.15	0.11877301	8.15	0.01484663	
	8.20	0.11804878	8.2	0.0147561	
	8.25	0.11733333	8.25	0.01466667	





	8.30	0.11662651	8.3	0.01457831	
	8.35	0.11592814	8.35	0.01449102	
	8.4	0.1152381	8.4	0.01440476	
	8.45	0.11455621	8.45	0.01431953	
	8.50	0.11388235	8.5	0.01423529	
	8.55	0.11321637	8.55	0.01415205	
	8.6	0.11255814	8.6	0.01406977	
	8.65	0.11190751	8.65	0.01398844	
	8.7	0.11126437	8.7	0.01390805	
	8.75	0.11062857	8.75	0.01382857	
	8.80	0.11	8.8	0.01375	
	8.85	0.10937853	8.85	0.01367232	
	8.90	0.10876404	8.9	0.01359551	
	8.95	0.10815642	8.95	0.01351955	
	9	0.10755556	9	0.01344444	
	9.05	0.10696133	9.05	0.01337017	
	9.10	0.10637363	9.1	0.0132967	
	9.15	0.10579235	9.15	0.01322404	
	9.2	0.10521739	9.2	0.01315217	
	9.25	0.10464865	9.25	0.01308108	
	9.30	0.10408602	9.3	0.01301075	
	9.35	0.10352941	9.35	0.01294118	
	9.4	0.10297872	9.4	0.01287234	
	9.45	0.10243386	9.45	0.01280423	
	9.5	0.10189474	9.5	0.01273684	
	9.55	0.10136126	9.55	0.01267016	
	9.60	0.10083333	9.6	0.01260417	
	9.65	0.10031088	9.65	0.01253886	
	9.70	0.09979381	9.7	0.01247423	
	9.75	0.09928205	9.75	0.01241026	
	9.8	0.09877551	9.8	0.01234694	
	9.85	0.09827411	9.85	0.01228426	
	9.90	0.09777778	9.9	0.01222222	
	9.95	0.09728643	9.95	0.0121608	
	10	0.0968	10	0.0121	



**COEFICIENTE SISMICO AL LIMITE DE CEDENCIA  $C_s$**

$C_s$	0.054
-------	-------

**VALORES MINIMOS DE  $C_s$**

$C_s$	0.05
$C_s$	0.04

**ACELERACION MAXIMA DEL SUELO**

AMSd	0.432
------	-------

**COMPONENTE VERTICAL DEL SISMO**

Svd	0.1728
-----	--------

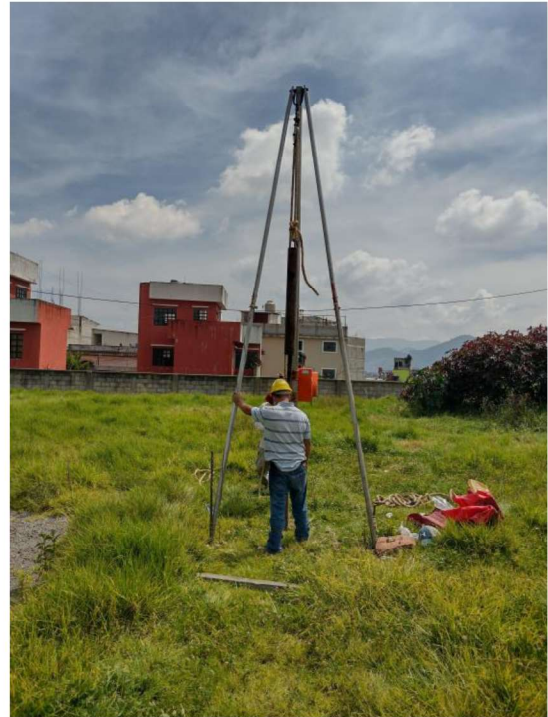
**PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACION DE LA ESTRUCTURA**

$H_n$	3 m		
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	<b>E1 DE CONCRETO CON FACHADAS RIGIDAS</b>		
$T_a$	0.12	Seg	
<b>PERIODO FUNDAMENTAL DE LA EDIFICACION</b>		<b>RESUMEN Y EVALUACION</b>	
$T_a$	0.51	$T_a$	0.12
$K_t$	0.047	$C_s$	0.054
$H_n$	14	$C_{smin}$	0.05
X	0.9	<b>Conclusion</b>	
Cu	1		

## 2.- TRABAJOS REALIZADOS

La empresa **PROVIDA GEOTECHNICAL ENGINEERING:**

Para el estudio de las características litológicas y propiedades del subsuelo se han realizado los siguientes trabajos de investigación se realizaron ensayos de penetración estándar, límites de atterberg: **Estudios complementarios tanto en el campo como en el laboratorio con la intención de obtener un mejor diagnóstico del área y así dar un tratamiento especial a los suelos.**



### 2.1.- Trabajos de campo:

La empresa **PRÓVIDA GEOTECHNICAL ENGINEERING** realizo los siguientes.

#### 2.1.1 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR SONDEO 1



PENETRACION ESTANDAR																			
ASTM D 1586																			
TEC. ENCARGADO: LUIS BAUTISTA RODAS																			
ARCHIVO No:																			
Sondeo 1																			
COORDENADAS UTM: 15 P067722 mE 1641500 mN 2385 MSNM																			
PROF.	20	15	15	15	15	RESISTENCIA	RESISTENCIA	RESISTENCIA	de masa [N/m <sup>3</sup> ]	Angulo de Reposo del Material ° talud	ANGULO DE FRICCION INTERNA °	CLASIFICACION Modelo de la estructura del terreno	COHESION	INDICE DE PLASTICIDAD - P	PESO VOLUMETRICO HUMEDO kg/m <sup>3</sup>	PESO VOLUMETRICO SECO EN kg/m <sup>3</sup>	ks f = coeficiente de balasto	% CBR	
mL	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	TON/m <sup>2</sup>	Kpa	de Poisson	[N/m <sup>3</sup> ]				Kg/cm <sup>2</sup>				K <sub>v</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )		
0.00																			
0.50	4	6	5	11	Medio Dens	1.00	1078.73	0.3	18	59.92	30	SM:	0.2110	0	1519.07	157.65	2.78	11	
1.00	9	7	5	12	Medio Dens	1.09	1176.80	0.3	18	60.25	30	SM:	0.2187	0	1720.70	154.30	3.04	12	
1.50	5	2	6	8	Suelto	0.73	784.53	0.3	18	56.82	28	SM:	0.1830	0	1804.17	159.45	2.01	8	
2.00	6	2	2	4	Muy Suelto	0.36	382.27	0.3	18	56.97	24	SM:	0.1220	0	1766.30	157.96	1.00	5	
2.50	4	2	2	4	Muy Suelto	0.36	382.27	0.3	18	56.97	24	SM:	0.1220	0	1704.91	140.22	1.00	5	
3.00	3	3	1	4	Muy Suelto	0.36	382.27	0.3	18	56.97	24	SM:	0.1220	0	1459.91	117.43	1.00	5	
3.50	4	2	2	4	Muy Suelto	0.36	382.27	0.3	18	56.97	24	SM:	0.1220	5	1583.44	121.60	1.00	5	
4.00	3	2	3	5	Muy Suelto	0.46	480.33	0.3	18	57.50	25	SM:	0.1416	9	1468.76	118.02	1.25	6	
4.50	10	10	15	25	Medio Dens	2.28	2451.66	0.4	21	63.68	37	MH:	0.2833	0	1333.17	990.91	7.25	24	
5.00	7	12	9	21	Medio Dens	1.91	2039.40	0.3	18	62.75	35	ML:	0.2679	7	1474.50	1124.29	5.72	20	
5.50	23	40	30	70	Muy Dens	6.37	684.66	0.3	18	71.21	52	SM:	0.3739	0	1682.80	1270.77	10.21	77	

Ing. DAGOBERTO ALFREDO BAUTISTA JUAREZ  
Jefe Laboratorio control de calidad  
Suelos, Concreto, Asfalto y Materiales

COMENTACION



---

## COMENTARIOS

De 0.00 a 1.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 11.89, 13.63 por ciento. Y una resistencia de 1.00, 1.09 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **10.01, 10.92 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de 30, 30 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 59.92, 60.25. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.519.07, 1.720.70 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1357.65, 1514.30. Coeficiente de balasto es de: 2.78, 3.04 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 11, 12 por ciento.

De 1.00 a 1.50 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **SUELTO** con porcentaje de humedad de 13.68 por ciento. Y una resistencia de 0.73 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **7.28 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo baja. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 28 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 58.82. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.809.17 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1591.45. Coeficiente de balasto es de: 2.01 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 8 por ciento.

De 1.50 a 4.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MUY SUELTO** con porcentajes de humedad de 12.29, 21.76, 24.52, 30.69, 30.82 por ciento. Y una resistencia de 0.36, 0.36, 0.36, 0.36, 0.46 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **3.64, 3.64, 3.64, 3.64, 4.55 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo muy baja. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 24, 24, 24, 24, 25 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 56.97, 56.97, 56.97, 56.97, 57.50. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0 para los estratos de 2.0 a 3.0 y de 5.0 y 9.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo para los estratos de 2.0 a 3.50 y moderado para el estrato de 4.0.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.766.30, 1.704.91, 1.459.91, 1.583.44, 1.488.76 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1572.98, 1400.22, 1172.43, 1211.60, 1138.02. Coeficiente de balasto es de: 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.25 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 5, 5, 5, 5, 6 por ciento.



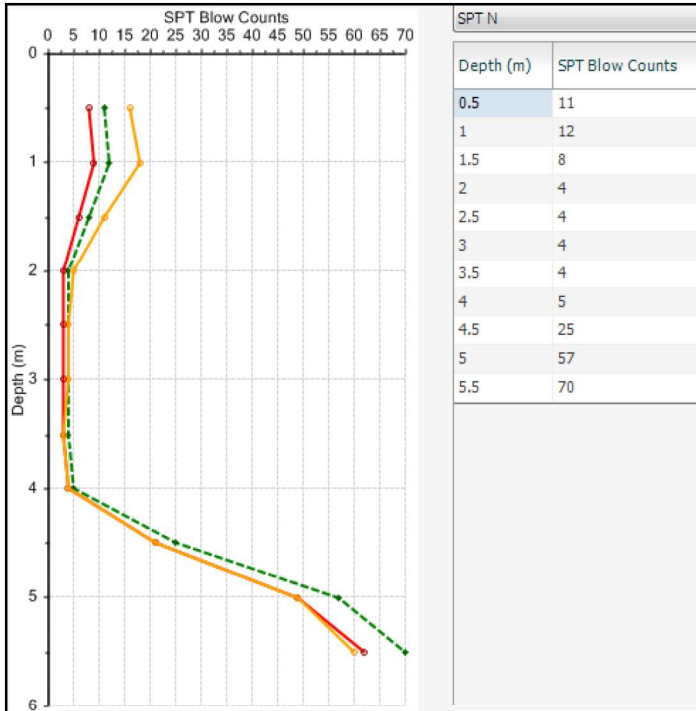
De 4.00 a 5.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 34.54, 31.15 por ciento. Y una resistencia de 2.28, 1.91 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **22.75, 19.11 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 37, 35 y su ángulo de reposo del material talud<sup>o</sup> oscila en: 63.68, 62.75. El tipo de suelo que presenta es MH: Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos. Y ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. El índice de plasticidad es de 0.0, 7.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.333.17, 1.474.50 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 990.91, 1124.29. Coeficiente de balasto es de: 7.25, 5.72 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 24, 20 por ciento.

De 5.00 a 5.50 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MUY DENSO** con porcentaje de humedad de 30.85 por ciento. Y una resistencia de 6.37 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **63.70 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo muy alta. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 52 y su ángulo de reposo del material talud<sup>o</sup> oscila en: 71.21. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.662.80 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1270.77. Coeficiente de balasto es de: 101.21 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 77 por ciento.



**Correlaciones realizadas**  
**Resultados de correlaciones con los resultados anteriores**  
**presentados**

**SONDEO SPT 1**



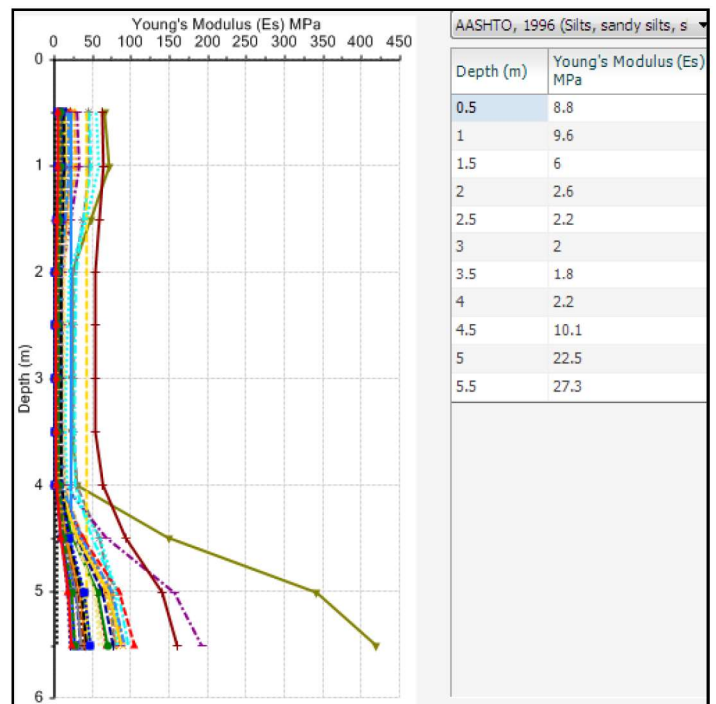
En la gráfica se muestra el único punto ideal de mayor resistencia mecánica del suelo que es a los cuatro metros de profundidad, en donde podríamos situar el inicio de la mejora del terreno.

**MODULO DE Young´s:**

En la siguiente grafica se muestra el resultado del E(MPa) en condiciones no drenadas, la zona más satisfactoria se encuentra entre los 4.00 a 5.50 metros de profundidad, en los demás estratos el suelo se deforma, Menor contenido de humedad se traduce en un aumento de la succión y la rigidez del suelo.

El tiempo de aplicación de la carga se traduce en una disminución de la relación de vacíos y aumento de tensiones efectivas.

La cementación aumenta el módulo y provoca una degradación discontinua con las deformaciones.

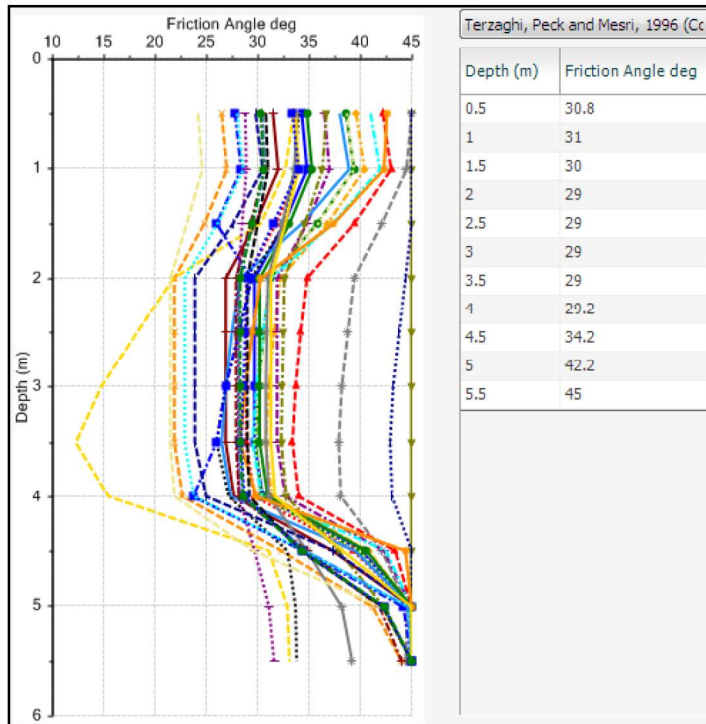


**MODULO DE YOUNG´S EN CONDICIONES NO DRENADAS**



**ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA:**

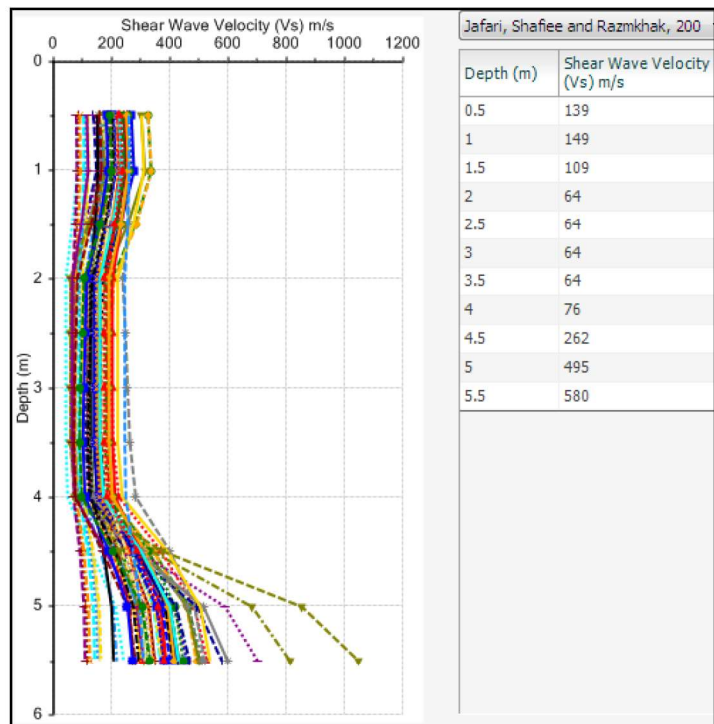
En la siguiente grafica se muestra el Angulo de fricción interna del suelo a diferentes profundidades y tipos de suelo.



**VELOCIDAD DE LAS ONDAS SÍSMICAS.**

El suelo está catalogado como tipo de material F, E al presentar Vs inferior a 180 m/s, el material presenta licuefacción y es licuable en presencia de un terremoto de las profundidades de 0.00 a 4.00 metros. Y material tipo D, al presentar Vs mayor a 180, el material no presenta licuefacción de la profundidad de 4.00 a 5.50 metros el suelo no se licua.

La filosofía del diseño sismo-resistente se basa en evitar pérdidas de vidas humanas, la defensa de estructuras y propiedades, así como el







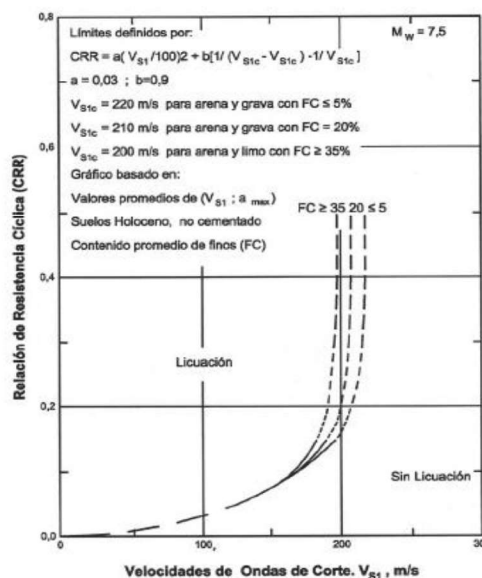
mantenimiento de la estabilidad social tras un terremoto.

Pero la determinación del valor de la fuerza sísmica de diseño presenta dificultades debido a varias incertidumbres, como, por ejemplo, la probabilidad de ocurrencia de un terremoto en el área de estudio, las características sismológicas del mecanismo fuente, la propagación de las ondas desde la fuente a la zona concreta y la respuesta del suelo y de la estructura a la sacudida.

TIPOLOGÍA DE MATERIAL	DESCRIPCIÓN	V <sub>S</sub> en los 30 m superiores (m/s)
A	Roca compacta	> 1500
B	Roca	760 < V <sub>S</sub> ≤ 1500
C	Suelo muy denso y roca blanda	360 < V <sub>S</sub> ≤ 760
D	Suelo rígido $15 \leq N_{SPT} \leq 50$ o $50 \text{ kPa} \leq C_U \leq 100 \text{ kPa}$	$180 \leq V_S \leq 730$
E	Perfil con más de 3 m de arcilla blanda con $IP > 20$ $\omega \geq 40\%$ y $C_U < 25 \text{ kPa}$	< 180
F	1. Suelos susceptibles de rotura o colapso bajo carga sísmica tales como suelos licuefractables, arcillas sensitivas o suelos débilmente cementados	
	2. Turba/ arcillas orgánicas de potencia mayor a 3 m	
	3. Arcillas de plasticidad muy alta con una potencia mayor a 3 m y un $IP > 75$	
	4. Arcillas de rigidez blanda a media de potencia > 36 m	

### Analizando la velocidad de ondas

El suelo está catalogado como tipo de material F, E al presentar V<sub>s</sub> inferior a 180 m/s, el material presenta licuefacción y es licuable en presencia de un terremoto de las profundidades de 0.00 a 4.00 metros. Y material tipo D, al presentar V<sub>s</sub> mayor a 180, el material no presenta licuefacción de la profundidad de 4.00 a 5.50 metros el suelo no se licua.





