



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**MODELAMIENTO ESTRUCTURAL CON SAP 2000 – VERSIÓN 21
PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA
BOCATOMA CHAVIMOCHIC - LA LIBERTAD**

PRESENTADA POR

**MANUEL ANTONIO BARBOZA OVIEDO
GERARDO ANTONIO MARTINEZ MONTJOY**

ASESOR

GONZALO FANO MIRANDA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2019



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**MODELAMIENTO ESTRUCTURAL CON SAP 2000 – VERSIÓN
21 PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE
LA BOCATOMA CHAVIMOCHIC - LA LIBERTAD**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**BARBOZA OVIEDO, MANUEL ANTONIO
MARTINEZ MONTJOY, GERARDO ANTONIO**

ASESOR: Mg. FANO MIRANDA, GONZALO

LIMA-PERÚ

2019

Dedico la presente tesis a Dios por bendecirme todos los días, a mi madre Socorro, padre Manuel, hermanos Gerardo, Sebastián y María Fernanda, y Máximo por darme sus ánimos todos los días. Y a todas las personas que me apoyaron durante este duro proceso. Finalmente, a mi tío Pepe por ser mi principal motivación en la vida, te extraño. Gracias a todos.

Manuel Barboza O.

Quiero dedicar esta tesis a mi madre Ana, padre Luis, hermanos Karen, Erika, Luis y a mi familia por el aliento. A todas las personas que nos dejaron y partieron también va para ellos “por ellos y para ellos”. A todos mis compañeros de clase que estuvieron en mi vida universitaria.

Gerardo Martínez M.

Queremos agradecer a todas las personas que estuvieron en nuestros caminos para brindarnos su ayuda para la realización de este trabajo de investigación, a nuestros docentes de la USMP por brindarnos los conocimientos adquiridos, especialmente al Ingeniero Fano Miranda, Gonzalo. A nuestros profesores del taller de tesis el Ingeniero Oblitas Santa María, Juan Manuel e Ingeniero Villar Gallardo, Ernesto Antonio. Finalmente, al Sr. Jimmy Barboza por ayudarnos a realizar las inspecciones de campo.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Definición del problema	1
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Objetivos de la Investigación	7
1.4. Justificación de la investigación	8
1.5. Alcances y limitaciones	8
1.6. Viabilidad de la investigación	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes de la investigación	11
2.2. Bases teóricas	16
2.3. Definición de términos básicos	32
2.4. Formulación de la Hipótesis	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	35
3.1. Diseño metodológico	35
3.2. Variables	39
3.3. Población y muestra	40
3.4. Técnicas para el procesamiento de datos	41
CAPÍTULO IV: DESARROLLO	42
4.1. Datos Generales bocatoma Chavimochic	42

4.2. Geotecnia y mecánica de suelos	45
4.3. Clima y Meteorología	49
4.4. Modelamiento	50
4.5. Modelamiento Estático	67
4.6. Modelamiento Dinámico	78
CAPÍTULO V : RESULTADOS	84
5.1. Modelamiento Sísmico Estático	84
5.2. Modelamiento Sísmico Dinámico	89
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	96
6.1. Contraste de Hipótesis principal	96
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	103
FUENTES DE INFORMACIÓN	105
ANEXOS	109

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Matriz de operacionalización de las variables	40
Tabla 2: Resumen de resultados del ensayo de refracción sísmica	46
Tabla 3: Tabla de tipo de suelo vs ondas P	46
Tabla 4: Resumen de los módulos de deformación en función a los resultados del ensayo de refracción sísmica	47
Tabla 5: Resultados del ensayo de carga directa	47
Tabla 6: Parámetros de la serie histórica 1958 - 2004	49
Tabla 7: Espaciamiento entre eje X	52
Tabla 8: Dimensión en el eje x	52
Tabla 9: Espaciamiento entre eje Y	53
Tabla 10: Dimensión en el eje Y	54
Tabla 11: Espaciamiento en el eje Z	55
Tabla 12: Dimensión en el eje Z	55
Tabla 13: Peso total del primer piso	61
Tabla 14: Pesos total del segundo piso	61
Tabla 15: Peso total del tercer piso	61
Tabla 16: Peso total del cuarto piso	62
Tabla 17: Peso total del quinto piso	62
Tabla 18: Peso total del sexto piso	62
Tabla 19: Peso total del séptimo piso	63
Tabla 20: Peso total del octavo piso	63
Tabla 21: Peso total del noveno piso	63

Tabla 22: Resumen de peso de los pisos	64
Tabla 23: Factores de zona	64
Tabla 24: Factor de Suelo	64
Tabla 25: Categoría de la estructura	64
Tabla 26: Periodo T_p y T_I	65
Tabla 27: Periodo fundamental	65
Tabla 28: Sistema Estructural	65
Tabla 29: Datos de la información	66
Tabla 30: Cuadro de fuerzas de corte por piso	66
Tabla 31: Distribución de fuerzas horizontales	67
Tabla 32: Excentricidad en eje X y Y	67
Tabla 33: Centro de masas del Secundario	78
Tabla 34: Centro de masas del Principal	78
Tabla 35: Valores del Espectro	81
Tabla 36: Distorsión entre niveles en el Análisis Estático	89
Tabla 37: Distorsión entre niveles en el Análisis Dinámico	94
Tabla 38: Fuerzas basales por niveles	97
Tabla 39: Puntos de desplazamiento en el Análisis Estático	98

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Cinturón de Fuego del Pacífico	2
Figura 2: Mapa de Silencios Sísmicos Siglo XX	3
Figura 3: Mapa de Acoplamiento sísmico máximo	4
Figura 4: Bocatoma CHAVIMOCHIC	6
Figura 5: Toma de madera y piedras	18
Figura 6: Rotura de Diques y Ubicación de Barraje	18
Figura 7: Barrajes Móviles	19
Figura 8: Partes de la Bocatoma	22
Figura 9: Mapa de registros sísmico (2017)	26
Figura 10: Mapa de Zonificación Sísmica	27
Figura 11: Mapa de Intensidades Sísmicas	28
Figura 12: Proyecto Chavimochic 1993	43
Figura 13: Ubicación de la Bocatoma Chavimochic	44
Figura 14: Ubicación de los 2 sondajes	45
Figura 15: SAP2000 Versión21	50
Figura 16: Nuevo Modelamiento	50
Figura 17: Selección de grillas	51
Figura 18: Estructura Natural del Sap2000	51
Figura 19: Modificación de las grillas	55
Figura 20: Tabla de grillas	56
Figura 21: Estructura de la bocatoma	56
Figura 22: Definición de materiales	57

Figura 23: Resistencia del concreto	57
Figura 24: Propiedad del material	58
Figura 25: Data de las placas y losas	58
Figura 26: Modelamiento de vigas y columnas	59
Figura 27: Modelamiento de placas y losas	59
Figura 28: Selección de zapata	60
Figura 29: Estructura final de la bocatoma	60
Figura 30: Excentricidad X y Y en la bocatoma	68
Figura 31: Restricción de los puntos	68
Figura 32: Diafragmas por cada nivel	69
Figura 33: Designación de diafragma por piso	69
Figura 34: Patrón de carga	70
Figura 35: Periodo X	70
Figura 36: Carga puntual en el eje X	71
Figura 37: Asignación del valor en la carga puntual	71
Figura 38: Opción del set a analizar	72
Figura 39: Opciones a analizar	72
Figura 40: Periodo X	72
Figura 41: Restricción en puntos asignados	73
Figura 42: Patrón de carga	73
Figura 43: Carga puntual en el eje Y	74
Figura 44: Asignación del valor en la carga puntual	74
Figura 45: Opciones a analizar	75
Figura 46: Periodo Y	75
Figura 47: Restricción de los puntos	76
Figura 48: Sismo X y Sismo Y	76
Figura 49: Carga puntual para eje X y Y	77
Figura 50: Asignación del valor en la carga puntual	77
Figura 51: Combinación de cargas	78
Figura 52: Restricciones de puntos	79
Figura 53: Asignación de centros de masas	79
Figura 54: Asignación de los valores de los centros de masas	80
Figura 55: Espectro	80

Figura 56: Definición del espectro	80
Figura 57: Valores del espectro	82
Figura 58: Sismo X y Sismo Y	82
Figura 59: Data caso de carga	83
Figura 60: Desplazamiento del primer nivel	84
Figura 61: Desplazamiento del segundo nivel	85
Figura 62: Desplazamiento del tercer nivel	85
Figura 63: Desplazamiento del cuarto nivel	86
Figura 64: Desplazamiento del quinto nivel	86
Figura 65: Desplazamiento del sexto nivel	87
Figura 66: Desplazamiento del séptimo nivel	87
Figura 67: Desplazamiento del octavo nivel	88
Figura 68: Desplazamiento del noveno nivel	88
Figura 69: Desplazamiento del primer nivel	90
Figura 70: Desplazamiento del segundo nivel	90
Figura 71: Desplazamiento del tercer nivel	91
Figura 72: Desplazamiento del cuarto nivel	91
Figura 73: Desplazamiento del quinto nivel	92
Figura 74: Desplazamiento del sexto nivel	92
Figura 75: Desplazamiento del séptimo nivel	93
Figura 76: Desplazamiento del octavo nivel	93
Figura 77: Desplazamiento del noveno nivel	94
Figura 78: Deformación de la bocatoma en el eje Y	97
Figura 79: Deformación de la bocatoma en el eje X	97
Figura 80: Máxima deformación en el piso superior	99
Figura 81: Valor en la deformación en el piso superior	99
Figura 82: Máxima deformación en vista de planta	100
Figura 83: Deformación de los barajes móviles	100
Figura 84: Eje x análisis dinámico	100

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo A Solicitud, Tablas y Figuras Informativas	111
Anexo B Registro Fotográfico	119
Anexo C Planos	125
Anexo D Matriz de Consistencia	135

RESUMEN

El presente trabajo de investigación procura determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic, ubicada en el distrito de Chao, provincia de Virú, departamento La Libertad; estructura hidráulica que deriva las aguas de un Rio Santa para la irrigación de los valles e intervalles de Chao, Virú, Moche y Chicama.

La herramienta utilizada en esta investigación fue el programa SAP2000, programa de modelación que permite dibujar en 3D cualquier tipo de estructura. Además, permite hacer un análisis del comportamiento estructural tanto estático como dinámico.

El comportamiento estático analiza la estructura antes del sismo y analiza los desplazamientos mediante los centros de la estructura y el comportamiento dinámico que analiza la estructura que sufre durante el sismo mediante los ejes del centro de masas y la fuerza espectral.

Realizado el proceso de evaluación se pudo determinar que dicha estructura sí está en la capacidad de soportar un fuerte sismo, sin embargo, algunos elementos pueden quedar dañados, pero ello no afecta su funcionalidad.

Palabras Clave: Bocatoma, Modelamiento, SAP2000, Vulnerabilidad.

ABSTRACT

This research work seeks to determine the seismic vulnerability of the Chavimochic diversion dam; located in the district Chao, province Virú, department La Libertad, Lima, Peru; hydraulic structure that derives the waters of a Santa River for the irrigations of the valleys and middle valleys Chao, Virú, Moche and Chicama.

The tool used in this research was the SAP2000 program, a modeling program that allows any type of structure to be drawn in 3D. Besides that, it allows an analysis of both static and dynamic structural behavior.

The static behavior analyzes the structure before the earthquake and analyzes the displacements through the centers of the structure and the dynamic behavior that analyzes the structure that suffers during the earthquake through the axes of the center of mass and the spectral force.

After the evaluation process can be determined, this hydraulic structure is in the ability to withstand a strong earthquake. However, some elements may be damaged, but this does not affect its functionality.

Keywords: Diversion dam, Modeling, SAP2000, vulnerability.

INTRODUCCIÓN

El análisis de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones y obras especiales de nuestro país se ha vuelto una necesidad, debido a que el Perú es un país de riesgo sísmico latente. El estado peruano se ubica en el Cinturón de Fuego del Pacífico donde el 80% de la energía acumulada en la tierra es liberada. Actualmente, se están tomando medidas de esta índole al realizar simulacros nacionales, sistemas de alerta y, sobre todo, actualizar la Norma Técnica Sismo Resistente del país, para que de esta manera las estructuras puedan soportar un movimiento de gran magnitud.

La bocatoma Chavimochic es una obra de vital importancia para el norte del país dado que abastece de agua a todo el proyecto Chavimochic, desarrollando la agroindustria, generación de energía eléctrica y la producción de agua potable, para el bienestar y la prosperidad de la ciudad de Trujillo y la región La Libertad. Dicha estructura tiene una antigüedad de más de 20 años, por lo tanto, los criterios de su diseño se encuentran desactualizados y es necesario conocer su condición actual para saber si es vulnerable ante un fuerte evento sísmico.

Por ello, se realizó el modelamiento estructural mediante el programa SAP2000 - versión 21 para determinar si es vulnerable ante un movimiento telúrico, para tomar acciones preventivas en caso sea sometida a un sismo de

considerable magnitud y evitar el desabastecimiento de agua en todo el departamento de La Libertad y sus ciudadanos.

Así mismo, la presente tesis de investigación se divide en el capítulo I que nos relata acerca del planteamiento del problema y la importancia de realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica. El capítulo II, trata sobre las investigaciones previas nacionales e internacionales, nos relata las bases teóricas más importantes acerca de la bocatoma, sus tipos y explica que es un modelamiento estructural mediante herramientas informáticas.

En el capítulo III se describe la metodología aplicada para la investigación que se divide en 3 partes: enfoque cuantitativo porque se realizó de forma objetiva; el alcance es correlativo dado que busca la relación entre la variable del modelamiento estructural y la vulnerabilidad sísmica; y diseño no experimental. Capítulo IV, se desarrolló el modelamiento de la estructura en base a información recopilada y trasladada al programa SAP2000.

Finalmente, en el capítulo V y capítulo VI, damos a conocer los resultados del modelamiento estático, dinámico y su distorsión por niveles; y lo contrastamos con la hipótesis tanto en el modelamiento estático y dinámico.

Se concluye que la bocatoma es vulnerable sísmicamente, sin embargo, no presentaría fallas estructurales que obliguen a suspender sus operaciones. Por otra parte, se recomienda un mantenimiento preventivo en los barrajes móvil y fijo por las cargas que transporta el caudal, los cuales dañan el revestimiento de la estructura.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Definición del problema

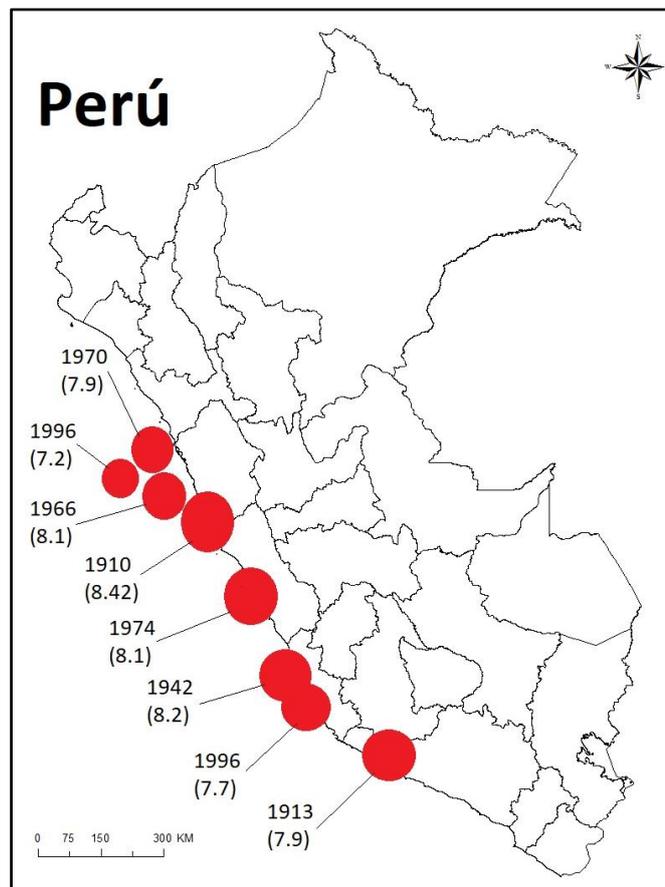
La ubicación del Perú en el continente sudamericano es de alta actividad sísmica y volcánica, durante su historia se han observado gran cantidad de sismos que han afectado seriamente diversas ciudades del país. Por lo general, las zonas más vulnerables por la actividad sísmica es la zona sur del país. Sin embargo, se tiene un registro histórico sobre los sismos ocurridos en los departamentos de la región norte como Ancash, La Libertad y Lambayeque.

El terremoto más devastador su epicentro fue localizado a 44 kilómetros al suroeste de la ciudad de Chimbote, ocurrió el 31 de mayo de 1970 a las 3:23 p.m., el cual se sintió en todo el Perú, donde perecieron 50,000 personas, desaparecieron 20,000 y 150,000 resultaron con lesiones de diferentes grados. Además, se registraron los siguientes daños:

- 38 poblaciones terminaron seriamente dañadas, 15 de ellas con estructuras destruidas en más del 80%. En total se necesitó reconstruir 60,000 viviendas.

Por otro lado, como se comentó inicialmente, la región norte del Perú no presenta mayor riesgo sísmico en comparación con la región sur, que continuamente libera energía. El último gran terremoto de la zona norte fue en 1970, desde esa fecha los sismos registrados han sido mínimos y no de magnitud considerable, esto presume que se forme el concepto del silencio sísmico que, según Tavera, H. (2017) se le considera como las regiones donde en el pasado se ha generado un sismo de gran escala y que, a la actualidad, luego de decenas o centenas de años, no se ha vuelto a repetir. Esto quiere decir que, debido a la ausencia de un sismo similar, la energía se está acumulando y la probabilidad de que un sismo ocurra es mayor.

Figura 2: Mapa de Silencios Sísmicos Siglo XX

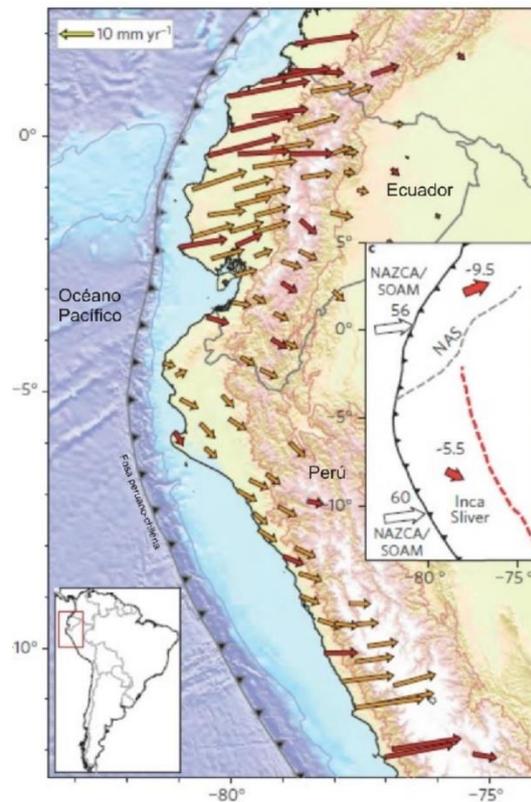


Fuente: Tavera H., 2017, p. 8.

Para Tavera, H, durante el proceso de colisión de las placas tectónicas, la Sudamericana se desplaza, por milímetros, sobre la placa de Nazca en sentido Oeste (dirección al mar). En este contexto, si las placas no se desplazan se asume que ellas están trabadas y por ende acumulando deformación y esfuerzos que se liberaran instantáneamente cuando sobrepasan el límite de resistencia de las placas al desplazamiento (2017).

Entonces, considerando que la región norte se encuentra calificada con B-1, ya que lo vectores de desplazamiento dan como resultado un retroceso a una velocidad de 4.00 mm/año de la placa continental, la cual es una velocidad bastante baja, se concluye que no hay un total acoplamiento en la zona. Por ende, la probabilidad de un sismo de grandes magnitudes es baja. Por lo mismo y teniendo en cuenta el concepto de silencio sísmico es que la región debe estar preparada por cualquier eventual sismo.

Figura 3: Mapa de Acoplamiento sísmico máximo



Fuente: Tavera H., 2017, p. 11

Dados los antecedentes, se puede presumir que en cualquier momento se originaría un sismo de gran escala en la zona norte del Perú, lo cual desataría caos y destrucción entre la población. En el 2007, luego del terremoto que afectó a toda la zona sur del Perú, se presentaron informes con carácter de urgencia que solicitaban la reparación inmediata de 3 bocatomas ubicadas en la provincia de Ica. Dichas bocatomas, las cuales son estructuras hidráulicas encargadas de captar aguas de determinada cuenca y trasladarlas mediante una serie de canales y represas para múltiples usos, ya sea abastecimiento de agua, riego de áreas de cultivo o generación de energía eléctrica.

Dichas bocatomas se encontraban inoperativas afectando a la población que necesitaba de ellas para poder contar con el servicio de agua. Entonces, se cuestiona la resistencia de las obras hidráulicas en casos de sismos de gran magnitud. Es decir, se debe evaluar la vulnerabilidad de los proyectos de mayor importancia en las diferentes zonas del Perú, para determinar si estas podrían resistir un movimiento sísmico importante y de tal manera no afectar a los beneficiarios.

1.2. Formulación del problema

Debido a la considerable cantidad de obras hidráulicas, como las bocatomas, que se encuentran en funcionamiento en las diversas cuencas del Perú es importante la constante evaluación del comportamiento de sus estructuras, debido a que estas deben operar en óptimas condiciones y de esa manera contribuir a las comunidades que se benefician de ellas directamente, mediante el abastecimiento de agua para su consumo, para la agricultura y para el suministro de energía.

El mal diseño de una estructura sea por el no cumplimiento de las normas vigentes, un mal cálculo o malas decisiones tomadas durante el proceso constructivo por parte de los profesionales a cargo. Hace necesario que se

deban realizar estudios de la estructura para determinar su situación actual y la vulnerabilidad que presentan ante cualquier eventualidad. La cual, si no toman precauciones con la debida anticipación, podría afectar a millones de personas.

Entonces, la presente investigación se basa en realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic, considerando el silencio sísmico en la zona, el diseño de la estructura el cual será modelado mediante un programa informático y las condiciones actuales de la bocatoma. Para poder determinar dichos cuestionamientos, la presente tesis considera realizar un modelamiento de la estructura mediante el programa SAP 2000 – Versión 21, para analizar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma y poder brindar las recomendaciones correspondientes.

Figura 4: Bocatoma CHAVIMOCHIC



Fuente: Elaborada por autores

1.2.1. Problema General

¿Cuál será la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic aplicando el modelamiento estructural con el programa SAP2000 - Versión 21?

1.2.2. Problema Específico

- ¿Cuál es la relación que existe entre la fuerza basal por nivel y la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic en La Libertad?
- ¿Cuál es la relación que existe entre el análisis sísmico estático y la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic en La Libertad?
- ¿Cuál es la relación que existe entre el análisis sísmico dinámico y la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic en La Libertad?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic aplicando el modelamiento estructural con el programa SAP2000 – Versión. 21.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Calcular la fuerza basal por nivel de la bocatoma Chavimochic para determinar la vulnerabilidad sísmica.
- Elaborar un análisis sísmico estático para determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic con el programa SAP2000 - Versión 21.

- Elaborar un análisis sísmico dinámico para determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic con el programa SAP2000 - Versión 21.

1.4. Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica debido a que permitirá conocer el comportamiento de la bocatoma Chavimochic durante un movimiento sísmico en distintas magnitudes con el fin de determinar si el diseño estructural es capaz de soportar dichos sismos y no afectar su estructura, ya que si presenta alguna falla en el diseño esto provocaría que la bocatoma deje de funcionar y por lo tanto afecte a toda la población del departamento de La Libertad que depende de las aguas captadas del río Santa. De esta manera, las autoridades podrán planificar las medidas correctivas necesarias para evitar cualquier falla de la estructura.

1.4.1. Importancia de la investigación

El presente estudio busca analizar el posible escenario de un evento sísmico de fuerte magnitud en la cuenca del río Santa, donde se permita analizar el comportamiento de la estructura de la bocatoma Chavimochic ante diversos sismos de distintos grados mediante el modelamiento de su diseño en el programa SAP 2000 – Versión 21. De esta manera, se logrará proponer diversas soluciones ante una falla en su estructura, como es el reforzamiento de sus cimientos los cuales permitirán que la bocatoma sea más resistente ante un sismo y se logre evitar la falla de su funcionamiento.

1.5. Alcances y limitaciones

El alcance de la presente tesis es evaluar el comportamiento estructural de la bocatoma Chavimochic para determinar la vulnerabilidad sísmica mediante el modelamiento en el programa SAP 2000 – Versión 21, donde se

espera que la estructura no sufra daños en su diseño luego de haber ocurrido un evento sísmico de alto grado y pueda funcionar con total normalidad.

Las limitaciones que se tiene son los complicados trámites que se deben realizar para tener acceso a la información técnica del proyecto, las visitas en campo y el modelamiento de la estructura, lo último es debido a que la información proporcionada fue en formato PDF (planos escaneados).

Por otra parte, al ser una obra hidráulica, requiere de mayor experiencia al momento de modelar, puesto que al ser una estructura especial los detalles en el diseño son distintos al de una edificación normal.

1.6. Viabilidad de la investigación

1.6.1. Viabilidad técnica

Para poder realizar la investigación de la presente tesis se obtuvo la información técnica de libros, tesis nacionales e internacionales, publicaciones sobre obras hidráulicas, manuales sobre obras hidráulicas, informes de bocatomas, entre otros. De igual manera, se ha empleado el uso de un sistema informático llamado SAP 2000 en su versión más actualizada (Versión 21), esta herramienta informática es la más utilizada por los profesionales en el medio al momento de realizar un modelamiento de cualquier tipo de estructura. Finalmente, se contó con el apoyo de los profesores de la universidad, asesoría externa y consulta directa a expertos en la materia.

1.6.2. Viabilidad económica

La presente tesis fue financiada en su totalidad por los autores.

1.6.3. Viabilidad social

El presente trabajo se encuentra disponible para cualquier persona o entidad pública que se interese en conocer el comportamiento de obras hidráulicas ante sismos de fuertes magnitudes y las medidas que se pueden tomar para optimizar la gestión de riesgos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

El Perú es un país que dispone de gran cantidad de cuencas y por lo tanto se han desarrollado diversos proyectos que aprovechen el recurso hídrico, por lo general las hidroeléctricas son las encargadas de estos proyectos, las cuales se basa en construcción de obras hidráulicas como bocatomas, represas, canales, túneles, entre otras. Con el fin de beneficiar a la población con agua potable, energía eléctrica, riego de zonas agrícolas y repotenciar áreas áridas.

De igual manera, cada proyecto ha sido analizado con distintas metodologías para determinar su vulnerabilidad sísmica, sus capacidades para las que fueron diseñados y las soluciones que se deban tomar en caso se encuentren dañadas por un determinado evento. Al respecto, se han realizado las siguientes recopilaciones de investigaciones que nos permitan entender mejor el análisis que se realizará a la bocatoma Chavimochic.

2.1.1. Nacionales

a) Debernardi, V. & Flores, S. (2018).

Esta tesis se elaboró con la finalidad de analizar la capacidad de resistencia y estabilidad de la bocatoma Chuschuco. Para poder realizar esta evaluación se desarrollaron ensayos destructivos y no destructivos en campo, almacenando información que finalmente se compararon con la resistencia de diseño de la bocatoma, buscando que estas sean mayores o iguales a lo requerido según norma. El programa informático SAP 2000 fue el utilizado para desarrollar el análisis, ya que dicho sistema brindaba los datos de carga y fuerzas amplificadas. Por otro parte, se complementó la investigación realizando una inspección a la bocatoma Chuschuco donde se observó que la estructura goza de una malla de acero de 3/8" de diámetro.

Según la información recopilada, en el ensayo de broca diamantada, se concluyó que la resistencia del concreto es de 155 kg/cm², cuando lo que exige la norma es de 210 kg/cm², es decir que hay una diferencia del 24% para cumplir lo normado. Sin embargo, con lo que respecta a las resistencias de comprensión, corte y flexión, el diseño es mayor a lo requerido por la norma E.060.

Finalmente, se concluye que la infraestructura de la bocatoma Chuschuco cumple con la resistencia requerida por la norma en comparación con las cargas de servicio, a pesar de que no cumpla con la comprensión del concreto.

b) Nassi, G. (2018)

Esta tesis se desarrolló con el fin de modelar la estructura de la Bocatoma el Pueblo, mediante un método numérico, lo que implica que se debe iniciar realizando un diseño de la bocatoma, después en conjunto con

los registros históricos y resultados de cálculos, lograr una adecuada calibración. La investigación se divide en tres fases: Diseño de la bocatoma, modelamiento del río sin estructuras y modelamiento del río con estructuras.

Según indica el investigador, el modelamiento del río sin estructura define las condiciones del borde y calibra el modelo. Y el modelamiento con estructura permite conocer el comportamiento de la bocatoma cuando es sometido a un flujo hidráulico.

Los resultados de la investigación del modelo hidráulico entienden: líneas de corriente, velocidades, niveles de agua y el esfuerzo de corte que permite entender la capacidad de arrastre de la infraestructura.

c) Ponce, R. (2015)

Esta tesis se basa en realizar un análisis hidrológico de la zona Facalá, La Libertad, dado que es lugar donde la demanda de agua es considerable, esto porque se trata de un área dedicada al cultivo. Entonces, la problemática se basa en el alto consumo de agua y el mal uso de este recurso. Por lo tanto, se observa que es necesario la construcción de una obra hidráulica que aproveche y distribuya de óptima manera las aguas del río Chicama, que es el principal abastecedor del recurso hídrico de la zona. Por ello, se recomienda la construcción de una bocatoma, cuyo diseño hidráulico se determinará mediante los estudios realizados en la zona, que se basan en estudiar los caudales del río, tiempos de lluvia, entre otros.

El objetivo de la investigación es dar un óptimo uso al agua, con mayor énfasis en zonas de cultivo y de esta manera garantizar una continua producción, ya sea en épocas de avenidas y de sequía. Obviamente que todo lo antes mencionado es con ayuda de estructuras hidráulicas como la bocatoma recomendada.

d) Autoridad Nacional del Agua – ANA, (2010).

El presente manual de la Autoridad Nacional del Agua determina los estudios y procedimientos que se deben realizar para analizar y diseñar la infraestructura de una bocatoma de montaña, canales, y también los parámetros a seguir para la construcción y mantenimiento de las obras hidráulicas. Donde resalta la importancia de un buen diseño para que la estructura adquiera mayor tiempo de vida útil, con el correcto mantenimiento.

e) INRENA (2007).

Este informe fue elaborado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales con la finalidad de proponer con suma importancia el inicio de las obras de mejoramiento de las estructuras de las bocatomas La Achirana, Macacona y Quilluay, ubicadas en el departamento de Ica. Las bocatomas mencionadas fueron afectadas estructuralmente por el terremoto ocurrido el 15 de agosto del 2007.

2.1.2. Internacionales

a) Daziano, A. (2017).

Esta tesis desarrolla una metodología con el fin de analizar la vulnerabilidad sísmica de grandes presas de materiales sueltos. El procedimiento de análisis de riesgo se da mediante la evaluación de modelos numéricos, como registros históricos (tiempo-historia), los cuales representa una dificultad al realizar gran cantidad de análisis y un considerable costo informático. Entonces, para poder progresar ante estas adversidades, se aplicaron soluciones auxiliares como “ser la definición de las medidas de intensidad óptimas para caracterizar la amenaza y la modificación del paso de los acelerogramas, que permiten reducir el número de evaluaciones”, lo que aproxima a una correcta respuesta.

b) Galbán, L. & Sánchez, P. (2016).

Este artículo trata sobre los estudios de vulnerabilidad de obras hidráulicas como represas, siendo un análisis a nivel mundial, dado que se entiende que es un tema de vital importancia para expertos en la materia y para los propios gobiernos. Sin embargo, el mayor enfoque de los especialistas es en las estructuras de concreto armado, dejando de lado las represas construidas de tierra. Entonces, dado esta falta de análisis el objetivo de la investigación es revisar los principales indicadores que repercuten en represas de tierra, de modo que a futuro sea una herramienta útil para realizar un análisis de vulnerabilidad.

c) Ramos, W. (2016).

Esta tesis realiza un análisis acerca de los causes de los ríos donde se construyen bocatomas, dado que las corrientes transportan sedimentos gruesos todos los días y por ende las estructuras deben cumplir con los requerimientos exigidos por la norma, enfocándose principalmente a la estabilidad estructural e hidráulica. Por otro lado, también se analiza la capacidad máxima de la bocatoma, de modo que se pueda tomar medidas de prevención ante una gran cause y el cual afecte el funcionamiento de la obra hidráulica.

d) Díaz, R. (2015).

