



**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LOS EDIFICIOS
ESCOLARES CONSTRUIDOS BAJO EL PLAN LA SERENA,
1946-1952**

EVALUACIÓN BASADA EN EL MÉTODO DESARROLLADO POR EL
“GRUPPO NAZIONALE PER LA DEFENSA DAI TERREMOTI” (G.N.D.T.)

TÉISIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE ARQUITECTA

Investigación de Título Proceso Año 2019
Profesor Guía: Dra. Claudia Torres Gilles
Alumna: Monserrat Panay Schweizer

AGRADECIMIENTOS:

A ti mamá, por tu amor y comprensión, por que sin ti llegar hasta estas instancias hubiese sido imposible.

A ti papá, por que tu alma está presente en cada uno de mis pasos, gracias por impulsarme al área de la arquitectura y por haber sido siempre mi fan numero uno.

A mi familia, mis hermanos, mi tía Giesela, mi nona Hilda y mis primas Vanessa y Catalina, por su cariño y por siempre alentarme a llegar más lejos.

A ti Mauricio por siempre creer en mí y acompañarme en cada una de mis metas.

A mi profesora Claudia Torres, por su infinita amabilidad, paciencia y voluntad para soportarme y ayudarme estos años de aprendizaje.

A ti Gigio, por tu paciencia, ayuda y cariño en todos estos años.

Y por último pero no menos importante, a mis amigas. Por estos tremendos años que hemos compartido en la FAU y por ser siempre mi apoyo incondicional, en cada proyecto, traspase y meta que nos ponemos por delante.

A todos ustedes, gracias infinitas por poner un grano de arena en estos años universitarios.

CONTENIDOS

0

RESUMEN Y MOTIVACIONES

9-11

1

PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.0	Introducción	14-17
1.1	Problemática	18
1.2	Planteamiento de la investigación	19
1.3	Metodología de la investigación	20-23

2

SISMICIDAD Y NORMATIVA

2.0	Sismicidad a nivel global	26-29
2.1	Sismicidad en Chile	30-31
2.2	Sismicidad en la Región de Coquimbo	32-33
2.2.1	Sismos que han afectado a la región	34
2.2.2	Terremoto 19E	35
2.3	Normativa asociada al diseño sismorresistente	36-37
2.4	Regulaciones y normativas existentes	38-45

3

VULNERABILIDAD SÍSMICA

3.0	Riesgo y vulnerabilidad	48-49
3.1	Métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica	50-53
3.2	Selección del método G.N.D.T	54-55
3.2.1	Calibración del índice de vulnerabilidad del método G.N.D.T	56-59
3.2.2	Calibración y adaptación del método a casos de estudio	60-65
3.2.3	Variables evaluadas	56-69

4

PLAN SERENA VS ARQUITECTURA MODERNA

4.0	Plan Serena: Arquitectura moderna VS neocolonial	72-73
4.1	Influencia del Movimiento Moderno en el comportamiento sísmico	74-77

5

ARQUITECTURA EDUCACIONAL

5.0	El rol de la arquitectura en la conformación de espacios educativos	80-81
5.1	Arquitectura educativa en Chile	82
5.1.2	Tipologías empleadas	83
5.2	Arquitectura educativa de La Serena	84-85

6

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN CASOS DE ESTUDIO

6.0	Selección de casos	88-89
6.1	Evaluación de Vulnerabilidad sísmica	91
A.	Colegio Japón	92-103
B.	Escuela de Minas	104-125
C.	Escuela Agrícola	126-145
D.	Liceo de Niñas	146-159
E.	Universidad Técnica	160-171
6.2	Análisis de resultados y conclusiones de la evaluación	172-175

7

CONCLUSIONES

7.0	Conclusiones del estudio	178-179
7.1	Conclusiones metodológicas	180-181
7.2	Comentarios finales	182-183

8

ETAPA PROPOSITIVA

8.0	Propuesta	186-187
-----	-----------	---------

9

BIBLIOGRAFÍA E ÍNDICES

9.0	Bibliografía	190-195
9.1	Índice de Figuras	196-200
9.0	Índice de Tablas	201-202
9.0	Índice de Anexos	203

10

ANEXOS

10.0	Anexos	209-221
------	--------	---------

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LOS EDIFICIOS ESCOLARES CONSTRUIDOS BAJO EL PLAN LA SERENA, 1946-1952

EVALUACIÓN BASADA EN EL MÉTODO DESARROLLADO POR EL "GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFENSA DAI TERREMOTI" (G.N.D.T.)

ABSTRACT

In this thesis work, the principal aim is to make a seismic vulnerability analysis, by the application of the Italian G.N.D.T (Gruppo Nazionale per la Difensa dei Terremoti) method. This method will be adapted to the parameters inciting in the seismic resistance of the educational institutions in the historic center of La Serena. These institutions were designed under the implementation of "Plan Serena" during the 1946-1952 period.

Performing this vulnerability assessment will not only enable the rise to future studies of greater specialization according to the obtained index, but also will contribute to the identification of possible pathological or structural problems that impact directly in these results, and therefore require to be observed carefully.

The motivation to carry out this study, arise from the recent seismic events that had affected Coquimbo region. Mainly the earthquake of the 19 of January 2019, where brought with it, biggest tolls than expected because of the earthquake topology (Intraplate). It is essential to consider the importance of the educational institutions regarding their occupation level, given that the damage in these buildings could be highly harmful for the child population and the functioning of the city. Against this background, besides that the building's already have with a service life of approximately 70 years and don't comply with any current regulation regarding the seismic resistant design, increase the relevance of performing a seismic vulnerability analysis in them.

RESUMEN

En la presente Tesis de Investigación, se tiene como objetivo principal el realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica, mediante la aplicación del método italiano G.N.D.T (Gruppo Nazionale per la Difensa dei Terremoti), adaptándolo a los parámetros que inciden en el comportamiento sísmorresistente de los establecimientos educacionales emplazados en el centro histórico de la ciudad de La Serena, los cuales fueron diseñados bajo la implementación del Plan Serena en el periodo de 1946-1952.

La realización de esta evaluación de vulnerabilidad dará pie a futuros estudios de mayor especialización según el índice obtenido, y aportará a la identificación de posibles problemas patológicos o estructurales que incidan directamente en estos resultados, y que por ende requieren ser observados en mayor detalle.

Las motivaciones para realizar este estudio surgen a partir de los recientes eventos sísmicos que han afectado a la Región de Coquimbo, principalmente el terremoto del 19 de Enero de 2019, el cual trajo consigo mayores daños de lo esperado, debido a la tipología del sismo (Intraplaca). Sin duda es fundamental considerar la importancia de los establecimientos educacionales en cuanto a su factor de ocupación, puesto que el daño en estas construcciones podría ser altamente perjudicial para la población infante juvenil y el funcionamiento de la ciudad. Estos antecedentes, además de que las construcciones ya cuentan con una vida útil de aproximadamente 70 años, y no cumplen con ninguna normativa actual en cuanto al diseño sísmorresistente, aumentan la relevancia de realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica.

MOTIVACIONES

Pese a que han existido diversas herramientas para la evaluación de la resistencia de edificaciones que se ven enfrentadas a eventos sísmicos, su aplicación ha sido insuficiente considerando que Chile es un país de alta sismicidad, lo que ha hecho necesario que su aplicación sea constantemente actualizada y aplicada en nuevos territorios. Dentro de las ciudades que se han visto recientemente afectadas por estos desastres, se encuentra la ciudad de La Serena, la cual sufrió severos daños en sus edificaciones luego del terremoto que afectó a la Región de Coquimbo en Enero de 2019. Fue durante este sismo, que el centro histórico de la ciudad de La Serena se vio afectado, con daños que aún están siendo registrados y estudiados, considerando el corto periodo que ha transcurrido desde su incidencia.

Es en base a esta temática, que se hace necesario contar con un estudio de mayor especialización, que otorgue las herramientas necesarias para analizar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones educacionales, que se encuentran emplazadas en el Centro Histórico de La Serena, y no solo medir los niveles de daños ocurridos, como se suele hacer luego de los sismos. Estos análisis se realizarán con el objetivo de disponer de una evaluación que permita predecir el comportamiento de estas construcciones ante la acción de un nuevo evento de mayor magnitud, otorgando información para la formulación de un plan de acción que permita, tanto realizar estudios más específicos en caso de detectar altos niveles de vulnerabilidad en estas edificaciones, como realizar los refuerzos necesarios en su



Patio interior Liceo de Niñas, actual Liceo Gabriela Mistral. Fuente Elaboración propia.

estructura para evitar daños de mayor consideración ante un nuevo evento sísmico.

Por otra parte, los establecimientos educacionales son los principales recintos que deben responder luego de la emergencia, ya que sus dependencias son utilizadas como albergues y lugares de bodegaje y distribución en casos de emergencia, tal como lo menciona la ONEMI, en su balance de Habitabilidad Transitoria en Desastres en Chile: *“El uso de establecimientos educacionales como albergues es una solución inmediata para minimizar los estragos de una afectación.. .”* (ONEMI, 2018), por ende estos deberían encontrarse en condiciones óptimas para ser utilizado tanto en el día a día, como ante una emergencia.

Finalmente, considerando la carencia de métodos nacionales de evaluación sísmica, es importante mencionar que se recurrirá a aquellos métodos internacionales, los cuales en su mayoría ya han sido aplicados en nuestro territorio, y se calibrarán, de ser necesario, según las características, condiciones y factores específicos de las edificaciones educacionales de la ciudad de La Serena.





Patio interior Liceo Gregorio Cordovéz.
Fuente Elaboración propia.



CAPÍTULO

1

PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.0

INTRODUCCIÓN

Considerar la realidad geográfica en que se emplazan las principales ciudades del país y las implicancias de nuestro territorio nacional, el cual se encuentra expuesto constantemente a posibles emergencias causadas por desastres naturales, significa tener presente una condición de riesgo que debe ser constantemente analizada. Esto con el fin de contar con un plan estratégico que nos permita prevenir, actuar y responder a posibles daños o riesgos a los que se vean expuestos las ciudades y particularmente nuestras edificaciones históricas.

Dentro de los desastres naturales que afectan de manera más recurrente a nuestro país se encuentran los eventos sísmicos, lo cual se explica debido a su ubicación geográfica, ya que se encuentra "sobre la Placa Sudamericana, cercano al margen convergente que la divide de la placa de Nazca, ubicada al Este", y emplazado al interior del "Círculo de fuego"¹. (CSN, 2019)

A pesar de que estas catástrofes no pueden ser previstas por ahora, existen otras variables que pueden ser estudiadas previamente a un evento de estas características.

Considerando esta condición del territorio nacional, nuestro país, así como otros que se enfrentan a las mismas condiciones sísmicas, se ha ido

especializando cada vez más en esta materia, para lo cual existen diversos métodos y herramientas que permitirían, presuponer posibles daños en las construcciones a partir de su diseño, materialidad, estructura y emplazamiento, entre otros.

Por un lado, dentro de estas herramientas se encuentran aquellos *Análisis de vulnerabilidad*, como por ejemplo el método G.N.D.T₂, que buscan realizar un estudio previo del comportamiento de una edificación ante eventos sísmicos y las lesiones a las cuales se podría ver enfrentada.

Estos estudios, a pesar de ser considerados de carácter subjetivo, ya que basan sus resultados en una metodología de inspección visual, son fundamentales para generar un diagnóstico previo para determinar si existen edificaciones que requieran la aplicación de métodos de modelamiento y cálculos de mayor complejidad.

Es por esto que la metodología de evaluación que se implementará en esta investigación, aportará tanto a prevenir riesgos, como optimizar la recuperación y rehabilitación de aquellas edificaciones que presenten lesiones, para así evitar que el daño se prolongue a lo largo del tiempo.

1. Referido a la zona que rodea el Océano Pacífico y que registra una alta actividad sísmica y volcánica. (CSN, 2019)

2. Método Italiano desarrollado por el Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti con motivo de los estudios post terremotos realizados a partir de 1976.



De igual manera, es importante mencionar que existen otras herramientas que contribuyen ante estas emergencias, como lo son aquellos estudios posteriores a la incidencia de un evento sísmico. Estos se enfocan en evidenciar los daños causados en una edificación (evaluaciones diagnósticas), abocadas a analizar el comportamiento que han tenido estos inmuebles al verse enfrentados a estos desastres. Estos estudios, permiten elaborar un plan de acción, para su posterior recuperación, y así lograr evitar futuras fallas.

Por lo tanto, no es la carencia de métodos de análisis y herramientas la principal problemática a tratar, sino más bien, es la falta de aplicación de éstas a lo largo del territorio nacional. Esto considerando los constantes sismos que ocurren en el país y las diversas características de emplazamiento de las zonas urbanas que se ven afectadas, tomando en cuenta que el territorio chileno tiene diversas condiciones geográficas, geológicas y climáticas a lo largo del país.

Es por esto, que el implementar una metodología que considere diversos parámetros que permitan caracterizar y diferenciar cada caso, como lo es la planificación urbana y sus condiciones constructivas, entre otros, será fundamental para obtener un análisis de mayor precisión.

En base a estas circunstancias, y analizando los recientes eventos sísmicos que han afectado a nuestro país, es que se decide enfocar este estudio en la Región de Coquimbo.

Esto se debe a que a principios del presente año (19 de Enero 2019) la región se vio enfrentada a un sismo que contó con una *magnitud de momento*³ 6.7 (*M_w*), e intensidad⁴ grado VIII (*MM*), afectando principalmente a las ciudades de La Serena y Coquimbo. (CSN, 2019)

Sumado a esto, y a al analizar los diversos eventos sísmicos que han incidido en la zona, se puede evidenciar que esta se encuentra sometida a un *enjambre sísmico*⁵.

Pese a que en primera instancia existían dudas respecto a si este evento sísmico cumplía con las condiciones para ser considerado un “terremoto” debido a la magnitud registrada, tal como lo especifica el Geofísico Dr. Cristian Farías Vega en su columna para el Diario La Tercera (Farías, 2019), este sismo contó con características muy diferentes a los sismos que constantemente afectan al país, los cuales por lo general se deben al contacto entre dos placas.

A diferencia de estos, el terremoto de Coquimbo fue clasificado como un sismo intraplaca, los cuales son poco usuales en nuestro territorio nacional y suelen ser altamente destructivos, lo cual se traduce en un

3. Magnitud de Momento (*M_w*) es una escala logarítmica utilizada para medir la cantidad de energía liberada por un sismo introducida en 1979, su gran ventaja frente a otros sistemas de medición como Mercalli o Richter, es que frente a sismos de gran intensidad la escala no se satura, permitiendo medir mega terremotos. (CSN, 2019)

4. La escala de Mercalli (*MM*) es una escala de doce grados que mide la intensidad registrada en un lugar específico, Para un mismo temblor habitualmente se reportan varias intensidades, las que en general decrecen a medida que la distancia del epicentro aumenta. (CSN, 2019)

5. Compreendido como una serie de temblores que no están asociados con ningún terremoto mayor. Estos son comunes en las regiones volcánicas, pero también suceden en otras regiones no asociadas a la actividad volcánica. (CSN, 2019)

evento de mayor intensidad pese a la magnitud registrada, lo que explica su impacto dentro de la zona, en la cual “1.025 inmuebles requieren algún tipo de intervención, sumado a los daños existentes previo al terremoto del año 2015, siendo el casco histórico de la ciudad de la Serena el área más afectada”, según evidencia el catastro oficial realizado por el gobierno a partir de la aplicación de *Fichas básicas de emergencia* (Fibe). (Farías, 2019)

Pese a esto, el Gobierno estableció no declarar a la ciudad “Zona de Catástrofe”, optando por movilizar parte de los fondos de la SUBDERE⁶, de los fondos de Patrimonio Cultural y de Monumentos Nacionales y del Ministerio de Cultura para financiar la reconstrucción de inmuebles con daños a partir de este sismo.

Es por esto que, a partir de la incidencia de este evento sísmico, surge la inquietud de constatar en terreno, el *Índice de Vulnerabilidad (Iv)* de las edificaciones educacionales que alberga el centro histórico de la ciudad de La Serena, considerando que se menciona como el área más afectada. Parte de este centro histórico está protegido por Ley de Monumentos como Zona Típica⁷ (ZT) y por el Plan Regulador como Zona de Conservación Histórica⁸ (ZCH).

Este se encuentra compuesto por edificaciones construidas en distintas épocas, no obstante, aquellas de mayor relevancia institucional, fueron edificadas bajo un mismo período (1946-

1952), cuando se implementó el “*Primer Ensayo Urbanístico Regional para las Provincias de Chile*”⁹ en la Región de Coquimbo, bajo el gobierno de Gabriel González Videla, siendo denominado “Plan Serena”, el cual fue un ensayo planificado de la transformación de la región y de la ciudad.

Por otra parte, las edificaciones de estos inmuebles fueron regidas por una misma ordenanza en su diseño (Ley y Ordenanza General sobre Construcciones y Urbanización de 1936).

6. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Depende del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, y se encarga de impulsar y conducir las reformas institucionales en materia de descentralización. (SUBDERE, 2019)

7. Agrupaciones de bienes inmuebles urbanos o rurales, que constituyen una unidad de asentamiento representativo de la evolución de la comunidad humana, y que destacan por su unidad estilística, su materialidad o técnicas constructivas. (CMN, 2019)

8. Son aquellos bienes muebles e inmuebles, que por su valor histórico o artístico o por su antigüedad deben ser conservados para el conocimiento y disfrute de las generaciones presentes y futuras, declarados por el Ministerio de Educación previo acuerdo con el Consejo de Monumentos. (CMN, 2019)

9. Corresponde a una compilación de los estudios realizados en las distintas áreas del país, en las que se recopilaron las bases necesarias en cada una, para tomar decisiones propositivas y proyectuales. (Fierro M. T., 2015)

1.1 PROBLEMÁTICA

Pese a que han existido diversas herramientas para la evaluación de la resistencia de edificaciones que se ven enfrentadas a eventos sísmicos, su aplicación ha sido insuficiente considerando que Chile es un país de alta sismicidad, lo que ha hecho necesario que su aplicación sea constantemente actualizada y aplicada en nuevos territorios.

Dentro de las ciudades que se han visto recientemente afectadas por estos desastres, se encuentra la ciudad de La Serena, la cual sufrió severos daños en sus edificaciones luego del terremoto que afectó a la Región de Coquimbo en Enero de 2019. Fue durante este sismo, que el centro histórico de la ciudad de La Serena se vio afectado, con daños que aún están siendo registrados y estudiados, considerando el corto periodo que ha transcurrido desde su incidencia.

Es en base a esta temática, que se hace necesario contar con un estudio de mayor especialización, que otorgue las herramientas necesarias para analizar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones educacionales, que se encuentran emplazadas en el Centro Histórico de La Serena, y no solo medir los niveles de daños ocurridos, como se suele hacer luego de los sismos.

Análisis que se realizarán con el objetivo de disponer de una evaluación que permita predecir el comportamiento de estas construcciones ante la acción de un nuevo evento de mayor magnitud, otorgando información para la formulación de un plan de acción que permita, tanto realizar estudios más específicos en caso de detectar altos niveles de vulnerabilidad en estas edificaciones, como realizar los refuerzos necesarios en su estructura para evitar daños de mayor consideración ante un nuevo evento sísmico.

La relevancia del programa que albergan estas edificaciones, al ser de uso educacional, aumenta la necesidad de evitar que ocurran posibles fallas o colapsos en éstas, dada la importancia de salvaguardar la vida de niños y estudiantes, al igual que las demás personas que utilizan sus dependencias.

De igual manera, son los principales recintos que deben responder luego de la emergencia, ya que sus dependencias son utilizadas como albergues y espacios de almacenaje y distribución en casos de emergencia, tal como lo menciona la ONEMI, en su balance de habitabilidad transitoria en desastres en Chile: *"El uso de establecimientos educacionales como albergues es una solución inmediata para minimizar los estragos de una afectación.."* (ONEMI, 2018)

Finalmente, considerando la carencia de métodos nacionales de evaluación de vulnerabilidad sísmica, es importante mencionar que se recurrirá a aquellos métodos internacionales, los cuales en su mayoría ya han sido aplicados en nuestro territorio, y se calibrarán, de ser necesario, según las características, condiciones y factores específicos de las edificaciones educacionales de la ciudad de La Serena.

1.2 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Pregunta de Investigación

¿Cuentan las edificaciones educacionales de La Serena, construidas entre los años 1946-1952, con los parámetros de diseño necesarios para responder de manera eficiente ante la acción sísmica que afecta a la región, tanto a nivel de emplazamiento, como a nivel de diseño formal, estructural y constructivo, presentando bajos índices de vulnerabilidad sísmica?

Hipótesis

Las edificaciones educacionales construidas en La Serena, entre los años 1946-1952, cuentan con un diseño arquitectónico, estructural y constructivo, apto para responder de manera eficiente ante la acción sísmica, a pesar de no cumplir con las actuales normativas para el diseño sismoresistente, debido a que las normativas que regían en el periodo de su diseño, lograron establecer los parámetros necesarios para asegurar en ellas un correcto comportamiento antisísmico, lo cual se reflejará en bajos índices de vulnerabilidad.

Objetivo General

Analizar el índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones educacionales construidas en La Serena, entre los años 1946-1952, mediante la aplicación de un método cualitativo que permita calificar sus características de diseño, según las distintas variables que influirán en su desempeño sísmico, tanto a nivel de emplazamiento, morfológico, como estructural y constructivo.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar morfológicamente los establecimientos educacionales levantados bajo el Plan Serena considerando las condiciones de emplazamiento, diseño arquitectónico, estructural y constructivo.
2. Analizar la existencia de parámetros sísmicos en las regulaciones constructivas de la época, que pueden haber incidido en el adecuado comportamiento de los establecimientos educacionales.
3. Adaptar el método de evaluación de vulnerabilidad G.N.D.T para que sea aplicable a las características de cada caso.
4. Analizar las características de emplazamiento, diseño arquitectónico, constructivo y estructural, que pueden incidir en los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones escolares de La Serena.

1.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

A lo largo de su desarrollo, esta investigación irá siguiendo una lógica deductiva, iniciando con un análisis general de los casos, donde se estudiarán los diferentes sucesos que incidieron en la construcción de estas edificaciones, para finalmente concluir en aquellos datos específicos, los cuales serán analizados a partir de un método estandarizado.

La metodología con que se abordará esta investigación será de carácter mixto, esto debido a que se abordará en torno a dos modalidades.

Por un lado, la primera fase será de carácter cualitativa ya que se enfocará en analizar aquellas cualidades observables in-situ de las edificaciones educacionales de La Serena, que incidan directamente en su comportamiento ante eventos sísmicos, como lo son aquellas variables de emplazamiento, diseño arquitectónico, estructural y constructivo. Esta primera etapa tendrá un alcance descriptivo en cuanto al enfoque empleado, donde se recolectará información que aporte en las características de los casos a estudiar, para luego ser aplicados en las variables a seleccionar para la metodología que será utilizada para la evaluación de vulnerabilidad sísmica.

Luego en una segunda fase, se analizarán los aspectos morfológicos mediante la aplicación de una metodología cuantitativa, que permitirá establecer el *Índice de Vulnerabilidad (Iv)* que presentan estas edificaciones, determinando los parámetros que inciden directamente en estos resultados. Esta segunda etapa tendrá un alcance analítico, desarrollado a partir de la información obtenida en la primera fase.

ETAPAS DE DESARROLLO:

Para realizar la presente investigación, se plantean 5 etapas para su desarrollo, siendo estas las siguientes:

1. Análisis bibliográfico:

Esta etapa tiene como objetivo analizar en una primera fase los términos conceptuales asociados al tema de estudio, para así recopilar los antecedentes del estado del arte que sean necesarios para comprender los conceptos que serán tratados y analizados a lo largo de esta investigación, lo que finalmente aportará a construir la base teórica para abarcar la realidad objetiva.

En una segunda fase, se recolectará información asociada al origen del tema de estudio para así, contextualizar y establecer los conceptos y acontecimientos que se relacionan de manera directa como indirecta, a nivel internacional y nacional.

2. Revisión de archivos y documentos:

Comprendiendo que los posibles casos de estudio no han sido analizados anteriormente en profundidad y que la información existente en cuanto a lo edificado en esta época hace relación más bien a un enfoque urbano, será fundamental el análisis de documentos, archivos y planimetría histórica de estos edificios para poder definir los posibles casos de estudio, entendiendo también que la información disponible de cada uno de ellos será un factor a considerar a la hora de la selección.

La principal fuente para obtener estos documentos, será por un lado, el archivo de la Dirección de Obras de la Municipalidad de La Serena y por otro, el Archivo Histórico Nacional y el Archivo Histórico del MOP que dispone de un catálogo digitalizado de los planos de las construcciones realizadas en este período.

Por otro lado, para la comprensión de las variables sísmicas a tratar en esta investigación se estudiarán las normas constructivas y ordenanzas asociadas a la problemática, tanto actuales como las que regían en la época; las características geomorfológicas del suelo de la ciudad, que han sido publicadas por el SERNAGEOMIN y posibles documentos que puedan ir surgiendo a lo largo de esta investigación y que permitan sustentarla.

3. Revisión, selección y adaptación de métodos de evaluación de vulnerabilidad:

A partir del estudio de las metodologías internacionales abocadas al análisis de vulnerabilidad sísmica, se destinará esta etapa para identificar las distintas metodologías existentes para seleccionar aquellas que se aproximen más al objetivo deseado, comprendiendo que el universo es amplio según el enfoque que se quiere desarrollar.

Posteriormente, luego de definir una metodología, esta se adaptará a los casos de estudio y de ser necesario se modificarán las variables a inspeccionar según el resultado esperado.

4. Análisis de resultados:

En base a los resultados obtenidos a partir de la aplicación de las herramientas de análisis de vulnerabilidad, se identificarán comparativamente aquellos aspectos formales y de su diseño que hacen a estas edificaciones vulnerables, con el objetivo de comprender las causas de los resultados obtenidos.

5. Etapa propositiva:

Entendiendo que la investigación no se centra en esta etapa, se seleccionará únicamente el caso que presente mayor índice de vulnerabilidad para proponer un plan de acción, que permita responder ante las lesiones observadas en terreno y prever mayores daños ante una futura acción sísmica.

Tabla 1: Objetivos y técnicas que se implementarán en la investigación. Elaboracion Propia

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECÍFICO	TÉCNICA	
<p>Analizar el índice de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones educacionales construidas en La Serena, entre los años 1946-1952, mediante la aplicación de un método cualitativo que permita calificar sus características de diseño, según las distintas variables que influirán en su desempeño sísmico, tanto a nivel de emplazamiento, su morfología, como estructural y constructivo.</p>	<p>1. Caracterizar morfológicamente los establecimientos educacionales levantados bajo el Plan Serena considerando las condiciones de emplazamiento, diseño arquitectónico, estructural y constructivo. .</p>	<p>Análisis tipológico y morfológico</p>	
	<p>2. Analizar la existencia de parámetros sísmicos en las regulaciones constructivas de la época, que pueden haber incidido en el adecuado comportamiento de los establecimientos educacionales</p>	<p>Análisis comparativo de normativas</p>	
	<p>3. Adaptar el método de evaluación de vulnerabilidad G.N.D.T para que sea aplicable a las características de emplazamiento y morfológicas de cada caso de estudio.</p>	<p>Adaptación instrumento de evaluación</p>	
	<p>4. Analizar comparativamente los resultados y las características de los casos que, según el método G.N.D.T, pueden incidir en los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones escolares de La Serena.</p>	<p>Aplicación del método y análisis de resultados</p>	

	DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	FUENTE DE INFORMACIÓN	INFORMACIÓN ESPERADA
	<p>A) Revisión de bibliografía y documentos existentes en torno al tema.</p> <p>B) Revisión de planos de arquitectura y estructurales .</p> <p>C)Análisis en terreno. D)Levantamiento fotográfico.</p>	<p>A) Libros, documentos históricos originales y planimetría existente.</p> <p>B) Edificaciones en si.</p>	<p>I) Catastro Establecimientos.</p> <p>II)Fichas de casos de estudio.</p> <p>III)Tipologías Existentes.</p>
	<p>A) Compilación normativa existente en el periodo de estudio.</p> <p>B) Análisis de las normativas identificadas para detectar existencia de parámetros sísmicos influyentes en los casos de estudio.</p> <p>C) Análisis normativas actuales para comparación de parámetros.</p>	<p>A) Normas Administrativas para la Ejecución de Construcciones en Hormigón Armado.</p> <p>B) Ordenanza General Urbanismo y Construcciones 1936 .</p>	<p>I)Parámetros sísmicos que incidan en el actual comportamiento de los establecimientos educacionales.</p> <p>II)Cuadro comparativo de estos con los parámetros sísmicos de las normativas actuales.</p>
	<p>A) Revisión referentes que hayan utilizado esta metodología en suelo nacional.</p> <p>B) Calibración del método mediante la aplicación de los parámetros que influyen en los casos de estudio.</p>	<p>A) Documentos y planimetría original</p> <p>B) Estudios similares que apliquen el método .</p> <p>C) Establecimientos Educacionales</p>	<p>Metodología adaptada al caso de estudio, que puedan ser aplicadas en terreno para realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica.</p>
	<p>A) Aplicación instrumentos de evaluación en terreno.</p> <p>B) Análisis de resultados obtenidos.</p>	<p>A) Establecimientos educacionales.</p> <p>B)Pautas de evaluación aplicadas.</p>	<p>I) Índice de vulnerabilidad por caso de estudio.</p> <p>II) Identificación de parámetros que inciden en el aumento del índice de vulnerabilidad,</p>



Obras de reparación tras terremoto 19E
en Escuela Agrícola
Fuente Elaboración propia.



CAPÍTULO

2

SISMICIDAD Y NORMATIVA

2.0

SISMICIDAD A NIVEL GLOBAL

En cuanto a aquellos eventos sismológicos que afectan constantemente a diversos territorios a lo largo del mundo, son múltiples los avances científicos que en la actualidad nos han permitido comprender los fenómenos y conceptos asociados, como su origen, su magnitud, forma de propagación, etc. Un sismo corresponde a un proceso de generación de ondas y su posterior propagación por el interior de la Tierra. (CSN, 2019) Ondas que al llegar a su superficie, se dejan sentir a lo largo del territorio en diversas intensidades según la amplitud del movimiento.

Estos pueden ser ocasionados por distintos procesos de generación de ondas elásticas, de los cuales se pueden clasificar en:

- **Sismos Tectónicos:** Asociados a la ruptura de una falla.
- **Sismos Volcánicos:** Asociados a oscilaciones de magma, fluidos y gases en un volcán.
- **Sismos Inducidos:** Asociados a acción humana o procesos externos sobre la superficie de la Tierra.

Para su medición, existen dos escalas que se relacionan con su intensidad y con su magnitud. Por un lado, la *intensidad*, concepto que se relaciona a los efectos que provoca un terremoto (daños), es generalmente medida en la *Escala Mercalli Modificada* (MM). (CSN, 2019) Esta escala cuenta con doce grados expresados en números romanos (I al XII) y su valor dependerá de la severidad del movimiento, las condiciones del terreno, la vulnerabilidad de las construcciones y la distancia epicentral¹⁰. (INPRES, 2019).

Por otro lado, la *magnitud* es una medida instrumental relacionada con la energía elástica liberada y propagada como ondas sísmicas en el interior y en la superficie de la tierra. (CSN, 2019) Es independiente de la distancia epicentral, y resulta en un valor único, que se obtiene del análisis de los sismogramas. Existen diferentes escalas para medir la *magnitud*, aunque la más difundida es la de Richter. Esta es una escala abierta, por lo cual no tiene límite superior ni inferior; su valor es logarítmico y se expresa con números decimales. (INPRES, 2019)

10. Se comprende por distancia epicentral como aquella distancia entre un observador o una estación sismológica y el epicentro de un sismo, medida sobre la superficie de la Tierra. (CSN, 2019)



Terremoto de Valdivia 1960/ Magnitud 9,6 (Mw)



Terremoto de Japón 2011/ Magnitud 9,0 (Mw)

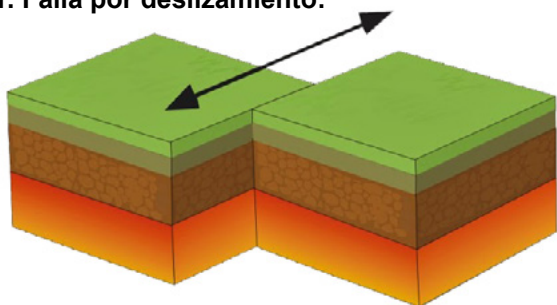


Terremoto de México 2017/ Magnitud 8,1 (Mw)

Cuando estos eventos comprenden una intensidad mayor, hablamos de terremotos, que *“representan una manifestación de la súbita liberación de energía durante un proceso de ruptura”* (CSN, 2019), los cuales ocurren cuando el esfuerzo en la tierra alcanza un nivel mayor que la resistencia de la roca, causando su falla repentina o un deslizamiento violento (Mena, 2002).

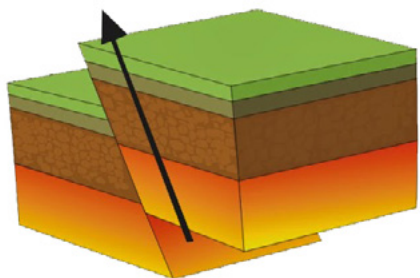
Existen **tres tipos** principales de falla que pueden ocurrir tanto dentro del mar como en superficie terrestre, estas corresponden a:

1. Falla por deslizamiento:



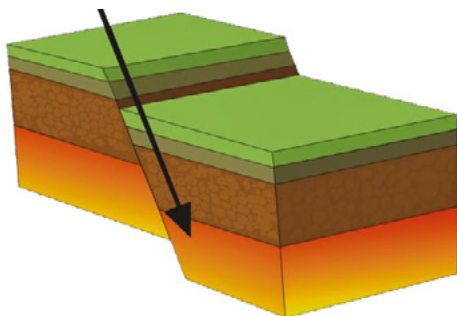
Aquella que corresponde a un deslizamiento horizontal relativo por los dos lados de la falla, que normalmente suele tener un plano de la falla vertical.

2. Falla reversible o por compresión



Aquellas en las que fuerzas por compresión causan una falla por cortante, causando que una de las capas continúe elevándose.

3. Falla normal o por extensión:



Aquellas en las que fuerzas por compresión causan una falla por cortante, causando que una de las capas se deslice hacia abajo del plano de falla inclinado.

Figura 1: Principales fallas que pueden ocurrir ante la acción de un sismo. Fuente: Mena 2002.

En nuestro planeta, estas fallas se presentan de manera constante, y su localización puede ser específicamente estudiada mediante el análisis de las ondas sísmicas leídas por observatorios sismógrafos¹¹. Esta información, ha permitido elaborar un mapa de zonificación sísmica (Figura 2), donde a partir de la localización de los diversos terremotos que han afectado al mundo, se puede evidenciar un cinturón de actividad sísmica. Entre esta zonificación podemos identificar las siguientes:

1. Cinturón Circum-Pacífico: Comprende toda la parte oeste de América, desde Alaska hasta el sur de Chile, y desde el norte de las Islas Aleutianas, siguiendo por Japón hasta Indonesia y Nueva Zelanda.

2. Mediterráneo-Himalaya: Desde las Islas Azores hasta el sudeste de la Península Ibérica, pasando por Italia, Grecia, Turquía, Persia, llegando hasta el Himalaya y el norte de la India y China.

3. Cordillera Submarina: Divide al atlántico en dos; Índico y Pacífico, frente a las costas de América del Sur.

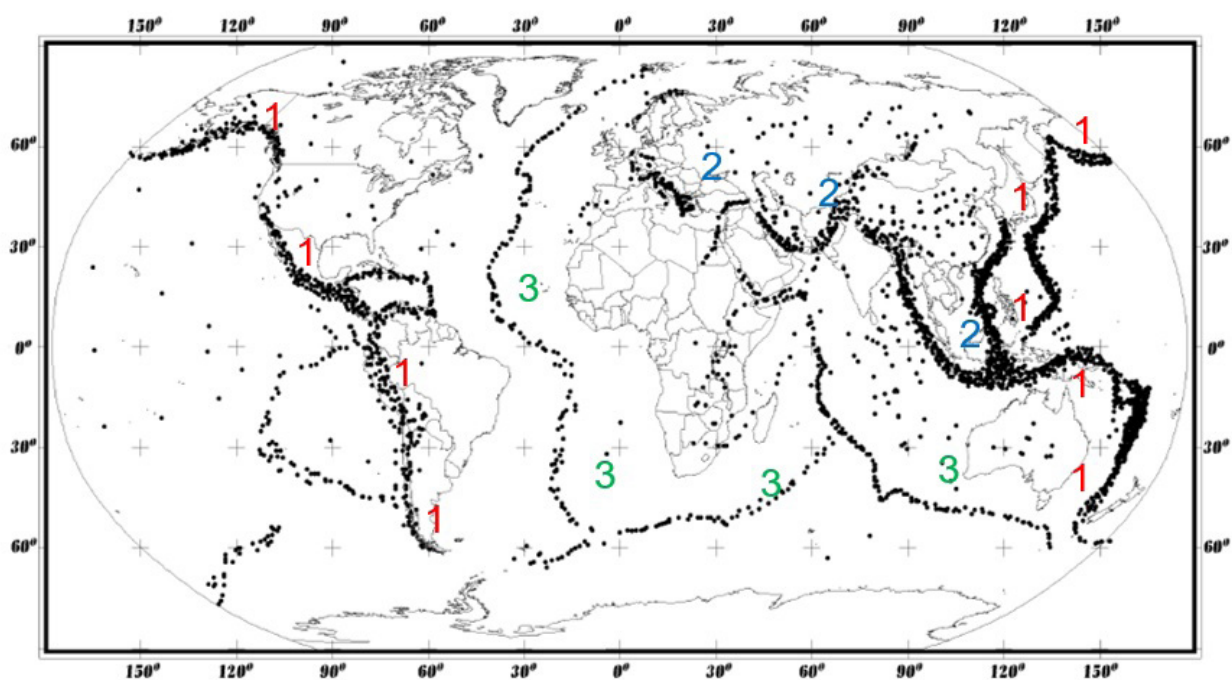


Figura 2: Mapa de Sismicidad Global, realizado a partir de la ubicación de terremotos ocurridos a partir de 1966, con magnitud mayor a 6 en escala Richter. Fuente (Mena, 2002)

11. Se comprende por distancia epicentral como aquella distancia entre un observador o una estación sismológica y el epicentro de un sismo, medida sobre la superficie de la Tierra. (CSN, 2019)

2.1 SISMICIDAD EN CHILE:

En cuanto a nuestro país, este se constituye como un territorio de alta sismicidad debido a que se encuentra ubicado sobre la Placa Sudamericana y que en su borde hacia el área occidental se generan zonas de subducción¹² de las Placas de Nazca y Sudamericana, mientras que por el sur del país, se desliza de manera horizontal a esta última la Placa Scotia, como se observa en la Figura 4. Son las interacciones entre estas placas las responsables de los constantes movimientos sísmicos que ocurren a lo largo del territorio. (CSN, 2019)

Estas interacciones generan las denominadas zonas de subducción, de las cuales en nuestro territorio, se forman debido a que la Placa de Nazca es más densa que la Placa Sudamericana, dando paso a que sus diversas interacciones generen sismos de diversa categoría, entre ellos podemos identificar los siguientes (CSN, 2019):

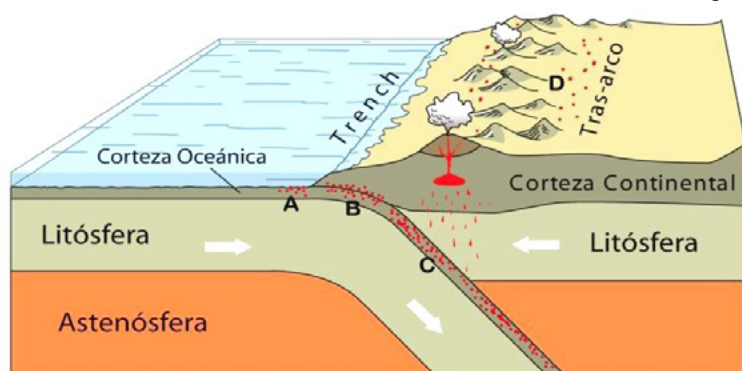
A. Sismos "outer-rise": Ocurren costa afuera de la fosa oceánica, debido a la deformación en la Placa de Nazca, al tratar de meterse bajo el continente y que el contacto interplaca no se mueve por estar acoplado. En general tienen magnitudes menores de 8.0 (*M_w*).

B. Sismos Interplaca: El movimiento entre las placas es trabado por la fuerza de roce entre ambas, las que se mueven únicamente cuando la fuerza neta en la zona interplaca es mayor que la fuerza de roce entre ellas, movimiento que genera un terremoto interplaca. El tamaño del terremoto (magnitud), es proporcional al área de la zona que logró moverse y a cuánto se movió.

C. Sismos Intraplaca-Oceánica:

Son aquellos que ocurren dentro de la Placa Oceánica subductada debido al peso de la placa. Originados a profundidades mayores de 60 km, los cuales corresponden aproximadamente a la profundidad que alcanza el contacto interplaca. El potencial de daños de estos sismos, es mayor que el de aquellos de interplaca de la misma magnitud.

D. Sismos Intraplaca-Continental: Ocurren dentro de la placa continental, en la corteza a profundidades menores de 30 km, debido a la deformación generada principalmente por la convergencia entre las placas y por esfuerzos locales. La principal deformación generada por la subducción, es el alzamiento de la Cordillera de los Andes. En general, estos sismos ocurren en torno a la cordillera, tanto en Chile como en Argentina.



ZONA DE SUBDUCCION

A: Sismos "outer-rise"

B: Sismos Interplaca

C: Sismos Intraplaca oceánica

D: Sismos Intraplaca continental

Figura 3: Zonas de subducción y tipos de sismos que se producen según su interacción. Fuente (CSN, 2019)

12. Se entiende por zonas de subducción como aquellas zonas en donde las placas chocan entre sí, ocurrida cuando una placa se introduce bajo la otra según la densidad que las compone. (CSN, 2019)

2.2 SISMICIDAD EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

La ciudad de La Serena se encuentra ubicada en la Región de Coquimbo y es su capital administrativa, perteneciendo a la provincia del Elqui. Esta ciudad se localiza junto a la bahía de Coquimbo y al borde de la Cordillera de la Costa (Ruiz, 2014). Cuenta con una población de 221.054 habitantes según indica el último Censo realizado el año 2017, concentrándose principalmente en el área urbana y tiene una superficie de 1.893 km², que representan un 4,76% de la superficie total de la región. (INE, 2017)

La Región de Coquimbo se ubica en la zona centro-norte (Desde Caldera a Valparaíso) y se caracteriza por la ausencia de volcanes y por presentar sismos de poca profundidad. Su geomorfología se compone a partir de un sistema de terrazas y valles, las cuales es importante caracterizar debido a su incidencia en el tema de estudio, considerando que los posibles casos a evaluar se pueden encontrar ubicados en diferentes terrazas, las cuales presentan diversas propiedades de suelo (Ruiz, 2014). Como se observan en la Figura 6:

I. Playa de Mar: Correspondiente a la zona color cyan, línea litoral que se compone a partir de una faja de 20 km de extensión, constituida por la bahía de Coquimbo, que se extiende desde Punta Teatinos por el norte, hasta la península de Coquimbo por el sur.