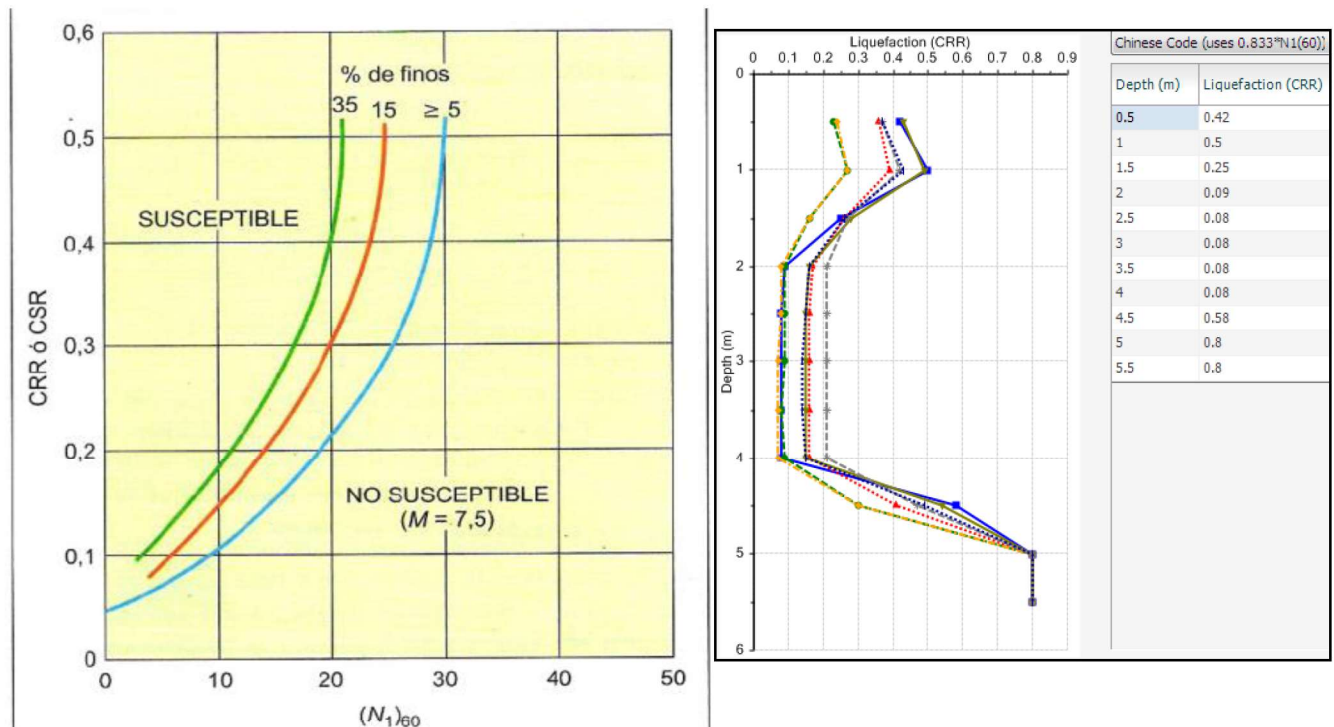
**Cimentaciones en áreas de suelos licuables.**

Las cimentaciones construidas sobre suelos que licuan ( $PL > 10\%$ ) están sometidas a grandes asentamientos, desplazamiento lateral y falla de la cimentación y de la estructura. Por lo tanto, no está permitido cimentar directamente sobre suelos licuables.

La cimentación y los pisos deberán apoyarse sobre suelos no licuables o con licuación baja. Los pisos no deberán apoyarse directamente sobre suelos licuables.

Se deberá proponer el tipo de cimentación para apoyar la estructura sobre un suelo no licuable o los procedimientos constructivos para mejorar las condiciones del suelo y lograr que la Probabilidad de Licuación (PL) sea „T 10%

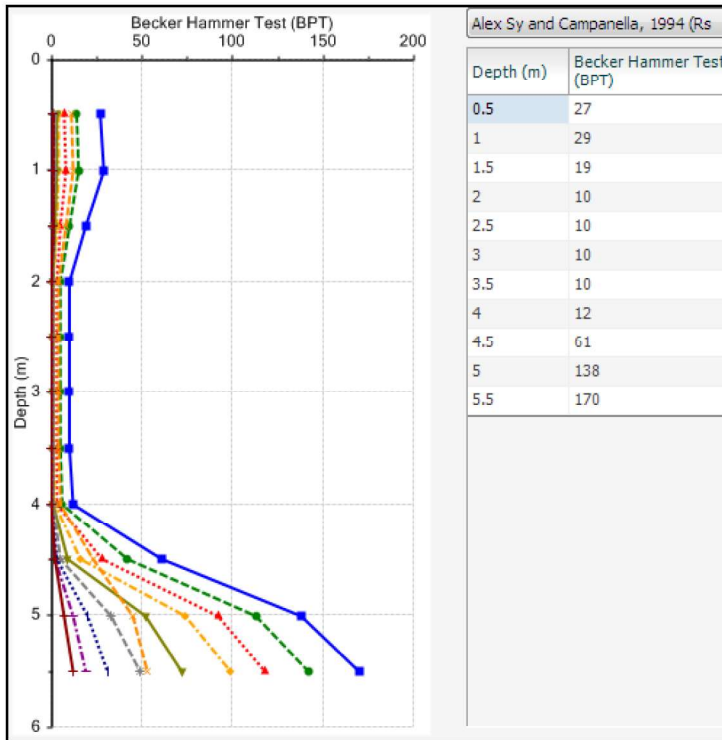
En las siguientes graficas se muestra resultados del estudio de licuefacción por varios métodos, dando como resultado que el suelo está catalogado como tipo de material F, E al presentar  $V_s$  inferior a 180 m/s, el material presenta licuefacción y es licuable en presencia de un terremoto de las profundidades de 0.00 a 4.00 metros. Y material tipo D, al presentar  $V_s$  mayor a 180, el material no presenta licuefacción de la profundidad de 4.00 a 5.50 metros el suelo no se licua.





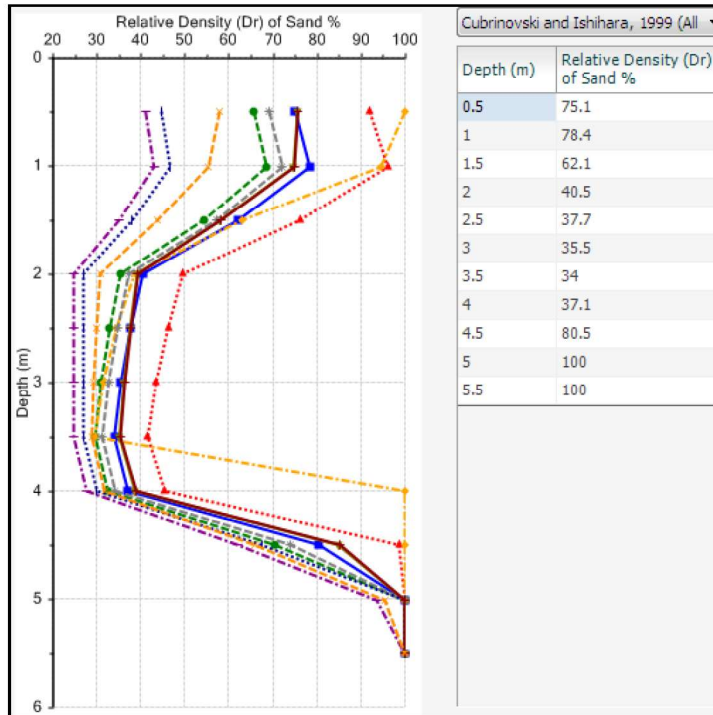
**Prueba del martillo de Becker:**

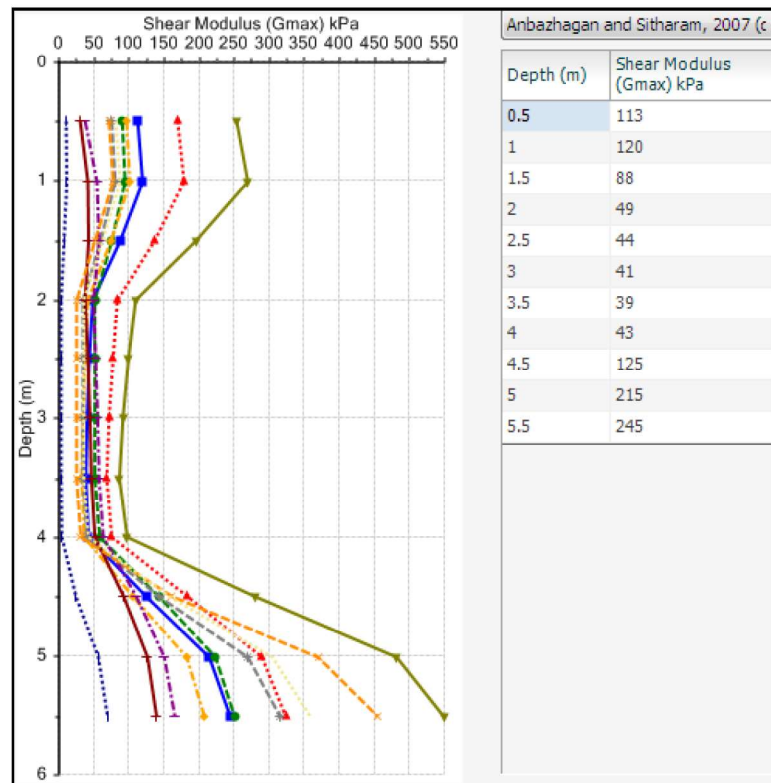
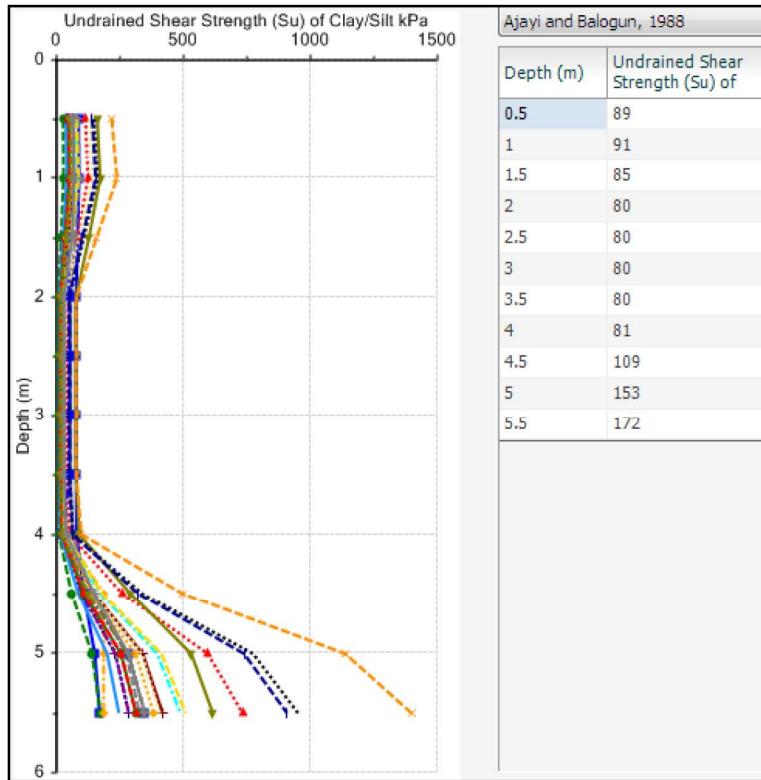
A la profundidad de 5.50 m se encuentra el valor más alto.

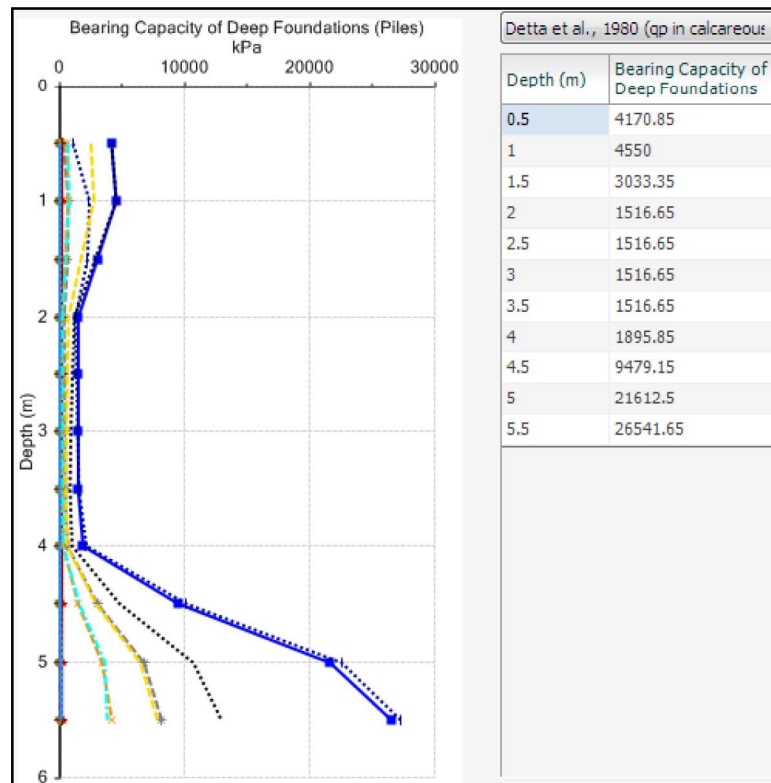
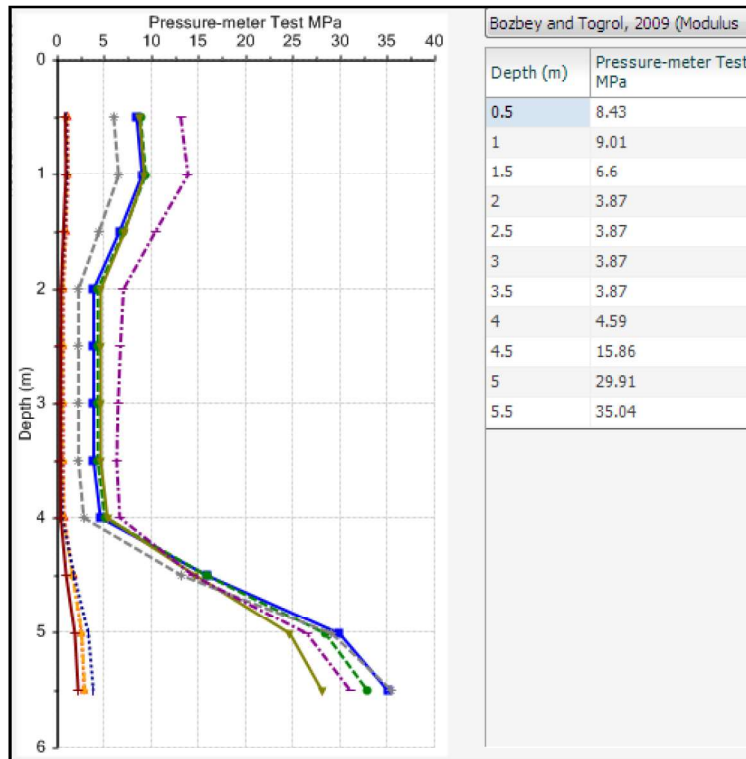


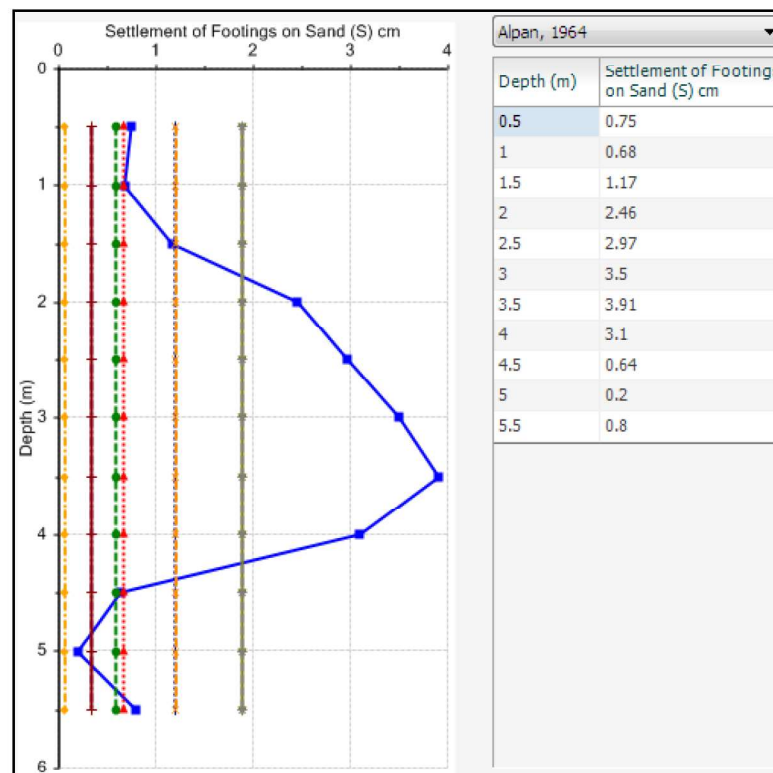
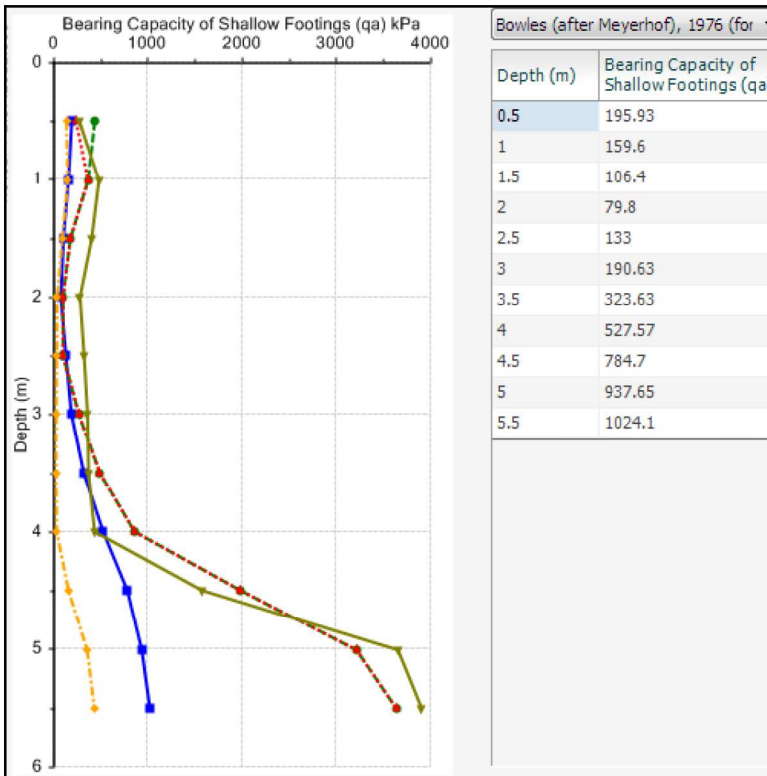
Se presentan varias graficas de correlaciones realizadas.

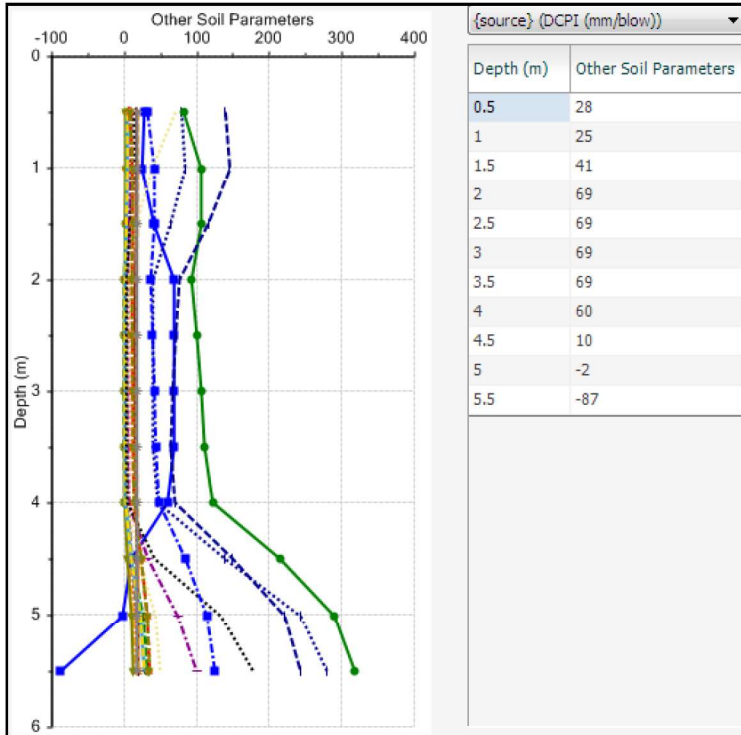
La densidad relativa se encuentra bajo a muy alto, por lo tanto, la densificación del mismo se encuentra entre de 34 a 100 %



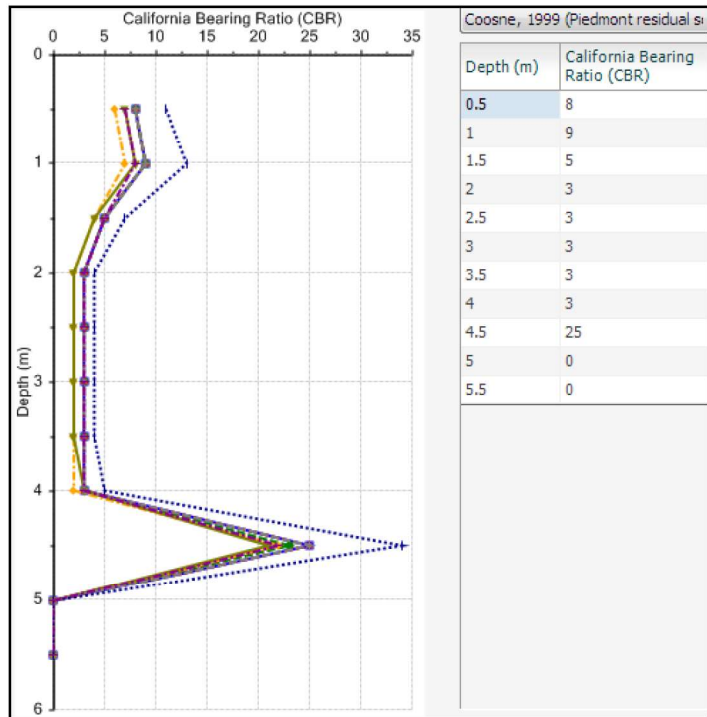








**CBR: en la siguiente grafica se muestra los datos de CBR**



**Trabajos de laboratorio:**

Los ensayos de laboratorio se han realizado con muestras obtenidas, atendiendo a las características de los materiales y siguiendo las correspondientes Normas.

