

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS:

**“EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE UNA
EDIFICACIÓN DE 10 PISOS – EDIFICIO COMERCIAL
T&T, HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN EN EL 2020”**

Presentado por:

**BACH. IGUIA ROBLES, ANGEL ALBERTO.
BACH. PAUCAR HINOSTROZA, PEDRO ANDRES.**

Línea de investigación institucional:
Estructuras y Construcción

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU
2022**

ASESOR:

ING. MALLAUPOMA. REYES. CHRISTIAN

DEDICATORIA

En primer lugar, agradecer al Señor Todopoderoso por iluminarme cada día y cada momento. De igual forma a mis padres y familia quienes supieron comprenderme y apoyarme en la realización de esta tesis de manera absoluta.

Bach. Ángel Alberto Iguia Robles

Bach. Pedro Andrés Paucar Hinostroza

AGRADECIMIENTOS

Le ofrezco mi agradecimiento a mi asesor y docentes de la Facultad de Ingeniería por apoyarme en realizar este trabajo de tesis.

A mi alma mater por los conocimientos brindados durante los años de estudio y formación.

A los dueños del edificio en estudio, por su gentil comprensión y participación atenta e interés por el tema.

Bach. Ángel Alberto Iguia Robles

Bach. Pedro Andrés Paucar Hinostroza

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Ing. Julio Fredy Porras Mayta
Jurado 1

Ing. Rando Porras Olarte
Jurado 2

Ing. Nataly Lucía Córdova Zorrilla
Jurado 3

Mag. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario docente

ÍNDICE

	Págs.
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Formulación y sistematización del problema.....	19
1.2.1 problema general	19
1.2.2 problemas específicos.....	19
1.3 justificación:.....	20
1.3.1 social o práctica	20
1.3.2 justificación científica o teórica	20
1.3.3 metodológica.....	20
1.4 delimitaciones	21
1.4.1 delimitación espacial.....	21
1.4.2 delimitación temporal	23
1.4.3 delimitación económica.....	23
1.5 limitaciones	23
1.6 objetivos.....	24
1.6.1 objetivo general.....	24
1.6.2 objetivos específicos.....	24
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	25
2.1 Antecedentes	25
2.1.1 Antecedentes nacionales:	25
2.1.2 Antecedentes internacionales	28
2.2 Marco conceptual.....	30
2.2.1 Sismo	30
2.2.2 Sismicidad en el territorio peruano.....	30
2.2.3 Efectos de los movimientos sísmicos en edificaciones	31

2.2.4 Vulnerabilidad sísmica.....	32
2.2.5 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica.....	35
2.2.5.1 Ensayo de resistencia a la compresión.....	35
2.2.5.2 Ensayo de resistencia a la tracción.....	35
2.2.5.3 Refuerzo corrugado.....	37
2.2.5.4 Estudio de mecánica de suelos.....	38
2.2.5.5 Configuración estructural en elevación.....	39
2.2.5.6 Configuración estructural en planta.....	39
2.2.5.7 Junta de separación sísmica.....	40
2.2.5.8 Peso de la estructura.....	41
2.2.5.9 Aceleración del terreno.....	42
2.2.6 Diseño sísmico.....	43
2.2.6.1 Análisis sismorresistente.....	44
2.2.6.2 Análisis dinámico.....	44
2.2.7 Ensayo de microtrepidaciones.....	47
2.2.8 Diferencia entre evaluación y diseño.....	50
2.2.9 Medidas de mitigación para vulnerabilidad sísmica.....	51
2.3 Definición de términos.....	52
2.4 Hipótesis.....	53
2.4.1. Hipótesis general.....	53
2.4.2. Hipótesis específicas.....	54
2.5. Variables.....	54
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	54
2.5.2. Definición operacional de la variable.....	55
2.5.3. Operacionalización de la variable.....	55
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	56
3.1. Método de investigación:.....	56
3.2. Tipo de investigación:.....	56
3.3. Nivel de investigación:.....	57
3.4. Diseño de la investigación:.....	57
3.5. Población y muestra.....	58
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección:.....	58
3.7. Procesamiento de la información:.....	65
3.8. Técnicas y análisis de datos:.....	65

CAPITULO IV: RESULTADOS	66
4.1. Presentación de resultados:	66
4.1.1 Nivel 1 – aplicación del método ATC 21 – FEMA 154	66
4.1.2 Nivel 2 – evaluación de la vulnerabilidad estructural del edificio T&T	67
4.1.2.1 Análisis de resultado de resistencia a la compresión	67
4.1.3 Análisis de ensayo de resistencia a la tracción	70
4.1.4 Análisis del resultado de mecánica de suelos	70
4.1.5 Análisis de ensayos de microtrepidaciones.....	74
4.1.6 Modelo matemático	75
4.1.7 Análisis de puntuación de índice de vulnerabilidad sísmica	82
4.1.8 Medidas de mitigación de la vulnerabilidad sísmica	85
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS:.....	87
4.2.1 Para derivas de entrepiso	87
4.2.2 Para periodos fundamentales	89
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	95
ANEXOS	97

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de Richter.....	31
Tabla 2. Factor de corrección	36
Tabla 3. Irregularidades estructurales en altura	39
Tabla 4. Irregularidades estructurales en planta	40
Tabla 5. Factores de zona	43
Tabla 6. Límites para desplazamiento lateral de entrepiso	46
Tabla 7. Parámetros de frecuencia	50
Tabla 8. Medidas de mitigación para reforzamiento estructural	52
Tabla 9. Tipos de edificación según método FEMA 154	60
Tabla 10. Modificadores del comportamiento sísmico.....	61
Tabla 11. Carga de personas según tipo de edificación.....	62
Tabla 12. Nomenclatura en formato FEMA 154	62
Tabla 13. Puntuación de índice de vulnerabilidad	64
Tabla 14. - Resultados de la resistencia a la compresión de los testigos en el edificio comercial T&T.....	69
Tabla 15. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción.....	70
Tabla 16. Cuadro de calicatas	71
Tabla 17. Datos para el cálculo de q_u	74
Tabla 18. Resultados de ensayos de microtrepidaciones	75
Tabla 19. Pesos equivalentes de albañilería.....	77
Tabla 20. Parámetros de diseño sismo resistente.....	79
Tabla 21. Valores del espectro de Pseudo aceleraciones.....	81
Tabla 22. Puntaje estructural del edificio.....	85
Tabla 23. Prueba de hipótesis de los desplazamientos en X-X.....	88
Tabla 24. Prueba de hipótesis de los desplazamientos en Y-Y.....	88
Tabla 25. Prueba de hipótesis de los periodos fundamentales en dirección transversal ..	90
Tabla 26. Prueba de hipótesis de los periodos fundamentales en dirección longitudinal..	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del distrito de Huancayo.....	22
Figura 2. Desplazamiento de placas	30
Figura 3. Diagrama de esfuerzo-deformación	37
Figura 4. Efecto de martilleo	41
Figura 5. Peso concentrado y distribución asimétrica	42
Figura 5. Zonificación sísmica del Perú.....	42
Figura 6. Gráfico de un período	47
Figura 7. Equipo de ensayos de microtrepidaciones.....	49
Figura 8. Falla por capacidad de carga en el suelo.....	73
Figura 9. Espectros de respuesta sísmica	82
Figura 10. Modelo de reforzamiento estructural con disipadores de energía	86
Figura 11. Curva de Chi cuadrado para los desplazamientos	89
Figura 12. Curva de Chi cuadrado para los periodos fundamentales.....	91

RESUMEN

La presente tesis se ha planteado como problema general: ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 10 niveles – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020?, siendo la finalidad del estudio evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 10 niveles – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020, resultados reales basados en cargas y propiedades de los materiales utilizando el método del índice de fragilidad ATC 21-FEMA 154 propuesto por el Código Nacional de la Edificación (RNE).

Los métodos de investigación son cuantitativos en el sentido de que la investigación necesita utilizar la recopilación de información y así comprobar una hipótesis a través de un proceso de sucesión. Durante la primera fase de la investigación, una revisión ligera del edificio comercial de T&T dio como resultado una puntuación de $S < 2$, lo que indica que la estructura debe estudiarse con más detalle. Luego, se realizó un estudio de segunda etapa, incluyendo el ensayo de las propiedades del material, en el cual los resultados indicaron que el 51% de la estructura no excedieron el valor ínfimo de $f' c = 150 \text{ kg/cm}^2$, tal y como indica el estándar E-0.60. Por tanto, según el modelo matemático, el periodo fundamental es inferior al esperado para edificios de 6 a 10 plantas (0,6 s - 1,0 s), lo que se confirma mediante estudios experimentales con micro vibraciones in situ. En resumen, Universal Construcción tiene una vulnerabilidad sísmica moderada con un índice de vulnerabilidad sísmica del 52%.

Palabras Clave: Vulnerabilidad sísmica, método de índice de vulnerabilidad, desplazamientos, disipadores de energía.

ABSTRACT

The general problem of the research is: What is the seismic vulnerability of a 10-story building - T&T commercial building, Huancayo, Junín region - 2020? The objective of the research is to evaluate the seismic vulnerability of a building 10-story building - T&T commercial building, Huancayo, Junín region - 2020, real results based on loads and material properties using the ATC 21-FEMA 154 brittleness index method proposed by the National Building Code (RNE).

Research methods are quantitative in the sense that research needs to use data collection to test hypotheses through a sequential process. During the first phase of the investigation, a quick visual inspection of the T&T commercial building resulted in a score of $S < 2$, indicating that the structure should be studied in more detail. Then, a second stage study was carried out, including the material properties test, in which the results in terms of compressive strength indicated that 51% of the structural elements did not exceed the minimum value of $f'c = 150 \text{ kg / cm}^2$, as indicated by the E-0.60 standard.

Therefore, according to the mathematical model, the fundamental period is lower than expected for buildings of 6 to 10 floors (0.6 s - 1.0 s), which is confirmed by experimental studies with micro vibrations in situ. In summary, Universal Construction has a moderate seismic vulnerability with a seismic vulnerability index of 52%.

Keywords: Seismic vulnerability, vulnerability index method, displacements, energy dissipators.

INTRODUCCIÓN

La investigación se titula “Evaluación de la respuesta sísmica de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, Región Junín en el 2020”, El mismo diagnóstico se hizo en el edificio, y al estar catalogada la zona como de potencial riesgo sísmico, presenta un grave problema.

Argumentando y determinando ¿cuál es la vulnerabilidad sísmica del inmueble de 10 pisos del Edificio Comercial T&T en Huancayo, ¿Región Junín, 2020? Se basa en la Norma de carga E.020, la Norma de diseño sísmico E-030, la Norma de suelos y cimientos E.050, la Norma de hormigón armado E.060, la Norma de mampostería E.070. De acuerdo a los conceptos y principios del diseño sísmico, se presentan las condiciones mínimas de la edificación. Normas aplicables a toda nueva construcción, evaluación y refuerzo de edificaciones existentes. Asimismo, aplicando el programa estadounidense ATC 21-FEMA 154 y el método del índice de vulnerabilidad sísmica de Chang (1995).

Esta investigación nos ofrece un contenido que se dividirá en los capítulos:

Capítulo I; plantea el problema, formulando el problema, como también los aspectos específicos y generales, justificando el estudio, definiciones, objetivos específicos y generales.

Capítulo II; Investigar antecedentes, concepto y fundamento teórico, fundamento legal, definiciones de términos básicos, formular supuestos generales y específicos, variables e indicadores, y finalmente proponer los criterios utilizados.

Capítulo III; describe los métodos de investigación, así como los métodos generales de investigación, tipos, niveles y diseños. Poblaciones y muestras, técnicas y equipos e instrumentos utilizados para recolectar información.

El capítulo IV; ofrece los avances y el resultado del estudio. La discusión de los resultados se publica de la misma manera. Finalmente, se dan conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexo.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En nuestro planeta, los desastres naturales ocurren con frecuencia, provocando cambios irreversibles en pérdidas millonarias, materiales y humanas. En diferentes países industriales, los desastres naturales causan menos daños porque cuentan con diversos sistemas de alerta temprana efectivos para prevenir posibles daños y riesgos.

A nivel internacional existe una preocupación con respecto a los terremotos y los efectos devastadores que éste fenómeno causa a la humanidad. Cada año se producen un promedio de 300 mil sismos en toda la superficie terrestre. Frente a ello, existe un interés de la ingeniería civil a fin de proponer diseños estructurales con ciertas características que puedan enfrentar el fenómeno descrito y así evitar pérdidas humanas y económicas. El movimiento del suelo durante el sismo se transmite a las edificaciones. La base de la estructura sigue un movimiento en la superficie por inercia, y el soporte de estructura siguiendo el movimiento de la superficie por inercia, y la masa de la estructura se opone al desplazamiento dinámico y sigue el movimiento de su base.

A nivel nacional, nuestro país se ubica en un lugar que alberga el 85% de la actividad sísmica del mundo, llamado Círculo de Fuego del océano pacífico, lo cual lo coloca como un lugar con alto potencial sísmico. “Un terremoto en Lima podría dejar 50 mil muertos y más de 200 mil casas destruidas, varias zonas de nuestro país guardan un silencio sísmico de 40 años, en algún momento ocurrirá este fenómeno”, (Informe del Instituto de Geofísica del Perú, 2018). El Perú, según Castillo & Alva (2003) llega a ser una nación que cuenta con una de las mayores actividades sísmicas de todo el planeta y está constantemente expuesto a peligros que pueden resultar en víctimas y daños materiales. Por lo tanto, existe la necesidad de

investigaciones que nos informen del posible comportamiento de las edificaciones existentes cuando se presente este fenómeno, con el fin de planificar y mitigar sus efectos catastróficos.

A la fecha, la construcción de las edificaciones en el Perú está regida en base al Reglamento Nacional de Edificaciones. Por las consideraciones expuestas, líneas arriba, existe una necesidad de conocer cuál será la respuesta sísmica de una edificación ante un fenómeno telúrico. Con ello se conocería las deficiencias sísmicas, los daños estructurales, la resistencia de la estructura entre otros factores; máxime cuando hoy la edificación de casas, edificios, y otras edificaciones se vienen construyendo con mucha intensidad a nivel nacional.

A nivel local, Huancayo no es diferente a la realidad anteriormente mencionada. Según el informe (Unidad de Sismología de la Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida, 2018): “la falla geológica del nevado del Huaytapallana es un peligro para la ciudad. El nevado genera actividad sísmica, al producirse el movimiento telúrico, el nevado se remontaría sobre la superficie donde se encuentra Huancayo, ocasionando consecuencias fatales”. Para evaluar el nivel sísmico de una estructura vamos a realizar el trabajo de campo y verificar el nivel en el que se encuentra una estructura. A la par con la información obtenida nos familiarizaremos con el edificio y de esta forma identificar las probables deficiencias sísmicas que pueda presentar la estructura.

En el edificio comercial T&T de 10 pisos, no se había realizado un estudio para medir su respuesta sísmica; por ello el investigador vio por conveniente y pertinente aplicarlo. Esta construcción comprende 212 m² de área construida, el cual se encuentra ubicado en Jr. Ancash N° 151, del departamento de Junín. Su sistema de muros estructurales posee placas de 20cm de diferentes formas, que tiene una altura total de 35m, que con el estudio de superficies llegando a tener una capacidad de 18 Ton/m² que corresponde suelos intermedios S2 y Z3 según la norma E.030, que está destinado para el uso comercial conformado por 10 niveles, con 10 oficinas por nivel.

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el comportamiento estructural de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020?

- ¿Cuál es el periodo fundamental mediante microtrepidaciones in situ de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020?

- ¿Cuál es una medida de mitigación acorde al índice de vulnerabilidad de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020?

1.3 Justificación

1.3.1 Social o práctica

Este trabajo investigativo servirá como herramienta para evaluar la respuesta sísmica de las estructuras comerciales de Huancayo construidos a partir de la década de 1980. Cabe señalar que la informalidad en la arquitectura puede tener efectos negativos, ya que es un fenómeno generalizado. Practicando en nuestro medio, esto debe ser superado mediante la difusión amplia de una cultura de aseguramiento del concepto de una mejor oportunidad de vida y esto se debe aplicar de manera universal y para toda la población, especialmente en las zonas superpobladas, donde el crecimiento poblacional es informal debido a la poca planificación urbana y familiar.