II. Terraza inferior: Corresponde a la zona de color amarillo, la faja que va inmediatamente al oriente de la faja anterior, donde se extiende una planicie que actualmente es conocido como *Las Vegas de La Serena*. En esta terraza, el suelo posee en general un mal comportamiento geotécnico, debido a su baja capacidad

soportante y a la presencia de napas subterráneas muy próximas a la superficie. Debido a esto, los suelos se encuentran saturados, presentando baja permeabilidad y mal drenaje.

III. Terraza Intermedia: Contigua a la anterior, en la zona color verde claro, se desarrolla un sector compuesto por gravas arenosas y arcillosas, las que se encuentran compactadas y cementadas en algunos sectores. A diferencia de la terraza inferior, el nivel freático se encuentra a niveles en los que no afectan el comportamiento del suelo de fundación, lo que conforma una zona que posee muy buenas propiedades geotécnicas.

IV. Terraza Superior: Corresponde a la zona color verde oscuro, de transición hacia relieves montañosos que se evidencian en los sectores altos de la ciudad (La Antena y Las Compañías). Esta se compone a partir de gravas y arenas compactadas que permiten que en general el suelo tenga un buen comportamiento, a excepción de aquellos sectores próximos a laderas que podrían verse expuestos a posibles derrumbes.

En cuanto a los posibles casos de estudio, considerando la distribución de las edificaciones ejecutadas por el *Plan Serena*, se puede identificar que hay 3 terrazas en las que se emplazan establecimientos educacionales, como lo son la **terrazza inferior, intermedia y superior**.



Figura 6: Terremotos en Chile. Elipses grafican zona de ruptura de terremoto. Fuente CSN 2019.

2.2.1 SISMOS QUE HAN AFECTADO A LA REGIÓN

Los terremotos que han afectado a la región de Coquimbo a lo largo de la historia han sido 6 según los registros del Centro Sismológico Nacional, pero se establece de igual manera, un 7mo terremoto que es aquel que afectó a la región el 19 de Enero del año 2019. Este sismo, a pesar de que no se encuentra registrado como "terremoto", debido a la magnitud registrada, puede ser clasificado de esta manera debido a los daños causados por el tipo de sismo (Intraplaca), debido a esto se incorpora de igual manera a este registro, como se observa en la Figura 7.

En cuanto al tema de estudio, es importante analizar esta gráfica ya que permite constatar que desde la construcción de las edificaciones educacionales que fueron realizadas bajo el *Plan Serena* (1946-1952) 4 terremotos han incidido sobre estas. Esta recurrencia sísmica se presenta como un factor a considerar, tomando en cuenta que su deterioro a lo largo del tiempo, a causa de estos eventos sísmicos, puede incidir directamente en el índice de vulnerabilidad que presenten actualmente estas construcciones.

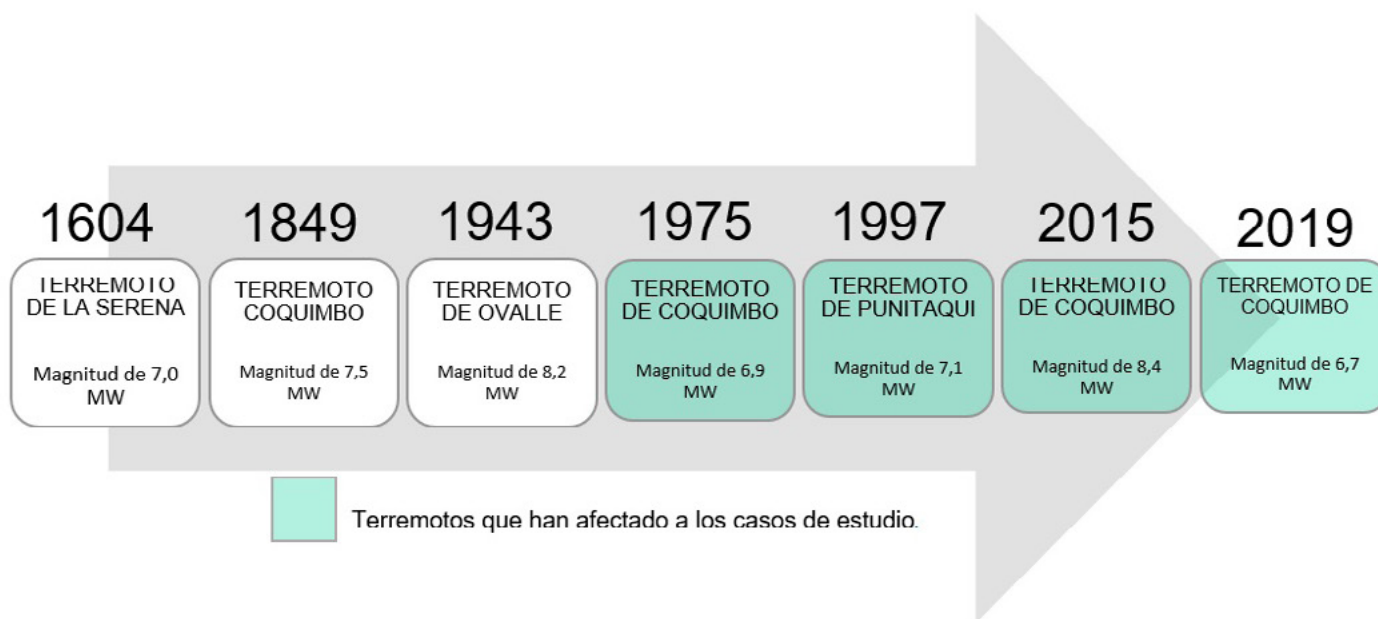


Figura 7: Terremotos que han afectado a la región. Elaboración propia. Fuente CSN.

2.2.2 TERREMOTO DEL 19E

En cuanto al evento que gatilla esta investigación, el día de 19 de Enero de 2019, la Región de Coquimbo se ve afectada por un sismo intraplaca de Magnitud 6,7 Mw con epicentro a 13 km de Tongoy, y se registró como uno de los movimientos de mayor consideración, luego del terremoto del 16 de Septiembre de 2015. Un evento que dejó 2 víctimas fatales a causa de afecciones cardiacas, 174 heridos de distinta consideración y 53 personas que debieron ser albergados, (Gobierno de Chile, 2019) además de generar una seguidilla de réplicas que continuaron afectando a la zona.

Este evento, pese a la magnitud registrada, causó mayor daño de lo pensado, como se mencionó anteriormente, debido a la tipología del sismo (intraplaca) debido a que el potencial de daños es mayor que el de los sismos interplaca de similar magnitud. Como menciona el Centro Sismológico Nacional, algunos ejemplos de estos sismos son los terremotos de Chillán en 1939 ($Mw=8.0$) y Punitaqui en 1997 ($Mw=7.1$), siendo el terremoto de Chillán el que más víctimas fatales ha cobrado a lo largo de nuestra historia (CSN, 2019).

En primera instancia, se pensó que el daño de este terremoto no había sido relevante, lo cual posteriormente fue descartado al constatar que dentro de la ciudad de La Serena, el Centro Histórico fue el principal afectado. Esto es significativo debido a que esta área alberga gran parte del patrimonio de la ciudad, y todas aquellas edificaciones educacionales diseñadas a partir de la implementación del *Plan Serena*.

Posterior a esta evaluación preliminar realizada en la zona, se pudo conocer en detalle los daños causados por este evento, en un informe denominado *Plan de Emergencia 19E*. Este fue desarrollado en conjunto por el Estado y el Gobierno Regional de Coquimbo, y en él se especifican los daños registrados en equipamiento, infraestructura pública y en inmuebles patrimoniales de la región.

Categoría de Daño	Establecimientos Educativos	Estudiantes afectados
Mayor	13	6.609
Medio	30	7.746
Menor	73	15.678
Total	116	30.033

Figura 8: Cantidad de establecimientos educacionales reportados con daños y cantidad de estudiantes por nivel de afectación. Fuente (Gobierno de Chile, 2019)

En cuanto a los daños causados en establecimientos educacionales de la región, se identificó que 116 presentaron daños, en su mayoría de menor consideración, entre ellos 107 de educación general y 9 de educación de párvulo. (Figura 8)

2.3 NORMATIVA CHILENA ASOCIADA AL DISEÑO SISMORRESISTENTE

Las normas de diseño sísmico por las que se rige en la actualidad nuestro país, están en un nivel de desarrollo similar con el que cuentan los países más avanzados en esta materia. Además, tienen la ventaja de haber sido probadas por sismos severos, como el ocurrido en Marzo de 1985 o Febrero del 2010, y por otros sismos de menor intensidad. (Ingeniería Civil UC, Departamento de Estructuras y Geotécnica)

Estas normas tienen como objetivo, propiciar que las edificaciones no sufran daños en eventos sísmicos de magnitud menor, los cuales ocurren con frecuencia. Por otro lado, no se busca evitar al 100% el daño en una estructura ante sismos de mayor escala, considerando los altos costos que esto implicaría en cuanto al diseño de una edificación, sino más bien, garantizar que la estructura no colapsará durante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, esto con el objetivo de preservar la vida e integridad de los usuarios frente a cualquier circunstancia, al igual que optimizar los recursos económicos. (Ingeniería Civil UC, Departamento de Estructuras y Geotécnica).

En cuanto a las normativas y regulaciones que rigen en la actualidad el diseño arquitectónico y estructural de un edificio, se identifican las siguientes:

a) LEY Y ORDENANZA:

- L.G.U.C: Es el cuerpo legal que contiene los principios, atribuciones, potestades, facultades responsabilidades, derechos, sanciones y demás normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares en las acciones de planificación urbana, urbanización y las construcciones, que se desarrollen en todo el territorio de la nación. (MINVU, 2019)

- O.G.U.C: Es el reglamento de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, que contiene las disposiciones reglamentarias de la ley, regula los procedimientos administrativos, el proceso de la planificación urbana, la urbanización de los terrenos, la construcción y los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en la urbanización y la construcción. (MINVU, 2019)

b) NORMATIVAS TÉCNICAS ACTUALES

- NCh 433 of 96 Mod 2011: Regula el diseño sísmico de edificios.

- NCh430 of 2008: Determina los requisitos de diseño de las construcciones de hormigón armado y sus cálculos asociados.

- NCh 432 of.2010: Establece aquellos parámetros a considerar ante la acción del viento sobre las edificaciones.

- NCh 1537: Determina el diseño estructural de los edificios. (Consideración de cargas permanentes, sobrecargas de uso).

- NCh 3357: Determina el diseño sísmico de componentes no estructurales

No obstante, dado que las normativas y regulaciones se han ido perfeccionando y haciendo más exigentes a lo largo del tiempo se ha creado la Tabla 2 para dar cuenta de los cambios en las normativas desde la primera versión de la Ordenanza en 1929.

A partir del análisis de esta, se puede observar que durante la época de diseño de los locales educacionales de La Serena (1946-1952), las normativas y regulaciones que regían al momento de la construcción de las edificaciones escolares fueron principalmente 4:

- Normas Administrativas para la Ejecución de Construcciones de Hormigón Armado en la Edificación Fiscal (1930)
- Especificaciones Técnicas Generales para le Construcción de Edificios Fiscales (1930)
- Ley General y su Ordenanza General de Construcciones y Urbanismo (1936)
- Escala de Intensidad de Fenómenos Sísmicos (1948)

Estos instrumentos regulatorios deberán ser analizados para constatar en qué grado incidieron en la incorporación de parámetros para asegurar un correcto comportamiento de las edificaciones ante eventos sísmicos.

Tabla 2: Evolución normativa chilena de diseño sismorresistente. Fuente:INN 2019.

Número	Título	Fecha de Vigencia	Reemplazada por	Fecha de Vigencia
_____	Especificaciones Técnicas Generales para le Construcción de Edificios Fiscales	1930	_____	_____
_____	Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edificación Fiscal	1930	Normas para el Cálculo y la Construcción en Hormigón Armado	1954
Ley N°4.563	Ley General y su Ordenanza General de Construcciones y Urbanismo	1936	L.G.U.C	Modificada 28 veces entre 1975 y 2009, hasta finalizar en la actual modificación (2010)
NCh3	Escala de Intensidad de fenómenos sísmicos	1948	NCh3of.1961: Escala de Intensidad de fenómenos sísmicos	1961
NCh170	Hormigones de Cemento	1952	NCh 170 of.1952: Hormigón requisitos generales reemplazada por NCh 170.of2016	1952 2016
NCh 429	Hormigón Armado Parte I	1956	NCh 430 of.2008: Hormigón Armado, Requisitos generales.	2008
NCh 430	Hormigón Armado Parte II	1961	NCh 430 of.2008: Hormigón Armado, Requisitos generales.	2008
NCh433	Cálculo antisísmico de edificios	1972	NCh433.of93, Diseño sísmico de edificios, reemplazada por NCh 433 of.96 y finalmente por NCh 433.of96Mod2011	1993 1996 2009 2011
NCh 1537	Diseño Estructural de edificios: Cargas permanentes y sobrecarga de uso.	1986	NCh1537.of2009: Diseño Estructural, Cargas permanentes y cargas de uso	2009
NCh 2745	Análisis y diseño de edificios con asilación sísmica	2003	NCh 2745of.2013: Análisis y diseño sísmico de edificios con asilación sísmica	2013
NCh 3357	Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales	2015	_____	_____

Normas vigentes en la época de construcción de establecimientos educacionales a analizar.

2.4 REGULACIONES Y NORMATIVAS EXISTENTES EN EL PERIODO DE ESTUDIO

Como se mencionó anteriormente, fueron 4 las normativas y regulaciones que regían al momento de construcción de las edificaciones escolares, pero, en base a la incidencia de estas sobre el objetivo de estudio, es que se analizarán en mayor profundidad las Normas Administrativas para la Ejecución de Construcciones de Hormigón Armado en la Edificación Fiscal (1930) y la Ley General y su Ordenanza General de Construcciones y Urbanismo (1936). Por un lado, no se analizará en mayor profundidad las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Edificios Fiscales de 1930, debido a que esta regulación está abocada a abordar aspectos como, condiciones de materiales y ejecución de la obra, lo cual ya se analiza en Normas Administrativas para la Ejecución de Construcciones de Hormigón Armado en la Edificación Fiscal y que principalmente, estas especificaciones remiten a lo establecido por la norma anteriormente mencionada, tanto para la ejecución de obras de hormigón armado como de albañilería. Por otro lado, tampoco se analizará en profundidad la Escala de Intensidad de Fenómenos Sísmicos (1948) puesto que, a pesar de que se relacionan a la acción sísmica, esta no aborda parámetros constructivos que incidan en los casos de estudio.

a) LEY GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN DE 1936:

La Ley N°4563, fue presentada el 30 de Enero de 1929, y se conformó como el primer cuerpo normativo de la Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC), que no comenzó a regir hasta el 6 de febrero de 1936, en donde se publicó el texto completo de dicha Ley (Fernández, 2012).

La creación de este cuerpo normativo fue fundamental para establecer una figura legal que detallara los aspectos técnicos, normativos y constructivos de toda edificación en nuestro país, y por consiguiente de las edificaciones escolares, como son los establecimientos que fueron construidos bajo el Plan Serena, de acuerdo a las regulaciones y parámetros establecidos por dicha ley.

Si bien, la LGUC ha sufrido múltiples modificaciones desde su fecha de publicación a la actualidad, analizar sus implicancias sobre estas edificaciones nos permitirá establecer de qué manera las regulaciones de la época contemplaron parámetros sísmicos para lograr que estas edificaciones respondieran de manera eficiente ante la acción de un sismo de mayor magnitud.

Como se puede analizar en el texto del Arq. Alfredo Junemann (1999), las condiciones estructurales de los establecimientos educacionales, existentes en la época de 1939, año en el que ocurre el terremoto de Chillán, y que fueron diseñados bajo la Ley General de Urbanismo y Construcción de 1936, permitieron que dichas escuelas resistieran de manera adecuada, y que estos sirvieran como refugio para los damnificados de Talca, Chillán y Concepción. (Junemann, 1999)

b) NORMAS PARA EL CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS DE CONCRETO ARMADO EN LA EDIFICACIÓN FISCAL DE 1930

Publicada en 1930 por parte de la Dirección General de Obras Públicas, ante la necesidad de contar con un cuerpo legal que permitiera cambiar y actualizar las estipulaciones de la época (Las normas oficiales de 1912) (Chile, 1930). Este cuerpo normativo fue clave para determinar los aspectos técnicos necesarios para la ejecución en obras de hormigón armado, considerando que su implementación venía recién

introduciéndose en nuestro país y era necesario establecer los conocimientos necesarios para su ejecución.

A diferencia de la LGUC de 1936, se puede observar, según los parámetros definidos en esta norma, que era un cuerpo legal que estableció con mayor detalle las consideraciones y propiedades del material. Si bien esta ha ido evolucionando con el paso del tiempo debido a que existe mayor conocimiento y estudios en torno al material y su comportamiento, hasta llegar a las actuales normativas que rigen en nuestro país (NCh 430of2008, NCh170of2016), considero que, para ser una normativa elaborada hace 89 años, ya contaba con ciertas similitudes a la actual normativa y a su vez, especifica en detalle todos los parámetros y procedimientos a considerar para la correcta implementación del material.

A partir del análisis de las dos principales regulaciones vigentes en la época de construcción de los Establecimientos escolares (OGUC de 1936 , las Normas para el Cálculo y Construcción de las Obras de Concreto Armado en la Edificación Fiscal) y las versiones actuales de la normativa relacionada al diseño sismorresistente, entre ellas la L.G.U.C, la NCh 433of96 Mod 2011 y la NCh430of 2008, se establecen **8 factores del diseño estructural y constructivos** que pudieron incidir en su respuesta ante eventos sísmicos:

I.EMPLAZAMIENTO Y CONDICIONES DEL SUELO

La Ordenanza de 1936 hace mención al coeficiente sísmico del terreno que se fija según la constitución geológica y las características sísmicas de la zona, el cual será “Entre 1/10 y 1/20 de la constitución geológica de la zona en que se emplaza la obra y la calidad de su suelo, y que la DOM podrá exigir que se estudie el efecto de la resonancia en casos especiales”. En este punto, la normativa es bastante genérica si lo comparamos con la actual normativa de diseño sísmico que rige en nuestro país (NCh 433of96) la cual fue modificada en el año 2011 luego del terremoto del 2010, constatándose que debían realizarse modificaciones en la norma en este aspecto, debido a los efectos causados por este sismo. Estas modificaciones aumentaron las categorías de tipo de suelo y las exigencias en las mediciones para determinar cada tipo y sus propiedades.

Otro aspecto, que tiene también directa relación con este análisis, considerando las propiedades geológicas del suelo de la ciudad de La Serena (conformada por terrazas con suelos de diversa composición) es que la Ordenanza de 1936 menciona en su Art.153° que “No se permitirá construir edificios sobre terrenos sueltos, movedizos, inconsistentes, vegetal o sobre terrenos palúdicos, ni sobre la zona de transición de terrenos de naturaleza o resistencia diversa, al igual que no se podrá edificar sobre terrenos de fuerte pendiente que pueda estar expuestos a deslizamientos”. Factor que es importante mencionar, considerando que existe un posible caso de estudio ubicado en la Terraza Inferior (Vegas) y cuyas propiedades geológicas generan que sean considerados suelos que cuentan con un mal comportamiento geotécnico.

II. CLASIFICACIÓN DE EDIFICACIONES:

La primera OGUC clasificaba las edificaciones en 6 tipos de acuerdo a su sistema constructivo. Según la documentación e información obtenida, las edificaciones analizadas corresponderían a las clases A, B y C, tal como se puede ver en la Tabla 3. Luego de una primera inspección, se observa que estos edificios podrían ser únicamente de hormigón y/o albañilería reforzada. En ellas, se establecen diversos parámetros, que tienen incidencia directa en cuanto al comportamiento sísmico de la edificación, lo que hace pensar que, a pesar de que estas normativas son más bien generalizadas, ya existía cierta conciencia en cuanto a cómo se diseñaban estas construcciones.

Tabla 3: Clases establecidas según la OGUC de 1936. Fuente OGUC 1936.

DESCRIPCIÓN	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
CLASE A	Edificio construido totalmente de hormigón armado o esqueleto rígido de acero y paredes y suelos de hormigón armado.	<ul style="list-style-type: none"> - No podrán tener más de 40 metros de altura, ni contar con más de doce pisos. - Razón entre su altura y el menor lado del rectángulo de superficie mínima circunscrito a la base, no podrá ser mayor de 5. -Se permitirá que sobrepasen del último piso algunos elementos especiales, como torres o miradores, siempre y cuando su altura no exceda los 10 metros, ni ocupe una superficie mayor de un 30% del área edificada - Todos los elementos de la construcción que transmitan las fuerzas horizontales, estarán contruidos por muros o tabiques llenos, por enrejados o por marcos rígidos de hormigón armado. - Todos los suelos serán de hormigón armado, el cual puede ser reemplazado por vigas de amarre de hormigón armado, las que deberán unir las fundaciones aisladas a las continuas. - Tabiques no soportantes estarán sólidamente ligados a la estructura del edificio por medio de armaduras que impidan su destrucción en caso de temblores.
CLASE B	Edificios cuyo esqueleto rígido sea totalmente de hormigón armado o de acero, y que el relleno se ejecute de albañilería de ladrillos o bloques de hormigón.	<ul style="list-style-type: none"> - No podrán tener más de 25 metros de altura, ni contar con más de ocho pisos. - Razón entre su altura y el menor lado del rectángulo de superficie mínima circunscrito a la base, no podrá ser mayor de 4. -Se permitirá que sobrepasen del último piso algunos elementos especiales, como torres o miradores, siempre y cuando su altura no exceda los 7 metros, ni ocupe una superficie mayor de un 20% del área edificada. -Refuerzo de albañilería se colocará en juntas horizontales a no más de 0.5m y estará constituido por 2 barras de acero de 6mm.
CLASE C	Edificios cuyo muro de fachada y demás muros soportantes exteriores o interiores, sean de albañilería reforzada y contengan pilares y cadenas de hormigón armado.	<ul style="list-style-type: none"> - No podrán tener más de 15 metros de altura, ni contar con más de cuatro pisos. - Razón entre su altura y el menor lado del rectángulo de superficie mínima circunscrito a la base, no podrá ser mayor de 3. -Se permitirá que sobrepasen del último piso algunos elementos especiales, como torres o miradores, siempre y cuando su altura no exceda los 5 metros, ni ocupe una superficie mayor de un 15% del área edificada. -Sección de pilares y cadenas no será menor a 4cm^2, y su armadura estará constituida por 4 barras de un diámetro no inferior a 16mm, con horquillas de 6mm cada 0.25m en las primeros y cada 0.4 en las segundos.
CLASE D	Edificios cuya estructura resistente, sean totalmente de madera.	
CLASE E	Edificios de adobe.	
CLASE F	Edificios no incluidos en clases anteriores.	

III. CARGAS Y SOBRECARGAS DE USO

Tanto en lo establecido en la Ordenanza, como en las Normas para el Cálculo y Construcción de las Obras de Concreto Armado en la Edificación Fiscal (1930) , ya se aprecian artículos referentes al peso unitario de los materiales de construcción y sobrecargas admisibles, las cuales tendrán directa incidencia sobre el diseño estructural de edificios. Al comparar estos parámetros, con la actual ordenanza y la NCh 1537of2009, se puede constatar por un lado, que los pesos unitarios por material han variado (No en grandes proporciones) y que las sobrecargas destinadas para recintos escolares disminuyeron en 50 kg/m² (En la LGUC de 1936 tiene un valor de 350 kg/m², mientras que en nuestra actual LGUC del 2018 tiene un valor de 300 kg/m²). Estos valores, permiten constatar que es altamente probable que las edificaciones puedan estar sobredimensionadas. A pesar de esto, dichos factores establecieron una base y un precedente para futuros cálculos, que permitió determinar un valor estimado a considerar ante la acción sísmica sobre la estructura.

IV. CALIDAD Y CÁLCULO DE MATERIALES

Tanto la OGUC como las Normas para el Cálculo y Construcción de las Obras de Concreto Armado en la Edificación Fiscal hacen hincapié a que en obras de hormigón armado, se empleará cemento Portland, o aquellas que se encuentren inscritas en el “Registro de Marcas de Cemento Aceptadas”. A partir de esto, se puede mencionar que la calidad del cemento empleado era buena, ya que se utilizaba este tipo de cemento, el cual gracias a su composición de arcillas y caliza, presentan una buena resistencia mecánica, a diferencia por ejemplo, del cemento aluminoso empleado en la misma época en países europeos, como España, el cual se compone de caliza y bauxita, el cual se comprobó, tiende a perder resistencia mecánica con el paso del tiempo, afectando el comportamiento de las estructuras ante eventos sísmicos.

Un aspecto a considerar en la especificación de la calidad de los materiales a utilizar en estas construcciones, es en las armaduras que se permite emplear en las edificaciones, como lo son las armaduras de barras lisas, las cuales en la actualidad ya no son admisibles en elementos estructurales, debido a que podrían generar problemas mecánicos de deslizamiento, ya que desarrollan menor adherencia que aquellas rugosas o con resaltes. .

DESCRIPCIÓN: Dimensión de elementos constructivos
75°) El espesor de la losa no podrá ser inferior a 8cm.
76°) Cuando la armadura de la losa sea paralela a las vigas principales, se deberá disponer de armadura especial en la parte superior de la viga. La sección de esta armadura no será menor de 0,3% de la sección transversal de la losa. Distancia entre barras de esta armadura no superará los 20 cm.
80°) Distancia entre barras de resistencia en losa (Para momentos máximos), no deberá exceder los 15 cm.

Figura 13: Dimensión de elementos constructivos, según la LGUC de 1936. Fuente (Chile, 1936)

Figura 9: Dimensión de elementos constructivos, según la LGUC de 1936. Fuente (Chile, 1936)

Es importante mencionar que esta norma es considerablemente más extensa que los aspectos que aquí se mencionan, pero esta investigación no busca detallar a cabalidad los parámetros establecidos por la norma, sino más bien destacar sus aspectos generales y la influencia que pudo tener esta en los establecimientos educacionales de la ciudad de La Serena.

V. FUNDACIONES

En referencia a la cimentación de las edificaciones, se observa también que las normativas de la época ya especificaban parámetros que establecían las condiciones y propiedades de las fundaciones, factores que tienen también similitud con lo establecido en las normativas actuales al analizarlas. Por un lado, la OGUC definió las características de las fundaciones, entre ellas la profundidad y espesor mínimo de los cimientos, la cual, al compararla con la actual LGUC, en el caso de la profundidad, conserva el mismo valor de 0,60m con una penetración de a lo menos 0,20m en terreno firme, y en cuanto a su espesor, se observa una diferencia de 0,05m, en la cual la LGUC de 1936 establece en el Art.58 que su espesor no podrá ser inferior a 0,25m en cimientos de concreto, mientras que en la actual LGUC se fija en un valor de 0,20m.

VI. ESTRUCTURAS VERTICALES:

En cuanto a la Ordenanza, se establece los espesores empleados en las construcciones de hormigón armado, definiendo que en la Zona Norte, estos deben de ser de 15 cm o de altura del piso, como mínimo, tanto en exterior como en interior, aumentando 5 cm por piso hasta un máximo de 30 cm totales. De igual manera, la OGUC establecía las siguientes condiciones para las estructuras verticales:

DESCRIPCIÓN: Elementos verticales estructurales
Art.152 b): La estructura resistente no debe estar conformada exclusivamente por pilares o columnas aisladas. Se deben establecer superficies continuas, sin grandes vanos en cuanto sea posible, a menos que se realicen arriostramientos o se cuente con marcos rígidos para recoger las fuerzas horizontales.
Art.152 d): Los diversos elementos soportantes de la construcción deben disminuir de espesor a medida que aumente su distancia a la fundación.
Art.165°: No se admitirá construcción de tabiques soportantes de altura mayor a 4m, sino con piezas de madera a los menos de 0.10 x 0.15 m.
Art. 168°: Todo pilar o trozo de albañilería contiguo a vanos de puertas, ventanas, etc, de dimensión menor a 0,5mts, deberá ser ejecutado en albañilería armada o concreto armado.
Art. 169°: Los pilares, columnas, apoyos aislados en general, deberán ser ejecutados en albañilería armada o concreto armado.
Art. 174°: En los muros de albañilería, no se admitirán vanos de puertas o ventanas que dejen entre ellos, paños de lleno menor ancho de 1.20m o que queden a menor distancia de 1m del cruzamiento de los muros.

Figura 10: Dimensión de elementos estructurales, según la LGUC de 1936. Fuente (Chile, 1936)

VII. ESTRUCTURAS HORIZONTALES:

La OGUC dispone dos capítulos relacionados a las estructuras horizontales (suelo y techumbre). Las estructuras admisibles para entresijos se componen tanto de diafragmas rígidos (losas de hormigón armado) como aquellas flexibles, entre ellas envigados de madera y acero. Por un lado, se define que si la edificación emplea losas, estas deben empotrarse de manera adecuada a los muros. Por otro lado, para entresijos de madera se establece que su apoyo en los muros no debe debilitarlos o seccionarlos.

De igual manera, en el caso de las techumbres, se define que estos pueden ser cerchas de armaduras metálicas o envigados de madera, de las cuales no establece mayor parámetro en cuanto a su composición ni estructura.

Por otra parte, la Ordenanza no profundiza en aspectos morfológicos ni menciona las tipologías más desfavorables en cuanto a su comportamiento ante la acción de un sismo, sin embargo, como se puede inferir a partir del Art.152 g), este ya deja ver la necesidad de implementar juntas de dilatación, como se observa en la Figura 11.

DESCRIPCIÓN: Artículo 152° (Referente a la morfología)
Art.152 a): La disposición general de los edificios debe ser satisfactoria.
Art.152 f): Se evitará en lo posible, la interrupción de continuidad de los muros y los cuerpos salientes sobre las líneas generales de la edificación.
Art.152 g): Se evitará igualmente, cuerpos edificados de diferente altura y ligados entre sí, y en caso de estar unidos, deben reforzarse los elementos de unión.

Figura 11: Disposiciones referentes a la morfología, según la LGUC de 1936. Fuente (Chile, 1936)

Los actuales estudios han permitido definir aquellas morfologías más desfavorables para responder ante la acción sísmica, entre ellas, aquellos pabellones de gran longitud, en geometrías de L,H o U, (Figura 12) puesto que tienden a la torsión, como lo establecen diversos autores, entre ellos Christopher Arnold y Robert Reitherman en su publicación Configuración y Diseño Sísmico de Edificios. (Arnold & Robert, 1987) y Teresa Guevara el 2009 (Guevara, 2009).

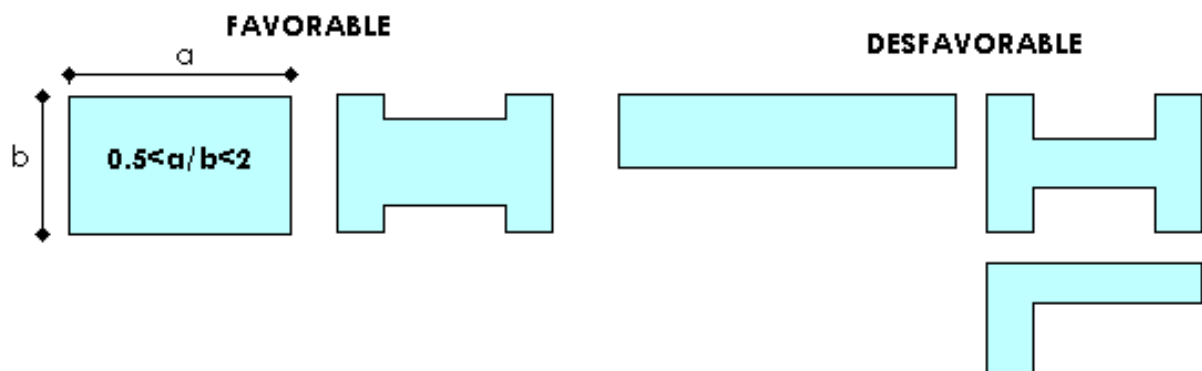


Figura 12: Morfologías en planta desfavorables ante la acción de un sismo. Fuente (Arnold & Robert, 1987)

VIII. REGULACIÓN DEL ESPACIO ARQUITECTÓNICO

En cuanto al diseño de espacios escolares, la OGUC establece, en su capítulo VIII, 16 artículos que hacen referencia a las condiciones que deben cumplir estos espacios, de los cuales se observan los siguientes, principalmente en cuanto a aspectos de salas de clase y de las escaleras de estos recintos:

DESCRIPCIÓN: Requisitos de locales de salas de clase
a) Altura mínima de las salas de clase: 3.5m (De piso a cielo).
b) Superficie de pisos de las salas de clase, por alumno: 1,25 m ² . En salas de clase de escuelas primarias o secundarias, no se aceptarán salas de menor superficie de 30 m ² .
c) Cubo mínimo de sala por alumno: 5 m ³ .
d) Salas de clases no deben tener mayor ancho que dos veces la altura media de la sala,
e) Salas de clase deberán tener una superficie mínima vidriada, equivalente a 1/7 de la superficie de piso en la Zona Norte.
f) Pilares o machones entre ventanas no tendrán una longitud mayor de 0.35m
g) Ángulos de la salas de clase serán chaflanados o redondeados.
h) Las puertas tendrán un ancho mínimo de 1m.

Figura 13: Requisitos de locales escolares, según la LGUC de 1936. Fuente (Chile, 1936)

Estos parámetros pueden incidir de alguna manera en el índice de vulnerabilidad de estos establecimientos, considerando que determinan una cualidad constructiva y espacial obligatoria para estos recintos. Por ejemplo, el deber de cumplir con una superficie vidriada mínima, podría aumentar su vulnerabilidad, esto ya que por un lado representan un riesgo para los alumnos y por otro lado, determinan una menor área resistente de los muros a medida que aumente su superficie vidriada. Otro aspecto a considerar es que su rigidez disminuye al tener vanos alargados, sumado a que si estas se componen de albañilería reforzada, por la época, posiblemente no cuenten con refuerzos en vanos, lo que aumentará la posibilidad de presentar fisuras.

En otro aspecto, este capítulo hace referencia a aquellos espacios destinados a escaleras, los cuales, considerando que son también la principal vía de evacuación interna de estos recintos, debieran responder de manera eficiente ante la acción sísmica, pero que, paradójicamente al observar la realidad en terreno, suelen ser los espacios que presentan mayores fallas. A partir de esto, considerando el parámetro b, que establece que " El recinto o caja de escaleras debe estar dotado de amplios ventanales", puede ser un factor que aumente el índice de vulnerabilidad de estos espacios, tanto por el aspecto anteriormente mencionado, como también por el riesgo que puede presentar la ruptura de estos ante un proceso de evacuación del recinto escolar. De igual manera, al analizar el parámetro d) de la Figura 14, se puede inferir que este puede incidir en la determinación de los largos de los pabellones, según se tenga una o dos escaleras, si están en los extremos o centradas.

DESCRIPCIÓN: Requisitos para escaleras
a) Sus tramos deben ser rectos, de un ancho no menor a 1.20m.
b) El recinto o caja de escaleras debe estar dotado de amplios ventanales.
c) En caso de que la amplitud del edificio lo requiera, la DOM podrá exigir dos o más escaleras que permitan la fácil evacuación.
d) Salas de clases no podrán distar a más de 30m de una escalera descendente.

Figura 14: Requisitos para escaleras en locales escolares, según la LGUC de 1936. Fuente (Chile, 1936)

Como se mencionó en un principio, fueron las consecuencias del terremoto de Chillán de 1939, las que obligaron a revisar las normas técnicas vigentes en la época, haciendo modificaciones que pusieron mayores exigencias en cuanto a lo constructivo y estructural, buscando generalizar el uso de hormigón armado como técnica constructiva. Entre las modificaciones que se pueden observar, se encuentran aquellas referidas a las juntas de dilatación, modificadas para separar bloques perpendiculares entre sí o acortar bloques de gran longitud (Junemann, 1999, pág. 156).

En síntesis, a pesar de los diversos parámetros analizados, como se puede constatar en lo especificado por la Ordenanza de 1936 y las Normas para el Cálculo y Construcción de las Obras de Concreto Armado en la Edificación Fiscal de 1930, los parámetros para el diseño sísmico de edificios, eran bastante limitados y escasos en comparación con la actual normativa, de los cuales, uno de los aspectos más relevantes, como se mencionó anteriormente, se encuentra el factor de que las sobrecargas de uso en locales escolares eran mayores a los actuales parámetros, lo que permite establecer que sus elementos se encuentran mayormente sobredimensionados, lo cual puede ser uno de los motivos por el cual las edificaciones han tenido un buen comportamiento sísmico a lo largo del tiempo.

A partir de esto se pudo constatar la evolución de las normativas en relación a los parámetros de diseño estructural, como se observa en la Tabla 4, en la cual se comparan las disposiciones de las normativas de la época vs la actual normativa que rige en nuestro país, específicamente en los parámetros de diseño sísmico, como es la NCh433.Of96Mod2011 y la actual LGUC.

Tabla 4. Comparación entre normativas de la época y actual legislación. Fuente INN, Chile 1936, y N.C

Aspectos Comparativos	Ordenanza General, Construcciones y Urbanización de 1936	Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edificación Fiscal	Normativa actual (2019)
Empazamiento y condiciones del suelo	Capítulo VI. De la asismicidad de las construcciones		NCh433.Of96Mod2009
	1. Establece coeficiente sísmico según la condición geológica y la calidad del terreno en el que se emplaza. 2. Define los terrenos de manera muy general, estableciendo la existencia de aquellos de piedra arenisca, arena suelta, tierra suelta y roca sana.	No aplica	1. Zonificación Sísmica: Establece 3 zonas sísmicas en el territorio nacional. 2. Categoriza los tipos de suelo de fundación en profundidad y los relaciona con las características del movimiento sísmico, incorporando conceptos como velocidad de propagación, índice de densidad, penetración, entre otros.
Clasificación	Capítulo I. Clasificación de los edificios	Capítulo III. Procedimientos de Construcción	LGUC 2018 y NCh429.Of1957 Hormigón Armado Parte I
	Clasifica la edificación por sistemas constructivos, estableciendo 6 categorías de la A a la F.	1. Establece que concreto tendrá dosis mínima de cemento de 283 kg/m ³ . 2. No clasifica el hormigón según su resistencia	1. Clasifica la edificación por sistemas constructivos, estableciendo 8 categorías de la A a la I. Se modifican los parámetros de cada clase. 2. Establece que hormigón armado tendrá dosis mínima de cemento de 240 kg/m ³ en estructuras bajo techo. 3. Clasifica el hormigón en 5 clases, según cual sea la resistencia mínima a la ruptura por comprensión a los 28 días.
Cargas y sobrecargas	Capítulo VI. De la asismicidad de las construcciones		NCh433.Of96Mod2009
	No realiza una clasificación de los sistemas, pero menciona a grandes rasgos los sistemas de albañilería de ladrillo, adobe y hormigón armado.	No aplica	1. Define 3 tipos de sistemas estructurales: Sistemas de muros y otros sistemas armostrados, de pórticos y mixtos. 2. Clasificación por ocupación, de acuerdo a su importancia, uso, riesgo y falla: Establece 4 categorías.
Calidad y cálculo de los materiales	Capítulo III. De la construcción de los edificios	Capítulo II. Bases Generales del Cálculo	LGUC 2018
	1. Para el cálculo de las construcciones, agrupa usos en 12 clasificaciones, para establecer sobrecargas. Locales escolares se encuentran en conjunto con hospitales y asilos (350 kg/m ² s.u.) 2. No establece clasificación para cálculo de carga de ocupación	1. Define sobrecarga de uso para locales escolares en 350 kg/m ² .	1. Para el cálculo de las construcciones, agrupa usos en 11 clasificaciones, para establecer sobrecargas. Locales escolares se encuentran en conjunto con hospitales, asilos y locales de exposición (300 kg/m ² s.u.) 2. Clasifica la edificación en 8 destinos/uso para definir el cálculo de carga de ocupación.
Fundaciones	Capítulo III. De la construcción de los edificios	Capítulo II. Bases Generales del Cálculo	NCh429.Of1957 Hormigón Armado Parte I
	1. Cimientos se ejecutarán de albañilería de piedra, concreto simple o concreto armado. 2. Profundidad mínima de cimientos de un edificio será: En muros y fachadas y medianeros 0.7m y en cimientos interiores 0.5m. 3. Espesor no podrá ser inferior a 0.25m ni menor al espesor del muro soportante.	1. No menciona juntas en estructuras de fundación.	1. Menciona las juntas en estructuras de fundación: Juntas para prevenir efectos de asentamiento diferencial en el terreno deberán alcanzar hasta el suelo de fundación. 2. Profundidad mínima de cimientos de hormigón o albañilería será de 0.6m debiendo penetrar 0.2m en las capas no removidas del terreno. 3. Espesor no podrá ser inferior al espesor del muro soportante.
Estructuras verticales	Capítulo III. De la construcción de los edificios	Capítulo II. Bases Generales del Cálculo	NCh429.Of1957 Hormigón Armado Parte I
	1. En la Zona Norte, estos deben de ser de 15 cm o de 1/25 de altura del piso, como mínimo, tanto en exterior como en interior. 2. No se admitirá construcción de tabiques soportantes de altura mayor a 4 mts, sino con piezas de madera a los menos de 0.10 x 0.15 m.	1. Juntas de dilatación no podrán estar a más de 25m.	1. Juntas de dilatación no podrán estar a más de 40m.
Estructuras horizontales	Capítulo VI. De la asismicidad de las construcciones	Capítulo II. Bases Generales del Cálculo	NCh433.Of96Mod2009
	Establece la necesidad de contar con juntas de dilatación, que separen bloques perpendiculares entre sí o acorten bloques de gran longitud.	1. Espesor de losas y vigas T no podrá ser inferior a 8cm. 2. Separación máxima entre barras ubicadas en zonas de mayores momentos flectores no podrá sobrepasar los 15 cm.	Establece los parámetros que se deben considerar en aquellas morfologías de planta irregular (H,L,T,U,etc), según su rigidez o flexibilidad. NCh430.Of1961 Hormigón Armado Parte II 1. Espesor de losas no podrá ser inferior a 7cm. 2. Separación máxima entre barras ubicadas en zonas de mayores momentos flectores será de dos veces el espesor de la losa, sin sobrepasar los 20 cm.
Regulación del espacio arquitectónico. ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES	Capítulo VIII. Locales Escolares		LGUC 2018: Capítulo V, Locales Escolares y Hogares Estudiantiles
	1. Define que locales de Zona Norte deben tener superficie mínima vidriada de 1/7 de la superficie de piso y que un 40% de ellas debe abrirse para asegurar ventilación. 2. Establece que la superficie por alumno será de 1,25 m ² , que sala no podrá tener superficie menor a 30m ² y que debe tener un cubo mínimo por alumno de 5m ³ .	No aplica	1. Define una tabla de % de superficie de los recintos para establecer su iluminación y ventilación, según la región en la que se emplazan. 2. Establece tabla que define los estándares para asegurar área y volumen de aire adecuado para la cantidad de alumnos.
	Capítulo VIII. Locales Escolares		LGUC 2018: Capítulo V, Locales Escolares y Hogares Estudiantiles
	1. Establece que circulaciones que sirvan a salas en segundos niveles y pisos superiores, no podrán tener ancho libre menor a 2m, sin considerar número de alumnos. 2. No define número obligatorio de escaleras, solo establece que se su ancho mínimo será de 1.2m y que se podrán exigir dos o más escaleras que permitan fácil evacuación, sin considerar número de alumnos. 3. No define necesidad de contar con escalera anexa a principal. 4. No define a donde deben desembocar escaleras. 5. Establece que escaleras no podrán ubicarse a más de 30m de una sala de clases.	No aplica	1. Define ancho libre mínimo para circulaciones, el cual será calculado según tabla. 2. Establece obligación de contar con 1 escalera principal, la cual deberá aumentar su superficie en 0.6m por cada 120 alumnos de aumento, en una base de 360 alumnos. 3. En locales con más de 135 alum. se deberá contar con escalera anexa y alejada de escalera principal, para contar con vía de evacuación alternativa. 4. Desembocadura de escaleras en primer piso deberán llegar a espacio exterior o a uno que se comunique con el exterior del establecimiento. 5. Escaleras no podrán estar a una distancia mayor de 40m del recinto más alejado al que sirva, ni a más de 2m del más cercano.