**Informe de laboratorio:**

**SONDEO 1:**



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 1 0-50

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO
No golpes	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>35</b>
húm + tara	36.2	39.2	39.1
seco + tara	32.7	35.1	35.1
Tara	21.40	21.80	21.30
<b>Humedad</b>	<b>31.0%</b>	<b>30.8%</b>	<b>29.0%</b>
<b>LIM LIQ =</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
			<b>IP = 0</b>

<i>pesos Iniciales (gr.)</i>	<i>humedad natural</i>	<i>% organico</i>
inicial humedo = 66.10	Peso tara= 13	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 59.1</b>	hum+tara= 56.30	Seco+crisol= 0
lavado seco = 44.3	seco+tara= 51.70	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 11.89%</b>	<b>%organico= 0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		5.60	9.48%	9.48%	90.52%	1/2"
9.520		3.10	5.25%	14.73%	85.27%	3/8"
4.760		5.3	8.97%	23.70%	76.30%	No 4
1.680		4.8	8.12%	31.82%	68.18%	No, 10
1.190		3.7	6.26%	38.09%	61.91%	16
0.420		9.6	16.25%	54.34%	45.66%	40
0.297		3.2	5.42%	59.75%	40.25%	50
0.149		5.5	9.31%	69.06%	30.94%	100
0.074		3.2	5.42%	74.48%	25.52%	No, 200
fondo		0.00	25.01%	99.49%	0.51%	
<b>finos lavados</b>		<b>14.78</b>				
<b>finos totales</b>		<b>14.78</b>				
<b>Sumas</b>		<b>58.8</b>				

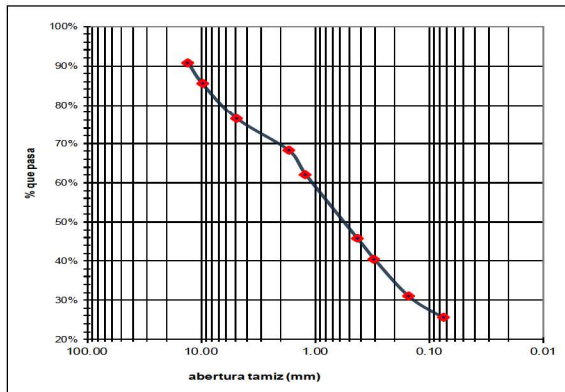
%gruesos: 24                      %arena: 51                      %finos: 26

D<sub>60</sub>= 40.25%  
 D<sub>30</sub>= 45.66%  
 D<sub>10</sub>= 68.18%  
**Cu**= 0.59  
**Cc**= 0.76

**Clasificacion AASHTO:**                      **A2-4 ( )**

**Clasificacion SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 1 50-100

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	17	26	35	
húm + tara	36.5	39.8	44.8	
seco + tara	33.4	36.3	40.3	No Tiene
Tara	21.40	21.70	21.50	
Humedad	25.8%	24.0%	23.9%	
LIM LIQ =	25	24	25	IP = 0

*pesos Iniciales (gr.)*  
 inicial humedo = 74.10  
 inicial seco = 65.2  
 lavado seco = 47.40

*humedad natural*  
 Peso tara= 12.7  
 hum+tara= 64.40  
 seco+tara= 58.20

*% organico*  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= 0.00%

**humedad= 13.63%**

ANALISIS GRANULOMETRICO

13.6

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		4.10	6.29%	6.29%	93.71%	1/2"
9.520		1.50	2.30%	8.59%	91.41%	3/8"
4.760		4.8	7.36%	15.95%	84.05%	No 4
1.680		3.8	5.83%	21.77%	78.23%	No, 10
1.190		3.4	5.21%	26.99%	73.01%	16
0.420		13.7	21.01%	48.00%	52.00%	40
0.297		4.0	6.13%	54.13%	45.87%	50
0.149		7.3	11.19%	65.32%	34.68%	100
0.074		4.2	6.44%	71.76%	28.24%	No, 200
fondo		0.00	27.32%	99.08%	0.92%	
<b>finos lavados</b>		<b>17.81</b>				
<b>finos totales</b>		<b>17.81</b>				
<b>Sumas</b>		<b>64.6</b>				

%gruesos: 16

%arena: 56

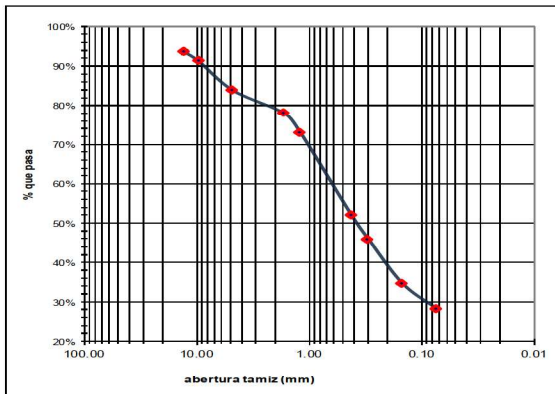
%finos: 28

D<sub>60</sub>= 45.87%  
 D<sub>30</sub>= 52.00%  
 D<sub>10</sub>= 78.23%  
**Cu= 0.59**  
**Cc= 0.75**

Clasificación AASHTO: **A2-4 ( )**

Clasificación SUCS:

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales

Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 1 100-150

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	15	23	35	
húm + tara	39.0	43.8	38.0	
seco + tara	34.8	38.7	34.3	No Tiene
Tara	21.70	21.40	21.30	
<b>Humedad</b>	<b>32.1%</b>	<b>29.5%</b>	<b>28.5%</b>	
<b>LIM LIQ =</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>IP = 0</b>

pesos Iniciales (gr.)  
 inicial humedo = 65.70  
 inicial seco = **57.8**  
 lavado seco = 39.80

humedad natural  
 Peso tara= 12.7  
 hum+tara= 60.90  
 seco+tara= 55.10  
**humedad= 13.68%**

% organico  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		7.50	12.98%	12.98%	87.02%	1/2"
9.520		2.00	3.46%	16.44%	83.56%	3/8"
4.760		2.4	4.15%	20.59%	79.41%	No 4
1.680		3.1	5.36%	25.95%	74.05%	No, 10
1.190		2.6	4.50%	30.45%	69.55%	16
0.420		9.1	15.75%	46.20%	53.80%	40
0.297	0.297	3.1	5.36%	51.56%	48.44%	50
0.149		6.1	10.55%	62.12%	37.88%	100
0.074		3.7	6.40%	68.52%	31.48%	No, 200
fondo		0.00	31.13%	99.65%	0.35%	
<b>finos lavados</b>		<b>17.99</b>				
<b>finos totales</b>		<b>17.99</b>				
<b>Sumas</b>		<b>57.6</b>				

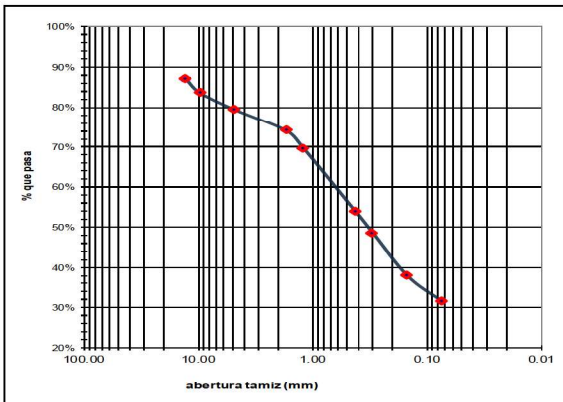
%gruesos: 21      %arena: 48      %finos: 31

D<sub>60</sub>= 48.44%  
 D<sub>30</sub>= 53.80%  
 D<sub>10</sub>= 74.05%  
**Cu= 0.65**  
**Cc= 0.81**

**Clasificación AASHTO: A2-4 ( )**

**Clasificación SUCS:**

**SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.**



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo Nº : Sondeo 1 150-200

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>29</b>	
húm + tara	41.0	38.6	42.2	
seco + tara	37.6	35.7	38.5	No Tiene
Tara	21.90	22.10	21.50	
Humedad	<b>21.7%</b>	<b>21.3%</b>	<b>21.8%</b>	
LIM LIQ =	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>IP = 0</b>

<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 49.40	Peso tara= 12.7	Peso crisol= 0
inicial seco = <b>44.0</b>	hum+tara= 58.40	Seco+crisol= 0
lavado seco = 35.30	seco+tara= 53.40	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 12.29%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		2.70	6.14%	6.14%	93.86%	1/2"
9.520		1.40	3.18%	9.32%	90.68%	3/8"
4.760		1.3	2.95%	12.27%	87.73%	No 4
1.680		3.4	7.73%	20.00%	80.00%	No, 10
1.190		3.3	7.50%	27.50%	72.50%	16
0.420		9.8	22.28%	49.78%	50.22%	40
0.297		3.2	7.27%	57.05%	42.95%	50
0.149		6.4	14.55%	71.60%	28.40%	100
0.074		3.5	7.96%	79.55%	20.45%	No, 200
fondo		0.00	19.76%	99.32%	0.68%	
<b>finos lavados</b>	<b>8.70</b>					
<b>finos totales</b>	<b>8.70</b>					
<b>Sumas</b>	<b>43.7</b>					

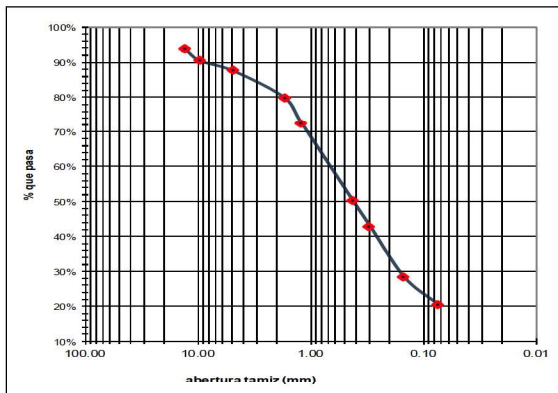
%gruesos: 12                      %arena: 67                      %finos: 20

D<sub>60</sub>= 42.95%  
 D<sub>30</sub>= 50.22%  
 D<sub>10</sub>= 80.00%  
**Cu= 0.54**  
**Cc= 0.73**

**Clasificacion AASHTO: A1-b ( )**

**Clasificacion SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



**Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 1 200-250

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>35</b>	
húm + tara	32.7	35.9	37.7	
seco + tara	30.2	32.9	34.5	No Tiene
Tara	21.60	21.70	21.60	
<b>Humedad</b>	<b>29.1%</b>	<b>26.8%</b>	<b>24.8%</b>	
<b>LIM LIQ =</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>IP = 0</b>

pesos Iniciales (gr.)  
 inicial humedo = 86.00  
 inicial seco = **70.6**  
 lavado seco = 42.6

humedad natural  
 Peso tara= 12.8  
 hum+tara= 54.20  
 seco+tara= 46.80  
**humedad= 21.76%**

% organico  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

21.76

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		1.70	2.41%	2.41%	97.59%	1/2"
9.520		1.20	1.70%	4.11%	95.89%	3/8"
4.760		0.4	0.57%	4.67%	95.33%	No 4
1.680		1.0	1.42%	6.09%	93.91%	No, 10
1.190		1.7	2.41%	8.50%	91.50%	16
0.420		14.0	19.82%	28.32%	71.68%	40
0.297		4.6	6.51%	34.83%	65.17%	50
0.149		11.6	16.42%	51.25%	48.75%	100
0.074		6.4	9.06%	60.32%	39.68%	No, 200
fondo		0.00	39.68%	100.00%	0.00%	
<b>finos lavados</b>		<b>28.03</b>				
<b>finos totales</b>		<b>28.03</b>				
<b>Sumas</b>		<b>70.6</b>				

%gruesos: 5

%arena: 56

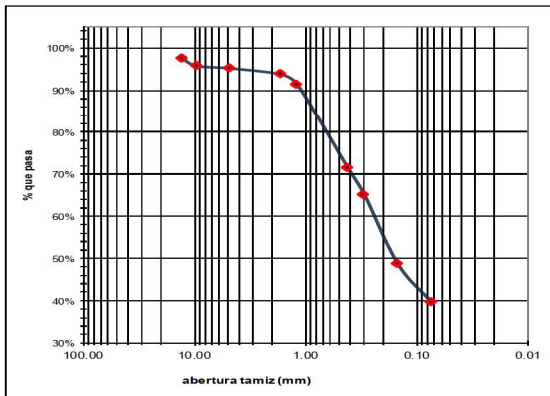
%finos: 40

D<sub>60</sub>= 65.17%  
 D<sub>30</sub>= 71.68%  
 D<sub>10</sub>= 93.91%  
**Cu= 0.69**  
**Cc= 0.84**

**Clasificación AASHTO: A4 (1)**

**Clasificación SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



**Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 1 250-300

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	15	27	35	
húm + tara	34.8	36.0	34.5	
seco + tara	31.0	32.4	31.2	No Tiene
Tara	21.80	21.90	21.90	
<b>Humedad</b>	<b>41.3%</b>	<b>34.3%</b>	<b>35.5%</b>	
<b>LIM LIQ =</b>	<b>39</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>IP = 0</b>

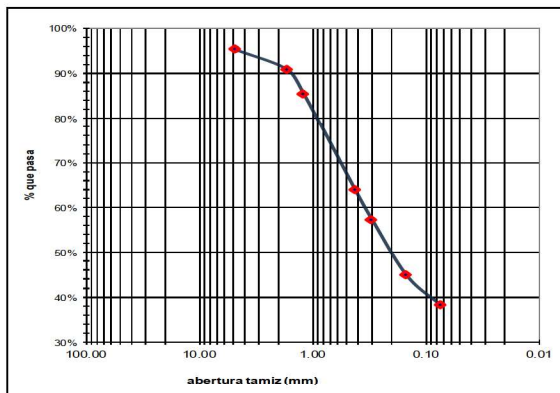
<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 42.80	Peso tara= 12.8	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 34.4</b>	hum+tara= 38.70	Seco+crisol= 0
lavado seco = 21.40	seco+tara= 33.60	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 24.52%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		1.6	4.65%	4.65%	95.35%	No 4
1.680		1.5	4.36%	9.02%	90.98%	No, 10
1.190		1.9	5.53%	14.55%	85.45%	16
0.420		7.4	21.53%	36.08%	63.92%	40
0.297		2.3	6.69%	42.77%	57.23%	50
0.149		4.2	12.22%	54.99%	45.01%	100
0.074		2.3	6.69%	61.68%	38.32%	No, 200
fondo		0.00	37.74%	99.42%	0.58%	
<b>finos lavados</b>		<b>12.97</b>				
<b>finos totales</b>		<b>12.97</b>				
<b>Sumas</b>		<b>34.2</b>				

%gruesos: 5      %arena: 57      %finos: 38

D<sub>60</sub>= 57.23%  
 D<sub>30</sub>= 63.92%  
 D<sub>10</sub>= 90.98%  
**Cu**= 0.63  
**Cc**= 0.78



**Clasificación AASHTO: A4 (1)**

**Clasificación SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo Nº : Sondeo 1 300-350

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO		
No golpes	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>29</b>		
húm + tara	44.0	38.8	42.5	23.9	23.9
seco + tara	38.2	34.2	37.2	23.5	23.5
Tara	21.80	21.80	22.10	22.30	22.10
<b>Humedad</b>	<b>35.4%</b>	<b>37.1%</b>	<b>35.1%</b>	<b>33.3%</b>	<b>28.6%</b>
<b>LIM LIQ =</b>	<b>34</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>IP =</b>	<b>5</b>

<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 65.50	Peso tara= 12.8	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 50.1</b>	hum+tara= 52.40	Seco+crisol= 0
lavado seco = 26.9	seco+tara= 43.10	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 30.69%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.6	1.20%	1.20%	98.80%	No 4
1.680		1.1	2.19%	3.39%	96.61%	No, 10
1.190		1.3	2.59%	5.99%	94.01%	16
0.420		8.5	16.96%	22.95%	77.05%	40
0.297		3.7	7.38%	30.33%	69.67%	50
0.149		6.9	13.77%	44.10%	55.90%	100
0.074		4.3	8.58%	52.68%	47.32%	No, 200
fondo		0.00	46.33%	99.00%	1.00%	
<b>finos lavados</b>		<b>23.22</b>				
<b>finos totales</b>		<b>23.22</b>				
<b>Sumas</b>		<b>49.6</b>				

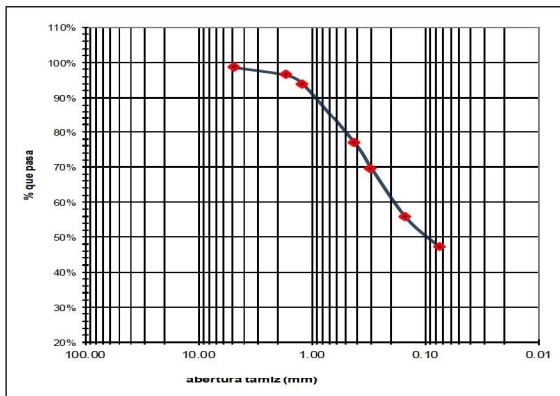
%gruesos: 1                      %arena: 51                      %finos: 47

D<sub>60</sub>= 69.67%  
 D<sub>30</sub>= 77.05%  
 D<sub>10</sub>= 96.61%  
**Cu= 0.72**  
**Cc= 0.88**

**Clasificación AASHTO: A4 (2)**

**Clasificación SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



**Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 1 350-400

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO		
No golpes	15	21	28		
húm + tara	33.4	35.9	35.2	23.6	23.3
seco + tara	30.3	32.4	31.8	23.2	23.0
Tara	21.70	21.50	21.70	21.80	21.50
<b>Humedad</b>	<b>36.0%</b>	<b>32.1%</b>	<b>33.7%</b>	<b>28.6%</b>	<b>20.0%</b>
<b>LIM LIQ =</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>34</b>	<b>IP =</b>	<b>9</b>

<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 52.60	Peso tara= 12.6	Peso crisol= 0
inicial seco = 40.2	hum+tara= 54.20	Seco+crisol= 0
lavado seco = 21.7	seco+tara= 44.40	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 30.82%</b>	%organico= 0.00%

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		2.0	4.97%	4.97%	95.03%	No 4
1.680		0.9	2.24%	7.21%	92.79%	No, 10
1.190		0.6	1.49%	8.70%	91.30%	16
0.420		5.9	14.67%	23.38%	76.62%	40
0.297		2.8	6.96%	30.34%	69.66%	50
0.149		5.6	13.93%	44.27%	55.73%	100
0.074		3.4	8.46%	52.72%	47.28%	No, 200
fondo		0.00	46.03%	98.76%	1.24%	
<b>finos lavados</b>		<b>18.51</b>				
<b>finos totales</b>		<b>18.51</b>				
<b>Sumas</b>		<b>39.7</b>				

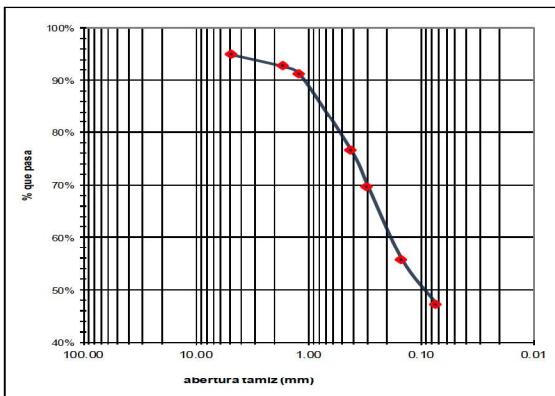
%gruesos: 5                      %arena: 48                      %finos: 47

D<sub>60</sub>= 69.66%  
 D<sub>30</sub>= 76.62%  
 D<sub>10</sub>= 92.79%  
**Cu = 0.75**  
**Cc = 0.91**

**Clasificación AASHTO: A4 (2)**

**Clasificación SUCS:**

**SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.**



**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 1 400-450

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$				LIMITE PLASTICO	
No golpes	15	20	30		
húm + tara	36.1	33.2	37.7		
seco + tara	31.0	29.3	32.5	No Tiene	
Tara	21.60	21.60	21.90		
<b>Humedad</b>	<b>54.3%</b>	<b>50.6%</b>	<b>49.1%</b>		
<b>LIM LIQ =</b>	<b>51</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>IP = 0</b>	

*pesos Iniciales (gr.)*  
 inicial humedo = 72.00  
*inicial seco = 53.5*  
 lavado seco = 22.6

*humedad natural*  
 Peso tara= 12.5  
 hum+tara= 53.40  
 seco+tara= 42.90  
**humedad= 34.54%**