Las edificaciones antiguas en Huancayo datan de hace más de 30 años; muchas de ellas fueron diseñadas sin considerar los criterios técnicos que exige la norma a fin de lograr consideraciones de seguridad de la estructura frente a probables movimientos telúricos. El propósito de esta investigación se encuentra en la difusión de la prevención de cualquier tipo de riesgo y la seguridad tenerla como principal visión, puesto que puedan tener consecuencias económicas y de salud para la sociedad ante problemas sísmicos.

1.3.2 Justificación científica o teórica

El presente estudio evalúa la calidad de una edificación incrementando, de esta manera, el conocimiento entorno a las construcciones antisísmicas.

1.3.3 Metodológica

Este estudio revela criterios básicos de informalidad constructiva, identificando específicamente la causa raíz de este fenómeno, y luego las consecuencias de este fenómeno, a partir de las cuales se usaron estrategias para utilizarse de manera general a condiciones semejantes, tales como edificaciones pequeñas, medianas y grandes, desarrollar tratamientos para políticas técnicas y económicas en los sectores público y privado, municipios, colegios profesionales y otros organismos pertinentes al problema.

En particular, la justificación metodológica de este trabajo investigativo se basa en el uso de instrumentos de medición adecuadamente diseñados para evaluar la respuesta sísmica. Esto permitirá medir en profundidad las variables de investigación, garantizando así hallazgos científicos relacionados con la realidad que rodea a nuestra unidad de análisis.

1.4 Delimitaciones

1.4.1 Delimitación espacial

El levantamiento se realizará en el edificio comercial T&T de 10 pisos ubicado en el Jr. Ancash N° 151, Distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo, con una superficie construida de 212 metros cuadrados. Su sistema de muros estructurales cuenta con losas de 20 cm de diferentes formas con una altura total de 35 m, que según estudios de mecánica de suelos tiene una capacidad portante de 1.8 Ton/m², correspondiente a las capas intermedias S2 y Z3 de la norma E. 030 es de uso comercial y consta de 10 pisos con 10 oficinas cada uno.

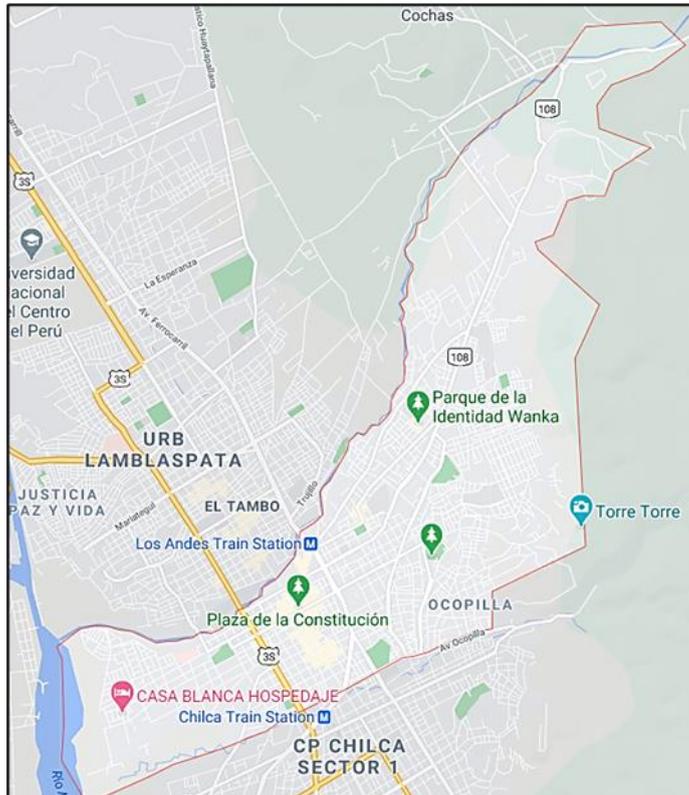
El principal sistema estructural del edificio en la dirección X es el muro estructural, y en la dirección Y es el mismo sistema. Por tanto, los principales criterios que rigen su diseño son el E030 de diseño sísmico de hormigón armado, el E060 y el E.070 de RNE de albañilería. Se incluyen columnas rectangulares para que tengan buenas propiedades estructurales. También existen vigas de sección rectangular, inclinadas en ambos sentidos, que permiten realizar losas de diferentes dimensiones y teniendo en cuenta la rigidez de la estructura.

En cuanto a las placas para reducción de peso, miden 20 cm de espesor y se componen de cimentaciones y vigas de conexión (vigas de unión). Se han colocado vigas de conexión para evitar desplazamientos horizontales de la cimentación, para soportar los momentos flectores de las columnas y losas (especialmente por sismos), para reducir los efectos de asentamiento diferencial y para soportar los momentos flectores, debido a la excentricidad de las columnas y las cargas de la losa y el suelo que se producen en la reacción de las zapatas excéntricas.

Localización geográfica

Huancayo es la capital de la provincia del mismo nombre y la capital de la provincia de Junín. Se encuentra ubicado en la sierra centro de nuestra nación, a 3250 msnm, en la parte boreal del Valle del Mantaro. Se considera una de las ciudades más profunda y extensa de las Montañas Centrales.

Figura 1. Mapa del distrito de Huancayo



Fuente: Google Maps, 2020

Clima

Huancayo llega a tener un clima inestable que corresponde a templado semihúmedo, en toda la temporada anual. Su temperatura va desde los 28° hasta los 5°. En cuanto a las estaciones del año, los veranos no son tan largos.

Por lo general las temperaturas van desde los 5 °C y los 20 °C, y ocasionalmente bajan de los 3 °C o superan los 22 °C. El mejor mes en Huancayo es noviembre. Huancayo tiene un período seco en junio y julio. Los meses de mayor precipitación son enero, febrero, marzo y diciembre.

1.4.2 Delimitación temporal

Esta investigación se llegó a realizar el segundo semestre del año 2020.

1.4.3 Delimitación económica

- a. La solvencia económica para esta investigación, les tocó corresponder a los investigadores y no dependen de financiación externa. Los costes estructurales son los siguientes.
- b. El cálculo económico (Asesor, movilidad, procesamiento de datos, etc.) es equivalente a s/. 4,620.
- c. Presupuesto por materiales y equipos diversos usados para el desarrollo de este estudio es equivalente a s/. 640.
- d. Resumen económico, teniendo en cuenta el pago de servicios externos, pago de bienes y equipos hace un total de s/. 5,260.

1.5 Limitaciones

El acceso a la información requerida se encuentra limitado debido a la emergencia sanitaria provocada por el virus denominado COVID-19, los medios de transporte presentaron restricciones en su normal atención y tomaba demasiado tiempo poder llegar hasta el lugar de estudio, así mismo debido al temor de contagio por parte del investigador como de los habitantes del edificio, el acceso para ciertas áreas fue limitado no pudiendo revisar su estado actual.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Evaluar de manera sísmica la vulnerabilidad de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020.

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Diagnosticar el comportamiento estructural de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020.
- b) Calcular el periodo fundamental mediante microtrepidaciones in situ de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020.
- c) Proponer una medida de mitigación acorde al índice de vulnerabilidad de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Gonzales & Veli (2016), en su trabajo de investigación de pregrado titulado: “Evaluación del comportamiento sísmico de una edificación con sistema MDL aplicando la NTP E.030-2016 y la norma chilena 433-2012”, de la Universidad San Martín de Porres, Lima. Estableció como objetivos: Evaluar los criterios de diseño sísmico para determinar los criterios de diseño que proporcionen un rendimiento sísmico óptimo en edificios con sistemas MDL mediante deformación controlada. Obtuvo los resultados siguientes: Existen diferentes indicadores de acuerdo a las normas técnicas de diseño sísmico, habrá dos valores, por ser normas distintas, según la NTP E030-2016, el valor de nuestro factor de zona “Z” es 0.45 g, para la NCH 433-2012 Aceleración efectiva “A0”, la cual llega a tener una unidad de medida de 0.3 g, por lo que este cambio en la zonificación sísmica y los parámetros de peligrosidad sísmica le otorgan a la estructura un mejor comportamiento sísmico, por lo que se aceptan los supuestos propuestos.

Reyna (2017) en la tesis de pregrado titulado: “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura”, de la UCV, Lima. Llegó a tener como objetivo el análisis de comparación de distintas armazones de hormigón armado sin y con aislantes en la cimentación, teniendo en consideración los cambios de altura. El análisis se realizó aplicando métodos de investigación, tomando como muestra

edificios de diferentes niveles. Aplicando una metodología de los niveles 1 y 3 de evaluación propuestos en el estándar ASCE 41 (Evaluación Sísmica y Reforzamiento de Edificios Existentes). Al finalizar el levantamiento, los resultados mostraron que la respuesta aumentó con niveles crecientes, estos casos especiales se deben al uso de registros sísmicos con el fin de los análisis de historia-tiempo. Sin embargo, dado que los registros sísmicos contienen bajos y altos que pueden llegar a afectar los resultados, muestran discontinuidades reducidas, a causa de la estructura aumenta el número de niveles.

Astorga (2006) en su investigación denominada “Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas” de la PUCP, Lima. Evaluando la condición sísmica de los inmuebles educativos en el Perú y concluyendo que actualmente existen alrededor de 41,000 instituciones educativas en nuestra nación, con un 48% de edificaciones educativas construidas con tierra, 37% de mampostería de hormigón armado y 8% de árboles. Los resultados de este trabajo muestran que a resistencia VII + MM, las edificaciones de adobe sufrirán daños irreparables, mientras que las edificaciones de mampostería de concreto construidas años anteriores a 1997 y estos serán irremediables a IX - MM. Para estructuras recientes de mampostería de hormigón, la resistencia X - MM se toma como el umbral inferior para daños irreparables.

Mosqueira (2012), “Riesgo sísmico en las edificaciones de la facultad de ingeniería”, de la UNC. En este estudio, determinó la vulnerabilidad de sismos en la estructura de una universidad estatal para predecir cómo se comportaría el edificio ante sismos severos, evitando así posibles daños.

Vizconde (2004) menciona en su estudio titulado: “Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un Edificio Existente: Clínica San Miguel de Piura”, de la U.P., Lima. Comentó que al efectuar estas evaluaciones conllevó no solo a identificar el nivel de vulnerabilidad de la estructura de dichos edificios monolíticos o

esenciales, sino también sus vulnerabilidades no estructurales y funcionales para potenciar, perfeccionar el comportamiento estructural y operativo. Afecta negativamente el edificio y comportamiento sísmico.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Zúñiga (2015) en su tesis de pregrado titulado: “Evaluación Analítica de la respuesta sísmica de las edificaciones de mampostería”, de la Universidad Autónoma de Barcelona, España. Fijó como objetivos: establecer métodos de análisis que de alguna manera tomen en cuenta el comportamiento dinámico de la mampostería. Aplicando una metodología: Consta de tres etapas: A) modelo de columna ancha considerando la degradación por cortante en función del desplazamiento lateral, B) análisis estático incremental no lineal utilizando el modelo de columna ancha modificado, C) no linealidad del sistema con grados de libertad equivalentes. Análisis dinámico de Las propiedades obtenidas en el paso anterior arrojan los siguientes resultados: La deformación por corte controla la respuesta de la estructura de mampostería a niveles de deformación que conducen a daños severos. Finalmente, se concluye que el comportamiento por deformación por cortante se promueve debido al acoplamiento que se presenta entre los muros de mampostería y la alta densidad de los muros en el plano.

Bonett (2003) en su tesis doctoral: “Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada”, de la UPC, España; se realizaron estudios de inseguridad y riesgo de sismo.

Se llegó a realizar en un entorno urbano en áreas de riesgo medio y alto. Este estudio llegó a concluir que no existía un procedimiento adecuado que diera los mejores desenlaces, siendo necesario analizar estos métodos de acuerdo con la información sísmica y

estructural disponible y la investigación de vulnerabilidad.

Safina (2002) en su investigación de doctorado: “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales” de la Universidad Politécnica de Cataluña, España; Además, hay un gran problema porque no hay forma de proteger edificios importantes en el código de terremotos. También afirmó que no existe un método específico para llegar a una evaluación de riesgo de sismos de las estructuras básicas y se puede utilizar cualquier procedimiento de evaluación convencional.

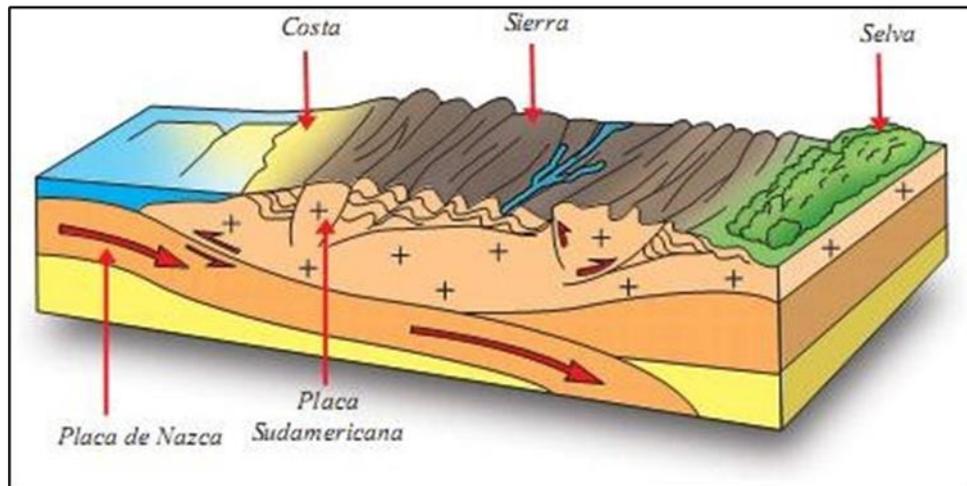
Llanos & Vidal (2003) en su tesis de grado nombrado: “Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Escuelas Públicas de Cali” de la UC, Colombia; Un estudio de vulnerabilidad a terremotos de las escuelas públicas de Cali indicó que el 56% de las I.E. De las comunidades eran muy frágiles, y el 16% de estas escuelas podrían presentar un peligro para los habitantes incluido de manera previa a un terremoto de gran magnitud por la insuficiencia estructural, con serias deficiencias que llegan a afectar el comportamiento y funcionamiento de estos edificios escolares.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Sismo

Kuroiwa (2002) afirma que “los terremotos son oscilaciones de la superficie producidas por diversos fenómenos, teniendo como ejemplo las actividades telúricas que se producen en los volcanes. Al llegar a colapsarse las cuevas subterráneas, Sin embargo, desde la perspectiva de los ingenieros, estos llegan a ser más severos, debido al desplazamiento repentino de la gran placa” (pág. 100).

Figura 2. Desplazamiento de placas



Fuente: Kuroiwa (2002)

2.2.2 Sismicidad en el territorio peruano

Según el Instituto Peruano de Geofísica (2002), nuestro país llega a ser uno de los territorios de mayor vulnerabilidad de sismos, pues esta se encuentra en el anillo de fuego del pacífico, en esta actividad sísmica guarda relación con un proceso de hundimiento de placas nacidas en América del Sur y originadas en dos.

Los datos sobre la sismicidad histórica en el Perú provienen desde la época de la conquista española, intercalados en diversos escritos inéditos, como narraciones manuscritas e informes que se llegaron a encontrar en esa época. Silgado (1978) conjuntamente con Dorbath (1990) mencionan la importancia de la consideración de estos datos va a llegar a depender del reparto poblacional del área afectada por los sismos que ocurrieron en anteriores épocas, por lo que pueden ocurrir grandes sismos, ocurrir en áreas deshabitadas o cerca de lugares de difícil acceso. Esto podría explicar la falta de información sobre posibles sismos en la Alta Cordillera y regiones subandinas.

2.2.3 Efectos de los movimientos sísmicos en edificaciones

Villarreal (2013) menciona que “los terremotos pueden ser considerados el efecto más impactante, con altos costos sociales en las sociedades, llegando a morir personas por el derrumbe de edificaciones”. El grado de daño a los edificios causado por terremotos va a llegar a depender de las diferentes características de los movimientos de los edificios (como el nivel estructural, configuración en planta, etc). La mezcla de estas tres características llega a determinar la vulnerabilidad de las construcciones hechas por los humanos.