UNIVERSIDAD
DE LA SERENA

CASA CENTR

Fachada poniente, Universidad Técnica
Fuente Elaboración propia.



CAPÍTULO

3

VULNERABILIDAD SÍSMICA

3.0

RIESGO Y VULNERABILIDAD

Como parte de un estudio enfocado a analizar el efecto que tienen los eventos sísmicos en las edificaciones, es importante comprender los conceptos que se asocian a estos estudios, como lo son el *Riesgo*, la *Peligrosidad* y la *Vulnerabilidad*, considerando que se relacionan directamente, (Mena, 2002), (Safina, 2002). Estos se definen como:

- **Riesgo Sísmico:** Las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por uno de estos eventos.
- **Peligrosidad Sísmica:** La probabilidad de que ocurra un fenómeno físico a consecuencia de un terremoto, provocando efectos adversos a la actividad humana. Estos pueden ser, además del movimiento de terreno, la deformación tectónica, la licuefacción, inundaciones, tsunamis, entre otros.
- **Vulnerabilidad Sísmica:** La propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde el sismo es la causa y el efecto es el daño.

Por ende, se puede observar, como menciona Mena que *“El Riesgo Sísmico depende directamente de la Peligrosidad y la Vulnerabilidad, pues aquellas zonas que cuenten con cierta peligrosidad sísmica, pueden verse afectados en menor o mayor medida dependiendo del grado de vulnerabilidad sísmica que tengan, ocasionando un cierto nivel de Riesgo sísmico del lugar”*. (Mena, 2002)

La vulnerabilidad no dependerá directamente del riesgo y la peligrosidad, esto debido a que como menciona el autor, es una propiedad intrínseca de la estructura, por lo que una edificación o un conjunto de estas puede ser vulnerable en sí, pero no estar en riesgo, a menos de que se encuentre en un sitio de alta peligrosidad.

Frente a los potenciales riesgos de la Región de Coquimbo, un estudio de vulnerabilidad permitiría tener una primera aproximación del posible comportamiento que tendría una determinada estructura. La realización de este tipo de estudio tendría gran interés para aquellas entidades públicas, regionales o locales, quienes deben manejar los costos/beneficios asociados al nivel de riesgo que pueda tener una edificación/sector específico para temas de inversión, impuestos, políticas públicas, leyes e implementación de acciones para el ordenamiento territorial.



Daños en ex Escuela Agrícola tras el terremoto



Entretecho ex Liceo de Hombres



Daños en la techumbre ex Escuela Agrícola tras el terremoto

3.1 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

La vulnerabilidad en las edificaciones puede ser evaluada de una manera muy específica, a través de análisis especializados y exhaustivos de las estructuras, o por otro lado, a modo general, mediante inspecciones visuales. Es por esto que existen diversas metodologías de evaluación, que variarán según: (Mena, 2002)

- 1. Naturaleza y objetivo del estudio**
- 2. Información disponible**
- 3. Características del caso de estudio**
- 4. Metodología de evaluación empleada**
- 5. Resultado esperado**
- 6. Destinatario de la información**

Es por esto, que al no existir una metodología estándar para realizar estas evaluaciones, existen múltiples autores que establecen diversas categorizaciones para clasificar las metodologías que serán empleadas a la hora de realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica, desarrollándose en torno a 4 variables principales: El resultado generado, enfoque del análisis, el tipo de medida empleada, y la fuente de información disponible. (Tabla 5) (Safina, 2002)

Finalmente, para la presente investigación, se opta por utilizar la definición propuesta por Kappos, pues se condice mayormente con el enfoque que se desea realizar en esta investigación, quien las agrupa según la fuente de información a utilizar en la evaluación y los resultados que se esperan de esta. (Safina, 2002)

En base a esta clasificación, es que se determina que aquellas metodologías que se estudiarán serán únicamente aquellos métodos relativos, debido a que el enfoque que se tomará para las evaluaciones no será basado en la exploración experimental de la resistencia de los elementos estructurales (laboratorios o pruebas en terreno), ni utilizarán para su determinación metodologías de alto grado matemático.

Esto se debe a que no se dispone de los elementos necesarios para un estudio de tal índole y porque la aplicación de este análisis de vulnerabilidad busca ser una herramienta de evaluación general, que determine la necesidad de aplicar estudios de carácter absoluto o de mayor especificación estructural, a aquellas edificaciones que cuenten con un alto nivel de vulnerabilidad.

Tabla 5: Clasificación de metodologías de vulnerabilidad existentes. Fuente Safina 2002.

Clasificación según	Autor	Descripción
RESULTADO GENERADO	Corsanero y Petrini (1990)	<ul style="list-style-type: none"> • DIRECTAS • INDIRECTAS • CONVENCIONALES • HÍBRIDOS
ENFOQUE DEL ANÁLISIS	Dolce M. (1994)	<ul style="list-style-type: none"> • ESTADÍSTICO • MECÁNICO • BASADO EN JUICIO DE EXPERTOS
TIPO DE TÉCNICA EMPLEADA	_____	<ul style="list-style-type: none"> • TÉCNICAS CUALITATIVAS • TÉCNICAS CUANTITATIVAS
FUENTE DE INFORMACIÓN DISPONIBLE	Profesor Kappos (1994)	<ul style="list-style-type: none"> • EMPÍRICO → MÉTODOS DE CATEGORIZACIÓN Y DE INSPECCIÓN Y PUNTAJE. • ANALÍTICOS O TEÓRICOS • EXPERIMENTALES

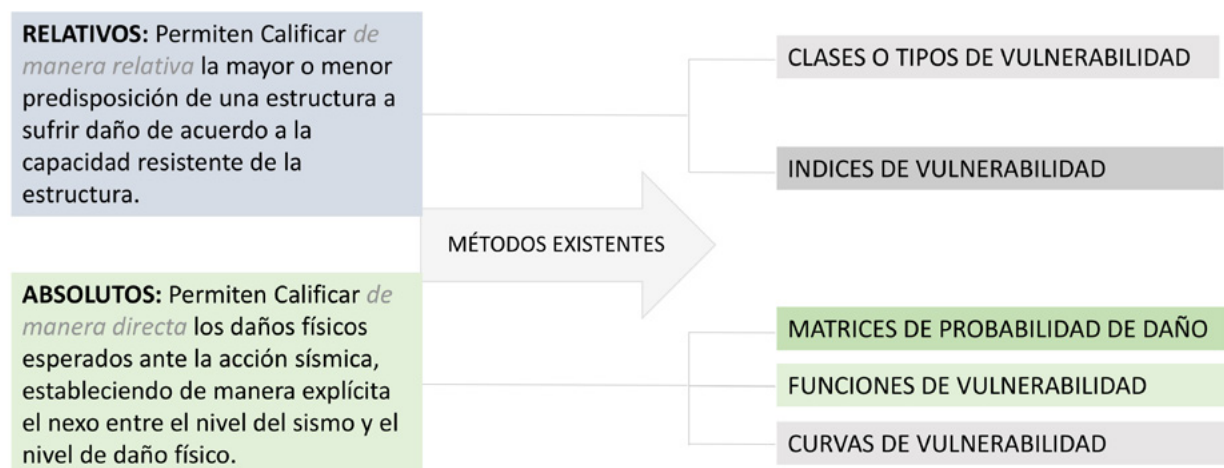


Figura 15: Clasificaciones existentes para cuantificar los estudios de vulnerabilidad. Elaboración Propia.

A partir de esto, se opta por utilizar aquellas metodologías que empleen clases de vulnerabilidad o índices de vulnerabilidad, entre los que se identifican los siguientes:

I.RISK UE:

Originado en Europa en 1999, fue aplicado en distintos países, entre ellos España, Italia, Grecia y Francia (Mouroux, 2006). Este método adopta dos metodologías para estimar el daño sísmico esperado en edificios, las cuales se identifican con los nombres LM1 y LM2. En la metodología LM1, la vulnerabilidad sísmica de los edificios se expresa principalmente mediante el índice de vulnerabilidad total. Dicho índice es un valor comprendido entre 0 y 1. El índice de vulnerabilidad total de cada edificio estudiado se obtiene al considerar la tipología estructural de dicho edificio, y las características del mismo que contribuyen a aumentar o disminuir su vulnerabilidad sísmica final. Se trata de un método sencillo de aplicar donde su principal ventaja es la facilidad para describir la vulnerabilidad de los edificios, pudiendo caracterizar las calidades estructurales como: geometría en planta y en altura y posición.

El LM2, utiliza el método del espectro de capacidad y las dos evaluaciones de peligrosidad en términos de aceleraciones espectrales (una determinista y la otra probabilista) (Lantafa, 2007).

A pesar de la sencillez de este método, su utilización incluye la formulación de múltiples fórmulas matemáticas y su carácter es más de tipo ingenieril, enfocándose principalmente en aquellos estudios que buscan determinar la vulnerabilidad de un conjunto urbano, dando por resultado mapas de vulnerabilidad sísmica, por lo que no es una herramienta apropiada para este

estudio, ya que no analiza la edificación como unidad en mayor detalle, si no que se aboca a estudios urbanos, por lo que se descarta como metodología a emplear en esta Tesis de Investigación.

II.FEMA:

Método estadounidense, creado el año 1988 y actualizado en 2002 (FEMA, 2015). Se basa en un análisis de inspección visual rápido, que mediante una suma algebraica de modificadores que consideran varios factores como: zonificación sísmica, tipo de edificación, tipo de suelo, irregularidad vertical o en planta, alturas de piso, y si la edificación contempló normativa sísmica en su construcción. El método asigna una nota de base, la cual disminuye según los modificadores que alteran sus capacidades estructurales, y se evalúa en función de un puntaje final que determina las probabilidades de colapso del edificio. Si el resultado de la evaluación es menor o igual a dos (≤ 2) se debe realizar un análisis más detallado de la edificación. (Soto, 2018)

Este método se contempla como una herramienta potencial para ser utilizada en este estudio, pero que dependerá directamente de las variables que considere el resto de las metodologías existentes, puesto que la evaluación mediante FEMA no incluye parámetros urbanos en su evaluación ni tampoco el estado de conservación actual de la construcción a evaluar, parámetros que se desean incluir en esta investigación.

III.G.N.D.T:

Se comienza a desarrollar en Italia por parte del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (G.N.D.T.) con motivo de los estudios post terremotos realizados a partir de 1976. El método del índice de Vulnerabilidad puede clasificarse como subjetivo, debido a que realiza una calificación subjetiva de los edificios apoyándose en cálculos simplificados de estructuras, intentando identificar los parámetros más relevantes que controlan el daño estructural. (Alvayai, 2013)

La calificación de los edificios se realiza mediante un coeficiente denominado índice de Vulnerabilidad, el cual se construye a partir de la evaluación de los parámetros más importantes, entre ellos organización del sistema resistente, calidad del sistema, posición de edificio y fundación, entre otros (11 en total), que controlan el daño causado por los terremotos en los edificios. (Safina, 2002)

Este método ha sido desarrollado tanto para el estudio de estructuras de mampostería como de hormigón armado, en diferentes territorios. En nuestro país ha sido empleada y calibrada por múltiples autores, entre ellos Francisco Pareja (2001), Letelier (2003) Gent, K., Astroza, M. A., & Giuliano., G. M. (2005). y Daniel Alvayai, (2013), en conjuntos urbanos de Valdivia, Concepción, Ñuble y Santiago, iglesias en Valparaíso, pero no en la ciudad de La Serena ni en establecimientos educacionales hasta ahora. A partir de esto, se presenta también como una potencial herramienta para ser utilizada en esta investigación, considerando las variables que incorpora para realizar su evaluación, como lo es el estado de conservación del inmueble y los elementos no estruc-

turales. Pese a esto, este método no contempla parámetros urbanos que pueden incidir en el comportamiento frente a un sismo, pero un aspecto favorable, es que la metodología es flexible en cuanto a modificar los parámetros de evaluación, factor que permitiría adaptar la herramienta a los casos de estudio. (Alvayai, 2013)

IV.HIROSAWA:

Utilizado en Japón por el Ministerio de Construcción a partir del año 1992, en la evaluación de la seguridad sísmica de edificios de hormigón armado. El método recomienda tres niveles de evaluación, que van de lo simple a lo detallado, y se basa en el análisis del comportamiento sísmico de cada piso del edificio. La vulnerabilidad es determinada comparando la capacidad resistente, relacionada con la mantención y daños anteriores de la edificación versus el nivel de demanda de los sismos, que representan el peligro sísmico y las condiciones locales del sitio donde se ubica la edificación. (Soto, 2018)

Pese a que esta metodología se presenta como una herramienta eficaz para realizar un análisis de vulnerabilidad, no será utilizada en este estudio ya que su evaluación se enfoca en obtener resultados a partir del estudio y aplicación de parámetros y cálculos de índole matemático, utilizado mayormente por estudios ingenieriles, además de que requiere conocimientos específicos de la estructura que pueden no estar disponibles en algunos casos de estudio, por lo que este método es descartado para ser utilizado en esta investigación. (Mena, 2002)

3.2 SELECCIÓN DEL MÉTODO: GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI”

A partir del análisis de las metodologías de evaluación anteriormente mencionadas, es que se decide utilizar para esta investigación la metodología desarrollada por el “Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti” (G.N.D.T.) , debido a que, pese a ser un método de mayor grado matemático que otras metodologías, las variables que este contempla en su evaluación se aproximan de mejor manera al objetivo de esta investigación, al considerar aspectos como el estado de conservación de los edificios y las propiedades de los elementos no estructurales, a diferencia de otras metodologías anteriormente mencionadas.

Este es un método de “vulnerabilidad observada” basada en la obtención de un índice de vulnerabilidad, identificando los parámetros más relevantes que inciden en el daño de una edificación. Estos parámetros son 11 (Tabla 6) y son calificados individualmente en una escala numérica afectada por un factor de peso (W_i), definido según la importancia del parámetro evaluado (Alvayai 2013) . A partir de los resultados obtenidos, se realiza una calificación global de la edificación en una escala numérica permitiendo llegar a un índice de vulnerabilidad (I_v) que permite obtener una evaluación general en cuanto al posible comportamiento sísmico de la construcción frente a un futuro sismo.

Los valores y pesos observados en la tabla 6 son aquellos que responden a territorio Italiano, por lo que para ser empleados en territorio nacional, es necesario mencionar que deben ser calibrados en base a datos observados en catástrofes sísmicas locales, tabla que ya ha sido anteriormente adaptada y calibrada en diversas investigaciones en nuestro país, como es el caso de Letelier en Viña del Mar el 2003, Gent, K., Astroza, M. A., & Giuliano, G. M. en Concepción el 2005 y Alvayai en Valdivia el 2013 .

En cuanto al índice de vulnerabilidad obtenido al realizar esta evaluación, este variará ente el rango de 0-100%, siendo 100% el correspondiente a una estructura extremadamente susceptible al colapso ante un terremoto, o por el contrario, al tender este valor a 0, la estructura es cada vez menos vulnerable a eventos sísmicos.

Tabla 6: Parámetros que contribuyen a la vulnerabilidad de los edificios de H.A Fuente Alvayai, 2013

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	Clase (K _i)			Factor (W _i)
		A	B	C	
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4,00
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1,00
3	Resistencia convencional	0	0	1	1,00
4	Posición del edificio y fundación	-1	1	2	1,00
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1,00
6	Configuración en planta	0	1	2	1,00
7	Regularidad de elevación	0	1	3	2,00
8	Separación máxima entre unidades estructurales	0	1	2	1,00
9	Tipo de cubierta (Techumbre)	0	1	2	1,00
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1,00
11	Estado de Conservación	0	1	2	1,00

Tabla 7: Resumen metodología G.N.D.T Fuente: Elaboración propia.

MÉTODO GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFENSA DAI TERREMOTI” (G.N.D.T.)

DESCRIPCIONES GENERALES	¿POR QUÉ ESTE MÉTODO?
Origen: Se comienza a desarrollar en Italia como estudios post-terremotos realizados a partir de 1976	a) Está fundamentada en datos reales.
Método de alcance subjetivo: Se realiza mediante inspección visual.	b) Se puede aplicar tanto en estudios a nivel urbano como de unidades específicas.
Calificación: Se realiza mediante un coeficiente denominado índice de Vulnerabilidad.	c) Incluye parámetros como el estado de conservación .
Aplicación: A múltiples tipologías y materialidades, pero mayormente en homigón y albañilería.	d) Se ha aplicado en diferentes proyectos en todo el mundo.
	e) Adaptable a la realidad de cada país, cambiando las ponderaciones de cada parámetro.

¿CÓMO SE EVALÚA LA VULNERABILIDAD SÍSMICA UTILIZANDO ESTE MÉTODO?

El método identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto.

Este califica diversos aspectos de los edificios tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología, material o año de construcción.

La vulnerabilidad de un edificio se define mediante un **índice de vulnerabilidad “Iv”**, que se obtiene a partir de la evaluación y ponderación de diferentes parámetros.

El **Iv** se obtiene mediante la ecuación [1], que es la suma ponderada de los valores numéricos que expresan la calidad de cada uno de los once parámetros.

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

[1], Ecuación para obtener Iv.

PARAMETRO	DESCRIPCIÓN DEL PARAMETRO	Clase (K _i)			Factor (W _i)
		A	B	C	
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4,00
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1,00
3	Resistencia convencional	0	0	1	1,00
4	Posición del edificio y fundación	-1	1	2	1,00
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1,00
6	Configuración en planta	0	1	2	1,00
7	Regularidad de elevación	0	1	3	2,00
8	Separación máxima entre unidades estructurales	0	1	2	1,00
9	Tipo de cubierta (Techumbre)	0	1	2	1,00
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1,00
11	Estado de Conservación	0	1	2	1,00

CLASE (K_i): Las categorías A, B, C, van respectivamente desde condiciones favorables a desfavorables y su evaluación permite asignar un valor numérico K_i que varía entre 0 y 45.

PARÁMETROS: Factores más importantes que controlan el daño en un edificio. Se relacionan con los componentes, estructurales y no estructurales, que inciden en su comportamiento sísmico.

FACTOR DE PESO (W_i): Resalta la importancia de un parámetro respecto al resto, incidiendo en la calificación de cada uno.

RANGO ENTRE:

VALOR OBTENIDO: NADA VULNERABLE **0-1** NADA RESISTENTE

SU APLICACIÓN Y ADAPTACIÓN A TERRITORIO CHILENO

Los postulados originales del método del G.N.D.T. han sido modificados en nuestro país, gracias al desarrollo de trabajos e investigaciones que han permitido adecuar algunos de sus factores y pesos correspondientes a las características de las edificaciones chilenas para implementar la metodología localmente.

La primer calibración de este, para edificios de hormigón armado fue realizada para evaluar los daños de las edificaciones de Viña del Mar, luego del terremoto de 1985, estableciendo 10 parámetros (Elimina N° 8 de ficha original).

Parámetro	Descripción del parámetro	Clase (K _i)			Peso (W _i) Letelier (2003)
		A	B	C	
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4,00
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	0,75
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1,00
4	Posición del edificio y fundación	0	1	2	1,00
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	0,50
6	Configuración en planta	0	1	2	1,00
7	Regularidad de elevación	0	1	2	1,75
8	Tipo de cubierta (Techumbre)	0	1	2	0,50
9	elementos no estructurales	0	1	2	1,00
10	Estado de conservación	0	1	2	1,50

Puntajes de clases y pesos propuestos por Letelier (2003) para estructuras de hormigón armado

Parametro	Descripción del Parametro	Tipos de clase			Descripción del Sub parámetro
		A	B	C	
1	Organización del sistema resistente				Distancia entre líneas resistentes
					Cantidad de líneas resistentes
					Calidad de líneas resistentes
2	Calidad del sistema resistente				Continuidad de las líneas resistentes
					Calidad del tipo de mampostería
					Forma del elemento de mampostería
3	Resistencia convencional				Homogeneidad del material a lo largo del panel
					Previsión, calidad, y colocación del ligamento
					Uso de normativa antisísmica (según año)
4	Posición del edificio y fundación				Densidad de muros en planta
					Número de pisos de la edificación
					Tipo de cimentación, ubicación en el terreno
5	Diafragmas horizontales				Según Tipología estructural y materialidad
					Asimetría y (concavo, convexo)
					Torsión
7	Regularidad de elevación				Piso blando, columna corta,
					Irregularidad vertical en masa
					Discontinuidad de los elementos estructurales
8	Tipo de cubierta (Techumbre)				Forma y peso de la cubierta
					Presencia de elementos estructurales comprometedores
					Estado de conservación
10	Estado de conservación				Intervenciones de reparación

3.2.1 CALIBRACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DEL MÉTODO G.N.D.T:

En la investigación realizada por Alvayai en 2013, para analizar el índice de vulnerabilidad de las edificaciones de la ciudad de Valdivia, se menciona cómo el método se ha ido calibrando en diversas oportunidades para ser empleado en territorio nacional. En nuestro país, la primera aplicación de este método fue realizado por Saez en 1999, el cual la adaptó para aplicarla en viviendas de adobe de la zona norte de Chile.

La calibración de la tabla empleada por el método G.N.D.T, incorpora aspectos como la calidad de los materiales empleados, la estructuración de la edificación y las características geométricas. A estos factores se les asigna un indicador (K_i) según sea A, B o C, como se observa en la Figura 16:

INDICADOR (K_i)	DESCRIPCIÓN
A	BUENA
B	REGULAR
C	MALA

Figura 16 Indicador (K_i) establecidas por el método GNDT para edificaciones de hormigón. Fuente: (Alvayai, 2013)

A partir de las adaptaciones realizadas para ser aplicadas en nuestro país, se estableció la consideración de 10 variables de evaluación en nuestras construcciones y no 11 como lo plantea el método original, eliminando aquella referida a la separación máxima entre unidades estructurales, y sumándole mayor relevancia en la evaluación a los otros 10 parámetros establecidos, como se observa en la Tabla 8:

Tabla 8: Método G.N.D.T adaptado para edificios de H.A en Valdivia Fuente Alvaya, 2013.

N° VARIABLE	VARIABLE	Indicador (K_i)			Factor (W_i)
		A	B	C	
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4,00
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	0,75
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1,00
4	Posición del edificio y fundación	0	1	2	1,00
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	0,50
6	Configuración en planta	0	1	2	1,00
7	Regularidad de elevación	0	1	2	1,75
8	Tipo de cubierta (Techumbre)	0	1	2	0,50
9	Elementos no estructurales	0	1	2	1,00
10	Estado de Conservación	0	1	2	1,50

A diferencia de los pesos (W_i) determinados por la tabla original empleada en Italia, aquella que se ha empleado en nuestro país le resta importancia a los parámetros de *Calidad del Sistema Resistente*, *Diafragmas Horizontales*, *Regularidad en Elevación*, *Tipo de Cubierta* para sumarle importancia al parámetro referente al *Estado de Conservación de la Edificación* a la hora de aplicar la evaluación.

En cuanto al índice de vulnerabilidad (I_v), este se obtiene mediante la ecuación [1], que es la suma ponderada de los valores numéricos que expresan la calidad de cada uno de los once parámetros.

La ecuación [1] puede normalizarse para obtener índices en el rango entre cero (nada vulnerable) y uno (nada resistente) o entre cero y 100.

La ecuación [2] muestra un ejemplo de este tipo de normalización para el caso en que se trabajen con estructuras de hormigón armado, en la cual, el número 90 será reemplazado por el máximo valor que se pueda obtener de la sumatoria de la tabla ($K_i \cdot W_i$). (Alvayai, 2013)

Los valores y pesos (W_i) se calibran y asignan en base a datos observados en catástrofes sísmicas de cada terreno en el que se aplican o en su defecto, también es posible incorporar la opinión de expertos para adaptar la metodología a edificios específicos de diferentes entornos urbanos.

En cuanto a los valores que se han utilizado al calibrar esta herramienta en nuestro país, es importante analizar los diversos valores determinados en los distintos territorios en donde se ha empleado, tanto para estructuras de hormigón

armado como de albañilería de ladrillo, considerando que ambos sistemas pueden estar presentes en los establecimientos educacionales, como se observa en la Tabla 9 y 10. No se tendrá en cuenta como referente, aquellos estudios realizados en construcciones de adobe, debido a que no corresponde a las características de la tipología constructiva que será abordada en esta investigación.

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

[1], Ecuación para obtener I_v .

$$I_{vn} = \frac{\sum_{i=1}^{11} K_i W_i}{90}$$

[2]

Tabla 9: (Wi) Empleados por autores chilenos en edificaciones de H.A. Elaboración propia

Autor metodología (Para Hormigón Armado)	Benedetti Pettrini	Aranda	Letelier	Alvayay
Año	1984	2000	2003	2013
Territorio aplicado	Italia	Concepción	Viña del Mar	Valdivia
Parámetro	Factor (Wi) aplicado			
Organización del sistema resistente	4,00	4,00	4,00	4,00
Calidad del sistema resistente	1,00	1,00	0,75	0,75
Resistencia convencional	1,00	1,00	1,00	1,00
Posición del edificio y fundación	1,00	1,00	1,00	1,20
Diafragmas horizontales	1,00	1,00	0,50	0,50
Configuración en planta	1,00	1,00	1,00	1,00
Regularidad de elevación	2,00	2,00	1,75	0,95
Tipo de cubierta (Techumbre)	1,00	1,00	0,50	0,85
Elementos no estructurales	1,00	1,00	1,00	1,00
Estado de Conservación	1,00	2,00	1,50	1,50

Como se puede inferir de esta tabla, se observa que las variables Organización del sistema resistente, Resistencia Convencional, Configuración en planta, y Elementos no estructurales, utilizan el mismo factor de peso (W_i) independiente del territorio en el que se ha aplicado. Por otro lado, se puede analizar que por lo general, los otros parámetros varían en rangos entre 0,5-0,15 siendo el Estado de Conservación el que más varía el peso otorgado en cada ciudad.

Por otra parte, para aquellas edificaciones de albañilería de ladrillo, se puede observar en la Tabla 10 que sus valores no varían mayormente, a diferencia de los factores establecidos por el método original (Benedetti Pettrini) el cual fue pensado para evaluar edificaciones de albañilería no reforzada.

Tabla 10: (Wi) Empleados por autores chilenos en edificaciones de alb. Elaboración propia

Autor metodología (Para Albañilería Confinada)	Benedetti Petri (Albañilería no reforzada)	Gent	Alvayay
Año	1984	2003	2013
Territorio aplicado	Italia	Concepción	Valdivia
Parámetro	Factor (Wi) aplicado		
Organización del sistema resistente	1,00	4,00	4,00
Calidad del sistema resistente	0,25	3,00	3,00
Resistencia convencional	1,50	2,00	2,00
Posición del edificio y fundación	0,75	0,75	0,75
Diafragmas horizontales	1,00	0,50	0,50
Configuración en planta	0,50	1,50	1,00
Regularidad de elevación	1,00	1,50	0,95
Tipo de cubierta (Techumbre)	1,00	0,50	1,75
Elementos no estructurales	0,25	1,00	1,00
Estado de Conservación	1,00	1,00	1,00

En síntesis, este método posee tanto aspectos favorables como desfavorables para el objetivo de esta investigación. Por un lado, dentro de las falencias del G.N.D.T, se encuentra la ambigüedad que puede presentar el método, dada la no especificación de qué se comprende por cada clase.

En cuanto a los aspectos favorables de este método, se encuentra en primera instancia el que dentro de los parámetros a evaluarse incluyan aquellos elementos no estructurales, que en el caso de los establecimientos educacionales de La Serena, puede tener mayor incidencia considerando la ornamentación de sus fachadas.

De igual manera, el incluir dentro de sus parámetros el Estado de Conservación, es un punto favorable, tomando en cuenta que estos establecimientos cuentan con una vida útil de aproximadamente 70 años y han atravesado ya sismos de gran intensidad.

Finalmente, otra consideración favorable en cuanto a esta metodología, es que al analizar las diversas aplicaciones que ha tenido el método G.N.D.T en distintos territorios, se puede constatar que es una metodología flexible que permite su adaptación en cuanto a los parámetros a evaluar, considerado por ejemplo, que el método original incluye 11 parámetros, pero que en nuestro país solo se evalúan 10. Esto permitiría agregar aquellos parámetros que se consideran relevantes para el caso de estudio, como aquellos relacionados al entorno urbano y vías de evacuación, para así adecuar la herramienta de evaluación a las edificaciones educacionales de La Serena.

3.2.2 CALIBRACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL MÉTODO PARA CASOS DE ESTUDIO

Como se mencionó anteriormente, una de las principales ventajas de la metodología propuesta por el G.N.D.T, es la capacidad de adaptación del método a los casos que se desean evaluar. Esto visto desde la perspectiva tanto de la modificación de variables que se evalúan utilizando la pauta, como de los factores de peso (W_i) que se le otorga a cada parámetro.

En base a esto es que, bajo los objetivos de esta investigación, se adapta la tabla del método G.N.D.T:

En una **primera operación**, se definieron los ámbitos a tratar en esta evaluación, en la cual se agregó el ámbito urbano, el cual no se encontraba incorporado en el método original ni en aquellos adaptados por autores chilenos.

El **segundo paso** fue definir las variables que se utilizarían para esta evaluación, conservando aquellas del modelo original que son aplicables a los casos de estudio, modificando las que son importantes pero deben reajustarse. Finalmente se incorporaron aquellas variables particulares de cada caso, que no se encuentran incluidas en el método original, y que de alguna forma inciden en los resultados obtenidos en las evaluaciones.

En un **tercer paso**, se definieron los parámetros que serían analizados por cada variable, desglose que permite comprender qué se evalúa y qué establece la relación de esta con el indicador, ya que permite de igual manera, entender qué se define por bueno/malo/regular en cada variable. Finalmente, se consideraron 10 parámetros, como se observa en la Tabla 11.

Como se mencionó anteriormente, el método propuesto por el G.N.D.T, define 3 indicadores para la evaluación de estructuras de hormigón armado (A,B,C) (Figura 22). Sin embargo, dado el objetivo de esta investigación, se opta por emplear 4 indicadores (A,B,C,D) (Figura 17), debido a que, por un lado se aplicará la evaluación pensando en que las edificaciones se pueden componer a partir de sistemas mixtos. Por otro lado, establecer 4 categorías aportará en la diversidad de los resultados obtenidos en los distintos casos de estudio, evitando que la evaluación se sature debido a la tendencia a recaer siempre en el indicador intermedio (B).

En cuanto al factor de peso (W_i) se establecen valores propios comprendiendo que esta evaluación no ha sido implementada en la ciudad de La Serena y que no existen antecedentes previos de los valores establecidos para dicho territorio. Esto se realiza en base a las calibraciones realizadas por autores chilenos para territorios nacionales, mencionados anteriormente, complementado con los conocimientos propios en cuanto a qué factor podría incidir mayormente ante la acción sísmica, entendiendo que estos valores deben ser calibrados según el territorio en el que se desea implementar el método G.N.D.T.

Como se puede observar en la Tabla 11, debido a que se añadió un indicador D, se agrega una columna de valor numérico 3, a excepción de la variable que evalúa el diseño antisísmico.

Para esta investigación, se propone una nueva distribución de pesos (W_i), considerando las modificaciones que se realizan al método original a partir de las 3 fases anteriormente mencionadas, como se puede observar en la Tabla 12. Finalmente se obtiene como resultado

la pauta que se observa en la Tabla 14 y 15, en la cual se establecen los valores definidos para esta investigación.

En esta oportunidad, y de manera semejante con las calibraciones realizadas para otros territorios nacionales, como se observa en el cuadro comparativo (Tabla 12) se conserva y establece el mayor factor de peso (W_i) en la Organización del sistema resistente, (Organización del sistema estructural vertical en la investigación), pues es inminente que la edificación no podría sostenerse en pie si el daño en estos elementos es considerable, a diferencia por ejemplo de si existiera daño en la techumbre o en sus diafragmas horizontales.

INDICADOR (K_i)	DESCRIPCIÓN
A	BUENA
B	REGULAR
C	MALA
D	MUY MALA

Figura 17: Indicadores (K_i) establecidas para esta Tesis de investigación. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11: Metodología G.N.D.T adaptada Fuente: Elaboración propia.

Ámbito	N°	Variable	A	B	C	D	Factor (W_i)	Factor (W_i)	Parámetro
URBANO	1	Contexto	0	1	2	3	0,5	0,17	Vías de evacuación
								0,17	Distancia entorno próximo
								0,17	Zonas seguras de evacuación
	2	Emplazamiento	0	1	2	3	1,0	0,75	Calidad del suelo
EDIFICACION	3	Conformación volumétrica	0	1	2	3	2,0	0,20	Morfología
								0,40	Regularidad en elevación
								1,0	Juntas sísmicas
								0,40	Número de pisos de la edificación
	4	Organización del sistema estructural vertical	0	1	2	3	4,0	1,5	Distancia entre ejes estructurales
								0,75	Cantidad de ejes estructurales
								0,75	Rigidéz de ejes estructurales
								1,0	Continuidad de ejes estructurales
	5	Calidad del sistema estructural vertical	0	1	2	3	2,0	0,90	Tipo de sistema estructural
								0,20	Espesores de muros
								0,90	Homogeneidad de sistemas
								0,42	Tipo de sistema estructural
	6	Estructura de entrepisos	0	1	2	3	1,25	0,42	Geometría
								0,42	Discontinuidades
								0,42	Discontinuidades
	7	Techumbre	0	1	2	3	1,0	0,40	Tipo de sistema estructural
0,40								Peso de la techumbre	
0,20								Materialidad/Riesgo caída de elementos	
8	Estado de conservación	0	1	2	3	1,5	0,50	Reparaciones	
							1,0	Deterioro	
EDIFICACION/ NO ESTRUCTURAL	9	Elementos no estructurales	0	1	2	3	1,0	0,50	Tabiques
								0,50	Ornamentos
	10	Diseño antisísmico	-1	0	1	2	0,75	0,75	Uso de normativa antisísmica

Por otra parte, el reordenamiento de variables propuesto para esta investigación, generó que ciertos factores (W_i) se aprecien con valores elevados a los propuestos por otros autores, pero esto se debe únicamente a que existen variables que se combinaron en 1 sola, ya que, al realizar el análisis de parámetros evaluados, se consideró que estos se incluirían en una sola variable. Este es el caso, entre otros, de *Configuración en Planta y Regularidad en Elevación*, variables que para esta investigación son consideradas como conformación volumétrica, como se aprecia en la Tabla 12.

Es importante mencionar que, una de las problemáticas surgidas dentro de la calibración y adaptación del método, fue la carencia de información a la hora de analizar el desglose de cada variable (parámetros evaluados) esto debido a que por lo general, se menciona qué se desea evaluar pero no qué es lo que directamente se evalúa. Es debido a esto que se realizan las diversas modificaciones observadas en la Tabla 13.

Tabla 12: Comparación método original y adaptaciones chilenas. Fuente: Elaboración propia.

Autor metodología (Para Hormigón Armado)	Benedetti Pettrini	Aranda	Letelier	Alvayay	Propuesta personal	Nomenclatura establecida en investigación
Año	1984	2000	2003	2013	2019	
Territorio aplicado	Italia	Concepción	Viña del Mar	Valdivia	La Serena	
Variable	Factor (W_i) aplicado					
Organización del sistema resistente	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	Organización del sistema estructural vertical
Calidad del sistema resistente	1,00	1,00	0,75	0,75	2,00	Calidad del sistema estructural vertical
Resistencia convencional	1,00	1,00	1,00	1,00	—	
Posición del edificio y fundación	1,00	1,00	1,00	1,20	1,0	Emplazamiento
Diafragmas horizontales	1,00	1,00	0,50	0,50	1,25	Estructura de entrespiso
Configuración en planta	1,00	1,00	1,00	1,00	2,0	Conformación volumétrica
Regularidad de elevación	2,00	2,00	1,75	0,95	2,0	Conformación volumétrica
Separación máxima entre unidades estructurales	1,00	—	—	—	—	
Tipo de cubierta (Techumbre)	1,00	1,00	0,50	0,85	1,00	
Elementos no estructurales	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Estado de Conservación	1,00	2,00	1,50	1,50	1,50	
Contexto	—	—	—	—	0,5	
Diseño antisísmico	—	—	—	—	0,75	

Tabla 13: Operaciones realizadas por cada variable. Fuente: Elaboración propia.

Propuesta personal (Para Hormigón Armado)	Ciudad: La Serena			
	Variable			
Nomenclatura original	Conservada	Modificada por	Agregada	Eliminada
Organización del sistema resistente		Organización del sistema estructural vertical		
Calidad del sistema resistente		Calidad del sistema estructural vertical		
Resistencia convencional		Conformación volumétrica Diseño antisísmico		
Posición del edificio y fundación		Emplazamiento		
Diafragmas horizontales		Estructura de entrepiso		
Configuración en planta		Conformación volumétrica		
Regularidad de elevación		Conformación volumétrica		
Separación máxima entre unidades estructurales				X
Tipo de cubierta (Techumbre)	X			
Elementos no estructurales	X			
Estado de Conservación	X			
Contexto			X	
Emplazamiento			X	

El índice de vulnerabilidad normalizado (I_v) para obtener el puntaje final de cada evaluación, se calcula a partir de la suma ponderada de cada factor por su peso correspondiente al realizar la evaluación de cada caso, dividido por el valor máximo que se puede obtener de cada parámetro, es decir la sumatoria de la clase D multiplicada por cada factor de peso (W_i) según el valor determinado para cada parámetro, como se observa en la Ec. 3.0.

Finalmente, se desarrollo la pauta de evaluación (Tabla 15), en base a lo planteado por la tabla de daños de Kupfer (Anexo 0, p199) en la cual a partir de los porcentajes obtenidos, se determinará su vulnerabilidad asociada a la probabilidad de sufrir daños, como se observa en la Tabla 14.

Tabla 14: Extensión de vulnerabilidad y acción a realizar.

%	Extensión de vulnerabilidad	Acción a adoptar
0%	No es vulnerable en ninguno de sus parámetros	No se requiere acción
0-25%	Presenta parámetros vulnerables de grado menor que no requieren reparaciones ni refuerzos estructurales.	No se requiere acción, solo actuaciones de conservación y mantenimiento
26-50%	Presenta parámetros vulnerables de grado medio, que requieren reparaciones pero que no se presentan como un elemento de riesgo inminente para el conjunto, ya que no requieren intervenciones de carácter mayor.	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/refuerzos menores para asegurar su conservación.
51-75%	Presenta parámetros vulnerables de alto nivel en zonas o elementos localizados, que requieren reparaciones y refuerzos de carácter mayor, pues se presentan como un elemento de alto riesgo en caso de que ocurran nuevos eventos sísmicos.	Se debe alzaprimar y evacuar parcialmente el edificio para realizar acciones de restauración y refuerzos. Es necesario ejecutar una restauración estructural y un refuerzo sísmico, anterior al tratamiento arquitectónico.
76-99%	Edificación es vulnerable casi en la totalidad de parámetros evaluados. Presenta elementos de riesgo tanto a nivel estructural como no estructural de carácter severo. El edificio toma una condición peligrosa y debe cesar con actividades educativas.	Se debe alzaprimar y evacuar el edificio. Este debe ser demolido o exige extensos trabajos de restauración y refuerzo antes de ser ocupado nuevamente debido al alto índice de vulnerabilidad de sus parámetros.
100%	Edificación es vulnerable en todos sus parámetros y no puede continuar sus actividades debido al alto riesgo de colapso de su estructura ante la acción sísmica.	Despejar sitio y reconstruir

$$I_{v \text{ NORMALIZADO}} = \frac{\left(\sum_{j=1}^{10} \text{Puntaje de clase factor } (K_i) \times \text{Peso del factor } (W_i) \right)}{44} \quad \text{Ec (3.0)}$$

Tabla 15: Pauta de evaluación. Elaboración Propia.