*% organico*  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

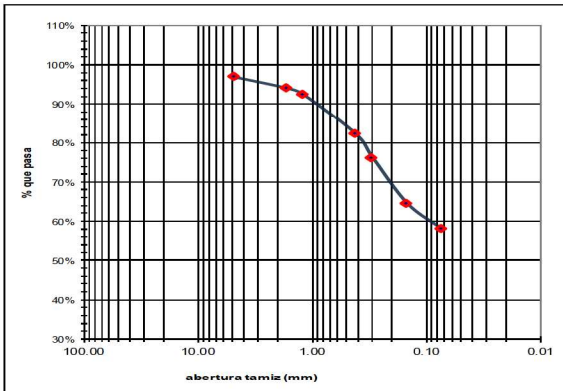
Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		1.6	2.99%	2.99%	97.01%	No 4
1.680		1.5	2.80%	5.79%	94.21%	No, 10
1.190		0.9	1.68%	7.47%	92.53%	16
0.420		5.4	10.09%	17.56%	82.44%	40
0.297		3.3	6.17%	23.73%	76.27%	50
0.149		6.2	11.59%	35.32%	64.68%	100
0.074		3.5	6.54%	41.86%	58.14%	No, 200
fondo		0.00	57.77%	99.63%	0.37%	
<b>finos lavados</b>		<b>30.92</b>				
<b>finos totales</b>		<b>30.92</b>				
<b>Sumas</b>		<b>53.3</b>				

%gruesos: 3

%arena: 39

%finos: 58

D<sub>60</sub>= 76.27%  
 D<sub>30</sub>= 82.44%  
 D<sub>10</sub>= 94.21%  
**Cu= 0.81**  
**Cc= 0.95**



**Clasificación AASHTO: A5 (6)**

**Clasificación SUCS:**

**MH:** Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N°: Sondeo 1 450-500

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO		
No golpes	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>30</b>		
húm + tara	35.2	32.9	36.3	23.4	23.7
seco + tara	31.5	29.9	32.4	23.1	23.2
Tara	22.10	21.80	21.90	22.00	21.70
<b>Humedad</b>	<b>39.4%</b>	<b>37.0%</b>	<b>37.1%</b>	<b>27.3%</b>	<b>33.3%</b>
<b>LIM LIQ =</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>IP = 7</b>	

<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 72.90	Peso tara= 12.8	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 55.6</b>	hum+tara= 60.80	Seco+crisol= 0
lavado seco = 10.0	seco+tara= 49.40	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 31.15%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.0	0.00%	0.00%	100.00%	No 4
1.680		0.3	0.54%	0.54%	99.46%	No, 10
1.190		0.3	0.54%	1.08%	98.92%	16
0.420		1.2	2.16%	3.24%	96.76%	40
0.297		0.9	1.62%	4.86%	95.14%	50
0.149		3.2	5.76%	10.61%	89.39%	100
0.074		4.2	7.56%	18.17%	81.83%	No, 200
fondo		0.00	82.01%	100.18%	-0.18%	
<b>finos lavados</b>		<b>45.59</b>				
<b>finos totales</b>		<b>45.59</b>				
<b>Sumas</b>		<b>55.7</b>				

%gruesos: 0                      %arena: 18                      %finos: 82

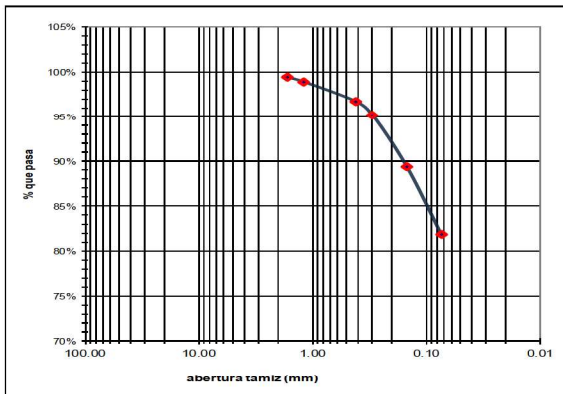
D<sub>60</sub>= 95.14%  
 D<sub>30</sub>= 96.76%  
 D<sub>10</sub>= 99.46%  
**Cu**= 0.96  
**Cc**= 0.99

**Clasificación AASHTO: A4 (8)**

**Clasificación SUCS:**

**ML:** Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 1 500-550

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO		
No golpes	15	26	35		
húm + tara	38.1	42.6	45.2		
seco + tara	34.3	38.1	40.2	No Tiene	
Tara	22.30	22.30	22.20		
<b>Humedad</b>	<b>31.7%</b>	<b>28.5%</b>	<b>27.8%</b>		
<b>LIM LIQ =</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>IP = 0</b>	

<i>pesos Iniciales (gr.)</i>	<i>humedad natural</i>	<i>% organico</i>
inicial humedo = 106.50	Peso tara= 12.7	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 81.4</b>	hum+tara= 60.20	Seco+crisol= 0
lavado seco = 54.8	seco+tara= 49.00	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 30.85%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		3.60	4.42%	4.42%	95.58%	3/8"
4.760		2.3	2.83%	7.25%	92.75%	No 4
1.680		4.8	5.90%	13.15%	86.85%	No, 10
1.190		4.7	5.77%	18.92%	81.08%	16
0.420		15.0	18.43%	37.35%	62.65%	40
0.297		5.1	6.27%	43.62%	56.38%	50
0.149		11.8	14.50%	58.12%	41.88%	100
0.074		7.1	8.72%	66.84%	33.16%	No, 200
fondo		0.00	32.67%	99.51%	0.49%	
<b>finos lavados</b>		<b>26.59</b>				
<b>finos totales</b>		<b>26.59</b>				
<b>Sumas</b>		<b>81.0</b>				

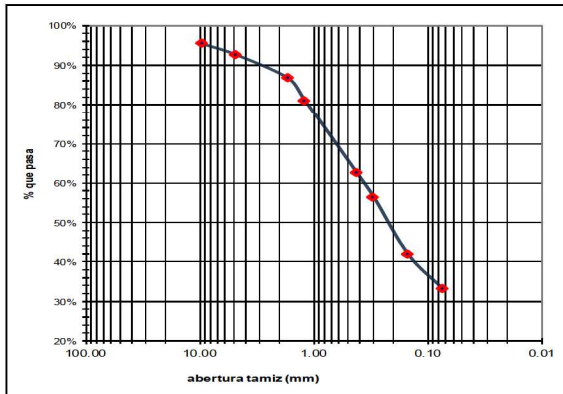
%gruesos: 7      %arena: 60      %finos: 33

D<sub>60</sub>- 56.38%  
 D<sub>30</sub>- 62.65%  
 D<sub>10</sub>- 86.85%  
**Cu = 0.65**  
**Cc = 0.80**

**Clasificación AASHTO: A2-4 ( )**

**Clasificación SUCS:**

**SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.**



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



**PESO UNITARIO Y GRAVEDAD ESPECÍFICA PARA FINES DE INGENIERIA**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 ARCHIVO No: Sondeo 1

PESO UNITARIO g/cm <sup>3</sup>					
Profundidad:	50-100				
Peso Recipiente Grande (WRG)	27.8				
Peso Muestra (Wm)	39.80				
Peso muestra + Cera (Wm+C)	43.30				
Peso Cera (WC)	3.50				
Humedad Peso tara	12.70				
Hum+tara	51.20				
Seco+tara	44.70				
<b>Humedad</b>	<b>20.31%</b>				
Pesos recipientes (WR+WP)	128.8				
Pesos recipientes + H2O (WR+WP+H2O)	360.00				
Pesos recipientes + H2O+ m (WR+WP+H2O+m)	403.30				
Peso recipiente Pequeño (Wr)	101				
Peso agua derramada + Recipiente Grande (WH20d+WRG)	51.80				
WH20derramada (WH20d)	20.50				
Densidad del H2O	1				
Volumen agua derrada (VH20d)	20.5				
<b>Ym PESOS UNITARIOS g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.94</b>				
Clasificación del suelo	<b>SM</b>				
Peso Húmedo= grs	38.50				
Peso Seco= grs	32.00				
<b>Volumen Total (Vtot)= CM<sup>3</sup></b>	<b>20.5</b>				
<b>Peso específico del suelo:</b>	<b>1941.46</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>2.14</b>	<b>Ton/m<sup>3</sup></b>	
Profundidad:	50-100				
Peso muestra en grs. (Ws):	44.6				
Peso Picnómetro (Wp):	157.7				
Peso Picnómetro + agua (Wp+H2O):	699.6				
Temperatura del agua:	18				
Densidad del H2O:	998.68				
Densidad Real del Agua.	0.99868				
Peso Picnómetro + H2O + Muestra+ Aire	710.9				
<b>Gravedad Específica G<sub>s</sub>=</b>	<b>1.34</b>				

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



## 2.1.2 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR SONDEO 2



PENETRACION ESTANDAR ASTM D 1586											
TEC. ENCARGADO: LUIS BAUTISTA RODAS											
COORDENADAS UTM: 15 P 0657704 m E 1641593 m N 2383 MSNM											
SONDEO 2											
PROF. m.	20	15	10	5	0	RESISTENCIA	RESISTENCIA	Kpa	COEFICIENTE	UNIDAD	ANGULO DE REPOSO DEL MATERIAL "talud INTERNA"
cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	cm.	TON/m <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	TON/m <sup>2</sup>	de poisson	[K(Mn)]	de arena
0.00											
0.50	3	6	4	10	Suelto	19.46	0.91	9.10	0.60	0.3	8
1.00	5	3	3	6	Suelto	22.57	0.55	5.46	0.58	0.3	8
1.50	5	6	6	12	Medio Dens	24.19	1.09	10.92	1.17	0.3	8
2.00	4	4	4	8	Suelto	16.52	0.73	7.28	0.78	0.3	8
2.50	4	4	3	7	Suelto	20.33	0.84	6.37	0.68	0.3	18.0
3.00	4	3	3	6	Suelto	30.00	0.55	5.46	0.58	0.4	20
3.50	7	5	6	11	Medio Dens	30.00	1.00	10.01	1.07	0.4	20
4.00	8	9	14	23	Medio Dens	42.99	2.09	20.93	2.25	0.4	20.0
4.50	23	18	22	40	Dens	15.41	3.64	36.40	3.92	0.6	20.0
5.00	20	20	20	40	Dens	34.78	3.64	36.40	3.92	0.6	20
5.50	24	16	20	36	Dens	10.99	3.28	32.76	3.50	0.3	8
6.00	22	16	15	31	Dens	39.33	2.82	28.21	3.04	0.6	20
6.50	9	9	9	18	Medio Dens	41.56	1.64	16.38	1.76	0.4	21
7.00	11	10	11	21	Medio Dens	49.60	1.91	19.11	2.06	0.3	8
7.50	14	11	11	22	Medio Dens	42.81	2.00	20.02	2.15	0.4	21
8.00	15	11	11	22	Medio Dens	38.78	2.00	20.02	2.15	0.3	8
8.50	15	12	8	20	Medio Dens	27.36	1.82	18.20	1.91	0.35	11.5
9.00	11	11	11	22	Medio Dens	37.83	2.00	20.02	2.15	0.4	21
9.50	12	11	8	19	Medio Dens	31.06	1.73	17.29	1.83	0.4	21

CLASIFICACION	COHESION	INDICE DE PLASTICIDAD IP	PESO VOLUMETRICO HUMEDO Kg/m <sup>3</sup>	PESO VOLUMETRICO SECO EN Kg/m <sup>3</sup>	Is1 = coeficiente de balasto	% CBR
SMT: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	0.2226	0	1,716.77	1427.11	2.51	10
SMT: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	0.1677	0	1,514.79	1235.86	1.50	7
SMT: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	0.2187	0	1,650.00	1328.61	3.04	12
SMT: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	0.1630	0	1,637.86	1405.48	2.01	8
SMT: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	0.1712	0	1,612.99	1340.47	1.75	7
ML: Limos inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos, ligeramente plásticos.	0.1677	8	1,418.69	1091.30	1.50	7
ML: Limos inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos, ligeramente plásticos.	0.2110	5	1,461.03	1123.87	2.78	11
ML: Limos inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos, ligeramente plásticos.	0.2759	0	1,344.11	940.00	6.45	22
ML: Limos inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos, ligeramente plásticos.	0.3246	7	2,179.92	1888.59	17.55	39
ML: Limos inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos, ligeramente plásticos.	0.3246	5	1,148.39	852.05	17.55	39
SMT: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	0.3163	0	1,488.03	1340.81	13.83	35
ML: Limos inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos, ligeramente plásticos.	0.3022	0	1,033.21	741.55	10.27	30
MHT: Limos inorgánicas, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos	0.2544	0	1,234.64	872.16	4.74	17
SMT: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	0.2679	7	1,330.39	868.30	5.72	20
MHT: Limos inorgánicas, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos	0.2720	0	1,226.36	858.74	6.08	21
SMT: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	0.2720	0	1,444.99	1041.21	6.08	21
SC: Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	0.2638	0	1,302.40	1022.61	5.38	19
CL: Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres	0.2720	0	1,297.93	941.69	6.08	21
CL: Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres	0.2591	0	1,395.73	1217.37	5.06	16

COMENTACION	Ing. DAGOBERTO ALFREDO BAUTISTA JUAREZ Jefe Laboratorios control de calidad Suelos, Concreto, Asfalto y Materiales
-------------	--



## COMENTARIOS

De 0.00 a 1.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **SUELTO** con porcentajes de humedad 19.46, 22.57 por ciento. Y una resistencia de 0.91, 0.55 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **9.10, 5.46 Ton/mts<sup>2</sup>** **presentando una capacidad de soporte del suelo baja. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna** es de: 29, 26 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 59.57, 57.98. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.716.77, 1.514.79 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1437.11, 1235.86. Coeficiente de balasto es de: 2.52, 1.50 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 10, 7 por ciento.

De 1.00 a 1.50 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 24.19 por ciento. Y una resistencia de 1.09 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **10.92 Ton/mts<sup>2</sup>** **presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna** es de: 30 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 60.25. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.650.0 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1328.61. Coeficiente de balasto es de: 3.04 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 12 por ciento.

De 1.50 a 3.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **SUELTO** con porcentajes de humedad de 16.52, 20.33, 30.0 por ciento. Y una resistencia de 0.73, 0.64, 0.55 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **7.28, 6.37, 5.46 Ton/mts<sup>2</sup>** **presentando una capacidad de soporte del suelo baja. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna** es de: 28, 27, 26 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 58.82, 58.42, 57.98. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. Y ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. El índice de plasticidad es de 0.0, 8.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo para los estratos de** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.637.66, 1.612.99, 1.418.69 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1405.48, 1340.47, 1091.30. Coeficiente de balasto es de: 2.01, 1.75, 1.50 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 8, 7, 7 por ciento.



De 3.00 a 4.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 30.0, 42.99 por ciento. Y una resistencia de 1.0, 2.09 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **10.01, 20.93 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 30, 36 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 59.92, 63.22. El tipo de suelo que presenta es ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. El índice de plasticidad es de 5.0, 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.461.03, 1.344.11 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1123.87, 940.0. Coeficiente de balasto es de: 2.78, 6.45 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 11, 22 por ciento.

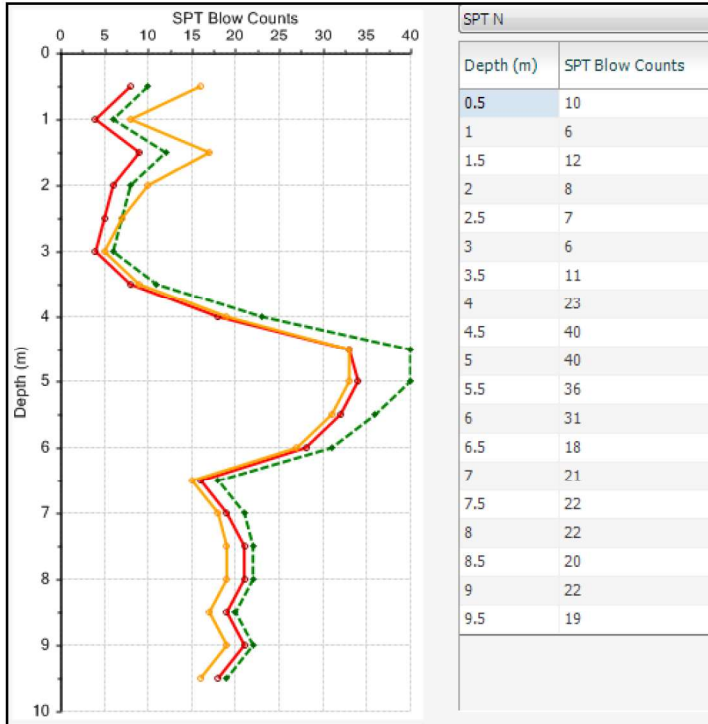
De 4.00 a 6.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **DENSO** con porcentajes de humedad de 15.41, 34.78, 10.98, 39.33 por ciento. Y una resistencia de 3.64, 3.64, 3.28, 2.82 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **36.40, 36.40, 32.76, 28.21 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo alta. Lo cual **NO** presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 43, 43, 42, 40 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 66.64, 66.64, 65.92, 64.95. El tipo de suelo que presenta es ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. Y SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 7.0, 5.0, 0.0, 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 2.179.62, 1.148.39, 1.488.03, 1.033.21 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1888.59, 852.05, 1340.81, 741.55. Coeficiente de balasto es de: 17.55, 17.55, 13.80, 10.27 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 39, 39, 35, 30 por ciento.

De 6.00 a 9.50 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 41.56, 49.60, 42.81, 38.78, 27.36, 37.83, 31.08 por ciento. Y una resistencia de 1.64, 1.91, 2.00, 2.00, 1.82, 2.00, 1.73 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **16.38, 19.11, 20.02, 20.02, 18.20, 20.02, 17.29 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual **NO** presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 34, 35, 36, 36, 35, 36, 34 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 61.99, 62.75, 62.99, 62.99, 62.50, 62.99, 62.25. El tipo de suelo que presenta es MH: Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos. SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. SC: Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla. Y CL: Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres. El índice de plasticidad es de 0.0 para los estratos de 6.0 a 6.50, 7.50 a 9.50 y 7.0 el estrato de 6.50 a 7.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.234.64, 1.330.39, 1.226.36, 1.444.99, 1.302.40, 1.297.93, 1.595.73 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 872.16, 889.30, 858.74, 1041.21, 1022.61, 941.69, 1217.37. Coeficiente de balasto es de: 4.74, 5.72, 6.08, 6.08, 5.38, 6.08, 5.06 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 17, 20, 21, 21, 19, 21, 18 por ciento.



**Correlaciones realizadas**  
**Resultados de correlaciones con los resultados anteriores**  
**presentados**

**SONDEO SPT 2**



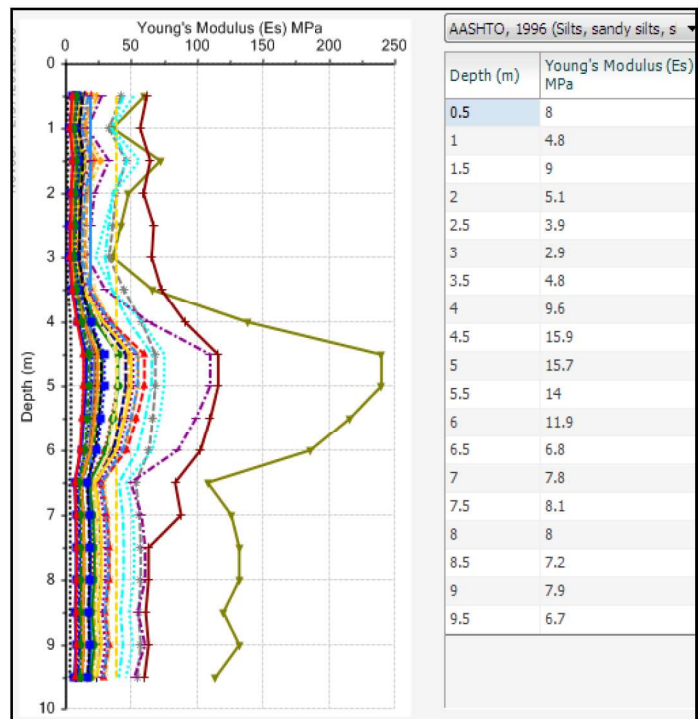
En la gráfica se muestra el único punto ideal de mayor resistencia mecánica del suelo en donde podríamos situar el inicio de la mejora del terreno.

**MODULO DE Young´s:**

En la siguiente grafica se muestra el resultado del E (MPa) en condiciones no drenadas, la zona más satisfactoria se encuentra entre los 3.50 a 9.50 y metros de profundidad, en los demás estratos el suelo se deforma, Menor contenido de humedad se traduce en un aumento de la succión y la rigidez del suelo.

El tiempo de aplicación de la carga se traduce en una disminución de la relación de vacíos y aumento de tensiones efectivas.

La cementación aumenta el módulo y provoca una degradación discontinua con las deformaciones.