Esta tesis trata sobre la aplicación de la metodología para evaluar la solidez y el diseño estructural de la bocatoma. Esta evaluación trabaja con 3 condiciones: Deslizamiento, volteo y flotación. Por lo que la bocatoma debe ser diseñada con todas las medidas de seguridad durante su etapa constructiva y de operación, que es donde en determinados periodos sucederá una eventualidad usual, inusual o extrema. Las cuales son

evaluadas mediante manuales, normas y experiencia del profesional en campo.

e) Programa Nacional de Riego (2011).

Este documento tiene como objetivo el informar a especialistas sobre los diversos diseños que existen para obras hidráulicas, como también el mantenimiento y control de presas. Los estudios se realizaron en las ciudades de La Paz y la ciudad de Oruro, donde se observan las propiedades constructivas de las obras hidráulicas, su comportamiento durante ciertas eventualidades y los problemas que presentan.

Esto con la finalidad de preparar a los especialistas a dirigir la construcción o mantenimiento de una obra encargada de la captación de aguas, de modo que se realice de manera correcta y según lo establecido en el manual.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Bocatoma

Las bocatoma son obras hidráulicas construidas sobre ríos o canales que tienen como objetivo el captar parte o la totalidad del flujo de agua (caudal) de la vertiente principal. La bocatoma forma parte de un conjunto de estructuras hidráulicas, donde esta viene a ser la de mayor importancia dado que su función principal es la de proveer el agua necesaria para mantener en funcionamiento una hidroeléctrica, abastecer agua para el riego de terrenos agrícolas, suministrar agua potable, entre otras. El conjunto de estructuras que formen parte del proyecto dependerá de la toma de decisiones que se realicen desde la bocatoma.

Vargas, W. (2013) citado por Nassi, G. (2018), define una bocatoma como una obra hidráulica cuya finalidad es la de derivar el agua de un río,

arroyo, canal, laguna, o el mar, para un fin específico como abastecer de agua a una determinada población, generar energía eléctrica, agricultura, industria, etc.

Una bocatoma se caracteriza principalmente por su caudal de captación, el que es conocido como el gasto máximo que esta puede recibir. Por ejemplo, la bocatoma Chavimochic admite hasta 105.00 m³/s.

Avenida de Diseño tiene como concepto el captar el máximo caudal de una cuenca, donde la estructura no sufra daños y el agua que ingrese sea la máxima permisible. (Rocha, 2005).

2.2.1.1. Desarrollo histórico de las bocatomas en el Perú

Según Mansen (2006), con el pasar de los años y estableciendo un juicio técnico, se puede establecer que la construcción de bocatomas se desarrolló en tres etapas.

a. Empleo de madera y piedras:

Considerando que inicialmente no se contaba con un amplio conocimiento sobre las aplicaciones del uso del concreto, energía eléctrica y acero, los principales materiales empleados para la construcción de obras de captación fueron la madera y piedras. Dada las características de los materiales, estas estructuras no perduraban en el tiempo debido a que resultaban arrastradas y destruidas durante épocas de avenidas donde los caudales son de considerable magnitud.

Figura 5: Toma de madera y piedras

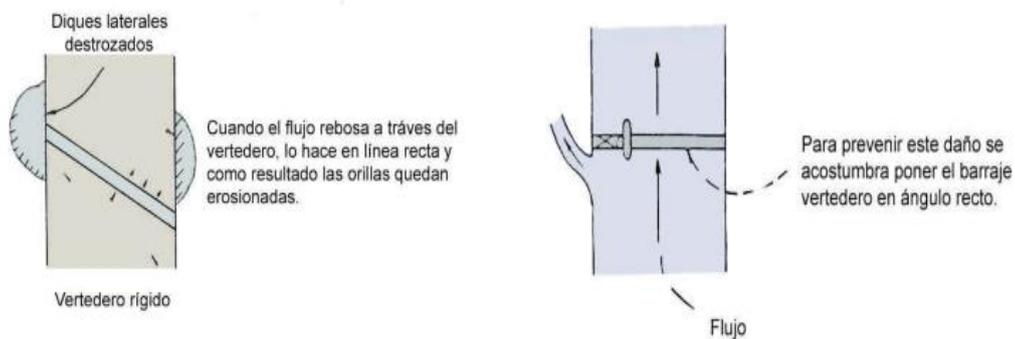


Fuente: Diseño de Bocatomas (2006)

b. Empleo del acero y concreto:

Se empezaron a aplicar nuevas técnicas en el uso del acero, concreto y la energía eléctrica para la construcción. Al ser materiales nobles se logró que las estructuras tengan mayor resistencia. Sin embargo, de igual manera se presentaban daños que eran causa del contacto directo que tenían los diques laterales con el agua. Para esto se desarrollaron tipos de bocatomas donde los vertederos se los diseñaba en ángulo recto con respecto a la dirección del caudal, de esta manera la mayor parte del cauce del río es cubierto por el vertedero.

Figura 6: Rotura de Diques y Ubicación de Barraje

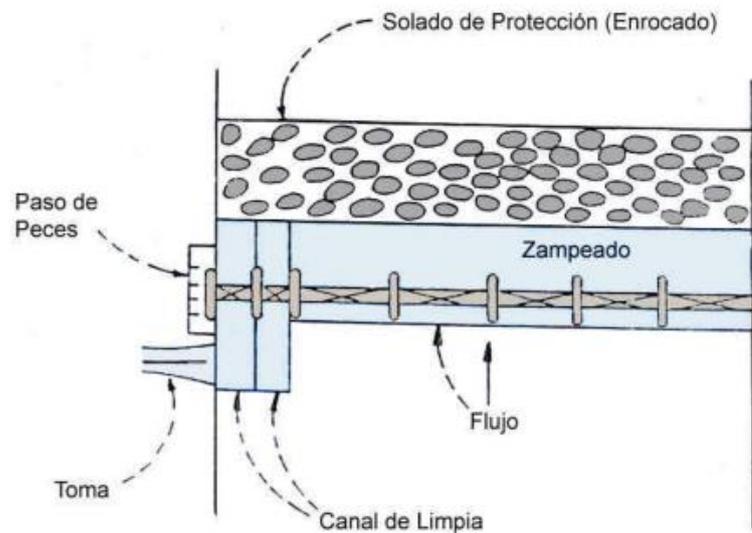


Fuente: Diseño de Bocatomas (2006)

c. Empleo de Maquinaria Pesada:

En la actualidad, la construcción de obras hidráulicas como las bocatomas, se caracteriza por el empleo de maquinarias pesadas y el uso de las nuevas técnicas en ingeniería, lo cual se refleja en la construcción de cimentaciones que cuenten con compuertas de grandes luces que son accionadas por sistemas electrónicos o hidráulicos.

Figura 7: Barrajes Móviles



Fuente: Diseño de Bocatomas (2006)

2.2.1.2. Tipos de Bocatomas

Según Mansen, A. (2006), se puede hacer referencia a 4 tipos de bocatomas:

a. Toma Directa:

Se refiere a las bocatomas que captan las aguas directamente con su canal lateral, que viene a ser un brazo fijo de la cuenca del río que disgrega los caudales mayores a los que serán captados. No necesita de un barraje dadas sus características y esto implica una menor inversión. El aspecto negativo es que puede ser obstruido de manera sencilla.

b. Toma Mixta o Convencional

Consta de una bocatoma que capta las aguas a través del cierre de una vertiente con un azud o presa de derivación, la cual según su diseño es fija o móvil, esto dependerá del material utilizado. Concreto para el azud que será fijo y de madera o acero cuando será móvil.

Este tipo de estructura capta las aguas a través de una ventana que funciona como vertedero u orificio, lo cual depende del tirante en el río.

c. Toma Móvil

Las bocatomas llamadas de esta manera son aquellas que necesitan de un barraje móvil para crear una carga hidráulica. Esto debido a la variación de niveles de agua entre las épocas de estiaje y avenida, donde el barraje debe ser bajo, sin embargo, para poder captar el caudal deseado es necesario el uso de compuertas a la cota del nivel del agua. Por otra parte, se conoce como barraje móvil a los barrajes que cuentan con compuertas que permiten el paso del caudal de avenida, siendo su principal ventaja el que la carga pase por encima del azud.

d. Toma Tirolesa o Caucasiona

Son bocatomas donde sus componentes de captación se ubican al interior de la sección del azud, el área se encuentra protegida por una rejilla que no permite el acceso de las cargas que vienen con el caudal, en un espacio diseñado en él, cubierto por una rejilla que bloquea el ingreso de sedimentos. Esta bocatoma no es recomendable en ríos donde el caudal arrastra constante carga.

2.2.1.3. Partes de una bocatoma

- Barraje: La función de esta parte de la bocatoma es cerrar el flujo del caudal, lo que obliga a que el agua que se encuentra por debajo de la cresta ingrese la parte de conducción. En temporadas de lluvia el dique trabaja como vertedero.

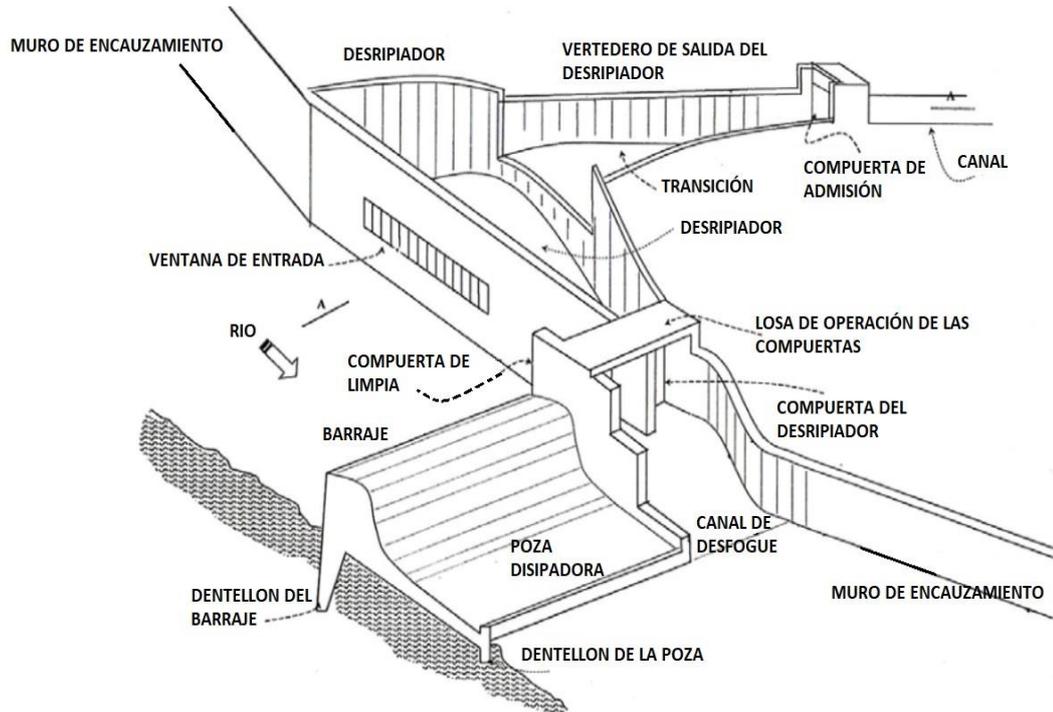
- Ventana de entrada o Rejilla: trata de una estructura metálica que impide el paso de material sólido que traen las aguas del río como madera, rocas, basura, entre otros.

- Poza Disipadora: Esta parte disipa la energía con la que el agua ingresa en épocas de lluvia, de esta manera se evita que erosione la zona del poso de quietamiento.

- Desripador: Cámara que se ubica al costado de la ventana de entrada que capta todo el material que logra pasar por la rejilla.

- Compuerta de Desripador: Se ubica junto a la reja de entrada. Su función es eliminar, todo material sólido que se haya quedado atrapado en la rejilla y de esta manera mantener libre y limpio todo el sector.

Figura 8: Partes de la Bocatoma



Fuente: ANA, (2010)

2.2.1.4. Problemas que presentan las Bocatomas

En los proyectos donde se aprovechan los recursos hídricos el coste de la construcción y mantenimiento de una bocatoma representa un pequeño porcentaje en comparación del costo total de la operación. Entonces, como consecuencia al valor significativo de una bocatoma en un proyecto hídrico se deben utilizar los mejores materiales, mano de obra y técnicas de ingeniería para la construcción de una toma de captación, lo cual buscará que la estructura sea segura y resistente. Se debe hacer hincapié en los tipos de cargas que traen los ríos:

- Aguas producidas por las precipitaciones
- Sedimentos producto de la erosión de la cuenca.
- Bloques de hielo, según la ubicación de la bocatoma
- Madera, desperdicios, vegetación, entre otros

Generalmente, el diseño y funcionamiento de una bocatoma en los ríos peruanos sufren de las siguientes condiciones:

- Caudales de diversas intensidades.
- Falta de información hidrológica en la zona.
- Traslado de cuerpos extraños y sólidos
- Presencia del Fenómeno de Niño en ciertas partes del año.

Durante épocas de grandes avenidas los ríos en el Perú por lo general se desbordan, lo que provoca que sus recorridos cambien de dirección, lo cual demuestra la inestabilidad fluvial de los ríos. Si se produce este fenómeno, la toma se queda sin agua por lo tanto se encontraría fuera de servicio. Para evitar este problema, se realizan previos estudios en la cuenca.

La sequía de agua en la cuenca es origen de grandes problemas, pues en esas etapas la bocatoma debe captar todo el caudal o casi todo, lo cual no puede ser conveniente. Para evitar dichas medidas se debe tener información de los registros históricos de la zona para que de esta manera se pueda diseñar una bocatoma de éxito que no necesite de pasar por precariedad de agua.

La información hidrología que se tiene de las cuencas es escasa y de baja confiabilidad, por lo general las series históricas no son de un amplio registro lo que da inseguridad en los cálculos de las grandes avenidas y por ende en el cálculo del periodo de retorno de la avenida de diseño (Rocha, 2003).

Se han realizado estudios donde se concluye que los materiales que transportan los caudales dañan las estructuras de las bocatomas, ya que producen erosión en los revestimientos de su canal y en otros casos la reducción de la sección útil (Rocha, 2003).

2.2.2. Modelamiento Estructural

El modelamiento estructural tiene como objetivo el representar el comportamiento de una determinada estructura en particulares situaciones o en su funcionamiento para el cual fue diseñado.

El grado de modelamiento depende del calculo que se quiera realizar, debe tenerse en cuenta que la estructura evaluada no es la construida in situ si no una aproximación que ha sido representada digitalmente.

Analizar una estructura real es complejo por lo que se debe realizar una modelación estructural, ya que su comportamiento es más fácil de estudiar. Sin embargo, se debe tomar en cuenta en qué grado el modelamiento se distingue del real, dado que de esos parámetros depende la validez y exactitud de los resultados obtenidos.

2.2.3. SAP2000 – Versión 21

Para Hernández, E. (2011), El SAP2000 es un programa desarrollado por la americana CSI, Computer and Structures, Inc. Su presentación se basa en la básica (Standard), intermedia (Plus) y avanzada (Advanced). Hace 3 décadas que el programa inicio sus operaciones y constantemente ha sido actualizado, esto para que los profesionales que se encuentren modelando tengan a su disposición una herramienta fácil de entender y manejar, siendo a la vez confiable, compleja y elegante. SAP 2000 se caracteriza por su continua actualización, considerando que cuenta con una antigüedad de más de 30 años. Por lo tanto, el tiempo ha permitido que SAP sea una herramienta de trabajo confiable, sofisticada y práctica.

El programa SAP2000 cuenta con la capacidad de manejar los más grandes y complejos diseños de estructuras civiles. Proporciona instrumentos de diseño que ayudan a los ingenieros que trabajan en cualquier rubro.

Permite realizar diversidad de análisis estáticos y dinámicos, de manera lineales y no lineales utilizando funciones espectrales y Tiempo – Historia. (Hernández, E., 2011).

SAP2000 analiza las fuerzas, esfuerzos, y deformaciones de una estructura mediante un método de elementos finitos. Este análisis lo hace mediante una representación gráfica y por medio de tablas, facilitación el estudio de los ingenieros.

2.2.4. Peligro de los Sismos

El IGP (2014), menciona que, durante el transcurso de convergencia y subducción de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana, da origen a los sismos de diversas escalas, ubicaciones y a la profundidad, todos afiliados al roce de las placas (oceánica y continental). Asimismo, el IGP menciona que la deformidad de la corteza superficial y la deformidad interna de la placa oceánica por abajo de la cordillera. La repartición espacial de esta sismicidad permite entender la existencia de tres principales orígenes sismogénicas. (Tavera, 2014)

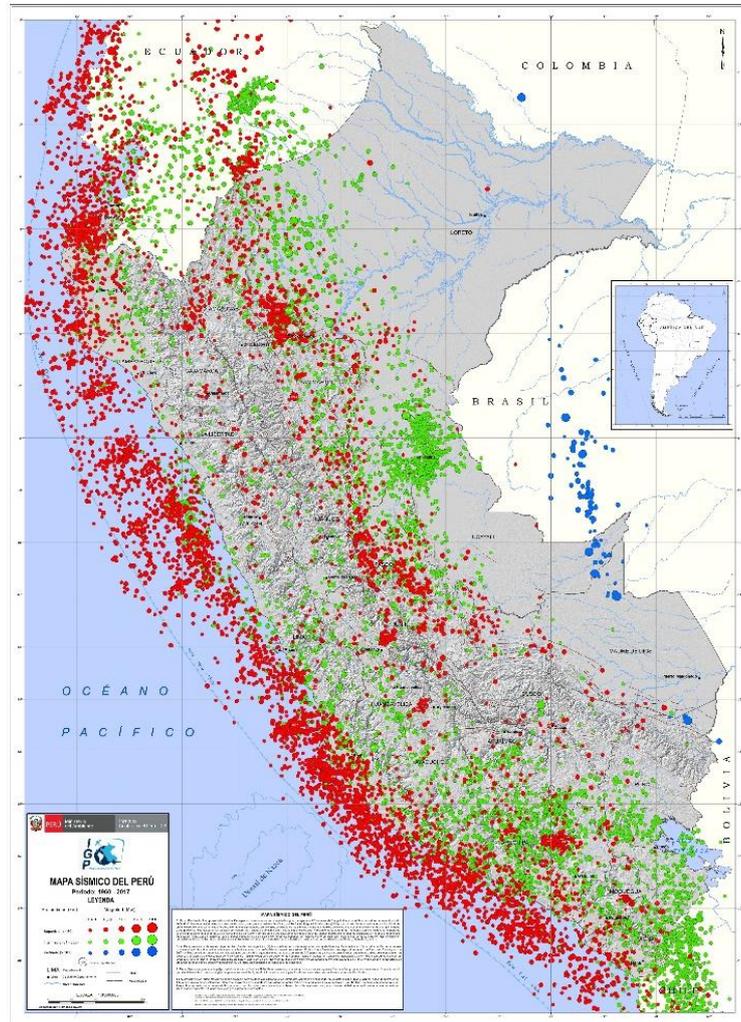
a) La primera fase, se refiere a la fricción de superficies entre placas Nazca y Sudamericana en el borde occidental del Perú originan sismos de gran importancia (Tavera, 2014).

b) La segunda fuente, considera deformaciones entre la corteza continental y fallas geológicas dando inicio a eventos sísmicos de hasta 6.5Mw de magnitud, lo cual produce deterioros en áreas reducidas, pero con fuertes movimientos en el suelo. (Tavera, 2014)

c) La tercera fuente se refiere a los movimientos sísmicos que se forman por la subducción de la placa nazca frente a la cordillera de los andes, con una profundidad de 100km a más, originando eventos sísmicos hasta

7Mw de magnitud, produciéndose a la vez fenómenos de licuación de suelos en las partes andinas y subandinas. (Tavera, 2014)

Figura 9: Mapa de registros sísmico (2017)



Fuente: IGP

2.2.5. Sismicidad en el Perú

Cárdenas (2008), indica que el Perú es un país de constante actividad sísmica, y está expuesto al peligro de pérdidas humanas y materiales. La actividad sísmica se produce por roce de las placas Sudamericana y de Nazca. En ese sentido la Norma E-030, divide al país en cuatro zonas, la cual se ha realizado en base a la distribución espacial de la sismicidad y las características de los movimientos telúricos.

Figura 10: Mapa de Zonificación Sísmica



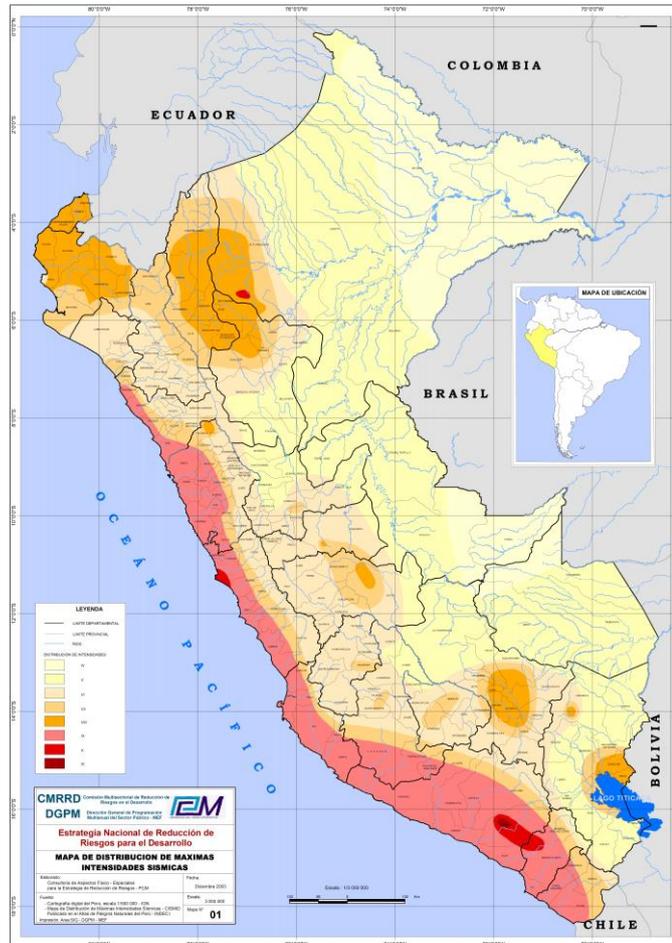
Fuente: Norma Técnica E.030

2.2.6. Sismicidad de La Libertad

Según el mapa de sismicidad del Perú, el departamento de La Libertad, ubicado en la región norte del país, se ubica en una zona donde las intensidades pueden llegar a ser de VII, VIII y IX, se observa que la Bocatoma Chavimochic se ubica en la zona de intensidad máxima de VII, donde los sismos se producirían a 70 kilómetros de profundidad.

Los ríos donde su cauce pasa por los valles costeros del país se ubican en zonas con alto peligro sísmico, dado que las intensidades sísmicas se relacionan con los sedimentos aluviales. (INDECI, 2003)

Figura 11: Mapa de Intensidades Sísmicas



Fuente: CMRRD (2018)

2.2.7. Vulnerabilidad Sísmica

Para Abanto y Cárdenas (2015), la vulnerabilidad sísmica se define como el nivel de daño que recibe una estructura luego de ocurrido un movimiento sísmico de una determinada intensidad.

Pero para Rodríguez (2005), la vulnerabilidad es comprendida como una característica intrínseca de la estructura, donde se toma en cuenta el diseño, pero no la peligrosidad sísmica de la zona donde se encuentre. En ese sentido se entiende que una estructura es vulnerable, pero no encontrarse en riesgo sino ubicarse en un lugar con un peligro sísmico determinado.

Es importante mencionar que los estudios de vulnerabilidad sísmica se hacen con el fin de tomar medidas preventivas frente a la posibilidad de que se produzca un fenómeno de esta naturaleza. (Medina y Piminchumo, 2018)

2.2.7.1. Clases de Vulnerabilidad

El nivel de daño que puede soportar una estructura se ha dividido en tres tipos:

a) Vulnerabilidad estructural

En general, se conoce como vulnerabilidad sísmica a la condición de una estructura de sufrir daños durante un evento sísmico y su relación directa a las características físicas y al diseño.

Según la OPS (2004), la vulnerabilidad estructural se define a que tan sensible es una estructura a padecer daños en determinadas áreas de la edificación que lo mantienen en pie ante un eventual movimiento telúrico de gran intensidad. Analizando a los cimientos, vigas, muros, columnas y losas.

Además, se hace referencia a las medidas a implementar para la prevención y mitigación en las estructuras deben tomarse a partir del diseño de la estructura y evaluado durante su construcción.

La vulnerabilidad estructural viene a ser una situación que debe ser prevista y de esta manera evitarla, mediante las correspondientes modificaciones necesarias, de esta manera se evitan pérdidas económicas y sociales, sobre todo en países en vías de desarrollo.

Considerando que la norma técnica peruana no cuenta con un apartado especial para obras hidráulicas y que la principal preocupación de los diseñadores y constructores es la de mitigar los daños que se puedan producir en los revestimientos de la estructura por las cargas que traigan las aguas, es de suma importancia realizar estudios de vulnerabilidad sobre la capacidad de la estructura de soportar movimientos sísmicos de fuertes intensidades.

b) Vulnerabilidad no estructural

La vulnerabilidad no estructural se encuentra relacionada a la susceptibilidad de componentes o elementos no estructurales de dañarse debido a un evento sísmico. (Cardona, O. y Hurtado, J., 1990)

Según la OPS (2004), indica que un edificio puede terminar en pie luego de ocurrido un fuerte sismo, pero de igual manera quedaría inhabilitado por los daños que presentarían sus componentes no estructurales. Generalmente, la vulnerabilidad no estructural hace un estudio para determinar qué tan común son los daños que se producen en los elementos no estructurales durante sismos moderados.

Según Bertero (1992) agrega que con los antecedentes de sismos ocurridos a través de la historia se observa la importancia de la vulnerabilidad no estructural de las construcciones. Por lo tanto, se concluye en la importancia de los elementos no estructurales ha sido minimizada con el paso de los años, lo cual ha traído graves y severas complicaciones. (Basurto, s.f.)

Esto se refleja de igual manera en las bocatomas ya que, si durante un sismo sus componentes mecánicos fallaran o dejaran de funcionar, harían que la estructura quede inservible.

c) Vulnerabilidad funcional

OPS (2004) señala que la vulnerabilidad funcional se da en términos de los efectos del sismo, en el buen funcionamiento de una estructura esencial para el fin que se use.

2.2.8. Riego Sísmico

Para el caso particular del fenómeno sísmico las definiciones que consideran más completas son las siguientes:

a) Riesgo específico: El riesgo específico, depende de la vulnerabilidad de los elementos en riesgo y de la peligrosidad sísmica del sitio donde este elemento se encuentre (terreno).

b) Riesgo: Es una función que expresa el grado esperado de pérdida de un elemento o grupo de elementos en riesgo, durante un tiempo dado. El riesgo depende del riesgo específico y del valor económico o social del elemento en riesgo.

Desde el punto de vista del cálculo del riesgo se define el riesgo específico (S) como la convolución entre las probabilidades de ocurrencia de todas las intensidades posibles para el movimiento del terreno, es decir de la peligrosidad sísmica (H), con la vulnerabilidad (V) correspondiente a cada una de dichas intensidades y, por lo tanto, el riesgo se puede definir como la convolución entre la peligrosidad, la vulnerabilidad y los elementos en riesgo (E).

2.3. Definición de términos básicos

a) Bocatoma

Se define una bocatoma como una obra hidráulica cuya finalidad es la de derivar el agua de un río, arroyo, canal, laguna, o el mar, para un fin específico como abastecer de agua a una determinada población, generar energía eléctrica, agricultura, industria, etc.

b) Amenaza o Peligro

Posibilidad de ocurrir un evento natural de gran intensidad el cual puede producir daños

c) Periodo

Es el tiempo que la estructura se deforma y vuelve a su estado natural durante un sismo.

d) Sismo

Dependiendo de la intensidad, se lo conoce como una violenta sacudida de la corteza y manto terrestre generado por el movimiento de las placas al interior del planeta.

e) Silencio sísmico

Se le considera como las regiones donde en el pasado se ha generado un sismo de gran escala y que, a la actualidad, luego de decenas o centenas de años, no se ha repetido.

f) Vulnerabilidad Sísmica

La vulnerabilidad sísmica se define como el nivel de daño que recibe una estructura luego de ocurrido un movimiento sísmico de una determinada intensidad.

g) Análisis Estático

Consiste en evaluar una estructura en un estado de estrés sometiéndola a fuerzas constantes en el tiempo.

h) Análisis Dinámico

Se refiere al análisis de las oscilaciones o vibraciones a la cual es sometida una estructura alrededor de su posición de equilibrio.

i) Modelamiento Estructural

El modelamiento estructural tiene como objetivo el representar el comportamiento de una determinada estructura en particulares situaciones o en su funcionamiento para el cual fue diseñado.

j) Avenida de diseño

Avenida de Diseño tiene como concepto el captar el máximo caudal de una cuenca, donde la estructura no sufra daños y el agua que ingrese sea la máxima permisible.

2.4. Formulación de la Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Aplicando el modelamiento estructural con el programa SAP2000 - Versión 21 se obtiene que la bocatoma Chavimochic es vulnerable sísmicamente.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Aplicando la fuerza basal por niveles en la bocatoma Chavimochic contribuye para determinar la vulnerabilidad sísmica.

- Aplicando el análisis estático con el programa SAP2000 - Versión 21 se obtiene que la estructura de la bocatoma Chavimochic presenta vulnerabilidad sísmica.

- Aplicando el análisis dinámico con el programa SAP2000 - Versión 21 se obtiene que la estructura de la bocatoma Chavimochic presenta vulnerabilidad sísmica.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

El diseño metodológico empleado en la siguiente investigación se divide en 3:

- Enfoque de la investigación.
- Alcance de la investigación.
- Diseño de la investigación.

3.1.1. Enfoque de la investigación

Existe 2 tipos de enfoques son:

- El enfoque cuantitativo.
- El enfoque cualitativo.

En enfoque cuantitativa, las fases o etapas son realizadas secuencialmente, es decir no se puede omitir ni una sola fase. El enfoque cualitativo, se desarrolla las hipótesis y en la recolección de datos y análisis de los mismo se pregunta antes, durante o después.

Las principales diferencias entre los enfoques es el siguiente:

El enfoque cualitativo acepta ser subjetivo en cambio el cuantitativo no, al contrario, intenta ser lo más objetivo posible.

El enfoque cualitativo tiene como objetivo describir, entender y a través de sus de sus percepciones interpretar los fenómenos y los significados producidos, al contrario, el cuantitativo describe, explica, comprueba e intenta predecir los fenómenos y probar las respectivas teorías.

Por último y más importante la perspectiva del investigador en el análisis de datos. Por un lado, tenemos el enfoque cualitativo su visión es interna, ya que el investigador involucra sus propias creencias, así como la relación que tuvo con los participantes del estudio. Por otro lado, el enfoque cuantitativo su visión es externa el investigador no involucra todo lo mencionado anteriormente, mantiene su distancia de este.

Dado todas las diferencias de enfoque, la siguiente investigación se define como un enfoque cuantitativo, porque es un proceso secuencial y probatorio. Además, se trata de cuantificar en valores contables, medibles y porcentajes las variables, se utilizaron conocimientos acerca de vulnerabilidad sísmica, con el fin de ser aplicarlas en la bocatoma Chavimochic y poder evaluarlas.

3.1.2. Alcance de la investigación

Se tiene que visualizar el alcance que tendrá el presente trabajo, ya que existen 4 tipos de alcances para cualquier tipo de investigación: Explorativo, Descriptivo, Correlacional y Explicativo.

- Explorativo: En este alcance es realizado cuando el tema o problema a tratar es poco estudiado, por ende, este mismo genera muchas

dudas o no se han analizado antes. Como mayor bondad tiene porque ayuda a relacionarse con los fenómenos desconocidos.

Además de indagar acerca de nuevos conceptos, problemas. Serán la base para trabajos en un futuro.

- Descriptivo: En este alcance trata de detallar las características y propiedades de otro fenómeno sometido a un análisis. Como mayor bondad tiene para demostrar con mayor precisión las perspectivas del problema o suceso determinado.

- Correlacional: En este tipo de alcance busca dar la información acerca del grado de relación entre 2 o más variables de un problema determinado. Como mayor bondad tiene que al tener 2 o más variables se relacionen entre sí, da a conocer una información más explicada.

- Explicativo: En este tipo de alcance va más allá de los anteriores alcances porque intenta dar respuesta a las causas de los fenómenos, eventos sociales o físicos. Intenta dar razón el porqué de la eventualidad de los fenómenos y por qué se manifiesta o su relación entre las mismas variables. Como mayor bondad tiene que al ser más estructurado, proporciona un sentido del entendimiento a que se hace referencia.