Los movimientos de las superficies llegan a deberse principalmente por fuerzas inducidas por terremotos. Para caracterizar los terremotos se utiliza una unidad de medida nombrada como magnitud, esta se encuentra relacionada con una energía que se llega a liberar por el mencionado fenómeno. Esta unidad de medida se encuentra asociada con la constancia con la que se produce.

Esta medida no es muy útil cuando se trata de correlacionar las características de los sismos con el posible daño a una estructura, ya que se sabe que los sismos pueden llegar a tener oscilaciones distintas según su cercanía a las placas tectónicas puesto que depende del tipo de material y existen los llamados efectos de campo. Las condiciones que llegan a permitir el estudio son: energía liberada, velocidad, aceleración, etc. Estos apuntes se llegan a obtener de los instrumentos apropiados (sismómetros, acelerómetros, etc.) y permiten una evaluación de las fuerzas, que realmente dependen del sitio en el que se realice el estudio y de la cantidad de movimientos que se pueda producir en la tierra. .

Tabla 1. Escala de Richter

Magnitud	Efectos de sismo
Menor a 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 a 5.4	A menudo se siente, pero solo causa daños menores
5.5 a 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas pobladas
7.0 a 7.9	Terremoto mayor, causa graves daños
8.0 o mayor	Gran terremoto, destrucción total a comunidades cercanas

Fuente: CISMID (2002)

2.2.4 Vulnerabilidad Sísmica

Acorde a Sandi (1986) “La vulnerabilidad sísmica es una propiedad intrínseca de un edificio, algo que hace referencia a un criterio de comportamiento durante un sismo, descrita por la ley de casualidad” (p. 22) por otro lado, depende no sólo de El edificio de investigación en cuestión también depende de la ubicación. Es decir, dos edificios idénticos serán más o menos vulnerables según su ubicación.

Asimismo, Vizconde (2004) denomina “La inseguridad de un edificio hasta llegar al nivel de perjuicio que llega a experimentar una actividad telúrica de diferentes criterios. Estos edificios llegan a clasificarse como susceptibles a un evento telúrico”.

Se llega a tener en cuenta que el riesgo sísmico de un edificio inherente a ella, adicional a ello, no está relacionada con la amenaza del sitio, ya que se ha observado que edificios de tipos estructurales similares han sufrido diferentes daños en terremotos anteriores.

Para Caicedo (1994) resalta claramente que “No existe un método estándar en el que se llegue a estipular el riesgo de una estructura. El

desenlace que ofrecerá un estudio de vulnerabilidad es un indicador de deterioro que puede llegar a describir el daño que puede llegar a sufrir un determinado tipo de estructura por los sismos.

Tal como lo afirma el Banco Interamericano de Desarrollo, “

el Banco Interamericano de Desarrollo y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, “Reducir la vulnerabilidad es una inversión clave que no solo reduce los costos humanos y materiales de los desastres naturales, sino que también permite el desarrollo sostenible”. Entre las categorías de vulnerabilidad tenemos:

- Vulnerabilidad estructural

Se refiere al grado de impacto o daño de las actividades telúricas inducida por la combinación de los elementos estructurales de un edificio con otras cargas sobre la estructura.

Las partes de la estructura son los elementos de un edificio y estos se encargan de resistir y ofrecer a los cimientos, el esfuerzo que se llega a provocar por la carga de la edificación y el contenido que este genere. Estas estructuras llegan a incluir los muros de ladrillo cortado, las losas de hormigón (San Bartolomé, 1998).

El enfocarse en el diseño de la estructura es lo primordial para la capacidad de un edificio para mantener su integridad incluso durante algún desastre natural como lo llegan a ser los sismos. Por lo tanto, el mayor daño a las edificaciones después de los terremotos se debe a esquemas de configuración estructural que distan mucho de las formas y estructuras simples. Los terremotos castigan fuertemente tales violaciones (Vizconde, 2004).

Sin embargo, en nuestro país, tenemos una historia sísmica que confirman los estándares y lineamientos en el caso del diseño sísmico y que este no se llegue a aplicar de forma oportuna y, en ocasiones, los estándares no se aplican. Considere hospitales de estructura de especificación especial. En otras palabras, la vulnerabilidad estructural de las edificaciones estatales es incierta y este se corrige de manera parcial o total con el fin de dejar de lado las pérdidas de vida, económica y social (Vizconde, 2004).

- Vulnerabilidad no estructural

Una investigación que se encargó del riesgo no estructural, llegó a tener como finalidad la de indicar un posible caso de susceptibilidad de estos elementos. Tenemos que tener en consideración que en el caso se llegue a presentar un movimiento telúrico, las estructuras pueden malograrse según los daños no estructurados, sea por el derrumbamiento del equipo, componentes de edificios, etc., mientras el edificio permanezca en el lugar.

En los sistemas electromecánicos podemos mencionar tuberías, soportes de equipos, etc. Asimismo, en condiciones de arquitectura llegamos a tener mamparas, puertas, vidrios, etc. (Vizconde, 2004).

2.2.5 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica

2.2.5.1. Ensayo de resistencia a la compresión

Se realizan de acuerdo a la norma NTP 339.034:2008 y el procedimiento interno AT-PR-11, según la norma ASTM C 39 - 2012, que incluye una velocidad en la categoría específica hasta encontrar algo malogrado. Esto nos ofrece:

$$E_c = 15000 \times f'c^{0.5} \quad (1)$$

De acuerdo con la norma ASTM C 39-NTP 339.034, si la muestra tiene una conexión de aspecto de 1,75 , corrija el resultado multiplicándolo por el factor de corrección apropiado que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Factor de corrección

Longitud / Diametro	NTP	ASTM
2	1	1,00
1.75	0.99	0,98
1.5	0.97	0,96
1.25	0.94	0,93
1	0.91	0,87

Fuente: ASTM C 39-NTP 339.034

Harmsen(2005) afirmó que $f'c$ debe ser mayor o igual a 175 kg/cm² para tener en cuenta el hormigón estructural. La resistencia a la teoría de la compresión es $f'c$; en cambio, el cilindro no debe romperse en $f'c$ sino en una resistencia superior denominada $f'cr$, según la desviación estándar.

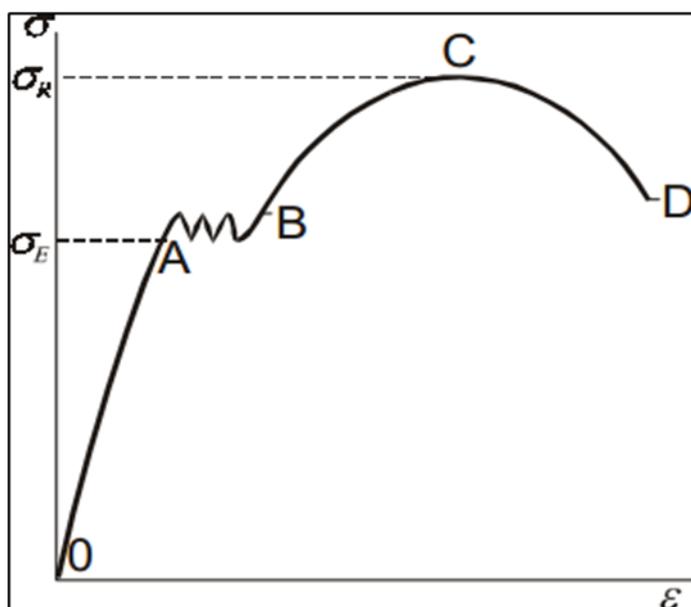
Asimismo, la Norma de Hormigón Armado E-0.60 especifica que la resistencia mínima del hormigón $f'c$ construido y diseñado según esta ley no será menor a 17 MPa.

2.2.5.2. Ensayo de resistencia a la tracción

McCormac(2002) mencionó que cuando un elemento del mineral de acero es sometido a estrés, empezará a estirarse y si llega a aumentar la fuerza a un ritmo ininterrumpido, la cantidad de deformación continuará aumentando dentro de un cierto rango. También Pytel y Singer (1994) señalaron que a partir de las gráficas obtenidas durante los ensayos puede llegar a determinar el límite, la capacidad de elongación. Las zonas posibles son:

- ✓ Zona elástica (OA): Es en esta área en donde la elasticidad llega a ofrecerse en proporción según el esfuerzo y cuando se llega a detener todo el material se llega a recuperar, el límite de su elasticidad se denota por σE
- ✓ Zona elástica – plástica (AB): La deformación no es proporcional a la tensión.
- ✓ Zona plástica (BC): En este lugar se produce una deformación permanente, es decir, cuando cesa la tensión, se mantiene la deformación resultante.
- ✓ Zona de estricción (CD): El esfuerzo máximo que se ejerce sobre la probeta es σR , que se llama esfuerzo de fractura de la probeta, porque desde este punto es posible fracturar con un esfuerzo menor.

Figura 3. Diagrama de esfuerzo-deformación



Fuente: Pytel y Singer (1994)

2.2.5.3. Refuerzo corrugado

De acuerdo con Morales (2006), la flexibilidad del acero es ofrecido por la pendiente de la relación elástica lineal de la curva tensión-deformación, y el valor del módulo de elasticidad de los diferentes grados de acero varía poco, generalmente igual a 2×10^6 kg/cm². Lo mismo ocurre con la NTP 341.031:2008.

Especifica los requerimientos que se cumplen y que se deben utilizar varillas de acero al carbono con salientes y lisuras (hormigón). Esta Norma Técnica Peruana se llega aplicar las barras lisas y lisas de acero al carbón para hormigón armado, cortadas a medida y laminadas. Las barras que llegan a contener aleaciones con púas, teniendo como ejemplo los aceros aleados de las series AISI y SAE, están aceptados si el resultado llega a cumplir con todos los requerimientos de esta NTP.

Las dimensiones estándar y de cumbrera y sus designaciones deben ser como se muestra. Las barras están disponibles en tres clases de rendimiento mínimo: 40 000 psi (280 MPa), 60 000 psi (420 MPa) y 75 000 psi (520 MPa), denominada como clases 280 (40), 420 (60) y 520 (75) . La

barra lisa laminada en caliente de hasta 63,5 mm (2½ in) de diámetro debe suministrarse en rollo o cortada a la medida de acuerdo con esta NTP Clase 280 (40), 420 (60) y Clase 520 (75). En el caso de la identificación de la ductilidad (alargamiento y flexión), se utilizarán los requerimientos y ensayos de manera correspondiente al diámetro nominal que se encuentre más cerca de la nervadura del hombro. No se aplican los requisitos de detección y etiquetado.

2.2.5.4. Estudios de mecánica de suelos

Esta investigación se requiere en las siguientes situaciones: Edificios generales que albergan un grupo grande de habitantes, centrales telefónicas, templos, subestaciones, tanques de agua y embalses.

Toda edificación de una a tres plantas no mencionadas anteriormente, individualmente o en conjunto, que ocupen una superficie cubierta en planta baja de más de 500 metros cuadrados, y toda edificación de 4 plantas o más, cualquiera que sea su tamaño.

2.2.5.5. Configuración estructural en elevación

En la construcción de fachadas también se requiere sencillez, regularidad y simetría para evitar concentraciones de tensiones en determinadas plantas o amplificación de vibraciones en la parte superior del edificio. Mostrándose en la Tabla 3 del Criterio Sísmico de Diseño E-0.30, se deben evitar reducciones repentinas en las dimensiones de los pisos superiores.

Tabla 3. Irregularidades estructurales en altura

<p>Irregularidades de Rigidez – Piso blando</p> <p>En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, es menor que 85 % de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 90 % del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores anteriores por (h_i/h_d) donde h_d es la altura diferente de piso y h_i es la altura típica de piso.</p>
<p>Irregularidad de Masa</p> <p>Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa de un piso adyacente. No es aplicable en azoteas</p>
<p>Irregularidad Geométrica Vertical</p> <p>La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos.</p>
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</p> <p>Desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.</p>

Fuente: RNE – Norma E 0.30 (2009)

2.2.5.6. Configuración estructural en planta

Ciertos aspectos del plano del piso pueden causar respuestas sísmicas no deseadas. Se deben considerar los criterios que se ofrecen en la Tabla 4 de la Norma de Diseño Sísmico E-0.30.

Tabla 4. Irregularidades estructurales en planta

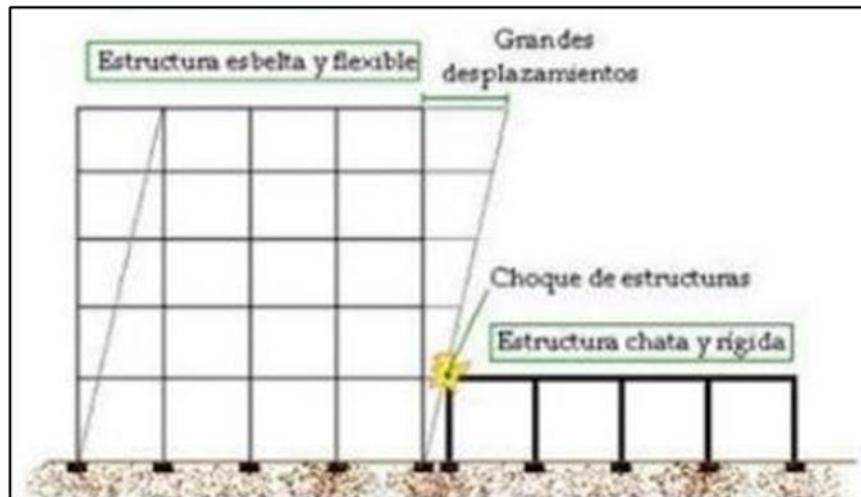
<p>Irregularidad Torsional</p> <p>Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máximo permisible indicado en la Tabla N°8 del Artículo 15 (15.1).</p> <p>En cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, en un extremo del edificio, es mayor que 1,3 veces el promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo que simultáneamente se obtiene en el extremo opuesto.</p>
<p>Esquinas Entrantes</p> <p>La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones, son mayores que el 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>
<p>Discontinuidad del Diafragma</p> <p>Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.</p>

Fuente: RNE – Norma E 0.30 (2009)

2.2.5.7. Junta de separación sísmica

Todos los edificios deben mantener un alejamiento mínimo de las estructuras adyacentes ya así llegar a eludir la fricción en los movimientos sísmicos llamados martillazos. La figura 4 muestra este efecto cuando se desplaza la estructura de mayor altura.

Figura 4. Efecto de martilleo



Fuente: Murty (2005)

Este trayecto no es inferior a $2/3$ de la suma de los desplazamientos máximos de bloques adyacentes, ni es inferior a:

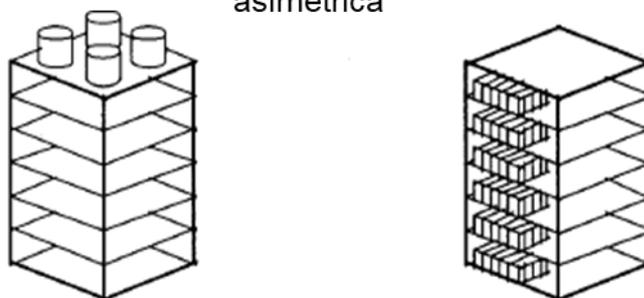
$$S = 3 + 0,004 (h - 500) \quad S > 3 \text{ cm}$$

dónde: h es la altura (h y s en centímetros) medida desde el nivel natural de la tierra hasta el nivel en el que se considera que se evalúa s .

2.2.5.8. Peso de la estructura

Teniendo en cuenta que la aceleración introducida en un edificio aumenta con la altura, es importante evitar una masa excesiva en un lugar elevado de la estructura. Como se observa en la Figura 5, se deben evitar grandes diferencias en el peso de los pisos sucesivos, ya que pueden causar cambios repentinos en las fuerzas de inercia y en el techo y el techo.