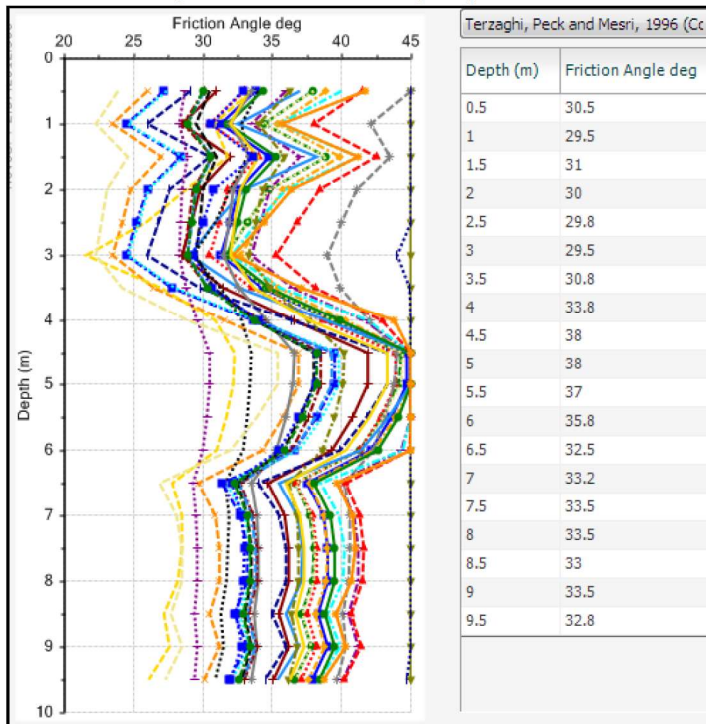


**MODULO DE YOUNG´S EN CONDICIONES NO DRENADAS**



**ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA:**

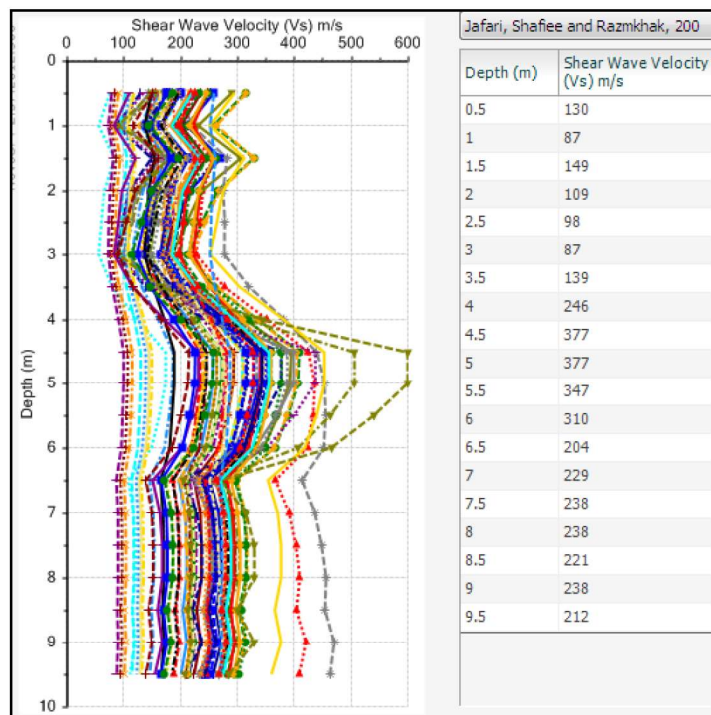
En la siguiente grafica se muestra el Angulo de fricción interna del suelo a diferentes profundidades y tipos de suelo.



**VELOCIDAD DE LAS ONDAS SÍSMICAS.**

El suelo está catalogado como tipo de material F, E al presentar Vs inferior a 180 m/s, el material presenta licuefacción y es licuable en presencia de un terremoto de las profundidades de 0.0 a 3.50 metros. Es material tipo D al presentar Vs mayor a 180, de la profundidad de 3.50 a 9.50 metros el suelo no se licua.

La filosofía del diseño sismo-resistente se basa en evitar pérdidas de vidas humanas, la defensa de estructuras y propiedades, así como el mantenimiento de la







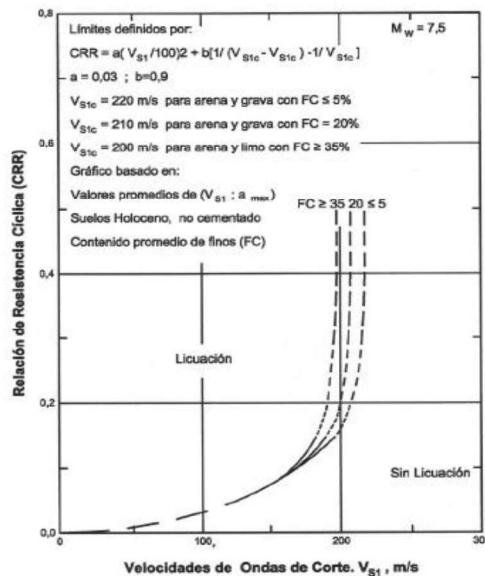
estabilidad social tras un terremoto.

Pero la determinación del valor de la fuerza sísmica de diseño presenta dificultades debido a varias incertidumbres, como, por ejemplo, la probabilidad de ocurrencia de un terremoto en el área de estudio, las características sismológicas del mecanismo fuente, la propagación de las ondas desde la fuente a la zona concreta y la respuesta del suelo y de la estructura a la sacudida.

TIPOLOGÍA DE MATERIAL	DESCRIPCIÓN	V <sub>S</sub> en los 30 m superiores (m/s)
A	Roca compacta	> 1500
B	Roca	760 < V <sub>S</sub> ≤ 1500
C	Suelo muy denso y roca blanda	360 < V <sub>S</sub> ≤ 760
D	Suelo rígido 15 ≤ N <sub>SPT</sub> ≤ 50 o 50 kPa ≤ C <sub>U</sub> ≤ 100 kPa	180 ≤ V <sub>S</sub> ≤ 730
E	Perfil con más de 3 m de arcilla blanda con IP > 20 ω ≥ 40 % y C <sub>U</sub> < 25 kPa	< 180
F	1. Suelos susceptibles de rotura o colapso bajo carga sísmica tales como suelos licuefractables, arcillas sensitivas o suelos débilmente cementados 2. Turba/ arcillas orgánicas de potencia mayor a 3 m 3. Arcillas de plasticidad muy alta con una potencia mayor a 3 m y un IP > 75 4. Arcillas de rigidez blanda a media de potencia > 36 m	

**Analizando la velocidad de ondas**

El suelo está catalogado como tipo de material F, E al presentar Vs inferior a 180 m/s, el material presenta licuefacción y es licuable en presencia de un terremoto de las profundidades de 0.0 a 3.50 metros. Es material tipo D al presentar Vs mayor a 180, de la profundidad de 3.50 a 9.50 metros el suelo no se licua.





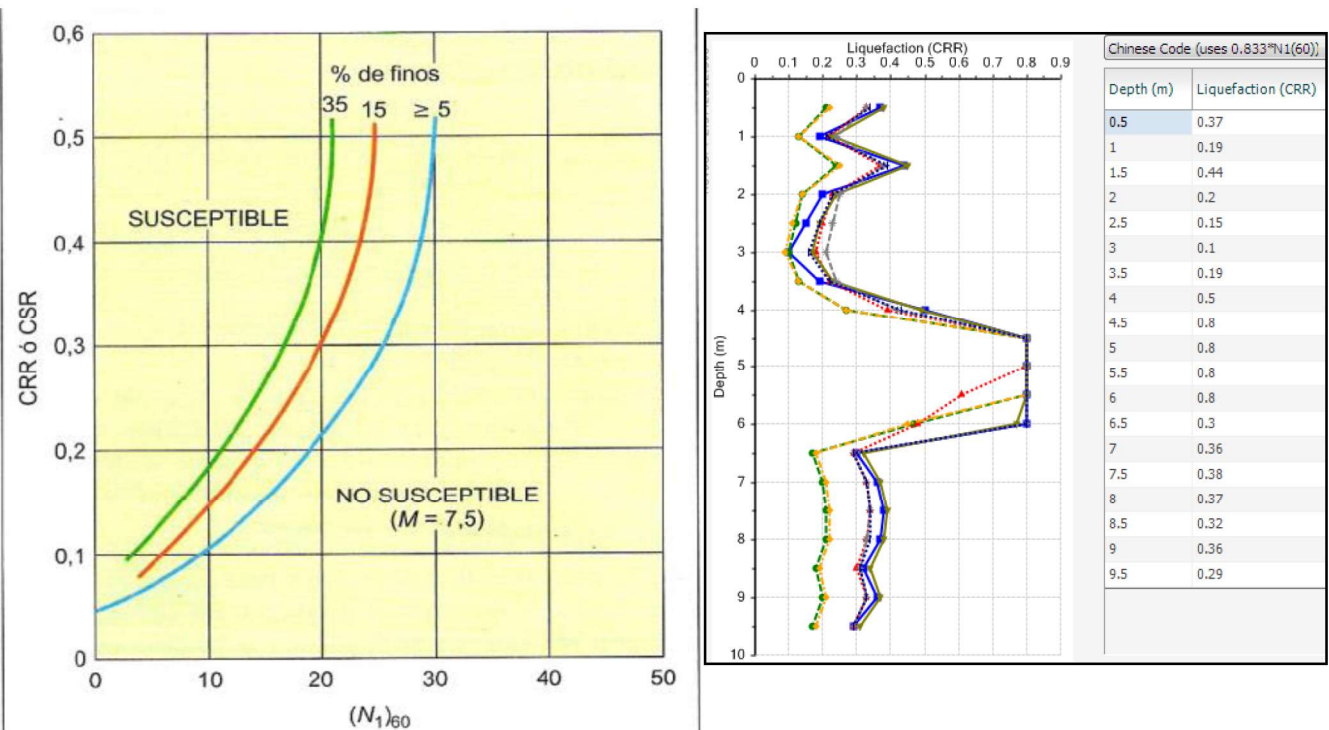
**Cimentaciones en áreas de suelos licuables.**

Las cimentaciones construidas sobre suelos que licuan ( $PL > 10\%$ ) están sometidas a grandes asentamientos, desplazamiento lateral y falla de la cimentación y de la estructura. Por lo tanto, no está permitido cimentar directamente sobre suelos licuables.

La cimentación y los pisos deberán apoyarse sobre suelos no licuables o con licuación baja. Los pisos no deberán apoyarse directamente sobre suelos licuables.

Se deberá proponer el tipo de cimentación para apoyar la estructura sobre un suelo no licuable o los procedimientos constructivos para mejorar las condiciones del suelo y lograr que la Probabilidad de Licuación (PL) sea „T 10%

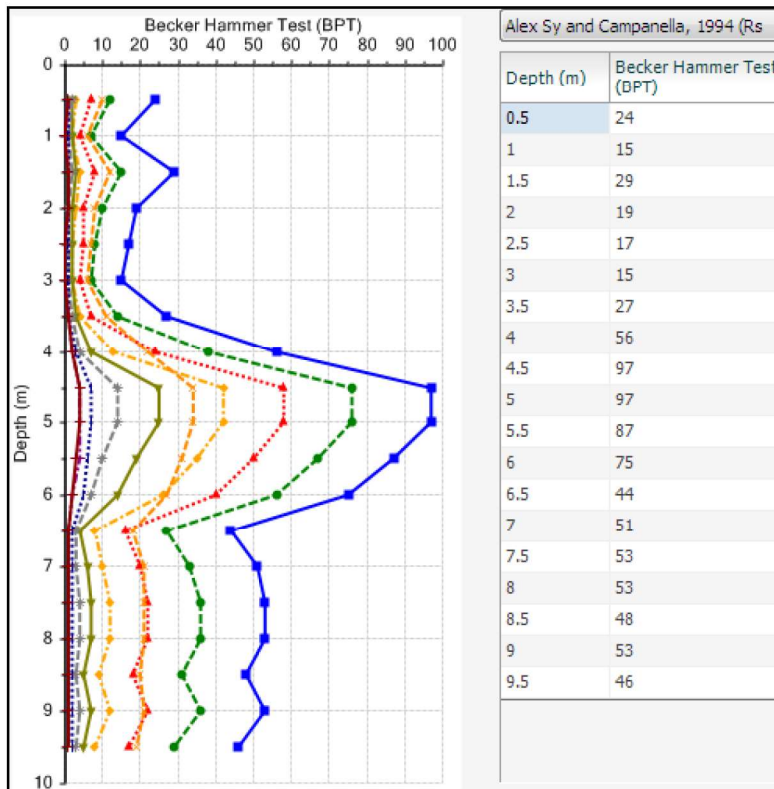
En las siguientes graficas se muestra resultados del estudio de licuefacción por varios métodos, dando como resultado que el suelo está catalogado como tipo de material F, E al presentar  $V_s$  inferior a 180 m/s, el material presenta licuefacción y es licuable en presencia de un terremoto de las profundidades de 0.0 a 3.50 metros. Es material tipo D al presentar  $V_s$  mayor a 180, de la profundidad de 3.50 a 9.50 metros el suelo no se licua





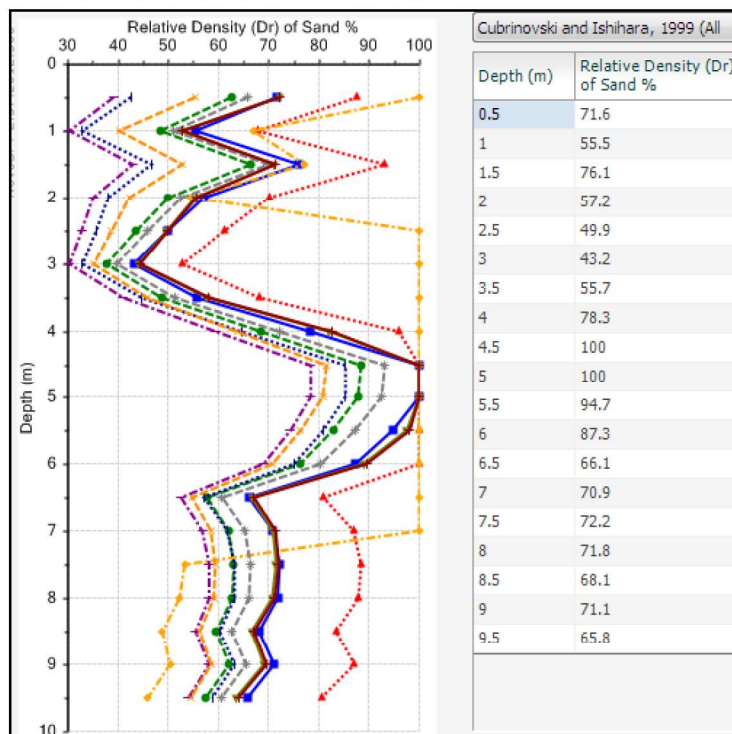
**Prueba del martillo de Becker:**

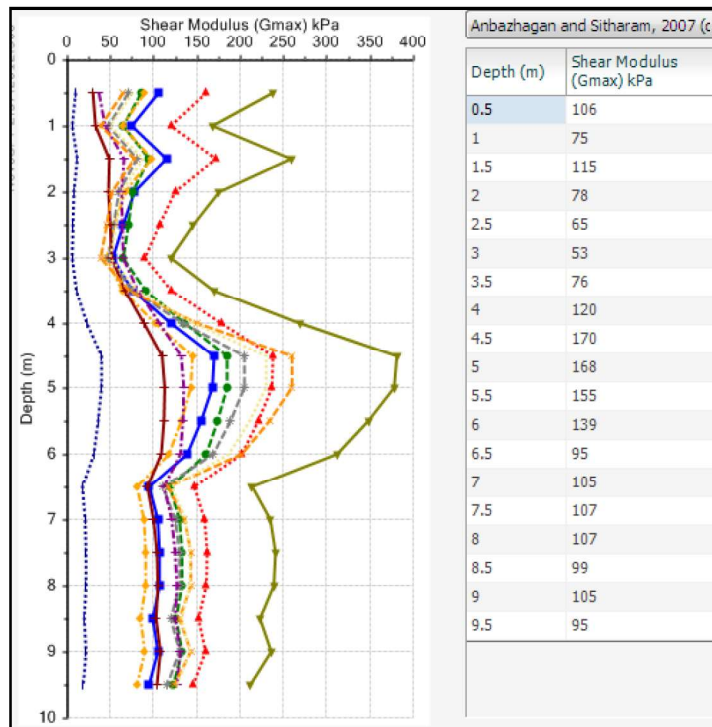
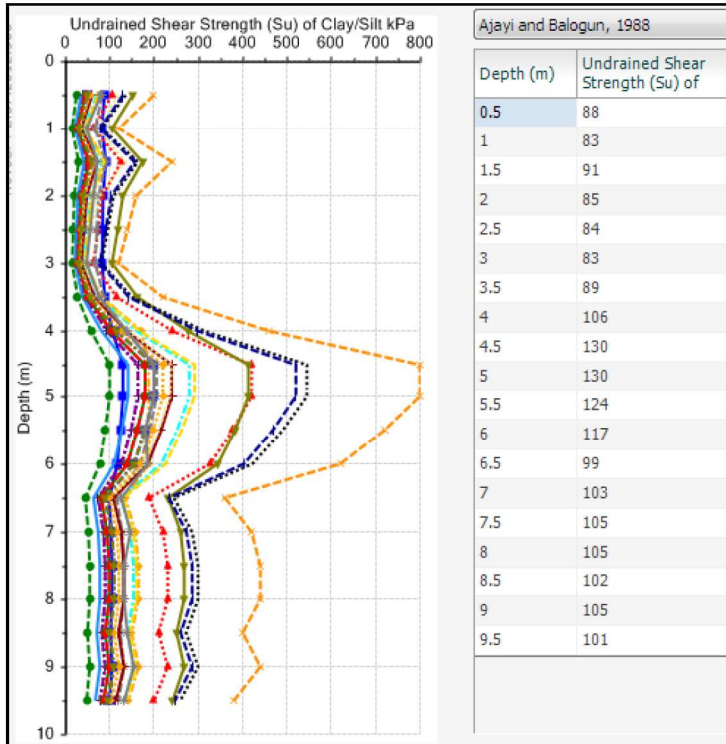
A la profundidad de 4.50 a 5.0 m se encuentra el valor más alto.

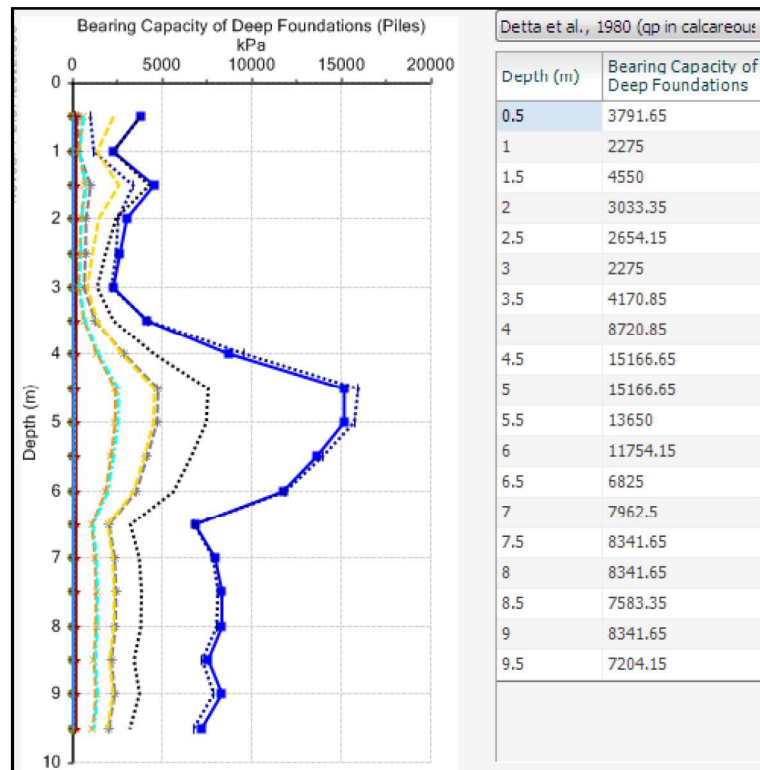
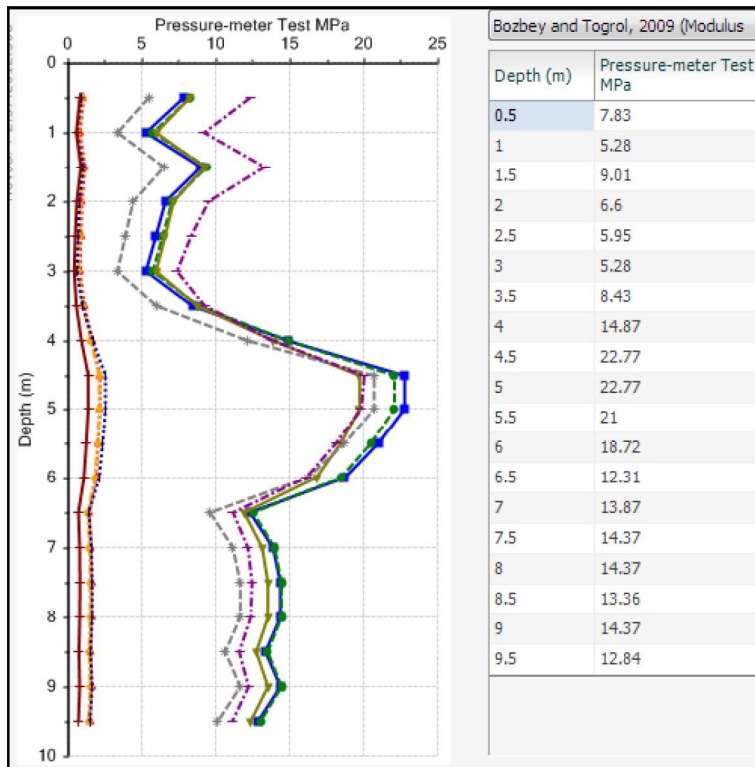


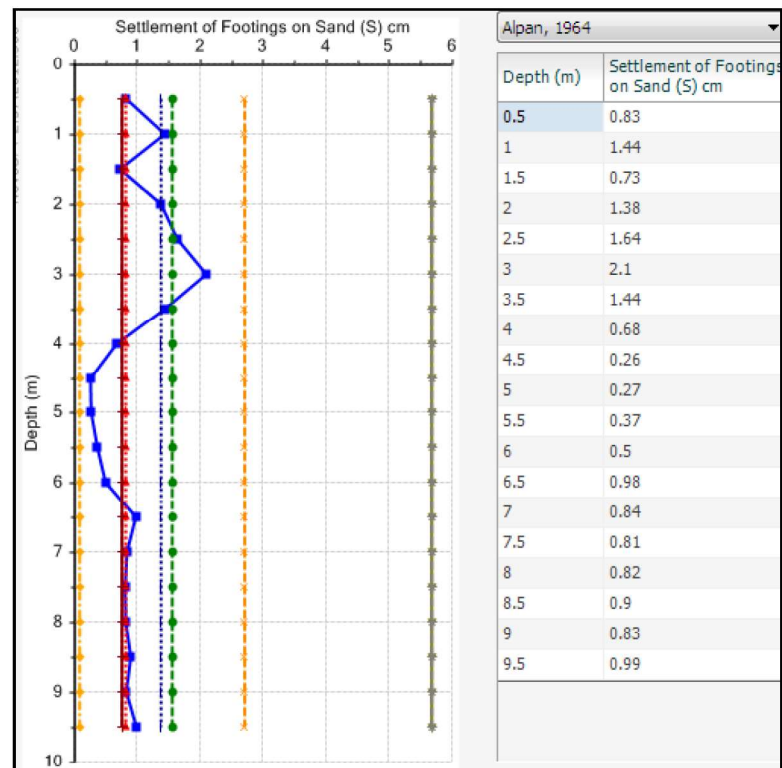
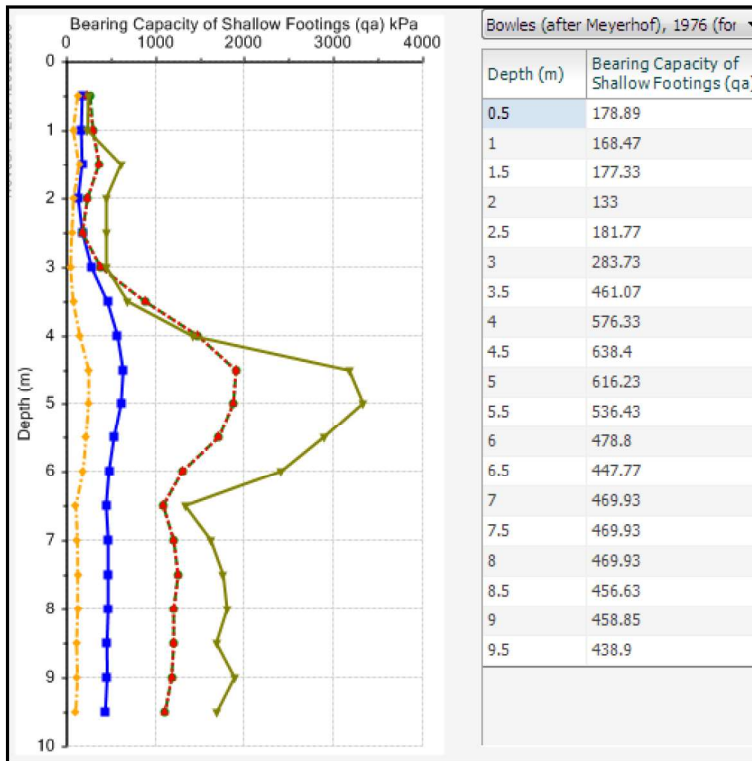
Se presentan varias graficas de correlaciones realizadas.