Tabla de identificación de clases, según parámetros y subparámetros influyentes en la evaluación de vulnerabilidad sísmica.						
N°	Variable	Sigla	Parámetro	Descripción del parámetro		
A						
URBANO						
A.1	Contexto	A.1.1	Vías de evacuación	A	Múltiples vías de evacuación, de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con bajo flujo	
				B	Vías de evacuación de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con múltiples flujo	
				C	Cuenta con vías de evacuación de malas proporciones, hacia calles perimetrales de alto flujo	
				D	Edificio no cuenta con vías de evacuación expeditas hacia el entorno	
		A.1.2	Distancia entorno próximo	A	Se encuentra aislado y no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
				B	No se encuentra aislado, pero no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
				C	Se encuentra aislado, pero proporción de vías aleatorias pone en riesgo el daño que podría sufrir o causar	
				D	No se encuentra aislado, y podría afectar, o verse afectado por el daño en su entorno	
		A.1.3	Zonas seguras de evacuación	A	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación al interior y al exterior del conjunto	
				B	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al interior del conjunto	
				C	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al exterior del conjunto	
				D	Edificio no cuenta con espacios seguros de evacuación	
A.2	A.2.1	Calidad del suelo	A	Se emplaza en terraza intermedia		
			B	Se emplaza en terraza superior		
			C	Se emplaza en terraza playa de mar		
			D	Se emplaza en terraza inferior		
	A.2.2	Fundaciones	A	La edificación no presenta asentamientos en su conjunto		
			B	La edificación evidencia asentamientos leves en una parte del conjunto		
			C	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor en una parte del conjunto		
			D	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor casi todo el conjunto		
B						
EDIFICACIÓN / ESTRUCTURAL						
B.1	Conformación volumétrica	B.1.1	Morfología	A	Volumen es regular y no tiene salientes en su conformación	
				B	Volumen es regular pero tiene salientes en su conformación	
				C	Volumen es irregular, no posee salientes y su morfología tiene geometrías de H.L.U.T	
				D	Volumen es irregular, posee salientes y su morfología tiene geometrías de H.L.U.T	
		B.1.2	Regularidad en elevación	A	Altura de edificación es regular en todos sus niveles	
				B	Altura de edificación es regular en el 50% de sus niveles	
				C	Altura es regular en sus niveles, pero evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta	
				D	Altura es irregular en sus niveles y evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta	
	B.1.3	Juntas sísmicas	A	Dispuestas en todo cambio de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura, sistema estructural y/o geometría.		
			B	Cuenta con juntas de dilatación en gran parte del conjunto, pero carece de ellas en ciertos cambios de la edificación		
			C	El edificio carece en su mayoría de juntas de dilatación en puntos importantes del conjunto		
			D	El edificio no cuenta con juntas de dilatación		
	B.1.4	Número de pisos de la edificación	A	Edificación cuenta con 1 solo piso		
			B	Edificación cuenta con 2-7 pisos		
			C	Edificación cuenta con 8 pisos		
			D	Edificación cuenta con más de 8 pisos		
B.2	Organización del sistema estructural vertical	B.2.1	Distancia entre ejes estructurales	A	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en ambos sentidos	
				B	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en un sentido	
				C	Ejes no están repartidos homogéneamente pero son mayormente de la misma materialidad	
				D	Ejes no están repartidos homogéneamente y son de diversas materialidades	
		B.2.2	Cantidad de ejes estructurales	A	Posee espacios reducidos y múltiples ejes estructurales en ambas direcciones	
				B	Espacios de mayor proporción y misma cantidad de ejes estructurales en ambas direcciones	
				C	Posee múltiples ejes que subdividen la edificación en espacios de diversas proporciones	
				D	Ejes estructurales se encuentran muy distanciados y se evidencian grandes espacios	
	B.2.3	Rigidez de ejes estructurales	A	Ejes transversales y longitudinales no poseen aberturas, tienen misma materialidad y espesores		
			B	Ejes transversales o longitudinales poseen misma materialidad, espesores y aberturas		
			C	Ejes transversales o longitudinales poseen un parámetro de igual rigidez (materialidad, espesor, aberturas)		
			D	Ejes son muy diversos en cuanto a su materialidad, espesores y aberturas en ambas direcciones		
	B.2.4	Continuidad de ejes estructurales	A	Ejes son continuos en todos los niveles de la edificación		
			B	Edificio presenta discontinuidades menores en un solo nivel		
			C	Edificio presenta discontinuidades mayores en uno o dos niveles		
			D	Edificio presenta discontinuidades en la mayoría de sus niveles		
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	B.3.1	Tipo de sistema estructural	A	La totalidad de la edificación se compone a partir de muros o pórticos	
				B	Edificación se compone mayormente de un solo sistema (muro o pórtico) pero evidencia cambios de sistema en algunas zonas	
				C	Edificación se compone de un sistema en ejes transversales y de otro sistema en longitudinales	
		B.3.2	Espesores de muros	A	Edificación se compone a partir de sistemas mixtos y combinados en ambos ejes	
				B	Espesores en toda la edificación cumplen con valores mínimos establecidos por actual normativa y cuenta con elementos de mayor espesor que lo establecido por la norma.	
				C	Cuenta con espesores establecidos por actual normativa y espesores fuera de norma	
	B.3.3	Homogeneidad de sistemas	A	Ninguno de los espesores cumple con la actual normativa		
			B	El edificio es completamente de una sola materialidad		
			C	Sistema vertical es en su mayoría de una materialidad pero contiene elementos de otra materialidad		
	B.4	Estructura de entresijos	B.4.1	Tipo de sistema estructural	A	Sistema vertical es completamente de una materialidad en un nivel y de otra en sus otros niveles
					B	Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto
					C	Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto
B.4.2			Geometría	A	El entresijo se compone a partir de un 100% de diafrágramas rígidos	
				B	El entresijo se compone a partir de un 70% de diafrágramas rígidos y un 30% de envigados	
				C	El entresijo se compone a partir de un 70% de envigados y un 30% de diafrágramas rígidos	
B.4.3		Discontinuidades	A	El entresijo se compone 100% de envigados		
			B	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares		
			C	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares		
B.5		Techumbre	B.5.1	Tipo de sistema estructural	D	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares
					A	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares
					B	Entresijos no presentan discontinuidades en ninguno de sus niveles
	B.5.2		Peso de la techumbre	C	Entresijos presentan discontinuidades solo en cajas de escaleras	
				D	En el 50% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades	
				A	En el 70% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades	
B.5.3	Materialidad/riesgo caída de elementos	A	Cubierta se compone a partir de losa y cerchas			
		B	Cubierta se compone a partir de losa			
		C	Cubierta se compone a partir de vigas y cerchas			
B.6	Estado de conservación	B.6.1	Reparaciones	D	Cubierta se compone a partir de tijerales y/o par y nudillo	
				A	Techumbre es inhabitable	
				B	Techumbre es utilizada como terraza	
		B.6.2	Deterioro	C	Techumbre cuenta con entretecho habitable	
				D	Se utiliza el entretecho de la techumbre como bodega	
				A	Se compone a partir de losa, sin riesgo alguno de caída de elementos	
B	Se compone a partir de placas/planchas, con elementos que pueden desprenderse					
C	Cubierta se compone a partir de tejas					
D	Cuenta con elementos en visible estado de riesgo de caída (Como canaletas)					
A	No se realizado reparación estructural alguna, o han sido insignificantes					
B	Se han realizado reparaciones de carácter menor a lo largo de la vida útil de la edificación					
C	Se han realizado reparaciones de carácter mayor a lo largo de la vida útil de la edificación					
D	Edificación ha presentado daños de consideración recurrentemente tras acción sísmica, sin reparación					
A	Edificación no presenta deterioro en su estructura					
B	Edificación presenta deterioro solo en su fachada					
C	Edificación presenta deterioro en parte de su estructura, de carácter mayor en elementos estructurales y/o no estructurales					
D	Edificación presenta deterioro en gran parte de su estructura					
C						
EDIFICACIÓN / SECUNDARIO						
C.1	Elementos no estructurales	C.1.1	Tabiques	A	Edificación no presenta tabiques	
				B	Edificación cuenta con tabiques macizos (bloques)	
				C	Edificación cuenta con tabiques compuestos de entramados de madera y placas	
				D	Edificación cuenta con tabiques frágiles, de recubrimiento y/o celosía (bloques de cemento)	
	C.1.2	Ornamentos	A	Edificación no cuenta con ornamentos (ni interiores ni exteriores)		
			B	Edificación cuenta con ornamentos de bajo relieve en interior y/o exterior		
			C	Edificación cuenta con ornamentos sobresalientes y protuberantes en interior y/o exterior		
			D	Cuenta con numerosos ornamentos que evidencian riesgo de caída en interior y/o exterior		
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	A	Edificio fue diseñado con los parámetros establecidos por actual normativa antisísmica	
				B	Edificio fue diseñado bajo alguna de las normas NCh 170 (1952), NCh 429 (1956), NCh 430 (1961), NCh 433 (1972), NCh 1537 (1986)	
				C	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1930-1950 (E.T gen para edificios fiscales (1930), Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edif. Fiscal (1930) y/o O.G.U.C de 1936)	
				D	Edificio no fue diseñado bajo ninguna normativa antisísmica	

3.2.3 VARIABLES EVALUADAS

Se consideraron **10 variables para esta investigación** y fueron seleccionadas a partir de los ámbitos que inciden en la vulnerabilidad de cada caso y que son aplicables a la realidad de los considerados en la ciudad de La Serena. Entre las variables que se consideraron se encuentran las siguientes:

A) ÁMBITO URBANO:

Como se mencionó anteriormente, el método original no contempla el ámbito urbano, el cual fue agregado en esta investigación, pues es de suma relevancia evaluar el contexto en el que se emplaza el establecimiento, el cual podría incidir directamente en el índice de vulnerabilidad de este.

En este ámbito se consideran las siguientes variables:

1. Contexto (Anexo 1, p198,199):

Esta variable enfoca en 3 parámetros, relacionados principalmente con evacuación y entorno próximo. Las vías de evacuación son relevantes a considerar debido a su incidencia al momento de evacuar el establecimiento. Su proporción y los flujos vehiculares que estas contienen son aspectos que podrían influir en el tiempo y la manera en que se evacua el recinto, considerando que se debe desalojar población infantil y adulta.

De igual manera, es importante considerar las zonas seguras debido a que representan los espacios de menor riesgo ante una emergencia, y el contar con estas tanto al interior como exterior del establecimiento permitirá que la evacuación sea más expedita y por ende, evitará el riesgo para su población, lo que lo hace menos vulnerable. Finalmente, se evalúa el entorno próximo que rodea al conjunto, esto analizado desde el aspecto de si existe riesgo ante el derrumbe de edificaciones aledañas que puedan afectar al establecimiento o si de igual manera, el derrumbe de este afectaría a su entorno próximo.

2. Emplazamiento (Anexo 2, p200):

Se aborda en cuanto a la calidad del suelo en el que se emplaza el caso, considerando el comportamiento geotécnico de las diversas terrazas que componen la ciudad de La Serena. Por otro lado, se analiza el parámetro de fundaciones, el cual se basa en aquello que puede ser evaluado mediante una inspección visual, como lo es la existencia de asentamientos que pueda presentar el terreno, lo cual dejaría en evidencia que las fundaciones existentes no son las adecuadas para el terreno en el que se emplaza el caso.

B) ÁMBITO EDIFICACIÓN:

3. Conformación volumétrica (Anexo 3, p201,202):

Enfocado en evaluar aquellos parámetros que se relacionan directamente con el volumen del caso, entre ellos su geometría, regularidad y continuidad de sus niveles. También, se evalúa la existencia y disposición de juntas de dilatación, esto debido a la importancia que representa el contar con esta condición de diseño en todo el conjunto de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura del conjunto, o en cambios de sistema estructural y/o geometría. De igual manera, se analizan los pisos del volumen, esto a partir de lo establecido por la norma, considerando que aquellas edificaciones de un nivel serán menos vulnerables en comparación a las que superen los ocho pisos.

4. Organización del sist.estructural vertical (Anexo 5, p204,204):

Esta variable se evalúa a partir de las condiciones de distribución de las estructuras verticales del caso de estudio. El primer parámetro tiene relación con la distancia entre los ejes estructurales, esto analizado desde la repartición homogénea de los elementos verticales y la materialidad de estos, tomando en cuenta que la rigidez variará según la distancia a la que se dispongan estos elementos y los elementos constructivos que compongan cada eje.

El segundo parámetro tiene relación con la cantidad de ejes estructurales, esto considerando que a mayores espacios subdivididos y de menores proporciones, la vulnerabilidad será menor en comparación con la existencia de espacios de grandes proporciones, como ocurre por lo general, en las zonas de gimnasios en los establecimientos educacionales.

El tercer parámetro se relaciona con la rigidez de ejes estructurales, aspecto analizado en cuanto a la materialidad, espesor y aberturas que primen en los elementos verticales de cada caso.

El cuarto parámetro se analiza a partir de la continuidad de ejes estructurales, esto considerando que aquellos casos que no presenten ejes discontinuos obtendrán menor puntuación que aquellos que presenten discontinuidades de sus ejes en algún nivel.

5. Calidad del sistema estructural vertical (Anexo 6, p206,207):

El primero de ellos es el tipo de sistema estructural, evaluado a partir de si la edificación se compone a partir de sistemas uniformes, ya sea muros, marcos rígidos o pórticos, que sería el caso menos vulnerable a diferencia de si esta se compone de sistemas mixtos. El segundo de ellos evalúa los espesores de muros, analizados a partir de si cumplen con las dimensiones mínimas establecidas por la actual normativa, es decir no menores a 14 cm en muros estructurales interiores ni menores a 20 en muros exteriores en construcciones de albañilería de no más de 2 pisos. De igual manera, para muros soportantes de hormigón armado estos no deberán ser menores a 20cm (En últimos 6m del edificio estos pueden reducirse 15). (Chile, 2018) El tercer parámetro evalúa la homogeneidad de sistema verticales, aquellos casos que se compongan completamente de hormigón armado serán los que presenten menor vulnerabilidad, a diferencia de aquellos que se compongan de sistemas constructivos y materialidad mixta.

6. Estructura de entrepiso (Anexo 7, p208,209):

Esta variable evalúa aquellos elementos horizontales del conjunto, como son los entrepisos, los cuales serán evaluados a partir del análisis de 3 parámetros. Entre ellos se encuentra el tipo de sistema estructural del cual se compone el entrepiso, considerando que aquellos que contengan diafragmas rígidos serán menos vulnerables que aquellos que se compongan de envigados de madera. De igual manera se evalúa su geometría, en la cual, a mayor tendencia del entrepiso por geometrías cuadriláteras regulares y que conserven las proporciones aceptables (2:1), menor será su vulnerabilidad, a diferencia de aquellas que superen los límites aceptados (ancho mayor a dos veces su largo). El último parámetro tiene relación con las discontinuidades que presenta el entrepiso, en donde, aquellos que no contengan discontinuidades serán los que presenten menor vulnerabilidad versus aquellos con un porcentaje mayor de discontinuidades.

7. Techumbre (Anexo 8, p210,211):

Evaluable a partir de 3 parámetros, en la cual, a diferencia del método propuesto por G.N.D.T, se agrega aquel que tiene relación con el riesgo de caída de elementos, esto debido a que los casos de estudio se componen principalmente de tejas. El primero se relaciona con el tipo de sistema estructural, en la cual aquellas techumbres que se compongan de losas y cerchas, serán los casos de menor vulnerabilidad, vs aquellas que se compongan a partir de tijerales o par y nudillo. El segundo parámetro a evaluar es el peso de la techumbre, esto tomando en cuenta que existen establecimientos educacionales que hacen uso de las cubiertas, lo cual afectará directamente en la vulnerabilidad que presente cada caso, ya sea si esta es utilizada como terraza, bodega o entretechos habilitados para disponer oficinas, u otros usos programáticos. El tercer parámetro tiene relación con la materialidad y el riesgo de caída de elementos, considerando que, ante la acción sísmica, la caída de elementos desde la techumbre puede ser un factor de alto riesgo.

8. Estado de conservación (Anexo 10,p213):

Analizado a partir de dos parámetros como lo son las reparaciones y las condiciones de conservación, entendiéndose que, debido a la recurrencia sísmica, es importante constatar en primera instancia, si el caso de estudio ha sufrido reparaciones anteriormente ya sea de carácter menor, como reparaciones de ornamentos, grietas no estructurales, desprendimiento de techo falso, que no generaran paralización de actividades del establecimiento o mayor y si se realizaron reparaciones en elementos estructurales o no estructurales por daños considerables, que representaran un riesgo para su población y evitaran que el establecimiento continuara con su funcionamiento regular. Por otra parte, las condiciones de conservación son relevantes de evaluar debido a la importancia de analizar en qué estado se encuentra la estructura del establecimiento, esto para analizar qué tan susceptible se encuentra la estructura a sufrir mayores daños ante la recurrencia sísmica de a ciudad, considerando que a mayor deterioro, mayor será la vulnerabilidad de la edificación.



Patio interior Liceo de Niñas.
Fuente Elaboración propia.

C) ÁMBITO EDIFICACIÓN/ SECUNDARIO

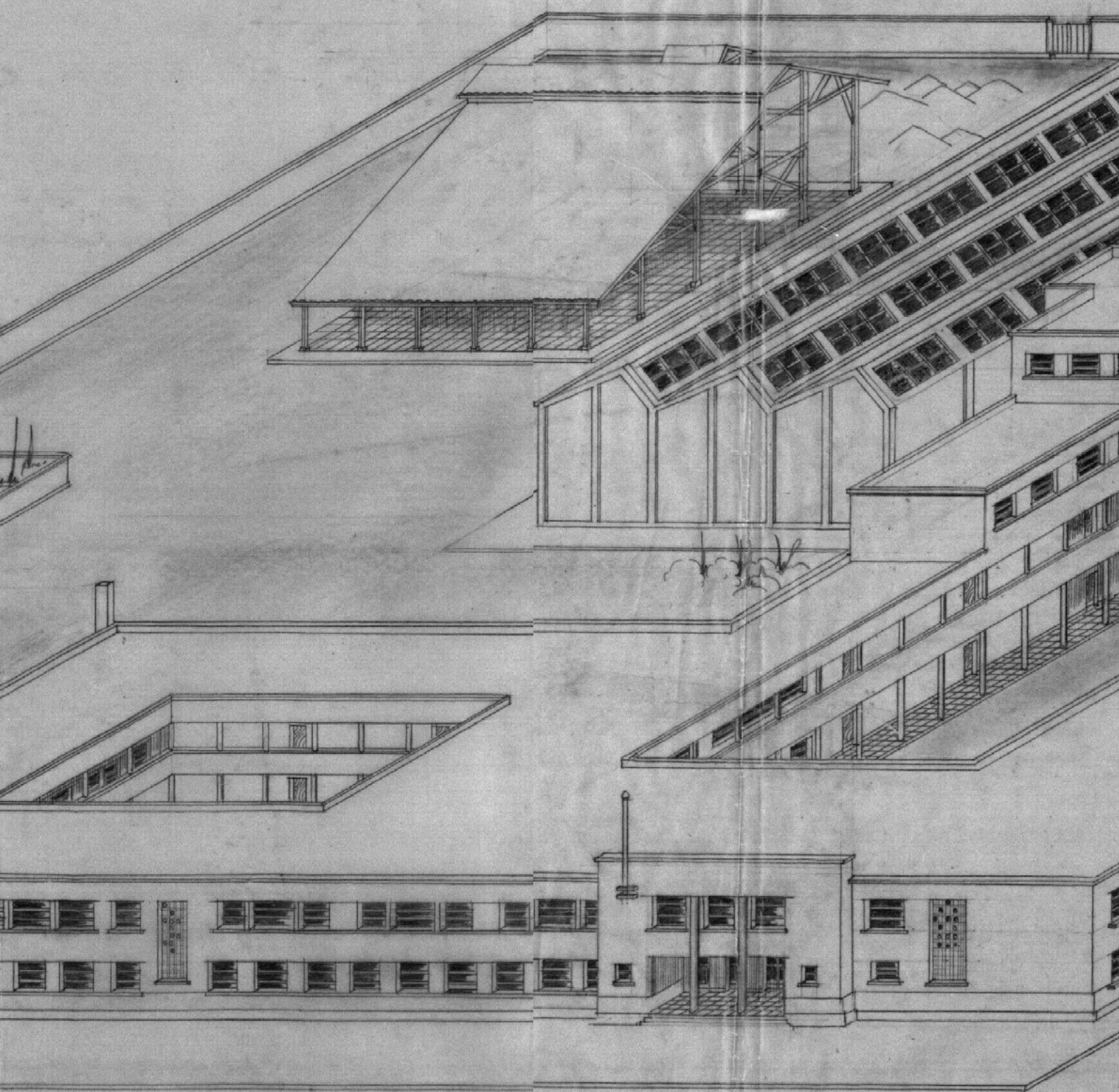
9.Elementos no estructurales (Anexo 9,p212):

Estos se evalúan a partir de dos parámetros. Por un lado, la existencia de tabiques, en los cuales, aquellos casos que no presenten tabiques serán los de menor vulnerabilidad, versus la existencia de tabiques frágiles o de celosía que podrían quebrarse/desprenderse ante la acción sísmica. Por otro lado, se evalúa la existencia de ornamentos, su estado y morfología, esto debido a que, aumenta el riesgo de que estos puedan desprenderse ante sismos de mayor intensidad, o de menor si es que no se encuentran en buen estado, lo cual tiene directa relación con los casos de estudio, considerando que su estética se basa en fachadas neocoloniales.

10. Diseño antisísmico (Anexo 4,p203):

Relacionado directamente con el uso de normativa antisísmica en el diseño del caso evaluado, esto considerando que los establecimientos educacionales que fueron diseñados bajo el Plan Serena cuentan con una vida útil de aproximadamente 70 años. Tomando en cuenta el periodo transcurrido desde su construcción, las regulaciones para el diseño antisísmico de nuestras construcciones han ido cambiando considerablemente, para lo cual estos se evalúan a partir de transformaciones importantes que haya sufrido nuestra norma, como se pudo observar en capítulos anteriores, como lo es la O.G.U.C de 1936, la aparición de la norma NCh433 en 1972 y por último la actual normativa que rige en nuestro país, por lo cual a mayor antigüedad (vida útil) del caso evaluado, mayor será su vulnerabilidad, debido a la carencia de normativa sísmica para su diseño.

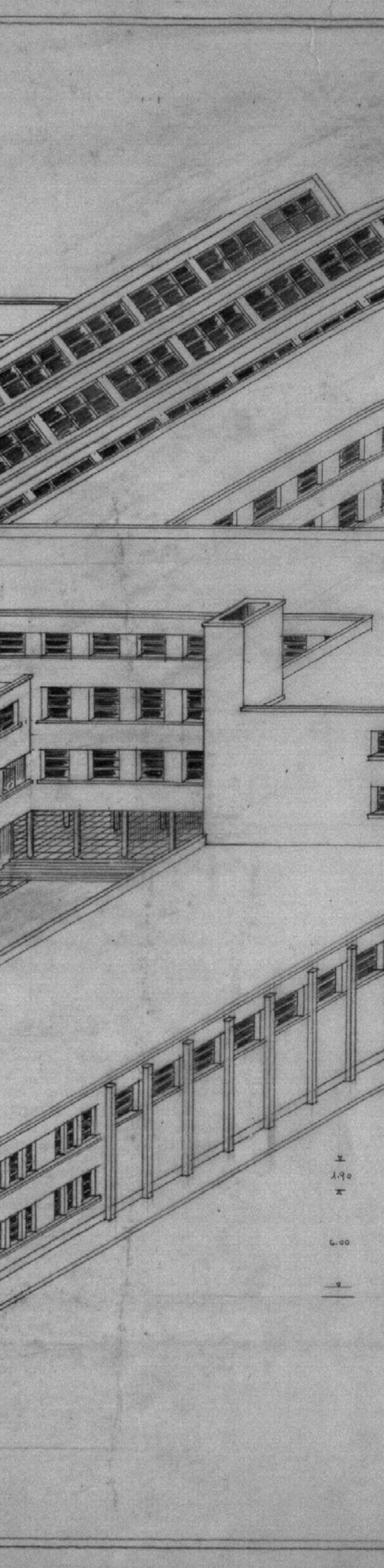




DEPARTAMENTO
DE
PEROSPECTIVA.

DE ARQUITECTURA.

Esc: 0.005 P/MT.
850. 30-VIII-44.-



CAPÍTULO

4

PLAN SERENA
V/S ARQUITECTURA
MODERNA

4.0

PLAN SERENA: ARQUITECTURA MODERNA V/S ARQUITECTURA NEOCOLONIAL

Para comprender el espacio físico y temporal de las edificaciones educacionales que serán analizadas en esta investigación, primero debemos abocarnos a contextualizar el entorno sociopolítico que influyó en su conformación, y en la arquitectura de los años 1946-1952 de la ciudad de La Serena, las cuales fueron diseñadas bajo los lineamientos del Plan Serena durante el gobierno de Gabriel González Videla.

El Plan Serena se conformó como un ensayo planificado para la transformación de la Región de Coquimbo y la ciudad de La Serena, la cual estuvo a cargo de los urbanistas Guillermo Ulriksen, González Valcárcel, el paisajista Oscar Prager, la asesoría del urbanista Gastón Bardet y un grupo de arquitectos. (Eliash Humberto, 1989) Se considera un ensayo ya que su aplicación fue una puesta a prueba en territorio nacional, de lo estipulado por el *Plan de Urbanización Regional*¹² para descentralizar la capital.

Este se conformó como una propuesta totalmente revolucionaria para la época, pues la idea de replantear la ciudad no nace a partir de una catástrofe, como ocurrió con los sismos en el caso de Talca, Concepción y Chillán, en 1928 y 1939 respectivamente, sino de un planeamiento estratégico para re-pensar la idea de ciudad y de provincia. Su desarrollo se basó en la elaboración


de un Plan Regional y un Plan Urbano para La Serena, donde este último contempló desde el trazado de sus calles hasta la construcción de diversos servicios y edificios cívicos para el funcionamiento de la ciudad. (Saguéz, 1956)

La construcción de estos edificios fue desarrollada principalmente en base a dos estilos; Por un lado, son construcciones modernas en cuanto a los sistemas constructivos empleados y la estructura que los compone (Hormigón armado y albañilería confinada), pero conforman su estética a partir de los principios del estilo neocolonial. Relación que pareciera ser una dicotomía pero que, en la actualidad representan la particularidad de las edificaciones que caracterizan a la ciudad.

Los cambios en la cultura arquitectónica, a partir de las reformas que se desarrollaron en la época de 1930-1950 en las escuelas de arquitectura permitieron que la expresión de la estética neocolonial se hiciera presente en estas edificaciones.

El panorama en las escuelas de arquitectura era complejo, puesto que mantenían una estructura tradicional en cuanto a su enseñanza, la cual, a partir de la influencia de publicaciones extranjeras y profesores que habían cursado sus estudios en Europa, influyeron en que surgieran movimien-

¹² Plan estratégico propuesto bajo el gobierno de Gabriel González Videla en 1946, el cual proponía intervenir en la planificación urbana y económica de las provincias, con el objetivo de descentralizar la capital. Este fue únicamente desarrollado en la Provincia de Coquimbo debido a la falta de recursos para implementarlo de manera simultánea en el país, siendo denominado Plan Serena.



tos estudiantiles que exigían una reforma a la educación tradicional de la arquitectura. Entre ellos, el movimiento de 1933 y 1944 en la Universidad de Chile, arrojando este último resultados concretos y el cual provocó cambios en el Plan de Enseñanza en 1946. Recién en 1953, tras el movimiento de reforma en la Universidad Católica, se dio fin a la instrucción clásica de la carrera, terminando con la enseñanza tradicional de la arquitectura en nuestro país. (Pérez, 2017)

Es esta influencia del movimiento tradicional y vanguardista en las edificaciones modernas de nuestro país lo que explica esta conformación estética, la cual surge a partir de un movimiento moderno que, para el periodo de edificación de las escuelas de La Serena, se encontraba en plena vía de transición. En este caso la estética que por otro lado, fue propuesta por el entonces presidente Gabriel González Videla, a partir de las edificaciones coloniales que ya existían en la ciudad, por lo que al darle una estética neocolonial a las construcciones del Plan Serena, le daría un sentido de unidad a la ciudad.

Un concepto que se adapta a esta situación es el utilizado por Humberto Eliash en su publicación acerca de la Arquitectura Moderna de 1989, donde este paradigma de arquitectura moderna-neocolonial podría comprenderse como

una *“Arquitectura Paralela”* entendida como aquella *“Dependiente de una variable poco considerada en la historia de la arquitectura como lo es el “gusto”. El “gusto arquitectónico es una condicionante del complejo desarrollo social y cultural de la arquitectura contemporánea chilena, caracterizada como un elemento de status”*. (Eliash, 1998)

En una relación directa con lo que es el gusto arquitectónico, González Videla expresó que a su parecer, la falencia de las grandes ciudades era la carencia de un estilo que pudiera definir las. Debido a esto, *“Se conformaban espacios pesados, carentes de brillo y de mal gusto, generando urbes desfiguradas por el contraste de estilos, coloridos y alturas aplicados en sus edificaciones”* (González, 1953).

4.1 LA INFLUENCIA DEL MOVIMIENTO MODERNO EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO

En 1928, arquitectos europeos y norteamericanos instauran el primer Congreso Internacional de la Arquitectura Moderna (CIAM), el cual realizó múltiples conferencias para discutir y definir los conceptos que debían guiar la arquitectura y urbanismo de las ciudades, esto a raíz de las precarias condiciones que existían en las zonas industriales de las grandes ciudades post industriales. Dentro de los aspectos considerables que surgen en este movimiento es la aparición del “*edificio singular*”, a diferencia de las tipologías prevalentes en las ciudades, compuestas a partir de edificaciones continuas que conforman una manzana sin diferenciarse mayormente el uno del otro. (Guevara, 2009)

El “*edificio singular*”, se genera a partir de dos condiciones: El edificio aislado y el edificio colindante, de los cuales, se crean 3 tipologías como se observa en la Figura 18.

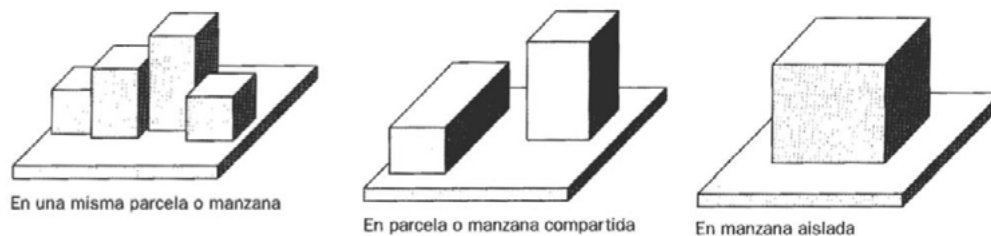


Figura 18: El edificio singular. Fuente. Guevara 2009.

a) Tipología de edificación colindante:

Presenta diferentes alturas y profundidades que pueden aumentar la vulnerabilidad sísmica de estos conjuntos si no se edifican de manera adecuada, debido a que la interacción entre ambas edificaciones puede tender a causar daños estructurales en el edificio vecino (retranqueo).

b) Edificaciones singulares:

Deben ser comprendidas como un todo en cuanto al conjunto de sus componentes, conjugando diversos elementos estructurales (muros estructurales, pilares, losas, vigas, cerchas, fundaciones, etc) con aquellos no estructurales (cerramientos, cornisas, ornamentos, cielos falsos, etc). En él, su morfología tendrá estrecha relación con la función de la edificación, concepto que gracias a los nuevos sistemas constructivos empleados, como lo fue el hormigón armado durante el movimiento moderno, permitió la aparición de composiciones geométricas más libres. Esta consideración del conjunto como un “todo” establece que el edificio no se comporta por partes, si no como un sistema. La falla de alguna de sus partes incidirá, en mayor o menor escala, en el comportamiento sismorresistente del edificio, pudiendo causar desde colapsos hasta la inoperabilidad de la edificación por caída de elementos no estructurales. (Guevara,2015)

Quien estableció parámetros para la composición de las edificaciones singulares y las definió como un “sistema abierto” fue Le Corbusier. Él definió que este sistema abierto, como lo era la edificación aislada, podría ser como se desease, pero esta debía cumplir con los *cinco puntos* ¹³ (Figura 19).

13.Los cinco puntos fueron los postulados propuestos por Le Corbusier para ser aplicados a la nueva arquitectura en 1926.

Estos postulados fueron fundamentales para las obras desarrolladas en el movimiento moderno, y causó gran impacto en la arquitectura del siglo XX, sin embargo, es importante destacar que los cinco puntos no consideraron la influencia de su aplicación en zonas de alta actividad sísmica, por lo cual, estas morfologías en zonas de riesgo pueden ser eventualmente muy vulnerables ante estos desastres. (Guevara, 2009)

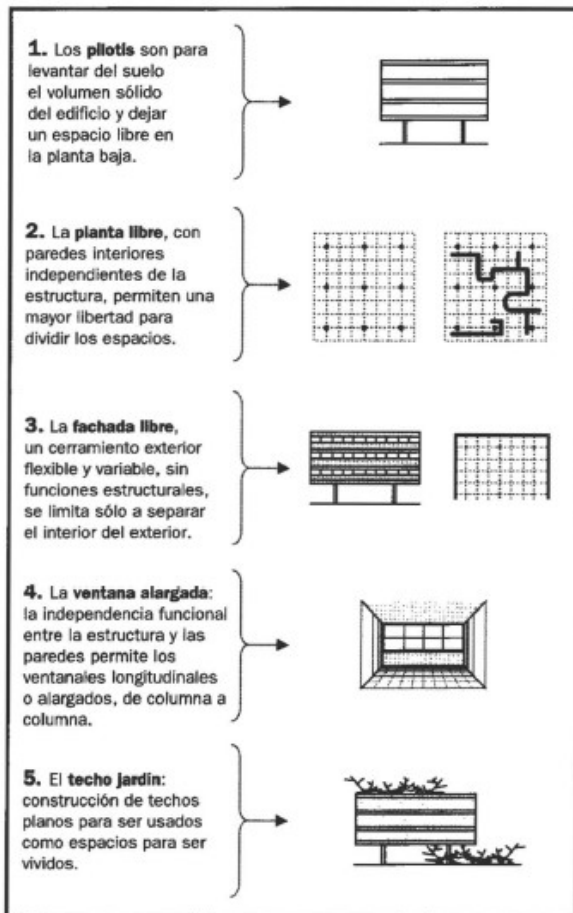
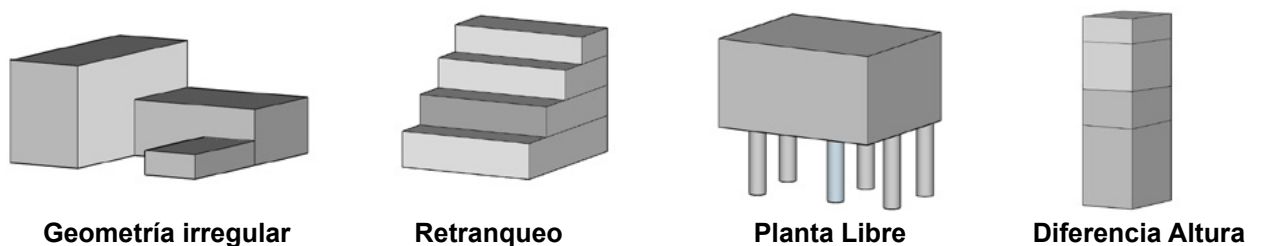


Figura 19: Los cinco puntos de Le Corbusier (1926)
Fuente. Guevara, 2009.

Cinco Puntos de Le Corbusier	Critica de Wang
1) Columnas en el primer nivel	Columnas se presentan como "pisos blandos", los cuales han sido la causa principal de la falla de docenas de edificios modernos en sismos
2) Planta libre	Genera movimientos complejos e interacción entre la estructura y los componentes no estructurales.
3) Fachada libre	Genera movimientos complejos e interacción entre la estructura y los componentes no estructurales.
4) Ventana alargada	Ventanas apaisadas destruyen la resistencia de las paredes de corte o crean columnas cortas, que son altamente susceptibles a las fallas por corte.
5) Techo Jardín	Implican una carga extra, ya sea de concreto, arena u otros, sobre la estructura.

Figura 20: Críticas de Marcy Wang a los cinco puntos de Le Corbusier. Fuente Guevara, 2009.

En base a esto, las morfologías que surgen durante la modernidad, y que marcan a la ciudad contemporánea demuestran configuraciones que aumentan la vulnerabilidad de estas edificaciones ante la acción sísmica, esto basado en los siguientes parámetros :



Otro de los aspectos importantes a analizar es la temática del contexto urbano donde se emplazan los establecimientos. En cuanto a su relación con los preceptos que involucran al Movimiento Moderno, podemos realizar un breve análisis a partir de los apartados publicados por la *Carta de Atenas*¹⁴ (1933). Esto pensando en la incidencia que pudo tener esta publicación en la “idea de ciudad” con la cual se rediseñó la ciudad de La Serena bajo la implementación del plan, analizado bajo el punto de vista de la planeación de la ciudad para responder ante posibles desastres (Tabla 16).

En conclusión, los parámetros establecidos por la *Carta de Atenas*, son nulos en cuanto a su relación con la idea de planificar la ciudad ante la acción de desastres. Existen ciertos parámetros que pueden relacionarse de alguna u otra forma con estos, y que se encuentran presentes al analizar la planificación que estableció el *Plan Serena*.

Tabla 16: Análisis parámetros de planificación Carta de Atenas Fuente: Colegio de Arq.

Carta de Atenas (1933)	Opiniones
19) .. Las escuelas están, por lo general, mal situadas en el interior del complejo urbano. Demasiado alejadas de la vivienda, ponen al niño en contacto con los peligros de la calle.	El estar alejadas de los centros residenciales, , sería beneficioso, ya que ante el posible colapso de estos, los núcleos residenciales no sean los principales afectados. (Pensando que esto podría amortiguarse al estar contenido por amplias circulaciones).
25) ... que las densidades razonables sean impuestas según las formas de habitación propuestas por la naturaleza misma del terreno.	Favorable en cuanto a que la sobre-población de determinadas zonas puede ser directamente perjudicial a la hora de realizar una evacuación.
35) ... que todo barrio de habitación disponga de la superficie verde necesaria para la disposición de juegos y deportes.	Pese a que considera áreas verdes solo como espacios recreacionales, podrían ser estos también favorables como posibles zonas seguras ante evacuación y/o reducir el riesgo ante posibles derrumbes de construcciones aledañas.
40) ... que se tengan en cuenta los elementos existentes (ríos, valles, montañas, mares, etc)	Si bien el parámetro es genérico, el incluir los elementos naturales de la ciudad en la planificación de esta, permite tener control sobre los efectos secundarios que estos podrían causar en las construcciones: Tsunamis, deslizamientos, desbordes, etc.
64) ... vías de gran circulación no se aproximarán a edificaciones públicas o privadas y serán separadas por vegetación.	Directamente perjudicial ante la necesidad de contar con vías de evacuación para los establecimientos y su entorno,
70) ... El uso de estilos del pasado, bajo el pretexto de estética, en construcciones nuevas, trae consecuencias nefastas.	En relación al estudio, la implementación del estilo neocolonial, podría aumentar la vulnerabilidad de las edificaciones debido a la ornamentación de su fachada.

14 La Carta de Atenas fue un manifiesto urbanístico redactado en el Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM), articulada en 95 puntos que se agrupan en 3 partes. (Colegio de Arquitectos, Octubre 1968)



Figura 21: Centro histórico La Serena, 1957. Fuente, página web Patrimoniolaserena.cl



Fachada poniente Liceo Gabriel González Videla.
Fuente Elaboración propia.



CAPÍTULO

5

ARQUITECTURA
EDUCACIONAL

5.0

EL ROL DE LA ARQUITECTURA EN LA CONFORMACIÓN DE ESPACIOS EDUCACIONALES

Comprender la educación como un proceso “*Que se asimila al contexto sociocultural siendo un hecho que ocurre permanentemente por la condición y voluntad del hombre, de ser , de dignificarse y construirse, de elevarse y transformarse; siendo así, la educación es una presencia vital social que posibilita el perfeccionamiento y la superación*” (Vurguey, 2004). Es en este proceso que la arquitectura toma un rol de primer orden, al contribuir en la construcción de este habitar, y a la conformación de espacios de aprendizaje y enseñanza.

Estos espacios, que a lo largo de la historia han ido conformando recintos de múltiples morfologías, son una evidencia de que nuestra disciplina representa una herramienta que nos provee de recursos para satisfacer necesidades, tanto físicas, emocionales y sociales, en donde el *espacio arquitectónico* como tal, tendrá directa injerencia en el proceso educativo y de formación de un individuo, a través de diversos medios, como lo es la estructura, sus condiciones de habitabilidad (Iluminación, calefacción, humedad, etc.) la estética del establecimiento, entre otros factores. (Romaná, 2004)

Desde la disciplina del proyecto arquitectónico, para el diseño de establecimientos educacionales se debe comenzar estudiando y respondiendo a tres factores esenciales para el desarrollo de estas edificaciones:

- Su relación con el lugar (ciudad, barrio, contexto).
- Su espacio interior como contenedor, elaborado según el proyecto educativo que se desea desarrollar (Faraci & Litvin, 2018).
- La conformación de una morfología que le permita responder de manera eficiente ante la acción de desastres naturales, ya sea de carácter ciclónico, inundaciones, o sísmológicos, considerando que por un lado, estos albergan población infante juvenil y por otro lado, son los principales recintos utilizados como albergues, o centros de acopio, para responder ante estos desastres.



Escuela Técnica Femenina. Fuente Elaboración Propia



Inspección Escolar. Fuente Elaboración Propia.



Ex Liceo de Niñas. Fuente Elaboración Propia.

5.1 ARQUITECTURA EDUCACIONAL EN CHILE

Durante el gobierno de Luis Sanfuentes (1915-1920) la educación se vuelve un tema de gobierno, luego de que el país enfrentara un periodo de crisis debido al panorama mundial. Es a fines de su gobierno que se dicta la *Ley de Instrucción Primaria Obligatoria de 1920*¹⁵, la cual clasificó la educación primaria en 3 tipologías, siendo ellas las *Superiores, Elementales, y Vocacionales*. (Chile, 1920)

El déficit de edificaciones escolares para suplir la demanda nacional, sumado a las malas condiciones que presentaban las escuelas públicas del país debido a la falta de presupuesto designado a materia educacional, fue una tónica que caracterizó la educación en Chile entre los años 1920-1937, periodo denominado en la época como "*Problema educacional*", el cual estuvo marcado por la experimentación de múltiples reformas, que pretendieron solucionar los problemas que enfrentaba la educación en nuestro país.

El 30 de noviembre de 1927 se dictó la *Tercera Ley de Ministerios*¹⁶, que creó el "Ministerio de Educación Pública", el cual debía encargarse fundamentalmente de la administración y superintendencia de la educación del Estado, su fomento y desarrollo y la fiscalización de la enseñanza particular, entre otras labores. (MINEDUC,2017)

Luego, en 1938, Pedro Aguirre Cerda es electo Presidente de la República bajo el legado "Gobernar es educar", gobierno en el cual puso énfasis a la educación, expandiendo la instrucción primaria creando 500 nuevas escuelas. Al mismo tiempo, fomentó la educación técnica, industrial y minera para aumentar la productividad del país, para lo cual fundó numerosas escuelas especializadas.

Es en esta búsqueda de solución al problema de edificación escolar, el cual era considerado la principal casa de incumplimiento de la obligación escolar, que fue propuesta la creación de una sociedad anónima, denominada *Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales*. (S.C.E.E.) (Ley N° 5.989, de 1936), la cual operaría por un periodo de 30 años en base a una planificación de edificaciones escolares que sería aprobado anualmente por el Presidente de la República, trabajando en conjunto con el MOP. (Carimán, 2012)

La Sociedad es creada bajo un modelo mixto, de capitales públicos y privados, en base al objetivo de "construir y transformar propiedades destinadas a establecimientos educacionales en terrenos y edificaciones de propiedad fiscal o particular". (Torres,Valdivia & Atria, 2015)

La llegada de la S.C.E.E trajo consigo la implementación de un nuevo estilo en las edificaciones educacionales, como lo fue la implementación del estilo moderno, dejando atrás la tipología de palacio que fue persistente en los diseños realizados a nivel nacional. Sus composiciones se caracterizaban por conformarse a partir de un volumen cúbico, sin ornamentos y de composición asimétrica, cuyos proyectos se adaptaban a las condiciones geográficas según la región en la que se emplazaban, variando por ejemplo, en la utilización y propuesta de sus techos. Por otra parte, esta transición de la arquitectura tradicional a la obra moderna trajo consigo la búsqueda por incorporar postulados higienistas, racionalistas y funcionalistas del movimiento, postulados que fueron puestos en práctica en la edificación pública y que se observan en los establecimientos educacionales de la época.

15 Ley N° 3.654 de 1920, establece entre otros parámetros la obligación de todo niño a asistir al colegio. (Chile G. d., 1920)

16 (Decreto con Fuerza de Ley o DFL N° 7.912)

5.1.2 TIPOLOGÍAS EMPLEADAS

Por un lado, se encuentran aquellos de tipo claustro, originados a partir de la morfología del convento y el cual se realiza a partir de un diseño hermético con su entorno, basando su organización a partir del patio central, con edificaciones perimetrales que se acompañan de corredores. Esta tipología fue empleada en recintos educacionales pertenecientes en su mayoría a congregaciones religiosas, ejemplos de estas son el colegio Sagrado Corazones de Alameda y el actual centro de extensión de la Universidad Católica (Ex Luis Campino) . (Pérez, 2017)



Figura 22: Sagrado Corazones de Alameda 1911.
Fuente Archivo fotográfico MOP

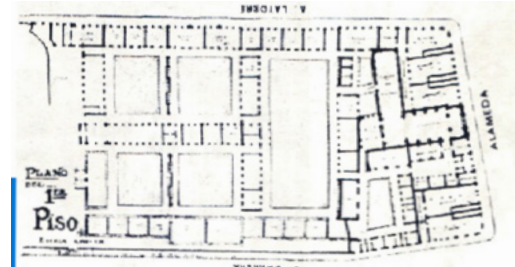


Figura 23: Planta Sagrado Corazones de Alameda
Fuente Archivo fotográfico MOP

Por otra parte, como influencia de la arquitectura educacional decimonónica europea, se desarrollaron establecimientos de tipología palacio. Construcciones monumentales, compuestas a partir de un único pabellón de dos o más niveles, de mayor relación con su contexto urbano al ubicarse frente a plazas o avenidas estructurantes y de una estética extrovertida en cuanto al ornamento de su fachada de orden neoclásico, tipología empleada en las escuelas superiores y liceos de la época. Entre algunos ejemplos de esta tipología se encuentra el Liceo de Aplicación, La Casa Central de la Universidad de Chile y el Instituto Superior de Comercio.