Figura 5. Peso concentrado y distribución asimétrica



Fuente: ICG (2013)

2.2.5.9. Aceleración del terreno

El Criterio de Diseño Sísmico E-0.30 indica que una zonificación que se propone en una distribución adecuada donde se observa sismicidad, estos criterios del movimiento sísmico y el tipo de atenuación en la distancia del epicentro, y el contenido tectónico.

Figura 5. Zonificación sísmica del Perú



Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2012)

En la figura se puede llegar a observar como se le asigna a cada sector un factor Z, como se puede observar en la tabla. El factor mencionado se llega a interpretar como el incremento máximo de un terreno llegando a tener una posibilidad de el 10% en 50 años.

Tabla 5. Factores de zona

Zona	Z
3	0.4
2	0.3
1	0.15

Fuente: Norma E 0.30 (2009)

2.2.6 Diseño sísmico

El refinamiento del espectro de diseño (coeficiente sísmico C) intenta indicar los coeficientes que se deben utilizar en el diseño de la estructura, llegando a buscar una condición elástica en el caso de sismos de condición leve inclusive en frecuencias más altas con una condición inelástica en el caso de sismos graves a frecuencias más altas. Esta probabilidad llega a ser inferior y para tener un seguro de comportamiento inelástico de las estructuras se llegan a diseñar teniendo en cuenta la proporción de ductibilidad. Diseños tan cercanos ya no son cálculos matemáticos exactos, sino que el arte de los números sirvió de forma relativa.

Las fuerzas sísmicas no se consideran un requisito que deba verificarse adicionalmente, sino que son de igual o mayor importancia que las cargas gravitatorias.

2.2.6.1. Análisis sismorresistente

A partir del RNE, en caso de evento sísmico, se pueden determinar los esfuerzos globales que afectan a cada capa de la estructura. Como primer dato llega a ser necesario tener información de la capacidad en kg. De la estructura, el cálculo tiene en cuenta el total del peso bruto adicionando la mitad de la carga viva, ya que es un sistema estructural clase A.

2.2.6.2. Análisis dinámico

Al llegar a aplicarse a una estructura hace referencia al análisis de las

pequeñas vibraciones u oscilaciones que la estructura llegue a soportar cerca de su posición de equilibrio. Los edificios resistentes o estructuras que están estacionarias a ciertas cargas experimentan oscilaciones debido a perturbaciones externas, posiblemente acercándose inicialmente a materiales compuestos. Es de vital importancia puesto que este movimiento puede producir modificaciones y/o deformaciones que existen y se tienen en cuenta para diseñar una condición sísmica de manera adecuada. Se puede llegar a ejecutar al llegar a utilizar condiciones de combinación de espectro o análisis de historial de periodos.

Modos de vibración

Se pueden determinar mediante procedimientos analíticos que toman debidamente en cuenta las propiedades de distribución y rigidez de masa de la estructura.

Aceleración espectral

Edward (2009) afirma que depende de las reacciones a comparar, existen diferentes tipos: espectros de velocidad, espectros de tensión. El más común en los cálculos de carácter sísmico es el espectro elástico, que está relacionado con la velocidad. Se llama de esa manera porque mide cómo responde una estructura a una acción provocada desde el exterior.

Fuerza cortante mínima en la base

Para cada dirección considerada en el análisis, el esfuerzo cortante en la base de la estructura será mayor al 80% del valor calculado en la Norma E.030, Apartado 17.3. Menos del 90% para estructura regular o estructura irregular. Si es necesario aumentar la fuerza cortante para cumplir con el valor mínimo especificado, todos los demás resultados obtenidos deben escalarse, excepto el desplazamiento.

Desplazamiento lateral

El desplazamiento lateral se calculará multiplicando los resultados del análisis lineal y elástico por $0,75R$ y reduciendo la tensión sísmica. Para el cálculo del desplazamiento lateral no se tendrán en consideración los valores

mínimos de C/R especificados en la Cláusula 17, ni el cortante mínimo de fondo especificado en la Cláusula 18 de la Norma E.030. Adicional a ello, el desplazamiento relativo máximo del emparedado calculado de acuerdo con la Cláusula 16 (16.4) no debe exceder la altura del emparedado que se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Límites para desplazamiento lateral de entrepiso

Material predominante	(D_i/h_{ei})
Concreto armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01

Fuente: Norma E 0.30 (2009)

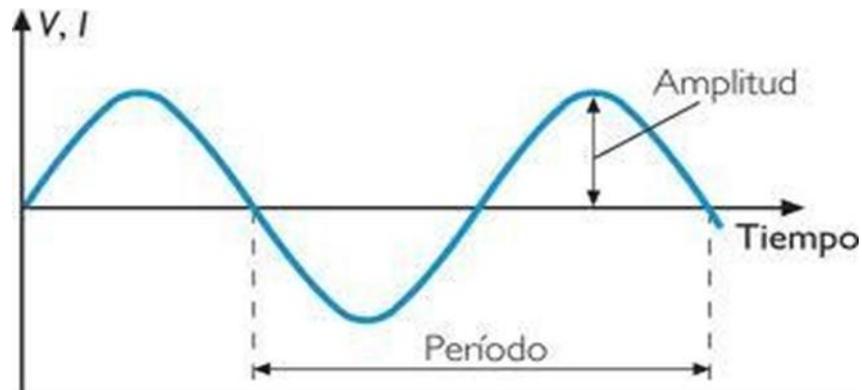
Villareal (2013) señaló que cuando el valor de control de deriva del sándwich está por debajo de 0.002, la estructura es muy rígida debido a la diferencia significativa de 0.002 a 0.007 indicada en el criterio de diseño sísmico E 0.30.

Período fundamental de la estructura

Kuroiwa (2002) señaló que el periodo natural o fundamental se encuentra en todos los objetos, y que estos se definen a la demora de un objeto en moverse de un lado a otro en el caso se llegue a aplicar alguna fuerza. Pueden variar de 0,05 segundos en archivadores a 0,1 segundos para estructuras de un solo piso, aproximadamente 0,5 segundos para edificios de 4 pisos y 1-2 segundos para edificios más altos con 10-20 pisos, como se muestra en la Tabla 8.

En la Figura 6 se observa de manera gráfica la definición del periodo.
 $P = 1 / \text{frecuencia}$.

Figura 6. Gráfico de un período



Fuente: Kuroiwa (2002)

2.2.7 Ensayos de microtrepidaciones

La corteza terrestre vibra con constancia llegando a tener una amplitud pequeña, hasta considerarse como una pequeña micra ($1 \mu\text{m} = 10^{-6}$), conocidas como microvibraciones. Son generadas por el tráfico de vehículos, las fábricas, los árboles y edificios que sopla el viento, y más. Las vibraciones ambientales se pueden medir utilizando sismómetros, observándose en la Figura 15, con altas capacidades de amplificación, una técnica implementada en la primera mitad del siglo XX. En la actualidad, con los avances en la instrumentación sísmica y las técnicas digitales de amplificación en computación, existen dispositivos muy compactos que son fáciles de mover e instalar, pueden tomar medidas en muy poco tiempo (Kuroiwa 2002, Capítulo 3).

El espectro de Fourier se obtiene inmediatamente, mostrando la respuesta DOF del edificio sin amortiguamiento, el período dominante de la estructura se determina de esta manera antes de la microvibración. Sin embargo, para que este método se llegue a aplicar de un modo de confianza, es necesario la práctica midiendo de manera geotécnica en las microvibraciones adicional a ello su interpretación, pero lo más importante, criterios para determinar bajo qué circunstancias llega a ser válida la técnica. El atractivo principal de las microvibraciones producidas por el ambiente, es

que son fáciles de realizar, muy por debajo del costo de formular modelos de estructura fina o en comparación con otros tipos de excitación.

Los parámetros más importantes en la vibración estructural son las frecuencias naturales, el amortiguamiento, la vibración. En donde la frecuencia de un componente es la frecuencia a la que se produce una oscilación libre continua después de que ha cesado la excitación. Cuando la estructura vibra libremente a su frecuencia natural, la estructura exhibe modos de vibración. Cuando la frecuencia natural de la estructura es consistente, causará una vibración de gran amplitud. Esto se denomina resonancia y, por lo general, debe evitarse.

Espinoza (2002) menciona que desde el terremoto de México de 1985 ha existido interés por los fenómenos de sonoridad intentando identificar los niveles de edificaciones con la de la geósfera sobre el que se asientan. Si la vibración natural del edificio tiene la misma vibración que la geósfera vibra de un lado a otro durante un terremoto, el edificio se balanceará más. Se debe considerar que cuando ocurre un sismo, por un lado, puede ocurrir la condición, módulo de corte. De ello se concluye que al ser diferentes el período dominante de la fundación y el período fundamental del edificio, no se puede desestimar que el fenómeno de resonancia exista en el lugar donde se ubican el período dominante de la fundación y el período fundamental del edificio. El tipo de amortiguamiento se llega a involucrar como la capacidad de disminuir la energía vibratoria.

Olarte (2013) planteó que las pruebas de Microtrepidación in situ se deben realizar a $2/3$ de la altura del edificio en estudio, ya que el período dominante se obtiene a esta altura para comparar con modelos matemáticos.

Figura 7. Equipo de ensayos de microtrepidaciones



Fuente: Ingeniería y Gestión de Riesgos (2013)

Frecuencia

La frecuencia es el inverso del período, el número de ciclos que ocurrirán en un segundo, en Hertz (Hz). Es una medida de la magnitud del número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o evento periódico. Por lo tanto, un fenómeno con una frecuencia de dos hercios se repite dos veces por segundo. $1\text{Hz}=\text{p}-1$, en la Tabla 7, la frecuencia máxima se expresa por el número de pisos.

Tabla 7. Parámetros de frecuencia

N° Pisos (3 m)	Hz.
≤ 5	≤ 2
6 a 10	1.67 a 1
11 a 15	0.91 a 0.67
≥ 16	≥ a 0.62

Fuente: Villareal (2013)

2.2.8 Diferencia entre evaluación y diseño

Lo que se puede diferenciar entre diseñar un edificio nuevo y evaluar un edificio existente no es solo de opinión. Observando al diseño se puede apreciar que la finalidad era desarrollar una nueva estructura que llegue a soportar las cargas por la que se espera (horizontal y vertical).

Se da inicio con el modelado de una estructura que sea de cierta

manera conservadora ignorando los efectos positivos como de algún efecto elemental, y estos consisten en diferentes diseños de estructura cuyos materiales se llegan a ver afectados por una condición reducida. Asimismo, el control de algún diseño llega a tener como finalidad principal la de optimizar este. También en la ingeniería que se encarga de observar los sismos se ocupan de las consecuencias que estos lleguen a tener un alto riesgo de daño.

Llegando a evaluar una estructura que existe, su finalidad es observar cómo esta responde ante una presión. Es necesario analizar la estructura del edificio y configurar los elementos reales de los materiales, las cargas reales sin amplificarlas y analizar como interactúan los componentes no estructurales con los que sí lo son y viceversa (Vizconde 2004)

Es poco probable que se tenga certeza para calcular los peores escenarios sísmicos para elegir modelos conservadores, Sin embargo es necesario identificar el comportamiento de los sismos con mayor probabilidad de las estructuras sísmicas. Ni las cargas vivas ni las cargas muertas deben verse afectadas por grandes factores de seguridad, ya que pueden afectar el resultado.

2.2.9 Medidas de mitigación para vulnerabilidad sísmica

Se menciona la vulnerabilidad sísmica puesto que es crucial para poder estudiar el riesgo sísmico y mitigar los peligros sísmicos. Se comprende por vulnerabilidad de sismos el nivel de daño que puede generar en una estructura bajo la acción de un sismo. Este periodo se designa como período de exhibición. Por otro lado el mitigar algún desastre natural en el campo de ingeniería llega a corresponder a los caminos a mejorar un área relacionada con los sismos de las edificaciones de una determinada estructura y con ella disminuir el costo que se espera de algún perjuicio en los edificios en mención (Barbat, 1998).

Es mínimo lo que se llega a realizar para poder reducir una amenaza a determinadas estructuras existentes, por lo que se requiere una acción en las vulnerabilidades si se quiere reducir el riesgo. Conocer el desempeño

sísmico de una estructura puede identificar los mecanismos de refuerzo.

Villareal (2013) señaló que las acciones para mitigar el riesgo sísmico de las edificaciones llegan a depender de la manera en cómo se comporta la estructura en cuanto a su rigidez se refiere, la cual depende de manera principal de los materiales, como se muestra en la Tabla 8 para los elementos estructurales, las medidas de condición mínima están específicamente diseñadas para mitigar la sísmica. medidas de vulnerabilidad tomadas.

Tabla 8. Medidas de mitigación para reforzamiento estructural

Medidas de mitigación	F _c (Kg/cm ²)
Disipadores de energía	≥ 175
Reforzamiento con elementos estructurales de concreto	≥ 210

Fuente: Villareal (2013)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Aceleración sísmica

Son medidas medidas directamente y se afecta la superficie del suelo.

La medición de la aceleración es importante a la hora de evaluar el bajo rendimiento que suelen exhibir ciertos edificios y los altos niveles de daño social y económico que esto representa. (Lobo, 2000, pág. 7).

Derivas

Son el desplazamiento lateral máximo de la cubierta del edificio. Se definen como el cociente entre la diferencia de desplazamiento lateral de dos niveles sucesivos de la estructura y la altura del entrepiso. (Acurio & Moscoso, 2012, pág. 122).

Vulnerabilidad sísmica

El grado de destrucción que puede tener un edificio en un movimiento telúrico refleja la insuficiente resistencia del edificio a los sismos y que llega a depender de los diferentes criterios del modelado estructural, el nivel de

los elementos y la técnica de una construcción (Kuroiwa, Pacheco y Pando, 2010).

Respuesta sísmica

Determina la respuesta del edificio a las vibraciones de la corteza. Por lo tanto, el índice general de desempeño de una edificación y su condición después de cierta intensidad de acción telúrica, dependerá del contenido de la construcción para soportar la acción sísmica en componentes estructurales, componentes no estructurales sin daños considerables. (Lobo, 2000, pág. 7)

Muro no portante (tabiquería)

Los muros se diseñan y construyen de tal manera que solo soportan su propio peso y cargas laterales sobre sus planos. Por ejemplo, son barandillas y vallas (Norma Técnica E.070, 2006).

Muro portante

Los muros se diseñan y construyen de tal manera que puedan transferir soportes verticales y horizontales de una nivelación a la siguiente. La longitud de estos muros debe ser igual o mayor a 1,20 m para tener en consideración a los soportes de alguna fuerza horizontal (Norma Técnica E.070, 2006).

- Riesgo

Se entiende por riesgo el potencial de daño social, ambiental y económico en un lugar y por un tiempo definido de exposición debido a un evento peligroso o natural.

- Riesgo sísmico

La vulnerabilidad sísmica llega a centrarse en la probabilidad de perder tanto estructura como alguna vida ante terremoto como sismos.

- Sismo

Hace referencia a los movimientos que se producen por actividades telúricas. Los terremotos son movimientos dentro de la Tierra que producen

liberaciones repentinas de energía que viajan como ondas, provocando el movimiento del suelo.

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis General

La vulnerabilidad sísmica de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín – 2020 es moderada.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- El comportamiento de la estructura de una edificación de 10 niveles – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín – 2020 es inadecuada.
- El periodo fundamental mediante microtrepidaciones in situ de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín – 2020 supera las condiciones indicadas.
- Una medida de disminuir acorde al índice de vulnerabilidad de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín – 2020 es el uso de un reforzamiento estructural.

2.5 VARIABLES

2.5.1. Definición conceptual de la variable

- Vulnerabilidad sísmica

Según Sandi (1986) “La vulnerabilidad sísmica es un elemento inherente a una determinada estructura, y esta tiene por característica el propio comportamiento de la estructura ante un movimiento telúrico, llegada a ser descrita por la ley de casualidad, siendo originada por un movimiento telúrico y llegando a tener como consecuencia diversos daños físicos. Dependiendo no necesariamente por la estructura, teniendo en consideración que no se debe dejar de lado la ubicación”.

2.5.2. Definición operacional de la variable

Es el puntaje obtenido mediante el ACT 21 – Método FEMA 154 realizado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) de EE. UU.