En el estudio de investigación, presenta un alcance correlacional, porque se busca analizar la dependencia entre la vulnerabilidad sísmica y el modelamiento estructural de la bocatoma Chavimochic a través del programa SAP2000 y en la cual nos brindara los valores cuantitativos.

3.1.3. Diseño de la investigación

Se entiende como el plan o estrategia para conseguir la información deseada con la finalidad de darle la respuesta al planteamiento de la situación problemática.

Esto se entiende que se puede seleccionar o desarrollar más de un diseño y aplicarlos en cualquier contexto de investigación en especial.

Existe 2 tipos de diseño:

- Investigación experimental.
- Investigación no experimental.

La experimental analiza las consecuencias a partir de una manipulación intencional de una variable o más independientes, y como esta manipulación repercute sobre las variables dependientes.

En cambio, en la investigación no experimental se observa los fenómenos tal y son en su contexto natural, para su correspondiente análisis. Se realiza sin la manipulación de las variables.

En conclusión, el diseño de la presente investigación es no experimental, porque se realiza sin manipular las variables, puesto que se modela la estructura de la bocatoma Chavimochic tal cual está en la actualidad.

Después de seleccionada el diseño de la investigación, no experimental, esta se subdivide en 2 tipos:

- La investigación transeccional.
- La investigación longitudinal.

La investigación transeccional recolecta la información de un solo momento en un tiempo único por el contrario la investigación longitudinal analiza los cambios al paso del tiempo en determinadas variables.

En conclusión, la investigación es transversal, porque un momento o tiempo único se recolecta toda la información para cuantificar los valores de las variables.

Además, como dato adicional se le aplicara un estudio retrospectivo, porque la información obtenida es del pasado y simula el presente mediante el software de SAP2000.

3.2. Variables

A continuación, las variables se dividen en variables dependientes y variables independientes de la investigación.

3.2.1. Variable independiente

La variable independiente es modelamiento estructural con SAP2000 porque no podrá ser modificada porque es una estructura ya existe, el cual solo se seguirá sus lineamientos y parámetros establecidos.

3.2.2. Variable dependiente

La variable dependiente es la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic La Libertad debido a que se medirá, para ver cómo es afectado la dependiente debido a la variable independiente.

3.2.3. Título de la investigación

Modelamiento estructural con SAP2000 para determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic – La Libertad

3.2.4. Matriz de operacionalización de las variables

Tabla 1: Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLE		INDICADOR		DIMENSIONES
Variable Independiente	Modelamiento Estructural	Comportamiento en el Análisis Sísmico Estático	Periodo X	Adimensional
			Periodo Y	Adimensional
		Comportamiento en el Análisis Sísmico Dinámico	Deriva	Adimensional
			Deformación	Adimensional
Variable Dependiente	Vulnerabilidad Sísmica	Resistencia Sísmica	Fuerza cortante	Adimensional
			Momento cortante	Adimensional
		Infraestructura		

Fuente: Elaborado por los autores

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

El proyecto Especial Chavimochic deriva el recurso hidráulico del río Santa, del cual alimenta a los valles e intervalles Chao, Virú, Moche y Chicama. Se divide en las provincias de Trujillo, Ascope y Virú. La población está conformada por 1'229,164 habitantes.

La provincia de Trujillo teniendo 985,275, La provincia de Ascope teniendo 121,266 y la provincia de Virú 122,623 habitantes. Los habitantes son afectados indirecta y/o directamente por el Proyecto Especial Chavimochic. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017).

3.3.2. Muestra

La muestra está conformada por el distrito de Chao, Virú, Moche y Chicama, la cual cuenta con 163,704 habitantes, teniendo en Chao una cantidad de 42 271 habitantes, en Virú 70 307 habitantes, en Moche 35 518 habitantes y en Chicama 15 608 habitantes. (INEI,2017).

3.4. Técnicas para el procesamiento de datos

En el Perú existe 20 proyectos de irrigación a lo largo del país, cuya finalidad de transportar el recurso hídrico de un lugar hacia otro del cual su presencia es escasa.

En la presente investigación la técnica de recolección de datos se empezó desde el acceso a la información. Puesto que cada Proyecto Especial tiene una resolución la cual permite el acceso a la información pública a una persona natural o jurídica.

CAPÍTULO IV DESARROLLO

4.1. Datos Generales bocatoma Chavimochic

En la presente investigación, antes del desarrollo se realizó una recopilación de datos que va desde las generalidades de la zona de estudio, ubicación, planos, entre otros. La información técnica de la bocatoma fue solicitada al Proyecto Especial Chavimochic, mediante correo electrónico y rellenando un formato especial de solicitud. Al tratarse de una obra pública, como ciudadanos peruanos se tiene derecho a toda la información requerida. Sin embargo, por temas legales toda la información proporcionada son documentos y planos escaneados, no enviando en sus formatos originales. Lo antes mencionado dificulta el proceso del modelamiento, dado que no se puede acceder a ciertos detalles de los planos requeridos por el programa SAP2000.

4.1.1. Caso de estudio

El proyecto Especial Chavimochic, su construcción es para beneficiarse del recurso hídrico del río Santa para las demandas de riego ya que existe una escasez de esta en los valles Chao, Virú y Chicama; para dar

solución a la escasez de agua potable para la Libertad y a su vez para la generación de energía eléctrica.

El inicio de obras de la bocatoma Chavimochic fue en 1986, su inauguración fue en 1994, es decir, que pasaron 8 años hasta la culminación de dicha estructura.

La bocatoma del proyecto Chavimochic cuenta con una estructura convencional con barraje mixto ya que cuenta con barraje fijo y móvil; para la captación directa, con doble rebose y con colchones disipadores de energía. (Gobierno Regional La Libertad Proyecto Especial Chavimochic, 2015).

Figura 12: Proyecto Chavimochic 1993



Fuente: Proyecto Especial CHAVIMOCHIC

4.1.2. Ubicación y Acceso

El ámbito de la obra se encuentra ubicado en el noreste del Perú, entre las coordenadas UTM, 9'04000 N y 798,000 E; políticamente, en el distrito de Chao, provincia de Virú, departamento y región La Libertad.

La región La Libertad delimita por el norte con los departamentos de Lambayeque, Cajamarca y Amazonas; y por el sur delimita con Ancash y Huánuco y para finalizar por el Este con el departamento de San Martín por el Oeste con el Océano Pacífico.

El acceso a la zona de la bocatoma, desde Lima hasta el km 486, por la carretera Panamericana Norte, donde se inicia una carretera afirmada hacia el este en buenas condiciones de transitabilidad y con una longitud de 55 Km, hasta el lugar de la bocatoma Chavimochic.

Figura 13: Ubicación de la Bocatoma Chavimochic



Fuente: Google Earth

4.2. Geotecnia y mecánica de suelos

Para la remodelación de la bocatoma se realizó un estudio de factibilidad de la bocatoma del proyecto especial Chavimochic.

El objetivo de la evaluación geotécnica y del estudio de mecánica de suelo sirve para el análisis de capacidad admisible del terreno.

4.2.1. Ensayo de refracción sísmica

Se utilizó 2 puntos a lo largo de la bocatoma el cual se dividió en cajas a diferentes niveles de estratos, para su siguiente análisis.

El ensayo de refracción sísmica brinda la siguiente facilidad en medir los tiempos de viaje de las ondas compresionales (ondas P) y algunas veces de las ondas de corte (ondas S), generadas por la liberación de energía durante un evento sísmico o movimiento telúrico a unos puntos localizados a diferentes distancias a lo largo de un eje sobre la superficie.

Figura 14: Ubicación de los 2 sondajes



Fuente: Google Earth

A continuación, se presenta un resumen de las velocidades de propagación de ondas P y el número de estratos identificados en cada línea sísmica.

Tabla 2: Resumen de resultados del ensayo de refracción sísmica

Línea N°	Longitud (m)	Distribución de Geófonos (m)	N° Estratos	Estrato 1 Vp(m/s)	Estrato 2 Vp(m/s)	Estrato 3 Vp(m/s)	Estrato 4 Vp(m/s)
LS-2B	100	5	4	908	1341	2223	6552

Fuente: Estudio de factibilidad – Remodelación de la bocatoma del proyecto especial Chavimochic

Tabla 3: Tabla de tipo de suelo vs ondas P

Tipo de suelos	Vp (m/s)
Suelos bien consolidados	455-610
Arena suelta – sobre el manto freático	245-610
Arena suelta – bajo el manto freático	455-1220
Mayoría de las rocas rígidas	>2450
Roca sana	2000-6000

Fuente: Estudio de factibilidad – remodelación de la bocatoma del proyecto especial Chavimochic

Ley de Poisson

Las constantes elásticas dinámicas se expresan de la siguiente manera:

$$\mu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right)}$$

$$E_d = 2(1 + \mu) G_d$$

$$G_d = \gamma v_s^2$$

Donde:

μ = Relación de Poisson

E_d = Modulo de Young para deformaciones pequeñas

G_d = Modulo de corte

γ = Densidad del suelo

Usando las formulaciones planteadas y los resultados obtenidos en el ensayo de refracción sísmica, para el nivel de fondo de cimentación (cota 410 msnm) de la línea sísmica LS-02, se toma el menor valor para V_p .

Tabla 4: Resumen de los módulos de deformación en función a los resultados del ensayo de refracción sísmica

Cota (msnm)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	μ	γ (T/m ³)	E_d (kg/cm ²)	G_d (kg/cm ²)
410	1341	774	0.25	2.2	33640	13456

Fuente: Estudio de factibilidad – remodelación de la bocatoma del proyecto especial Chavimochic

El valor del módulo de Young es aproximadamente la décima parte de módulo dinámico. Por lo tanto, $E = 3\ 364\ \text{kg/cm}^2 = 33640\ \text{T/m}^2$.

4.2.2. Ensayo de corte directo

Es un ensayo de campo que nos brinda la información la capacidad portante del suelo mediante métodos empíricos; este ensayo consiste en aplicar una determinada carga vertical a una placa de acero y registrar el desplazamiento de la placa producido por la aplicación de la carga.

Tabla 5: Resultados del ensayo de carga directa

Ensayo	Carga (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Permanente (mm)
EC-01	12	2.94	2.5

El valor de la capacidad de carga ha sido determinado siguiendo los criterios planteados, es decir el 50% de la carga máxima alcanzada, que resulto $q_{ad} = 6.0 \text{ kg/cm}^2$

4.2.3. Cálculo del módulo de balasto

A partir de los resultados del ensayo de carga se determina el módulo de deformación unitaria o módulo de balasto del ensayo de carga (K_0), que resulta del cociente entre el valor de la carga ultima y la variación de la deformación en el proceso de carga.

En el ensayo se tiene Carga = 12 Kg/cm^2 y $d = 0.294 \text{ cm}$, de donde se obtiene un valor del módulo de balasto de $K_0 = 40.8 \text{ kg/cm}^3$. A partir de dicho valor se determina el valor del módulo de balasto del terreno para el cual utilizaremos la siguiente expresión.

$$K = k_0 \left(\frac{b_0}{b_c} \right)^n \quad \text{donde } 0.5 < n < 0.7$$

k = módulo de balasto de la cimentación

k_0 = Modulo de balasto determinado del ensayo de carga

b_0 = Diámetro de la placa del ensayo de carga (30 cm)

b_c = Ancho de la cimentación

Reemplazando $k_0 = 40.8 \text{ kg/cm}^3$, $n = 0.7$, $b_0 = 30 \text{ cm}$ y $b_c = 1000 \text{ cm}$, se obtiene $k = 3.5 \text{ kg/cm}^3$

4.2.4. Módulo de Elasticidad

A partir del valor del módulo de balasto se determina el valor del módulo elástico en superficie, para se utilizó la expresión

$$k = 1.330 \left(\frac{E_s}{\sqrt[3]{ab^2}} \right)$$

Reemplazando $K = 3.5 \text{ kg/cm}^3$ a = b = 1000 cm, se obtiene $E_s = 2635 \text{ kg/cm}^2 = 26\,350 \text{ T/m}^2$.

4.3. Clima y Meteorología

Los elementos meteorológicos que caracterizan y moldean el clima de la cuenca del río Santa son registrados gracias a las diferentes estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la cuenca, estas estaciones son administradas por el SENAMHI. Para tener un registro adecuado para su mayor estudio.

4.3.1. La cuenca y su caracterización

El río Santa nace en la laguna Conococha, situada a 4,020 msnm, ubicada en el callejón de Huaylas. Es uno de los ríos más caudalosos de la costa peruana ya que su desarrollo se realiza entre la cordillera blanca y la cordillera negra.

Durante el recorrido del recurso hídrico existe diferentes estaciones hidrográficas el cual registra el caudal que discurre durante un determinado trayecto.

Tabla 6: Parámetros de la serie histórica 1958 - 2004

Parámetro	Serie Histórica 1958-2004
Caudal máximo, m ³ /s	740,34
Caudal mínimo, m ³ /s	137,86

Fuente: SENAMHI 2004

4.4. Modelamiento

Abrir el programa SAP2000 Versión 21

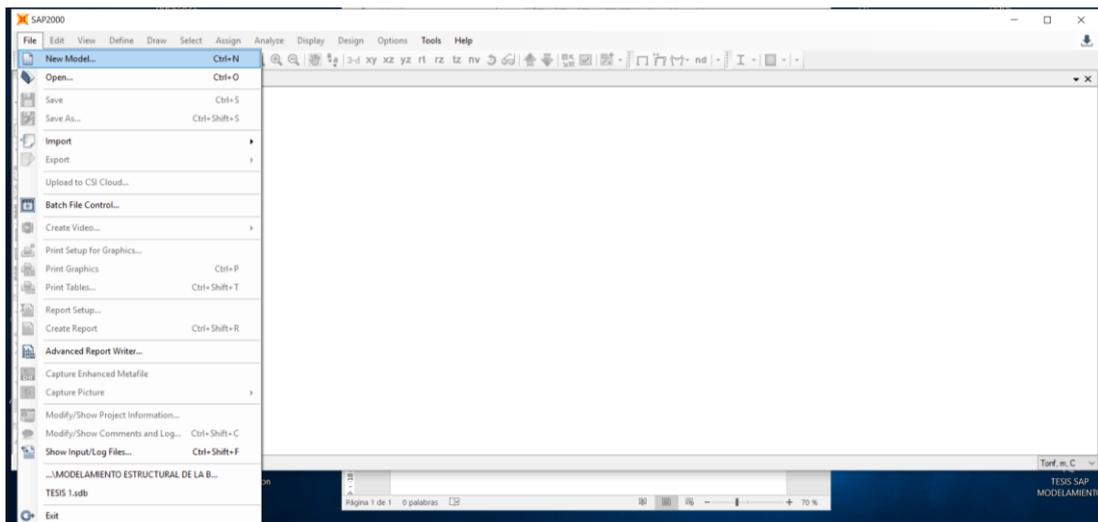
Figura 15: SAP2000 Versión21



Fuente: Elaborado por los autores

Se selecciona para iniciar el modelamiento

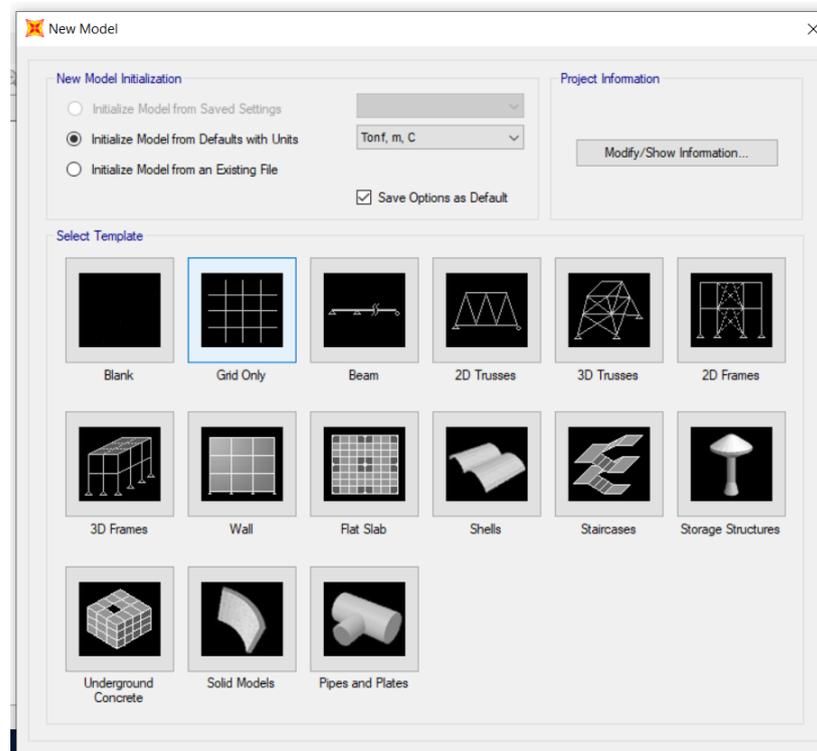
Figura 16: Nuevo Modelamiento



Fuente: Elaborado por los autores

Selecciona el tipo de grilla a utilizar

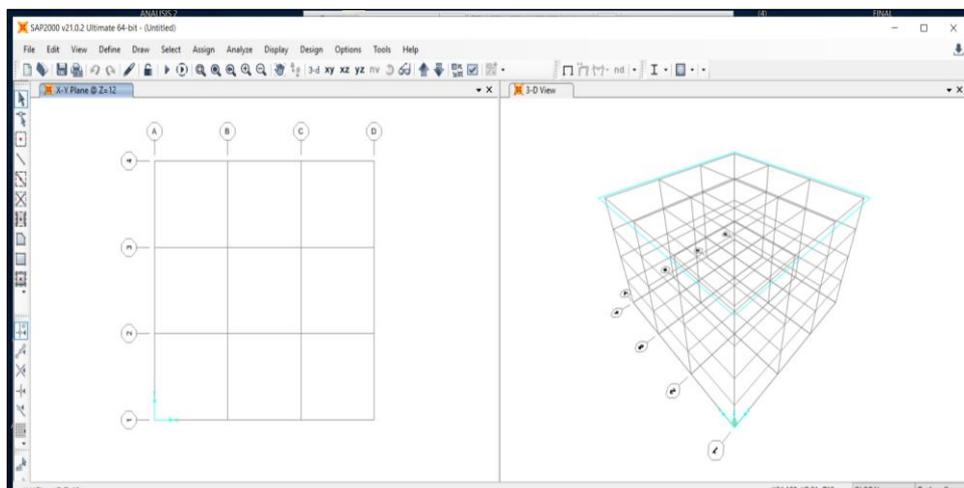
Figura 17: Selección de grillas



Fuente: Elaborado por los autores

En automático aparece una estructura de 3x3, la cual se modifica con las características de la estructura hidráulica de la bocatoma Chavimochic.

Figura 18: Estructura Natural del Sap2000



Fuente: Elaborado por los autores

En el proceso del espaciamiento entre los ejes determinados, se hace el análisis y se obtiene las siguientes tablas de acuerdo a la estructura construida.

Tabla 7: Espaciamiento entre eje X

EJE X (metros)	
I	3.31
II	20.39
III	7
IV	9.75
IVa	2.5
V	9.5
Va	2.5
Vb	9.5
VI	2.25
Vla	34
VII	0

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 8: Dimensión en el eje x

EJE X (metros)	
I	0
II	3.31
III	23.7
IV	30.7
IVa	40.45
V	42.95
Va	52.45
Vb	54.95
VI	64.45
Vla	66.7
VII	100.7

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 9: Espaciamiento entre eje Y

EJE Y (metros)	
1	3.5
1a	10
1b	5.25
1c	1.25
2	5
2a	1.25
2b	1
2c	15.75
3	6.5
4	7
5	7
6	6.5
7	2
8	22.3
9	9
10	13.5
11	19
11a	5.5
11b	10
11c	10.5
12	20
13	27
14	0

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 10: Dimensión en el eje Y

EJE Y (metros)	
1	0
1a	3.5
1b	13.5
1c	18.75
2	20
2a	25
2b	26.25
2c	27.25
3	43
4	49.5
5	56.5
6	63.5
7	70
8	72
9	94.3
10	103.3
11	116.8
11a	135.8
11b	141.3
11c	151.3
12	161.8
13	181.8
14	208.8

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 11: Espaciamento en el eje Z

EJE Z (metros)	
Z1	4.5
Z2	2.5
Z3	2.75
Z4	3.25
Z5	2
Z6	3
Z7	1.5
Z8	1
Z9	10
Z10	0

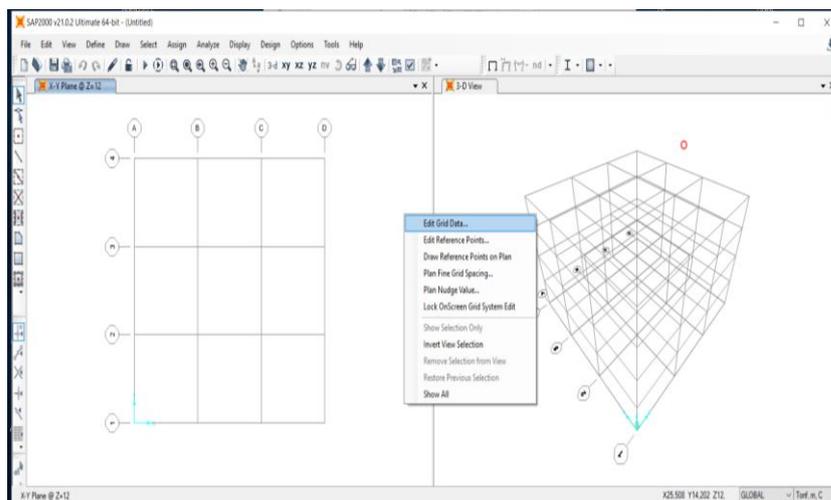
Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 12: Dimensión en el eje Z

EJE Z (metros)	
Z1	0
Z2	4.5
Z3	7
Z4	9.75
Z5	13
Z6	15
Z7	18
Z8	19.5
Z9	20.5
Z10	30.5

Fuente: Elaborado por los autores

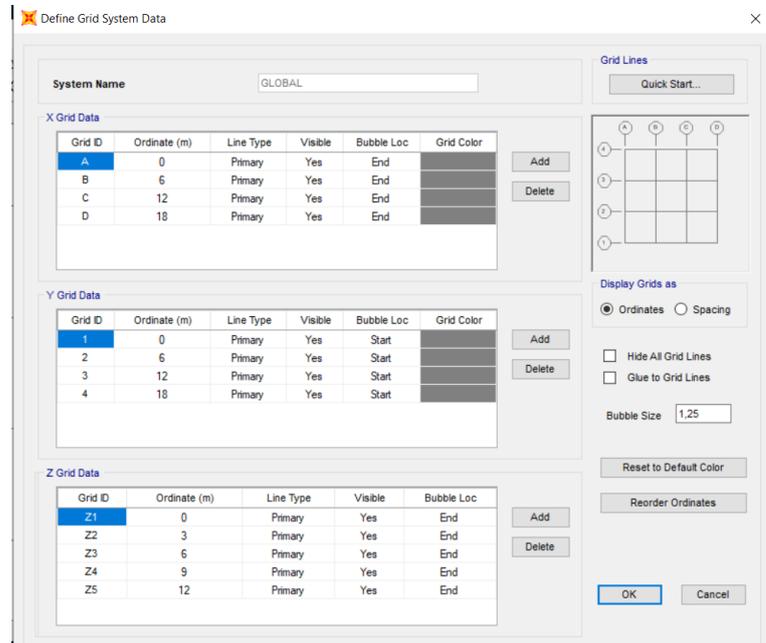
Figura 19: Modificación de las grillas



Fuente: Elaborado por los autores

En la siguiente tabla se observa los 3 ejes X, Y y Z la cual se inserta dependiendo de las tablas.

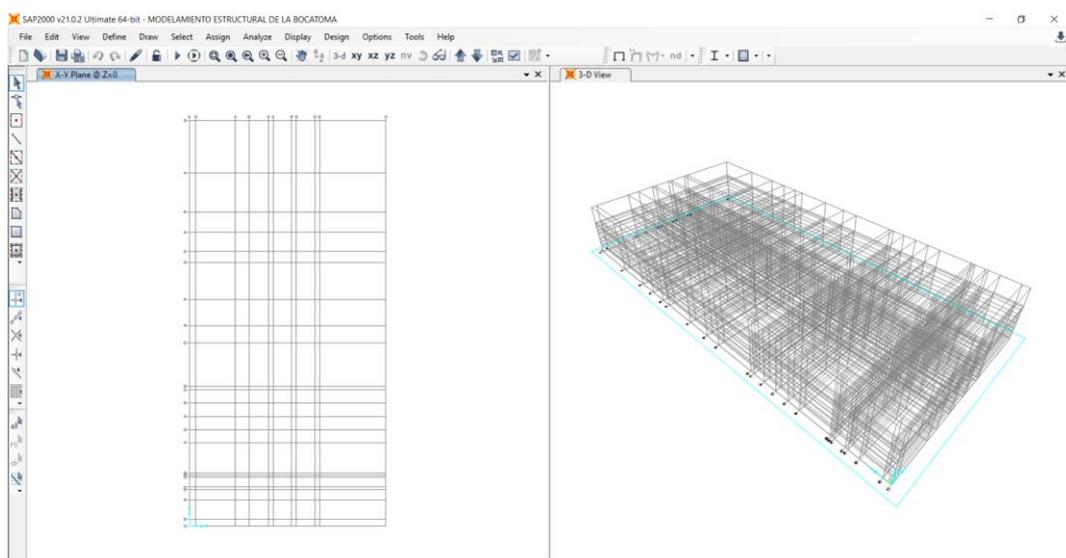
Figura 20: Tabla de grillas



Fuente: Elaborado por los autores

Al introducir todas las dimensiones se obtiene el esqueleto de la bocatoma.

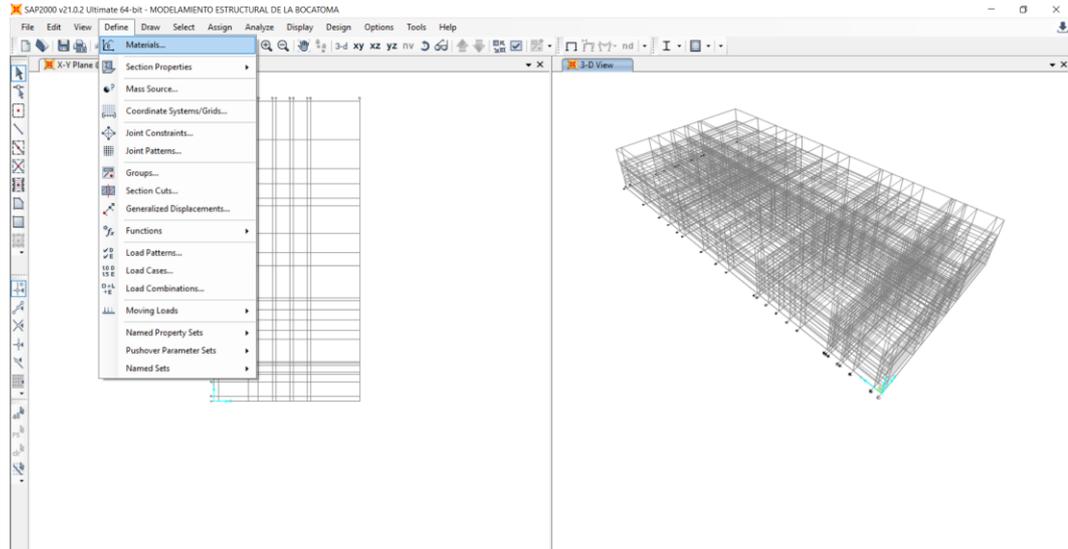
Figura 21: Estructura de la bocatoma



Fuente: Elaborado por los autores

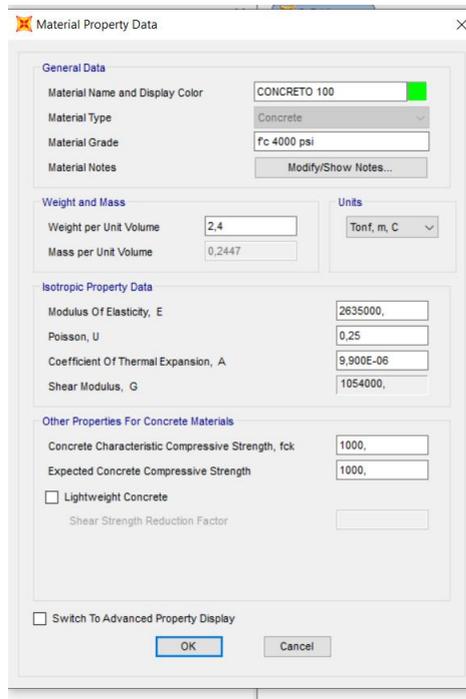
Después selecciona los materiales a utilizar, para el siguiente modelamiento se utiliza los concretos cuyo diseño es de 210,280 y 350 kg/cm³; dependiendo del tipo de estructura a utilizar.

Figura 22: Definición de materiales



Fuente: Elaborado por los autores

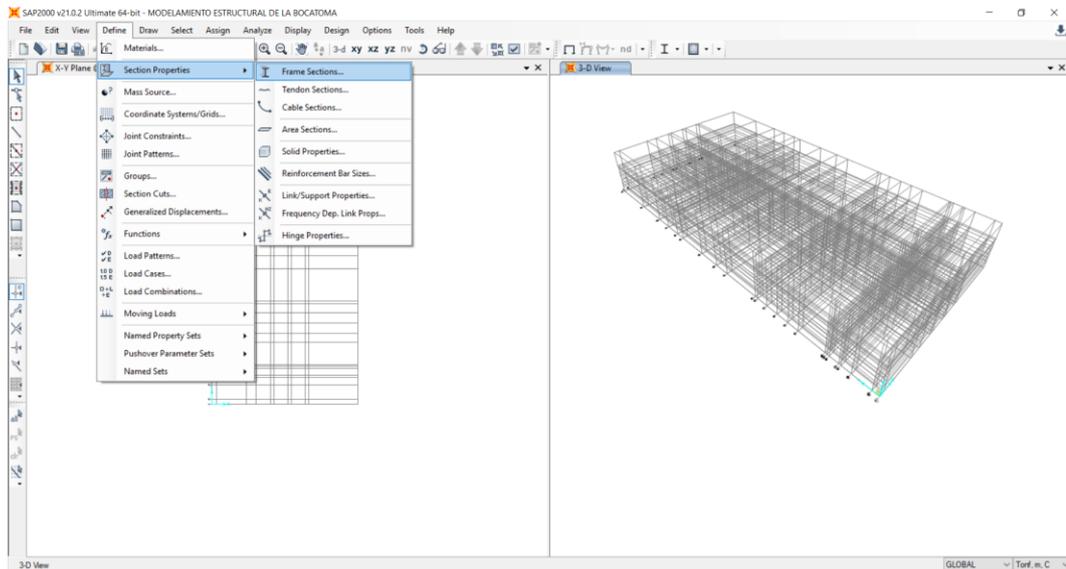
Figura 23: Resistencia del concreto



Fuente: Elaborado por los autores

Después de la creación del diseño de cada concreto a utilizar, se asigna a qué tipo de estructura se utilizará, la cual puede ser placa, losa, columnas y vigas. Ya que la bocatoma cuenta con estas 4 tipo de estructuras.

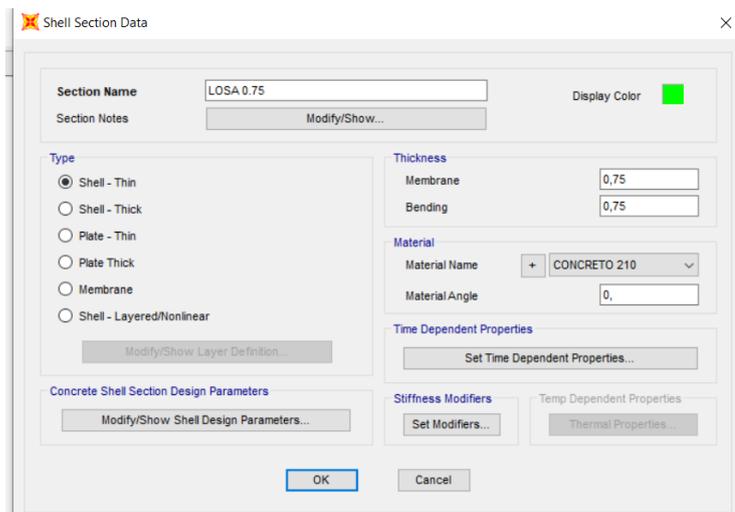
Figura 24: Propiedad del material



Fuente: Elaborado por los autores

Para la creación de placas y losas se utilizó 2 tipos de placas de 2.25 m y 2.50 m dependiendo de los planos obtenidos de la bocatoma Chavimochic. Las losas fueron de 0.75m de espesor.