Figura 24: : Casa Central Universidad de Chile 1872
Fuente Archivo Fotográfico MOP

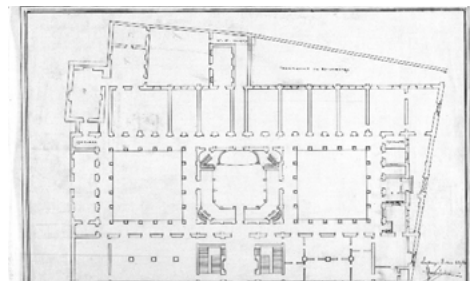


Figura 25: Planta Casa Central Universidad de Chile 1872 Fuente Archivo Fotográfico MOP

Ya en los años 50, la arquitectura educacional de nuestro país se ve influenciada por las tipologías empleadas en Alemania a fines de 1920. Una tipología de organización geométrica de “peineta”, en la cual múltiples aulas alineadas se adosaban equidistantemente a un cuerpo de mayor longitud. Esta tipología se observa en obras como la reconstrucción del campus de la Escuela de Medicina de la Universidad de Chile, diseñado por Juan Martínez en 1952 (Junemann, 1999)



Figura 26: Campus Norte Facultad de Medicina Universidad de Chile. Fuente (Facultad de Medicina Universidad de Chile, s.f.)

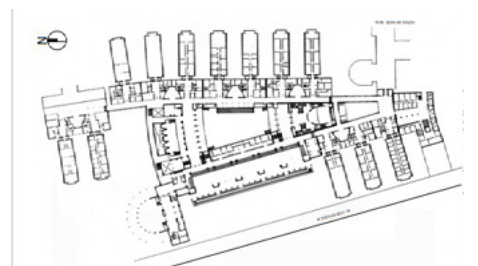


Figura 27: Planta Campus Norte Facultad de Medicina Universidad de Chile. Fuente (Eliash & Tuca, 2014)

5.2 ARQUITECTURA EDUCACIONAL DE LA CIUDAD DE LA SERENA:

Con el comienzo de la implementación de la *Ordenanza General de Construcciones y Urbanización de 1936*, se inicia la acción institucional en el país para prever el desarrollo y la edificación de las ciudades del país mediante la implementación de un plan.

Este contempló la construcción de 11 establecimientos escolares (Figura 29), de los cuales 8 fueron diseñados a partir del estilo neocolonial, a excepción de la Escuela de Minas y sus Talleres. El objetivo de emplear esta estética, según lo establecido por el presidente Gabriel González Videla, era dotar a estos establecimientos de "*personalidad, colorido y belleza*".

La tipología de establecimientos educacionales que surge en esta región y en esta época determinada, se basó en crear escuelas que fueran de la mano de la construcción del paisaje urbano, para lo cual se creó un patrón entre la naturaleza y lo construido a través de la creación de plazuelas aldañas a los establecimientos, o antejardines de mayor proporción.

Estos incluyeron también la puesta en práctica del simbolismo en su diseño, en el caso de las escuelas, fueron las torres, las cuales reiterando las torres existentes en las iglesias de la ciudad, se reprodujeron en las edificaciones insti-

tucionales, esto acentuando los establecimientos educacionales como punto de referencia. Esta estética, se acompañaba de la composición de fachadas con repeticiones modulares, basamentos continuos y la incorporación de elementos locales, entre ellos portadas, pilares, balcón limeño, etc. (Figura 28)

Estas edificaciones, ocupaban grandes predios y fueron pensadas, en su mayoría, como edificios unitarios, haciéndose presente en el entorno urbano como un conjunto de grandes dimensiones y de carácter monumental. De igual manera, esta condición de monumentalidad definió edificaciones de pabellones longitudinales de gran extensión.

Así, su morfología fue desarrollada a partir de una tipología mixta compuesta a partir de la combinación del "palacio educacional" y el "claustro". Por un lado la primera se evidencia en sus longitudinales pabellones y ornamentación en sus fachadas dado el estilo neocolonial propuesto. Por otro lado, se observa la tipología de "claustro" al constatar que la distribución volumétrica se centran en el patio como eje de su arquitectura, prevaleciendo los sistemas panópticos de geometrías en L,U,H que permiten tener un control sobre los estudiantes, como se observa en las Figuras 30, 31,32 y 33.

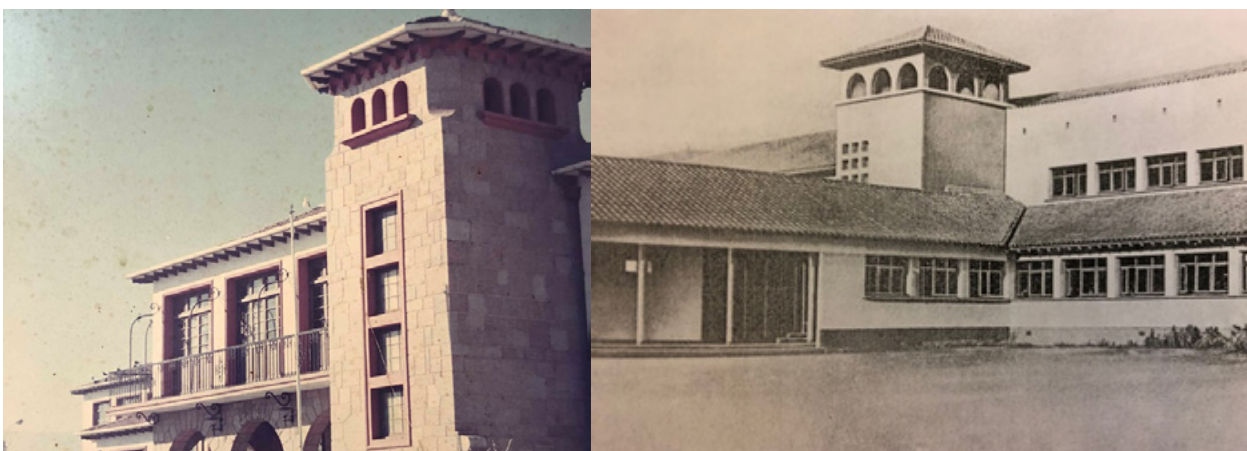


Figura 28: Torres en tipologías educacionales, en imágenes Liceo Gabriel González Videla y Escuela Agrícola. Fuente Liceo G.G.V y (Saguéz, 1956)



Figura 30: Inspección Escolar



Figura 31: Liceo de Niñas



Figura 32: Inspección Escolar



Figura 33: Escuela Normal de Mujeres

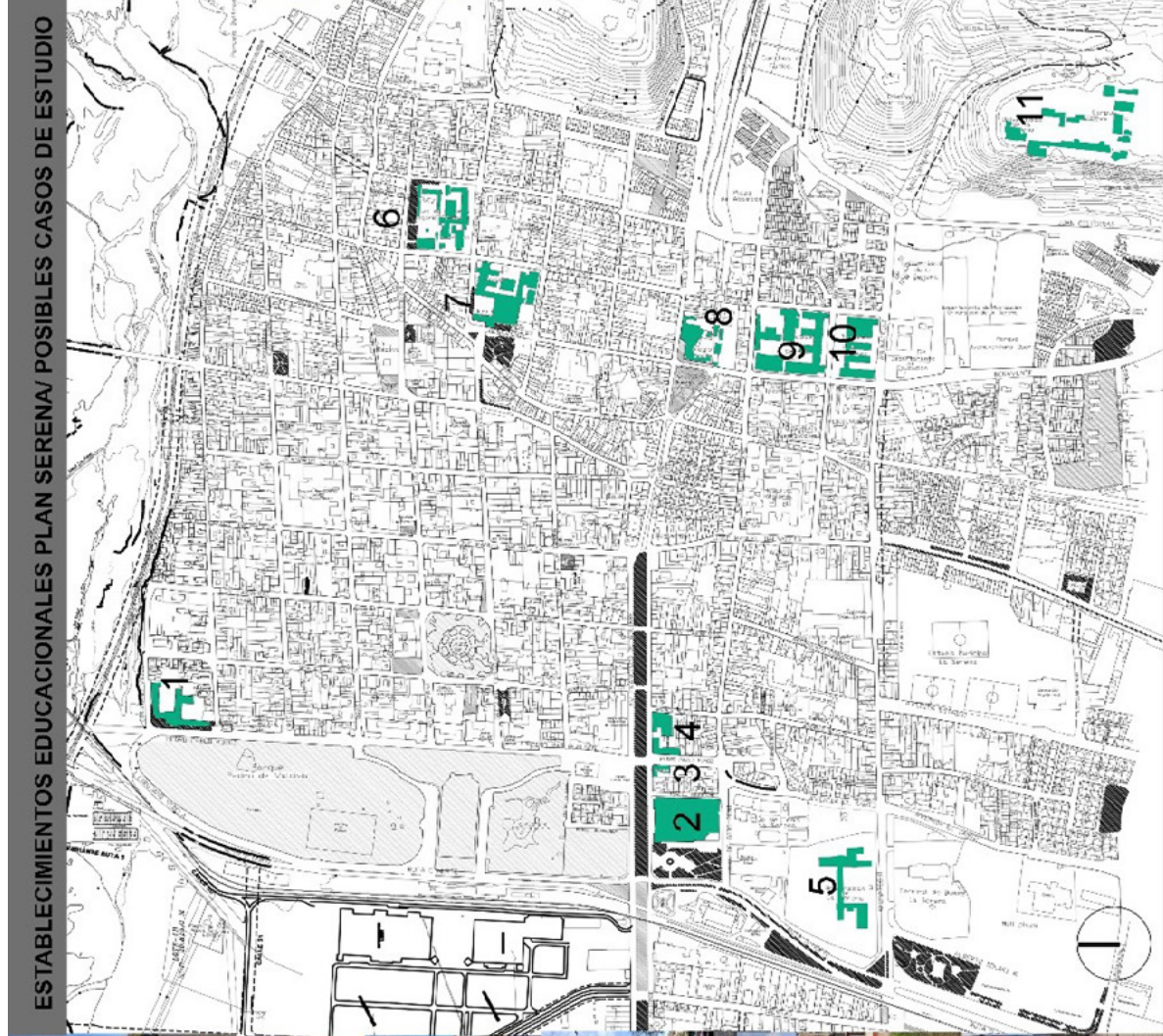
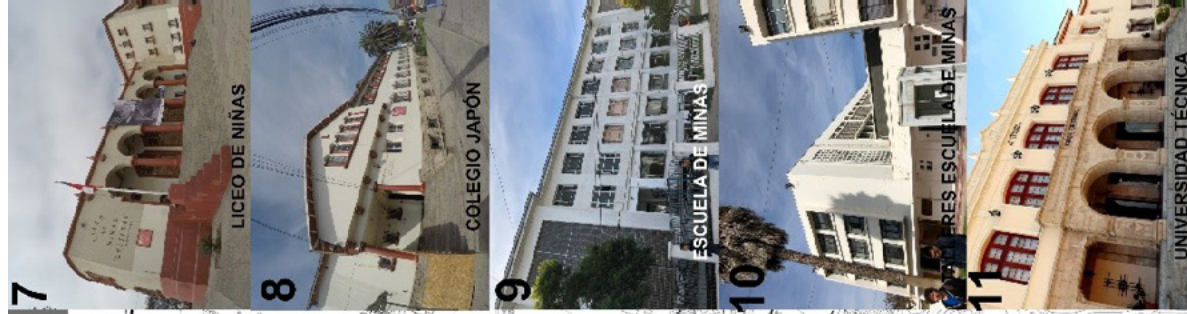


Figura 29: Establecimientos educacionales elaborados bajo el Plan Serena Fuente: Saguéz 1956





Patio interior Liceo de Niñas.
Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO

6

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN CASOS DE ESTUDIO
















6.0

SELECCIÓN DE CASOS

Como se mencionó anteriormente, son 11 los establecimientos educacionales que se edificaron bajo el Plan Serena (9 instituciones y 2 talleres) en el periodo de 1946-1952. El evaluar escuelas que pertenecen a un mismo periodo permite, utilizar una muestra homogénea, que fue edificada por un lado bajo las mismas normativas y regulaciones, posiblemente bajo estructuras y sistemas constructivos similares. Por otro lado, cuentan con una vida promedio similar. Es por esto, que la selección de los casos de estudio (Tabla 17) se realiza bajo los siguientes **criterios**:

1. Que los casos se encuentren emplazados en distintos tipos de suelo (terrazas), entendiéndose que su composición genera distintos comportamientos sísmicos en cada edificación. Esto permitirá realizar una evaluación bajo distintas condiciones geológicas, poniendo a prueba un sistema estructural que puede comportarse de distintas maneras según el terreno en el que se emplaza.

Tabla 17: Casos de estudio. Fuente: Elaboración propia.

N°	Nombre Establecimiento (En Plan Serena)	Fotografía Establecimiento	Dirección	Terraza	Planimetría	Entorno	
1	Colegio Japón. /Escuela 10 y 34		Benavente 800	Intermedia			
2	Escuela de Minas		835 Anfión Muñoz	Intermedia			
3	Liceo de Mujeres		Benavente 560	Intermedia			
4	Escuela Agrícola		Amunátegui S/N	Inferior			
5	Universidad Técnica		Raúl Bitrán 1305	Superior			

2. Que la tipología educacional sea diversa (en L,U,T,H,I,E), entendiendo que dentro de las tipologías existentes, su morfología incidirá directamente en la vulnerabilidad que presenten estos establecimientos.

3. Que los casos cuenten con documentación disponible de su estructura y se tenga facilidad de acceso a sus recintos, comprendiendo que, a pesar de que la evaluación se realiza bajo una inspección visual, se requiere poder acceder a sus espacios interiores para aplicar las pautas de análisis.

Finalmente, en base a lo establecido por la Tabla 18, al aplicar las variables de selección a los 11 establecimientos educacionales, se definen **5 casos de estudio**, entre ellos la Universidad Técnica, el Colegio Japón, la Escuela Agrícola, el Liceo de Niñas y la Escuela de Minas.

	Año	Vida útil	Arquitecto	Morfología	N° de pisos	Sistema Constructivo (Según OGUC de 1936)	Declaratoria
	1954	67 años	D.G.O.P	L	2	B	ZT, ICH
	1952	67 años	SCEE	E	3	B	ZT, ICH
	1946	73 años	SCEE	H, I	3	A	ZT, MH
	1952	67 años	José Aracena (SCEE)	L,T,I	2	B	_____
	1950-1952	67-69 años	D.G.O.P Guillermo Ulriksen y Oscar Prager	L,T,I	2	B	_____

6.1 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Dado que la ciudad no cuenta con un mapa de respuesta sísmica elaborado por el SERNAGEOMIN, con motivo de esta investigación, se utilizarán las propiedades del suelo mencionadas por el ingeniero civil Christopher Díaz en su Análisis de microvibraciones del suelo de la Serena, del año 2014, en la cual divide la ciudad en 4 terrazas (Figura 34), cuya composición geológica determina el comportamiento de cada zona.

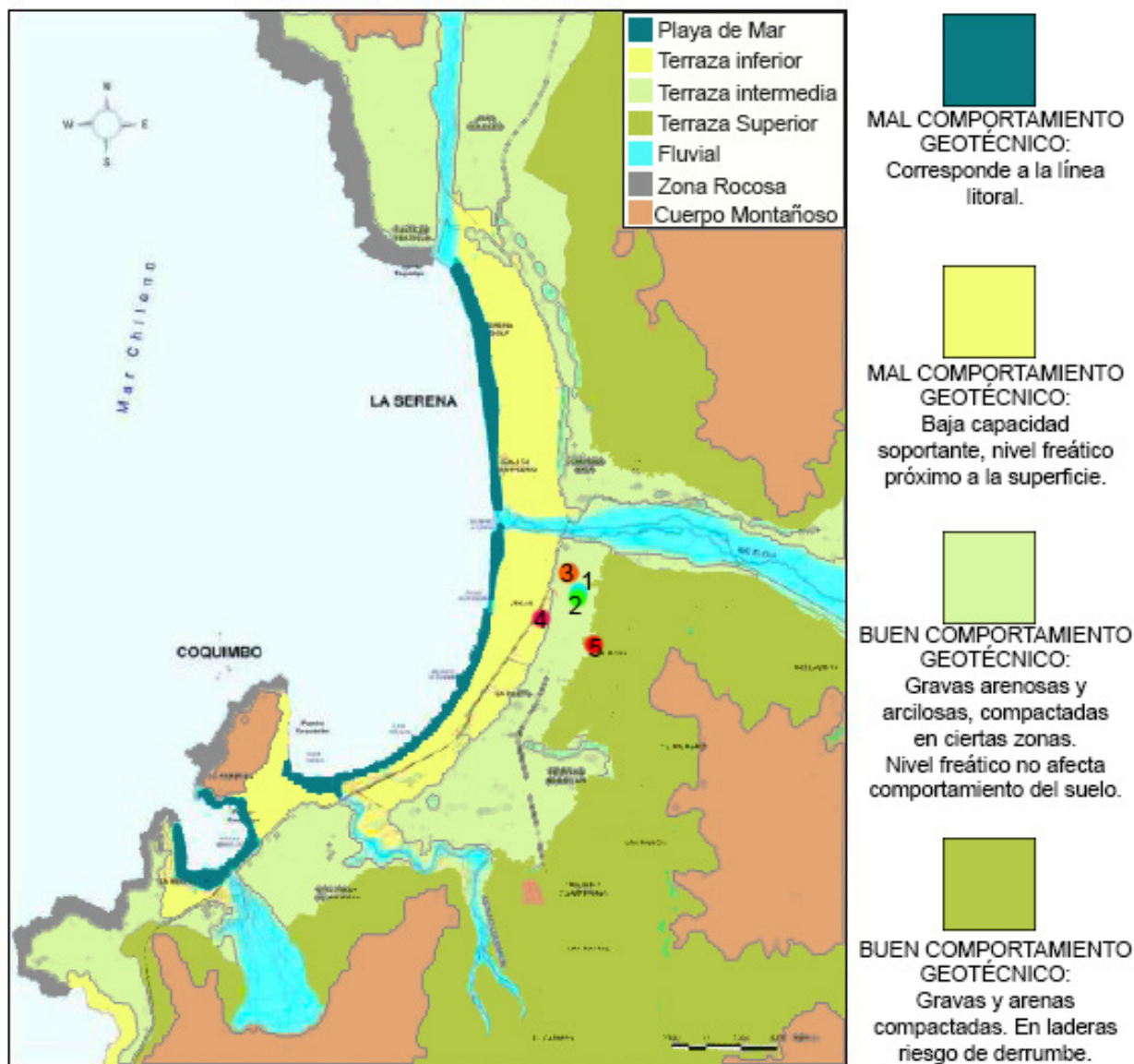


Figura 34: Croquis geomorfológico que compone la ciudad de La Serena y Coquimbo. Definido por MINVU (2007) Fuente: (Díaz, 2014)

A. COLEGIO JAPÓN (1954)

El actual Colegio Japón fue la Escuela 10 y 34 durante la ejecución del Plan Serena, y pese a que su construcción terminó posterior a la ejecución del plan (1954), esta comenzó a planificarse a partir de 1952.

Esta escuela se encuentra emplazada en la terraza intermedia, la cual (dado las propiedades anteriormente mencionadas) presenta un buen comportamiento geotécnico, esto debido a la composición del suelo y que el nivel freático no afecta el comportamiento del suelo.

Como se observa en la Figura 36, el conjunto

original edificado bajo el Plan Serena se planteó a partir de 2 bloques, compuestos por un pabellón que cuenta con 1 zócalo y 2 niveles superiores (A) y una casa para el director de 2 niveles (B).

En la actualidad, la casa para el director fue demolida para crear 2 pabellones (Bloque C y E), mientras que el cuerpo D alberga las rampas de acceso.

En base a lo propuesto en esta investigación, es que se analizarán únicamente aquellos pabellones edificados bajo el Plan Serena, en



Figura 35: Colegio Japón y su entorno Fuente: Google Maps y Elaboración Propia.

este caso el bloque A. Esto debido a que así se podrá evaluar los índices de vulnerabilidad en edificaciones que fueron construidas bajo iguales/similares sistemas constructivos, factor que permitirá evidenciar de mejor manera los parámetros que inciden en el aumento de vulnerabilidad de cada caso.

La estructura soportante del edificio, es de categoría C según lo establecido por la OGUC de 1936, conformándose a partir de un sistema de muros de albañilería de ladrillos de cemento reforzada con pilares y cadenas de hormigón armado.

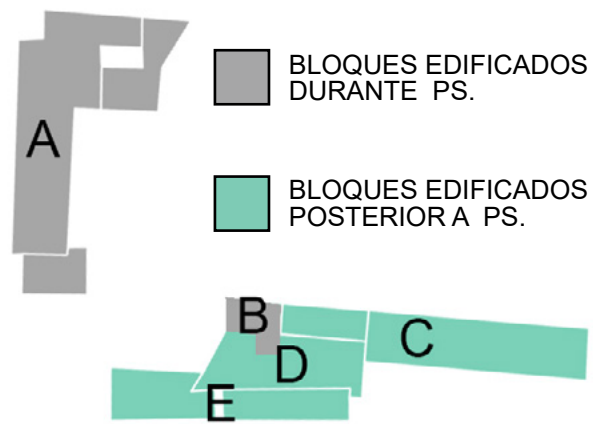


Figura 36: Distribución Pabellones. Elaboración propia.

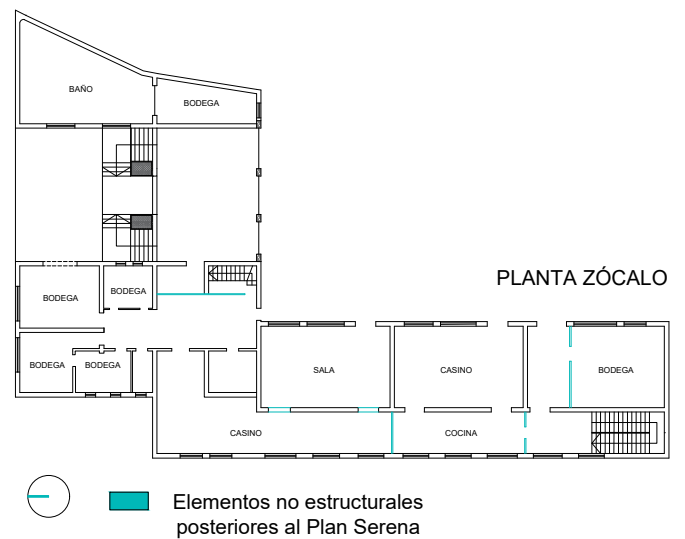
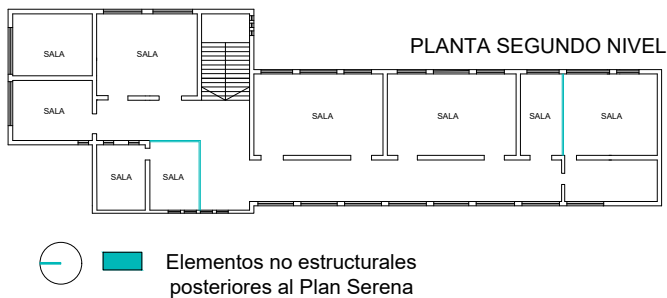
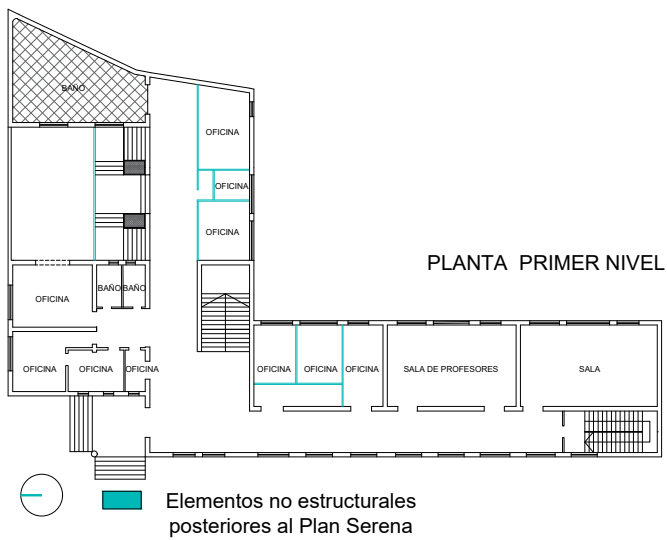


Figura 37: Plantas arquitectura Colegio Japón. Elaboración propia.

A. CONTEXTO

El Colegio Japón se presenta como una edificación singular colindante, la cual no se encuentra aislada, puesto que comparte la manzana con otros conjuntos, específicamente de uso residencial y educacional (jardín infantil), factor que podría incidir directamente en el índice resultante debido al posible riesgo de daños ante derrumbes, tanto para el establecimiento como los edificios colindantes, dado la proximidad de dichas edificaciones.

Por otra parte, en cuanto al programa de las edificaciones aledañas al establecimiento,

como se observa en la Figura 38, este se encuentra rodeado principalmente de comercio y viviendas, esto considerando su proximidad a la calle Colo-Colo/Av. Francisco de Aguirre. Esta avenida, es también una de las principales vías de evacuación establecida por la ONEMI, lo que permite que en caso de eventos de riesgo, la evacuación desde el recinto sea mayormente expedita. (Figura 39).

Sumado a esto, el establecimiento se emplaza contiguo a la Plaza Buenos Aires, espacio que contribuiría en la evacuación hacia el exterior del colegio.

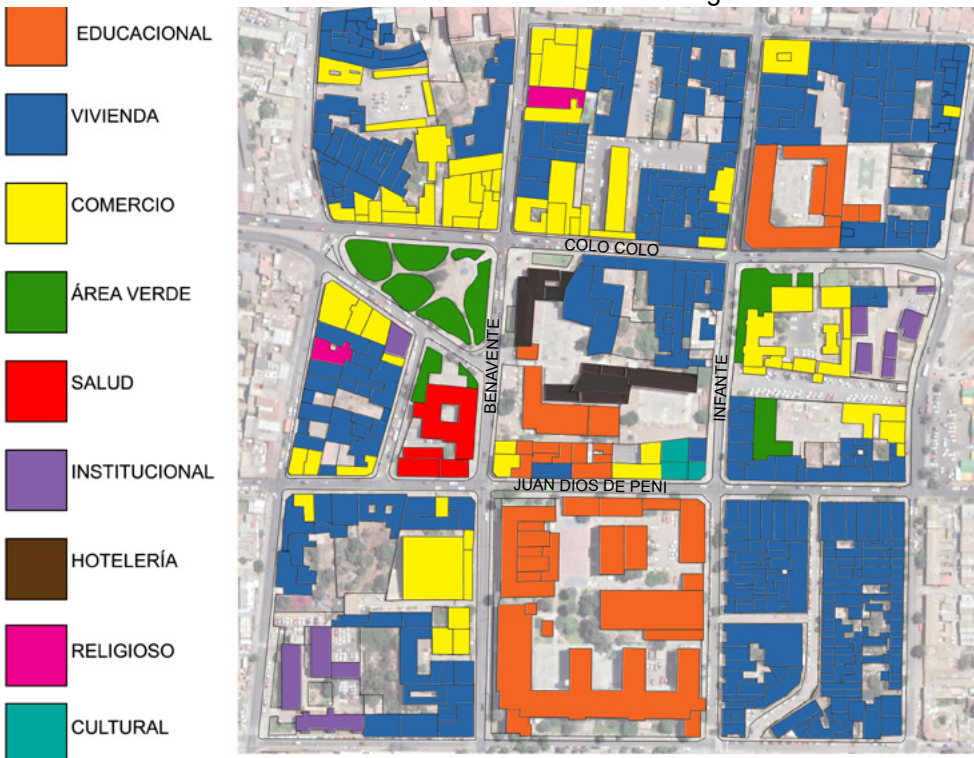


Figura 38: Zonificación entorno próximo Colegio Japón. Fuente elaboración propia.



Figura 39: Vías de evacuación Colegio Japón. Elaboración propia.

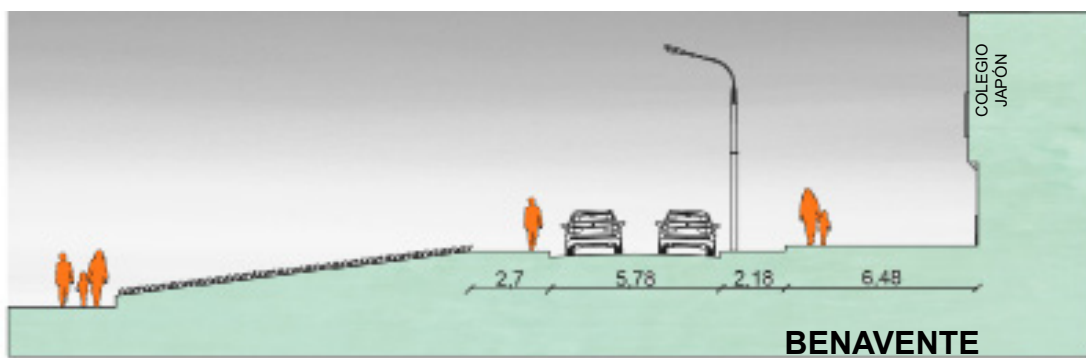
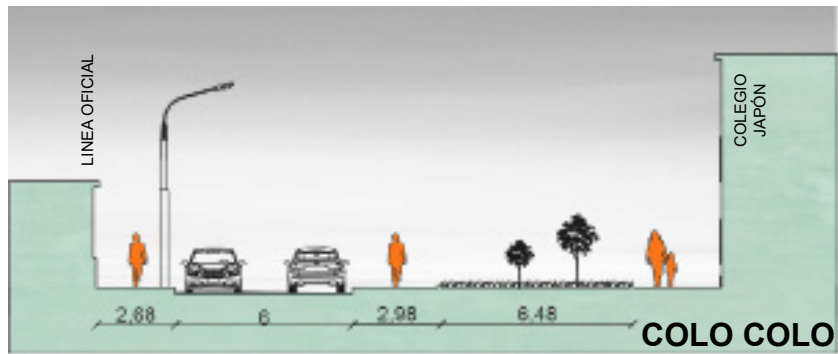


Figura 40: Perfiles de calle, Colegio Japón.



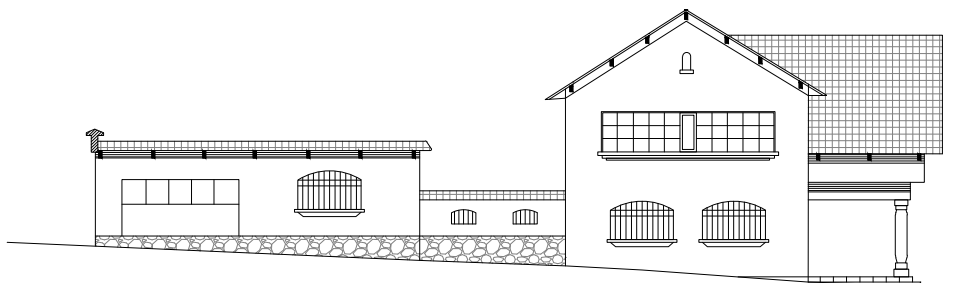
Figura 41: Plano NOLLI Colegio Japón. Fuente elaboración propia.

B. MORFOLOGÍA

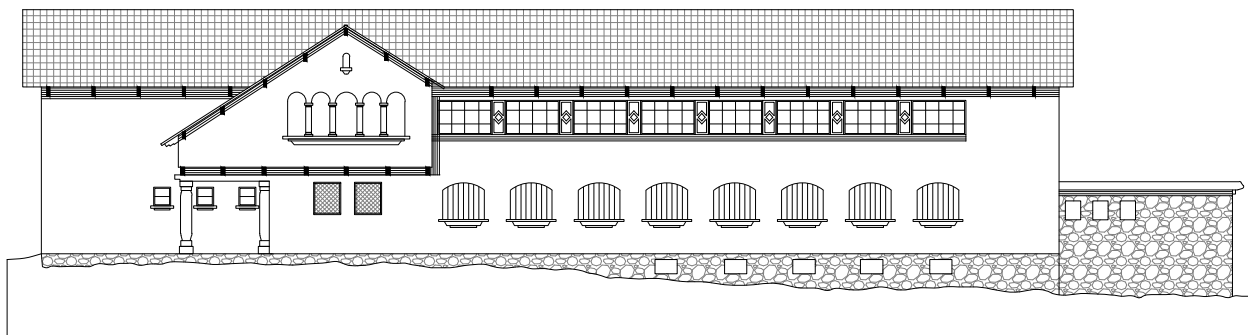
El bloque A se conforma a partir de un pabellón de morfología en L, el cual presenta una saliente en su volumetría en el área de acceso. El pabellón presenta una irregularidad en cuanto a la altura de la edificación, debido a que el área poniente cuenta con dos niveles más un zócalo, mientras que el área oriente cuenta con un solo nivel (Figura 42). Pese a estas irregularidades, se evidencia que el establecimiento no cuenta con juntas de dilatación, lo que podría incidir en la vulnerabilidad que presente el caso.



ELEVACIÓN FACHADA PONIENTE
INTERIOR



ELEVACIÓN FACHADA NORTE
CALLE COLO COLO

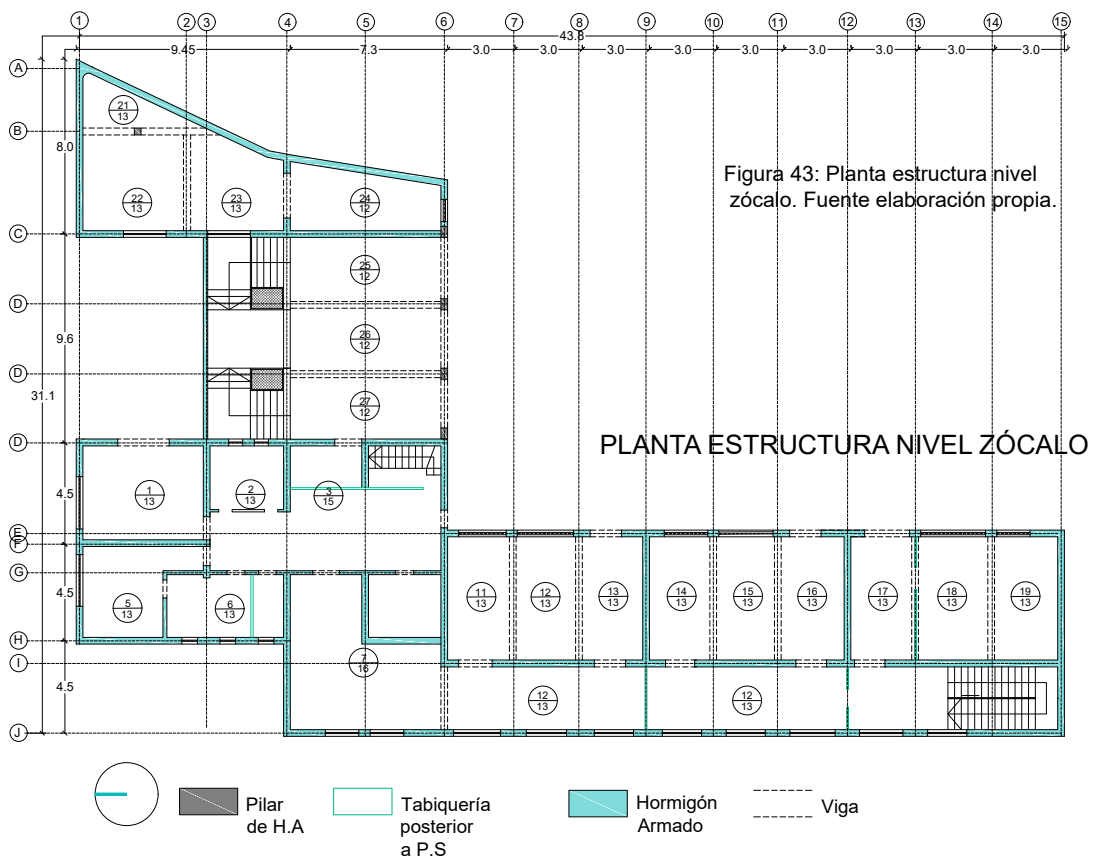


ELEVACIÓN FACHADA PONIENTE
CALLE BENAVENTE

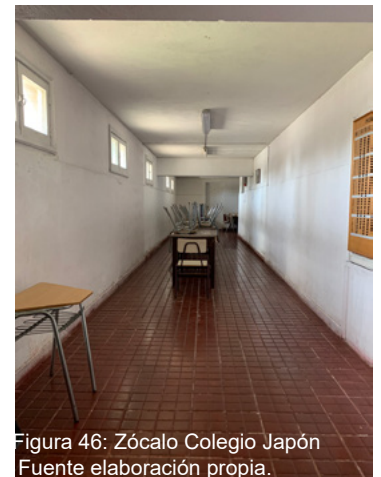
Figura 42: Elevaciones Colegio Japón
Fuente elaboración propia.

C. ELEMENTOS VERTICALES

En cuanto a los elementos estructurales verticales, el establecimiento posee el mismo sistema estructural en los primeros dos niveles (Albañilería de ladrillo de concreto reforzado con pilares y cadenas de hormigón armado) mientras que el subterráneo se compone a partir de muros de hormigón armado. Un aspecto a considerar que podría incidir en la evaluación, es la diferencia de rigideces en los ejes, esto considerando que los ejes perimetrales tienen mayores aberturas por los vanos dispuestos, que aquellos ejes interiores que separan los espacios de las circulaciones. (Figura 43 y 47)

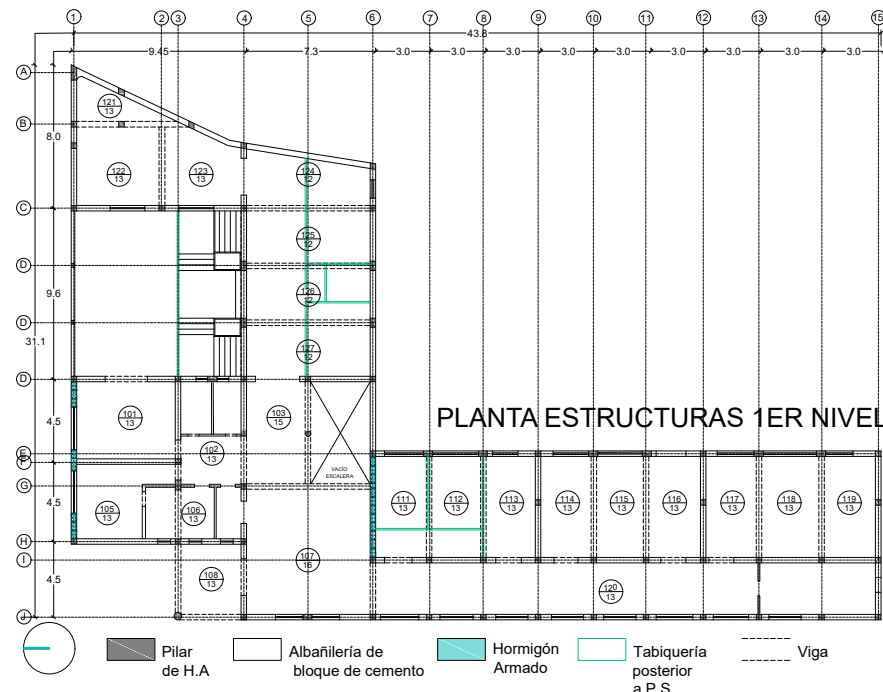


FOTOGRAFÍAS NIVEL ZÓCALO

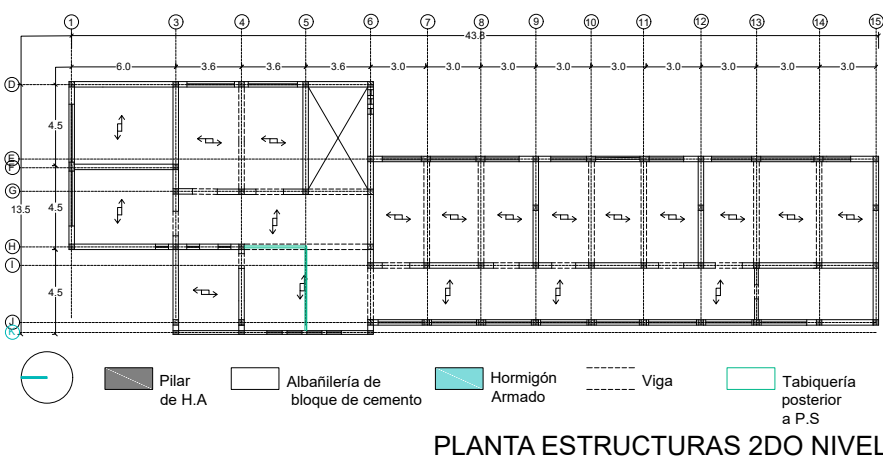


D. ELEMENTOS HORIZONTALES

En cuanto a la estructura horizontal del establecimiento, el primer nivel se compone a partir de losas de hormigón armado que establecen un sistema de diafragmas rígidos. Como se observa en la Figura 43, el primer nivel cuenta con losas tanto regulares como irregulares. Por un lado dentro de las zonas irregulares se encuentran los diafragmas que se ubican en las salas de clase, los cuales pese a estar compartimentados y a conservar la proporción 2:1, se presentan como elementos críticos al tener una tendencia a la geometría rectangular (se encuentran al límite). De igual manera, la mayor irregularidad del diafragma se encuentra en la circulación de las salas de clases, esto debido a que el largo de esta excede en grandes proporciones las dimensiones de su ancho. Por otro lado, aquellas zonas que conservan la regularidad, contienen losas que se componen a partir de lados equiláteros



A diferencia del primer nivel, el segundo nivel cuenta con un entrepiso que se compone totalmente de envigados de madera, lo cual, considerando que estos son más deformables y se encuentran en pisos superiores, podría incidir en el índice de vulnerabilidad del establecimiento.



Finalmente, el nivel subterráneo, cuya superficie es menor a los dos niveles superiores, se compone a partir de losas de hormigón armado, presentando irregularidades similares a las que se mencionaron en el primer nivel (losas alargadas de geometrías rectangulares).

Figura 47: Planta estructura 1er y 2do nivel, Colegio Japón.
Fuente elaboración propia.

OBSERVACIONES COLEGIO JAPÓN:

De manera previa a la aplicación de la pauta de evaluación, se definen las regularidades e irregularidades que presenta el caso de estudio, al igual que los daños contemplados en las visitas a terreno, esto con el objetivo de analizar dichos parámetros y observaciones con los resultados obtenidos luego de aplicar la pauta:

REGULARIDADES:

- Distribución de ejes genera sistema de compartimentación en "cajas".
- Espesores constantes en sus tres niveles.
- Homogénea regularidad de cargas (Mismo uso en sus tres niveles, sin ocupación de entretecho).