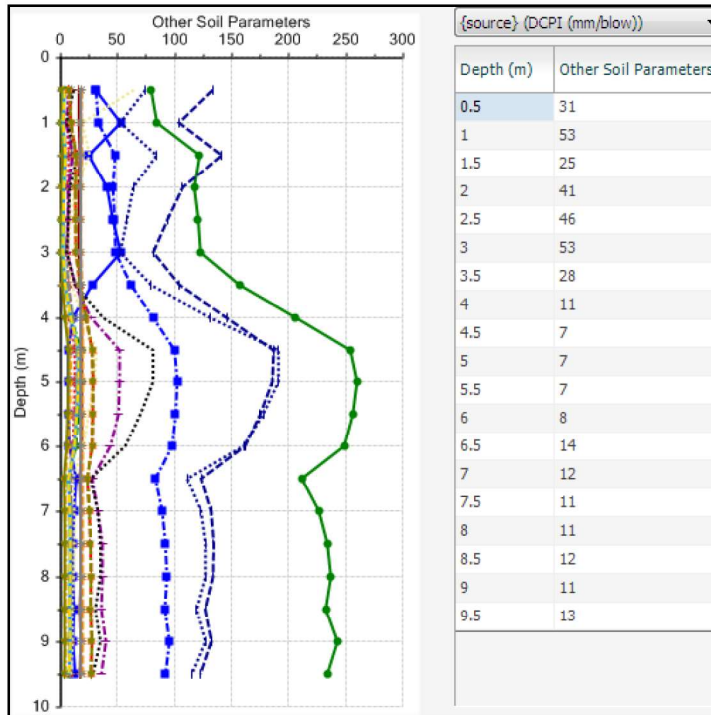
La densidad relativa se encuentra medio a muy alto, por lo tanto, la densificación del mismo se encuentra entre de 43.2 a 100 %



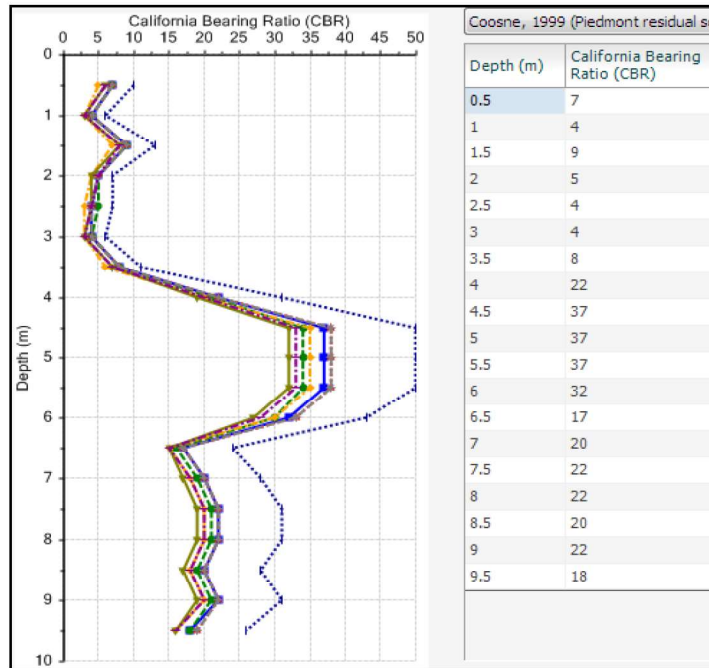








**CBR: en la siguiente grafica se muestra los datos de CBR**



**Trabajos de laboratorio:**

Los ensayos de laboratorio se han realizado con muestras obtenidas, atendiendo a las características de los materiales y siguiendo las correspondientes Normas.

**Informe de laboratorio:**

**SONDEO 2:**



**Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 0-50

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>35</b>	
húm + tara	34.3	40.3	40.8	
seco + tara	31.1	36.2	36.7	No Tiene
Tara	19.80	20.30	19.90	
<b>Humedad</b>	<b>28.3%</b>	<b>25.8%</b>	<b>24.4%</b>	
<b>LIM LIQ =</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>IP = 0</b>

*pesos Iniciales (gr.)*  
 inicial humedo = 57.30  
*inicial seco = 48.0*  
 lavado seco = 31.0

*humedad natural*  
 Peso tara= 12.9  
 hum+tara= 43.60  
 seco+tara= 38.60  
**humedad= 19.46%**

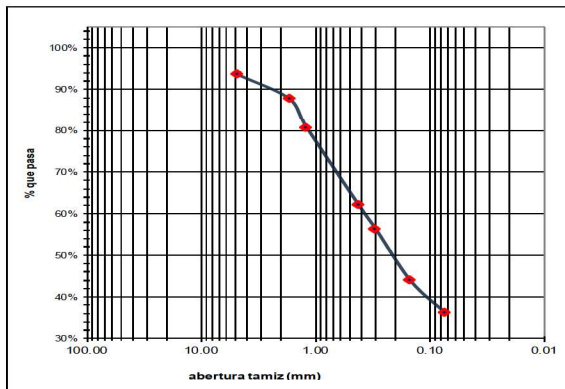
*% organico*  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		3.1	6.46%	6.46%	93.54%	No 4
1.680		2.8	5.84%	12.30%	87.70%	No, 10
1.190		3.4	7.09%	19.39%	80.61%	16
0.420		8.9	18.55%	37.94%	62.06%	40
0.297		2.8	5.84%	43.78%	56.22%	50
0.149		5.9	12.30%	56.08%	43.92%	100
0.074		3.7	7.71%	63.79%	36.21%	No, 200
fondo		0.00	35.37%	99.17%	0.83%	
<b>finos lavados</b>		<b>16.97</b>				
<b>finos totales</b>		<b>16.97</b>				
<b>Sumas</b>		<b>47.6</b>				

%gruesos: 6                      %arena: 57                      %finos: 36

D<sub>60</sub>= 56.22%  
 D<sub>30</sub>= 62.06%  
 D<sub>10</sub>= 87.70%  
**Cu= 0.64**  
**Cc= 0.78**



**Clasificación AASHTO: A4 ( )**

**Clasificación SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.

**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





**Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 50-100

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO
No golpes	15	22	35
húm + tara	37.6	34.3	37.3
seco + tara	33.5	31.2	33.7
Tara	21.70	21.70	21.80
<b>Humedad</b>	<b>34.7%</b>	<b>32.6%</b>	<b>30.3%</b>
<b>LIM LIQ =</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
			<b>IP = 0</b>

*pesos Iniciales (gr.)*  
 inicial humedo = 73.00  
 inicial seco = **59.6**  
 lavado seco = 36.8

*humedad natural*  
 Peso tara= 12.7  
 hum+tara= 51.80  
 seco+tara= 44.60  
**humedad= 22.57%**

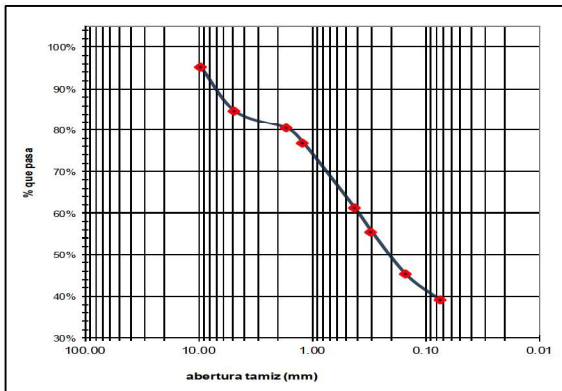
*% organico*  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		2.90	4.87%	4.87%	95.13%	3/8"
4.760		6.2	10.41%	15.28%	84.72%	No 4
1.680		2.5	4.20%	19.48%	80.52%	No, 10
1.190		2.2	3.69%	23.17%	76.83%	16
0.420		9.3	15.62%	38.79%	61.21%	40
0.297		3.4	5.71%	44.49%	55.51%	50
0.149		6.1	10.24%	54.74%	45.26%	100
0.074		3.7	6.21%	60.95%	39.05%	No, 200
fondo		0.00	38.21%	99.16%	0.84%	
<b>finos lavados</b>		<b>22.76</b>				
<b>finos totales</b>		<b>22.76</b>				
<b>Sumas</b>		<b>59.1</b>				

%gruesos: 15      %arena: 46      %finos: 39

D<sub>60</sub>= 55.51%  
 D<sub>30</sub>= 61.21%  
 D<sub>10</sub>= 80.52%  
**Cu= 0.69**  
**Cc= 0.84**



**Clasificación AASHTO: A4 (1)**

**Clasificación SUCS: SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.**

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 100-150

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	15	26	32	
húm + tara	33.6	38.6	40.7	
seco + tara	31.0	35.2	36.8	No Tiene
Tara	22.30	21.70	22.00	
<b>Humedad</b>	<b>29.9%</b>	<b>25.2%</b>	<b>26.4%</b>	
<b>LIM LIQ =</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>IP = 0</b>

*pesos Iniciales (gr.)*  
 inicial humedo = 56.70  
*inicial seco = 45.7*  
 lavado seco = 38.5

*humedad natural*  
 Peso tara= 12.6  
 hum+tara= 39.30  
 seco+tara= 34.10  
**humedad= 24.19%**

*% organico*  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		9.30	20.37%	20.37%	79.63%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	20.37%	79.63%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	20.37%	79.63%	3/8"
4.760		0.4	0.88%	21.25%	78.75%	No 4
1.680		2.7	5.91%	27.16%	72.84%	No, 10
1.190		2.8	6.13%	33.29%	66.71%	16
0.420		9.9	21.68%	54.97%	45.03%	40
0.297		3.6	7.88%	62.86%	37.14%	50
0.149		6.7	14.67%	77.53%	22.47%	100
0.074		2.9	6.35%	83.89%	16.11%	No, 200
fondo		0.00	15.68%	99.56%	0.44%	
<b>finos lavados</b>		<b>7.16</b>				
<b>finos totales</b>		<b>7.16</b>				
<b>Sumas</b>		<b>45.5</b>				

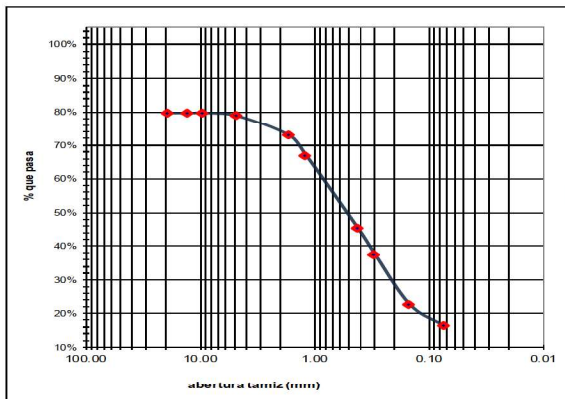
%gruesos: 21      %arena: 63      %finos: 16

D<sub>60</sub>= 37.14%  
 D<sub>30</sub>= 45.03%  
 D<sub>10</sub>= 72.84%  
**Cu= 0.51**  
**Cc= 0.75**

**Clasificación AASHTO: A1-b ( )**

**Clasificación SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.



**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 150-200

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	15	23	30	
húm + tara	37.3	39.2	40.9	
seco + tara	33.6	35.3	36.8	No tiene
Tara	21.90	22.10	21.90	
Humedad	31.6%	29.5%	27.5%	
LIM LIQ =	30	29	28	IP = 0

<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 53.60	Peso tara= 12.7	Peso crisol= 0
inicial seco = 46.0	hum+tara= 52.20	Seco+crisol= 0
lavado seco = 28.7	seco+tara= 46.60	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 16.52%</b>	%organico= 0.00%

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.9	1.96%	1.96%	98.04%	No 4
1.680		1.6	3.48%	5.43%	94.57%	No, 10
1.190		2.1	4.57%	10.00%	90.00%	16
0.420		9.5	20.65%	30.65%	69.35%	40
0.297		3.5	7.61%	38.26%	61.74%	50
0.149		6.7	14.56%	52.82%	47.18%	100
0.074		3.6	7.83%	60.65%	39.35%	No, 200
fondo		0.00	37.61%	98.26%	1.74%	
<b>finos lavados</b>		<b>17.30</b>				
<b>finos totales</b>		<b>17.30</b>				
<b>Sumas</b>		<b>45.2</b>				

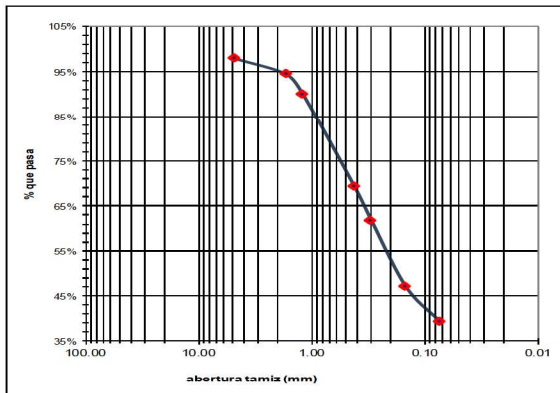
%gruesos: 2      %arena: 59      %finos: 39

D<sub>60</sub>= 61.74%  
 D<sub>30</sub>= 69.35%  
 D<sub>10</sub>= 94.57%  
**Cu**= 0.65  
**Cc**= 0.82

**Clasificación AASHTO: A4 (1)**

**Clasificación SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo Nº : Sondeo 2 200-250

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	15	24	35	
húm + tara	34.0	38.5	39.8	
seco + tara	30.8	34.4	35.7	No tiene
Tara	21.40	21.20	22.00	
<b>Humedad</b>	<b>34.0%</b>	<b>31.1%</b>	<b>29.9%</b>	
<b>LIM LIQ =</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>IP = 0</b>

<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 57.70	Peso tara= 12.8	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 48.0</b>	hum+tara= 49.50	Seco+crisol= 0
lavado seco = 27.8	seco+tara= 43.30	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 20.33%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		2.90	6.05%	6.05%	93.95%	1/2"
9.520		0.90	1.88%	7.92%	92.08%	3/8"
4.760		0.5	1.04%	8.97%	91.03%	No 4
1.680		1.5	3.13%	12.10%	87.90%	No, 10
1.190		1.4	2.92%	15.01%	84.99%	16
0.420		8.6	17.93%	32.95%	67.05%	40
0.297		3.4	7.09%	40.04%	59.96%	50
0.149		5.9	12.30%	52.34%	47.66%	100
0.074		2.2	4.59%	56.93%	43.07%	No, 200
fondo		0.00	42.03%	98.96%	1.04%	
<b>finos lavados</b>		<b>20.15</b>				
<b>finos totales</b>		<b>20.15</b>				
<b>Sumas</b>		<b>47.5</b>				

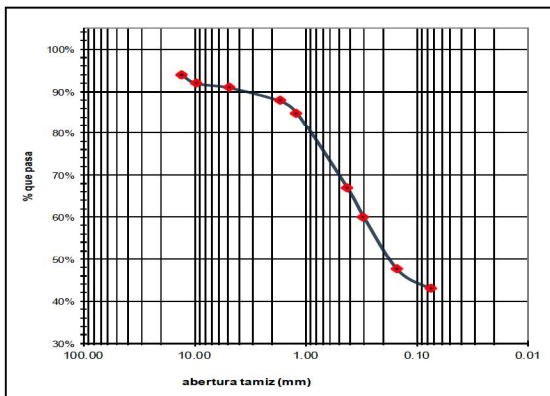
%gruesos: 9                      %arena: 48                      %finos: 43

D<sub>60</sub>= 59.96%  
 D<sub>30</sub>= 67.05%  
 D<sub>10</sub>= 87.90%  
**Cu= 0.68**  
**Cc= 0.85**

**Clasificacion AASHTO: A4 (2)**

**Clasificacion SUCS:**

**SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.**



**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



**Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N°: Sondeo 2 250-300

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$				LIMITE PLASTICO	
No golpes	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>35</b>		
húm + tara	35.6	38.3	37.3	17.9	17.7
seco + tara	31.8	34.1	33.5	17.5	17.4
Tara	21.50	21.60	21.50	16.10	16.10
<b>Humedad</b>	<b>36.9%</b>	<b>33.6%</b>	<b>31.7%</b>	<b>28.6%</b>	<b>23.1%</b>
<b>LIM LIQ =</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>IP = 8</b>	

<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 52.60	Peso tara= 12.2	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 40.5</b>	hum+tara= 44.70	Seco+crisol= 0
lavado seco = 11.4	seco+tara= 37.20	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 30.00%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		2.0	4.94%	4.94%	95.06%	No 4
1.680		1.5	3.71%	8.65%	91.35%	No, 10
1.190		0.7	1.73%	10.38%	89.62%	16
0.420		2.0	4.94%	15.32%	84.68%	40
0.297		1.4	3.46%	18.78%	81.22%	50
0.149		2.4	5.93%	24.71%	75.29%	100
0.074		1.2	2.97%	27.68%	72.32%	No, 200
fondo		0.00	71.83%	99.51%	0.49%	
<b>finos lavados</b>		<b>29.06</b>				
<b>finos totales</b>		<b>29.06</b>				
<b>Sumas</b>		<b>40.3</b>				

%gruesos: 5      %arena: 23      %finos: 72

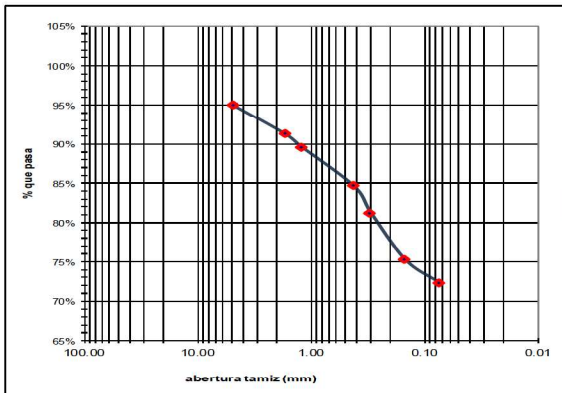
D<sub>60</sub>= 81.22%  
 D<sub>30</sub>= 84.68%  
 D<sub>10</sub>= 91.35%  
**Cu**= 0.89  
**Cc**= 0.97

**Clasificación AASHTO: A4 (7)**

**Clasificación SUCS:**

**ML:** Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 300-350

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO		
No golpes	15	22	28		
húm + tara	36.3	39.6	45.0	17.9	17.6
seco + tara	32.5	35.1	39.5	17.5	17.2
Tara	21.70	21.70	22.30	15.90	15.90
Humedad	35.2%	33.6%	32.0%	25.0%	30.8%
LIM LIQ =	33	33	32	IP =	5

pesos Iniciales (gr.)  
 inicial humedo = 30.30  
 inicial seco = 23.3  
 lavado seco = 10.3

humedad natural  
 Peso tara= 12.3  
 hum+tara= 50.00  
 seco+tara= 41.30  
**humedad= 30.00%**