2.5.3. Operacionalización de la variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Vulnerabilidad Sísmica	Sandi (1986) “La vulnerabilidad sísmica es un elemento inherente a una determinada estructura, y esta tiene por característica el propio comportamiento de la estructura ante un movimiento telúrico, llegada a ser descrita por la ley de casualidad, siendo originada por un movimiento telúrico y llegando a tener como consecuencia diversos daños físicos”	Puntaje obtenido mediante el ACT 21 – Método FEMA 154 realizado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) de EE. UU.	Calidad de materiales	Ensayo de resistencia a la compresión	Índice de vulnerabilidad sísmica
				Ensayo de resistencia a la tracción	
				Refuerzo corrugado	
				Estudio de mecánica de suelos	
			Configuración estructural	Configuración estructural en elevación	
				Configuración estructural en planta	
				Junta de separación sísmica	
				Peso de la estructura	
			Aceleración de terreno		
			Diseño sísmico	Análisis sismorresistente	
Análisis dinámico					
Ensayos de microtrepidaciones					

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio utilizará el método científico, que, según Mendocilla (2000), incluye “un proceso encaminado a aclarar las anormalidades, entablar correlaciones en las actividades aclarar en los ambientes del mundo, permitiendo el uso de este conocimiento para obtener útiles aplicados a los humanos” (p. 40).

Nuevamente, el estudio utiliza un enfoque cuantitativo porque el estudio requiere el uso de la compilación de la información y llegar a demostrar una hipótesis, construyendo actividades de conducta y analizar teorías enfocadas análisis numéricos, además el estudio propone una gran cantidad de continuos y ejemplares sucesión. Cada nivel identifica y así evitar estos pasos por una estricta descripción.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

En cuanto al modelo de estudio actual, se trata de un estudio aplicado que, según Arnao (2007) “se centra en analizar todos los problemas de la realidad, con especial énfasis en la sociedad” (p. 62).

Este tipo de estudio se utiliza para abordar los problemas estudiados en la clasificación de tipos aplicados, ya que tiene como objetivo generar conocimiento sobre el dinamismo de un edificio en base a su estructura geométrica, se optó por la calidad de estudio porque desde una perspectiva profesional, tiene opciones a la hora de realizar peticiones constructivas.

3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es descriptivo que por lo que menciona Balvín (2008) incluye "Comprender situaciones, costumbres y actitudes predominantes por medio de explicaciones detalladas de personas, objetos y/o actividades. En donde su finalidad principal es predecir las relaciones de diferentes variables y no solo

recopilar datos.” (p. 35).

El propósito de este nivel de investigación es describir las características, propiedades y características básicas de los hechos y fenómenos en una situación particular en una situación particular. Para ello se realizó un estudio descriptivo del estado actual de un edificio de 10 pisos, identificando fallas, factores inseguros y riesgos sísmicos.

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Los diseños de estudio son no experimentales puesto que, según Carrasco (2006), “son aquellos en los que las variables independientes carecen de manipulación intencional, no tienen grupo de control, y por tanto no tienen experiencia. Estudian hechos y fenómenos posteriores a la realidad” (pág. 21).

Por ello, el levantamiento incluye una descripción de riesgo sísmico de los edificios existentes, de acuerdo a la definición anterior, corresponde a un levantamiento transversal no experimental.

Por lo tanto, el diseño de la investigación fue de la siguiente manera:



Donde:

P= Población

O= Diagnóstico de la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín – 2020.

3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

Por la naturaleza de la investigación la muestra y población estuvo conformado por el edificio comercial de 10 pisos T&T, de la provincia y distrito de Huancayo, departamento de Junín.

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

Con respecto a la técnica de recolección se usará el siguiente método:

- **ACT 21 – Método FEMA 154:** El método ATC21 (Comité Técnico Aplicado, ATC-21) fue realizado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) de EE. UU. Y así disponer de todo tipo de seguridad de estructuras civiles que se encuentran en servicio (FEMA 154, 2002) . El objetivo de esta metodología es identificar los distintos sistemas de edificios cuyo comportamiento sísmico debe ser examinado más de cerca. En la práctica, ATC-21 implica una identificación ocular de una estructura, tanto la parte externa como la interna y así obtener información de diversos componentes que llegan a reducir la extensión sísmica. La Tabla 9 muestra los tipos de edificios que cumplen con FEMA 154.

Las cargas sísmicas anticipadas se pueden expresar mediante una clasificación de riesgo sísmico (bajo, medio, alto), con base en los parámetros físicos del movimiento del suelo, que, junto con el tipo de estructura, se clasifica de acuerdo con la capacidad de la estructura para resistir terremotos. Esta metodología se utiliza para una evaluación rápida que da al primer paso para comprender la vulnerabilidad sísmica de una exposición estructural significativa y, si bien no puede reemplazar la investigación de manera detallada, representando una determinada aproximación, que se llegue a aplicar de manera amplia.

El peritaje que se realiza a una estructura de una construcción sigue estos pasos:

- ✓ Identificación de la estructura (código, dirección).
- ✓ Verificación visual de elevaciones y planta del edificio desde afuera.
- ✓ Documentación fotográfica del edificio para identificar las características generales y específicas.
- ✓ Identificación de datos básicos (número de pisos, sistema, materiales estructurales, problemas significantes de diseño o construcción).
- ✓ Determinación de la calificación estructural básica debido a las condiciones del edificio.

La calificación obtenida en mencionados complejos estructurales nos ofrece la identificación de toda su gama sísmica, en donde se indican con la letra “S” en

ATC-21. El puntaje de término (S) llega a ofrecer una aproximación de una estructura en caso se llegue a derrumbar, si el movimiento de la superficie es igual al movimiento sísmico máximo bajo consideración. Por ejemplo, una puntuación final $S = 3$ significa que hay una probabilidad de 1 en 103 o 1 en 1000 de que la estructura se derrumbe si el suelo vibra; $S = 2$ significa una probabilidad de 1 en 102 o 1 en 100 de colapso, $S = 1$ significa que hay una probabilidad de 1 en 101 o 1 en 10 de que el edificio se derrumbe si se produce un esfuerzo sísmico.

Tabla 9. Tipos de edificación según método FEMA 154

1	W1	Estructura de madera tipo 1.
2	W2	Estructura de madera tipo 2.
3	S1(MRF)	Pórtico de acero resistente a momento
4	S2(BR)	Estructura de acero arriostrada.
5	S3(LM)	Estructura de metal ligero.
6	S4(RC SW)	Estructuras de acero con muros de corte.
7	S5(URM INF)	Estructuras de acero con muros de relleno de mampostería no reforzada
8	C1(MRF)	Edificios de pórticos de concreto resistente a momento.
9	C2(SW)	Edificios de muros de corte de concreto.
10	C3(URM INF)	Estructura de concreto con mampostería de relleno no reforzada.
11	PC1(TU)	Estructuras pre-fabricadas con estructuras inclinadas en su parte superior como tijerales, coberturas metálicas livianas, vigas de madera. Columnas pre-fabricadas en sitio de forma T, H. Muros metálicos soldados.
12	PC2	Estructuras de concreto pre-fabricado(Paneles de concreto pre-fabricado, paneles de metal o vidrio, paneles superboard, drywall, columnas y vigas pre-fabricadas, losas de concreto con secciones T, etc.
13	RM1(FD)	Mampostería reforzada con losa de diafragma flexible.
14	RM2(RD)	Mampostería reforzada con losa de diafragma flexible.
15	URM	Edificios de mampostería no reforzada.

Fuente: ATC 21 (2002)

- **Formulario de recolección de datos:** En resumen, como anteriormente se mencionó, la metodología que se ofrece en estos momentos sirven a modo de observación y con esto llegar a identificar de manera rápida, si es que una estructura se encuentra lista para resistir un movimiento telúrico, Puesto que la observación ocular no ofrece un alto nivel de confiabilidad en el comportamiento sísmico, ni siquiera revela situaciones en las que el programa no identifica el

edificio como en riesgo, pero lo hace, por lo que el criterio de los investigadores es tan importante. Decida si se requiere una investigación más detallada del edificio. La Tabla 9 describe los modificadores de formulario y los criterios utilizados para seleccionarlos.

Tabla 10. Modificadores del comportamiento sísmico

Modificador	Descripción
Mediana altura (4 a 7 pisos)	Edificios entre 4 a 7 pisos.
Gran altura (> 7 pisos)	Edificios con más de 7 pisos.
Irregularidad vertical	Pasos en elevación, muros inclinados, discontinuidad en la ruta de la carga, edificio sobre una cuesta, piso blando (p.e. una casa sobre garaje, edificios con columna corta, etc.)
Irregularidad en planta	Edificios en forma de L, U, T, V u otra forma irregular de edificación, edificios con buena resistencia lateral en una dirección, pero no en la otra dirección; rigidez excéntrica en planta.
Modificador	Descripción
Pre-Código	Edificios diseñados y construidos anteriormente al año en los cuales los códigos de diseño sísmico fueron adoptados y hechos cumplir. En el Perú esto se da en la década del 70.
Post-Benchmark	Edificios diseñados y construidos después de que mejoras significativas en los requerimientos del código sísmico (p.e. detalles sobre ductilidad) fueron adoptadas y hechas cumplir.
Suelo tipo C	Suelo denso
Suelo tipo D	Suelo rígido
Suelo tipo E	Suelo blando

Fuente: ATC 21 (2002)

Además, cada tipo de edificio corresponde al volumen de una persona según su uso. Esto se da en la Tabla 11 a continuación. La Tabla 12 muestra la nomenclatura del método FEMA 154.

Tabla 11. Carga de personas según tipo de edificación

Tipo de edificación	Carga de ocupación
Residencial	100-300
Comercial	50-200
Oficinas	100-200
Industrial	200-500
Sala Pública	> 10
Centro Educativo	50-100
Gubernamental	100-200
Servicio emergencia	1000

Fuente: ATC 21 (2002)

Tabla 12. Nomenclatura en formato FEMA 154

Nomenclatura	Nombre en inglés	Nombre en castellano
BR	Braced frame	Estructura de acero arriostrado
FD	Flexible diaphragm	Diafragma flexible
LM	Light metal	Metal ligero
MRF	Moment-resisting frame	Estructura resistente a momento (Pórtico)
RC	Reinforced concrete	Concreto reforzado
RD	Rigid diaphragm	Diafragma rígido
SW	Shear wall	Muro de corte
TU	Tilt up	Estructura prefabricada hecha en el suelo y levantada con equipos.
URM INF	Unreinforced masonry infill	Mampostería de relleno no reforzada

Fuente: ATC 21 (2002)

- **Índice de vulnerabilidad sísmica:** Un modelo de método utilizado en investigaciones a nivel de ciudad podría ser el compuesto por Chang y otros (1995), basado en la evaluación de algunos parámetros básicos. Este método ofrece un análisis más detallado y con este evaluar el índice de riesgo sísmico en las estructuras, que se basa en la propuesta de ATC 21, 1988 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards), sin embargo añade la consideración de las características específicas del edificio. dónde están ubicados, p.

Licuefacción, el nivel de estabilidad. La puntuación llega a constar de 16 parámetros influenciados por pesos, según su importancia, que se dividen en dos puntos primordiales:

- Categoría estructural
- Categoría de sitio / Cimentación

Los criterios de mayor importancia llegan a corresponder a un modelo de edificación o al año o aplicación de los materiales utilizados en la edificación o al código sísmico. Los tipos de materiales de construcción se dividen en 12 tipos: marco de acero sísmico, marco de acero, edificio de un metal ligero, marco de acero de pared de corte de hormigón en el lugar, marco sísmico de hormigón, marco de acero o muro de hormigón y mampostería no reforzada, edificio inclinado, edificación prefabricada de hormigón, mampostería armada y mampostería no armada.

El puntaje total más alto del índice de riesgo para esta metodología es 108, como se observa en la Tabla 13, y es que esta tabla nos indica que mientras más alto sea el puntaje de una estructura nos indica que el riesgo sísmico será menor, por consiguiente ninguna estructura tiene un puntaje de 108, porque son características de la estructura de edificios y sitios, por consiguiente, aunque la estructura ofrezca la clasificación más alta de estructura, la clasificación final será más baja porque se encuentra en un sitio con características desfavorables.

Tabla 13. Puntuación de índice de vulnerabilidad

Factor estructural	Peso
Tipo de edificio	20
Año de construcción	20
Irregularidad vertical	3
Piso suave	5
Irregularidad torsional	3
Irregularidad en planta	3
Columnas cortas	5
Junta de separación	5
Acumulación de agua	3
Revestimiento pesado	3
Daño visible	5
Factor de cimentación	Peso
Tipo de suelo	10
Potencial de licuación	10
Tipo de cimentación	3
Estabilidad de taludes	10
Total	108

Fuente: Chang (1995)

Asimismo, se utilizan formularios de recolección de información, que se consideran observaciones estructuradas o sistemáticas, que incluyen el uso de herramientas apropiadas de recolección de datos, el diseño de formatos con indicadores apropiados como recursos técnicos, la realización de preguntas a los residentes y las mediciones de campo, la adecuación de los métodos pertinentes y el uso de los objetivos del tema de investigación son las condiciones.

Según (Carrasco Díaz, 2013, p. 283) el análisis visual directo “Se aplica como una metodología que nos ofrece la posibilidad de recibir datos de manera eficaz en las características y propiedades de la unidad de análisis “y en el sitio.

Se usaron los siguientes instrumentos:

- **Información bibliográfica:** La recopilación de información bibliográfica es fundamental para construir la base de un tema de investigación con fundamento técnico, que permita la ampliación del conocimiento general, y es necesario revisar

una variedad de fuentes confiables, libros, artículos y otros temas de investigación en la web.

- **Observación:** Examine cada hogar seleccionado para evaluar las diferentes estructuras elementales, el estado actual del hogar, los defectos estructurales y más. Esto permite analizar el diagnóstico del estado del edificio, teniendo en cuenta la presencia de daños, aspectos patológicos como grietas, defectos y daños estructurales y constructivos.

3.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Después de analizar la estructura en el informe escrito en Excel utilizando normas técnicas y estándares técnicos peruanos, se procedió a describir, resumir y analizar los resultados para identificar los riesgos sísmicos de las estructuras comerciales T&T de 10 pisos de Huancayo, distritos y provincias de la provincia de Junín.

3.8 TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos fueron traspasados al programa de Excel donde se realizó un análisis descriptivo, asimismo las hipótesis de la investigación fueron contrastadas mediante el estadístico chi-cuadrado.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Nivel 1- Aplicación del método ATC 21 – FEMA 154

Figura 8. Formulario de Recolección de Datos - FEMA 154

FORMULARIO DE RECOLECCION DE DATOS - FEMA 154											SISMICIDAD MODERADA											
INVESTIGACION VISUAL RAPIDA DE EDIFICIOS CON RIESGO SISMICO POTENCIAL																						
Dirección: Jr. Ancash Nº 151 Cercado de Huancayo Zona Sísmica: Z=3 Otras Identificaciones Nº de Pisos: 10 Año de Construcción: 1999 Inspector: Fecha de inspección: 15 de setiembre de 2020 Área total de piso (m2): 630.20 m2 Nombre del edificio: T&T Uso: Comercial																						
OCUPACION			TIPO DE SUELO						ELEMENTOS CON RIESGO DE CAER													
Sala publica	Gobierno	Nº de Personas	A	B	C	D	E	F	Chimenea	Parapetos						Revestimiento						
Oficina	Comercial	1 a 10	Roca dura	Roca común	Suelo denso	Suelo rígido	Suelo blando	Suelo pobre	Reforzada						otro:							
Histórico	Residencial	11 a 100																				
Industrial	Colegio	101 a 1000																				Computadoras, archivadores, televisores, muebles, decoraciones diversas
Servicio de Emergencia		1000 +																				
PUNTAJE BASICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL																						
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM							
			MRF	BR	LM	RC	URM	MRF	SW		URM											
							SW	INF			INF											
Puntaje básico	7.4	6.0	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.6	4.6						
Altura mediana (4-7 pisos)	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.4	-0.2	-0.6							
Altura alta	N/A	N/A	1.0	1.0	N/A	1.0	1.2	1.0	0.0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0.0	N/A							
Irregularidad vertical	-4.0	-3.0	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5							
Irregularidad en planta	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8							
Pre- código	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A							
Post-Benchmarking	0.0	0.2	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4							
Suelo tipo C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4							
Suelo tipo D	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8							
Suelo tipo E	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-1.4	-1.6	-1.4							
PUNTAJE FINAL "S"								1.7														
COMENTARIOS: Para simular mejor la realidad, empleamos dos tipos de estructuras. Riesgo potencial de falla de elementos no estructurales (por ejemplo, tabiques, vidrios, pantallas), riesgo de impacto en edificios adyacentes, planta irregular y altitud.											¿Requiere evaluación detallada?											
											SI						NO					

De acuerdo con FEMA 154, en la tabla de recopilación de datos para actividad sísmica moderada se muestra una inspección observacional con posible vulnerabilidad sísmica, observándose en la Figura número 8.