IREGULARIDADES:

- Configuración volumétrica (Morfología en L).
- Carencia de juntas sísmicas en cambios de altura y morfología.
- Entrepiso flexible en tercer nivel.
- Diafragma que compone circulación en primer nivel es crítico dado a longitud.
- Relación geométrica en planta de losas en salas de primer nivel es crítica dado proporción 2:1 (Tiende a la rectangularidad).
- Diferencia de rigidez en planta, dada la existencia de vanos en ejes que componen fachadas v/s muros que separan circulación de salas.

DAÑOS OBSERVADOS EN TERRENO:

- Graves daños en losa de techumbre por grietas por flexión (Causa de desuso del 3er nivel). (Figura 48 y 50)
- Fisuras y grietas en elementos estructurales.
- Pérdida de material en elementos no estructurales.
- Ventanas apollilladas representan constante riesgo de caída de elementos.
- Refuerzo temporal con planchas de madera osb para evitar caídas de tejas hacia patio (seltas post terremoto). (Figura 44)
- Grietas en caja de escalera. (Figura 49)



Figura 48: 2do nivel Colegio Japón



Figura 49: 2do nivel Colegio Japón

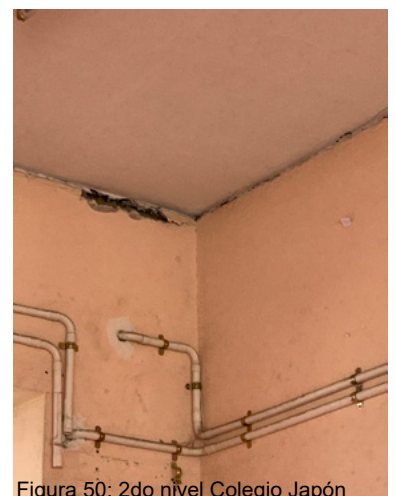


Figura 50: 2do nivel Colegio Japón

Tabla 19: Resultados aplicación evaluación Colegio Japón:

Tabla de identificación de clases, según parámetros y subparámetros influyentes en la evaluación de vulnerabilidad sísmica.					
N°	Variable	Sigla	Parámetro	Descripción del parámetro	
A					
URBANO					
A.1	Contexto	A.1.1	Vías de evacuación	A	Múltiples vías de evacuación, de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con bajo flujo
				B	Vías de evacuación de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con múltiples flujo
				C	Cuenta con vías de evacuación de malas proporciones, hacia calles perimetrales de alto flujo
				D	Edificio no cuenta con vías de evacuación expeditas hacia el entorno
		A.1.2	Distancia entorno próximo	A	Se encuentra aislado y no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno
				B	No se encuentra aislado, pero no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno
				C	Se encuentra aislado, pero proporción de vías aledañas pone en riesgo el daño que podría sufrir o causar
				D	No se encuentra aislado, y podría afectar, o verse afectado por el daño en su entorno
		A.1.3	Zonas seguras de evacuación	A	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación al interior y al exterior del conjunto
				B	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al interior del conjunto
				C	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al exterior del conjunto
				D	Edificio no cuenta con espacios seguros de evacuación
A.2	A.2.1	Calidad del suelo	A	Se emplaza en terraza intermedia	
			B	Se emplaza en terraza superior	
			C	Se emplaza en terraza playa de mar	
			D	Se emplaza en terraza inferior	
	A.2.2	Fundaciones	A	La edificación no presenta asentamientos en su conjunto	
			B	La edificación evidencia asentamientos leves en una parte del conjunto	
			C	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor en una parte del conjunto	
			D	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor casi todo el conjunto	
B					
EDIFICACIÓN / ESTRUCTURAL					
B.1	Conformación volumétrica	B.1.1	Morfología	A	Volumen es regular y no tiene salientes en su conformación
				B	Volumen es regular pero tiene salientes en su conformación
				C	Volumen es irregular, no posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,UT
				D	Volumen es irregular, posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T
		B.1.2	Regularidad en elevación	A	Altura de edificación es regular en todos sus niveles
				B	Altura de edificación es regular en el 50% de sus niveles
				C	Altura es regular en sus niveles, pero evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta
				D	Altura es irregular en sus niveles y evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta
		B.1.3	Juntas sísmicas	A	Dispuestas en todo cambio de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura, sistema estructural y/o geometría.
				B	Cuenta con juntas de dilatación en gran parte del conjunto, pero carece de ellas en ciertos cambios de la edificación
				C	El edificio carece en su mayoría de juntas de dilatación en puntos importantes del conjunto
				D	El edificio no cuenta con juntas de dilatación
		B.1.4	Número de pisos de la edificación	A	Edificación cuenta con 1 solo piso
				B	Edificación cuenta con 2-7 pisos
				C	Edificación cuenta con 8 pisos
				D	Edificación cuenta con más de 8 pisos
B.2	Organización del sistema estructural vertical	B.2.1	Distancia entre ejes estructurales	A	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en ambos sentidos
				B	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en un sentido
				C	Ejes no están repartidos homogéneamente pero son mayormente de la misma materialidad
				D	Ejes no están repartidos homogéneamente y son de diversas materialidades
		B.2.2	Cantidad de ejes estructurales	A	Posee espacios reducidos y múltiples ejes estructurales en ambas direcciones
				B	Espacios de mayor proporción y misma cantidad de ejes estructurales en ambas direcciones
				C	Posee múltiples ejes que subdividen la edificación en espacios de diversas proporciones
				D	Ejes estructurales se encuentran muy distanciados y se evidencian grandes espacios
		B.2.3	Rigidez de ejes estructurales	A	Ejes transversales y longitudinales no poseen aberturas, tienen misma materialidad y espesores
				B	Ejes transversales o longitudinales poseen misma materialidad, espesores y aberturas
				C	Ejes transversales o longitudinales poseen un parámetro de igual rigidez (materialidad, espesor, aberturas)
				D	Ejes son muy diversos en cuanto a su materialidad, espesores y aberturas en ambas direcciones
		B.2.4	Continuidad de ejes estructurales	A	Ejes son continuos en todos los niveles de la edificación
				B	Edificio presenta discontinuidades menores en un solo nivel
				C	Edificio presenta discontinuidades mayores en uno o dos niveles
				D	Edificio presenta discontinuidades en la mayoría de sus niveles

Como se observa en la Tabla 20, el Colegio Japón obtuvo una ponderación de **45,65%**, lo cual según la tabla de daños propuesta (Tabla 14, pag 64), este se encuentra en el 3er tramo, lo que refleja que presenta parámetros vulnerables de grado medio que requieren reparaciones pero que no se presentan como un elemento de riesgo inminente para el establecimiento.

B.3	Calidad del sistema estructural vertical	B.3.1	Tipo de sistema estructural	A	La totalidad de la edificación se compone a partir de muros o pórticos
				B	Edificación se compone mayormente de un solo sistema (muro o pórtico) pero evidencia cambios de sistema en algunas zonas
				C	Edificación se compone de un sistema en ejes transversales y de otro sistema en longitudinales
				D	Edificación se compone a partir de sistemas mixtos y combinados en ambos ejes
		B.3.2	Espesores de muros	A	Espesores en toda la edificación cumplen con valores mínimos establecidos por actual normativa y cuenta con elementos de mayor espesor que lo establecido por la norma.
				B	Espesores en toda la edificación cumplen con actual normativa
				C	Cuenta con espesores establecidos por actual normativa y espesores fuera de norma
				D	Ninguno de los espesores cumple con la actual normativa
		B.3.3	Homogeneidad de sistemas	A	El edificio es completamente de una sola materialidad
				B	Sistema vertical es en su mayoría de una materialidad pero contiene elementos de otra materialidad
				C	Sistema vertical es completamente de una materialidad en un nivel y de otra en sus otros niveles
				D	Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto
B.4	Estructura de entresijos	B.4.1	Tipo de sistema estructural	A	El entresijo se compone a partir de un 100% de diafrámas rígidos
				B	El entresijo se compone a partir de un 70% de diafrámas rígidos y un 30% de envigados
				C	El entresijo se compone a partir de un 70% de envigados y un 30% de diafrámas rígidos
				D	El entresijo se compone 100% de envigados
		B.4.2	Geometría	A	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares
				B	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares
				C	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares
				D	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares
		B.4.3	Discontinuidades	A	Entresijos no presentan discontinuidades en ninguno de sus niveles
				B	Entresijos presentan discontinuidades solo en cajas de escaleras
				C	En el 50% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades
				D	En el 70% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades
B.5	Techumbre	B.5.1	Tipo de sistema estructural	A	Cubierta se compone a partir de losa y cerchas
				B	Cubierta se compone a partir de losa
				C	Cubierta se compone a partir de vigas y cerchas
				D	Cubierta se compone a partir de tijaseras y/o par y nudillo
		B.5.2	Peso de la techumbre	A	Techumbre es inhabitable
				B	Techumbre es utilizada como terraza
				C	Techumbre cuenta con entretecho habitable
				D	Se utiliza el entretecho de la techumbre como bodega
		B.5.3	Materialidad/riesgo caída de elementos	A	Se compone a partir de losa, sin riesgo alguno de caída de elementos
				B	Se compone a partir de placas/planchas, con elementos que pueden desprenderse
				C	Cubierta se compone a partir de tejas
				D	Cuenta con elementos en visible estado de riesgo de caída (Como canaletas)
B.6	Estado de conservación	B.6.1	Reparaciones	A	No se realizado reparación estructural alguna, o han sido insignificantes
				B	Se han realizado reparaciones de carácter menor a lo largo de la vida útil de la edificación
				C	Se han realizado reparaciones de carácter mayor a lo largo de la vida útil de la edificación
				D	Edificación ha presentado daños de consideración recurrentemente tras acción sísmica, sin reparación
		B.6.2	Deterioro	A	Edificación no presenta deterioro en su estructura
				B	Edificación presenta deterioro solo en su fachada
				C	Edificación presenta deterioro en parte de su estructura, de carácter mayor en elementos estructurales y/o no estructurales
				D	Edificación presenta deterioro en gran parte de su estructura
C					
C.1	Elementos no estructurales	C.1.1	Tabiques	A	Edificación no presenta tabiques
				B	Edificación cuenta con tabiques macizos (bloques)
				C	Edificación cuenta con tabiques compuestos de entramados de madera y placas
				D	Edificación cuenta con tabiques frágiles, de recubrimiento y/o celosía (bloques de cemento)
		C.1.2	Ornamentos	A	Edificación no cuenta con ornamentos (ni interiores ni exteriores)
				B	Edificación cuenta con ornamentos de bajo relieve en interior y/o exterior
				C	Edificación cuenta con ornamentos sobresalientes y protuberantes en interior y/o exterior
				D	Cuenta con numerosos ornamentos que evidencian riesgo de caída en interior y/o exterior
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	A	Edificio fue diseñado con los parámetros establecidos por actual normativa antisísmica
				B	Edificio fue diseñado bajo alguna de las normas NCh 170 (1952), NCh 429 (1956), NCh 430 (1961), NCh 433 (1972), NCh 1537 (1986)
				C	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1930-1950 (E.T gen para edificios fiscales (1930), Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edif. Fiscal (1930) y/o O.G.U.C de 1936)
				D	Edificio no fue diseñado bajo ninguna normativa antisísmica

CONCLUSIONES COLEGIO JAPÓN:

Si bien el resultado obtenido a partir de la aplicación de la pauta de evaluación no se ubica dentro de los tramos críticos, debido principalmente a la homogeneidad constructiva que presenta el bloque, existen diversos factores a considerar en este caso, como lo observado a partir del análisis de la Tabla 1.

Por una parte, dentro de los aspectos más críticos se encuentran principalmente la conformación volumétrica, dado su irregularidad y la carencia de juntas de dilatación en el bloque, y por otra parte se encuentran los elementos horizontales. Estos últimos son críticos dado a que el tercer nivel, a pesar de que presenta mayores desplazamientos y torsiones, cuenta con un entrepiso de madera, a diferencia de los otros niveles que presentan diafragmas rígidos. Es esta irregularidad la que se refleja en los niveles obtenidos a partir de la evaluación del estado de conservación del bloque, lo cual en la actualidad mantiene inhabilitado el tercer nivel, debido al daño que los desplazamientos han producido en los elementos verticales, y al inminente desprendimiento de material sobre los alumnos.

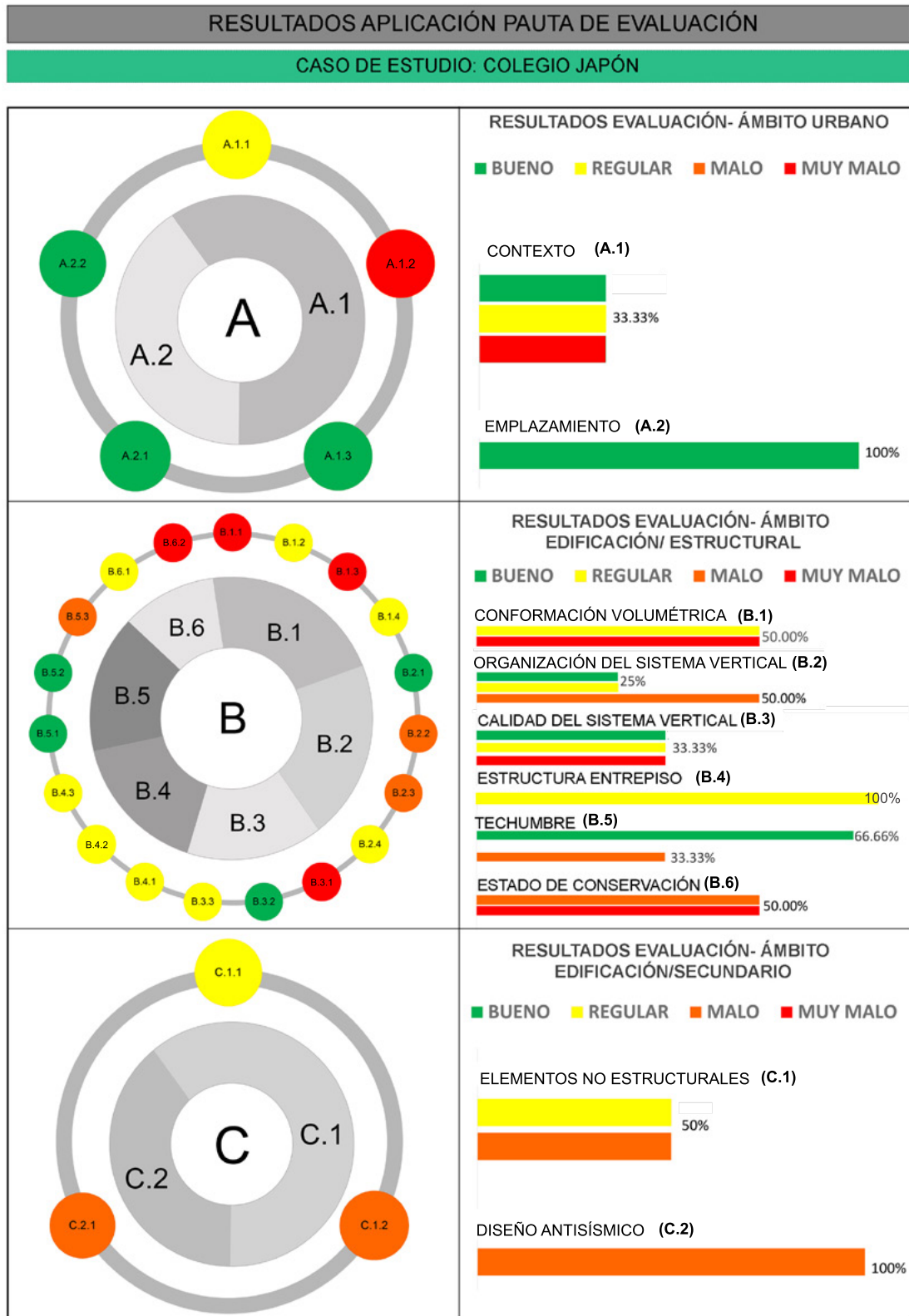
Debido al deterioro que presenta el último nivel, es que se hace necesario una evaluación estructural en mayor detalle que determine el daño de los elementos primarios, dado que a partir de la inspección visual se observa que existe un daño grave debido a la desvinculación de los elementos verticales con la techumbre, lo cual podría deberse a problemas de resolución constructiva en la unión de ambos elementos, acentuado por la carencia de vigas que soporten la losa de la techumbre en las áreas de circulación, generando que esta se apoye directamente en los elementos verticales.

Otro aspecto crítico de los elementos horizontales, es la proporción que presentan los diafragmas rígidos en los niveles inferiores, principalmente en las circulaciones, las cuales, pese a la longitud de sus elementos carece de vigas en estas zonas, debido a la cual se evidencian grietas y potencia futuros problemas de flexión diferenciada ante acción sísmica que pueda afectar al caso

Tabla 20: Desglose evaluación

N°	Variable	Puntaje obtenido
A.1	Contexto	0,68
A.2	Emplazamiento	0
B.1	Conformación volumétrica	4,4
B.2	Organización del sistema estructural vertical	4,0
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	3,6
B.4	Estructura de entrepisos	1,26
B.5	Techumbre	0,4
B.6	Estado de conservación	3,5
C.1	Elementos no estructurales	1,5
C.2	Diseño antisísmico	0,75
Puntaje total		20,09
Valor índice		45,65%

Tabla 21: Análisis resultados aplicación evaluación Colegio Japón:



B. ESCUELA DE MINAS (1952)

En la actualidad, esta edificación opera como el Campus Ignacio Domeyko de la Universidad de La Serena (U.L.S), pero durante el Plan Serena se conformó como la sede de la Escuela de Minas de la ciudad, la cual fue también la única edificación del Plan que no siguió la estética neocolonial planteada, lo cual se observa en sus fachadas carentes de ornamentación.

Este establecimiento, al igual que el Colegio Japón, se encuentra emplazado en la terraza intermedia, la cual, como se mencionó

anteriormente, presenta un buen comportamiento geotécnico. Como se observa en la Figura 52, el conjunto original edificado bajo el Plan Serena se planteó a partir de 6 bloques, compuestos por pabellones que cuentan con 1, 2 y 3 pisos, de morfologías irregulares como aquellas que se organizan en torno a la tipología peineta, y otras de geometrías cuadriláteras regulares.

A partir de los objetivos planteados en esta investigación, es que se analizarán únicamente aquellos pabellones que fueron edificados bajo



Figura 51: Escuela de Minas y su entorno Fuente: Google Maps y Elaboración Propia.

el Plan Serena. De igual manera, se descartan aquellos pabellones cuyo uso está destinado a funciones administrativas, como ocurre con los pabellones A,B,E y F, de igual manera se descarta evaluar el pabellón G, debido a que este alberga el antiguo gimnasio, que es en la actualidad el aula magna del campus y espacios administrativos en los pisos superiores. Por lo anterior, se evaluarán las condiciones presentes principalmente en el bloque H, en el cual se concentran las aulas en la actualidad.

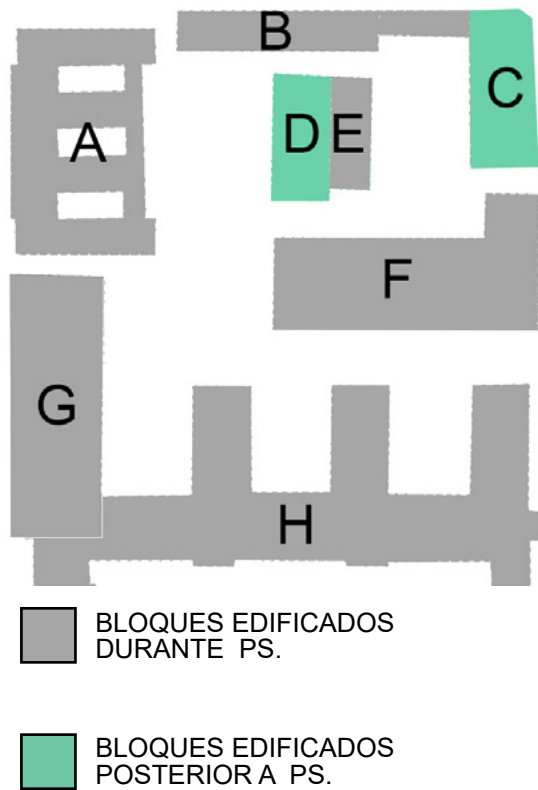
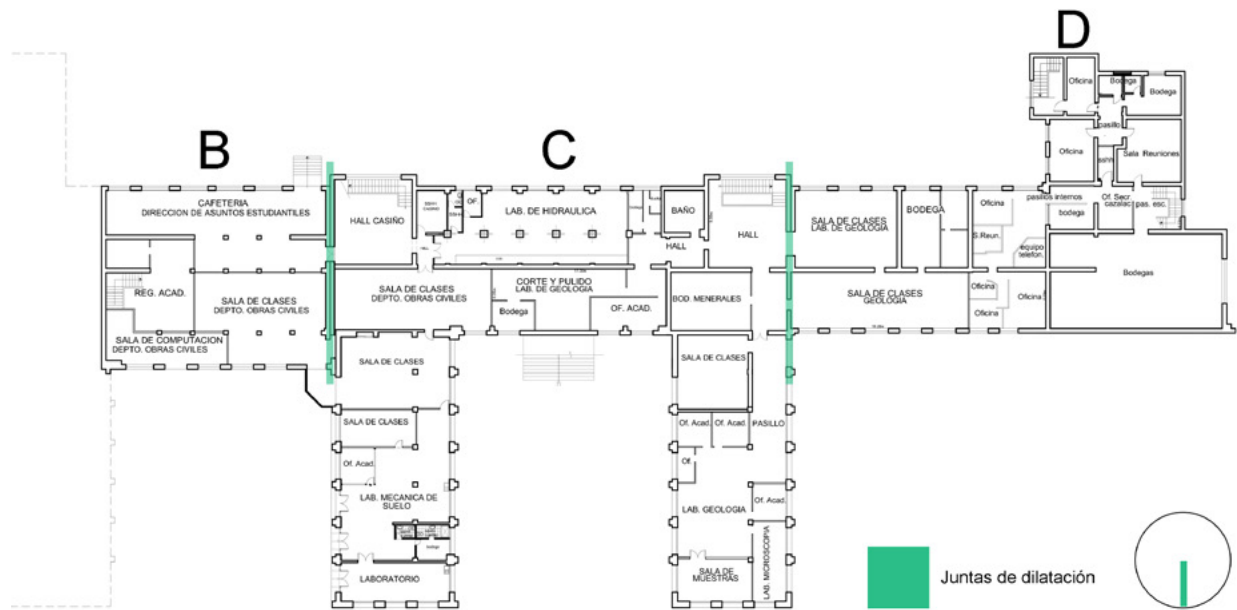


Figura 52: Distribución Pabellones Escuela de Minas. Elaboración propia.

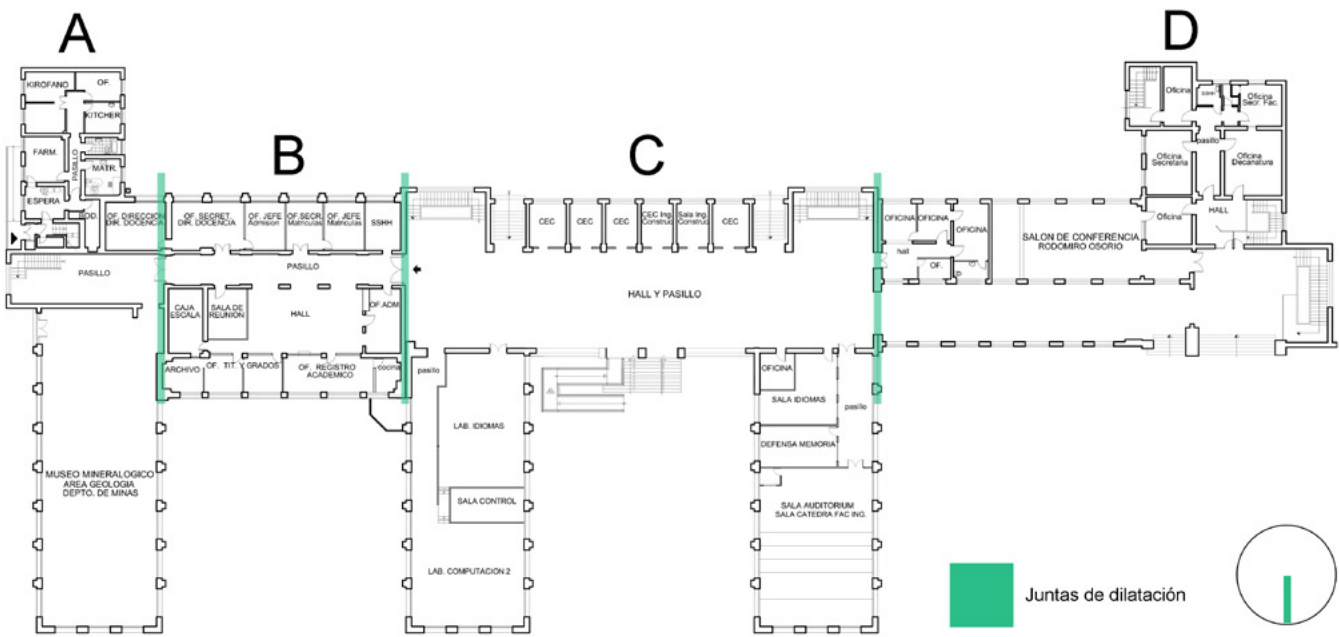


Figura 53: Bloque H desde patio interior. Elaboración propia.



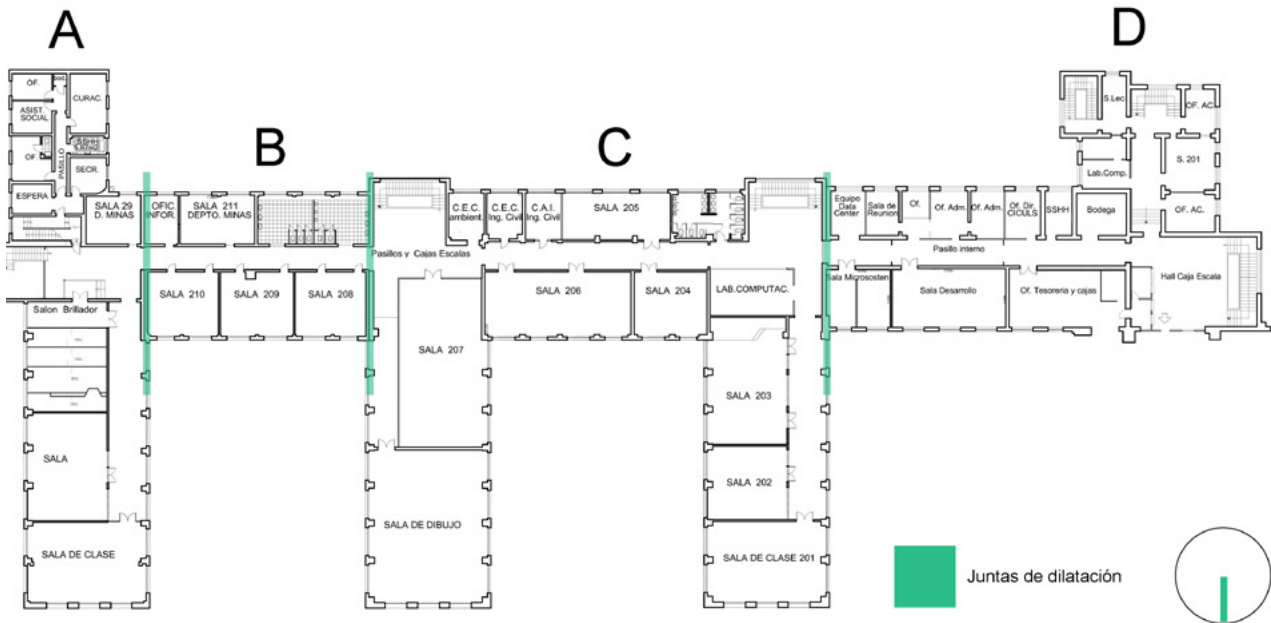
PLANTA ARQUITECTURA NIVEL SUBTERRÁNEO

Figura 54: Planta arquitectura nivel subterráneo. Fuente Centro de Extensión ULS.



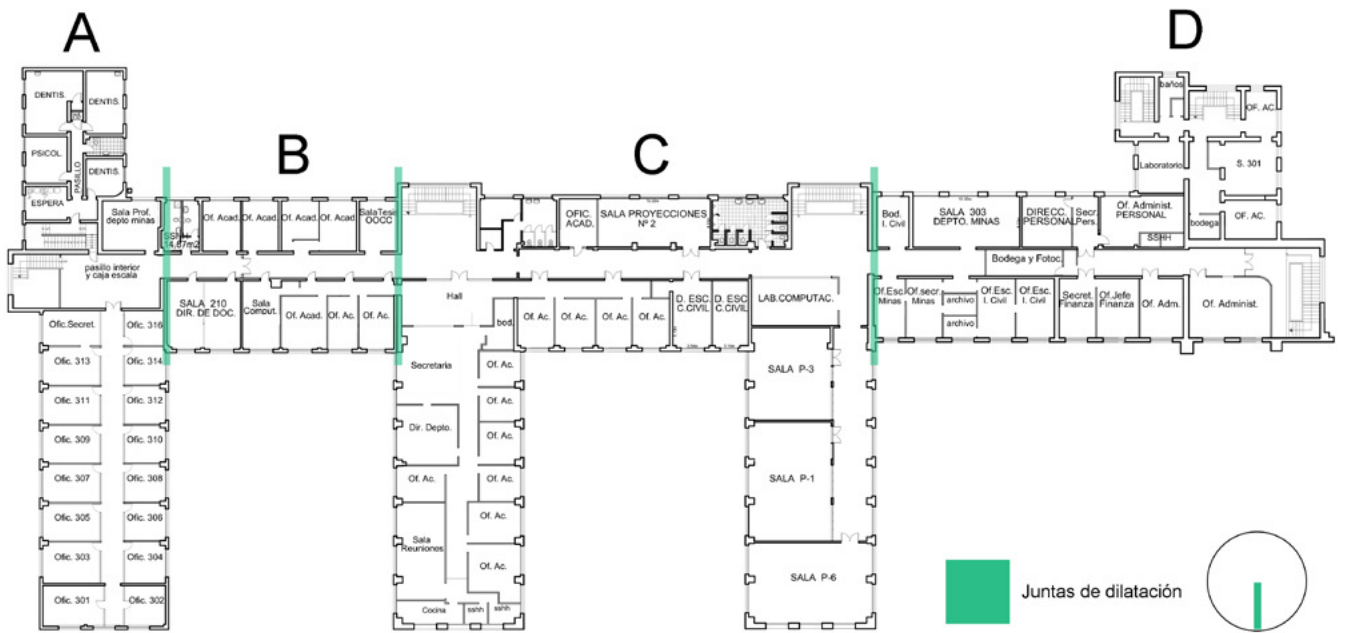
PLANTA ARQUITECTURA PRIMER NIVEL

Figura 55: Planta arquitectura primer nivel. Fuente Centro de Extensión ULS.



PLANTA ARQUITECTURA SEGUNDO NIVEL

Figura 56: Planta arquitectura segundo nivel. Fuente Centro de Extensión ULS



PLANTA ARQUITECTURA TERCER NIVEL

Figura 57: Planta arquitectura tercer nivel. Fuente Centro de Extensión ULS.

A. CONTEXTO

El entorno próximo de la ex Escuela de Minas se encuentra rodeado principalmente por viviendas, zonas de comercio y en menor escala servicios de uso público (Figura 58). Al analizar el plano nollí (Figura 61), se observa que el conjunto se encuentra aislado en la manzana, rodeado de edificaciones continuas que se encuentran próximas al establecimiento, esto debido a que los flujos colindantes se componen a partir de vías locales.

En relación a las vías de evacuación, este se encuentra contenido entre dos vías troncales (Av. Francisco de Aguirre/Colo Colo y Amunategui), por lo cual sus vías locales colindantes permiten su evacuación en ambas direcciones. (Figura 59)

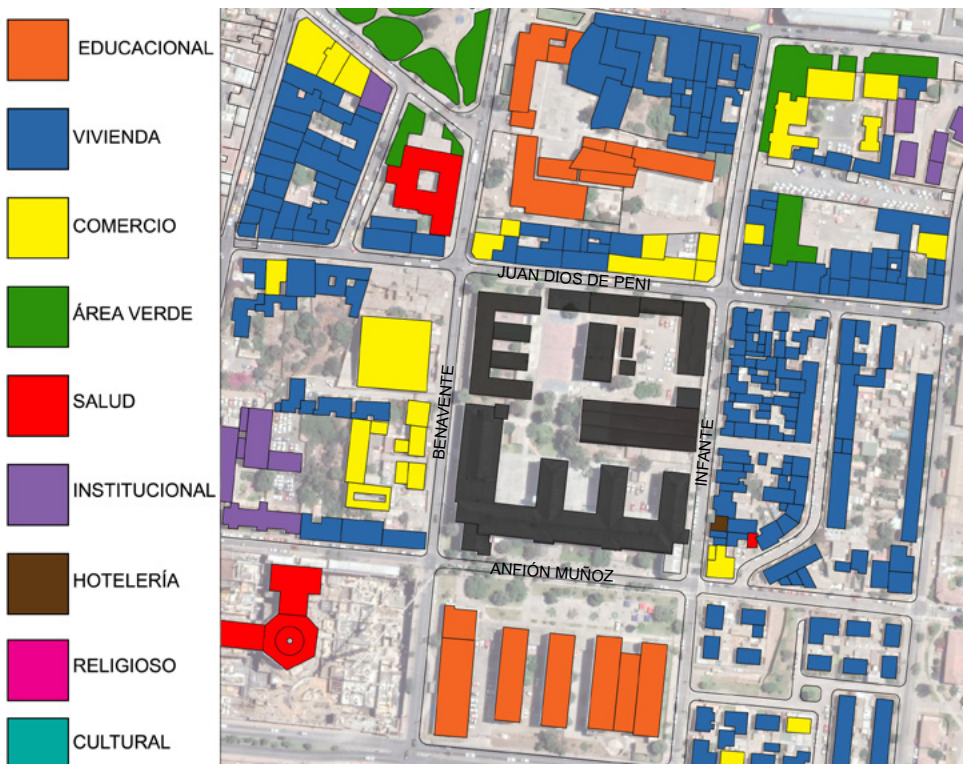


Figura 58: Zonificación entorno próximo Escuela de Minas. Fuente elaboración propia.

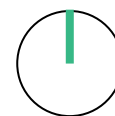
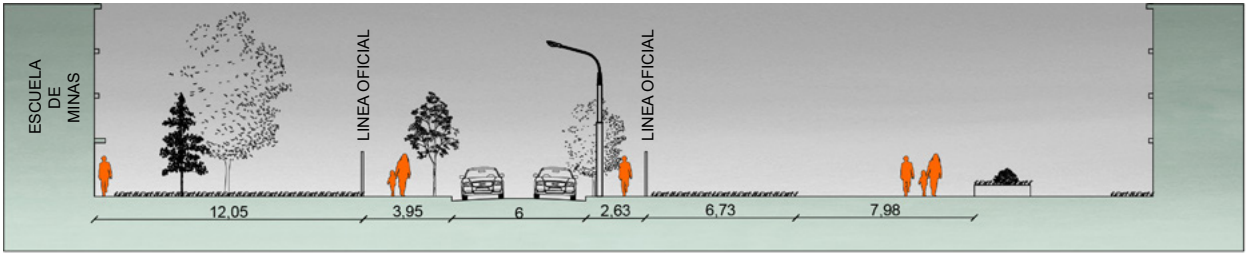
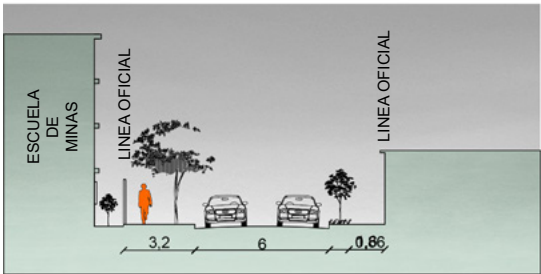


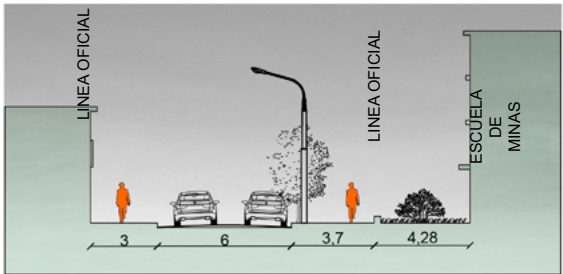
Figura 59: Vías de evacuación Escuela de Minas. Elaboración propia.



ANFIÓN MUÑOZ



INFANTE



BENAVENTE

Figura 60: Perfiles de calle, Escuela de Minas. Elaboración Propia..

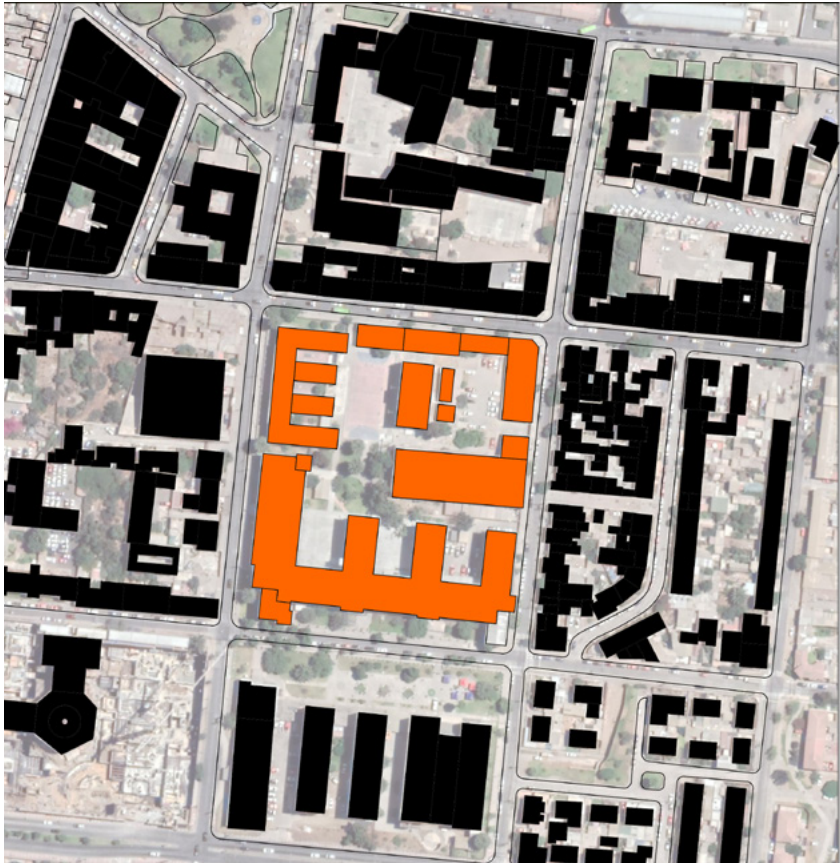


Figura 61: Plano Nolli Escuela de Minas. Fuente Elaboración propia.

B. MORFOLOGÍA

El bloque en estudio se conforma a partir de un edificio cuya morfología se compone a partir de un volumen en E, de tipología peineta. Sin embargo, al analizar la disposición de las juntas de dilatación, que responden a las irregularidades de su volumetría, se observa que este se divide 5 volúmenes de diversas morfologías, entre ellas L,U,I. (Figura 62). Por otra parte, es importante mencionar que debido a la planimetría estructural existente, se optó por aplicar la evaluación únicamente en los bloques A y B, descartando la evaluación de los bloques C y D debido a la falta de documentación.

Figura 62: Elevaciones
Escuela de Minas.
Fuente elaboración propia.

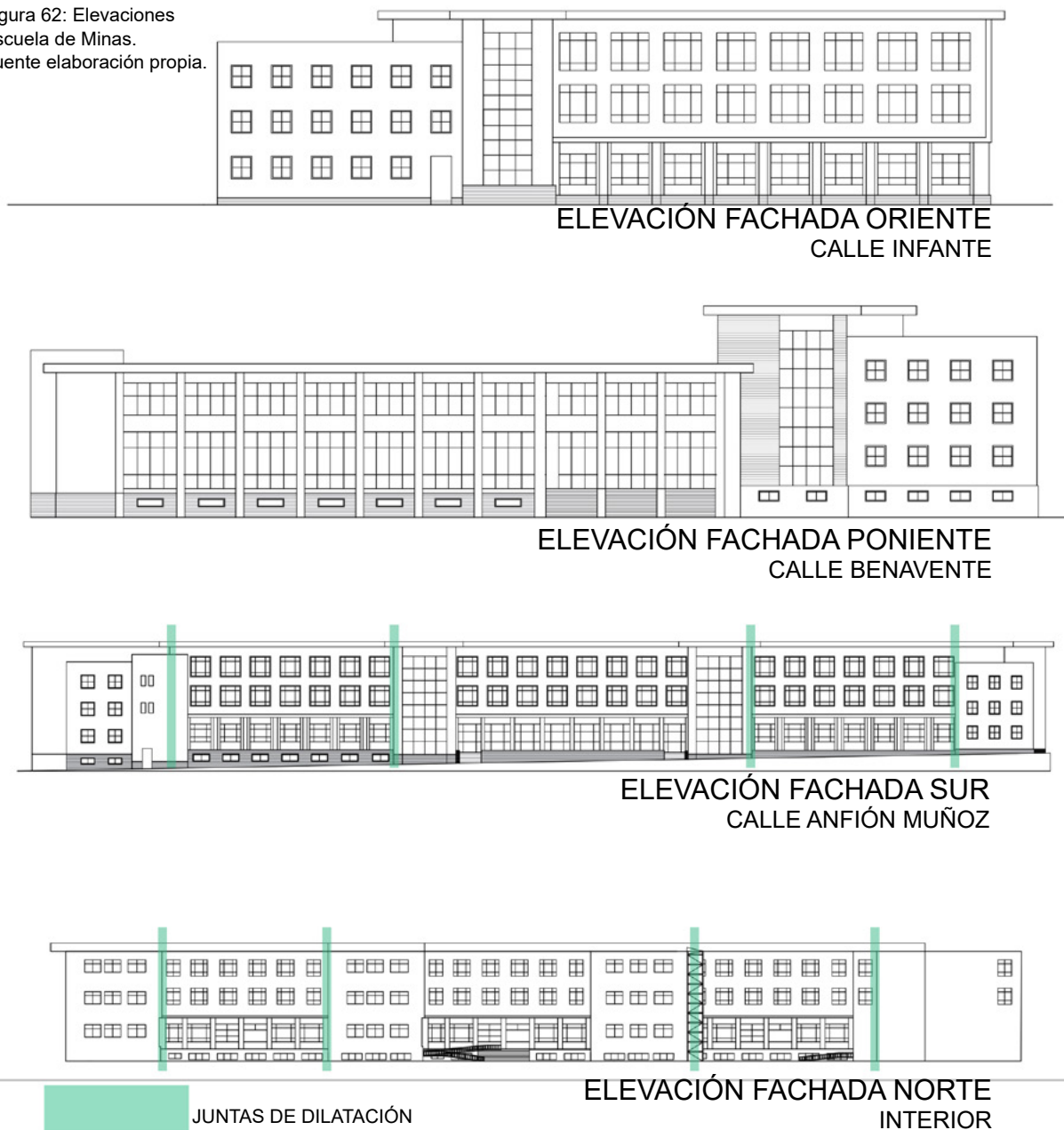


Figura 62: Elevaciones Escuela de Minas. Fuente Elaboración propia.