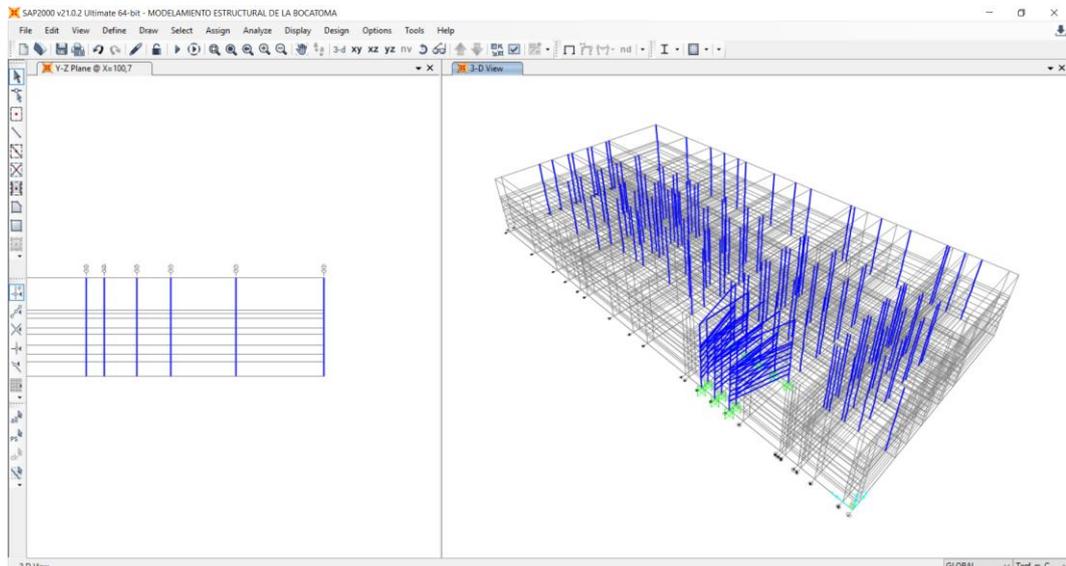
Figura 25: Data de las placas y losas



Fuente: Elaborado por los autores

En primer lugar y para mayor facilidad del modelamiento, se empieza a colocar las vigas y columnas.

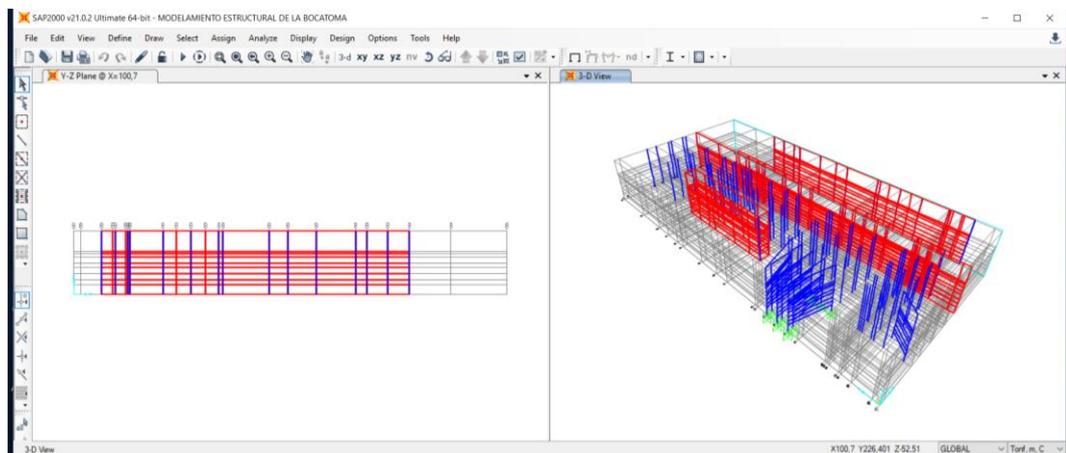
Figura 26: Modelamiento de vigas y columnas



Fuente: Elaborado por los autores

Se designa a su posterior las placas y losas de acuerdo con los planos.

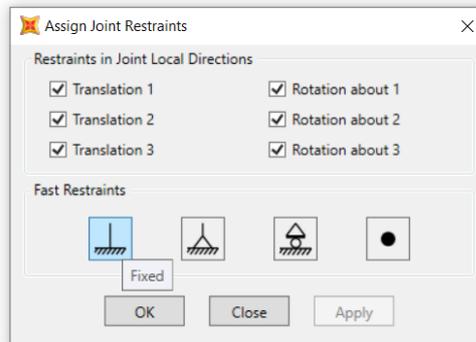
Figura 27: Modelamiento de placas y losas



Fuente: Elaborado por los autores

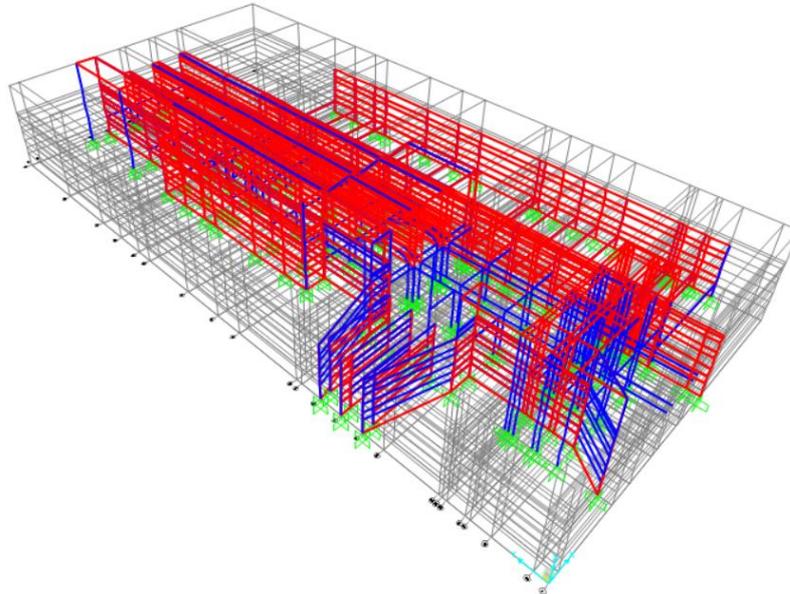
Después del modelamiento se le asignan el tipo de zapatas a utilizar, en todos los casos de obras hidráulicas y de edificaciones se utiliza la zapata empotrada.

Figura 28: Selección de zapata



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 29: Estructura final de la bocatoma



Fuente: Elaborado por los autores

4.4.1. Norma E-0.30

Para el modelamiento para analizar el comportamiento estático de la estructura de la bocatoma se aplica esta norma del diseño sismo resistente que rige a nuestro país.

Se divide la estructura por piso el cual cuenta con 10 niveles. Se calcula el peso de las cargas vivas y muertas por piso.

Tabla 13: Peso total del primer piso

PESO TOTAL DEL PRIMER NIVEL										
CARGA MUERTA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Altura (m)	P. Espec. (Ton/m ³)	Parcial	N° Vec.	N° Ejes.	Total (Tn)
1°	Columna	0.75	1.00	0.75	4.50	2.40	8.10	51.00	1.00	413.10
	Viga	670.80	0.75	503.10	0.75	2.40	905.58	1.00	1.00	905.58
	Placa	147.80	2.25	332.55	4.50	2.40	3,591.54	1.00	1.00	3,591.54
		523.00	2.50	1,307.50	4.50	2.40	14,121.00	1.00	1.00	14,121.00
	Losa	823.00	0.75	617.25	0.75	2.40	1,111.05	1.00	1.00	1,111.05
TOTAL (Tn)										20,142.27
CARGA VIVA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Area (m ²)	Altura (m)	S/C (Ton/m ²)	Parcial	N° Vec.	Total (Tn)			
1°	s/c	1,000.00	0.75	0.25	250.00	1.00	250.00			
TOTAL (Tn)							250.00			

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 14: Pesos total del segundo piso

PESO TOTAL DEL SEGUNDO NIVEL										
CARGA MUERTA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Altura (m)	P. Espec. (Ton/m ³)	Parcial	N° Vec.	N° Ejes.	Total (Tn)
2°	Columna	0.75	1.00	0.75	2.50	2.40	4.50	51.00	1.00	229.50
	Viga	670.80	0.75	503.10	0.75	2.40	905.58	1.00	1.00	905.58
	Placa	147.80	2.25	332.55	2.50	2.40	1,995.30	1.00	1.00	1,995.30
		523.00	2.50	1,307.50	2.50	2.40	7,845.00	1.00	1.00	7,845.00
	Losa	823.00	0.25	205.75	0.75	2.40	370.35	1.00	1.00	370.35
TOTAL (Tn)										11,345.73
CARGA VIVA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Area (m ²)	Altura (m)	S/C (Ton/m ²)	Parcial	N° Vec.	Total (Tn)			
2°	s/c	1,000.00	0.75	0.25	250.00	1.00	250.00			
TOTAL (Tn)							250.00			

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 15: Peso total del tercer piso

PESO TOTAL DEL TERCER NIVEL										
CARGA MUERTA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Altura (m)	P. Espec. (Ton/m ³)	Parcial	N° Vec.	N° Ejes.	Total (Tn)
3°	Columna	0.75	1.00	0.75	2.75	2.40	4.95	51.00	1.00	252.45
	Viga	670.80	0.75	503.10	0.75	2.40	905.58	1.00	1.00	905.58
	Placa	147.80	2.25	332.55	2.75	2.40	2,194.83	1.00	1.00	2,194.83
		523.00	2.50	1,307.50	2.75	2.40	8,629.50	1.00	1.00	8,629.50
	Losa	823.00	0.25	205.75	0.75	2.40	370.35	1.00	1.00	370.35
TOTAL (Tn)										12,352.71
CARGA VIVA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Area (m ²)	Altura (m)	S/C (Ton/m ²)	Parcial	N° Vec.	Total (Tn)			
3°	s/c	1,000.00	0.75	0.25	250.00	1.00	250.00			
TOTAL (Tn)							250.00			

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 16: Peso total del cuarto piso

PESO TOTAL DEL CUARTO NIVEL										
CARGA MUERTA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Altura (m)	P. Espec. (Ton/m ³)	Parcial	N° Vec.	N° Ejes.	Total (Tn)
4°	Columna	0.75	1.00	0.75	3.25	2.40	5.85	51.00	1.00	298.35
	Viga	670.80	0.75	503.10	0.75	2.40	905.58	1.00	1.00	905.58
	Placa	147.80	2.25	332.55	3.25	2.40	2,593.89	1.00	1.00	2,593.89
		523.00	2.50	1,307.50	3.25	2.40	10,198.50	1.00	1.00	10,198.50
Losa	823.00	0.25	205.75	0.75	2.40	370.35	1.00	1.00	370.35	
TOTAL (Tn)										14,366.67
CARGA VIVA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Area (m ²)	Altura (m)	S/C (Ton/m ²)	Parcial	N° Vec.	Total (Tn)			
4°	s/c	1,000.00	0.75	0.25	250.00	1.00	250.00			
TOTAL (Tn)							250.00			

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 17: Peso total del quinto piso

PESO TOTAL DEL QUINTO NIVEL										
CARGA MUERTA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Altura (m)	P. Espec. (Ton/m ³)	Parcial	N° Vec.	N° Ejes.	Total (Tn)
5°	Columna	0.75	1.00	0.75	2.00	2.40	3.60	51.00	1.00	183.60
	Viga	670.80	0.75	503.10	0.75	2.40	905.58	1.00	1.00	905.58
	Placa	147.80	2.25	332.55	2.00	2.40	1,596.24	1.00	1.00	1,596.24
		523.00	2.50	1,307.50	2.00	2.40	6,276.00	1.00	1.00	6,276.00
Losa	823.00	0.25	205.75	0.75	2.40	370.35	1.00	1.00	370.35	
TOTAL (Tn)										9,331.77
CARGA VIVA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Area (m ²)	Altura (m)	S/C (Ton/m ²)	Parcial	N° Vec.	Total (Tn)			
5°	s/c	1,000.00	0.75	0.25	250.00	1.00	250.00			
TOTAL (Tn)							250.00			

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 18: Peso total del sexto piso

PESO TOTAL DEL SEXTO NIVEL										
CARGA MUERTA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Altura (m)	P. Espec. (Ton/m ³)	Parcial	N° Vec.	N° Ejes.	Total (Tn)
6°	Columna	0.75	1.00	0.75	3.00	2.40	5.40	51.00	1.00	275.40
	Viga	670.80	0.75	503.10	0.75	2.40	905.58	1.00	1.00	905.58
	Placa	147.80	2.25	332.55	3.00	2.40	2,394.36	1.00	1.00	2,394.36
		523.00	2.50	1,307.50	3.00	2.40	9,414.00	1.00	1.00	9,414.00
Losa	823.00	0.25	205.75	0.75	2.40	370.35	1.00	1.00	370.35	
TOTAL (Tn)										13,359.69
CARGA VIVA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Area (m ²)	Altura (m)	S/C (Ton/m ²)	Parcial	N° Vec.	Total (Tn)			
6°	s/c	1,000.00	0.75	0.25	250.00	1.00	250.00			
TOTAL (Tn)							250.00			

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 19: Peso total del séptimo piso

PESO TOTAL DEL SEPTIMO NIVEL										
CARGA MUERTA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Altura (m)	P. Espec. (Ton/m3)	Parcial	N° Vec.	N° Ejes.	Total (Tn)
7°	Columna	0.75	1.00	0.75	1.50	2.40	2.70	51.00	1.00	137.70
	Viga	670.80	0.75	503.10	0.75	2.40	905.58	1.00	1.00	905.58
	Placa	147.80	2.25	332.55	1.50	2.40	1,197.18	1.00	1.00	1,197.18
		523.00	2.50	1,307.50	1.50	2.40	4,707.00	1.00	1.00	4,707.00
Losa	823.00	0.25	205.75	0.75	2.40	370.35	1.00	1.00	370.35	
TOTAL (Tn)										7,317.81
CARGA VIVA DE BLOCK										
Piso	Elemento			Area (m2)	Altura (m)	S/C (Ton/m2)	Parcial	N° Vec.	Total (Tn)	
7°	s/c			1,000.00	0.75	0.25	250.00	1.00	250.00	
TOTAL (Tn)										250.00

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 20: Peso total del octavo piso

PESO TOTAL DEL OCTAVO NIVEL										
CARGA MUERTA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Altura (m)	P. Espec. (Ton/m3)	Parcial	N° Vec.	N° Ejes.	Total (Tn)
8°	Columna	0.75	1.00	0.75	1.00	2.40	1.80	51.00	1.00	91.80
	Viga	670.80	0.75	503.10	0.75	2.40	905.58	1.00	1.00	905.58
	Placa	147.80	2.25	332.55	1.00	2.40	798.12	1.00	1.00	798.12
		523.00	2.50	1,307.50	1.00	2.40	3,138.00	1.00	1.00	3,138.00
Losa	823.00	0.25	205.75	0.75	2.40	370.35	1.00	1.00	370.35	
TOTAL (Tn)										5,303.85
CARGA VIVA DE BLOCK										
Piso	Elemento			Area (m2)	Altura (m)	S/C (Ton/m2)	Parcial	N° Vec.	Total (Tn)	
8°	s/c			1,000.00	0.75	0.25	250.00	1.00	250.00	
TOTAL (Tn)										250.00

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 21: Peso total del noveno piso

PESO TOTAL DEL NOVENO NIVEL										
CARGA MUERTA DE BLOCK										
Piso	Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Altura (m)	P. Espec. (Ton/m3)	Parcial	N° Vec.	N° Ejes.	Total (Tn)
9°	Columna	0.75	1.00	0.75	10.00	2.40	18.00	51.00	1.00	918.00
	Viga	670.80	0.75	503.10	0.75	2.40	905.58	1.00	1.00	905.58
	Placa	147.80	2.25	332.55	10.00	2.40	7,981.20	1.00	1.00	7,981.20
		523.00	2.50	1,307.50	10.00	2.40	31,380.00	1.00	1.00	31,380.00
Losa	823.00	0.25	205.75	0.75	2.40	370.35	1.00	1.00	370.35	
TOTAL (Tn)										41,555.13
CARGA VIVA DE BLOCK										
Piso	Elemento			Area (m2)	Altura (m)	S/C (Ton/m2)	Parcial	N° Vec.	Total (Tn)	
9°	s/c			1,000.00	0.75	0.25	250.00	1.00	250.00	
TOTAL (Tn)										250.00

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 22: Resumen de peso de los pisos

CÁLCULO DE LA CARGA TOTAL BLOCK			
Piso	Carga Muerta (Tn)	Carga Viva (Tn)	Carga Total (Tn)
1	20,142.27	250.00	20,204.77
2	11,345.73	250.00	11,408.23
3	12,352.71	250.00	12,415.21
4	14,366.67	250.00	14,429.17
5	9,331.77	250.00	9,394.27
6	13,359.69	250.00	13,422.19
7	7,317.81	250.00	7,380.31
8	5,303.85	250.00	5,366.35
9	41,555.13	250.00	41,617.63
CARGA TOTAL DE BLOCK			135,638.13

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 23: Factores de zona

FACTORES DE ZONA	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 24: Factor de Suelo

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA/ SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 25: Categoría de la estructura

Categoría	Descripción	Factor U
A	Edificaciones Esenciales	1.5
B	Edificaciones Importantes	1.3
C	Edificaciones Comunes	1
D	Edificaciones Menores	(*)

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 26: Periodo Tp y TI

PERIODO "TP" Y "TL"				
	PERFIL DE SUELO			
	S0	S1	S2	S3
TP(s)	0.30	0.40	0.60	1.00
TL(s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 27: Periodo fundamental

Características para hallar el periodo fundamental	
Descripción	C _T
Elementos resistentes en la dirección de los pórticos	35
Elementos resistentes pórticos, cajas de ascensores y escaleras	45
Elementos sismorresistentes por muros de corte	60

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 28: Sistema Estructural

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente de Reducción, R Para estructuras regulares (*) (**)
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos	9.5
Otras estructuras de acero:	
Arriostres Excéntricos.	6.5
Arriostres en Cruz.	6
Concreto Armado	
Pórticos ⁽¹⁾	8
Dual ⁽²⁾	7
De muros estructurales ⁽³⁾	6
Muros de ductilidad limitada ⁽⁴⁾	4
Albañilería Armada o Confinada ⁽⁵⁾	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 29: Datos de la información

Datos	
Periodo Predominante	$T_p = 0.40$
Solo Porticos	$C_T = 60.00$
Factor de Zona (Zona 4)	$Z = 0.45$
Uso: Edificaciones Comunes Cat. C	$U = 1.50$
Factor de Amplificación Sísmica	$C = 1.96$
Factor de Suelo (Tipo S1)	$S = 1.00$
Coficiente de Reducción	$R = 4.00$
Altura del Edificio (m)	$h_n = 30.50$
Peso del Block I (Tn)	$P = 135638.13$

Fuente: Elaborado por los autores

$$V = \frac{ZUCS}{R} \times P$$

$$V = 44,862.31 \text{ Tn}$$

Tabla 30: Cuadro de fuerzas de corte por piso

Cuadro de Fuerzas de Corte por Piso						
Piso	Altura	Peso	$P \times h$	$P \times h$	F	V
	h	P		$\sum(P \times h)$		
9	10.00	41,617.63	416,176.30	60.42%	27,106.37	27,106.37
8	1.00	5,366.35	5,366.35	0.78%	349.52	27,455.89
7	1.50	7,380.31	11,070.47	1.61%	721.04	28,176.93
6	2.75	13,422.19	36,911.02	5.36%	2,404.09	30,581.01
5	2.00	9,394.27	18,788.54	2.73%	1,223.73	31,804.75
4	3.25	14,429.17	46,894.80	6.81%	3,054.35	34,859.10
3	2.75	12,415.21	34,141.83	4.96%	2,223.72	37,082.82
2	2.50	11,408.23	28,520.58	4.14%	1,857.60	38,940.42
1	4.50	20,204.77	90,921.47	13.20%	5,921.89	44,862.31
Σ		135,638.13	688,791.35	100.00%	44,862.31	

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 31: Distribución de fuerzas horizontales

Distribucion de Fuerzas Horizontales										
Porticos	Ejes	NIVELES								
		1º Piso	2º Piso	3º Piso	4º Piso	5º Piso	6º Piso	7º Piso	8º Piso	9º Piso
SECUNDARIOS Y	I	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
	II	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
	III	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
	IV	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
	IVa	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
	V	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
	Va	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
	Vb	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
	VI	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
	VIa	538.35	168.87	202.16	277.67	111.25	218.55	65.55	31.77	2,464.22
PRINCIPALES X	1	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	1a	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	1b	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	1c	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	2	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	2a	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	2b	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	2c	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	3	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	4	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	5	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	6	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	7	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
	8	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54
9	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54	
10	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54	
11	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54	
11a	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54	
11b	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54	
11c	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54	
12	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54	
13	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54	
14	257.47	80.77	96.68	132.80	53.21	104.53	31.35	15.20	1,178.54	

Fuente: Elaborado por los autores

4.5. Modelamiento Estático

Para el análisis sísmico estático de la estructura hidráulica de la bocatoma se halla la excentricidad estructural. Consiste en la rotación durante un sismo.

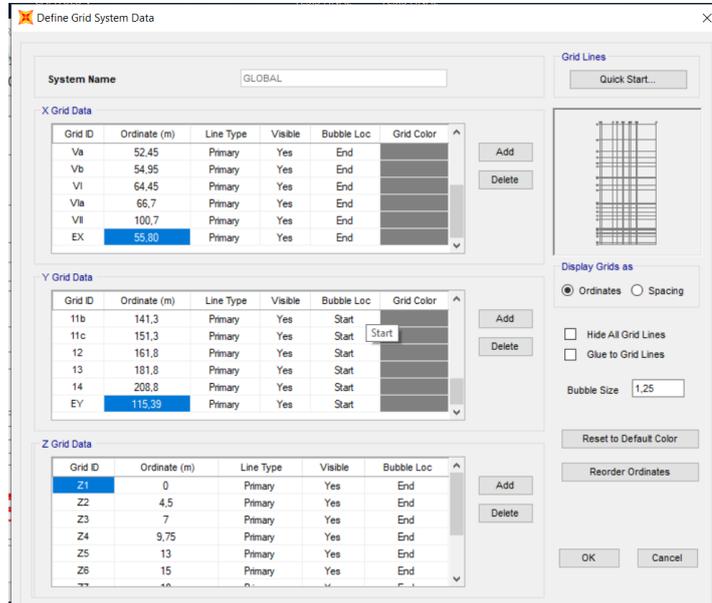
Tabla 32: Excentricidad en eje X y Y

	Excentricidad Y (m)	Excentricidad X (m)
Longitud	208.8000	100.7000
Longitud de zapata 0,75 m x 1 m	1.0000	0.7500
Total	209.8000	101.4500
Porcentaje de 5%	10.4900	5.0725
Centro de eje	104.9000	50.3500
TOTAL	115.3900	55.4225

Fuente: Elaborado por los autores

Después de hallar la excentricidad en los 2 ejes. Se asignan esos ejes en cada nivel de la estructura.

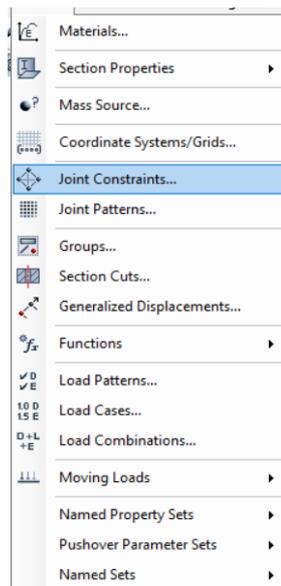
Figura 30: Excentricidad X y Y en la bocatoma



Fuente: Elaborado por los autores

Después de dibujados las excentricidades, se asignan las restricciones en los puntos de excentricidades.

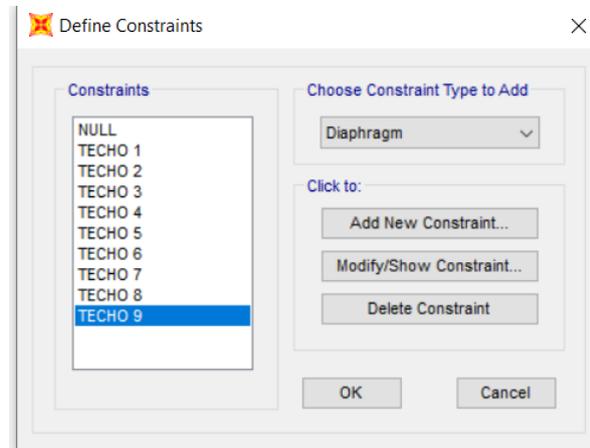
Figura 31: Restricción de los puntos



Fuente: Elaborado por los autores

Se asignan a cada nivel su diafragma correspondiente para el análisis estático

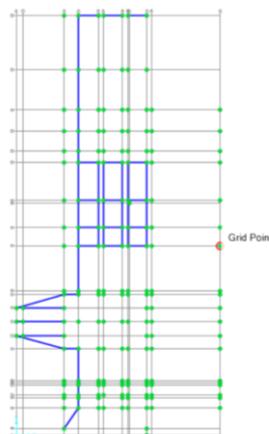
Figura 32: Diafragmas por cada nivel



Fuente: Elaborado por los autores

A cada nivel de piso se le asigna su propio diafragma el cual se tiene que escoger todos los puntos de columnas para su correcta designación de los diafragmas.

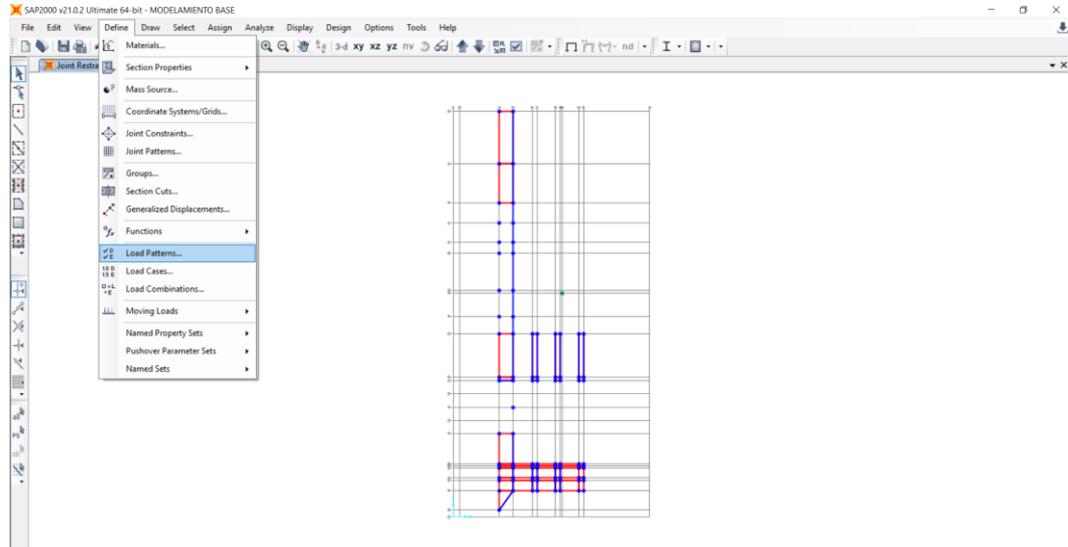
Figura 33: Designación de diafragma por piso



Fuente: Elaborado por los autores

Se crean los patrones de carga el cual llevara de nombre periodo en X, que es el desplazamiento en el eje x puesto por un punto de carga.

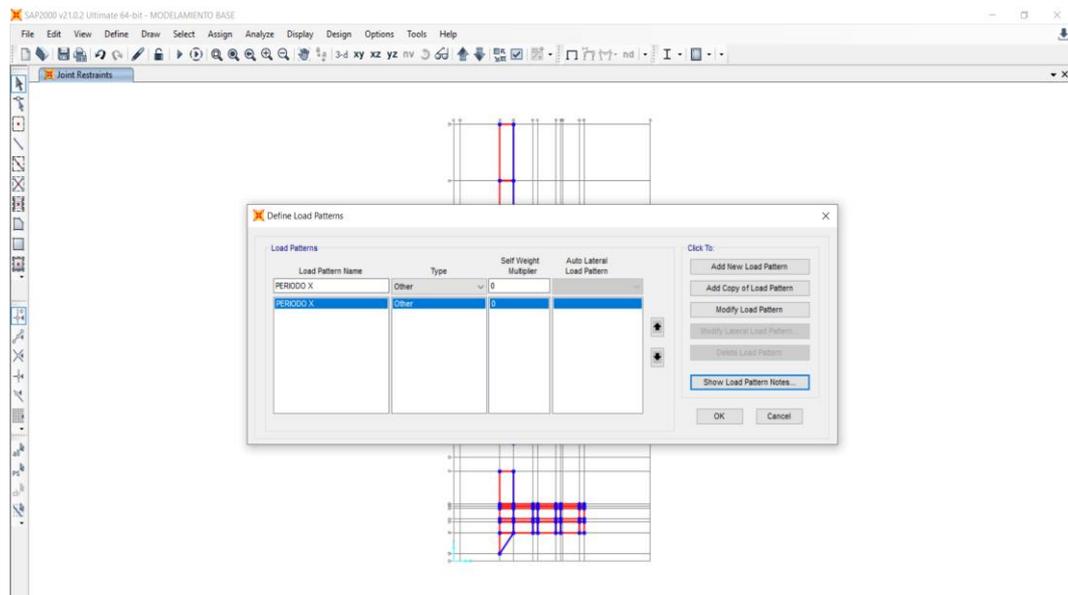
Figura 34: Patrón de carga



Fuente: Elaborado por los autores

Se crea el periodo X que solo será utilizado para la fuerza ejercida a la bocatoma en el eje del mismo nombre.

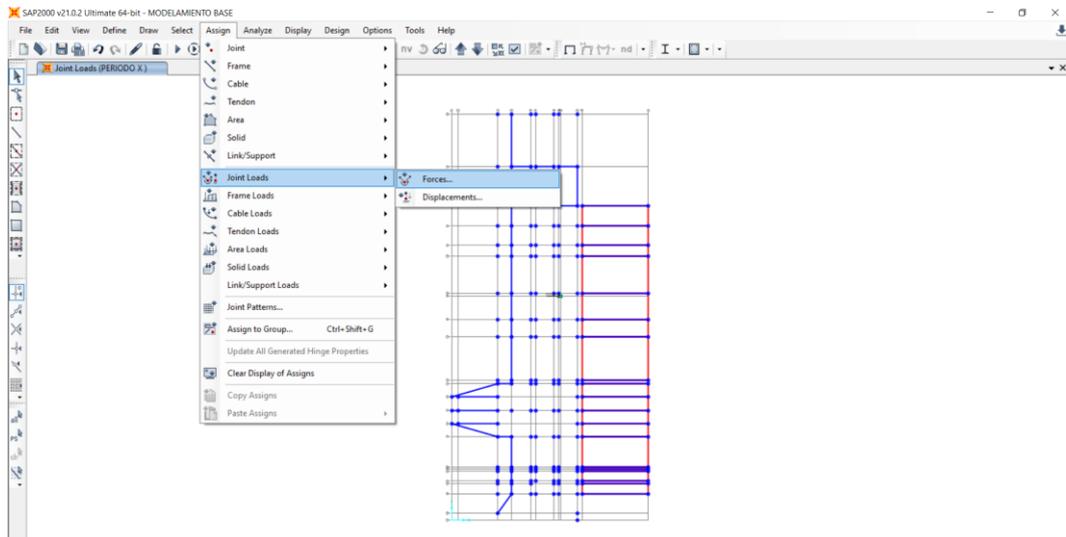
Figura 35: Periodo X



Fuente: Elaborado por los autores

Se asignan a cada nivel de la estructura una carga determinada en el metrado de cargas justo en el centro de excentricidad del eje x y y.

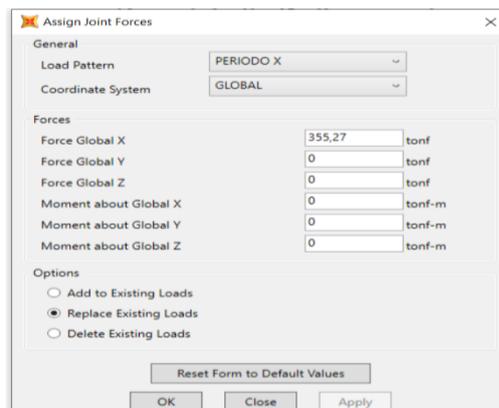
Figura 36: Carga puntual en el eje X



Fuente: Elaborado por los autores

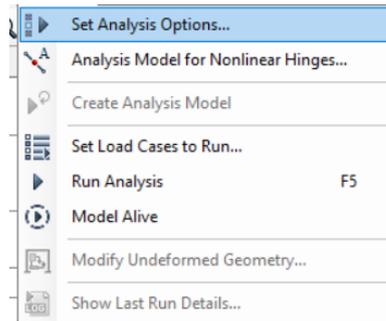
A cada nivel se asigna el valor determinado que ejercerá el desplazamiento en el sentido de la fuerza.