% organico  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

ANALISIS GRANULOMETRICO

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.0	0.00%	0.00%	100.00%	No 4
1.680		0.3	1.29%	1.29%	98.71%	No, 10
1.190		0.4	1.72%	3.00%	97.00%	16
0.420		2.6	11.16%	14.16%	85.84%	40
0.297		1.7	7.29%	21.45%	78.55%	50
0.149		3.2	13.73%	35.18%	64.82%	100
0.074		2.0	8.58%	43.76%	56.24%	No, 200
fondo		0.00	55.81%	99.57%	0.43%	
<b>finos lavados</b>		<b>13.01</b>				
<b>finos totales</b>		<b>13.01</b>				
<b>Sumas</b>		<b>23.2</b>				

%gruesos: 0      %arena: 44      %finos: 56

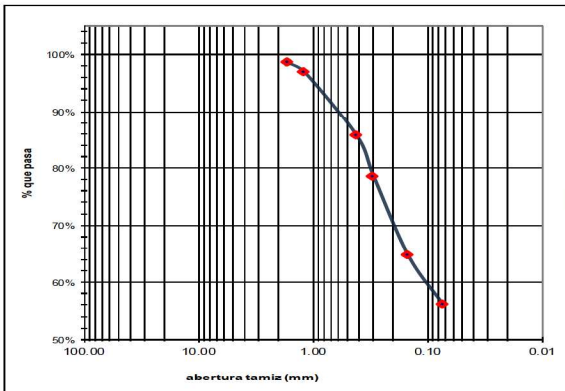
D<sub>60</sub>= 78.55%  
 D<sub>30</sub>= 85.84%  
 D<sub>10</sub>= 98.71%  
**Cu= 0.80**  
**Cc= 0.95**

Clasificación AASHTO: **A4 (4)**

Clasificación SUCS:

**ML:** Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





**Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 350-400

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$				LIMITE PLASTICO	
No golpes	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>30</b>		
húm + tara	36.2	36.2	42.0		
seco + tara	31.9	32.2	36.2	No Tiene	
Tara	21.90	22.20	21.60		
<b>Humedad</b>	<b>43.0%</b>	<b>40.0%</b>	<b>39.7%</b>		
<b>LIM LIQ =</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>IP = 0</b>	

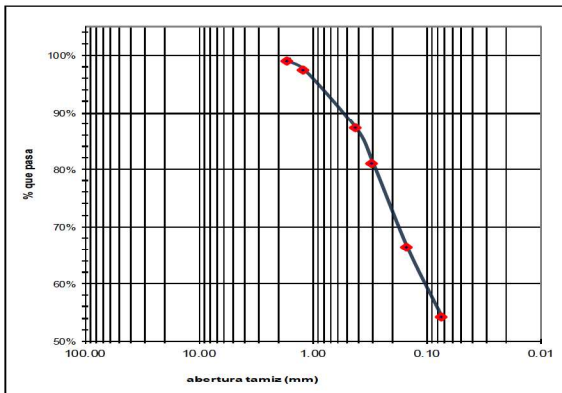
<i>pesos Iniciales (gr.)</i>	<i>humedad natural</i>	<i>% organico</i>
inicial humedo = 45.90	Peso tara= 12.6	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 32.1</b>	hum+tara= 44.20	Seco+crisol= 0
lavado seco = 14.7	seco+tara= 34.70	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 42.99%</b>	<b>%organico= 0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.0	0.00%	0.00%	100.00%	No 4
1.680		0.3	0.93%	0.93%	99.07%	No, 10
1.190		0.5	1.56%	2.49%	97.51%	16
0.420		3.3	10.28%	12.77%	87.23%	40
0.297		2.0	6.23%	19.00%	81.00%	50
0.149		4.7	14.64%	33.64%	66.36%	100
0.074		3.9	12.15%	45.79%	54.21%	No, 200
fondo		0.00	54.21%	100.00%	0.00%	
<b>finos lavados</b>		<b>17.40</b>				
<b>finos totales</b>		<b>17.40</b>				
<b>Sumas</b>		<b>32.1</b>				

%gruesos: 0      %arena: 46      %finos: 54

D<sub>60</sub>= 81.00%  
 D<sub>30</sub>= 87.23%  
 D<sub>10</sub>= 99.07%  
**Cu= 0.82**  
**Cc= 0.95**



**Clasificación AASHTO: A5 (4)**

**Clasificación SUCS:**

**ML:** Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.

**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 400-450

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$				LIMITE PLASTICO	
No golpes	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>35</b>		
húm + tara	38.3	40.0	38.0	17.9	17.8
seco + tara	34.0	35.6	34.2	17.5	17.4
Tara	21.70	21.80	21.60	15.90	15.80
<b>Humedad</b>	<b>35.0%</b>	<b>31.9%</b>	<b>30.2%</b>	<b>25.0%</b>	<b>25.0%</b>
<b>LIM LIQ =</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>IP = 7</b>	

*pesos Iniciales (gr.)*  
 inicial humedo = 71.30  
*inicial seco = 61.8*  
 lavado seco = 15.3

*humedad natural*  
 Peso tara= 12.6  
 hum+tara= 50.80  
 seco+tara= 45.70  
**humedad= 15.41%**

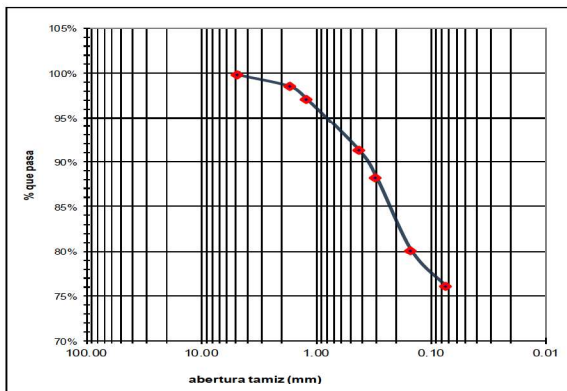
*% organico*  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.1	0.16%	0.16%	99.84%	No 4
1.680		0.8	1.29%	1.46%	98.54%	No, 10
1.190		0.9	1.46%	2.91%	97.09%	16
0.420		3.6	5.83%	8.74%	91.26%	40
0.297		1.9	3.08%	11.82%	88.18%	50
0.149		5.0	8.09%	19.91%	80.09%	100
0.074		2.5	4.05%	23.96%	76.04%	No, 200
fondo		0.00	75.24%	99.19%	0.81%	
<b>finos lavados</b>		<b>46.48</b>				
<b>finos totales</b>		<b>46.48</b>				
<b>Sumas</b>		<b>61.3</b>				

%gruesos: 0                      %arena: 24                      %finos: 76

D<sub>60</sub>= 88.18%  
 D<sub>30</sub>= 91.26%  
 D<sub>10</sub>= 98.54%  
**Cu= 0.89**  
**Cc= 0.96**



**Clasificación AASHTO: A4 (8)**

**Clasificación SUCS:**

**ML:** Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.

**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





**Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 450-500

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO		
No golpes	15	20	35		
húm + tara	37.9	42.1	42.0	17.8	17.7
seco + tara	33.6	37.0	36.9	17.4	17.4
Tara	21.90	12.40	21.70	16.00	16.00
<b>Humedad</b>	<b>36.8%</b>	<b>20.7%</b>	<b>33.6%</b>	<b>28.6%</b>	<b>21.4%</b>
<b>LIM LIQ =</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>35</b>	<b>IP = 5</b>	

*pesos Iniciales (gr.)*  
 inicial humedo = 53.70  
 inicial seco = **39.8**  
 lavado seco = 14.0

*humedad natural*  
 Peso tara= 12.8  
 hum+tara= 56.20  
 seco+tara= 45.00

*% organico*  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**humedad= 34.78%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.2	0.50%	0.50%	99.50%	No 4
1.680		1.2	3.01%	3.51%	96.49%	No, 10
1.190		1.5	3.76%	7.28%	92.72%	16
0.420		4.1	10.29%	17.57%	82.43%	40
0.297		1.3	3.26%	20.83%	79.17%	50
0.149		3.4	8.53%	29.37%	70.63%	100
0.074		2.1	5.27%	34.64%	65.36%	No, 200
fondo		0.00	64.86%	99.50%	0.50%	
<b>finos lavados</b>		<b>25.84</b>				
<b>finos totales</b>		<b>25.84</b>				
<b>Sumas</b>		<b>39.6</b>				

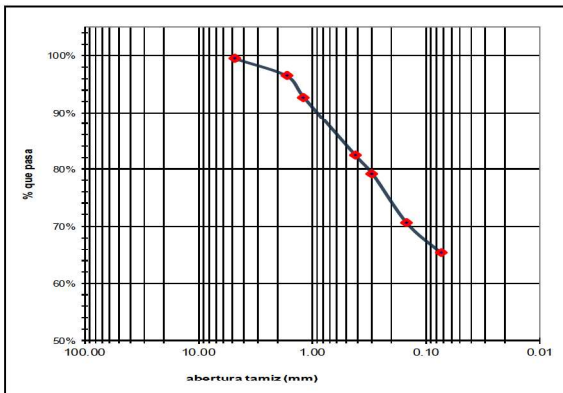
%gruesos: 1                      %arena: 34                      %finos: 65

D<sub>60</sub>= 79.17%  
 D<sub>30</sub>= 82.43%  
 D<sub>10</sub>= 96.49%  
**Cu= 0.82**  
**Cc= 0.89**

**Clasificación AASHTO: A4 (6)**

**Clasificación SUCS:**

**ML:** Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.



**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 500-550

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO
No golpes	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>30</b>
húm + tara	35.1	37.9	48.6
seco + tara	31.2	33.5	41.4
Tara	21.70	21.80	21.50
Humedad	<b>41.1%</b>	<b>37.6%</b>	<b>36.2%</b>
LIM LIQ =	<b>39</b>	<b>37</b>	<b>37</b>
			<b>IP = 0</b>

pesos Iniciales (gr.)  
 inicial humedo = 55.40  
 inicial seco = **49.9**  
 lavado seco = 29.0

humedad natural  
 Peso tara= 12.8  
 hum+tara= 60.30  
 seco+tara= 55.60

% organico  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**humedad= 10.98%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

**10.98**

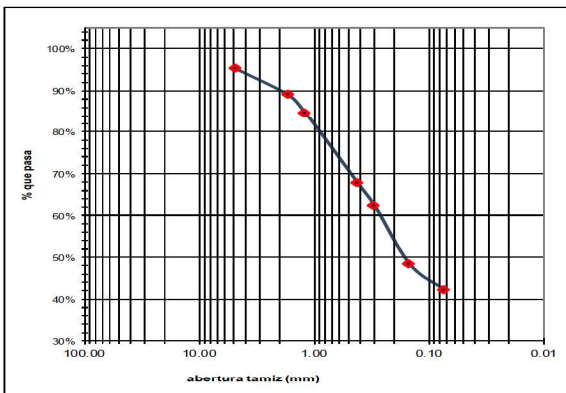
Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		2.3	4.61%	4.61%	95.39%	No 4
1.680		3.1	6.21%	10.82%	89.18%	No, 10
1.190		2.2	4.41%	15.22%	84.78%	16
0.420		8.4	16.83%	32.05%	67.95%	40
0.297		2.8	5.61%	37.66%	62.34%	50
0.149		6.9	13.82%	51.48%	48.52%	100
0.074		3.1	6.21%	57.69%	42.31%	No, 200
fondo		0.00	41.91%	99.60%	0.40%	
<b>finos lavados</b>		<b>20.92</b>				
<b>finos totales</b>		<b>20.92</b>				
<b>Sumas</b>		<b>49.7</b>				

%gruesos: 5

%arena: 53

%finos: 42

D<sub>60</sub>= 62.34%  
 D<sub>30</sub>= 67.95%  
 D<sub>10</sub>= 89.18%  
**Cu= 0.70**  
**Cc= 0.83**



**Clasificación AASHTO: A4 (1)**

**Clasificación SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.

**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo Nº : Sondeo 2 550-600

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	15	23	35	
húm + tara	38.7	41.8	43.1	
seco + tara	33.1	35.3	36.7	No Tiene
Tara	21.70	21.60	21.90	
Humedad	49.1%	47.4%	43.2%	
LIM LIQ =	46	47	45	IP = 0

*pesos Iniciales (gr.)*  
 inicial humedo = 50.30  
 inicial seco = 36.1  
 lavado seco = 15.5

*humedad natural*  
 Peso tara= 12.8  
 hum+tara= 50.00  
 seco+tara= 39.50

*% organico*  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= 0.00%

**humedad= 39.33%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

39.33

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		1.0	2.77%	2.77%	97.23%	No 4
1.680		0.2	0.55%	3.32%	96.68%	No, 10
1.190		0.3	0.83%	4.15%	95.85%	16
0.420		4.9	13.57%	17.73%	82.27%	40
0.297		1.5	4.15%	21.88%	78.12%	50
0.149		5.7	15.79%	37.67%	62.33%	100
0.074		1.7	4.71%	42.38%	57.62%	No, 200
fondo		0.00	57.07%	99.45%	0.55%	
<b>finos lavados</b>		<b>20.60</b>				
<b>finos totales</b>		<b>20.60</b>				
<b>Sumas</b>		<b>35.9</b>				

%gruesos: 3

%arena: 40

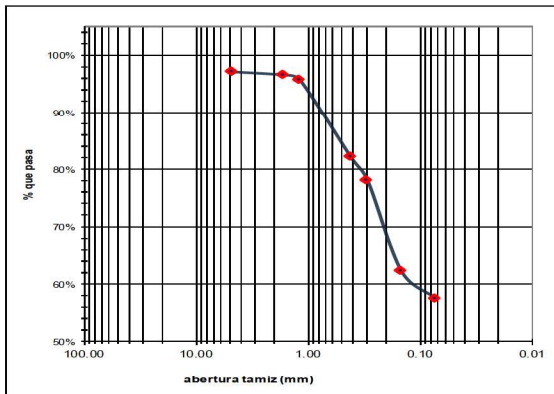
%finos: 58

D<sub>60</sub>= 78.12%  
 D<sub>30</sub>= 82.27%  
 D<sub>10</sub>= 96.68%  
**Cu= 0.81**  
**Cc= 0.90**

**Clasificación AASHTO: A5 (5)**

**Clasificación SUCS:**

**ML:** Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 600-650

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$				LIMITE PLASTICO	
No golpes	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>28</b>		
húm + tara	41.8	39.5	42.6		
seco + tara	34.4	33.0	35.1	No Tiene	
Tara	22.10	21.80	21.90		
<b>Humedad</b>	<b>60.2%</b>	<b>58.0%</b>	<b>56.8%</b>		
<b>LIM LIQ =</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>IP = 0</b>	

pesos Iniciales (gr.)  
 inicial humedo = 41.40  
 inicial seco = **29.2**  
 lavado seco = 11.6

humedad natural  
 Peso tara= 12.8  
 hum+tara= 47.20  
 seco+tara= 37.10  
**humedad= 41.56%**

% organico  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

41.56

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.4	1.37%	1.37%	98.63%	No 4
1.680		0.2	0.68%	2.05%	97.95%	No, 10
1.190		0.5	1.71%	3.76%	96.24%	16
0.420		2.2	7.52%	11.28%	88.72%	40
0.297		1.4	4.79%	16.07%	83.93%	50
0.149		4.0	13.68%	29.75%	70.25%	100
0.074		2.5	8.55%	38.30%	61.70%	No, 200
fondo		0.00	60.33%	98.63%	1.37%	
<b>finos lavados</b>		<b>17.64</b>				
<b>finos totales</b>		<b>17.64</b>				
<b>Sumas</b>		<b>28.8</b>				

%gruesos: 1                      %arena: 37                      %finos: 62

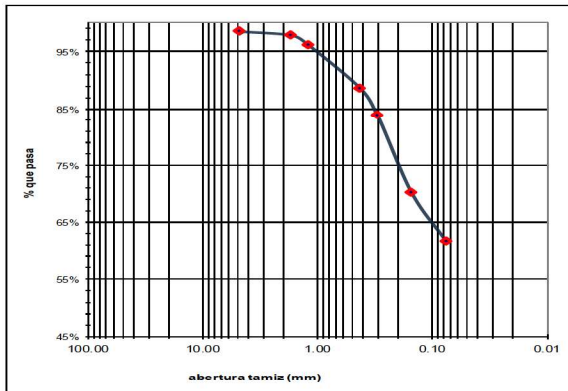
D<sub>60</sub>= 83.93%  
 D<sub>30</sub>= 88.72%  
 D<sub>10</sub>= 97.95%  
**Cu= 0.86**  
**Cc= 0.96**

**Clasificación AASHTO: A5 (8)**

**Clasificación SUCS:**

**MH:** Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N°: Sondeo 2 650-700

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO		
No golpes	16	23	35		
húm + tara	37.5	45.5	38.4	17.7	17.5
seco + tara	31.7	36.9	32.7	17.1	17.0
Tara	22.00	21.80	22.30	15.90	16.00
<b>Humedad</b>	<b>59.8%</b>	<b>57.0%</b>	<b>54.8%</b>	<b>50.0%</b>	<b>50.0%</b>
<b>LIM LIQ =</b>	<b>57</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>IP = 7</b>	

*pesos Iniciales (gr.)*  
 inicial humedo = 45.40  
 inicial seco = **30.3**  
 lavado seco = 18.2

*humedad natural*  
 Peso tara= 12.6  
 hum+tara= 49.70  
 seco+tara= 37.40

*% organico*  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

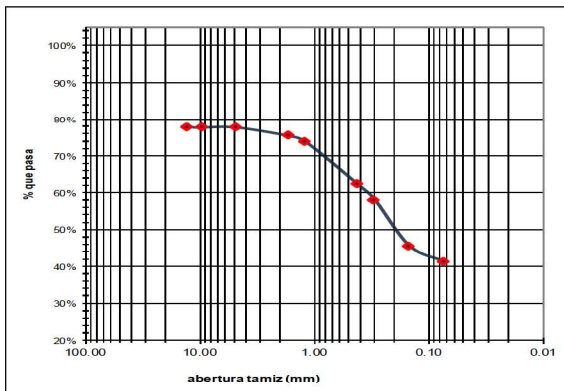
**humedad= 49.60%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		6.70	22.08%	22.08%	77.92%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	22.08%	77.92%	3/8"
4.760		0.0	0.00%	22.08%	77.92%	No 4
1.680		0.7	2.31%	24.38%	75.62%	No, 10
1.190		0.5	1.65%	26.03%	73.97%	16
0.420		3.5	11.53%	37.56%	62.44%	40
0.297		1.3	4.28%	41.85%	58.15%	50
0.149		3.8	12.52%	54.37%	45.63%	100
0.074		1.3	4.28%	58.65%	41.35%	No, 200
fondo		0.00	40.03%	98.68%	1.32%	
<b>finos lavados</b>	<b>12.15</b>					
<b>finos totales</b>	<b>12.15</b>					
<b>Sumas</b>	<b>29.9</b>					

%gruesos: 22      %arena: 37      %finos: 41

D<sub>60</sub>= 58.15%  
 D<sub>30</sub>= 62.44%  
 D<sub>10</sub>= 75.62%  
**Cu= 0.77**  
**Cc= 0.89**



**Clasificación AASHTO: A5 (2)**

**Clasificación SUCS:**

**SM:** Arenas limosas, mezclas de arena y limo.

**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 700-750

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes	15	22	31	
húm + tara	30.8	36.4	35.1	
seco + tara	26.5	30.5	29.5	No Tiene
Tara	19.80	20.30	19.90	
Humedad	64.2%	57.8%	58.3%	
LIM LIQ =	60	57	60	IP = 0

<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 51.10	Peso tara= 12.7	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 35.8</b>	hum+tara= 59.40	Seco+crisol= 0
lavado seco = 15.8	seco+tara= 45.40	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 42.81%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Pare	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.2	0.56%	0.56%	99.44%	No 4
1.680		1.2	3.35%	3.91%	96.09%	No, 10
1.190		1.5	4.19%	8.10%	91.90%	16
0.420		4.2	11.74%	19.84%	80.16%	40
0.297		2.1	5.87%	25.71%	74.29%	50
0.149		4.2	11.74%	37.45%	62.55%	100
0.074		2.1	5.87%	43.32%	56.68%	No, 200
fondo		0.00	55.84%	99.16%	0.84%	
<b>finos lavados</b>	<b>19.98</b>					
<b>finos totales</b>	<b>19.98</b>					
<b>Sumas</b>	<b>35.5</b>					

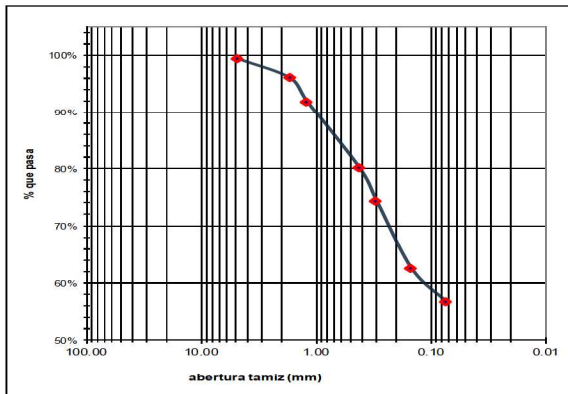
%gruesos: 1                      %arena: 43                      %finos: 57

D<sub>60</sub>= 74.29%  
 D<sub>30</sub>= 80.16%  
 D<sub>10</sub>= 96.09%  
**Cu= 0.77**  
**Cc= 0.90**