4.2. Nivel 2- Evaluación de la vulnerabilidad estructural del edificio T&T

Para investigar el riesgo sísmico de las diferentes estructuras se llegaron a realizar una serie de estudios con el fin de aproximar el

comportamiento estructural real al analizar los resultados. Por lo tanto, como se describe en este capítulo, se llevaron a cabo ensayos de fortaleza en la presión, análisis de tracción y estudios de mecánica de suelos de núcleos de hormigón endurecido.

4.2.1. Análisis de resultado de resistencia a la compresión

- Obtención de testigos de concreto endurecido

Los núcleos de hormigón endurecido se fabrican de acuerdo con el procedimiento específico en la NTP 339.059. Esto significa que las pruebas se realizarán perpendicularmente al suelo de cada estructura, vigilando que esta área no se encuentre a los bordes o donde haya empalmes, además de observar las marcas correspondientes del dispositivo PROFOMETER 5+ para extraer la posición correcta. Esto nos permitirá comprender que tan resistente es según la compresión primordial del hormigón que se llegó a utilizar en los diferentes elementos estructurales. Al extraer los núcleos de concreto endurecido se llegó a utilizar una copa diamantada de 81mm de diámetro en una máquina diamantada marca CONTEC.

- Escaneo de acero

Se escaneó la barra de refuerzo usando el sistema de identificación de barras de refuerzo - Profometer 5+, deslice de arriba hacia abajo para quitar los estribos en Colocación en columnas y viceversa Colocación de armaduras y estribos en vigas. Nuevamente, escanee el tablero usando las dos técnicas anteriores.

Por lo tanto, el estudio pudo determinar el punto exacto de extracción del hormigón endurecido, lo que permitió perforar sin dañar el refuerzo longitudinal o transversal del elemento estructural.

En el caso del resultado de análisis de resistencia de núcleos de hormigón, su factor de rectificación es 1,00 en diversos ejemplos. La Tabla 14 ofrece los resultados en los laboratorios de los edificios estudiados.

Tabla 14. - Resultados de la resistencia a la compresión de los testigos en el edificio comercial T&T

N°	Testigo	Ubicación	Elemento	f _c (kg/cm ²)
1	CS-1 (U)	Sótano	Columna	254
2	CS-3 (U)	Sótano	Columna	173
3	VS-1 (U)	Sótano	Viga	166
4	PPP-1 (U)	1° piso	Placa	197
5	CPP-1 (U)	1° piso	Columna	75
6	VPP-1 (U)	1° piso	Viga	278
7	VP-2 (U)	2° piso	Viga	265
8	CP-4 (U)	2° piso	Columna	245
9	CSP-3 (U)	2° piso	Columna	132
10	VP-2 (U)	3° piso	Viga	261
11	CP-4 (U)	3° piso	Columna	106
12	CP-3 (U)	3° piso	Columna	144
13	VP-2 (U)	4° piso	Viga	318
14	CP-3 (U)	4° piso	Columna	209
15	CP-4 (U)	4° piso	Columna	97
16	CP-3 (U)	5° piso	Columna	146
17	VP-2 (U)	5° piso	Viga	271
18	CP-4 (U)	5° piso	Columna	156
19	VP-2 (U)	6° piso	Viga	190
20	CP-2 (U)	6° piso	Columna	114
21	VP-2 (U)	7° piso	Viga	167
22	CP-2 (U)	7° piso	Columna	112
23	VP-2 (U)	8° piso	Viga	223
24	CP-2 (U)	8° piso	Columna	175

4.2.2. Análisis de ensayo de resistencia a la tracción

- Obtención de muestras de acero

Al determinar la resistencia a la tracción se extrajeron barras corrugadas de refuerzo de diferentes diámetros y diferentes estructuras. Los gráficos de barras se extrajeron y codificaron utilizando herramientas manuales (Sierra). Las pruebas se realizan en laboratorios privados. La prueba de resistencia se realiza de acuerdo con NTP. 334.002:2011, que especifica la condición de ensayo de tracción que deben cumplir todos los aceros.

Tabla 15. Resultados de los ensayos de resistencia a la tracción

Muestra	Sección transversal (pulg)	Área (Cm2)	Carga límite de fluencia (Kg)	Tensión límite de fluencia (kg/cm2)
MA – 01	¾	2.83	10200	3591.54
MA – 02	¾	2.83	9000	3169.02
MA – 03	3/8	0.72	2900	4084.53
MA – 04	3/8	0.72	2850	4014.05
MA – 05	½	1.26	4380	3448.81
MA – 06	5/8	1.97	7200	3636.35

4.2.3. Análisis del resultado de mecánica de suelos

- Estudio de mecánica de suelos

Se perforaron cinco pozos o pozos exploratorios a una profundidad máxima de 3,00 m para determinar el perfil estratigráfico del área designada para el sondeo. Con el fin de identificar el grado de cimentación de lo existente, convenientemente se perforaron pozos en el área de estudio, como se llega a observar en la tabla de pozos de la Tabla 16, se dispone del código y profundidad de los pozos, cabe mencionar que C-1 y C-4 se utilizan para estudios de corte directo. Z-1, Z-2 y Z-4 se utilizan para propósitos de monitoreo básicos.

Tabla 16. Cuadro de calicatas

Referencia	Profundidad (m)	Cota (msnm)
C-1	2.50	3,259.00
C-4	2.20	3,259.00
Z-1	1.00	3,259.00
Z-2	1.00	3,259.00
Z-4	1.00	3,259.00

Las muestras obtenidas de la encuesta se envían a un laboratorio privado y se analizan según la recomendación de la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM). En general, se mencionan los siguientes:

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado.
- ✓ Clasificación de suelos por el método SUCS.

- ✓ Densidad de campo.
- ✓ Ensayo de corte directo.
- ✓ Límites Líquido.
- ✓ Límite Plástico.

Perfil estratigráfico

A partir de los resultados de un trabajo de laboratorio se llega a absorber datos necesarios detallando los perfiles estratigráficos relevantes. Dado que los pozos fueron excavados desde el sótano del Edificio Comercial T&T, la sección estratigráfica del área se encuentra junto al río Shullcas, donde se observó que la consolidación del suelo tuvo grupos más profundos de suelos de Huancayo expuestos.

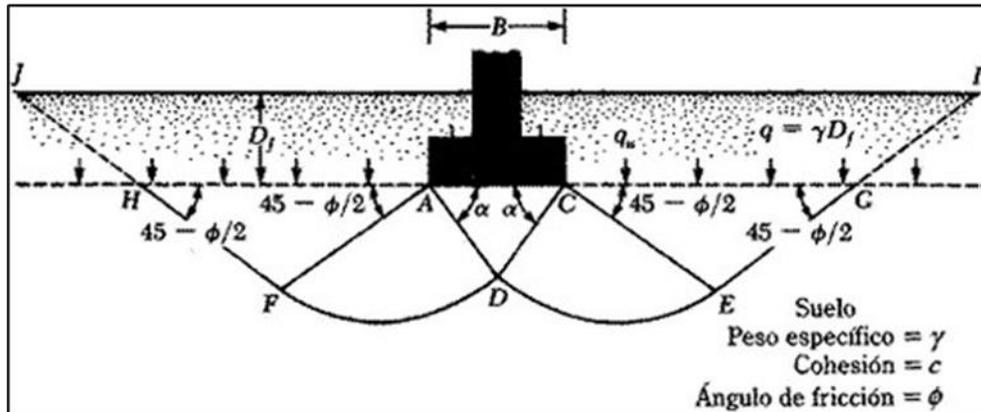
- Cálculo de la capacidad portante admisible

La superficie que soporta la estructura comercial T&T es lo suficientemente firme y pertenece al Grupo del Río Shullcas, ya que la sección de estratos muestra suelo consolidado de la superficie de exploración. Además, las propiedades resistentes del suelo consolidado aumentan el nivel de profundidad, exhibiendo las propiedades geomecánicas para las cimentaciones superficiales.

El valor que se llega a obtener en la labor de campo y laboratorio se recupera de las variables mecánicas y físicas de la superficie en la que se ubica la estructura, así como valores de laboratorio y geometrías existentes, partiendo de una estimación de capacidad aceptable, para el mundo real. base y profundidad existente.

En general, las teorías desarrolladas se basan en suposiciones simplificadas sobre el comportamiento del suelo. La dificultad del volumen se llega a reducir a superficies abrasivas puros o una combinación de ambos, se puede suponer que la superficie de falla en el suelo con la carga máxima es similar a la Figura 8.

Figura 8. Falla por capacidad de carga en el suelo



Fuente: Terzaghi (1943)

En este análisis se considerarán los datos recogidos de fricción y ángulo obtenido por medio del corte directo de la muestra 3 en el pozo de ensayo 4 (C4-M3). Materiales típicos para soportar cimientos de edificios, evaluados a una depresión de 1,00 m. Asimismo según los ensayos granulométricos evaluados en los pozos C1-M2 y C4-M3 a una depresión de 1,00 m, el material que soportaba los cimientos estructurales del edificio de estudio era grava GP inferior, por lo que se consideró la falla general por cortante de acuerdo con la teoría de Terzaghi, teniendo en cuenta la falla general por cortante, la carga última se calculará mediante la fórmula:

$$q_u = 1,3CNc + \gamma D_f N_q + 0,4\gamma B N_\gamma$$

Dónde:

- γ : Peso volumétrico del suelo (t/m³)
- C : Cohesión del suelo (t/m²)
- ϕ : Ángulo de fricción del suelo, a partir del cual se obtienen los parámetros N_c , N_q y N_γ
- B : Ancho
- q_u : Capacidad última de carga (t/m²)
- D_f : Profundidad de la cimentación (m)

Considerando las cimentaciones cuadradas típicas de las cimentaciones de edificios evaluadas en la Tabla 17, se dan la información utilizada para calcular la amplitud portante última para las condiciones específicas de las cimentaciones observadas.

Tabla 17. Datos para el cálculo de q_u .

Datos	Valores
D_f	1.00 m
γ	2.3 tn/m ³
B	1.00 m
C	0.00
\emptyset	30.70
F_s	3.00
N_c	39.434
N_q	24.433
N_γ	21.593

Aplicando en la fórmula tenemos:

$$q_u = 1,3 \times 0 \times 39.434 + 2.3 \times 1 \times 24.433 + 0,4 \times 1 \times 21.593$$

Entonces: $q_u = 75.04 \text{ t/m}^2$

$Q_{adm} = q_u / F_s$ donde $F_s = 3$

Por tanto:

$Q_{adm} = 2.5 \text{ Kg/cm}^2$

4.2.4. Análisis de ensayos de microtrepidaciones

- Medición de microtrepidaciones

Las pruebas de vibración ambiental se realizan en distintas superficies de las estructuras, utilizando el dispositivo Minimate Plus para la verificación avanzada de vibración, observando que el suelo sea plano, que el dispositivo esté en contacto directo con la superficie, evitando que cualquier material se bloquee. la parte superior, alineando el dispositivo al Jr. Ancash.

Se realizó un ensayo experimental de Microtrepidación con el dispositivo Minimate plus en 6 puntos de la estructura ubicado en los

pisos 4, 5, 6 y en la cubierta, cuyos resultados se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Resultados de ensayos de microtrepidaciones

Punto	Función transferencia (Hz)		Periodo fundamental (seg)	
	Long. /Vert.	Trans/Vert	Longitudinal	Transversal
P-01	2.57	2.68	0,387	0,373
P-02	2.55	2.67	0,390	0,377
P-03	2.58	2.65	0,385	0,375
P-04	2.57	2,65	0,387	0,377
P-05	2.55	2.66	0,394	0,376
P-06	2.57	2.97	0,391	0,334

A partir de una prueba experimental de microvibraciones en el edificio comercial de T&T, el período representativo es de 0,394 segundos. Entonces, en un sentido lateral, el período principal es de 0,375 segundos.

4.2.5. Modelo matemático

Al modelar cada estructura, siempre existe una gran incertidumbre sobre la conducta de la estructura en movimiento sísmico. De estos, los efectos de torsión, la flexibilidad de las particiones del piso.

Por ello la modelación del edificio T&T se tuvo las siguientes consideraciones:

- ✓ Modelación de los tabiques como elementos Shell.
- ✓ Modelación de vigas y columnas como elementos frame.
- ✓ Modelación de losa como elemento tipo Deck.
- ✓ Asignación de zonas rígidas en la unión viga – columna.
- ✓ Asignación de diafragma rígido a la losa de techo.
- ✓ Asignación de mallas de elementos finitos.

- Concreto armado

Considerando la gravedad específica del hormigón armado equivalente, la resistencia a compresión f_c del hormigón, el límite elástico de la armadura f_y , el módulo de elasticidad, el módulo de

cortante y el módulo de Poisson se describen a continuación:

Peso Específico:	$\gamma_m = 2400 \text{ Kg/m}^3$
Resistencia a compresión:	$f'_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad:	$E'_c = 177\,482,3935 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de Corte:	$G_c = 91174.91203 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de Poisson:	0,2
Fluencia del acero:	$f_y = 3\,600 \text{ kg/cm}^2$

- Albañilería

Según la norma de albañilería E.070, la vitalidad de compresión de la albañilería es $f'_m = 65 \text{ kg/cm}^2$. No obstante, por llegarse a tratar de una estructura, se requiere desarrollar el ensayo del prisma para identificar la resistencia a la compresión según los métodos especificados en las NTP 339.613 y 339.604. En esta investigación fue necesario determinar los valores a tener en cuenta, ya que no se realizaron los ensayos pertinentes y se tuvo en cuenta la influencia de los muros de mampostería no armada en la rigidez del edificio.

Con base en los datos de masa de concreto obtenidos, se concluyó que la resistencia se redujo en un 19% durante los 20 años del programa de refuerzo (175 kg/cm^2). Por lo tanto, se considera que la masa del elemento de mampostería debe reducirse en un 19% del valor indicado en la Norma E.070.

Nombre de material f'_m :	52 kg/cm^2 (reducido en un 19%)
Módulo de elasticidad E_m :	$26\,000 \text{ kg/cm}^2$

- Carga muerta

Provistos por elementos y materiales que forman parte del edificio, tales como luminarias, acabados de techos, pisos terminados, tabiques internos (como muros de subdivisión), etc., su nombre será "CM" y será de Super Dead.

La carga de los muros de mampostería como subdivisiones de ambientes ha tenido en cuenta el peso, incluyendo tejas igual a 14

kg/m² por cm de espesor de muro. La tabla 19 nos da el peso equivalente por metro cuadrado de tabiques interiores que tenemos que asignar cuando la ubicación de estas paredes es incierta (como en el caso de una oficina).

Tabla 19. Pesos equivalentes de albañilería

Peso de tabique (kg/m)	Carga equivalente en (kg/m ²)
< 74	30
75 – 149	60
150 - 249	90
250 - 399	150
400 - 549	210
550 - 699	270
700 - 849	330
850 - 1000	390

Fuente: Amoroto (2014)

Realizando el cálculo del peso de tabiquería, tenemos:

Tabiquería de pandereta:	14 kg/(m ² x
cm) Espesor:	0,15 m
Altura:	2,80 m
W:	14 x 15 x 2,8 m = 588 kg/m
Wt:	270 kg/m ²
Acabados + cielo raso:	100 kg/cm ²
CM:	370 kg/cm ²

- Carga viva de entepiso

Lo proporcionan las partes móviles del edificio, como mesas, sillas, estantes, mostradores, trabajadores y visitantes. Su nombre es "Live" y su tipo es Reducible Live. Para edificios con predominio de oficinas se han considerado escaleras de 250 kg/m² y

400 kg/m².