Figura 37: Asignación del valor en la carga puntual



Fuente: Elaborado por los autores

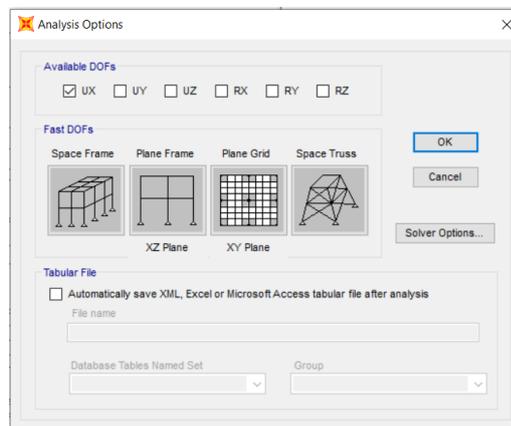
Figura 38: Opción del set a analizar



Fuente: Elaborado por los autores

Se selecciona el desplazamiento del eje a desear

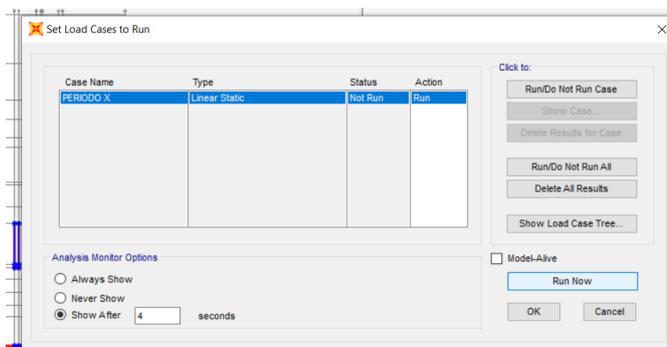
Figura 39: Opciones a analizar



Fuente: Elaborado por los autores

Después de eso, el siguiente paso a realizar es que corra el programa para su correcto análisis.

Figura 40: Periodo X

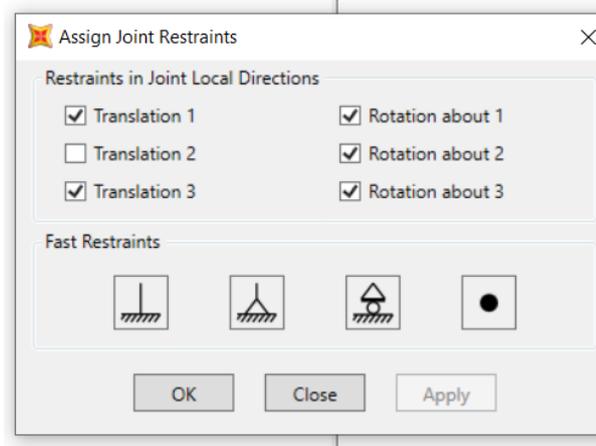


Fuente: Elaborado por los autores

PERIODO Y

Es el mismo procedimiento el cual se utilizó para el periodo en X, la diferencia es que es aplicado al otro sentido del eje.

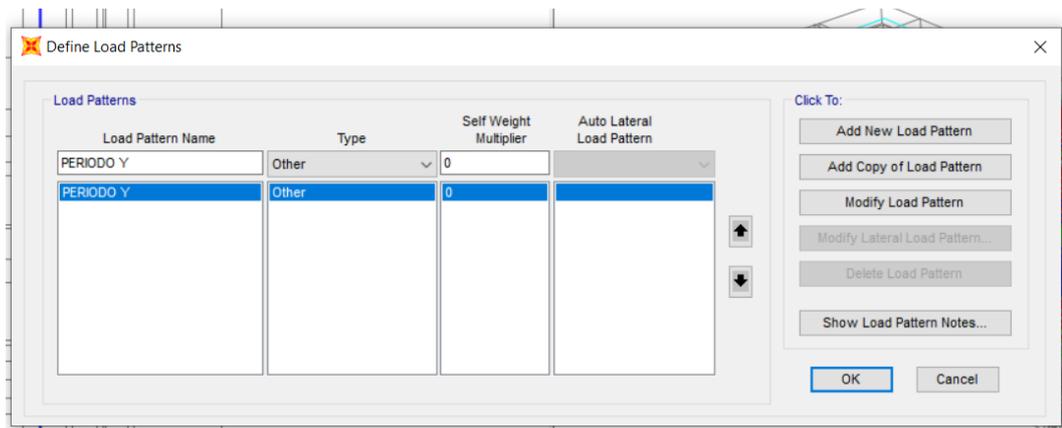
Figura 41: Restricción en puntos asignados



Fuente: Elaborado por los autores

Se crean los patrones de carga el cual llevara de nombre periodo en X, que es el desplazamiento en el eje x puesto por un punto de carga.

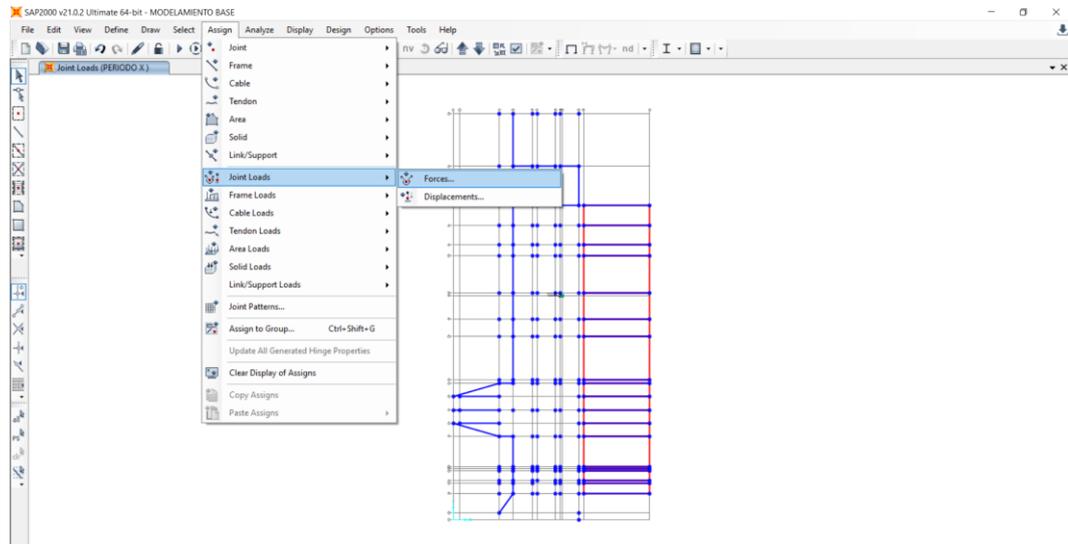
Figura 42: Patrón de carga



Fuente: Elaborado por los autores

Al igual del patrón de carga en el eje x, se realiza el mismo procedimiento para el otro eje Y. Del cual se asigna la carga puntual al eje Y

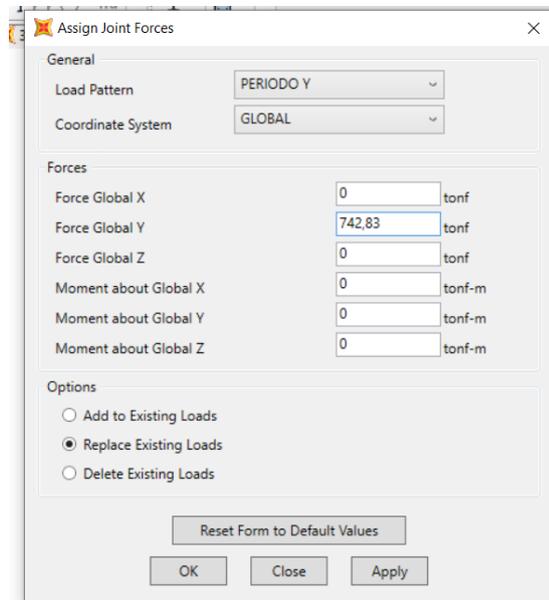
Figura 43: Carga puntual en el eje Y



Fuente: Elaborado por los autores

En el eje Y, se asignan a cada nivel su valor correspondiente para su correcto análisis

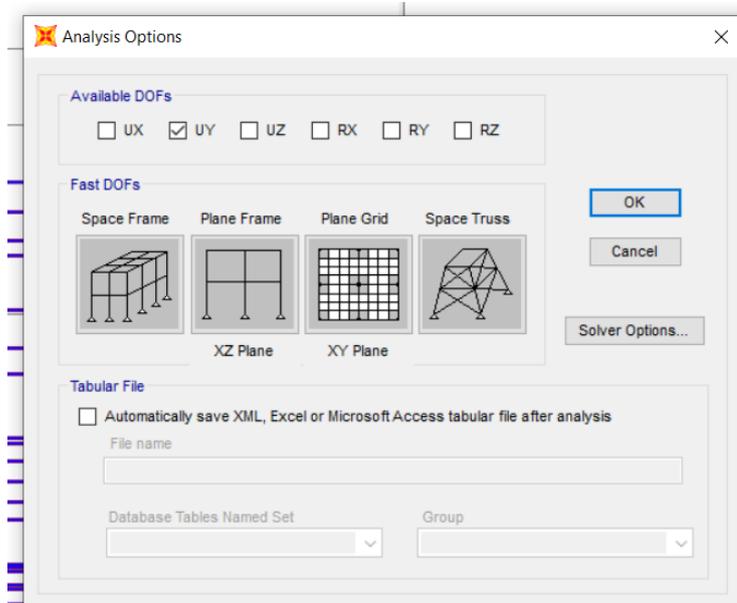
Figura 44: Asignación del valor en la carga puntual



Fuente: Elaborado por los autores

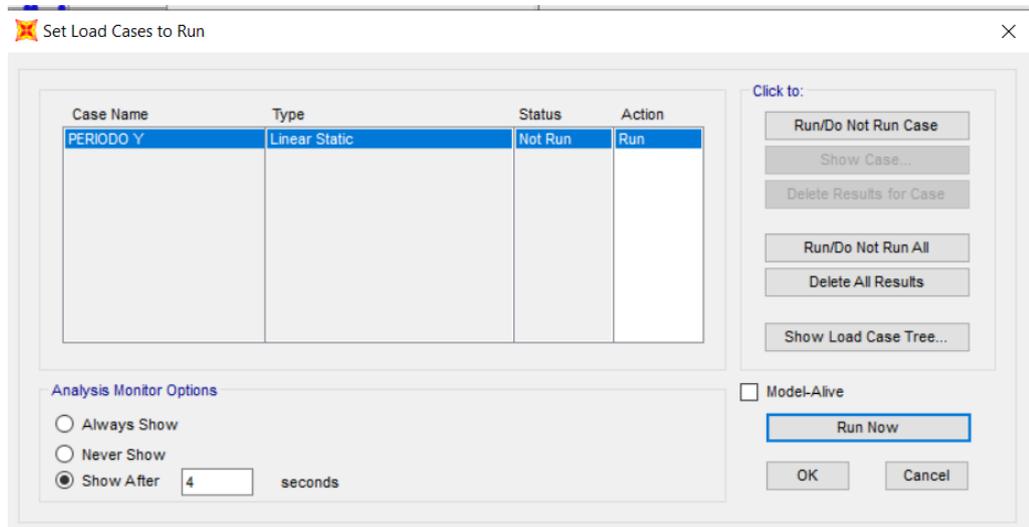
Después se analiza se da opciones a análisis y se selecciona solamente el desplazamiento en el eje Y.

Figura 45: Opciones a analizar



Fuente: Elaborado por los autores

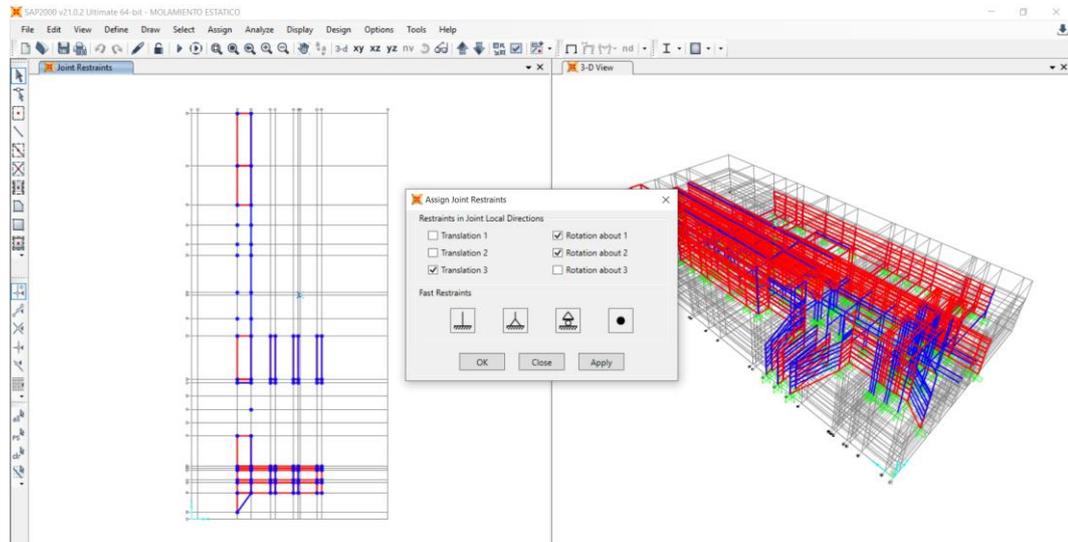
Figura 46: Periodo Y



Fuente: Elaborado por los autores

En el modelamiento estático de la bocatoma Chavimochic se reúnen los 2 casos de cargas la cual lleva por nombre sismo en X y sismo Y. La cual analiza la estructura su desplazamiento o deriva a partir de las fuerzas aplicadas en las 2 direcciones.

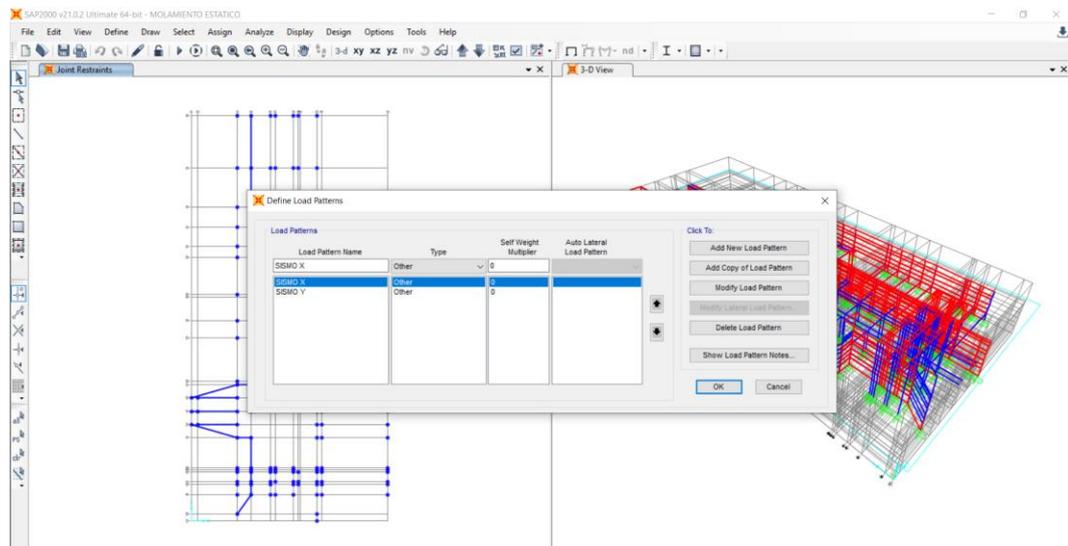
Figura 47: Restricción de los puntos



Fuente: Elaborado por los autores

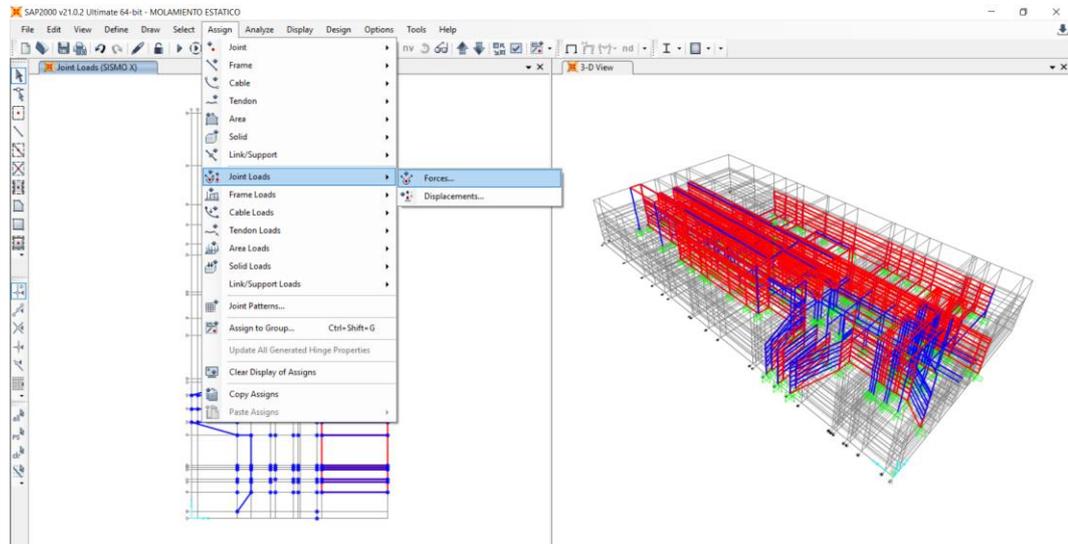
Se define 2 patrones de carga en la cual serán asignada los valores de carga puntual para el eje x y eje y se denominarán sismo X y sismo Y.

Figura 48: Sismo X y Sismo Y



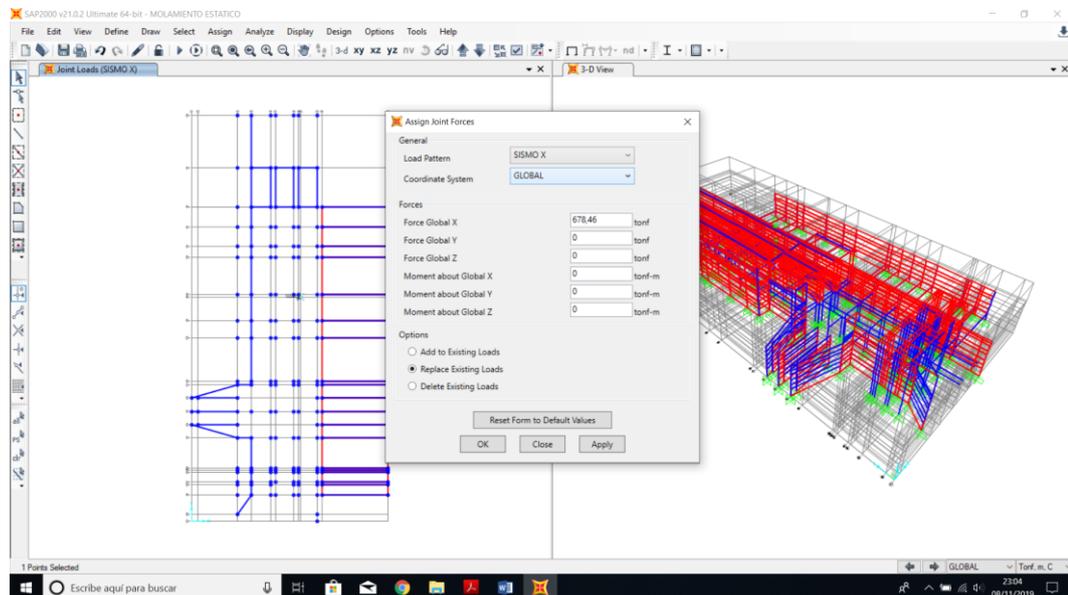
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 49: Carga puntual para eje X y Y



Fuente: Elaborado por los autores

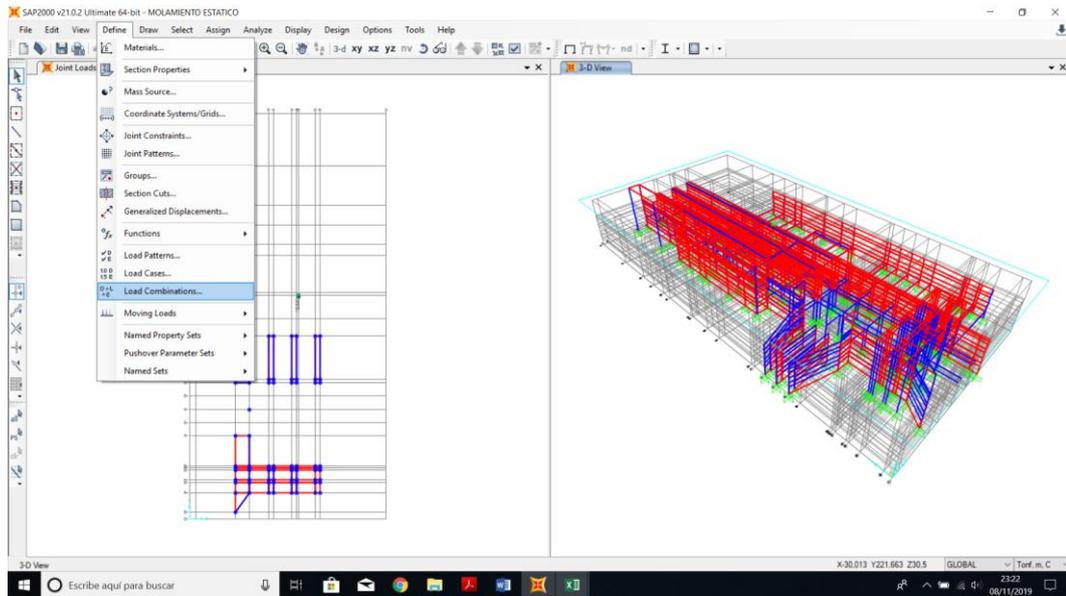
Figura 50: Asignación del valor en la carga puntual



Fuente: Elaborado por los autores

Después de la asignación de los casos de carga, se escoge la combinación de las cargas la cual combina el periodo en el eje X y eje Y.

Figura 51: Combinación de cargas



Fuente: Elaborado por los autores

4.6. Modelamiento Dinámico

Para empezar con el modelamiento dinámico, se analiza y se halla los centros de masas de cada nivel de la estructura de la bocatoma. Se usan los valores de los cortes basales de cada piso el cual es dividido entre la gravedad 9.81 m/s^2 .

Tabla 33: Centro de masas del Secundario

	NIVELES								
	1º Piso	2º Piso	3º Piso	4º Piso	5º Piso	6º Piso	7º Piso	8º Piso	9º Piso
M (t) (Tn. s2/m)	75.72	23.62	28.20	40.01	14.81	30.42	7.06	3.25	144.61
M (r) (Tn. s2/m)	40,786.86	12,725.03	15,188.95	21,550.95	7,978.54	16,383.35	3,802.15	1,752.63	77,891.72

Fuente: Elaborado por los autores

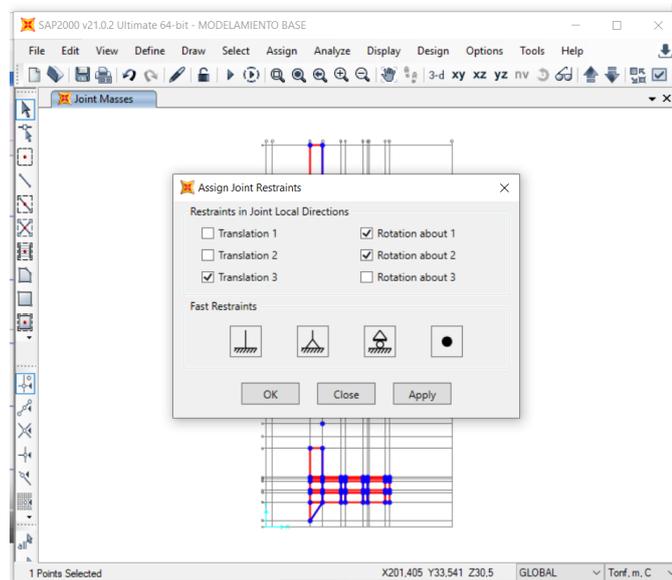
Tabla 34: Centro de masas del Principal

	NIVELES								
	1º Piso	2º Piso	3º Piso	4º Piso	5º Piso	6º Piso	7º Piso	8º Piso	9º Piso
M (t) (Tn. s2/m)	36.21	11.30	13.49	19.14	7.08	14.55	3.38	1.56	69.16
M (r) (Tn. s2/m)	19,506.76	6,085.89	7,264.14	10,306.98	3,815.83	7,835.52	1,818.42	838.22	37,252.56

Fuente: Elaborado por los autores

Antes de empezar el modelamiento se escoge la excentricidad como para el modelamiento sísmico estático, ahí en donde se aplica la carga de torsión.

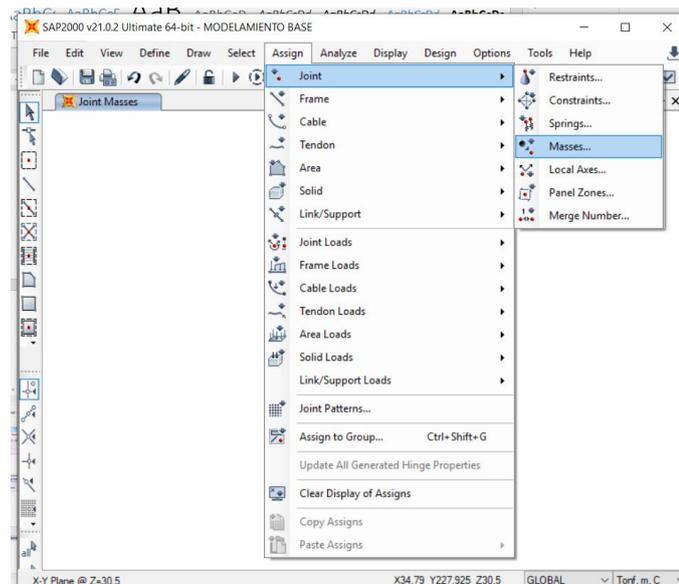
Figura 52: Restricciones de puntos



Fuente: Elaborado por los autores

En el centro de masas de cada nivel se asigna los valores hallados en las tablas.

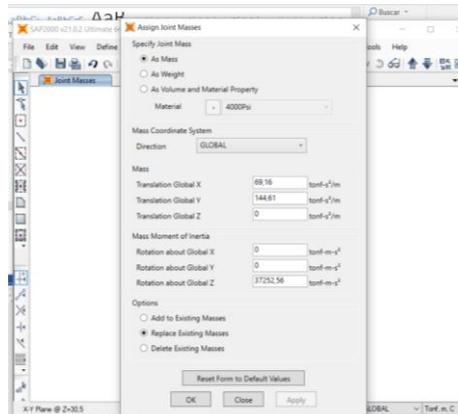
Figura 53: Asignación de centros de masas



Fuente: Elaborado por los autores

Se colocan en cada nivel el valor que corresponda.

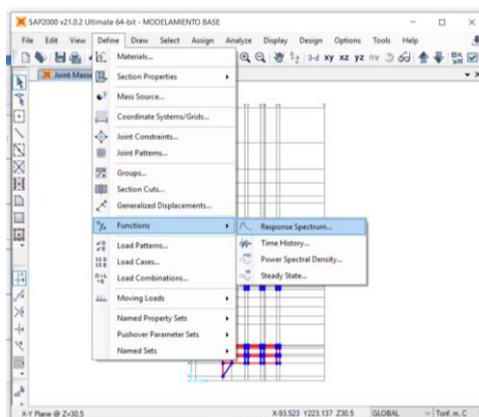
Figura 54: Asignación de los valores de los centros de masas



Fuente: Elaborado por los autores

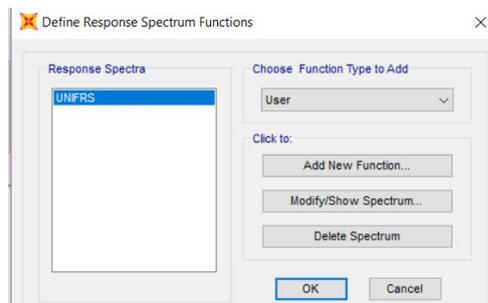
Se asigna el espectro al modelamiento dinámico, espectro de diseño es el valor que se utiliza para el modelamiento sísmico dinámico.

Figura 55: Espectro



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 56: Definición del espectro



Fuente: Elaborado por los autores

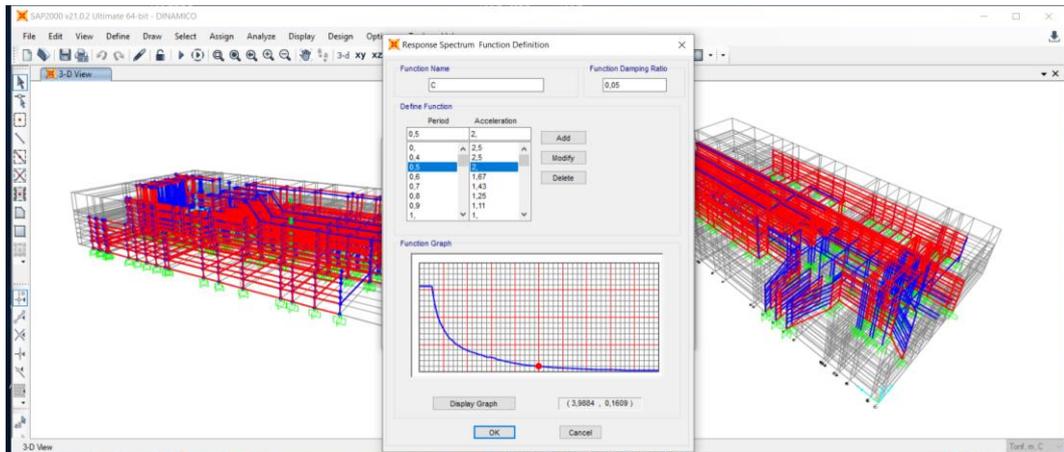
Los valores del espectro son analizados entre el periodo de movimiento telúricos y la aceleración producida durante el sismo.

Tabla 35: Valores del Espectro

Periodo (s)	Aceleración (m/s²)
0.00	2.50
0.40	2.50
0.50	2.00
0.60	1.67
0.70	1.43
0.80	1.25
0.90	1.11
1.00	1.00
1.10	0.91
1.20	0.83
1.30	0.77
1.40	0.71
1.50	0.67
1.60	0.63
1.70	0.59
1.80	0.56
1.90	0.53
2.00	0.50
2.10	0.48
2.20	0.45
2.30	0.43
2.40	0.42
2.50	0.40
2.60	0.37
2.70	0.34
2.80	0.32
2.90	0.30
3.00	0.28
3.50	0.20
4.00	0.16
4.50	0.12
5.00	0.10
5.50	0.08
6.00	0.07
6.50	0.06
7.00	0.05
8.00	0.04

Fuente: Elaborado por los autores

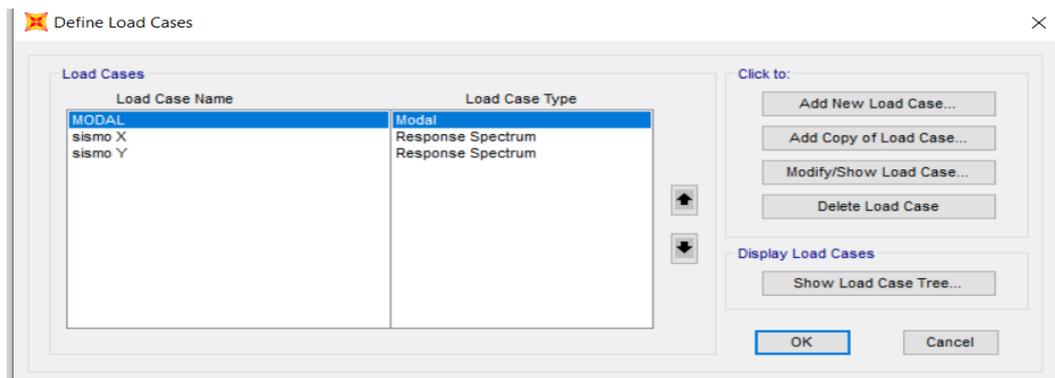
Figura 57: Valores del espectro



Fuente: Elaborado por los autores

Después de los valores espectrales, se crea para la carga el sismo en X y sismo Y utilizando. Se tiene en cuenta de cada nivel de la estructura se obtiene 3 grados de libertad, el cual por la cantidad de niveles se llega al valor de 27 en el modelamiento dinámico.