**Clasificación AASHTO: A5 (6)**

**Clasificación SUCS:**

**MH:** Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 750-800

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$				LIMITE PLASTICO	
No golpes	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>32</b>		
húm + tara	34.6	39.5	38.7		
seco + tara	29.0	32.5	32.5	No Tiene	
Tara	19.70	20.10	20.80		
<b>Humedad</b>	<b>60.2%</b>	<b>56.5%</b>	<b>53.0%</b>		
<b>LIM LIQ =</b>	<b>57</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>IP = 0</b>	

pesos Iniciales (gr.)  
 inicial humedo = 55.80  
**inicial seco = 40.2**  
 lavado seco = 27.1

humedad natural  
 Peso tara= 12.7  
 hum+tara= 56.00  
 seco+tara= 43.90

% organico  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

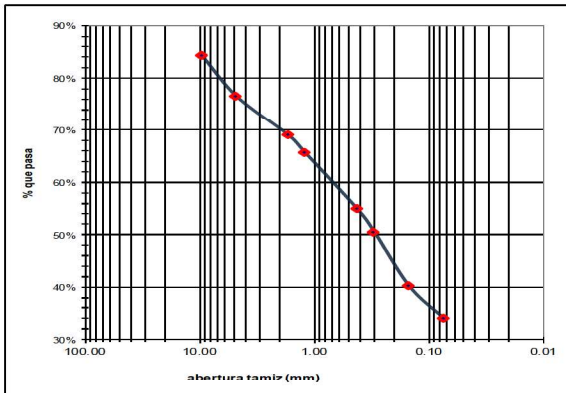
**humedad= 38.78%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		6.30	15.67%	15.67%	84.33%	3/8"
4.760		3.1	7.71%	23.38%	76.62%	No 4
1.680		3.0	7.46%	30.84%	69.16%	No, 10
1.190		1.4	3.48%	34.32%	65.68%	16
0.420		4.3	10.69%	45.02%	54.98%	40
0.297		1.8	4.48%	49.49%	50.51%	50
0.149		4.1	10.20%	59.69%	40.31%	100
0.074		2.5	6.22%	65.91%	34.09%	No, 200
fondo		0.00	32.60%	98.51%	1.49%	
<b>finos lavados</b>		<b>13.11</b>				
<b>finos totales</b>		<b>13.11</b>				
<b>Sumas</b>		<b>39.6</b>				

%gruesos: 23                      %arena: 43                      %finos: 34

D<sub>60</sub>= 50.51%  
 D<sub>30</sub>= 54.98%  
 D<sub>10</sub>= 69.16%  
**Cu= 0.73**  
**Cc= 0.87**



**Clasificacion AASHTO: A2-5 ( )**

**Clasificacion SUCS:**

**SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo.**

**Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez**  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales



Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 800-850

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes				
húm + tara				
seco + tara		No Tiene	No Tiene	
Tara				
<b>Humedad</b>				
<b>LIM LIQ =</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>IP = 0</b>

<u>pesos Iniciales (gr.)</u>	<u>humedad natural</u>	<u>% organico</u>
inicial humedo = 44.10	Peso tara= 12.8	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 34.6</b>	hum+tara= 50.50	Seco+crisol= 0
lavado seco = 20.8	seco+tara= 42.40	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 27.36%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

27.36

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		4.9	14.15%	14.15%	85.85%	No 4
1.680		1.6	4.62%	18.77%	81.23%	No, 10
1.190		1.9	5.49%	24.26%	75.74%	16
0.420		3.6	10.40%	34.66%	65.34%	40
0.297		2.0	5.78%	40.43%	59.57%	50
0.149		5.6	16.17%	56.61%	43.39%	100
0.074		2.5	7.22%	63.83%	36.17%	No, 200
fondo		0.00	39.93%	103.75%	-3.75%	
<b>finos lavados</b>		<b>13.82</b>				
<b>finos totales</b>		<b>13.82</b>				
<b>Sumas</b>		<b>35.9</b>				

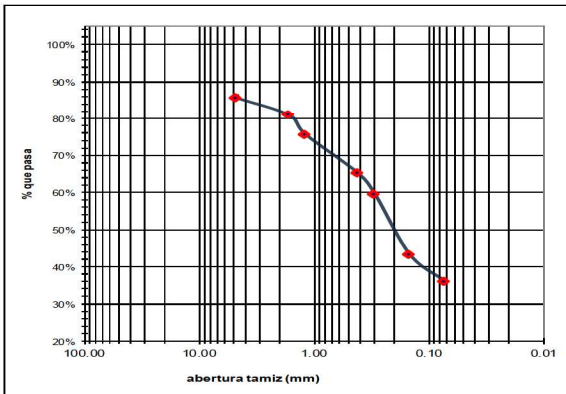
%gruesos: 14                      %arena: 50                      %finos: 36

D<sub>60</sub>= 59.57%  
 D<sub>30</sub>= 65.34%  
 D<sub>10</sub>= 81.23%  
**Cu= 0.73**  
**Cc= 0.88**

**Clasificación AASHTO: A4 ( )**

**Clasificación SUCS:**

**SC:** Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla



Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 850-900

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes				
húm + tara				
seco + tara		No Tiene		No Tiene
Tara				
Humedad				
<b>LIM LIQ =</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>IP = 0</b>

<i>pesos Iniciales (gr.)</i>	<i>humedad natural</i>	<i>% organico</i>
inicial humedo = 35.80	Peso tara= 12.7	Peso crisol= 0
<b>inicial seco = 26.0</b>	hum+tara= 59.70	Seco+crisol= 0
lavado seco = 10.8	seco+tara= 46.80	Calcinado+crisol= 0
	<b>humedad= 37.83%</b>	%organico= <b>0.00%</b>

ANALISIS GRANULOMETRICO

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.6	2.31%	2.31%	97.69%	No 4
1.680		0.9	3.46%	5.77%	94.23%	No, 10
1.190		0.7	2.69%	8.47%	91.53%	16
0.420		2.3	8.85%	17.32%	82.68%	40
0.297		1.4	5.39%	22.71%	77.29%	50
0.149		2.7	10.39%	33.11%	66.89%	100
0.074		1.9	7.31%	40.42%	59.58%	No, 200
fondo		0.00	58.42%	98.85%	1.15%	
<b>finos lavados</b>		<b>15.17</b>				
<b>finos totales</b>		<b>15.17</b>				
<b>Sumas</b>		<b>25.7</b>				

%gruesos: 2                      %arena: 38                      %finos: 60

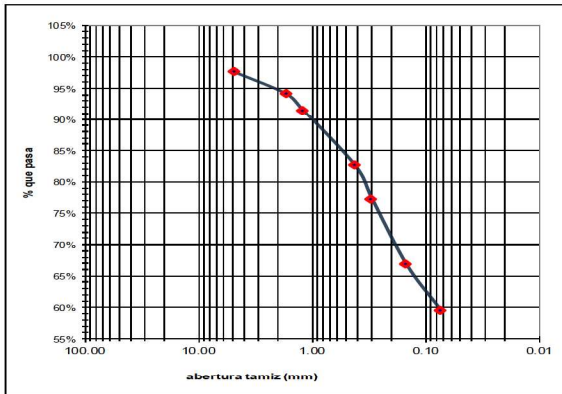
D<sub>80</sub>= 77.29%  
 D<sub>30</sub>= 82.68%  
 D<sub>10</sub>= 94.23%  
**Cu= 0.82**  
**Cc= 0.94**

**Clasificación AASHTO: A4 (5)**

Clasificación SUCS:

**CL:** Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





Clasificación de Suelos para Fines de Ingeniería

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
 Archivo N° : Sondeo 2 900-950

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO = $W_{(20-30)}(N/25)^{0.121}$			LIMITE PLASTICO	
No golpes				
húm + tara				
seco + tara		No Tiene	No Tiene	
Tara				
<b>Humedad</b>				
<b>LIM LIQ =</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>IP = 0</b>

pesos Iniciales (gr.)  
 inicial humedo = 49.00  
 inicial seco = **37.4**  
 lavado seco = 16.6

humedad natural  
 Peso tara= 12.7  
 hum+tara= 55.30  
 seco+tara= 45.20  
**humedad= 31.08%**

% organico  
 Peso crisol= 0  
 Seco+crisol= 0  
 Calcinado+crisol= 0  
 %organico= **0.00%**

**ANALISIS GRANULOMETRICO**

31.08

Malla (mm)	muestra nat.	muestra lav	% Ret-Parc	% Ret-Acum	% Que Pasa	Malla (pul)
101.600			0.00%	0.00%	100.00%	3"
63.500			0.00%	0.00%	100.00%	2 1/2"
50.800			0.00%	0.00%	100.00%	2"
38.700			0.00%	0.00%	100.00%	1 1/2"
25.400			0.00%	0.00%	100.00%	1"
19.100		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/4"
12.700		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	1/2"
9.520		0.00	0.00%	0.00%	100.00%	3/8"
4.760		0.8	2.14%	2.14%	97.86%	No 4
1.680		1.2	3.21%	5.35%	94.65%	No, 10
1.190		0.8	2.14%	7.49%	92.51%	16
0.420		3.9	10.43%	17.92%	82.08%	40
0.297		2.0	5.35%	23.27%	76.73%	50
0.149		4.9	13.11%	36.38%	63.62%	100
0.074		2.6	6.96%	43.34%	56.66%	No, 200
fondo		0.00	55.59%	98.93%	1.07%	
<b>finos lavados</b>		<b>20.78</b>				
<b>finos totales</b>		<b>20.78</b>				
<b>Sumas</b>		<b>37.0</b>				

%gruesos: 2                      %arena: 41                      %finos: 57

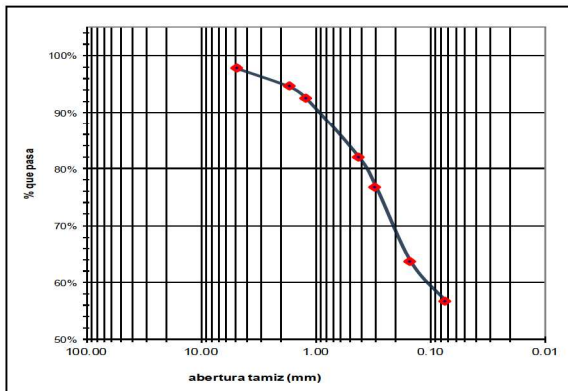
D<sub>60</sub>= 76.73%  
 D<sub>30</sub>= 82.08%  
 D<sub>10</sub>= 94.65%  
**Cu= 0.81**  
**Cc= 0.93**

**Clasificacion AASHTO: A4 (4)**

**Clasificacion SUCS:**

**CL:** Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres

Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez  
 Jefe laboratorios control de calidad  
 suelos, asfaltos, concretos y materiales





**PESO UNITARIO Y GRAVEDAD ESPECÍFICA PARA FINES DE INGENIERIA**

TECNICOS : Gadiel Abelardez  
ARCHIVO No: Sondeo 2

PESO UNITARIO g/cm3					
Profundidad:	250-300				
Peso Recipiente Grande (WRG)	27.8				
Peso Muestra (Wm)	52.20				
Peso muestra + Cera (Wm+C)	56.80				
Peso Cera (WC)	4.60				
Humedad Peso tara	12.70				
Hum+tara	64.80				
Seco+tara	50.30				
<b>Humedad</b>	<b>38.56%</b>				
Pesos recipientes (WR+WP)	128.8				
Pesos recipientes + H2O (WR+WP+H2O)	360.00				
Pesos recipientes + H2O+ m (WR+WP+H2O+m)	416.80				
Peso recipiente Pequeño (Wr)	101				
Peso agua derramada + Recipiente Grande (WH2Od+WRG)	63.20				
WH2Oderramada (WH2Od)	30.80				
Densidad del H2O	1				
Volumen agua derrada (VH2Od)	30.8				
<b>Ym PESOS UNITARIOS g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.69</b>				
Clasificación del suelo	<b>ML</b>				
Peso Húmedo= grs	52.10				
Peso Seco= grs	37.60				
<b>Volumen Total (Vtot)= CM<sup>3</sup></b>	<b>30.8</b>				
<b>Peso específico del suelo:</b>	<b>1694.81</b>	<b>Kg/m3</b>	<b>1.87</b>	<b>Ton/m3</b>	
Profundidad:	250-300				
Peso muestra en grs. (Ws):	24.6				
Peso Picnómetro (Wp):	157.7				
Peso Picnómetro + agua (Wp+H2O):	699.6				
Temperatura del agua:	18				
Densidad del H2O:	998.68				
Densidad Real del Agua.	0.99868				
Peso Picnómetro + H2O + Muestra+ Aire	698.8				
<b>Gravedad Especifica Gs=</b>	<b>0.97</b>				
<p>Ing. Dagoberto A. Bautista Juarez Jefe laboratorios control de calidad suelos, asfaltos, concretos y materiales</p>					





### **3.- CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS**

## **Conclusiones:**

### **SONDEO 1**

De 0.00 a 1.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 11.89, 13.63 por ciento. Y una resistencia de 1.00, 1.09 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **10.01, 10.92 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de 30, 30 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 59.92, 60.25. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.519.07, 1.720.70 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1357.65, 1514.30. Coeficiente de balasto es de: 2.78, 3.04 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 11, 12 por ciento.

De 1.00 a 1.50 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **SUELTO** con porcentaje de humedad de 13.68 por ciento. Y una resistencia de 0.73 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **7.28 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo baja. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 28 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 58.82. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.809.17 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1591.45. Coeficiente de balasto es de: 2.01 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 8 por ciento.

De 1.50 a 4.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MUY SUELTO** con porcentajes de humedad de 12.29, 21.76, 24.52, 30.69, 30.82 por ciento. Y una resistencia de 0.36, 0.36, 0.36, 0.36, 0.46 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **3.64, 3.64, 3.64, 3.64, 4.55 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo muy baja. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 24, 24, 24, 24, 25 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 56.97, 56.97, 56.97, 56.97, 57.50. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0 para los estratos de 2.0 a 3.0 y de 5.0 y 9.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo para los estratos de 2.0 a 3.50 y moderado para el estrato de 4.0.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.766.30, 1.704.91, 1.459.91, 1.583.44, 1.488.76 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1572.98, 1400.22, 1172.43, 1211.60, 1138.02. Coeficiente de balasto es de: 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.25 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 5, 5, 5, 5, 6 por ciento.



De 4.00 a 5.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 34.54, 31.15 por ciento. Y una resistencia de 2.28, 1.91 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **22.75, 19.11 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual no presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 37, 35 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 63.68, 62.75. El tipo de suelo que presenta es MH: Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos. Y ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. El índice de plasticidad es de 0.0, 7.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.333.17, 1.474.50 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 990.91, 1124.29. Coeficiente de balasto es de: 7.25, 5.72 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 24, 20 por ciento.

De 5.00 a 5.50 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MUY DENSO** con porcentaje de humedad de 30.85 por ciento. Y una resistencia de 6.37 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **63.70 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo muy alta. Lo cual no presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 52 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 71.21. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.662.80 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1270.77. Coeficiente de balasto es de: 101.21 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 77 por ciento.

## SONDEO 2

De 0.00 a 1.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **SUELTO** con porcentajes de humedad 19.46, 22.57 por ciento. Y una resistencia de 0.91, 0.55 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **9.10, 5.46 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo baja. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 29, 26 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 59.57, 57.98. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.716.77, 1.514.79 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 1437.11, 1235.86. Coeficiente de balasto es de: 2.52, 1.50 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 10, 7 por ciento.

De 1.00 a 1.50 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 24.19 por ciento. Y una resistencia de 1.09 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **10.92 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 30 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 60.25. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad



es de 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en  $\text{Kg/m}^3$  es de 1.650.0 y su peso volumétrico seco en  $\text{Kg/m}^3$  es de 1328.61. Coeficiente de balasto es de: 3.04  $\text{Kg/cm}^3$ . El porcentaje de CBR es de 12 por ciento.

De 1.50 a 3.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **SUELTO** con porcentajes de humedad de 16.52, 20.33, 30.0 por ciento. Y una resistencia de 0.73, 0.64, 0.55  $\text{kg/cm}^2$ . Que equivale a **7.28, 6.37, 5.46 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo baja. Lo cual presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 28, 27, 26 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 58.82, 58.42, 57.98. El tipo de suelo que presenta es SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. Y ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. El índice de plasticidad es de 0.0, 8.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo para los estratos de** El peso volumétrico húmedo en  $\text{Kg/m}^3$  es de 1.637.66, 1.612.99, 1.418.69 y su peso volumétrico seco en  $\text{Kg/m}^3$  es de 1405.48, 1340.47, 1091.30. Coeficiente de balasto es de: 2.01, 1.75, 1.50  $\text{Kg/cm}^3$ . El porcentaje de CBR es de 8, 7, 7 por ciento.

De 3.00 a 4.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 30.0, 42.99 por ciento. Y una resistencia de 1.0, 2.09  $\text{kg/cm}^2$ . Que equivale a **10.01, 20.93 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual no presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 30, 36 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 59.92, 63.22. El tipo de suelo que presenta es ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. El índice de plasticidad es de 5.0, 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en  $\text{Kg/m}^3$  es de 1.461.03, 1.344.11 y su peso volumétrico seco en  $\text{Kg/m}^3$  es de 1123.87, 940.0. Coeficiente de balasto es de: 2.78, 6.45  $\text{Kg/cm}^3$ . El porcentaje de CBR es de 11, 22 por ciento.

De 4.00 a 6.00 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **DENSO** con porcentajes de humedad de 15.41, 34.78, 10.98, 39.33 por ciento. Y una resistencia de 3.64, 3.64, 3.28, 2.82  $\text{kg/cm}^2$ . Que equivale a **36.40, 36.40, 32.76, 28.21 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo alta. Lo cual no presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 43, 43, 42, 40 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 66.64, 66.64, 65.92, 64.95. El tipo de suelo que presenta es ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. Y SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. El índice de plasticidad es de 7.0, 5.0, 0.0, 0.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en  $\text{Kg/m}^3$  es de 2.179.62, 1.148.39, 1.488.03, 1.033.21 y su peso volumétrico seco en  $\text{Kg/m}^3$  es de 1888.59, 852.05, 1340.81, 741.55. Coeficiente de balasto es de: 17.55, 17.55, 13.80, 10.27  $\text{Kg/cm}^3$ . El porcentaje de CBR es de 39, 39, 35, 30 por ciento.



De 6.00 a 9.50 metros de profundidad la compacidad relativa es un suelo **MEDIO DENSO** con porcentajes de humedad de 41.56, 49.60, 42.81, 38.78, 27.36, 37.83, 31.08 por ciento. Y una resistencia de 1.64, 1.91, 2.00, 2.00, 1.82, 2.00, 1.73 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **16.38, 19.11, 20.02, 20.02, 18.20, 20.02, 17.29 Ton/mts<sup>2</sup>** presentando una capacidad de soporte del suelo media. Lo cual no presenta licuefacción en presencia de un terremoto. El ángulo de fricción interna es de: 34, 35, 36, 36, 35, 36, 34 y su ángulo de reposo del material talud° oscila en: 61.99, 62.75, 62.99, 62.99, 62.50, 62.99, 62.25. El tipo de suelo que presenta es MH: Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos. SM: Arenas limosas, mezclas de arena y limo. SC: Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla. Y CL: Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres. El índice de plasticidad es de 0.0 para los estratos de 6.0 a 6.50, 7.50 a 9.50 y 7.0 el estrato de 6.50 a 7.0. **El índice de plasticidad se encuentra bajo.** El peso volumétrico húmedo en Kg/m<sup>3</sup> es de 1.234.64, 1.330.39, 1.226.36, 1.444.99, 1.302.40, 1.297.93, 1.595.73 y su peso volumétrico seco en Kg/m<sup>3</sup> es de 872.16, 889.30, 858.74, 1041.21, 1022.61, 941.69, 1217.37. Coeficiente de balasto es de: 4.74, 5.72, 6.08, 6.08, 5.38, 6.08, 5.06 Kg/cm<sup>3</sup>. El porcentaje de CBR es de 17, 20, 21, 21, 19, 21, 18 por ciento.

**CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN:**

**SONDEO 1**

De 0.00 a 1.00 metros de profundidad la resistencia es de 1.00, 1.09 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **10.01, 10.92 Ton/mts<sup>2</sup>**

De 1.00 a 1.50 metros de profundidad la resistencia de 0.73 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **7.28 Ton/mts<sup>2</sup>**

De 1.50 a 4.00 metros de profundidad la resistencia de 0.36, 0.36, 0.36, 0.36, 0.46 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **3.64, 3.64, 3.64, 4.55 Ton/mts<sup>2</sup>**

De 4.00 a 5.00 metros de profundidad la resistencia de 2.28, 1.91 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **22.75, 19.11 Ton/mts<sup>2</sup>**

De 5.00 a 5.50 metros de profundidad la resistencia de 6.37 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **63.70 Ton/mts<sup>2</sup>**







**SONDEO 2**

De 0.00 a 1.00 metros de profundidad la resistencia es de 0.91, 0.55 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **9.10, 5.46 Ton/mts<sup>2</sup>**

De 1.00 a 1.50 metros de profundidad la resistencia es de 1.09 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **10.92 Ton/mts<sup>2</sup>**

De 1.50 a 3.00 metros de profundidad la resistencia es de 0.73, 0.64, 0.55 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **7.28, 6.37, 5.46 Ton/mts<sup>2</sup>**

De 3.00 a 4.00 metros de profundidad la resistencia de 1.0, 2.09 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **10.01, 20.93 Ton/mts<sup>2</sup>**

De 4.00 a 6.00 metros de profundidad la resistencia es de 3.64, 3.64, 3.28, 2.82 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **36.40, 36.40, 32.76, 28.21 Ton/mts<sup>2</sup>**

De 6.00 a 9.50 metros de profundidad la resistencia de 1.64, 1.91, 2.00, 2.00, 1.82, 2.00, 1.73 kg/cm<sup>2</sup>. Que equivale a **16.38, 19.11, 20.02, 20.02, 18.20, 20.02, 17.29 Ton/mts<sup>2</sup>**