C. ELEMENTOS VERTICALES / BLOQUE A

El bloque A se conforma a partir de un pabellón de 3 niveles de morfología irregular, ya que pese a geometría de paralelepípedo, esta cuenta con dos salientes en el área sur que interrumpen su volumetría compacta.

Su estructura vertical se compone a partir de un sistema mixto, que combina el sistema de pórticos con el sistema de muros, estos últimos de bloques de cemento y de hormigón armado. Esta combinación de sistemas incidirá directamente en la vulnerabilidad del caso, esto debido a que dado la diferencia de rigidez de ambos sistemas, es en su interacción en donde posiblemente puedan presentarse fallas.

Al analizar los ejes del volumen, se puede constatar que estos son en su mayoría continuos en todos sus niveles, a excepción de un retranqueo menor que se observa en el eje 7 y L del 2do y tercer nivel. Por otra parte, en cuanto a las aberturas que presentan los ejes perimetrales, estas son simétricas en todos sus niveles.

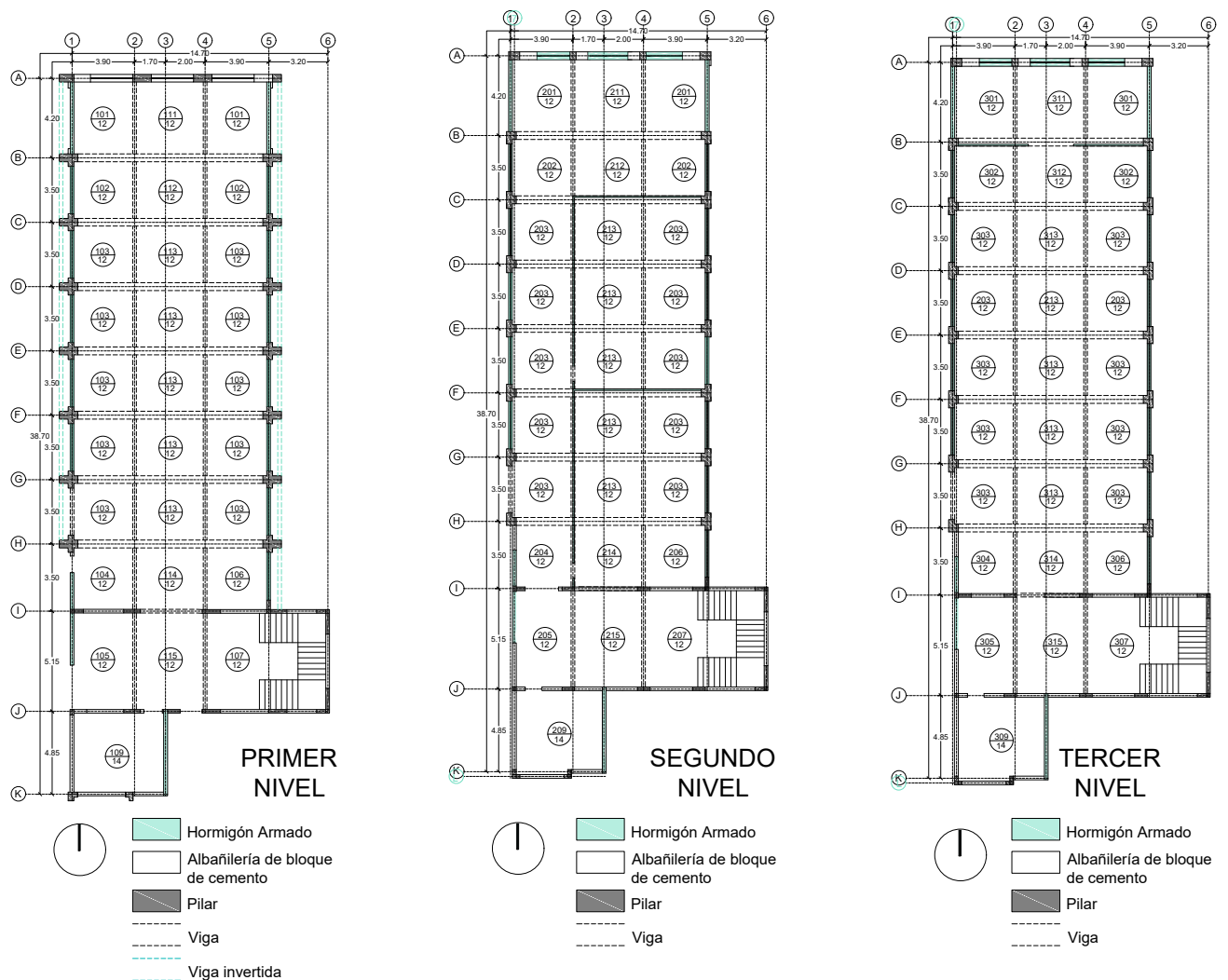


Figura 63: Plantas de Estructura, Escuela de Minas. Fuente Elaboración propia.

D. ELEMENTOS HORIZONTALES

La estructura horizontal del bloque A se distribuye de igual manera en sus tres niveles, variando únicamente en el espesor de sus losas. Es por esto que se presenta la misma irregularidad en sus tres pisos, como se observa en la Figura 64, en donde las 3 losas ubicadas entre los ejes C y H se presentan como elementos críticos dado a la proporción que presentan (largo v/s ancho).



Figura 64: Esquema losas críticas en bloque A, Escuela de Minas. Fuente Elaboración propia.

OBSERVACIONES BLOQUE A ESCUELA DE MINAS

De manera previa a la aplicación de la pauta de evaluación, se definen las regularidades e irregularidades que presenta el caso de estudio, al igual que los daños contemplados en las visitas a terreno, esto con el objetivo de analizar dichos parámetros y observaciones con los resultados obtenidos luego de aplicar la pauta:

REGULARIDADES:

- Juntas sísmicas dispuestas correctamente en cambios que presenta el bloque.
- Estructura horizontal compuesta por diafragmas rígidos en sus tres niveles.
- Estructura primaria continua en sus tres niveles (disposición de elementos estructurales).
- Homogénea regularidad de cargas (Mismo uso en sus 3 niveles, sin ocupación de entretecho).
- Bloque no presenta ornamentación ni en fachadas ni en interiores.
- Altura regular en todos sus niveles.

IREGULARIDADES:

- Conformación volumétrica
- Diafragma central crítico en sus tres niveles dado a longitud.
- Presencia de sistemas mixtos (pórtico-muro), con elementos secundarios macizos (tabiques de hormigón y bloques de cemento).
- Elementos secundarios (Tabiques) anclados de manera directa a pórticos. (Figura 67)
- Caja de escalera se conforma a partir de gran superficie vidriada, que podría ser un riesgo al momento de evacuar el bloque. (Figura 65)
- Juntas de dilatación tapadas con elementos externos. (Figura 66)

DAÑOS OBSERVADOS EN TERRENO:

- Grietas y fisuras en elementos no estructurales.
- Perdida de material en elementos no estructurales.
- Ventanas apollilladas representan constante riesgo de caída de elementos.



Figura 65:



Figura 66: Tercer nivel



Figura 67: Tercer nivel.

Tabla 22: Resultados aplicación evaluación bloque A Escuela de Minas

Tabla de identificación de clases, según parámetros y subparámetros influyentes en la evaluación de vulnerabilidad sísmica.					
N°	Variable	Sigla	Parámetro	Descripción del parámetro	
A					
URBANO					
A.1	Contexto	A.1.1	Vías de evacuación	A	Múltiples vías de evacuación, de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con bajo flujo
				B	Vías de evacuación de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con múltiples flujos
				C	Cuenta con vías de evacuación de malas proporciones, hacia calles perimetrales de alto flujo
				D	Edificio no cuenta con vías de evacuación expeditas hacia el entorno
		A.1.2	Distancia entorno próximo	A	Se encuentra aislado y no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno
				B	No se encuentra aislado, pero no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno
				C	Se encuentra aislado, pero proporción de vías aledañas pone en riesgo el daño que podría sufrir o causar
				D	No se encuentra aislado, y podría afectar, o verse afectado por el daño en su entorno
		A.1.3	Zonas seguras de evacuación	A	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación al interior y al exterior del conjunto
				B	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al interior del conjunto
				C	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al exterior del conjunto
				D	Edificio no cuenta con espacios seguros de evacuación
A.2	Emplazamiento	A.2.1	Calidad del suelo	A	Se emplaza en terraza intermedia
				B	Se emplaza en terraza superior
				C	Se emplaza en terraza playa de mar
				D	Se emplaza en terraza inferior
	A.2.2	Fundaciones	A	La edificación no presenta asentamientos en su conjunto	
			B	La edificación evidencia asentamientos leves en una parte del conjunto	
			C	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor en una parte del conjunto	
			D	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor casi todo el conjunto	
B					
EDIFICACIÓN / ESTRUCTURAL					
B.1	Conformación volumétrica	B.1.1	Morfología	A	Volumen es regular y no tiene salientes en su conformación
				B	Volumen es regular pero tiene salientes en su conformación
				C	Volumen es irregular, no posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T
				D	Volumen es irregular, posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T
		B.1.2	Regularidad en elevación	A	Altura de edificación es regular en todos sus niveles
				B	Altura de edificación es regular en el 50% de sus niveles
				C	Altura es regular en sus niveles, pero evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta
				D	Altura es irregular en sus niveles y evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta
		B.1.3	Juntas sísmicas	A	Dispuestas en todo cambio de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura, sistema estructural y/o geometría.
				B	Cuenta con juntas de dilatación en gran parte del conjunto, pero carece de ellas en ciertos cambios de la edificación
				C	El edificio carece en su mayoría de juntas de dilatación en puntos importantes del conjunto
				D	El edificio no cuenta con juntas de dilatación
		B.1.4	Número de pisos de la edificación	A	Edificación cuenta con 1 solo piso
				B	Edificación cuenta con 2-7 pisos
				C	Edificación cuenta con 8 pisos
				D	Edificación cuenta con más de 8 pisos
B.2	Organización del sistema estructural vertical	B.2.1	Distancia entre ejes estructurales	A	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en ambos sentidos
				B	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en un sentido
				C	Ejes no están repartidos homogéneamente pero son mayormente de la misma materialidad
				D	Ejes no están repartidos homogéneamente y son de diversas materialidades
		B.2.2	Cantidad de ejes estructurales	A	Posee espacios reducidos y múltiples ejes estructurales en ambas direcciones
				B	Espacios de mayor proporción y misma cantidad de ejes estructurales en ambas direcciones
				C	Posee múltiples ejes que subdividen la edificación en espacios de diversas proporciones
				D	Ejes estructurales se encuentran muy distanciados y se evidencian grandes espacios
		B.2.3	Rigidez de ejes estructurales	A	Ejes transversales y longitudinales no poseen aberturas, tienen misma materialidad y espesores
				B	Ejes transversales o longitudinales poseen misma materialidad, espesores y aberturas
				C	Ejes transversales o longitudinales poseen un parámetro de igual rigidez (materialidad, espesor, aberturas)
				D	Ejes son muy diversos en cuanto a su materialidad, espesores y aberturas en ambas direcciones
		B.2.4	Continuidad de ejes estructurales	A	Ejes son continuos en todos los niveles de la edificación
				B	Edificio presenta discontinuidades menores en un solo nivel
				C	Edificio presenta discontinuidades mayores en uno o dos niveles
				D	Edificio presenta discontinuidades en la mayoría de sus niveles

Como se observa en la Tabla 23, el bloque A de la ex Escuela de Minas obtuvo una ponderación de **32,47%**, lo cual según la tabla de daños propuesta (Tabla 14, pag 64). se ubica en el 3er tramo, lo que refleja que presenta parámetros vulnerables de grado medio que requieren reparaciones pero que no se presentan como un elemento de riesgo inminente para el establecimiento.

B.3	Calidad del sistema estructural vertical	B.3.1	Tipo de sistema estructural	A	La totalidad de la edificación se compone a partir de muros o pórticos
				B	Edificación se compone mayormente de un solo sistema (muro o pórtico) pero evidencia cambios de sistema en algunas zonas
				C	Edificación se compone de un sistema en ejes transversales y de otro sistema en longitudinales
				D	Edificación se compone a partir de sistemas mixtos y combinados en ambos ejes
		B.3.2	Espesores de muros	A	Espesores en toda la edificación cumplen con valores mínimos establecidos por actual normativa y cuenta con elementos de mayor espesor que lo establecido por la norma.
				B	Espesores en toda la edificación cumplen con actual normativa
				C	Cuenta con espesores establecidos por actual normativa y espesores fuera de norma
				D	Ninguno de los espesores cumple con la actual normativa
		B.3.3	Homogeneidad de sistemas	A	El edificio es completamente de una sola materialidad
				B	Sistema vertical es en su mayoría de una materialidad pero contiene elementos de otra materialidad
				C	Sistema vertical es completamente de una materialidad en un nivel y de otra en sus otros niveles
				D	Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto
B.4	Estructura de entresijos	B.4.1	Tipo de sistema estructural	A	El entresijo se compone a partir de un 100% de diafrámas rígidos
				B	El entresijo se compone a partir de un 70% de diafrámas rígidos y un 30% de envigados
				C	El entresijo se compone a partir de un 70% de envigados y un 30% de diafrámas rígidos
				D	El entresijo se compone 100% de envigados
		B.4.2	Geometría	A	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares
				B	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares
				C	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares
				D	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares
		B.4.3	Discontinuidades	A	Entresijos no presentan discontinuidades en ninguno de sus niveles
				B	Entresijos presentan discontinuidades solo en cajas de escaleras
				C	En el 50% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades
				D	En el 70% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades
B.5	Techumbre	B.5.1	Tipo de sistema estructural	A	Cubierta se compone a partir de losa y cerchas
				B	Cubierta se compone a partir de losa
				C	Cubierta se compone a partir de vigas y cerchas
				D	Cubierta se compone a partir de tijaes y/o par y nudillo
		B.5.2	Peso de la techumbre	A	Techumbre es inhabitable
				B	Techumbre es utilizada como terraza
				C	Techumbre cuenta con entretecho habitable
				D	Se utiliza el entretecho de la techumbre como bodega
		B.5.3	Materialidad/riesgo caída de elementos	A	Se compone a partir de losa, sin riesgo alguno de caída de elementos
				B	Se compone a partir de placas/planchas, con elementos que pueden desprenderse
				C	Cubierta se compone a partir de tejas
				D	Cuenta con elementos en visible estado de riesgo de caída (Como canaletas)
B.6	Estado de conservación	B.6.1	Reparaciones	A	No se realizó reparación estructural alguna, o han sido insignificantes
				B	Se han realizado reparaciones de carácter menor a lo largo de la vida útil de la edificación
				C	Se han realizado reparaciones de carácter mayor a lo largo de la vida útil de la edificación
				D	Edificación ha presentado daños de consideración recurrentemente tras acción sísmica, sin reparación
		B.6.2	Deterioro	A	Edificación no presenta deterioro en su estructura
				B	Edificación presenta deterioro solo en su fachada
				C	Edificación presenta deterioro en parte de su estructura, de carácter mayor en elementos estructurales y/o no estructurales
				D	Edificación presenta deterioro en gran parte de su estructura
C					
C.1	Elementos no estructurales	C.1.1	Tabiques	A	Edificación no presenta tabiques
				B	Edificación cuenta con tabiques macizos (bloques)
				C	Edificación cuenta con tabiques compuestos de entramados de madera y placas
				D	Edificación cuenta con tabiques frágiles, de recubrimiento y/o celosía (bloques de cemento)
		C.1.2	Ornamentos	A	Edificación no cuenta con ornamentos (ni interiores ni exteriores)
				B	Edificación cuenta con ornamentos de bajo relieve en interior y/o exterior
				C	Edificación cuenta con ornamentos sobresalientes y protuberantes en interior y/o exterior
				D	Cuenta con numerosos ornamentos que evidencian riesgo de caída en interior y/o exterior
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	A	Edificio fue diseñado con los parámetros establecidos por actual normativa antisísmica
				B	Edificio fue diseñado bajo alguna de las normas NCh 170 (1952), NCh 429 (1956), NCh 430 (1961), NCh 433 (1972), NCh 1537 (1986)
				C	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1930-1950 (E.T gen para edificios fiscales (1930), Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edif. Fiscal (1930) y/o O.G.U.C de 1936)
				D	Edificio no fue diseñado bajo ninguna normativa antisísmica

CONCLUSIONES BLOQUE A ESCUELA DE MINAS

Como se observa en el desglose de la Tabla 23, el bloque A no presenta mayores irregularidades constructivas, lo cual se refleja en el índice obtenido al aplicar la evaluación. Esto se debe principalmente a que, a diferencia de los otros casos evaluados en esta investigación, este conjunto carece por ejemplo, de elementos decorativos en su fachada y de techumbres que contengan tejas como en los otros casos, factores que aportan a que la vulnerabilidad de la ex Escuela de Minas disminuya en comparación al resto de las evaluaciones.

De igual manera, la simetría de las fachadas, y la correcta disposición de juntas de dilatación en los cambios que presenta el bloque, tanto de altura como de morfología, aportan también a disminuir el índice. Las principales irregularidades se deben a la combinación de sistemas constructivos (muro-pórtico), en los cuales dado a la diferencia de rigidez de ambos sistemas se observan grietas en elementos verticales.

Finalmente, los mayores daños que se observan en terreno, son los daños que presentan los elementos no estructurales al estar directamente anclados al pórtico (Figura 67 y 68). Son estos daños a los elementos no estructurales los que se evidencian en el estado de conservación del bloque, lo cual si bien no representa un riesgo para la estructura soportante del bloque, es un factor a considerar dado el riesgo de desprendimiento de material que podría afectar a terceros.



Figura 68: Segundo nivel

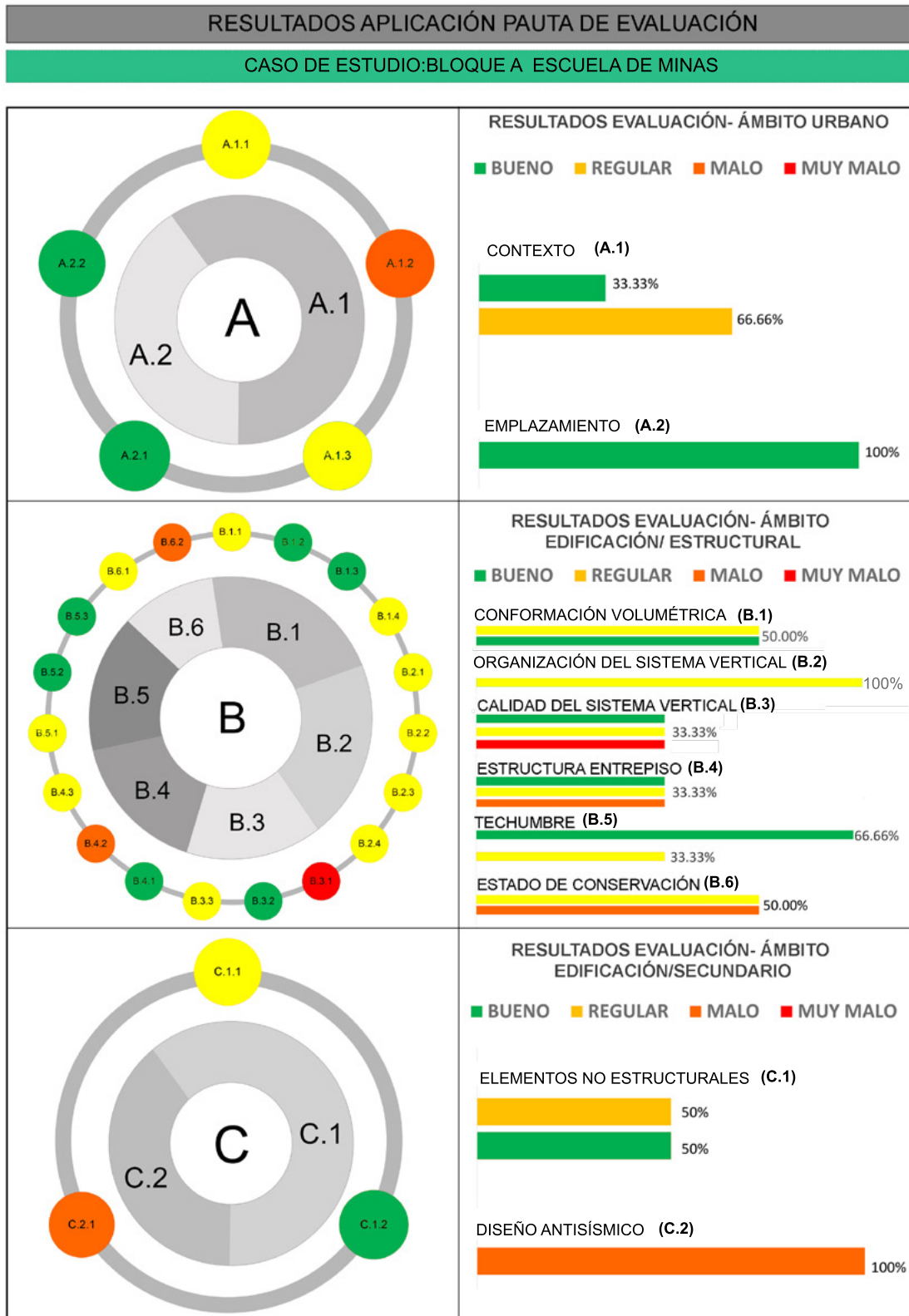


Figura 69

Tabla 23: Desglose Evaluación

N°	Variable	Puntaje obtenido
A.1	Contexto	0,68
A.2	Emplazamiento	0
B.1	Conformación volumétrica	4,4
B.2	Organización del sistema estructural vertical	4,0
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	3,6
B.4	Estructura de entresijos	1,26
B.5	Techumbre	0,4
B.6	Estado de conservación	3,5
C.1	Elementos no estructurales	1,5
C.2	Diseño antisísmico	0,75
Puntaje total		20,09
Valor índice		45,65%

Tabla 24: Análisis resultados aplicación evaluación Bloque A Escuela de Minas



C. ELEMENTOS VERTICALES/ BLOQUE B

El bloque B se conforma a partir de un pabellón de 4 niveles (1 subterráneo y 3 niveles) de morfología regular, ya que cuenta con una geometría de paralelepípedo, sin salientes que interrumpen su volumetría compacta. La irregularidad presente en su volumen se debe a un retranqueo presente en el eje A, como se observa en las Figuras 70 y 71.

Al igual que en el bloque A, su estructura vertical se compone a partir de un sistema mixto, que combina el sistema de pórticos con el sistema de muros de bloques de cemento y de hormigón armado.

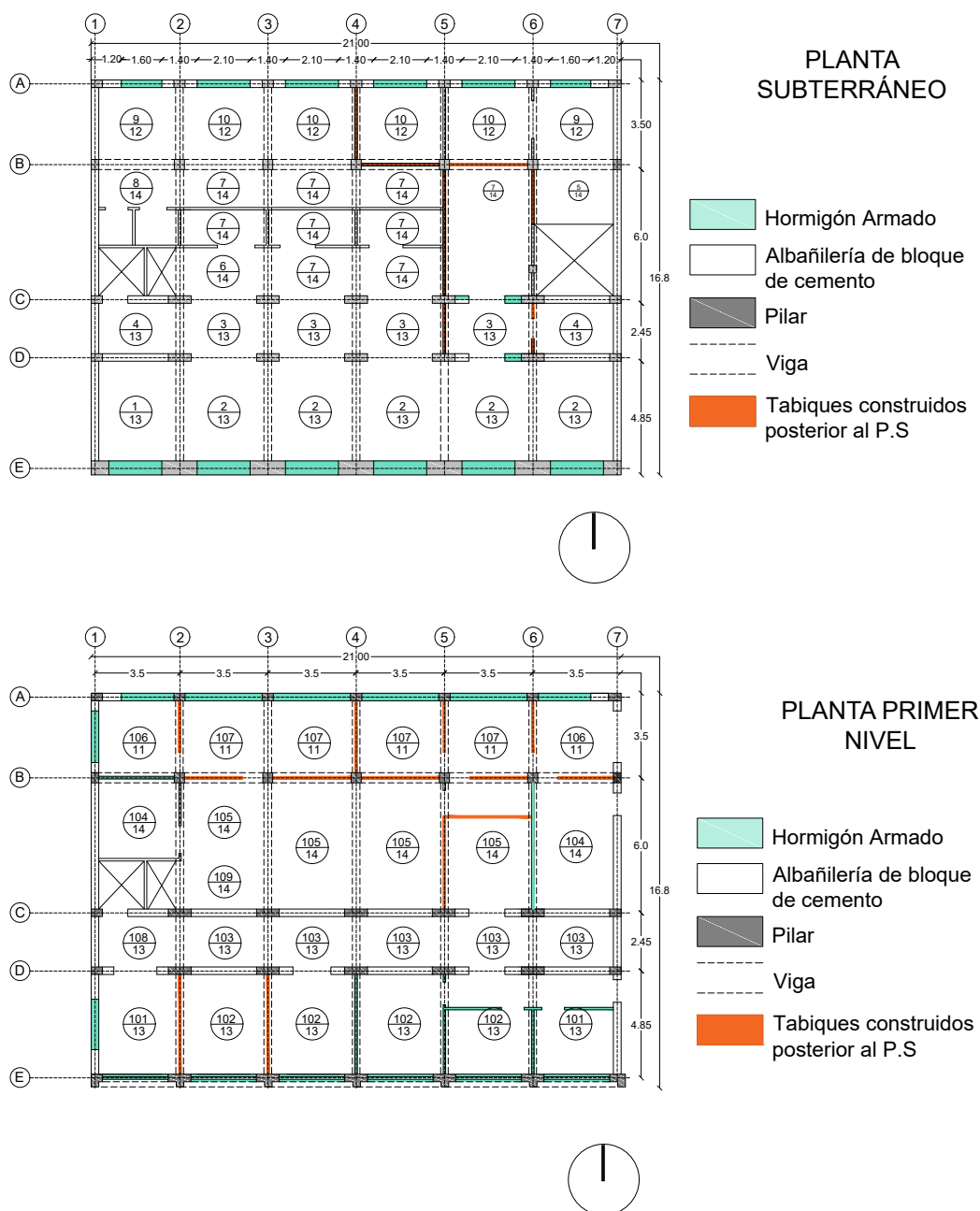


Figura 70: Plantas de Estructura Subterráneo y Primer Nivel, Escuela de Minas. Fuente Elaboración propia.

Por esta similitud es que ambos casos podrían verse expuestos a las mismas fallas dado la combinación de sistemas.

En cuanto a la rigidez de los ejes del bloque, es en el sentido transversal, que este factor es muy diverso entre cada eje, esto debido a la diferencia de materialidad, aberturas, espesor, y elementos dispuestos en cada uno, como se observa por ejemplo, en que solo el eje C Y D son simétricos en cuanto a estos parámetros.

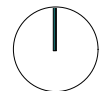
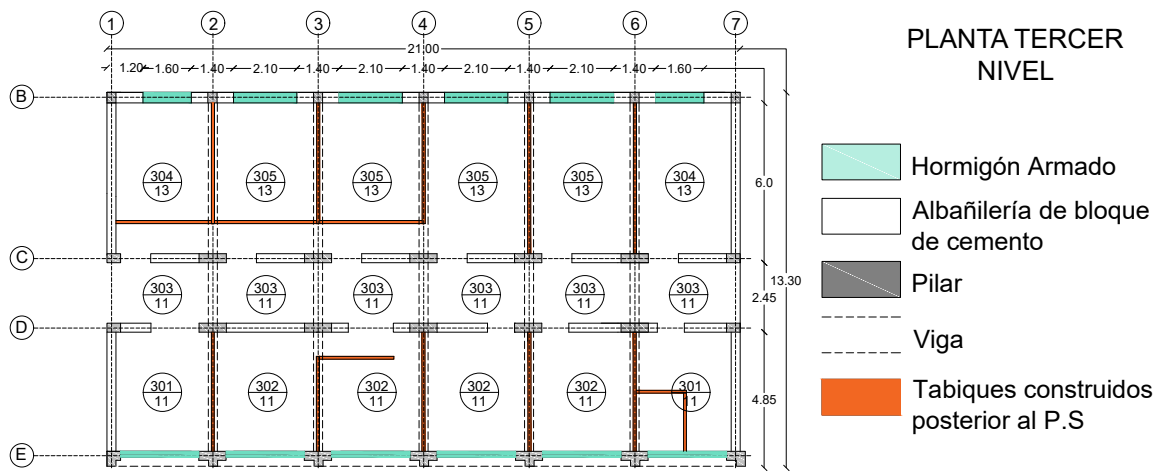
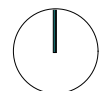
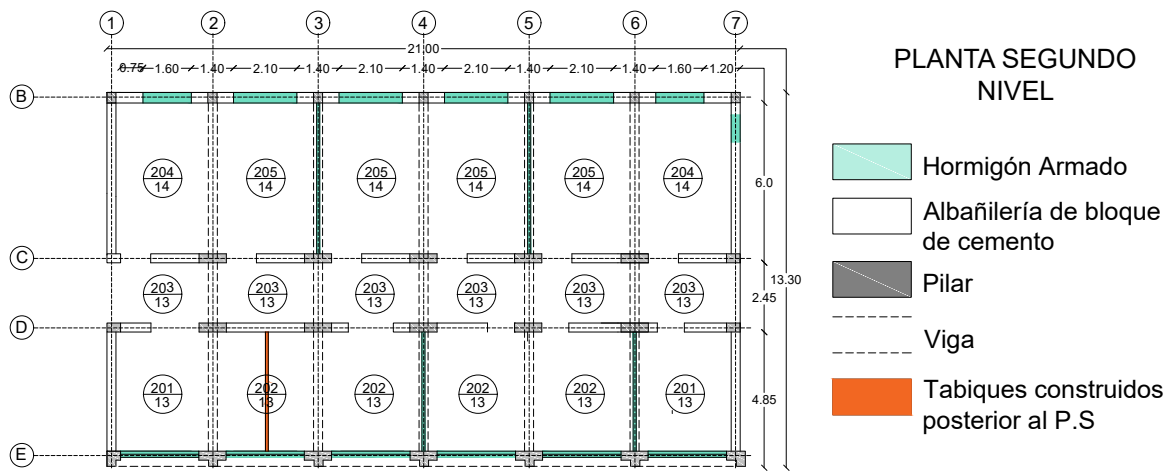


Figura 71: Plantas de Estructura Segundo y Tercer Nivel, Escuela de Minas. Fuente Elaboración propia.

D. ELEMENTOS HORIZONTALES

La estructura horizontal del bloque B presenta irregularidades en sus 4 niveles que aumentan la vulnerabilidad del caso. Como se observa en la Figura 72, casi en la totalidad del bloque sus losas exceden las proporciones óptimas, esto al tener losas muy alargadas en sus 4 niveles. De igual manera, en el 1er nivel este presenta una discontinuidad en la losa 105.

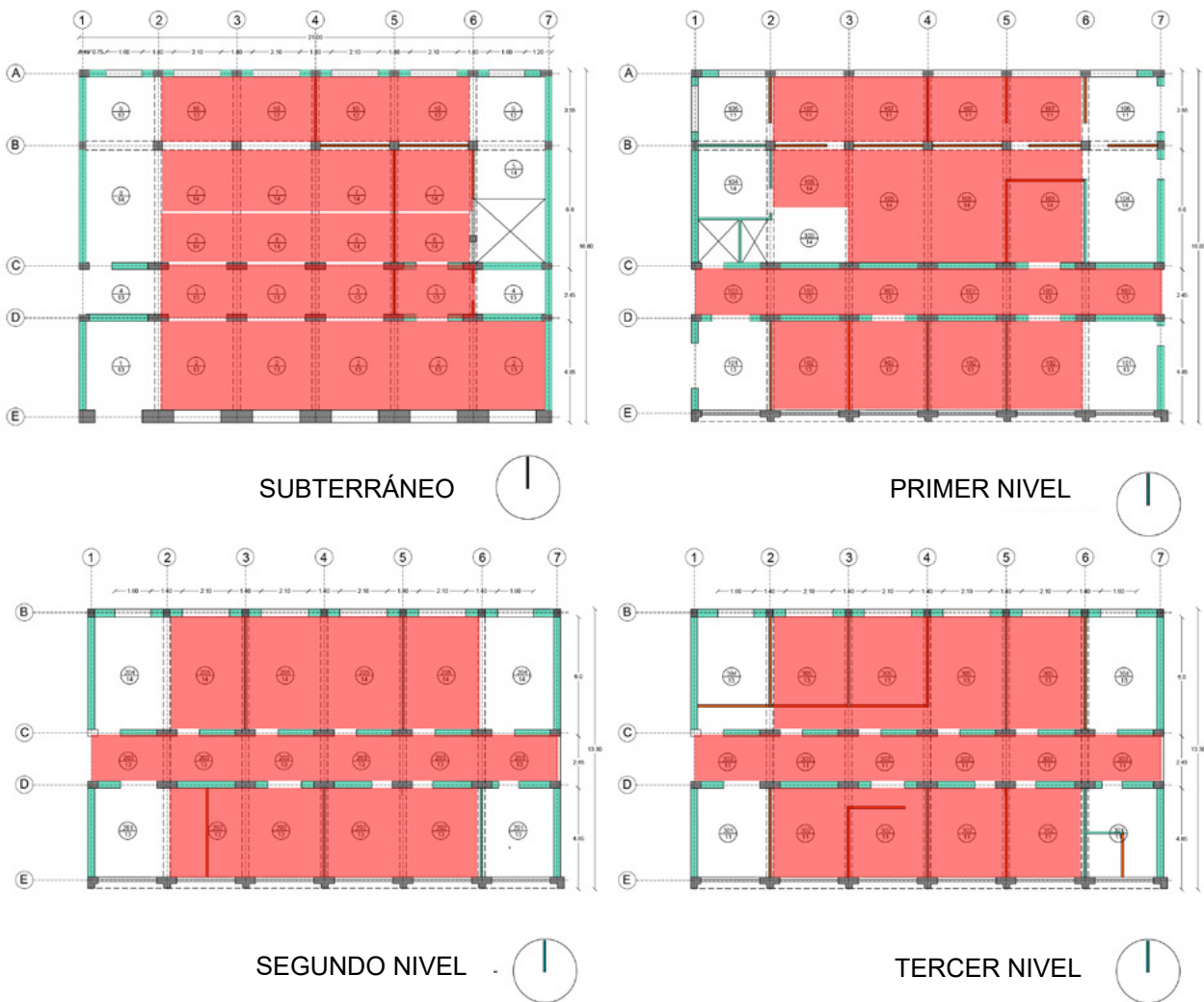


Figura 72: Esquema losas críticas en bloque B, Escuela de Minas. Fuente Elaboración propia.

OBSERVACIONES BLOQUE B ESCUELA DE MINAS

De manera previa a la aplicación de la pauta de evaluación, se definen las regularidades e irregularidades que presenta el caso de estudio, al igual que los daños contemplados en las visitas a terreno, esto con el objetivo de analizar dichos parámetros y observaciones con los resultados obtenidos luego de aplicar la pauta:

REGULARIDADES:

- Configuración volumétrica.
- Juntas sísmicas dispuestas correctamente en cambios que presenta el bloque.
- Estructura horizontal compuesta por diafragmas rígidos en sus tres niveles.
- Bloque no presenta ornamentación ni en fachadas ni en interiores.

IREGULARIDADES:

- Retranqueo de eje A en segundo y tercer nivel.
- Diafragma central crítico en sus 4 niveles.
- Presencia de sistemas mixtos (pórtico-muro), con elementos secundarios macizos (tabiques de hormigón y bloques de cemento).
- Elementos secundarios (Tabiques) anclados de manera directa a pórticos.
- Juntas de dilatación tapadas con elementos externos. (Figura 74)

DAÑOS OBSERVADOS EN TERRENO:

- Grietas y fisuras en elementos no estructurales.
- Perdida de material en elementos no estructurales.
- Ventanas apollilladas representan constante riesgo de caída de elementos.



Figura 73: Circulaciones 2do nivel



Figura 74



Figura 75: Segundo nivel.

Tabla 25: Resultados aplicación evaluación bloque B Escuela de Minas

Tabla de identificación de clases, según parámetros y subparámetros influyentes en la evaluación de vulnerabilidad sísmica.					
N°	Variable	Sigla	Parámetro	Descripción del parámetro	
A					
URBANO					
A.1	Contexto	A.1.1	Vías de evacuación	A	Múltiples vías de evacuación, de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con bajo flujo
				B	Vías de evacuación de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con múltiples flujo
				C	Cuenta con vías de evacuación de malas proporciones, hacia calles perimetrales de alto flujo
				D	Edificio no cuenta con vías de evacuación expeditas hacia el entorno
		A.1.2	Distancia entorno próximo	A	Se encuentra aislado y no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno
				B	No se encuentra aislado, pero no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno
				C	Se encuentra aislado, pero proporción de vías aledañas pone en riesgo el daño que podría sufrir o causar
				D	No se encuentra aislado, y podría afectar, o verse afectado por el daño en su entorno
		A.1.3	Zonas seguras de evacuación	A	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación al interior y al exterior del conjunto
				B	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al interior del conjunto
				C	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al exterior del conjunto
				D	Edificio no cuenta con espacios seguros de evacuación
A.2	Emplazamiento	A.2.1	Calidad del suelo	A	Se emplaza en terraza intermedia
				B	Se emplaza en terraza superior
				C	Se emplaza en terraza playa de mar
				D	Se emplaza en terraza inferior
	A.2.2	Fundaciones	A	La edificación no presenta asentamientos en su conjunto	
			B	La edificación evidencia asentamientos leves en una parte del conjunto	
			C	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor en una parte del conjunto	
			D	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor casi todo el conjunto	
B					
EDIFICACIÓN / ESTRUCTURAL					
B.1	Conformación volumétrica	B.1.1	Morfología	A	Volumen es regular y no tiene salientes en su conformación
				B	Volumen es regular pero tiene salientes en su conformación
				C	Volumen es irregular, no posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,UT
				D	Volumen es irregular, posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T
		B.1.2	Regularidad en elevación	A	Altura de edificación es regular en todos sus niveles
				B	Altura de edificación es regular en el 50% de sus niveles
				C	Altura es regular en sus niveles, pero evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta
				D	Altura es irregular en sus niveles y evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta
		B.1.3	Juntas sísmicas	A	Dispuestas en todo cambio de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura, sistema estructural y/o geometría.
				B	Cuenta con juntas de dilatación en gran parte del conjunto, pero carece de ellas en ciertos cambios de la edificación
				C	El edificio carece en su mayoría de juntas de dilatación en puntos importantes del conjunto
				D	El edificio no cuenta con juntas de dilatación
		B.1.4	Número de pisos de la edificación	A	Edificación cuenta con 1 solo piso
				B	Edificación cuenta con 2-7 pisos
				C	Edificación cuenta con 8 pisos
				D	Edificación cuenta con más de 8 pisos
B.2	Organización del sistema estructural vertical	B.2.1	Distancia entre ejes estructurales	A	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en ambos sentidos
				B	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en un sentido
				C	Ejes no están repartidos homogéneamente pero son mayormente de la misma materialidad
				D	Ejes no están repartidos homogéneamente y son de diversas materialidades
		B.2.2	Cantidad de ejes estructurales	A	Posee espacios reducidos y múltiples ejes estructurales en ambas direcciones
				B	Espacios de mayor proporción y misma cantidad de ejes estructurales en ambas direcciones
				C	Posee múltiples ejes que subdividen la edificación en espacios de diversas proporciones
				D	Ejes estructurales se encuentran muy distanciados y se evidencian grandes espacios
		B.2.3	Rigidez de ejes estructurales	A	Ejes transversales y longitudinales no poseen aberturas, tienen misma materialidad y espesores
				B	Ejes transversales o longitudinales poseen misma materialidad, espesores y aberturas
				C	Ejes transversales o longitudinales poseen un parámetro de igual rigidez (materialidad, espesor, aberturas)
				D	Ejes son muy diversos en cuanto a su materialidad, espesores y aberturas en ambas direcciones
		B.2.4	Continuidad de ejes estructurales	A	Ejes son continuos en todos los niveles de la edificación
				B	Edificio presenta discontinuidades menores en un solo nivel
				C	Edificio presenta discontinuidades mayores en uno o dos niveles
				D	Edificio presenta discontinuidades en la mayoría de sus niveles

Como se observa en la Tabla 26, el bloque B de la ex Escuela de Minas obtuvo una ponderación de **43,68%** , lo cual según la tabla de daños propuesta (Tabla 14, pag 64). se ubica en el 3er tramo, lo que refleja que presenta parámetros vulnerables de grado medio que requieren reparaciones pero que no se presentan como un elemento de riesgo inminente para el establecimiento.