Figura 58: Sismo X y Sismo Y



Fuente: Elaborado por los autores

Antes que corra el programa, se crea el caso a utilizar que son las derivadas es decir las deformaciones en el eje x y y, que son vitales para nuestro análisis.

Figura 59: Data caso de carga

Load Case Name: sismo X

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination: CQC, SRSS, Absolute, GMC, NRC 10 Percent, Double Sum

GMC f1: 1, GMC f2: 0, Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination: SRSS, CQC3, Absolute

Mass Source: Previous (MSSSRC1)

Modal Load Case: Standard - Acceleration Loading, Advanced - Displacement Inertia Loading

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	C	1,4

Modal Damping: Constant at 0,05

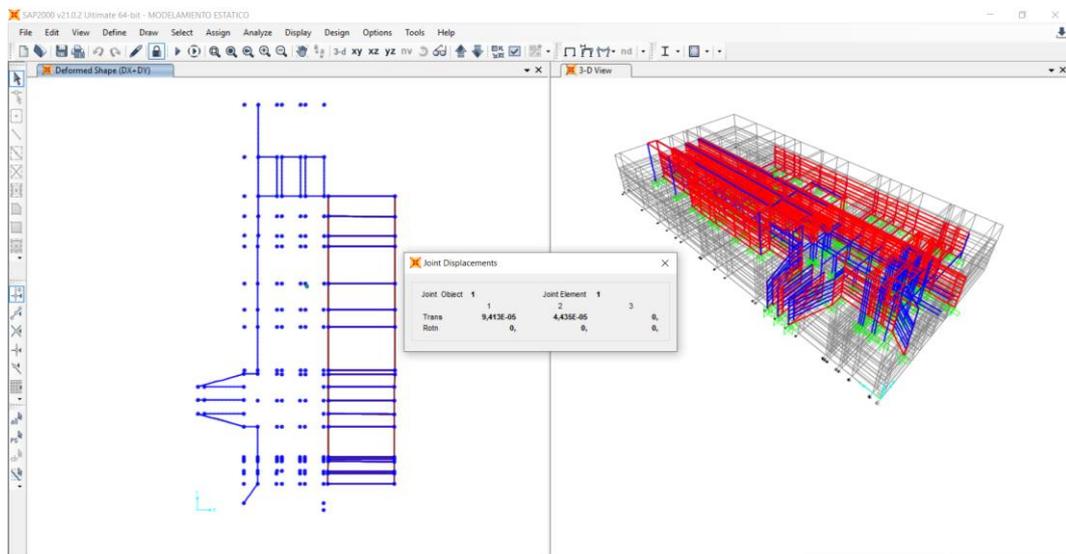
Fuente: Elaborado por los autores

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1. Modelamiento Sísmico Estático

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 3 ejes del primer nivel.

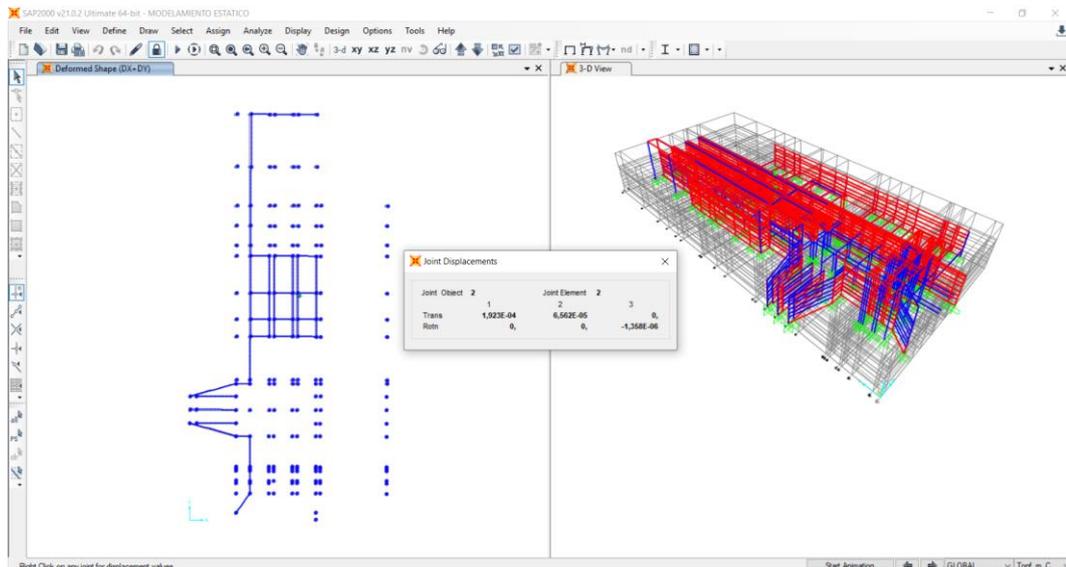
Figura 60: Desplazamiento del primer nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 3 ejes del segundo nivel.

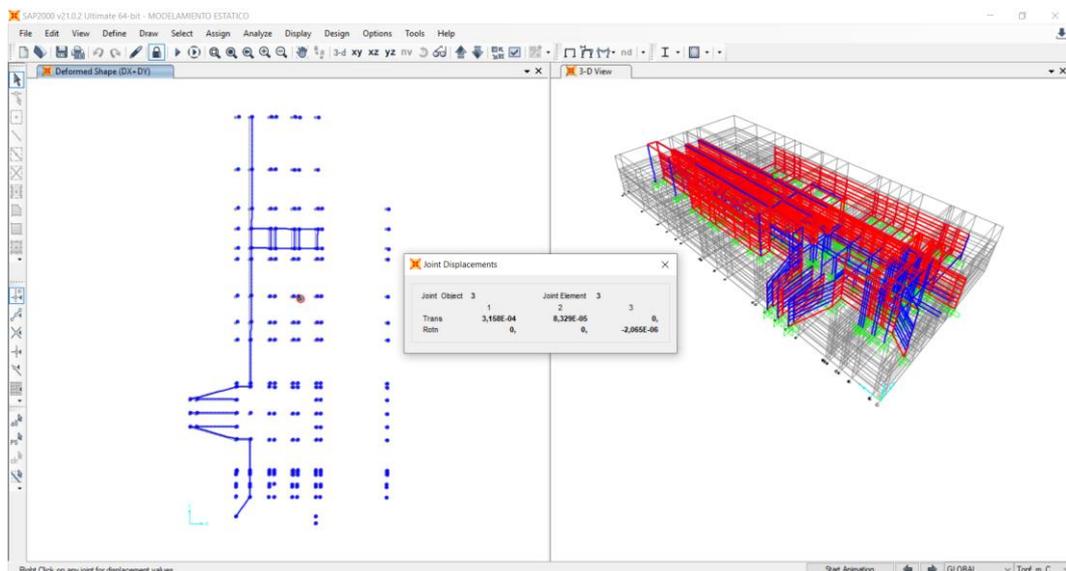
Figura 61: Desplazamiento del segundo nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 3 ejes del tercer nivel.

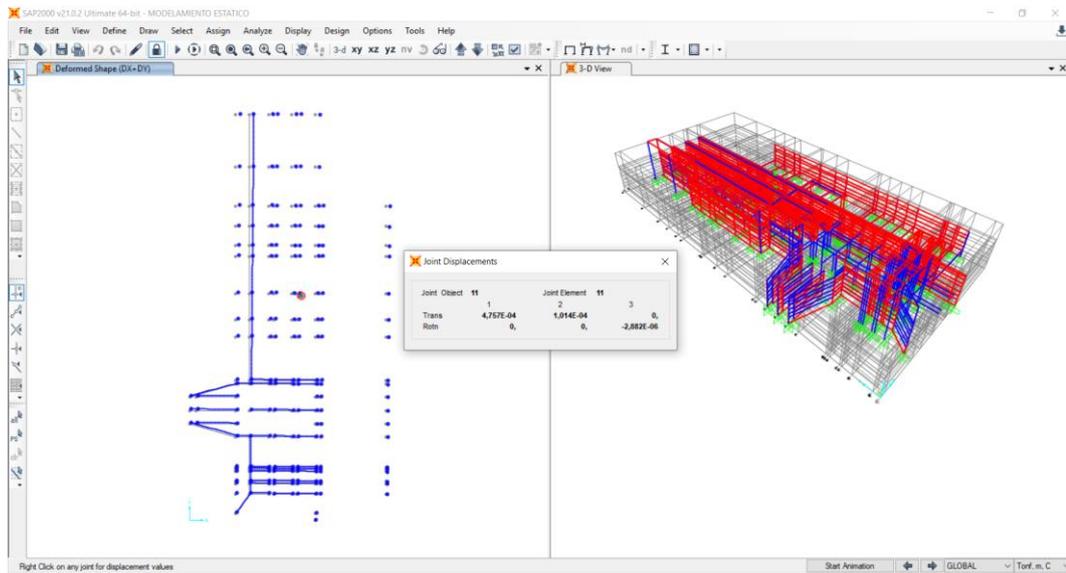
Figura 62: Desplazamiento del tercer nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 3 ejes del cuarto nivel.

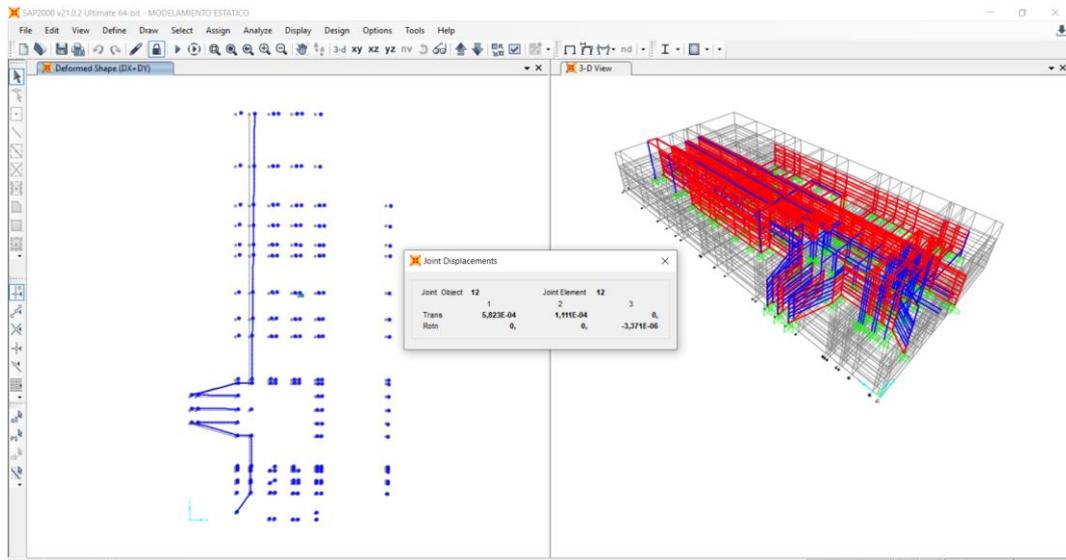
Figura 63: Desplazamiento del cuarto nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 3 ejes del quinto nivel.

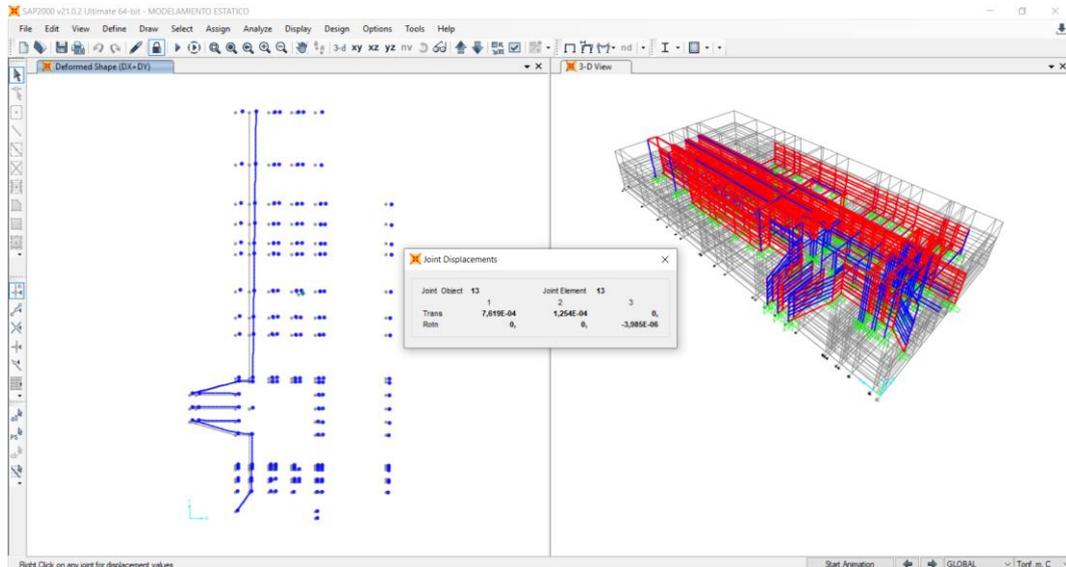
Figura 64: Desplazamiento del quinto nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 3 ejes del sexto nivel.

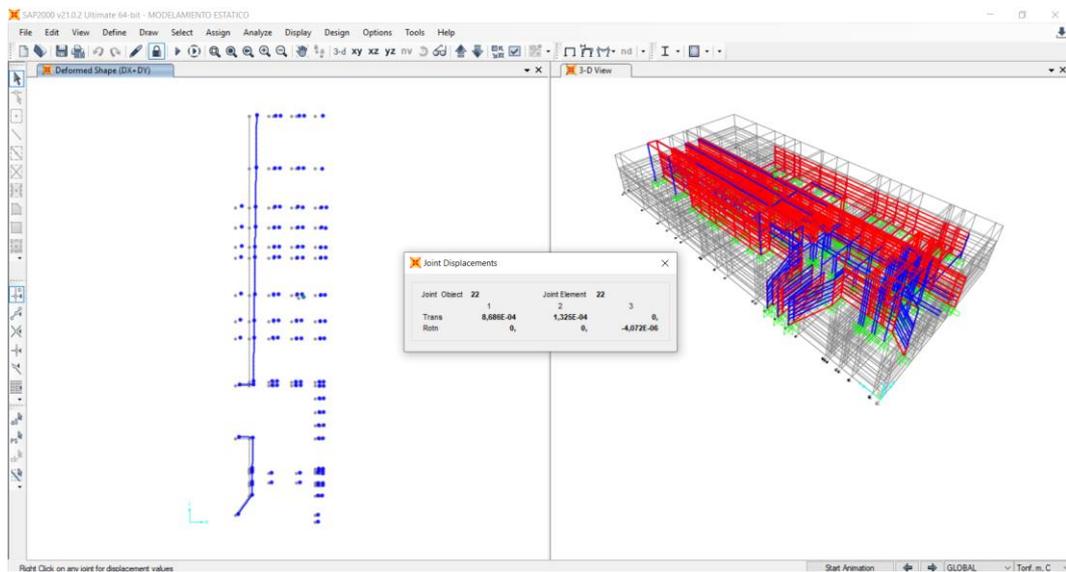
Figura 65: Desplazamiento del sexto nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 3 ejes del séptimo nivel.

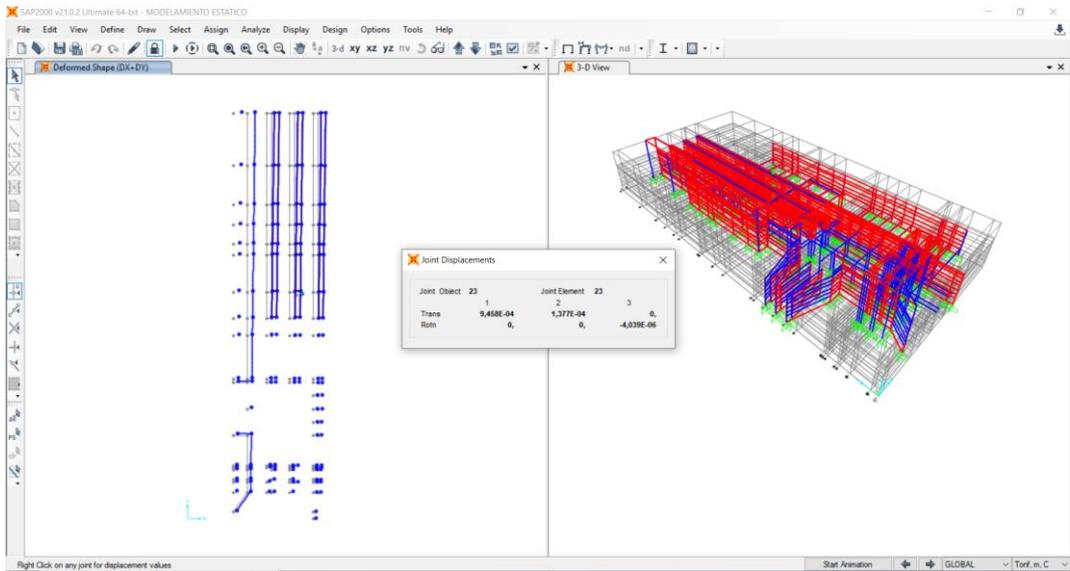
Figura 66: Desplazamiento del séptimo nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 3 ejes del octavo nivel.

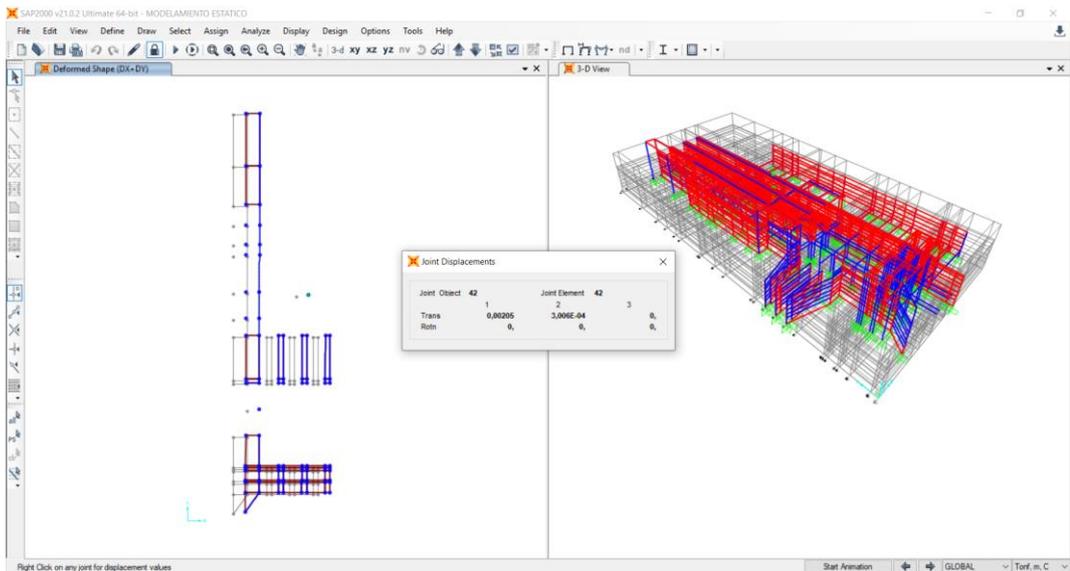
Figura 67: Desplazamiento del octavo nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 3 ejes del noveno nivel.

Figura 68: Desplazamiento del noveno nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 36: Distorsión entre niveles en el Análisis Estático

Puntos de Desplazamiento							
Punto	Desplazamiento	UX	UY	ΔX	ΔY	$\Delta TOTAL$	CUMPLE
		m	m	m	m	m	SI/NO
1-EJEX-EJEY	DX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	VERDADERO
1-EJEX-EJEY	DY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	VERDADERO
1-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	VERDADERO
2-EJEX-EJEY	DX	0.00926	0.00019	0.00926	0.00019	0.00926	FALSO
2-EJEX-EJEY	DY	0.00000	0.00004	0.00000	0.00004	0.00004	VERDADERO
2-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00009	0.00004	0.00009	0.00004	0.00010	VERDADERO
3-EJEX-EJEY	DX	0.01898	0.00035	0.00973	0.00016	0.00973	FALSO
3-EJEX-EJEY	DY	0.00000	0.00006	0.00000	0.00002	0.00002	VERDADERO
3-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00019	0.00007	0.00010	0.00002	0.00010	VERDADERO
4-EJEX-EJEY	DX	0.03133	0.00045	0.01234	0.00009	0.01234	FALSO
4-EJEX-EJEY	DY	0.00000	0.00008	0.00000	0.00002	0.00002	VERDADERO
4-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00032	0.00008	0.00012	0.00002	0.00013	VERDADERO
5-EJEX-EJEY	DX	0.04745	0.00051	0.01613	0.00006	0.01613	FALSO
5-EJEX-EJEY	DY	0.00000	0.00010	0.00000	0.00002	0.00002	VERDADERO
5-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00048	0.00010	0.00016	0.00002	0.00016	VERDADERO
6-EJEX-EJEY	DX	0.05828	0.00050	0.01083	-0.00001	0.01083	FALSO
6-EJEX-EJEY	DY	0.00000	0.00011	0.00000	0.00001	0.00001	VERDADERO
6-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00058	0.00011	0.00011	0.00001	0.00011	VERDADERO
7-EJEX-EJEY	DX	0.07661	0.00048	0.01833	-0.00002	0.01833	FALSO
7-EJEX-EJEY	DY	0.00000	0.00012	0.00000	0.00002	0.00002	VERDADERO
7-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00076	0.00013	0.00018	0.00001	0.00018	VERDADERO
8-EJEX-EJEY	DX	0.08745	0.00037	0.01083	-0.00012	0.01083	FALSO
8-EJEX-EJEY	DY	-0.00001	0.00013	0.00000	0.00001	0.00001	VERDADERO
8-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00087	0.00013	0.00011	0.00001	0.00011	VERDADERO
9-EJEX-EJEY	DX	0.09526	0.00031	0.00781	-0.00006	0.00781	FALSO
9-EJEX-EJEY	DY	-0.00001	0.00014	0.00000	0.00001	0.00001	VERDADERO
9-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00095	0.00014	0.00008	0.00001	0.00008	VERDADERO
10-EJEX-EJEY	DX	0.21064	-0.00322	0.11538	-0.00353	0.11543	FALSO
10-EJEX-EJEY	DY	-0.00006	0.00033	-0.00005	0.00020	0.00020	VERDADERO
10-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00205	0.00030	0.00110	0.00016	0.00112	VERDADERO

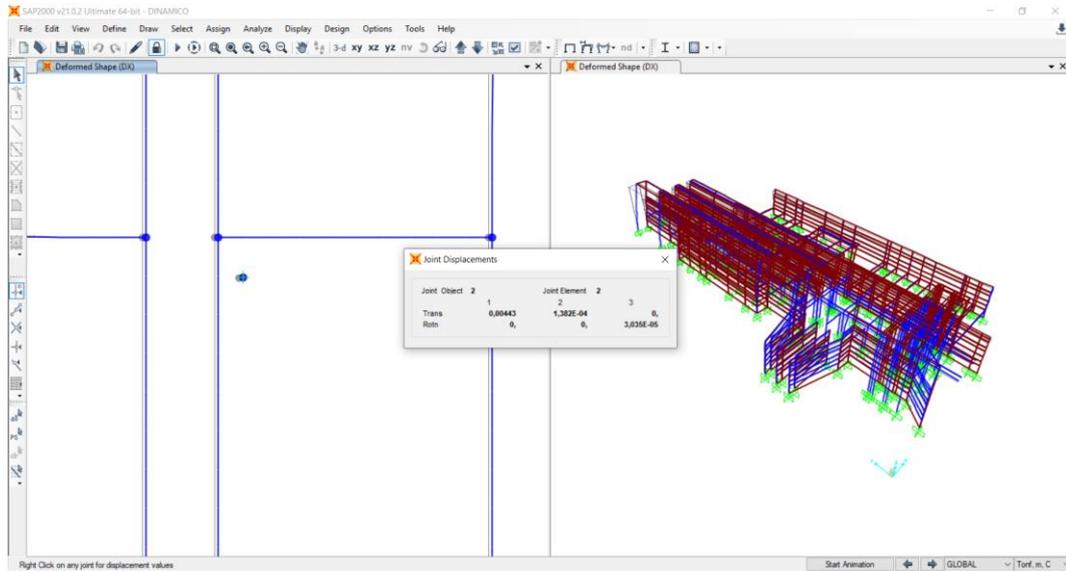
Fuente: Elaborado por los autores

La tabla representa la distorsión dividida en 3 partes; la distorsión en Eje X, Eje Y, y en la suma de los dos, en la cual se demuestra al final la distorsión total entre niveles. La condición según la norma E.030 indica que el valor máximo de la distorsión para el concreto armado no debe ser mayor a 0.007. Por lo tanto, la última columna identifica si cumple o no la condición. Entonces, analizando la distorsión por niveles en la suma de los ejes X y Y, (DX+DY) se observa que la condición cumple y por tanto la estructura no es vulnerable.

5.2. Modelamiento Sísmico Dinámico

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 2 ejes del primer nivel.

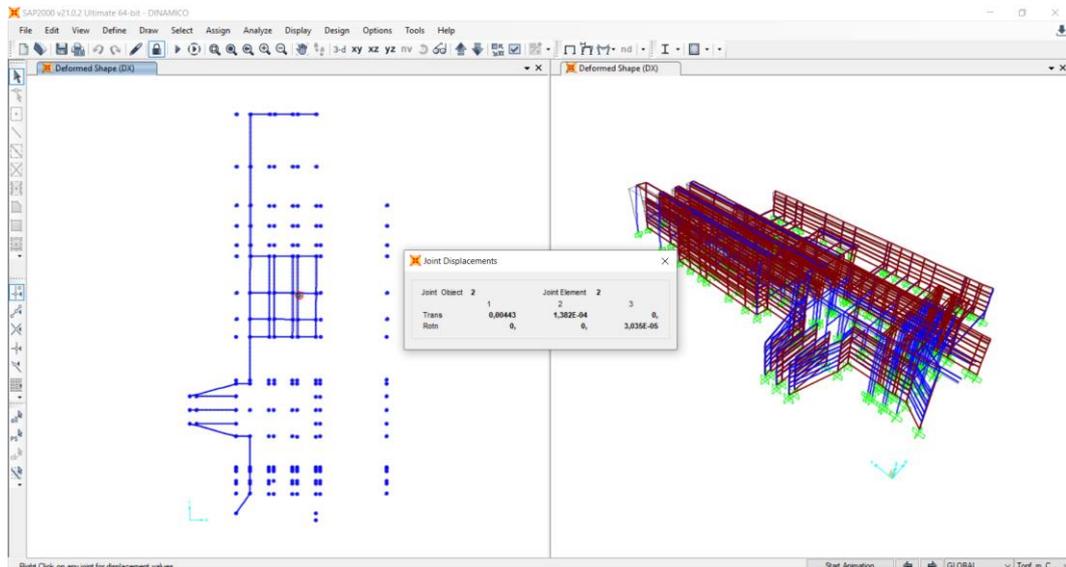
Figura 69: Desplazamiento del primer nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 2 ejes del segundo nivel.

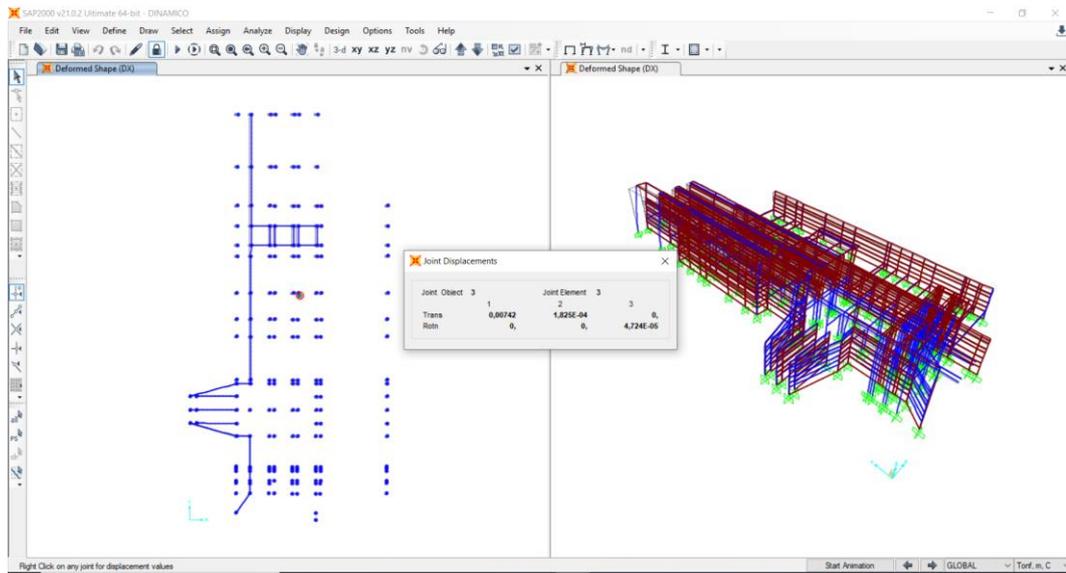
Figura 70: Desplazamiento del segundo nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 2 ejes del tercer nivel.

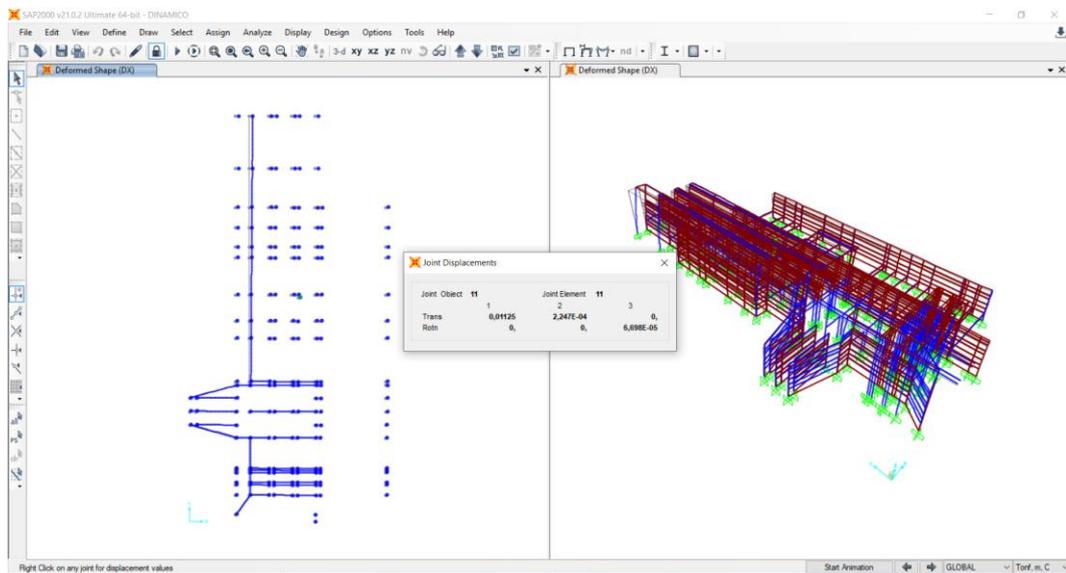
Figura 71: Desplazamiento del tercer nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 2 ejes del cuarto nivel.

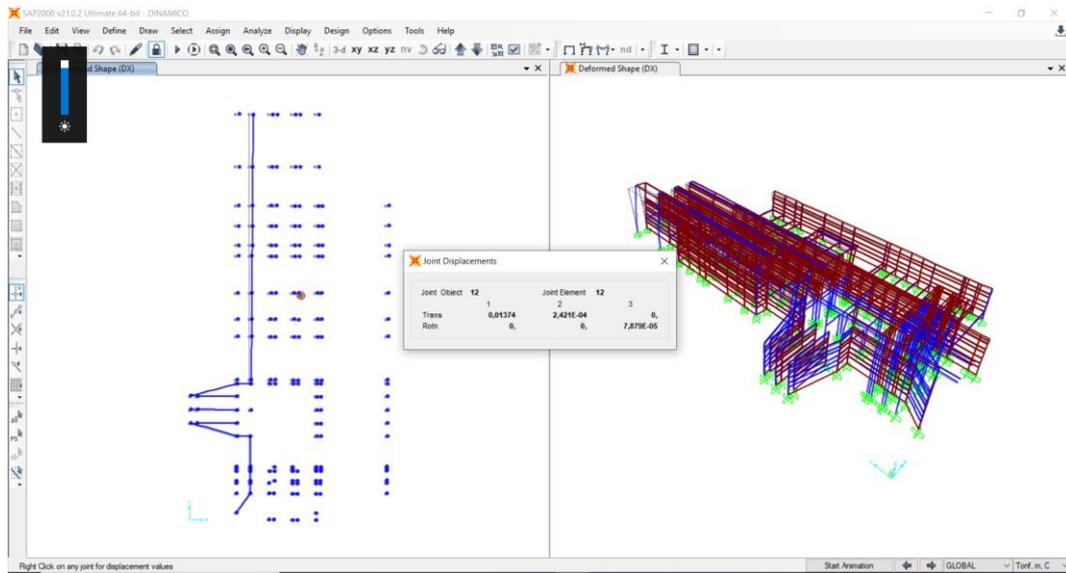
Figura 72: Desplazamiento del cuarto nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 2 ejes del quinto nivel.