- Carga viva de azotea

Normalmente se considerará el peso de la persona que intervendrá en la colocación de las luminarias, acabados, cubiertas e instrumentos, su nombre será "Live up" y serán del tipo Live. Se ha considerado 100 kg/m².

- Análisis estático

El método expresa la demanda sísmica por un conjunto de fuerzas horizontales que actúan sobre cada piso del edificio. La estructura correspondiente al edificio comercial T&T se ha modelado utilizando elementos tipo varilla de 6 grados de libertad por nudo, y elementos tipo área de cuatro y tres nudos para losas y muros de cortante. Cada nodo tiene 6 grados de libertad. El módulo de elasticidad del hormigón en el modelo se ha considerado según la norma E.060, es decir $E_c = 15000 \cdot f'_c{}^{0.5}$.

Considere $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ según los resultados del estudio de materiales y el criterio E.060. Se ha considerado un módulo de Poisson de 0,20. La carga de peso propio de un elemento estructural se modela mediante la gravedad específica del material que forma el elemento, y las cargas estáticas y vivas adicionales se aplican directamente sobre el elemento como cargas distribuidas. La aceleración sísmica se determina calculando el factor de corte en la cimentación.

- Cálculo de coeficiente de cortante en la base

Para determinar el esfuerzo cortante automático V en la base del edificio, debemos utilizar la expresión que se muestra en la Norma E.030, Cláusula 17.3

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

Además de esta expresión la Norma nos indica que

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

R

Determinar el periodo fundamental de la estructura, esto lo determinamos mediante la siguiente expresión:

$$T = \left(\frac{h_n}{C_T} \right)$$

C_T

Calcular el factor de amplificación sísmica, C, en concordancia con el tipo de suelo, mediante la expresión del Artículo 7 de la Norma E 0.30

$$C = 2,5 \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2,5$$

$$C = 2,5 \left(\frac{0,4}{0,64} \right) = 1,56 < 2,5$$

$$C=1,56$$

Evaluar el valor C/R

$$\frac{C}{R} = \frac{1,56}{5,25} = 0,2976 > 0,125 \text{ ok}$$

$$0,4 \times 1,30 \times 1 \times 0,2976 = 0,1548$$

$$V_{xx} = 0,1548 \text{ P}$$

$$V_{yy} = 0,1548 \text{ P}$$

- Análisis dinámico

La estructura de edificio se llega a modelar como un procedimiento de diferentes niveles de libertad (MGDL) teniendo una

estructura rígida lineal de tipo elástico adicionando a ello una rigidez de amortiguamiento. Simulando la actividad telúrica y realizando un espectro de análisis de tiempo. Este llega a suponer una respuesta dinamizada de toda la estructura y que puede llegar a determinar las respuestas de cada tipo de vibración de forma independiente utilizando el espectro elástico.

La incorporación de alcances de diseño está sujeta estrictamente a la aplicación de la Cláusula 18.2 en su inciso b, que depende de varios factores que se muestran en la fórmula:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

En la siguiente tabla 20 se ofrecen los valores de manera resumida para identificar el espectro de diseño. En la siguiente tabla se muestra los datos de espectro de pseudoaceleración. En la figura 36, se llega a demostrar la respuesta sísmica.

Tabla 20. Parámetros de diseño sismorresistente

Descripción	Valores
Z	0.4
U	1.3 (B, Edificaciones importantes)
S1	Suelo Rígido
Tp	0.4
S	1
g	9.81 m/s ²
R (xx,yy)	7 ^{3/4} =5.25 (Sistema Dual)

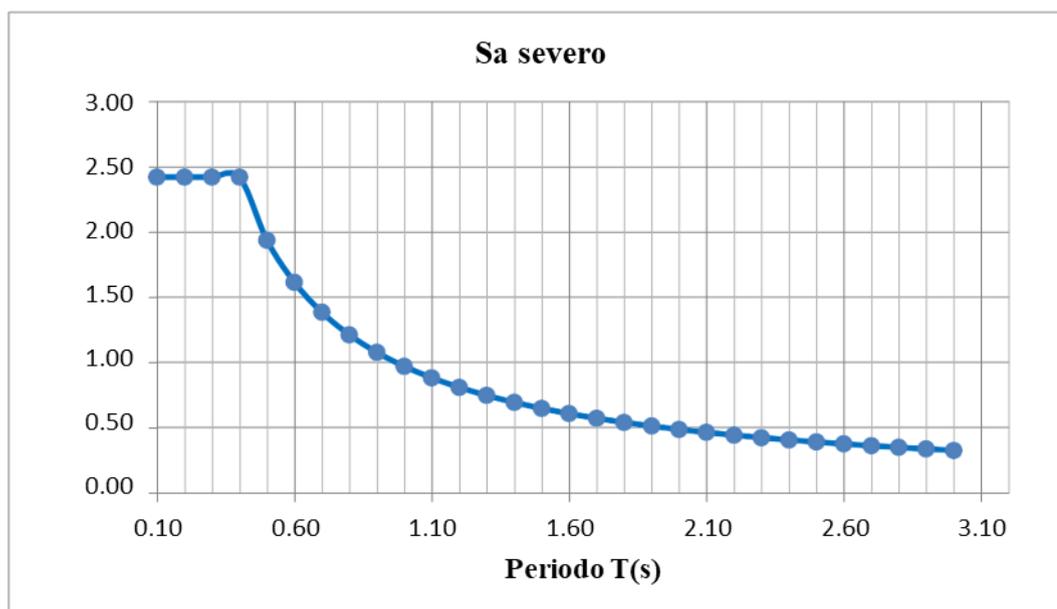
Fuente: Amoroto (2014)

Tabla 21. Valores del espectro de Pseudo aceleraciones

Perio do (T)	Aceleración Espectral (Sa)
0.10	2.43
0.20	2.43
0.30	2.43
0.40	2.43
0.50	1.94
0.60	1.62
0.70	1.39
0.80	1.21
0.90	1.08
1.00	0.97
1.10	0.88
1.20	0.81
1.30	0.75
1.40	0.69
1.50	0.65
1.60	0.61
1.70	0.57
1.80	0.54
1.90	0.51
2.00	0.49
2.10	0.46
2.20	0.44
2.30	0.42
2.40	0.40
2.50	0.39
2.60	0.37
2.70	0.36
2.80	0.35
2.90	0.34
3.00	0.32

Fuente: Amoroto (2014)

Figura 9. Espectros de respuesta sísmica



- Cálculo de coeficiente de cortante en la base

Para identificar el esfuerzo cortante automático V en la base de la estructura, se debe utilizar la expresión que se muestra en la Norma E.030, Cláusula 17.3.

4.2.6. Análisis de puntuación de índice de vulnerabilidad sísmica

- Tipo de edificio

Los materiales que componen los elementos de estructura del edificio T&T no son homogéneos, el valor medio del ensayo de resistencia a la compresión está entre 70 kg/cm² y 320 kg/cm², el valor mínimo del sándwich promedio $f'c = 140$ kg/cm², indicando que Datos de edificaciones propensas a fallar por rótulas plásticas, además, el valor mínimo del ensayo de resistencia a compresión no supera el mínimo exigido por la Norma de Diseño Sísmico E-0.30, debido a los datos que se obtuvieron, suponiendo una puntuación de 5.

- Año de construcción

Su antigüedad de más de 20 años indica que el diseño del edificio y los estándares de refuerzo no coincidían con las condiciones reales en Perú, que se considera una magnitud 8 como la subregión más sísmicamente activa de la sierra central del país.

- Irregularidad vertical

La elevación del edificio es irregular sin embargo no excede la dimensión en planta de la estructura resistente a la carga lateral, que es del 130% como se especifica en la Norma de Diseño Sísmico E-0.30. Así que digamos que la puntuación es 2.

- Tipo de piso

El edificio no llega a presentar la superficie blanda, es por ese motivo que se ofrece el valor 4.

- Irregularidad torsional

Además, de acuerdo a la evaluación realizada de acuerdo a la norma de diseño sísmico E-0.30 vigente, el desplazamiento del entrepiso está en el rango de 0.001 a 0.006, los datos muestran que la edificación no sobrepone el 0.007 especificado en la norma, y los datos también provienen del modelo matemático, la conclusión es que la estructura es muy rígida, lo que no permite que la rigidez del edificio se comporte elásticamente, por lo que la puntuación estimada es 1.

- Irregularidad en planta

El sistema de resistencia de la configuración y estructura proyectada tiene un ángulo de reentrada del 30%, el cual supera en un 20% el valor máximo admisible que indica la norma E-0.30, por lo que se considera punto 0.

- Columnas cortas

Según el trabajo realizado con equipos de perforación, las paredes estaban hechos de ladrillos de pandereta y, según los inspectores, los muros no produjeron columnas cortas, por lo que se obtuvo una puntuación de 4.

- Junta de separación

Las edificaciones universales no tienen espaciamiento a bloques de media altura y deben tener un espaciamiento mínimo de 3,5 cm. Por lo tanto, considere una puntuación de 0.

- Acumulación de agua

La estructura no llega a tener líquidos estancados que la perjudiquen, por lo que su puntaje es 2.

- Revestimiento pesado

Debido a mucho tiempo usando y remodelando la estructura, llega a presentar un revestimiento pesado en ciertos puntos específicos. Por lo tanto, la puntuación estimada es 2.

- Tipo de suelo

La muestra de la superficie es ideal (GP) de acuerdo con la zonificación sísmica y EMS, lo que resulta en un puntaje estimado de 8.

- Potencial de licuación

La muestra de la superficie de cimentación del edificio no tiene capa freática y no es licuable en caso de sismo, por lo que se le otorga una puntuación estimada de 8.

- Tipo de cimentación

Conforme los estudios de tipología de superficies, la extensión del suelo es suficiente para el tipo de cimentación propuesto, pero el fondo de levantamiento es mínimo (1 m), por lo que la puntuación estimada es de 2.

- Estabilidad de taludes

La estructura fue construida en una zona de terreno con pendiente mínima, por lo que tiene una puntuación estimada de 5.

En cuanto a la suma de los puntajes del edificio, el edificio tiene un puntaje total de 51, como se observa en la Tabla 22.

Tabla 22. Puntaje estructural del edificio

Factor estructural	Peso
Tipo de edificio	5
Año de construcción	8
Irregularidad vertical	2
Piso suave	4
Irregularidad torsional	1
Irregularidad en planta	0
Columnas cortas	4
Junta de separación	0
Acumulación de agua	2
Revestimiento pesado	2
Daño visible	0
Factor de cimentación	Peso
Tipo de suelo	8
Potencial de licuación	8
Tipo de cimentación	2
Estabilidad de taludes	5
Total	51

4.2.7. Medidas de mitigación de la vulnerabilidad sísmica

- Propuesta de reforzamiento estructural mediante sistema de protección sísmica - disipadores de energía

El método de control de oscilaciones estructurales para llegar a proteger de estos eventos telúricos, son muy estudiadas en todo el planeta. Sin embargo en nuestro país, este tipo de metodología recién se llegan a popularizar. Adicional a ello y dependiendo del análisis de todos los modelos matemáticos, el tipo de riesgo sísmico de la edificación es del 52%, y este se encuentra en un nivel medio.

Es por este motivo, se recomienda incorporar dispersores de energía en lugares clave de una estructura a otra en el refuerzo estructural del edificio T&T para mitigar y reducir el impacto de posibles eventos telúricos que se pueden tener en el futuro, adicional a ello la resistencia media de las pruebas de compresión es $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, que es el mínimo requerido para trabajos de refuerzo con dispersadores

de energía.

Figura 10. Modelo de reforzamiento estructural con disipadores de energía



Fuente: Google images (2020)

Los dispensadores de energía permiten desarrollar diferentes edificios con una altura más barata y con una mayor fiabilidad para los sismos más graves. Una estructura sin disipadores de energía resiste terremotos severos disipando energía en su elemento primario (el elemento que sufre el daño). Por el contrario, con estructuras con disipadores de calor, estos dispositivos absorben energía, lo que reduce significativamente la deformación a la estructura.

Sus principales ventajas permiten:

- ✓ La seguridad estructural es entre un 50 y un 100% mayor que un edificio convencional.
- ✓ Se puede utilizar tanto en edificios como en equipos industriales para el control de vibraciones.

- ✓ Se protegen los contenidos.
- ✓ Se evita la paralización post-sismo.

4.3.CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

- Prueba de hipótesis

El método de Chi cuadrado se llega a utilizar en nuestra prueba de hipótesis de nuestro estudio.

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

4.3.1. Para derivas de entrepiso

- Hipótesis nula

Ho = Las derivas de entrepiso oscilan dentro de los parámetros permisibles (Min = 0.002; Max = 0.007)

- Hipótesis alterna

Hi = Las derivas de entrepiso se encuentran fuera de los parámetros permisibles (Min = 0.002; Max = 0.007)

Para nuestro estudio, se procesa para examinar el desplazamiento en las direcciones X-X e Y-Y. La Tabla 23 da los resultados para la dirección X-X y la Tabla 24 da los resultados para la dirección Y-Y.

Tabla 23. Prueba de hipótesis de los desplazamientos en X-X

Xi- Obs.	Esperado (Villareal)	Esperado (E 0.30)	Li=0.002	LS=0.007
0.003	0.002	0.007	0.0008	0.002285613
0.005	0.002	0.007	0.0048	0.000551428
0.006	0.002	0.007	0.007	0.000132654
0.006	0.002	0.007	0.006	0.000142857
0.003	0.002	0.007	0.0004	0.002285723
0.003	0.002	0.007	0.0004	0.002285712
0.002	0.002	0.007	0	0.003571429
0.002	0.002	0.007	0	0.003571428
0.001	0.002	0.007	0.0004	0.005142956
0	0.002	0.007	0.002	0.005
0	0.002	0.007	0.002	0.006

X'2 Inferior	=	0.0264
X'2 Superior	=	0.035

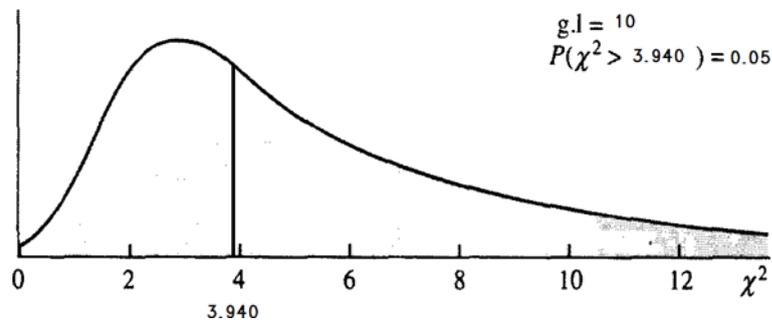
Tabla 24. Prueba de hipótesis de los desplazamientos en Y-Y

xi- Obs.	Esperado (Villareal)	Esperado (E 0.30)	Li=0.002	LS=0.007
0.003	0.002	0.007	0.0004	0.002285715
0.004	0.002	0.007	0.002	0.001285713
0.005	0.002	0.007	0.0044	0.000571428
0.004	0.002	0.007	0.002	0.001285712
0.003	0.002	0.007	0.0004	0.002285713
0.003	0.002	0.007	0.0004	0.002285713
0.002	0.002	0.007	0	0.003561427
0.002	0.002	0.007	0	0.003571428
0.001	0.002	0.007	0.0006	0.005142867
0.001	0.002	0.007	0.0006	0.005142868
0	0.002	0.007	0.001	0.006

X'2 Inferior	=	0.014
X'2 Superior	=	0.035

De acuerdo con el método estadístico, asumiendo la hipótesis nula (H_0), los valores de la prueba de hipótesis de los desplazamientos en las direcciones XX e YY están todos dentro de la región aceptable de menos de 3940, lo que indica que la estructura es muy rígida. En la Figura 11, se muestra la curva de chi-cuadrado para la deriva entre capas.