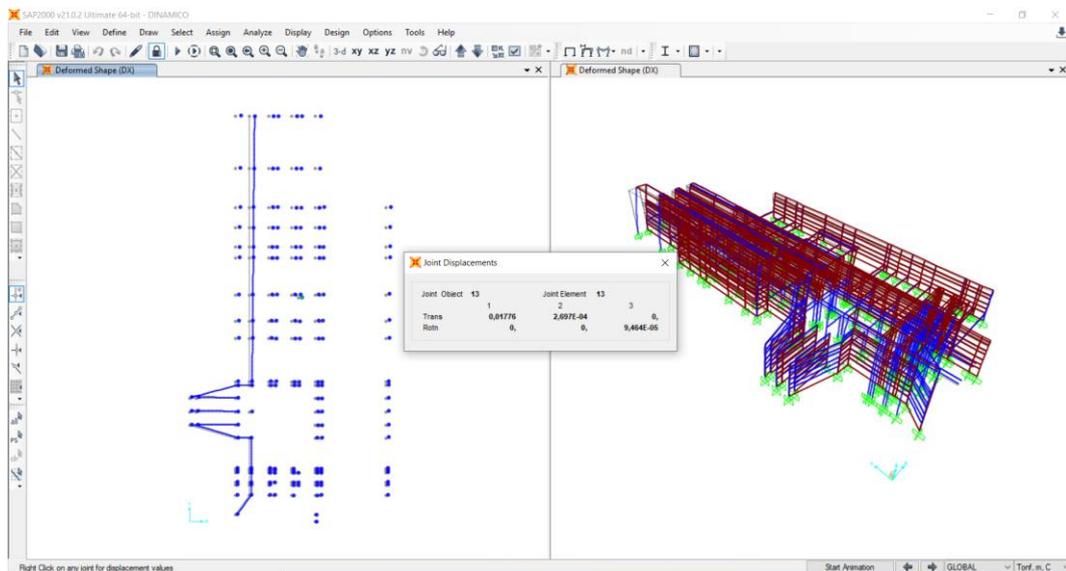
Figura 73: Desplazamiento del quinto nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 2 ejes del sexto nivel.

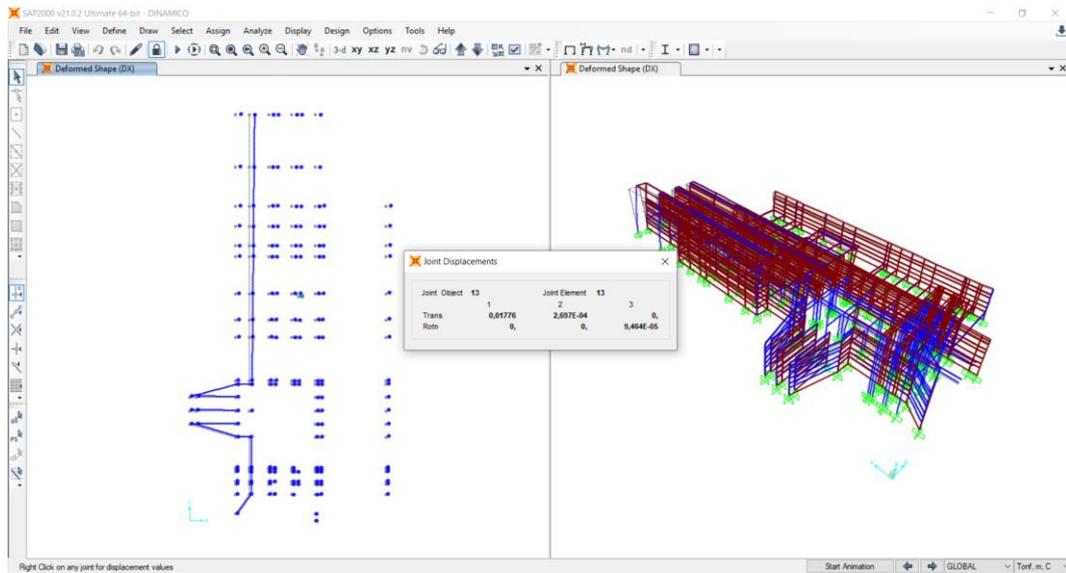
Figura 74: Desplazamiento del sexto nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 2 ejes del séptimo nivel.

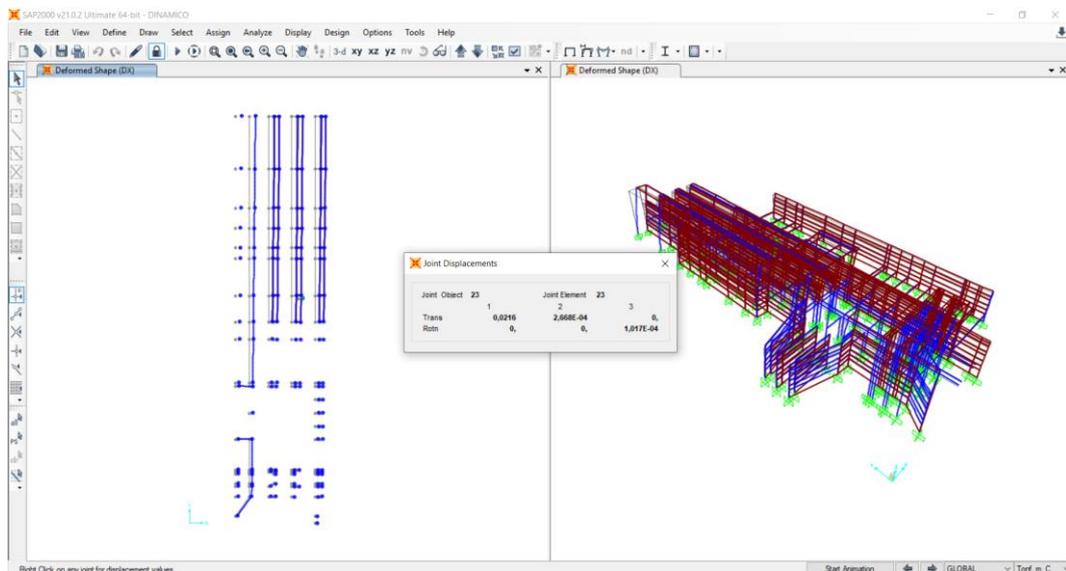
Figura 75: Desplazamiento del séptimo nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 2 ejes del octavo nivel.

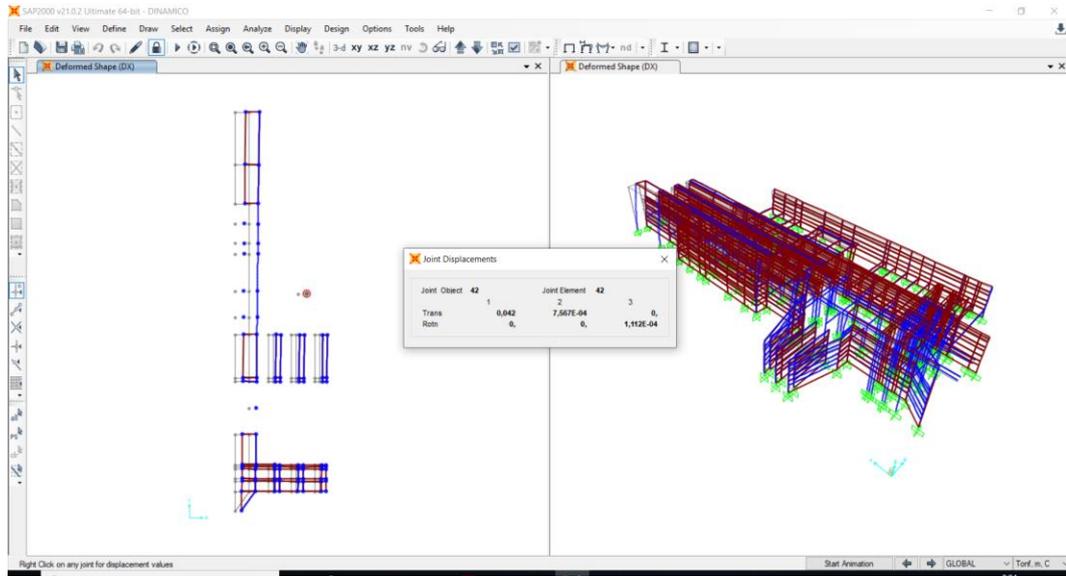
Figura 76: Desplazamiento del octavo nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Se observa los valores obtenidos en la simulación en la que se muestra el valor del momento transeccional y rotacional en los 2 ejes del noveno nivel.

Figura 77: Desplazamiento del noveno nivel



Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 37: Distorsión entre niveles en el Análisis Dinámico

Puntos de Desplazamiento								
Punto	Despl.	Rangos	UX	UY	ΔX	ΔY	ΔTOTAL	CUMPLE
			m	m	m	m	m	SI/NO
1-EJEX-EJEY	DX	Max	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	VERDADERO
1-EJEX-EJEY	DX	Min	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	VERDADERO
1-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	VERDADERO
1-EJEX-EJEY	DY	Min	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	VERDADERO
2-EJEX-EJEY	DX	Max	0.00211	0.00008	0.00211	0.00008	0.00211	VERDADERO
2-EJEX-EJEY	DX	Min	-0.00211	-0.00008	-0.00211	-0.00008	0.00211	VERDADERO
2-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00017	0.00014	0.00017	0.00014	0.00022	VERDADERO
2-EJEX-EJEY	DY	Min	-0.00017	-0.00014	-0.00017	-0.00014	0.00022	VERDADERO
3-EJEX-EJEY	DX	Max	0.00444	0.00014	0.00233	0.00006	0.00233	VERDADERO
3-EJEX-EJEY	DX	Min	-0.00444	-0.00014	-0.00233	-0.00006	0.00233	VERDADERO
3-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00033	0.00022	0.00017	0.00009	0.00019	VERDADERO
3-EJEX-EJEY	DY	Min	-0.00033	-0.00022	-0.00017	-0.00009	0.00019	VERDADERO
4-EJEX-EJEY	DX	Max	0.00743	0.00018	0.00299	0.00005	0.00299	VERDADERO
4-EJEX-EJEY	DX	Min	-0.00743	-0.00018	-0.00299	-0.00005	0.00299	VERDADERO
4-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00052	0.00029	0.00019	0.00007	0.0002	VERDADERO
4-EJEX-EJEY	DY	Min	-0.00052	-0.00029	-0.00019	-0.00007	0.0002	VERDADERO
5-EJEX-EJEY	DX	Max	0.01126	0.00023	0.00384	0.00004	0.00384	VERDADERO
5-EJEX-EJEY	DX	Min	-0.01126	-0.00023	-0.00384	-0.00004	0.00384	VERDADERO
5-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00074	0.00037	0.00022	0.00008	0.00023	VERDADERO
5-EJEX-EJEY	DY	Min	-0.00074	-0.00037	-0.00022	-0.00008	0.00023	VERDADERO
6-EJEX-EJEY	DX	Max	0.01376	0.00024	0.00249	0.00002	0.00249	VERDADERO
6-EJEX-EJEY	DX	Min	-0.01376	-0.00024	-0.00249	-0.00002	0.00249	VERDADERO
6-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00086	0.00042	0.00013	0.00004	0.00013	VERDADERO
6-EJEX-EJEY	DY	Min	-0.00086	-0.00042	-0.00013	-0.00004	0.00013	VERDADERO
7-EJEX-EJEY	DX	Max	0.01778	0.00027	0.00402	0.00003	0.00402	VERDADERO
7-EJEX-EJEY	DX	Min	-0.01778	-0.00027	-0.00402	-0.00003	0.00402	VERDADERO

7-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00104	0.00048	0.00018	0.00006	0.00019	VERDADERO
7-EJEX-EJEY	DY	Min	-0.00104	-0.00048	-0.00018	-0.00006	0.00019	VERDADERO
8-EJEX-EJEY	DX	Max	0.02004	0.00027	0.00226	-0.00001	0.00226	VERDADERO
8-EJEX-EJEY	DX	Min	-0.02004	-0.00027	-0.00226	0.00001	0.00226	VERDADERO
8-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00113	0.00051	0.00009	0.00003	0.00009	VERDADERO
8-EJEX-EJEY	DY	Min	-0.00113	-0.00051	-0.00009	-0.00003	0.00009	VERDADERO
9-EJEX-EJEY	DX	Max	0.02163	0.00027	0.00159	0.00000	0.00159	VERDADERO
9-EJEX-EJEY	DX	Min	-0.02163	-0.00027	-0.00159	0.00000	0.00159	VERDADERO
9-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00119	0.00053	0.00006	0.00002	0.00006	VERDADERO
9-EJEX-EJEY	DY	Min	-0.00119	-0.00053	-0.00006	-0.00002	0.00006	VERDADERO
10-EJEX-EJEY	DX	Max	0.04204	0.00076	0.02042	0.00049	0.02042	FALSO
10-EJEX-EJEY	DX	Min	-0.04204	-0.00076	-0.02042	-0.00049	0.02042	FALSO
10-EJEX-EJEY	DY	Max	0.00227	0.00121	0.00108	0.00068	0.00128	VERDADERO
10-EJEX-EJEY	DY	Min	-0.00227	-0.00121	-0.00108	-0.00068	0.00128	VERDADERO

Fuente: Elaborado por los autores

La tabla representa la distorsión dividida en 2 partes; la distorsión en Eje X y Eje Y, del cual nos brinda los valores máximos y mínimos durante el análisis sísmico dinámico. La condición según la norma E.030 indica que el valor máximo de la distorsión para el concreto armado no debe ser mayor a 0.007. Por lo tanto, la última columna identifica si cumple o no la condición. Entonces, analizando la distorsión por niveles se observa que la condición cumple y por tanto la estructura no es vulnerable. Sin embargo, se aprecia que en el nivel 10, desplazamiento DX no cumple con lo establecido por la norma, a pesar de ello, la estructura en general no es afectada.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contraste de Hipótesis principal

La presente investigación ha tenido como uno de sus principales propósitos, aprender a modelar una estructura hidráulica irregular aplicando como complemento la norma E.030 Diseño Sismorresistente. Entonces se obtiene que la bocatoma Chavimochic sufre deformación en su estructura, sin embargo, no es vulnerable sísmicamente, por tanto, la hipótesis **no es válida**.

6.1.1. Contraste de Hipótesis secundario 1

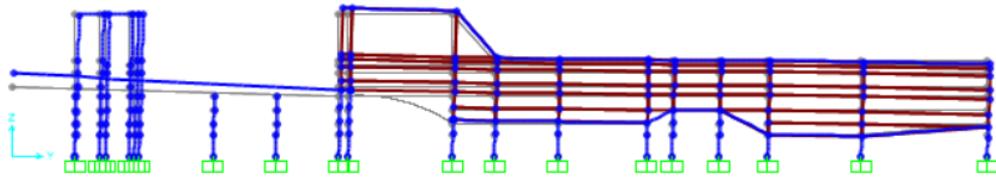
Se observa que la fuerza basal $F(T_n)$ del primer nivel hasta el 9no nivel no cuenta con valores crecientes, eso da a entender que la estructura es irregular tanto en planta como en nivel. Además, los presentes valores son utilizados en el modelamiento sísmico estático y dinámico. Entonces, las fuerzas basales si contribuyen a determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic. La hipótesis **sí es válida**.

Tabla 38: Fuerzas basales por niveles

Cuadro de Fuerzas de Corte por Nivel		
Nivel	F (Tn)	V (Tn)
9	15604.69	15604.69
8	351.12	15955.81
7	761.72	16717.53
6	3282.21	19999.74
5	1598.41	21598.15
4	4317.48	25915.63
3	3042.87	28958.49
2	2549.31	31507.80
1	8171.17	39678.97

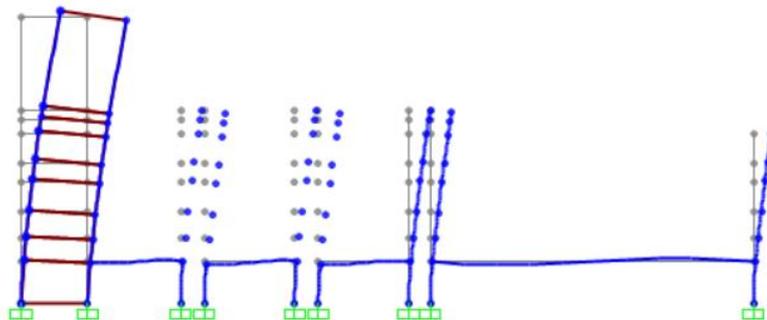
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 78: Deformación de la bocatoma en el eje Y



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 79: Deformación de la bocatoma en el eje X



Fuente: Elaborado por los autores

6.1.2. Contraste de Hipótesis secundario 2

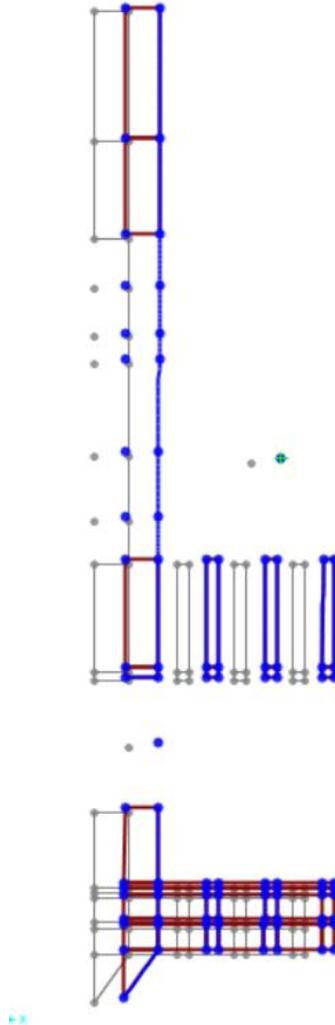
Aplicando el análisis estático al modelamiento estructural de la bocatoma Chavimochic se observa que la distorsión por niveles en la suma de los ejes X y Y, (DX+DY) cumple con lo exigido por la norma y por tanto la estructura no es vulnerable. Siendo **no válida la hipótesis establecida**.

Tabla 39: Puntos de desplazamiento en el Análisis Estático

Puntos de Desplazamiento							
Punto	Desplaza.	UX	UY	ΔX	ΔY	$\Delta TOTAL$	CUMPLE
		m	m	m	m	m	SI/NO
1-EJEX-EJEY	DX	0	0	0	0	0	VERDADERO
1-EJEX-EJEY	DY	0	0	0	0	0	VERDADERO
1-EJEX-EJEY	DX+DY	0	0	0	0	0	VERDADERO
2-EJEX-EJEY	DY	0	0.00004	0	0.00004	0.00004	VERDADERO
2-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00009	0.00004	0.00009	0.00004	0.0001	VERDADERO
3-EJEX-EJEY	DY	0	0.00006	0	0.00002	0.00002	VERDADERO
3-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00019	0.00007	0.0001	0.00002	0.0001	VERDADERO
4-EJEX-EJEY	DY	0	0.00008	0	0.00002	0.00002	VERDADERO
4-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00032	0.00008	0.00012	0.00002	0.00013	VERDADERO
5-EJEX-EJEY	DY	0	0.0001	0	0.00002	0.00002	VERDADERO
5-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00048	0.0001	0.00016	0.00002	0.00016	VERDADERO
6-EJEX-EJEY	DY	0	0.00011	0	0.00001	0.00001	VERDADERO
6-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00058	0.00011	0.00011	0.00001	0.00011	VERDADERO
7-EJEX-EJEY	DY	0	0.00012	0	0.00002	0.00002	VERDADERO
7-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00076	0.00013	0.00018	0.00001	0.00018	VERDADERO
8-EJEX-EJEY	DY	-1E-05	0.00013	0	0.00001	0.00001	VERDADERO
8-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00087	0.00013	0.00011	0.00001	0.00011	VERDADERO
9-EJEX-EJEY	DY	-1E-05	0.00014	0	0.00001	0.00001	VERDADERO
9-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00095	0.00014	0.00008	0.00001	0.00008	VERDADERO
10-EJEX-EJEY	DY	-6E-05	0.00033	-5E-05	0.0002	0.0002	VERDADERO
10-EJEX-EJEY	DX+DY	0.00205	0.0003	0.0011	0.00016	0.00112	VERDADERO

Fuente: Elaborado por los autores

Figura 80: Máxima deformación en el piso superior



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 81: Valor en la deformación en el piso superior

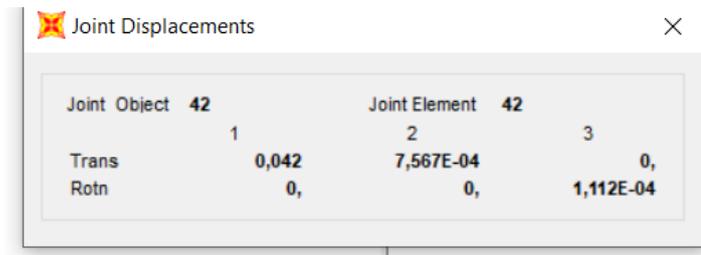
Joint Displacements				
Joint Object	42	Joint Element 42		
	1	2	3	
Trans	0,00205	3,006E-04		0,
Rotn	0,	0,		0,

Fuente: Elaborado por los autores

6.1.3. Contraste de Hipótesis secundario 3

Aplicando el análisis dinámico al modelamiento estructural de la bocatoma Chavimochic se observa que la distorsión por niveles cumple con lo exigido por la norma y por tanto la estructura no es vulnerable. Siendo **no válida la hipótesis establecida**.

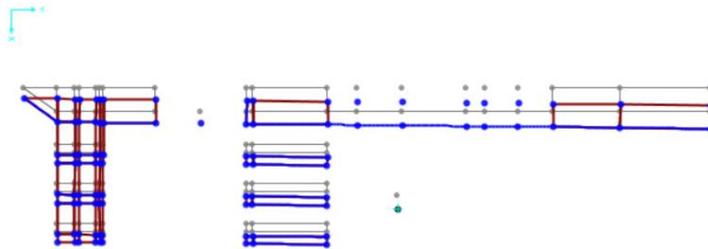
Figura 82: Máxima deformación en vista de planta



Joint Object	42	Joint Element	42
Trans	1	2	3
Rotn	0,042	7,567E-04	0,
	0,	0,	1,112E-04

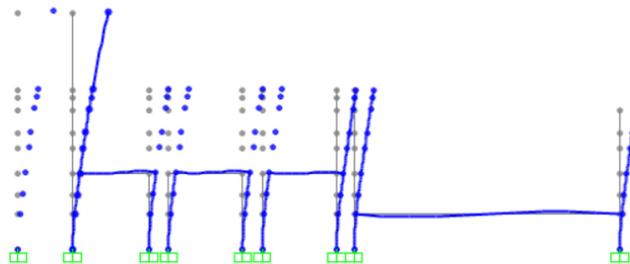
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 83: Deformación de los barajes móviles



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 84: Eje x análisis dinámico



Fuente: Elaborado por los autores

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la bocatoma Chavimochic no es vulnerable ante un evento sísmico debido a que cumple con la distorsión mínima para concreto armado tanto estático como dinámicamente. Dado que se realizó un análisis completo por cada planta y nivel de la bocatoma.

2. Los valores altos de deformación se deben a que la estructura hidráulica es irregular en planta como en altura por ende la variación de desplazamiento de nivel a nivel aumenta con respecto a su altura. Es por eso que los resultados del último nivel se diferencian ampliamente con el resto de los niveles, esto con respecto a las fuerzas basales.

3. La bocatoma ha sido construida en un área donde el peligro de un sismo es latente, su mantenimiento se da generalmente por los daños que sufre al momento de captar las aguas del río Santa, las cuales traen cargas como rocas, maderas u cualquier otro elemento que dañan la estructura. Sin embargo, no se ha presentado un sismo de gran intensidad en más de 40 años, lo cual hace que el riesgo aumente por el silencio sísmico que existe en la zona.

4. Según el análisis estático, se determina que la estructura no es vulnerable debido a que cumple con la distorsión normada en todos sus ejes.

Por otro lado, según el análisis dinámico, se concluye en que la estructura no es vulnerable en la estructura en general por cumplir los factores normados, pero se observa un que el nivel 10 no cumple con los factores, sin embargo, este desplazamiento no altera la funcionalidad.

RECOMENDACIONES

1. Promover la enseñanza del programa SAP2000 – Versión 21, para que los alumnos conozcan las ventajas de este sistema durante la etapa universitaria, dado que es un software completo que puede modelar cualquier tipo de estructura sin importar la forma y el tamaño de la misma.

2. Recomendar a los directivos del Proyecto Especial Chavimochic realizar un mantenimiento preventivo de la estructura, ya que, en la inspección en campo, se observó un desgaste de las paredes de la bocatoma.

3. Adicionar los disipadores sísmicos en los niveles de la estructura más críticos con el fin de aumentar la resistencia sísmica y evitar que deje de funcionar la bocatoma, ya que es sumamente vital para el departamento de La Libertad.

4. Impulsar la creación de una norma antisísmica exclusiva para obras hidráulicas, dado que en la actualidad no contamos con una y los valores normados se deben adecuar a la actual norma que rige para edificaciones normales.

5. Realizar ensayos de diamantina para evaluar el estado actual de la estructura de la bocatoma Chavimochic, como también actualizar los estudios de suelos. Considerando que los últimos ensayos realizados fueron hace 10 años.

6. Realizar una evaluación de costos acerca de los posibles daños que puedan afectar la estructura de la bocatoma Chavimochic.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Abanto Valdivia, S. Y Cárdenas Cruz, D.J. (2015). Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica Aplicando el Método de Benedetti-Petrini en las Instituciones Educativas del Centro Histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región la Libertad, Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego. Recuperado de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2056/1/RE_ING.CIVIL_SARITA.ABANTO_DEYSI.CARDENAS_VULNERABILIDAD.SISMICA.METODO.BENEDETTI_DATOS_T046_70922625T.PDF

Autoridad Nacional del Agua – ANA (2010). Manual: Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicas Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico. Recuperado de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/manual-disenos-1_0_2.pdf

Bertero, V. (1992). Lecciones Aprendidas de Terremotos Catastróficos Recientes, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España. Recuperado de <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Enero2006/CD-1/pdf/spa/doc9211/doc9211.htm>

Cárdenas, L. (2008). Análisis de Vulnerabilidad Estructural del Hotel Comercio. (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de: http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/123/cardenas_la.pdf;jsessionid=6CC6D04C9ABBFCA6E90776D139C8BBC2?sequence=1

- Cardona, O. y Hurtado, J. (1990). Propuesta metodológica para los análisis de vulnerabilidad. Informe de consultoría del proyecto UNDR0/ACDI/ONAD para la Mitigación de Riesgos en Colombia. Santiago de Cali.
- Daziano, M. (2017). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Presas de Materiales Suelos. (Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería). Recuperado de: <https://www.facet.unt.edu.ar/iest/wp-content/uploads/sites/2/2018/04/Tesis-DAZIANO.pdf>
- Debernardi, V. & Flores, S. (2018). Evaluación estructural preliminar de la Bocatoma Chuschuco – Tacna. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de: http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/544/1/Debernardi_Borda_Flores_Castillo.pdf
- Díaz, R. (2015). Análisis de Estabilidad y Diseño Estructural de la Bocatoma del P.H. Paso Ancho. (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7416/Tesis.pdf?sequence=1>
- Galbán, L. & Sánchez P. (2016). Indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de presas de tierra. Recuperado de http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2016/2016_diciembre_3582_03.pdf
- Hernández, E. (2011). SAP2000, Software Integrado para el análisis y diseño Estructural. California, Estados Unidos. Recuperado de <http://www.pymse.com/wp-content/uploads/2014/07/Manual-SAPV14.pdf>
- INDECI, 2003. "Microzonificación de la Ciudad de Chiclayo y Zonas de Expansión para la Reducción de Desastres", Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Lambayeque. Recuperado de <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INDECI/Tesis%20Microzonificacion%20de%20la%20ciudad%20Olmos.%202009.pdf>

Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA (2007). Proyecto “Obras de Emergencia para Mejoramiento Infraestructura de Captación en el río Ica”. Recuperado de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/proyecto_obras_de_emergencia_0.pdf

Mansen, A. (2006). Diseño de Bocatomas. Apunte de clases. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2015/06/06/disenio-de-bocatomas-ing-alfredo-mansen-v/>

Medina, J. & Piminchumo C. (2019). Vulnerabilidad Sísmica de la Ciudad de Monsefú aplicando los Índices de Benedetti – Petrini. (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/3143>

Nassi, G. (2018). Diseño y Modelamiento Hidráulico de la Bocatoma El Pueblo del distrito de Chóchope, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque, utilizando el modelo numérico Telemac – 2D. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil Ambiental). Recuperado de: http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1302/1/TL_NassiMirenghiGiorgio.pdf.pdf

Organización Panamericana de la Salud (2004). Fundamentos para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud. Recuperado de http://www.hospitalseguro.cl/documentos/libro_vulnerabilidad_ops.pdf

Ponce, R. (2015). Bocatoma en el río Chicama, en la zona de Facalá. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de: http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/2031/1/ponce_srt.pdf

Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO) y Programa Nacional de Riego (PRONAR), (2011). Criterios de Diseño y Construcción de

Obras de Captación para Riego. Recuperado de <http://saludpublica.bvsp.org.bo/textocompleto/bvsp/boxp68/presas-derivadoras.pdf>

Ramos, W. (2016). Criterios de Diseño para Captación de aguas por medio de obra de toma tipo Coanda Lateral en ríos de montaña. (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2279/1/Ramos_Salinas_Wilfredo_Alexis.pdf

Rocha, A. (2003). Introducción Teórica al Estudio de Bocatoma. Lima, Perú. Departamento de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF

Rodríguez Zabaleta, J. (2005). Aplicación del Método Italiano del Índice de Vulnerabilidad Sísmica en Viviendas del Asentamiento Humano “El Altillo” en el Distrito del Rímac, Provincia de Lima, Región de Lima. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2954>

Tavera, H. (2014). Evaluación del Peligro Asociado a los Sismos y Efectos Secundarios en el Perú. Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/fil20140926131431.pdf>

Tavera, H. (2017). Actualización del Escenario por Sismo, Tsunami y Exposición en la Región Central del Perú. Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2017/4.%20Riesgo%20S%C3%ADsmico_Ing.%20Hernando%20Tavera.pdf

Universidad Nacional de Trujillo (s/f). Módulo: Mecánica de Suelos Norma E.050. Recuperado de https://www.academia.edu/16747762/MECANICA_SUELOS_100_UCV_PDF?auto=download

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo A Solicitud, Tablas y Figuras Informativas	111
Anexo B Registro Fotográfico	119
Anexo C Planos	125
Anexo D Matriz de Consistencia	135

Anexo A Solicitud, Tablas y Figuras Informativas

		SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA (Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM)			
Proyecto Especial CHAVIMOCHIC				REGISTRO:	
I. FUNCIONARIO RESPONSABLE DE BRINDAR LA INFORMACIÓN:				FECHA: 18/09/19	
ING. FLORIAN CEDRON, MILTON RALL					
II. DATOS DEL SOLICITANTE:					
Apellidos y Nombres / Razón Social MARTINEZ Montjoy, GERARDO ANTONIO			Documento de Identidad: D.N.I. / C.E. / OTRO 72726088		
Autorizo ser notificado mediante: Telegrama () Correo certificado (X) Telefax () Otro medio ()					
Av. / Calle / Jr. / Pje. Santiago Antunez de Mayolo		N° / Dpto. / Int. 430	Urbanización Pablo Banner		Distrito La Molina
Provincia LIMA		Departamento LIMA	Correo Electrónico gmart2194@gmail.com		N° Teléfono 995157505
Por la reproducción de la información solicitada, asumiré el costo en cumplimiento al TUPA vigente.					
III. INFORMACIÓN SOLICITADA :					
- Expediente tecnico de la Bocatoma Chavimochic, Primera etapa.					
- Estudio de SUEBS DE LA BOCATOMA ETAPA I.					
- Planos acerca de la Bocatoma ETAPA I.					
IV. OFICINA A LA QUE SE SOLICITA LA INFORMACIÓN:					
OBRAS					
V. FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN: (Marcar con "X")					
Copia simple	Copia fedateada	Medio magnético	Correo electrónico	<input checked="" type="checkbox"/>	Otros
FIRMA DEL SOLICITANTE			SELO DE RECEPCIÓN		N° SISGEDO:
OBSERVACIONES:			N° EXPEDIENTE:		N° EXPEDIENTE:

"Creciendo Juntos en Libertad"
 Presentar en original y copia en Av. 2 s/n Z. I. Parque Industrial – La Esperanza – Trujillo – Central Telef. 272286
 Página Web: www.chavimochic.gob.pe
 Para seguimiento de su expediente, ingrese al portal electrónico: www.regionlalibertad.gob.pe
 (digitar el N° de SISGEDO)

Solicitud de Acceso a la Información Pública

Fecha	Hora Local	Im (MM)	Descripción (Localidades afectadas)
14/02/1619	11h.30min	IX-X	Trujillo, Saña, Valle del Santa, Edificios y templos dañados, grietas en el terreno.
02/09/1759	23h.15min	VI-VII	Trujillo, Santa, construcciones dañadas.
20/05/1917	23h.45min	VI-VII	Trujillo, Santa, Casma, Agrietamiento en edificios y casas.
21/06/1937	10h.13min	VI-VII	Trujillo, Chimbote, Valle del Santa. Desplome de cornisas y paredes rajadas.
10/11/1946	12h.43min	VI	Provincias afectadas Pallasca, Pomabamba, Valle del Santa.
14/02/1948	17h	VII	Quiché, Valle del Santa. Réplica del sismo de 10/11/1946.
23/06/1951	20h.45min	V	Trujillo, Chimbote.
19/03/1955	02h.45min	VI	Trujillo, Puerto Chimbote.
17/02/1956	20h.37min	V	Poblaciones de la Libertad y Ancash.
18/02/1956	12h.49min	VIII-IX	Callejón de Huaylas (20000 km2).
17/09/1963	00h.55min	VI	Trujillo – Callejón de Huaylas.
31/05/1970	15h.23min	IX	Chimbote, Casma, Huaraz.

Tabla N°1. Relación de Sismos que afectaron la Región.

Fuente: Proyecto Chavimochic Tercera Etapa, Estudio de Factibilidad, 2011, p.420.

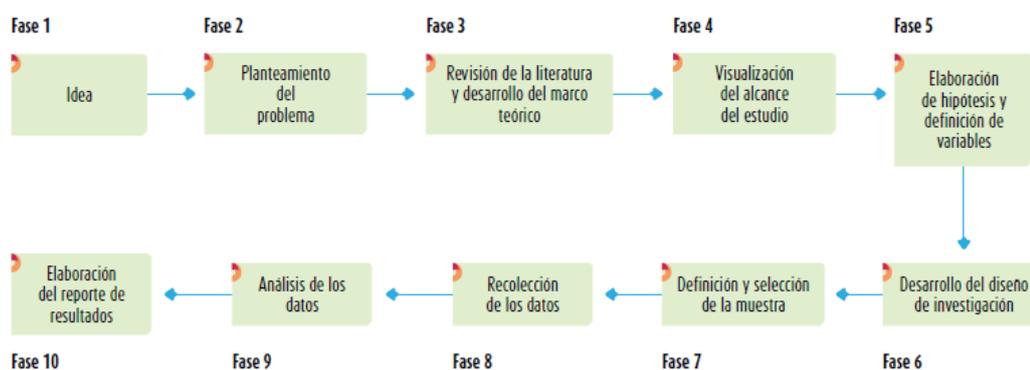


Figura N°3: Proceso Cuantitativo

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2014). Metodología de la investigación

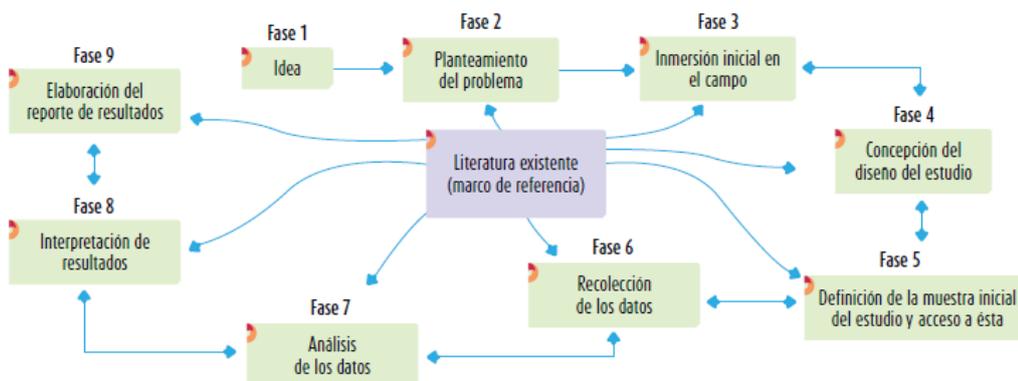


Figura N°4: Proceso Cualitativo

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2014). Metodología de la investigación

Definiciones	E. Cuantitativo	E. Cualitativo
Punto de partida	Hay una realidad que conocer. Esto puede hacerse a través de la mente.	Hay una realidad que descubrir, construir e interpretar. La realidad es la mente.
Objetividad	Buscar ser objetivo	Admite subjetividad
Metas de la investigación	Describir, explicar, comprobar y predecir los fenómenos. Generar y probar teorías.	Describir, comprender e interpretar los fenómenos, a través de las percepciones y significados producidos.
Perspectiva del investigador en el análisis de los datos	Externa (al margen de los datos). El investigador no involucra sus creencias ni tendencias en el análisis. Mantiene distancia de este.	Interna (desde los datos). El investigador involucra en el análisis sus propias creencias, así como la relación que tuvo con los participantes del estudio.

Tabla N°5: tipos de alcances de la investigación

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2014). Metodología de la investigación

Alcance	Propósito de las investigaciones	Valor
Explorativo	Se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se han abordado antes	Ayuda a familiarizarse con fenómenos desconocidos, obtener información para realizar una investigación más completa en un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados.
Descriptivo	Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetivos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.	Es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.
Correlacional	Su finalidad es conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto específico.	En cierta medida tiene un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa.
Explicativo	Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o porque se relacionan dos o más variables.	Se encuentra más estructurado que los demás alcances (de hecho, implica los propósitos de éstos); además de que proporciona un sentido de entendimiento del fenómeno a que hace referencia.

Tabla N°6: tipos de alcances de la investigación

Fuente: Hernández, Fernández y Baptista (2014). Metodología de la investigación

13.3 DEPARTAMENTO LA LIBERTAD: POBLACIÓN TOTAL PROYECTADA AL 30 DE JUNIO Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CAPITAL LEGAL DEL DISTRITO, 2017

Provincia y Distrito	Población Total Proyectada al 30/06/2017	Capital Legal				
		Nombre	Categoría	Ubicación Geográfica		
				Altitud (msnm.)	Latitud Sur	Longitud Oeste
Total	1,229,164					
Trujillo	985,275					
Trujillo	325,219	Trujillo	Ciudad	34	08°06'34"	79°02'00"
El Porvenir	194,002	El Porvenir	Pueblo	104	08°04'55"	79°00'09"
Florencia de Mora	42,468	Florencia de Mora	Ciudad	102	08°04'51"	79°01'25"
Huanchaco	71,379	Huanchaco	Pueblo	7	08°04'53"	79°07'17"
La Esperanza	188,614	La Esperanza	Pueblo	87	08°04'41"	79°02'43"
Laredo	35,921	Laredo	Pueblo	95	08°05'28"	78°57'40"
Moche	35,518	Moche	Villa	10	08°10'20"	79°00'40"
Poroto	3,090	Poroto	Pueblo	633	08°00'41"	78°46'11"
Salaverry	18,868	Salaverry	Villa	6	08°13'23"	78°58'41"
Simbal	4,380	Simbal	Pueblo	574	07°58'36"	78°48'53"
Victor Larco Herrera	65,816	Buenos Aires	Pueblo	8	08°08'38"	79°03'21"
Ascope	121,266					
Ascope	6,597	Ascope	Ciudad	238	07°42'47"	79°06'56"
Chicama	15,608	Chicama	Villa	129	07°50'39"	79°08'46"
Chocope	9,231	Chocope	Ciudad	106	07°47'29"	79°13'21"
Magdalena de Cao	3,307	Magdalena de Cao	Villa	28	07°52'36"	79°17'41"
Paján	26,119	Paján	Ciudad	94	07°43'55"	79°18'07"
Rázuri	9,247	Puerto de Malabrigo	Villa	10	07°42'09"	79°26'26"
Santiago de Cao	19,660	Santiago de Cao	Villa	18	07°57'39"	79°14'21"
Casa Grande	31,497	Casa Grande	Ciudad	145	07°44'39"	79°11'13"
Virú	122,623					
Virú	70,307	Virú	Ciudad	76	08°24'56"	78°45'04"
Chao	42,271	Chao	Villa	75	08°32'22"	78°40'57"
Guadalupito	10,045	Guadalupito	Villa	26	08°57'07"	78°37'33"

Tabla N°7: Población Total Proyectada de la provincia de Trujillo, Ascope y Virú

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017)

13.3 DEPARTAMENTO LA LIBERTAD: POBLACIÓN TOTAL PROYECTADA AL 30 DE JUNIO Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CAPITAL LEGAL DEL DISTRITO, 2017

Provincia y Distrito	Población Total Proyectada al 30/06/2017	Capital Legal				
		Nombre	Categoría	Ubicación Geográfica		
				Altitud (msnm.)	Latitud Sur	Longitud Oeste
Total	1,229,164					
Trujillo	985,275					
Trujillo	325,219	Trujillo	Ciudad	34	08°06'34"	79°02'00"
El Porvenir	194,002	El Porvenir	Pueblo	104	08°04'55"	79°00'09"
Florencia de Mora	42,468	Florencia de Mora	Ciudad	102	08°04'51"	79°01'25"
Huanchaco	71,379	Huanchaco	Pueblo	7	08°04'53"	79°07'17"
La Esperanza	188,614	La Esperanza	Pueblo	87	08°04'41"	79°02'43"
Laredo	35,921	Laredo	Pueblo	95	08°05'28"	78°57'40"
Moche	35,518	Moche	Villa	10	08°10'20"	79°00'40"
Poroto	3,090	Poroto	Pueblo	633	08°00'41"	78°46'11"
Salaverry	18,868	Salaverry	Villa	6	08°13'23"	78°58'41"
Simbal	4,380	Simbal	Pueblo	574	07°58'36"	78°48'53"
Victor Larco Herrera	65,816	Buenos Aires	Pueblo	8	08°08'38"	79°03'21"
Ascope	121,266					
Ascope	6,597	Ascope	Ciudad	238	07°42'47"	79°06'56"
Chicama	15,608	Chicama	Villa	129	07°50'39"	79°08'46"
Chocope	9,231	Chocope	Ciudad	106	07°47'29"	79°13'21"
Magdalena de Cao	3,307	Magdalena de Cao	Villa	28	07°52'36"	79°17'41"
Paiján	26,119	Paiján	Ciudad	94	07°43'55"	79°18'07"
Rázuri	9,247	Puerto de Malabrigo	Villa	10	07°42'09"	79°26'26"
Santiago de Cao	19,660	Santiago de Cao	Villa	18	07°57'39"	79°14'21"
Casa Grande	31,497	Casa Grande	Ciudad	145	07°44'39"	79°11'13"
Virú	122,623					
Virú	70,307	Virú	Ciudad	76	08°24'56"	78°45'04"
Chao	42,271	Chao	Villa	75	08°32'22"	78°40'57"
Guadalupito	10,045	Guadalupito	Villa	26	08°57'07"	78°37'33"
Total de Distritos Chao, Virú, Moche y Chicama	163,704					

Tabla N°8: Población Total Proyectada de los distritos Chao, Virú, Moche y Chicama
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017)

LOS PROYECTOS DE IRRIGACIÓN EN EL PERÚ			
Nº	COSTA	SIERRA	SELVA
1	PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL PUYANGO TUMBES (PEBPT)	PROYECTO ESPECIAL RIO CACHI	PROYECTO ESPECIAL JAÉN SAN IGNACIO BAGUA
2	PROYECTO ESPECIAL CHIRA PIURA	PROYECTO ESPECIAL SIERRA – CENTRO – SUR	PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO
3	PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES	PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO ITICACA	PROYECTO ESPECIAL HUALLAGA CENTRAL Y BAJO MAYO
4	PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE – ZAÑA		PROYECTO ESPECIAL ALTO HUALLAGA
5	PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC CHAVIMOCHIC		PROYECTO ESPECIAL PICHIS PALCAZU
6	PROYECTO ESPECIAL CHINECAS		PROYECTO ESPECIAL MADRE DE DIOS
7	PROYECTO ESPECIAL TAMBO CCARACOCHA		PROYECTO ESPECIAL DE DESARROLLO INTEGRAL DE LA CUENCA DEL RIO PUTUMAYO DE PERU
8	PROYECTO ESPECIAL MAJES SIGUAS		
9	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL PASTO GRANDE		
10	PROYECTO ESPECIAL TACNA		

Tabla N°9: Los proyectos de irrigación en el Perú
Fuente: Montenegro (2011)

Relación de Cajas de Testigos

Sondaje	Profundidad	Nº de Caja
PCH-1	0,0 – 3,15	01/07
	3,15 – 6,75	02/07
	6,75 – 8,05	03/07
	8,05 – 16,0	04/07
	16,0 – 21,3	05/07
	21,3 – 27,45	06/07
	27,45 – 32,70	07/07
PCH-2	3,0 – 7,0	01/09
	7,0 – 11,0	02/09
	11,0 – 15,0	03/09
	15,0 – 19,0	04/09
	19,0 – 21,0	05/09
	21,65 – 28,45	06/09
	28,45 – 35,0	07/09
	35,0 – 40,0	08/09
	40,0 – 40,40	09/09

Tabla N°10: Relación de cajas de testigos
Fuente: Estudio de factibilidad – remodelación de la bocatoma del proyecto especial Chavimochic

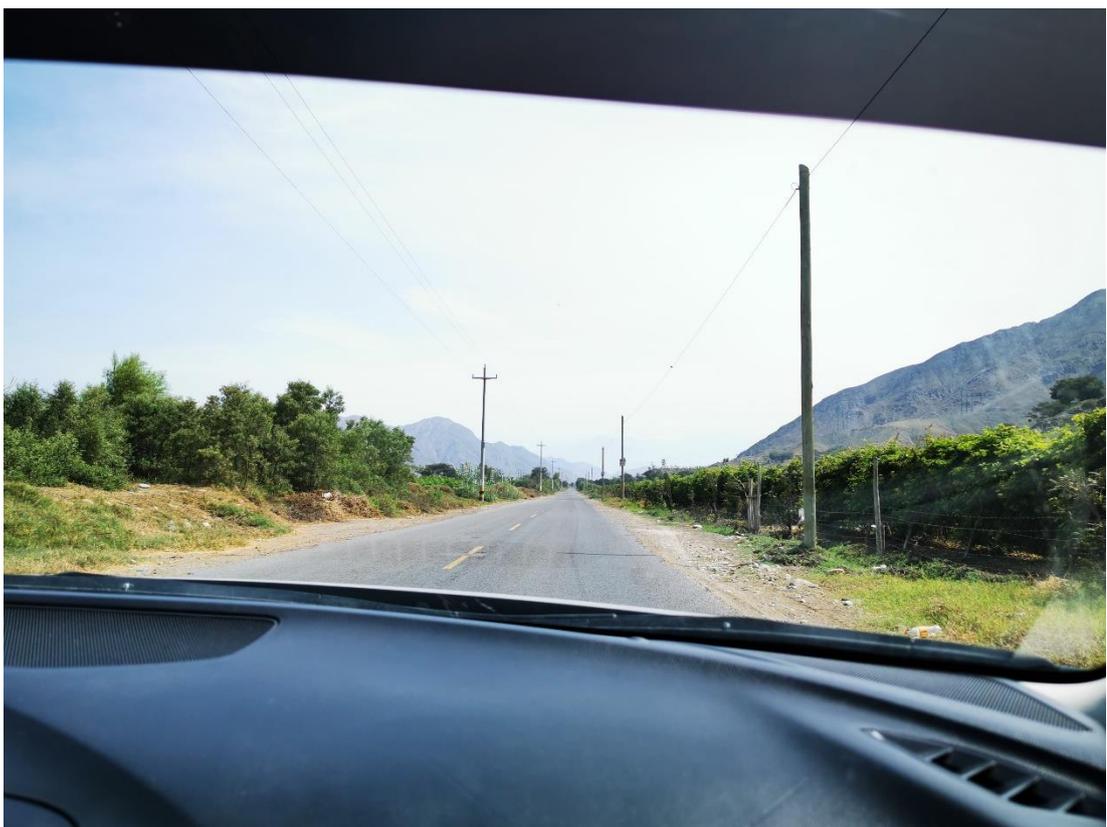
Resumen de Resultados del Ensayo de Refracción Sísmica

Línea N°	Longitud (m)	Distribución de Geófonos (m)	N° Estratos	Estrato 1 Vp(m/s)	Estrato 2 Vp(m/s)	Estrato 3 Vp(m/s)	Estrato 4 Vp(m/s)
LS-01	115	5	3	888	2 451	6 193	-
LS-2A	100	5	4	751	1 421	2 640	5025
LS-2B	100	5	4	908	1 341	2 223	6552
LS-03	110	5	3	695	1 606	3 029	-
LS-04	115	5	3	707	1 503	6 009	-
LS-05	115	5	3	2159	2 605	4 414	-
LS-06	115	5	3	645	2 499	4 740	-
LS-07	90	5	3	781	2 146	3 388	-
LS-08	80	5	3	1 502	2 093	4 879	-
LS-09	120	5	3	729	1 434	3 246	-

Tabla N°11. Resumen de resultados del ensayo de refracción sísmica

Fuente: Estudio de factibilidad – remodelación de la bocatoma del proyecto especial Chavimochic

Anexo B Registro Fotográfico



Camino hacia Bocatoma Chavimochic



Carretera Santa – Vinzos – Chuquicara



Llegada a Campamento Base – Bocatoma Chavimochic



Vista de Bocatoma Chavimochic



Visita a Bocatoma Chavimochic



Vista de Bocatoma Chavimochic



Visita a Bocatoma Chavimochic



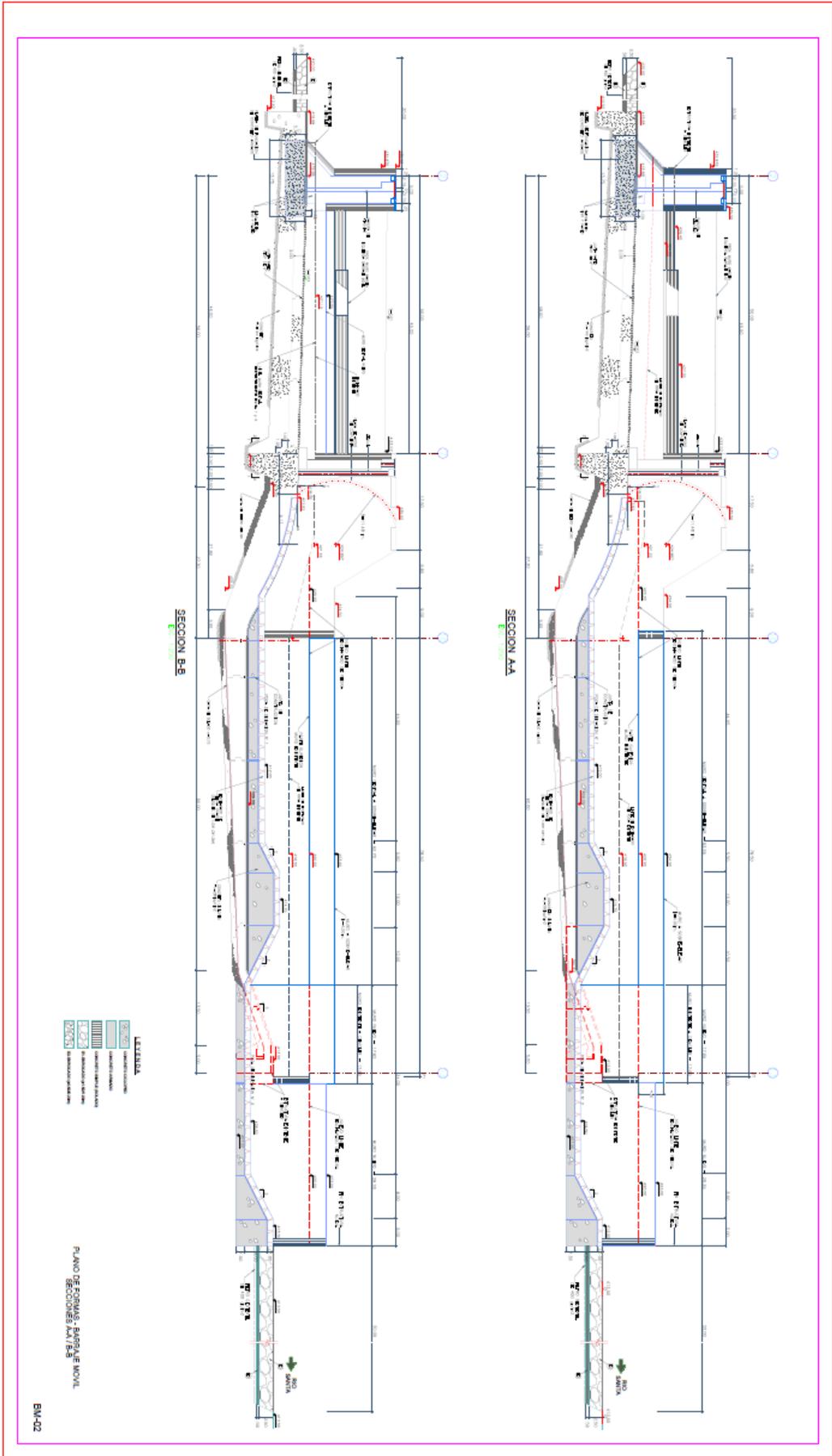
Vista de Bocatoma Chavimochic

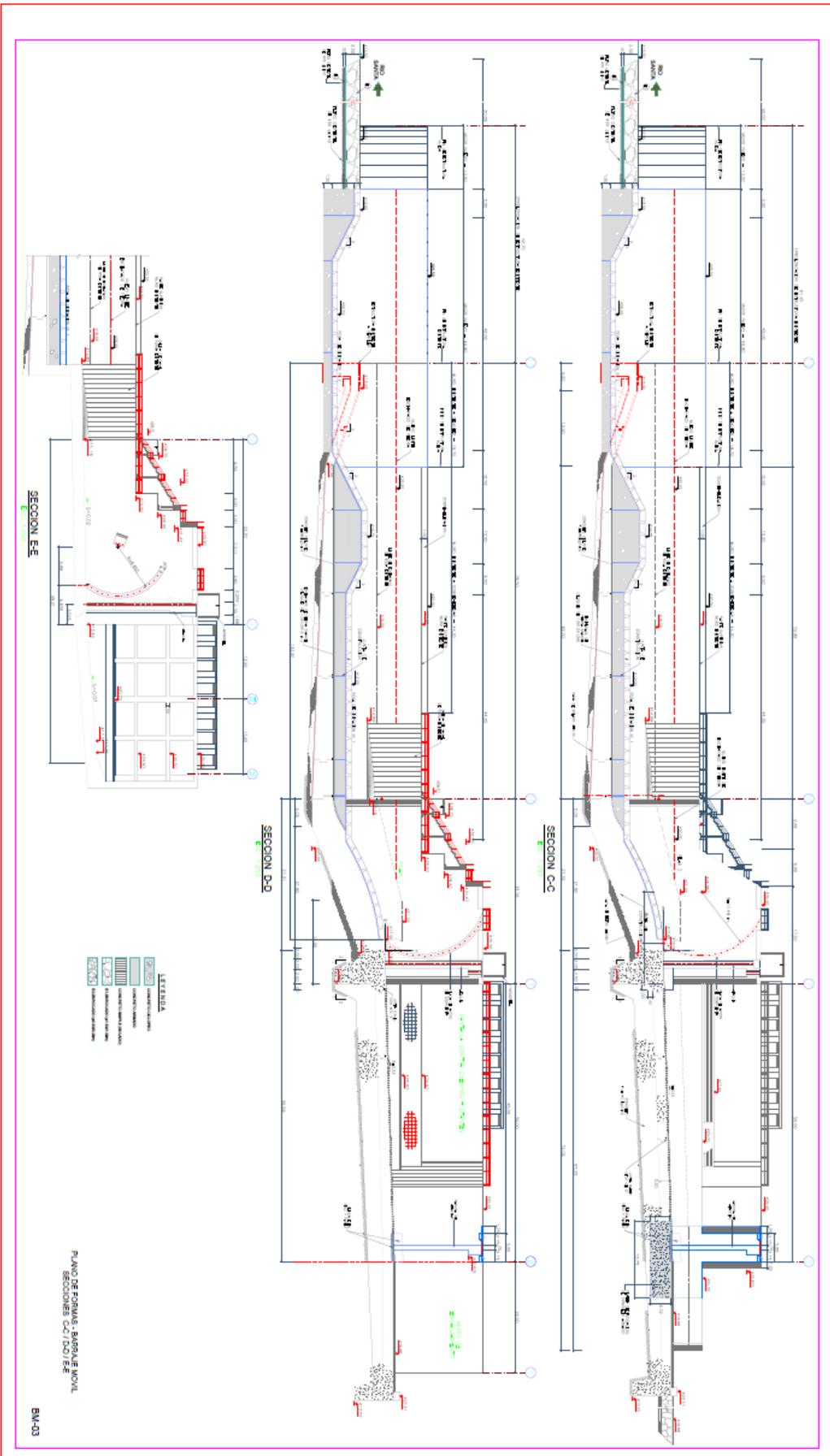


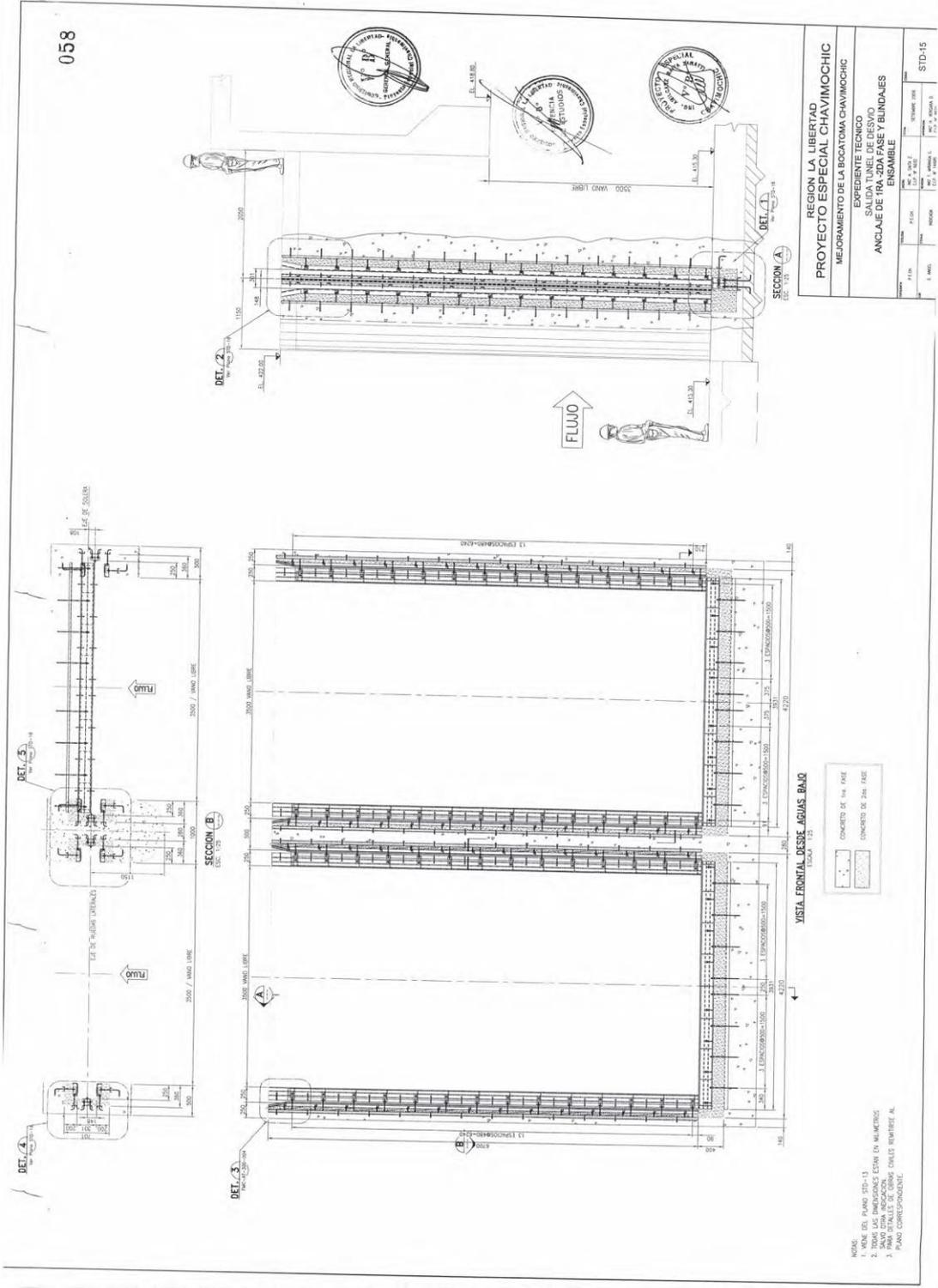
Visita a Bocatoma Chavimochic



Vista de Bocatoma Chavimochic







REGION LA LIBERTAD
PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC
 MEJORAMIENTO DE LA BOCATOMA CHAVIMOCHIC
 EXPEDIENTE TECNICO
 SALIDA TUNEL DE DESVIO
 ANCLAJE DE TRA-2DA FASE Y BUNDAJES
 ENSAMBLE

PROYECTO	PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC
FECHA	15/05/2011
ESTADO	PROYECTO
ESCALA	1:25
PROYECTISTA	ING. J. GARCIA
REVISOR	ING. J. GARCIA
APROBADO	ING. J. GARCIA
OTRO	

STD-15

Anexo D Matriz de Consistencia

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION	INSTRUMENTOS
¿Cuál será la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic aplicando el modelamiento estructural con el programa SAP2000 - Versión 21?	Determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic aplicando el modelamiento estructural con el programa SAP2000 - Versión 21	Aplicando el modelamiento estructural con el programa SAP2000 - Versión 21 se obtiene que la bocatoma Chavimochic es vulnerable sísmicamente.	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES INDEPENDIENTES	ENFOQUE DE LA INVESTIGACION	Norma E.030 Diseño Sismoresistente
			Modelamiento Estructural	Fuerza basal por nivel	Investigación Cuantitativa	SAP2000 - Versión 21
Análisis sísmico estático	Es un proceso secuencial y probatorio a través de un modelamiento estructural. Cuantificar en valores contables y medir las variables.	PROCEDIMIENTO				
Análisis sísmico dinámico	ALCANCE DE LA INVESTIGACION	Se modela en el programa SAP2000 la bocatoma Chavimochic, la cual será sometida a una carga sísmica. Este proceso se utilizará para analizar la relación entre el modelamiento sísmico y la vulnerabilidad sísmica.				
	Correlacional					
¿Cuál es la relación que existe entre la fuerza basal por nivel y la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic en La Libertad?	Calcular la fuerza basal por nivel de la bocatoma Chavimochic para determinar la vulnerabilidad sísmica.	Aplicando la fuerza basal por niveles en la bocatoma Chavimochic contribuye para determinar la vulnerabilidad sísmica.	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES DEPENDIENTES	Busca analizar la dependencia entre la vulnerabilidad sísmica y el modelamiento estructural de la bocatoma Chavimochic	
¿Cuál es la relación que existe entre el análisis sísmico estático y la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic en La Libertad?	Elaborar un análisis sísmico estático para determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic con el programa SAP2000 - Versión 21.	Aplicando el análisis estático con el programa SAP2000 - Versión 21 se obtiene que la estructura de la bocatoma Chavimochic presenta vulnerabilidad sísmica.	Vulnerabilidad Sísmica	Deformación estructural	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	
¿Cuál es la relación que existe entre el análisis sísmico dinámico y la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic en La Libertad?	Elaborar un análisis sísmico dinámico para determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic con el programa SAP2000 - Versión 21.	Aplicando el análisis dinámico con el programa SAP2000 - Versión 21 se obtiene que la estructura de la bocatoma Chavimochic presenta vulnerabilidad sísmica.		Resistencia sísmica	No Experimental	Se modela en el programa SAP2000-Versión 21, la bocatoma Chavimochic como se encuentra en la realidad sin la manipulación de las variables.