Figura 11. Curva de Chi cuadrado para los desplazamientos



4.3.2. Para periodos fundamentales

- Hipótesis nula

H_0 = El periodo fundamental del edificio están dentro de los variables permisibles (Min = 0.9 S; Max = 1 s).

- Hipótesis alterna

H_i = El periodo fundamental del edificio es inferiores al parámetro permisible (Min = 0.9 S; Max = 1 s).

Tabla 25. Prueba de hipótesis de los periodos fundamentales en dirección transversal

xi- Obs.	Esperado (Villareal)	Esperado (E 0.30)	Li=0.6	LS=1
0.388	0.9	1	0.29127112	0.374543
0.391	0.9	1	0.28786777	0.370882
0.386	0.9	1	0.29355113	0.376995
0.388	0.9	1	0.29127111	0.374543
0.395	0.9	1	0.28336112	0.366026
0.392	0.9	1	0.28673779	0.369665

X'2 Inferior =	1.73405
X'2 Inferior =	2.232653

Tabla 26. Prueba de hipótesis de los periodos fundamentales en dirección longitudinal

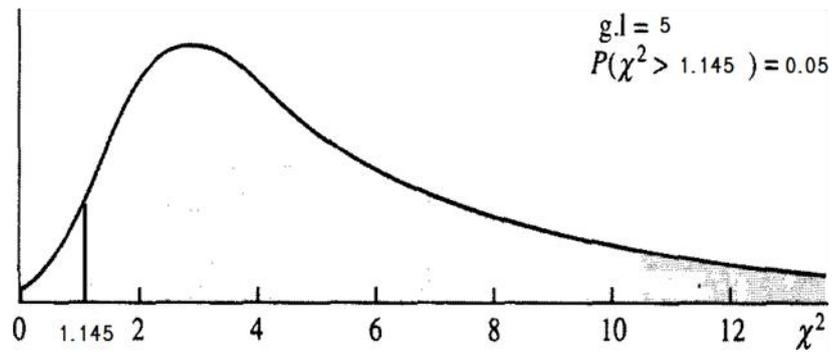
Xi- Obs.	Esperado (Villareal)	Esperado (E 0.30)	Li=0.6	LS=1
0.372	0.9	1	0.30977	0.394383
0.376	0.9	1	0.30508443	0.389375
0.376	0.9	1	0.30508443	0.389377
0.376	0.9	1	0.30508443	0.389375
0.375	0.9	1	0.30624	0.390624
0.336	0.9	1	0.35343	0.440894

X'2 Inferior =	1.884702
X'2 Superior =	2.394032

De acuerdo con los métodos estadísticos, se debe seleccionar la Hipótesis (Hi). Los resultados para los ciclos longitudinales y transversales básicos se encuentran en la región de rechazo, con valores superiores a 1.145, lo que indica que la edificación es muy rígida. En la Figura 52, la curva chi-cuadrado muestra el período de

vibración del edificio.

Figura 12. Curva de Chi cuadrado para los periodos fundamentales



CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con el Método 154 de FEMA, el tipo de edificio es una estructura de marco de hormigón que resiste la flexión (MRF) con mampostería de relleno no reforzada (URM), que consta principalmente de columnas, vigas y losas.

De acuerdo con la Tabla 10, entre las correcciones de desempeño sísmico, el edificio T&T se considera que tiene más de 6 pisos, con irregularidades verticales e irregularidades planas. Los tipos de suelo son suelos rígidos según EMS. Asimismo, el edificio se utiliza con fines comerciales y puede albergar un promedio de 350 personas por día, con un rango de 50 a 200.

De acuerdo con la Norma E.060 Sección 5, la resistencia menor del hormigón estructural f'_c construido y diseñado según la norma no será menor a 17 MPa. Con base en los resultados de 24 muestras de concreto endurecido, el 51% no cumplió con los requisitos mínimos.

A partir de la distribución de frecuencias de 24 ensayos de resistencia, construidos a intervalos de 70, los resultados de resistencia de las estructuras de los edificios comerciales de T&T se determinaron mayoritariamente en $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, considerando a la moda por ser el valor más conservador. $f'_c = 156.26 \text{ kg/cm}^2 \approx 150 \text{ kg/cm}^2$.

En diferentes ensayos, 6 para ser específicos, a la compresión se llega a considerar f_y como valor medio aritmético sin agrupar valores, y se obtiene el valor representativo del modelo matemático $f_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$.

Los dispensadores de energía permiten desarrollar diferentes edificios con una altura más barata y con una mayor fiabilidad para los sismos más graves. Una estructura sin disipadores de energía resiste

terremotos severos disipando energía en su elemento primario (el elemento que sufre el daño). Por el contrario, con estructuras con disipadores de calor, estos dispositivos absorben energía, lo que reduce significativamente la deformación a la estructura.

El procedimiento de Mecánica de Suelos fue diseñado para evaluar la vulnerabilidad de los edificios comerciales de T&T y fue diseñado para investigar las variables geotécnicas de la superficie de cimentación de la estructura física. En este sentido, se determina el máximo portante de la superficie de la cimentación de la estructura, como también las variables mecánicas y físicas mencionadas en el código Nacional de Edificación Norma para Suelos y Cimentaciones E-050.

Con relación a las hipótesis de la investigación, se encuentra en primera instancia que las derivas de entrepiso oscilan dentro de los parámetros permisibles (Min = 0.002; Max = 0.007), lo que indica que la estructura es muy rígida. Seguidamente se halla que el periodo fundamental del edificio es inferiores al parámetro permisible (Min = 0.9 S; Max = 1 s) lo que indica que la edificación es muy rígida.

CONCLUSIONES

- 1) De acuerdo con los fundamentos de las normas nacionales de construcción y el método de Chang (1995), basado en el modelo exacto y la prueba experimental de fricción in situ, la principal conclusión es que la vulnerabilidad sísmica de los edificios comerciales T&T es media, y el índice de vulnerabilidad es del 52% a sismo, confirmando así la hipótesis planteada inicialmente.
- 2) En cuanto a la calidad del material, de los 24 tipos muestras de concreto endurecido y 6 muestras de acero corrugado tomadas del elemento estructural, se concluyó que el 51% del resultado de resistencia a compresión no cumplieron con el valor mínimo de $f'c = 150$ muestra kg/cm^2 en la norma E-0.60 para hormigón armado. Además, la diferencia entre los resultados mínimo y máximo indica que la edificación es propensa a fallar, ya que las rótulas plásticas presentan resultados diferentes entre sus elementos estructurales. Nuevamente, el promedio de los resultados de resistencia a la tracción indica que este acero es 18% inferior al valor mínimo para el acero de diseño ($f_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$) determinado en la NTP 341.031:2008.
- 3) En cuanto a las investigaciones de la topografía de superficies, el suelo de cimentación es del tipo GP (grava baja) según la clasificación SUSC, con una cabida permisible de $2,5 \text{ kg/cm}^2$, cuyo indicador muestra que la superficie es adecuada (tipo 1 - piso rígido) según norma E - 0,30. Además, la extensión de los cimientos de la estructura no tiene potencial para la capa freática o la licuefacción del suelo.
- 4) A través de modelos matemáticos y pruebas de micro anillos in situ, se concluyó que la fuerza de corte última proporcionada por el edificio del primer piso en las dos direcciones XX e YY fue 25% y 44% mayor que la del análisis dinámico, respectivamente. El edificio es muy rígido y propenso a la rotura por fragilidad debido a la falta de comportamiento elástico ya que el

desplazamiento del sándwich es inferior a 0,007. El desplazamiento del sándwich varía de 0,001 a 0,006 en la dirección X-X y de 0,001 a 0,005 en la dirección Y-Y. El período fundamental de la estructura según el modelo matemático y los ensayos experimentales de micro tiña in situ muestran que el edificio es muy rígido. Se utiliza para generar resultados para edificios de 6 a 10 pisos con parámetros permitidos de 0,6 segundos a 1,0 segundos. Por último, El Edificio Universal es susceptible a los efectos de martillazos ya que tiene una junta de desprendimiento de 2,5 cm. Según el cálculo de la Norma de Diseño Sísmico E-0.30. La junta divisoria mínima para edificios debe ser de 5 cm.

RECOMENDACIONES

- 1) Por ser una estructura muy rígida, se recomienda investigar para mitigar la vulnerabilidad sísmica de la edificación, el uso de disipadores de energía, ya que estos absorben y disipan energía cinética cuando están conectados rígidamente, para amortiguar o liberar resonancia. en la estructura del suelo. Sin embargo, no se recomienda el refuerzo con elementos de hormigón armado porque el edificio es muy resistente. Mediante el uso de sumideros de energía para la mitigación de desastres, ahorrará 5 veces el costo de reparar los daños causados por terremotos severos.
- 2) Se debe proporcionar una asesoría técnica a los propietarios del edificio comercial T&T para realizar una forma correcta de construcción sismorresistentes para modificaciones futuras o nuevas construcciones. Se debe dar una concientización a los propietarios de la edificación Para que no minimicen el costo al realizar la construcción, ya que se requieren profesionales.
- 3) Las fichas de reporte y metodología que se desarrolla en este estudio se deben realizar en otras estructuras del centro de Huancayo, con la finalidad de seguir evaluando el riesgo de las estructuras.
- 4) Incentivar la realización de simulacros de sismos en forma permanente para educar y preparar a los propietarios y habitantes del edificio comercial T&T, asesorados por defensa civil.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Astorga, M. (2006). "Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas" (Tesis Magistral). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ACI -318S-08. 2008. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. EE.UU. 518 pp.
- Applied Technology Council (ATC 21). 2002. Federal Emergency Management Agency (FEMA 154). 2da. California. 140 p.
- Applied Technology Council (ATC 22). 1998. Federal Emergency Management Agency (FEMA 310). 1ra. California. 283 p.
- Barbat, A. (1998). El riesgo sísmico en el diseño de edificios. (Tesis Doctoral). Barcelona España: Universidad politécnica de Cataluña.
- Bonett, R. (2003). "Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada". (Tesis Doctoral). España, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. 474 pp.
- Dorbath L (1990), "Evaluación del tamaño de las grandes y grandes terremotos históricos en Perú", Boletín de la Sociedad Sismológica de América ", Vol. 80, No. 3, págs. 551-576.
- Espinoza, F. (2002). Determinación de características dinámicas en estructuras. (Tesis Doctoral). Barcelona España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Gonzales, C., & Veli, A. (2016). "Evaluación del comportamiento sísmico de una edificación con sistema MDL aplicando la NTP E.030-2016 y la norma chilena 433-2012". Lima: Universidad San Martín de Porres.
- Harmen, T. (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. 4Ta. Lima. Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. 680 p.
- Mosqueira, M. (2012) "Riesgo sísmico en las edificaciones de la facultad de

- ingeniería” (Tesis de Ingeniero Civil). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Reyna, A. K. (2017). “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura. Lima: Universidad César Vallejo.
- Zuñiga, O. (2015). “Evaluación analítica de la respuesta sísmica de las edificaciones de mampostería”. Barcelona: Universidad Autònoma de Barcelona.
- Safina, S. (2002). “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico”. (Tesis Doctoral). Barcelona España: Universidad politécnica de Cataluña. 250 pp.
- San Bartolome, A. (1998). Análisis de Edificios. 1ra. Lima. Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. 322 p. ISBN 9972-42-112-0.
- Vizconde, A. (2004). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un Edificio Existente: Clínica San Miguel de Piura (Tesis de Ingeniero Civil). Lima: Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de Piura. 247 pp.
- Llanos L, Vidal L. (2003). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Escuelas Públicas de Cali (Tesis de Ingeniero Civil). Cali: Facultad de Ingeniería Civil. Universidad del Valle. 261 pp.
- Rojas, J. (2011). Niveles de vulnerabilidad y riesgo sísmico en edificaciones de la parroquia catedral del municipio libertador de Caracas (Tesis de Ingeniero Civil). Caracas: Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Central de Venezuela. 252 pp. •
- Kuroiwa, J. (2002). Reducción de Desastres. 1ra. Lima. Editorial Cecosán. 430 p.
- Wilson, E. (2009). Interacción Suelo Estructura. Cuarta Edición. Morrison Ingenieros. Santo Domingo. Morrison Ingenieros. 457 p.

ANEXOS

ANEXO N°01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE 10 PISOS – EDIFICIO COMERCIAL T&T, HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN EN EL 2020”

<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: -¿Cuál es el comportamiento estructural de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020? - ¿Cuál es el periodo fundamental mediante microtrepidaciones in situ de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020? - ¿Cuál es una medida de mitigación acorde al índice de vulnerabilidad de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: - Determinar el comportamiento estructural de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020. - Calcular el periodo fundamental mediante microtrepidaciones in situ de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020. - Proponer una medida de mitigación acorde al índice de vulnerabilidad de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín - 2020.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: La vulnerabilidad sísmica de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín – 2020 es moderada.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: - El comportamiento estructural de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín – 2020 es inadecuada. - El periodo fundamental mediante microtrepidaciones in situ de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín – 2020 es superior a los parámetros indicados. - Una medida de mitigación acorde al índice de vulnerabilidad de una edificación de 10 pisos – edificio comercial T&T, Huancayo, región Junín – 2020 es el uso de un reforzamiento estructural.</p>	<p>VARIABLE 1: Vulnerabilidad Sísmica</p> <p>Dimensiones: -Calidad de materiales -Configuración estructural -Aceleración de terreno -Diseño sísmico -Ensayos de microtrepidaciones</p>	<p>MÉTODO: TIPO: Aplicada NIVEL: Descriptivo DISEÑO: No experimental, de corte transversal P ←→ O</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA: 01 edificio comercial T&T de 10 pisos</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN: Método ACT21 -FEMA 154 Formulario de recolección de datos Observación Información bibliográfica Recolección de muestras</p> <p>PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN: Software Blastware Microsoft Excel</p> <p>PRUEBA DE HIPÓTESIS: Chi Cuadrado</p>
--	--	---	--	---



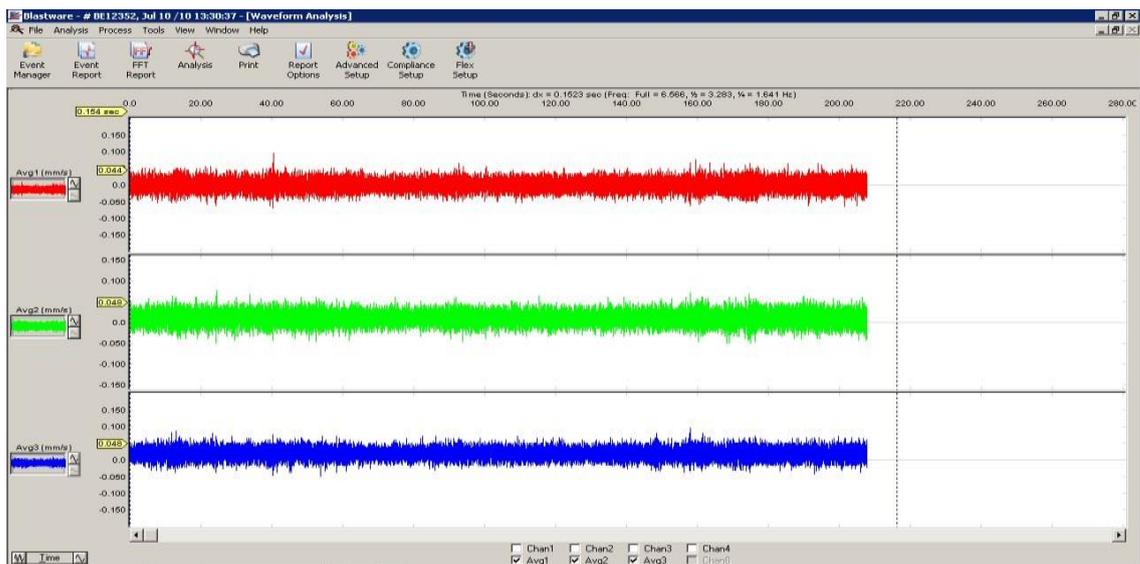
Equipo utilizado para la extracción de muestras de concreto



Equipo utilizado para detectar acero



Muestras de acero obtenidas



Ejemplo de software Blastware