B.3	Calidad del sistema estructural vertical	B.3.1	Tipo de sistema estructural	A	La totalidad de la edificación se compone a partir de muros o pórticos
				B	Edificación se compone mayormente de un solo sistema (muro o pórtico) pero evidencia cambios de sistema en algunas zonas
				C	Edificación se compone de un sistema en ejes transversales y de otro sistema en longitudinales
				D	Edificación se compone a partir de sistemas mixtos y combinados en ambos ejes
		B.3.2	Espesores de muros	A	Espesores en toda la edificación cumplen con valores mínimos establecidos por actual normativa y cuenta con elementos de mayor espesor que lo establecido por la norma.
				B	Espesores en toda la edificación cumplen con actual normativa
				C	Cuenta con espesores establecidos por actual normativa y espesores fuera de norma
				D	Ninguno de los espesores cumple con la actual normativa
		B.3.3	Homogeneidad de sistemas	A	El edificio es completamente de una sola materialidad
				B	Sistema vertical es en su mayoría de una materialidad pero contiene elementos de otra materialidad
				C	Sistema vertical es completamente de una materialidad en un nivel y de otra en sus otros niveles
				D	Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto
B.4	Estructura de entresijos	B.4.1	Tipo de sistema estructural	A	El entresijo se compone a partir de un 100% de diafrágramas rígidos
				B	El entresijo se compone a partir de un 70% de diafrágramas rígidos y un 30% de envigados
				C	El entresijo se compone a partir de un 70% de envigados y un 30% de diafrágramas rígidos
				D	El entresijo se compone 100% de envigados
		B.4.2	Geometría	A	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares
				B	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares
				C	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares
				D	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares
		B.4.3	Discontinuidades	A	Entresijos no presentan discontinuidades en ninguno de sus niveles
				B	Entresijos presentan discontinuidades solo en cajas de escaleras
				C	En el 50% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades
				D	En el 70% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades
B.5	Techumbre	B.5.1	Tipo de sistema estructural	A	Cubierta se compone a partir de losa y cerchas
				B	Cubierta se compone a partir de losa
				C	Cubierta se compone a partir de vigas y cerchas
				D	Cubierta se compone a partir de tijaes y/o par y nudillo
		B.5.2	Peso de la techumbre	A	Techumbre es inhabitable
				B	Techumbre es utilizada como terraza
				C	Techumbre cuenta con entretecho habitable
				D	Se utiliza el entretecho de la techumbre como bodega
		B.5.3	Materialidad/riesgo caída de elementos	A	Se compone a partir de losa, sin riesgo alguno de caída de elementos
				B	Se compone a partir de placas/planchas, con elementos que pueden desprenderse
				C	Cubierta se compone a partir de tejas
				D	Cuenta con elementos en visible estado de riesgo de caída (Como canaletas)
B.6	Estado de conservación	B.6.1	Reparaciones	A	No se realizó reparación estructural alguna, o han sido insignificantes
				B	Se han realizado reparaciones de carácter menor a lo largo de la vida útil de la edificación
				C	Se han realizado reparaciones de carácter mayor a lo largo de la vida útil de la edificación
				D	Edificación ha presentado daños de consideración recurrentemente tras acción sísmica, sin reparación
		B.6.2	Deterioro	A	Edificación no presenta deterioro en su estructura
				B	Edificación presenta deterioro solo en su fachada
				C	Edificación presenta deterioro en parte de su estructura, de carácter mayor en elementos estructurales y/o no estructurales
				D	Edificación presenta deterioro en gran parte de su estructura
C					
C.1	Elementos no estructurales	C.1.1	Tabiques	A	Edificación no presenta tabiques
				B	Edificación cuenta con tabiques macizos (bloques)
				C	Edificación cuenta con tabiques compuestos de entramados de madera y placas
				D	Edificación cuenta con tabiques frágiles, de recubrimiento y/o celosía (bloques de cemento)
C.1.2	Ornamentos	A	Edificación no cuenta con ornamentos (ni interiores ni exteriores)		
		B	Edificación cuenta con ornamentos de bajo relieve en interior y/o exterior		
		C	Edificación cuenta con ornamentos sobresalientes y protuberantes en interior y/o exterior		
		D	Cuenta con numerosos ornamentos que evidencian riesgo de caída en interior y/o exterior		
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	A	Edificio fue diseñado con los parámetros establecidos por actual normativa antisísmica
				B	Edificio fue diseñado bajo alguna de las normas NCh 170 (1952), NCh 429 (1956), NCh 430 (1961), NCh 433 (1972), NCh 1537 (1986)
				C	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1930-1950 (E.T gen para edificios fiscales (1930), Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edif. Fiscal (1930) y/o O.G.U.C de 1936)
				D	Edificio no fue diseñado bajo ninguna normativa antisísmica

CONCLUSIONES BLOQUE B ESCUELA DE MINAS

La diferencia de porcentajes obtenidos entre la evaluación del bloque A con el bloque B recae principalmente en que el bloque B presenta un mayor índice de vulnerabilidad debido a diversos factores relacionados principalmente con su estructura.

Por un lado, al ser un bloque central en cuanto al conjunto, la materialidad de este es muy diversa, considerando que se compone de muros de albañilería confinada y hormigón armado, y que al igual que el bloque A, presenta una combinación de sistemas estructurales, como se observa en el eje C y D, en donde en la interacción de ambos elementos se evidencian agrietamientos de los elementos no estructurales.

De igual manera, sumado a estos factores de la estructura primaria y secundaria que se mencionaron anteriormente, otro aspecto considerable que contribuye al aumento de la vulnerabilidad del caso, como ocurre igualmente en el bloque A, es el ámbito urbano que compone al conjunto. Si bien, al ser una edificación maciza, que posiblemente ante el daño de las edificaciones que lo rodean no sufrirá incidencias de mayor consideración dadas sus dimensiones y materialidad, ante un posible daño en el conjunto este representaría un riesgo inminente para las edificaciones que lo rodean (principalmente conjuntos residenciales), esto dada la proporción de las vías que lo rodean. (Figura 77)



Figura 76: Nivel subterráneo.

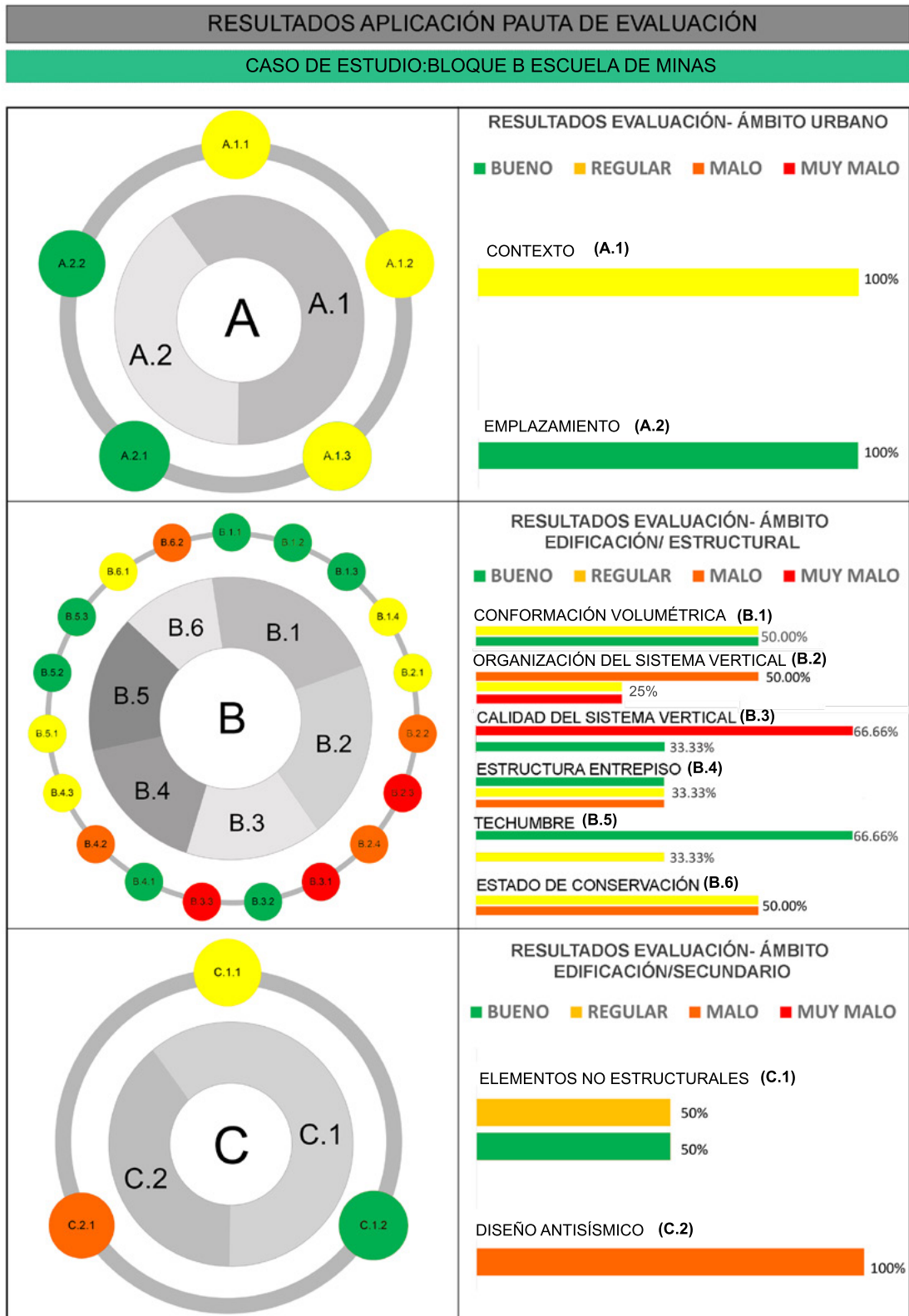


Figura 77: Contexto hacia calle Infante.

Tabla 26: Desglose evaluación

N°	Variable	Puntaje obtenido
A.1	Contexto	0,51
A.2	Emplazamiento	0
B.1	Conformación volumétrica	0,4
B.2	Organización del sistema estructural vertical	7,5
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	5,4
B.4	Estructura de entrepisos	1,26
B.5	Techumbre	0,4
B.6	Estado de conservación	2,5
C.1	Elementos no estructurales	0,5
C.2	Diseño antisísmico	0,75
Puntaje total		19,22
Valor índice		43,68%

Tabla 27: Análisis resultados aplicación evaluación Bloque B Escuela de Minas



C. ESCUELA AGRÍCOLA (1952)

La ex Escuela Agrícola es en la actualidad el Campus Enrique Molina Garmendia de Universidad de la Serena (ULS). Cuenta con una superficie edificada de 6.357 m², y alberga las carreras de Auditoría, Arquitectura, Derecho, Ingeniería Comercial e Ingeniería en Administración de Empresas.

Este establecimiento se encuentra emplazado en la terraza inferior, la cual es también una de las terrazas que presenta peor comportamiento geotécnico, esto debido a que el sector corresponde a la zona de vegas, la cual posee

un mal drenaje y cuyo nivel freático se encuentra próximo a la superficie, factor que podría incidir directamente en la vulnerabilidad que presente el establecimiento. (Díaz, 2014).

Como se observa en la Figura 79, el conjunto original edificado bajo el Plan Serena se planteó a partir de 10 bloques de la A a la J, compuestos por pabellones que cuentan con 1 y 2 pisos, de morfologías en su mayoría rectangulares en planta, los que se organizan a partir de un patio central.

Para esta investigación, se dejarán de lado aquellos pabellones destinados a labores



Figura 78: Escuela Agrícola y su entorno Fuente: Google Maps y Elaboración Propia.

administrativas y espacios de recreación, como el gimnasio y el casino entre otros, ya que este estudio se enfocará principalmente en aquellos bloques en los cuales se concentran las aulas, para lo cual se analizarán principalmente los bloques E, F, G.

Es importante mencionar, que al momento de iniciar esta investigación (1/03/19) la escuela presentaba grandes daños debido al terremoto del 19E, principalmente en su techumbre, elementos verticales no estructurales y estructurales. A lo largo del periodo de investigación (año 2019) se realizaron obras de reparación del campus, principalmente en la techumbre, en la cual se remplazaron las cerchas de madera por cerchas metálicas, obras que al momento de concluir esta investigación (1/2020) aún se encuentran en proceso.

La estructura soportante del edificio, es de categoría B según lo establecido por la OGUC de 1936, conformándose a partir de un sistema de muros de albañilería reforzada de ladrillos de cemento, que contienen cadenas y pilares de hormigón armado.

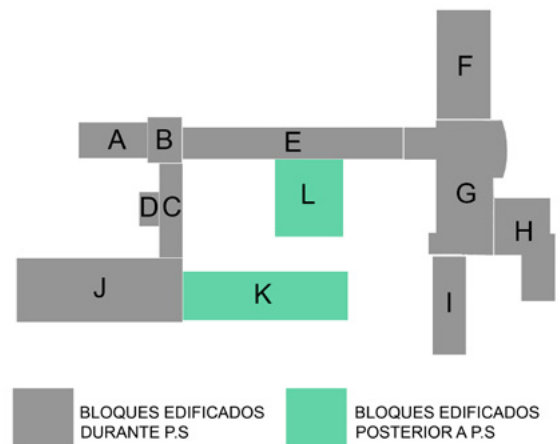


Figura 79: Distribución Pabellones. Elaboración propia.



Figura 80: Planta primer nivel Campus Escuela Agrícola. Elaboración propia.

A. CONTEXTO

El entorno próximo a la ex Escuela Agrícola se encuentra rodeado principalmente de áreas comerciales y residenciales. Al analizar la disposición del establecimiento en el terreno, se puede constatar que este es un conjunto aislado, el cual no cuenta con edificaciones aledañas, a excepción del área norte que colinda con la Universidad Santo Tomás. (Figuras 81 y 84)

Otro aspecto considerable a mencionar, es que si bien ninguno de los casos se encuentra ubicado en zona inundable en caso de tsunami, la ex

Escuela Agrícola si tiene problemas de inundaciones por agua lluvia, dado las condiciones del terreno en el que se emplaza, como se observa en la Figura 93, p136.

Por otra parte, en cuanto a las vías de evacuación, el establecimiento se emplaza en una vía de evacuación establecida por la ONEMI, como lo es la calle Amunátegui, lo que permite que la evacuación desde el recinto en caso de eventos de riesgo sea mayormente expedita. (Figura 82).

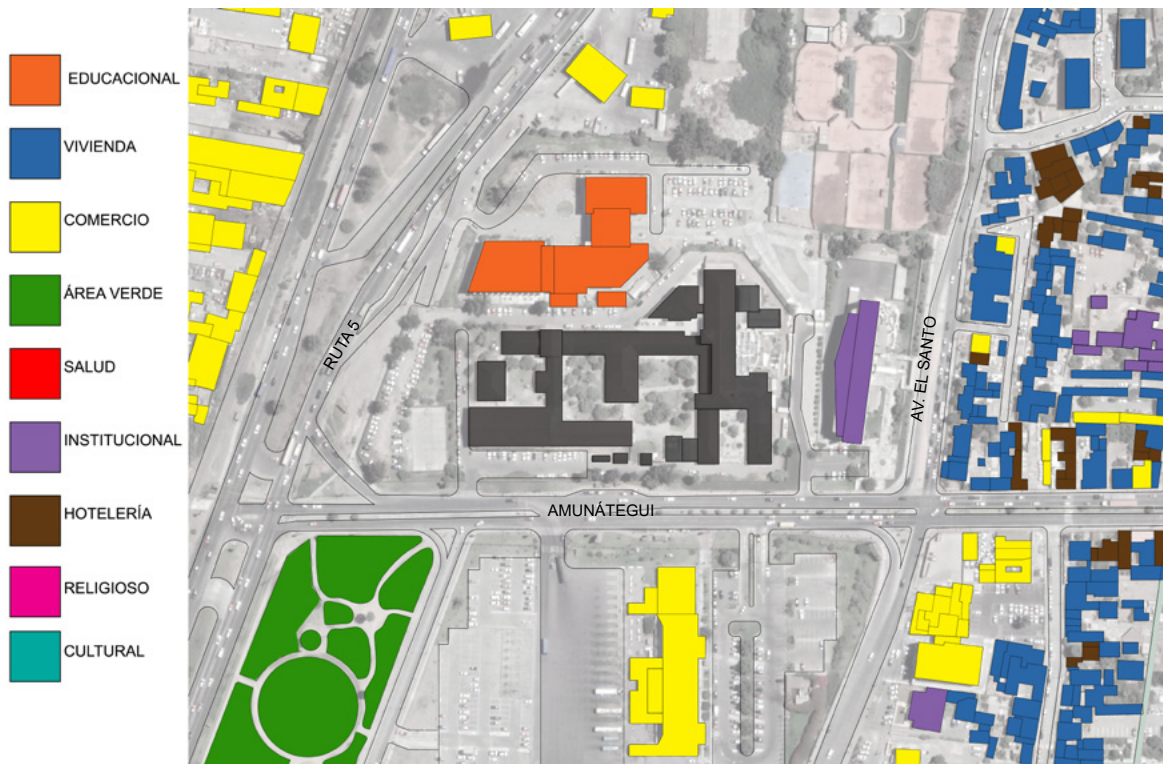
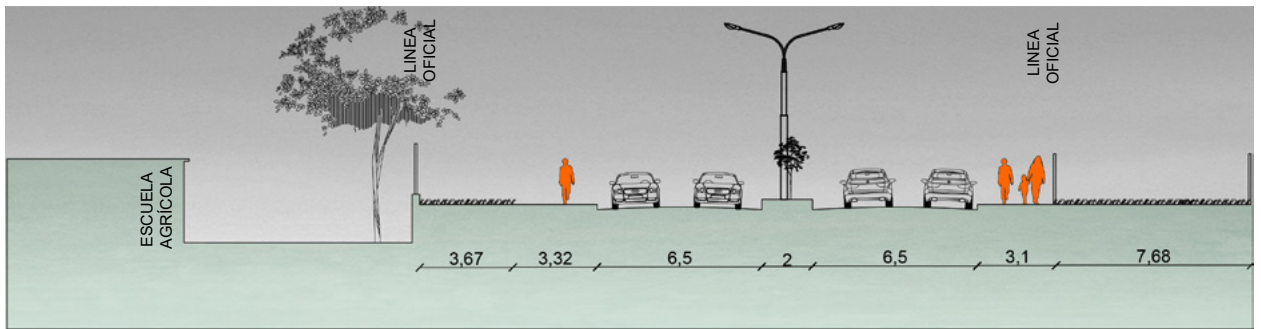


Figura 81: Zonificación entorno próximo Escuela Agrícola. Fuente elaboración propia.



Figura 82: Vías de evacuación Escuela Agrícola. Elaboración propia.



AMUNÁTEGUI

Figura 83: Perfil de calle, Escuela Agrícola.

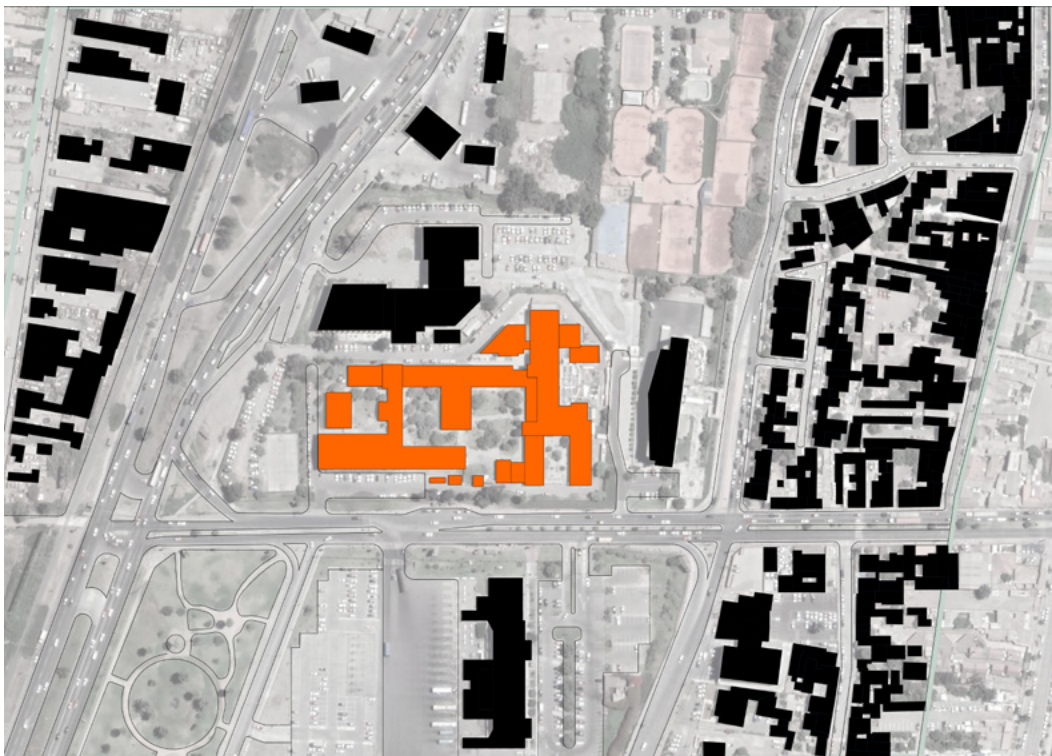


Figura 84: Plano Nolli Escuela Agrícola. Fuente elaboración propia.

B. MORFOLOGÍA/ BLOQUE E

Para facilitar la evaluación y comprensión del análisis, es que este se dividirá y aplicará de manera separada a cada bloque, comenzando con el Bloque E. Este se conforma a partir de un pabellón longitudinal de volumen compacto y sin salientes ni retranqueos, de 63m de largo, el cual contiene 1 solo nivel. Dado su extensión, presenta una junta de dilatación a los 27m y otra en la interacción con el bloque B. (Figura 85 y 86)

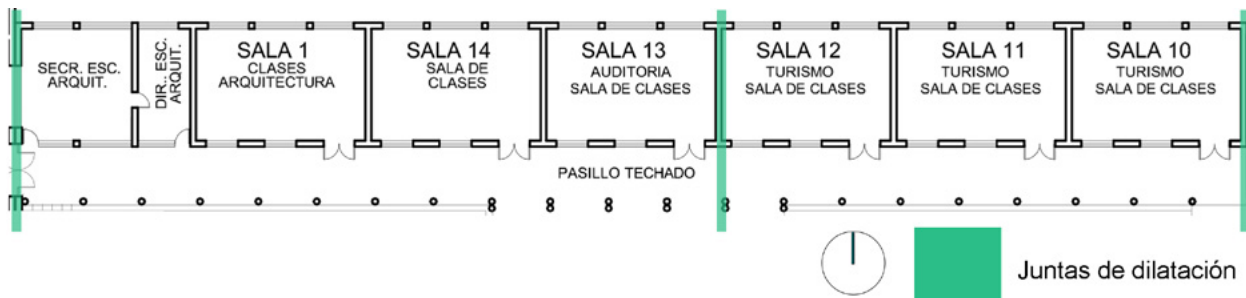


Figura 85: Planta arquitectura bloque E. Fuente elaboración propia.

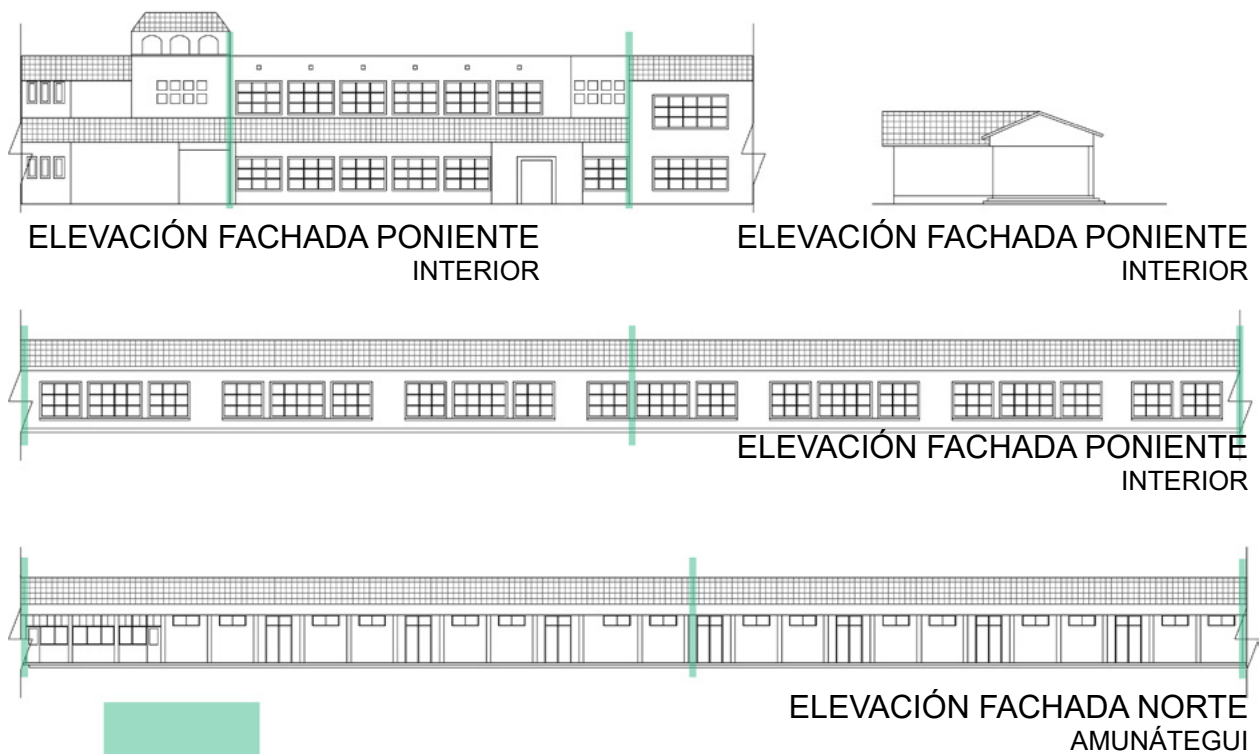


Figura 86: Elevaciones Escuela Agrícola
Fuente elaboración propia.

C. ELEMENTOS VERTICALES

Los elementos verticales se componen en su totalidad de la misma materialidad (Albañilería de bloques de cemento, confinados entre pilares y cadenas de hormigón). En cuanto a la rigidez de sus ejes, hay diversos factores que inciden en que este parámetro no sea similar en todo el bloque. Por un lado, en cuanto a los sistemas empleados, este se encuentra edificado a partir de sistemas mixtos, combinando el sistema de pórticos y de muros. Por otro lado, las aberturas de los ejes transversales son muy diversas, considerando que el eje A se compone únicamente de pilares, por otra parte el eje B, al separar las salas de la circulación posee aberturas de superficies menores, mientras que el eje C posee vanos de mayores superficies. Finalmente, en cuanto a la distribución de sus ejes longitudinales, esta es completamente simétrica, los cuales subdividen el bloque en espacios de 9m. (Figura 87)

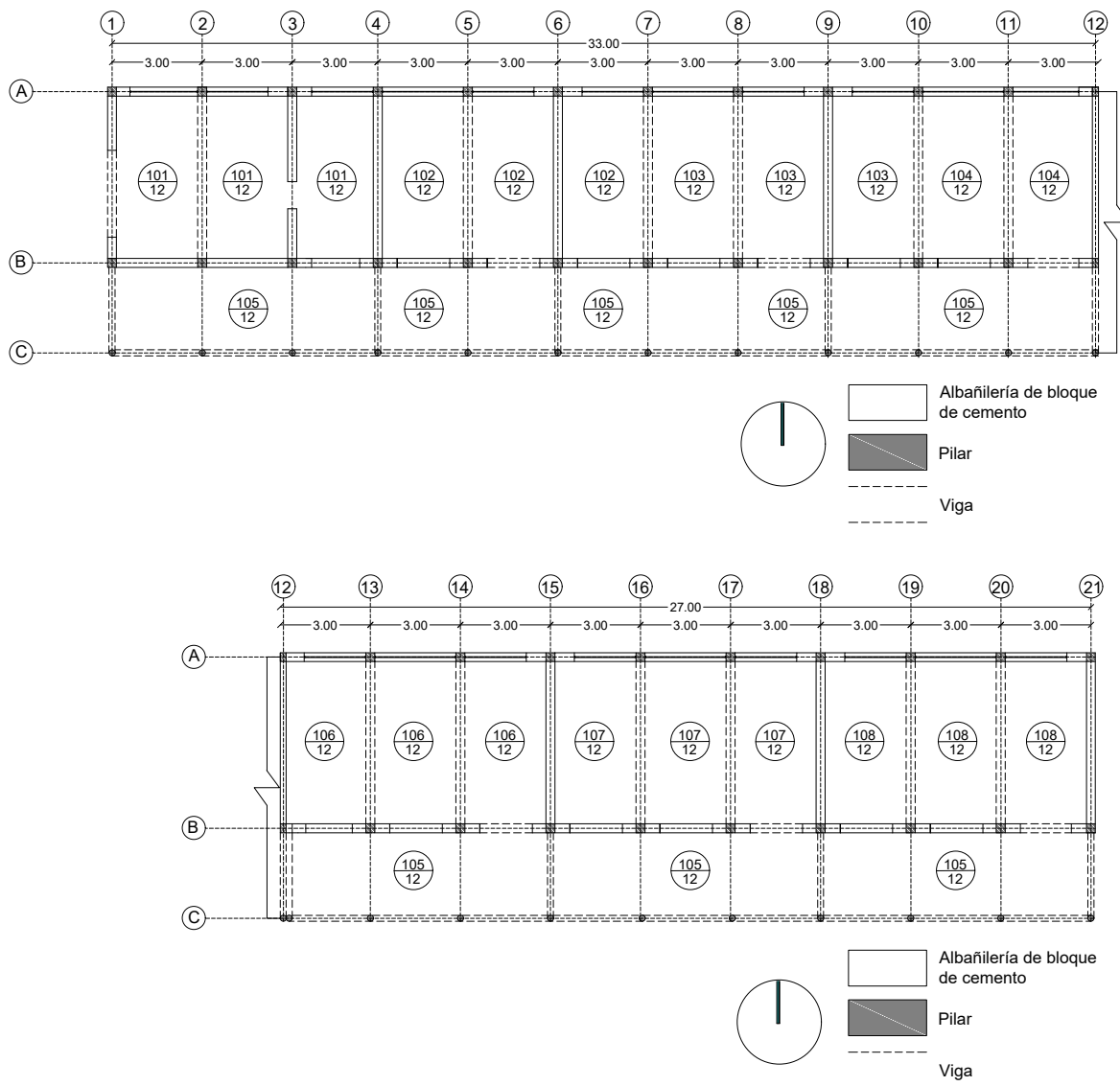


Figura 87: Planta estructura Bloque E.
Fuente elaboración propia.

D. ELEMENTOS HORIZONTALES

La estructura de entrepisos se compone a partir de un piso ventilado, el cual originalmente se compuso a partir de envigados de madera, tanto en las salas como en la circulación exterior. En la actualidad, ambos envigados fueron cambiados en su totalidad por un radier y cubierto con porcelanato al interior de las salas y baldosas en algunas zonas del pasillo.

Es en su circulación que se observan daños de mayores proporciones, dado la existencia de asentamientos diferenciales de aproximadamente 5 centímetros a lo largo del radier del corredor, factor que coincide de igual manera con que esta zona se presenta como la más vulnerable en cuanto a los elementos horizontales del bloque, esto dado su proporción alargada. (Figuras 88 y 89)

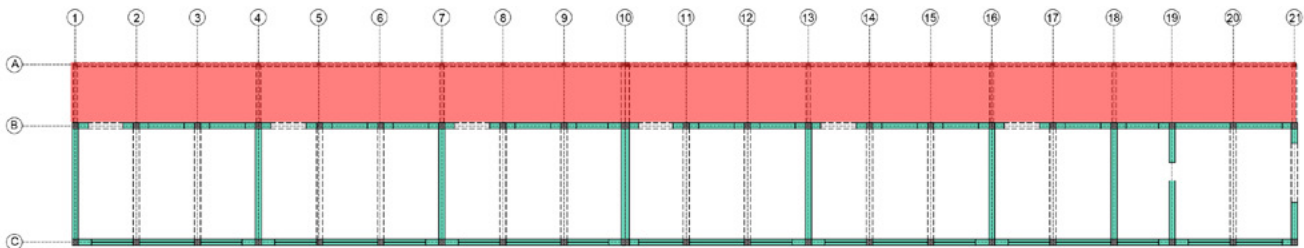


Figura 88: Esquema losas críticas en bloque E, Escuela Agrícola. Fuente Elaboración propia.



Figura 89: Asentamiento observado en terreno en elementos verticales. Fuente Elaboración propia.

OBSERVACIONES BLOQUE E ESCUELA AGRÍCOLA

De manera previa a la aplicación de la pauta de evaluación, se definen las regularidades e irregularidades que presenta el caso de estudio, al igual que los daños contemplados en las visitas a terreno, esto con el objetivo de analizar dichos parámetros y observaciones con los resultados obtenidos luego de aplicar la pauta:

REGULARIDADES:

- Configuración volumétrica sin salientes.
- Juntas sísmicas dispuestas correctamente en cambios que presenta el bloque.
- Pese a volumetría alargada, largo no excede 5 veces su ancho.
- Estructura de misma materialidad en todos sus ejes.

IREGULARIDADES:

- Pabellón alargado.
- Presencia de sistemas mixtos (pórtico-muro).
- Columna corta en ejes B y C.
- Riesgo de licuefacción y asentamiento diferencial.
- Rigidez de elementos verticales dado a diferencia de aberturas en ejes.

DAÑOS OBSERVADOS EN TERRENO:

- Grietas y fisuras en elementos verticales estructurales y no estructurales.
- Pérdida de material en elementos estructurales y no estructurales.
- Asentamiento diferencial en sector de pasillo.
- Deterioro de la estructura por humedad.
- Graves daños tras terremoto 19E, principalmente en la techumbre. Durante el proceso de investigación, se realizó el cambio de toda la techumbre del bloque (Se retiraron cerchas de madera para ser reemplazadas por cerchas metálicas).



Figura 90



Figura 91



Figura 92

Tabla 27: Resultados aplicación evaluación bloque E Escuela Agrícola

Tabla de identificación de clases, según parámetros y subparámetros influyentes en la evaluación de vulnerabilidad sísmica.						
N°	Variable	Sigla	Parámetro	Descripción del parámetro		
A						
URBANO						
A.1	Contexto	A.1.1	Vías de evacuación	A	Múltiples vías de evacuación, de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con bajo flujo	
				B	Vías de evacuación de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con múltiples flujo	
				C	Cuenta con vías de evacuación de malas proporciones, hacia calles perimetrales de alto flujo	
				D	Edificio no cuenta con vías de evacuación expeditas hacia el entorno	
		A.1.2	Distancia entorno próximo	A	Se encuentra aislado y no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
				B	No se encuentra aislado, pero no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
	A.1.3	Zonas seguras de evacuación	C	Se encuentra aislado, pero proporción de vías aledañas pone en riesgo el daño que podría sufrir o causar		
			D	No se encuentra aislado, y podría afectar, o verse afectado por el daño en su entorno		
			A	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación al interior y al exterior del conjunto		
			B	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al interior del conjunto		
	A.2	Emplazamiento	A.2.1	Calidad del suelo	C	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al exterior del conjunto
					D	Edificio no cuenta con espacios seguros de evacuación
A					Se emplaza en terraza intermedia	
B					Se emplaza en terraza superior	
A.2.2			Fundaciones	C	Se emplaza en terraza playa de mar	
				D	Se emplaza en terraza inferior	
B		Conformación volumétrica	B.1.1	Morfología	A	La edificación no presenta asentamientos en su conjunto
					B	La edificación evidencia asentamientos leves en una parte del conjunto
					C	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor en una parte del conjunto
					D	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor en casi todo el conjunto
			B.1.2	Regularidad en elevación	A	Edificación / ESTRUCTURAL
					B	Volumen es regular y no tiene salientes en su conformación
B.1.3	Juntas sísmicas	C	Volumen es regular pero tiene salientes en su conformación			
		D	Volumen es irregular, no posee salientes y su morfología tiene geometrías de H.L,UT			
		A	Volumen es irregular, posee salientes y su morfología tiene geometrías de H.L,U,T			
		B	Altura de edificación es regular en todos sus niveles			
		C	Altura de edificación es regular en el 50% de sus niveles			
		D	Altura es regular en sus niveles, pero evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta			
		A	Altura es irregular en sus niveles y evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta			
		B	Dispuestas en todo cambio de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura, sistema estructural y/o geometría.			
B.1.4	Número de pisos de la edificación	C	Cuenta con juntas de dilatación en gran parte del conjunto, pero carece de ellas en ciertos cambios de la edificación			
		D	El edificio carece en su mayoría de juntas de dilatación en puntos importantes del conjunto			
		A	El edificio no cuenta con juntas de dilatación			
		B	Edificación cuenta con 1 solo piso			
B.2	Organización del sistema estructural vertical	B.2.1	Distancia entre ejes estructurales	C	Edificación cuenta con 2-7 pisos	
				D	Edificación cuenta con 8 pisos	
				A	Edificación cuenta con más de 8 pisos	
				B	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en ambos sentidos	
		B.2.2	Cantidad de ejes estructurales	C	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en un sentido	
				D	Ejes no están repartidos homogéneamente pero son mayormente de la misma materialidad	
				A	Ejes no están repartidos homogéneamente y son de diversas materialidades	
				B	Posee espacios reducidos y múltiples ejes estructurales en ambas direcciones	
		B.2.3	Rigidez de ejes estructurales	C	Espacios de mayor proporción y misma cantidad de ejes estructurales en ambas direcciones	
				D	Posee múltiples ejes que subdividen la edificación en espacios de diversas proporciones	
				A	Ejes estructurales se encuentran muy distanciados y se evidencian grandes espacios	
				B	Ejes transversales y longitudinales no poseen aberturas, tienen misma materialidad y espesores	
		B.2.4	Continuidad de ejes estructurales	C	Ejes transversales o longitudinales poseen misma materialidad, espesores y aberturas	
				D	Ejes transversales o longitudinales poseen un parámetro de igual rigidez (materialidad,espesor,aberturas)	
				A	Ejes son muy diversos en cuanto a su materialidad, espesores y aberturas en ambas direcciones	
				B	Ejes son continuos en todos los niveles de la edificación	
				C	Edificio presenta discontinuidades menores en un solo nivel	
				D	Edificio presenta discontinuidades en la mayoría de sus niveles	

Como se observa en la Tabla 28, el bloque E de la ex Escuela Agrícola obtuvo una ponderación de **44,50%**, lo cual según la tabla de daños propuesta (Tabla 14, pag 64). se ubica en el 3er tramo, lo que refleja que presenta parámetros vulnerables de grado medio que requieren reparaciones pero que no se presentan como un elemento de riesgo inminente para el establecimiento.

B.3	Calidad del sistema estructural vertical	B.3.1	Tipo de sistema estructural	A	La totalidad de la edificación se compone a partir de muros o pórticos	
				B	Edificación se compone mayormente de un solo sistema (muro o pórtico) pero evidencia cambios de sistema en algunas zonas	
				C	Edificación se compone de un sistema en ejes transversales y de otro sistema en longitudinales	
				D	Edificación se compone a partir de sistemas mixtos y combinados en ambos ejes	
		B.3.2	Espesores de muros	A	Espesores en toda la edificación cumplen con valores mínimos establecidos por actual normativa y cuenta con elementos de mayor espesor que lo establecido por la norma.	
				B	Espesores en toda la edificación cumplen con actual normativa	
				C	Cuenta con espesores establecidos por actual normativa y espesores fuera de norma	
				D	Ninguno de los espesores cumple con la actual normativa	
		B.3.3	Homogeneidad de sistemas	A	El edificio es completamente de una sola materialidad	
	B			Sistema vertical es en su mayoría de una materialidad pero contiene elementos de otra materialidad		
	C			Sistema vertical es completamente de una materialidad en un nivel y de otra en sus otros niveles		
	D			Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto		
B.4	Estructura de entresijos	B.4.1	Tipo de sistema estructural	A	El entresijo se compone a partir de un 100% de diafrágramas rígidos	
				B	El entresijo se compone a partir de un 70% de diafrágramas rígidos y un 30% de envigados	
				C	El entresijo se compone a partir de un 70% de envigados y un 30% de diafrágramas rígidos	
				D	El entresijo se compone 100% de envigados	
		B.4.2	Geometría	A	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares	
				B	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares	
	B.4.3	Discontinuidades	C	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares		
			D	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares		
			A	Entresijos no presentan discontinuidades en ninguno de sus niveles		
B.5	Techumbre	B.5.1	Tipo de sistema estructural	B	Entresijos presentan discontinuidades solo en cajas de escaleras	
				C	En el 50% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades	
				D	En el 70% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades	
				A	Cubierta se compone a partir de losa y cerchas	
		B	Cubierta se compone a partir de losa			
		C	Cubierta se compone a partir de vigas y cerchas			
	D	Cubierta se compone a partir de tijerales y/o par y nudillo				
	B.5.2	Peso de la techumbre	A	Techumbre es inhabitable		
			B	Techumbre es utilizada como terraza		
C			Techumbre cuenta con entretecho habitable			
B.5.3	Materialidad/riesgo caída de elementos	D	Se utiliza el entretecho de la techumbre como bodega			
		A	Se compone a partir de losa, sin riesgo alguno de caída de elementos			
		B	Se compone a partir de placas/planchas, con elementos que pueden desprenderse			
B.6	Estado de conservación	B.6.1	Reparaciones	C	Cubierta se compone a partir de tejas	
				D	Cuenta con elementos en visible estado de riesgo de caída (Como canaletas)	
				A	No se realizado reparación estructural alguna, o han sido insignificantes	
				B	Se han realizado reparaciones de carácter menor a lo largo de la vida útil de la edificación	
		B.6.2	Deterioro	C	Se han realizado reparaciones de carácter mayor a lo largo de la vida útil de la edificación	
				D	Edificación ha presentado daños de consideración recurrentemente tras acción sísmica, sin reparación	
	C	Elementos no estructurales	C.1.1	Tabiques	A	Edificación no presenta deterioro en su estructura
					B	Edificación presenta deterioro en su fachada
					C	Edificación presenta deterioro solo en su fachada
			C.1.2	Ornamentos	D	Edificación presenta deterioro en parte de su estructura, de carácter mayor en elementos estructurales y/o no estructurales
					A	Edificación no presenta deterioro en su estructura
					B	Edificación presenta deterioro en gran parte de su estructura
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	EDIFICACIÓN / SECUNDARIO		
				A	Edificación no presenta tabiques	
				B	Edificación cuenta con tabiques macizos (bloques)	
				C	Edificación cuenta con tabiques compuestos de entramados de madera y placas	
		C.2.1	Uso de normativa antisísmica	D	Edificación cuenta con tabiques frágiles, de recubrimiento y/o celosía (bloques de cemento)	
				A	Edificación no cuenta con ornamentos (ni interiores ni exteriores)	
				B	Edificación cuenta con ornamentos de bajo relieve en interior y/o exterior	
				C	Edificación cuenta con ornamentos sobresalientes y protuberantes en interior y/o exterior	
				D	Cuenta con numerosos ornamentos que evidencian riesgo de caída en interior y/o exterior	
C.2.1	Uso de normativa antisísmica	A	Edificio fue diseñado con los parámetros establecidos por actual normativa antisísmica			
		B	Edificio fue diseñado bajo alguna de las normas NCh 170 (1952), NCh 429 (1955), NCh 430 (1961), NCh433 (1972), NCh 1537 (1986)			
		C	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1930-1950 (E.T gen para edificios fiscales (1930), Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edif. Fiscal (1930) y/o O.G.U.C de 1936)			
		D	Edificio no fue diseñado bajo ninguna normativa antisísmica			

CONCLUSIONES BLOQUE E ESCUELA AGRÍCOLA

A pesar de que el bloque E de la ex Escuela Agrícola es el único caso que cuenta con un solo nivel, este presenta un alto índice de vulnerabilidad, esto se debe principalmente a la evidencia de asentamientos en la circulación del conjunto y al deterioro de la estructura. Si bien, como se mencionó, durante el proceso de investigación se realizaron obras para reparar los daños sufridos tras el terremoto del 19E, estas se centraron únicamente en la techumbre del bloque (reemplazo de cerchas de madera por cerchas metálicas, reparación de cielo falso) por lo cual los daños en la circulación, tanto a nivel de elementos horizontales como verticales (Figuras 89,90,91) y el deterioro en la fachada debido a la humedad existente son daños que permanecen en el bloque en la actualidad y aumentan considerablemente el índice de vulnerabilidad que presenta el caso.

De igual manera, y como ocurre en casos anteriormente analizados, la combinación de sistemas estructurales es un factor que incide en las posibles fallas que pueda presentar el caso, dado la diferencia de rigidez que presentan ambos sistemas. Por otra parte, si bien el bloque es homogéneo en cuanto a la materialidad que lo compone (albañilería confinada) otro factor crítico a considerar es la diferencia de rigidez en sus ejes transversales dado las diversas proporciones que presentan las aberturas existentes en cada eje. Finalmente, otro aspecto crítico del caso en estudio es el ámbito urbano,

que si bien no cuenta con aspectos críticos en la variable de contexto, este si es altamente vulnerable en la variable de emplazamiento, dado a que junto al bloque G, se ubican en la terraza que presenta peores condiciones geotécnicas, lo cual se evidencia en los daños que presenta la estructura. Esto se refleja de igual manera en el hecho de que la ex Escuela Agrícola, fue también uno de los campus universitarios de la ULS que presentó mayores daños tras el terremoto del 19E.



Figura 93: : Inundación Campus EMG, tras temporal 11 de Junio 2014. Fuente diario web elobserva todo.cl

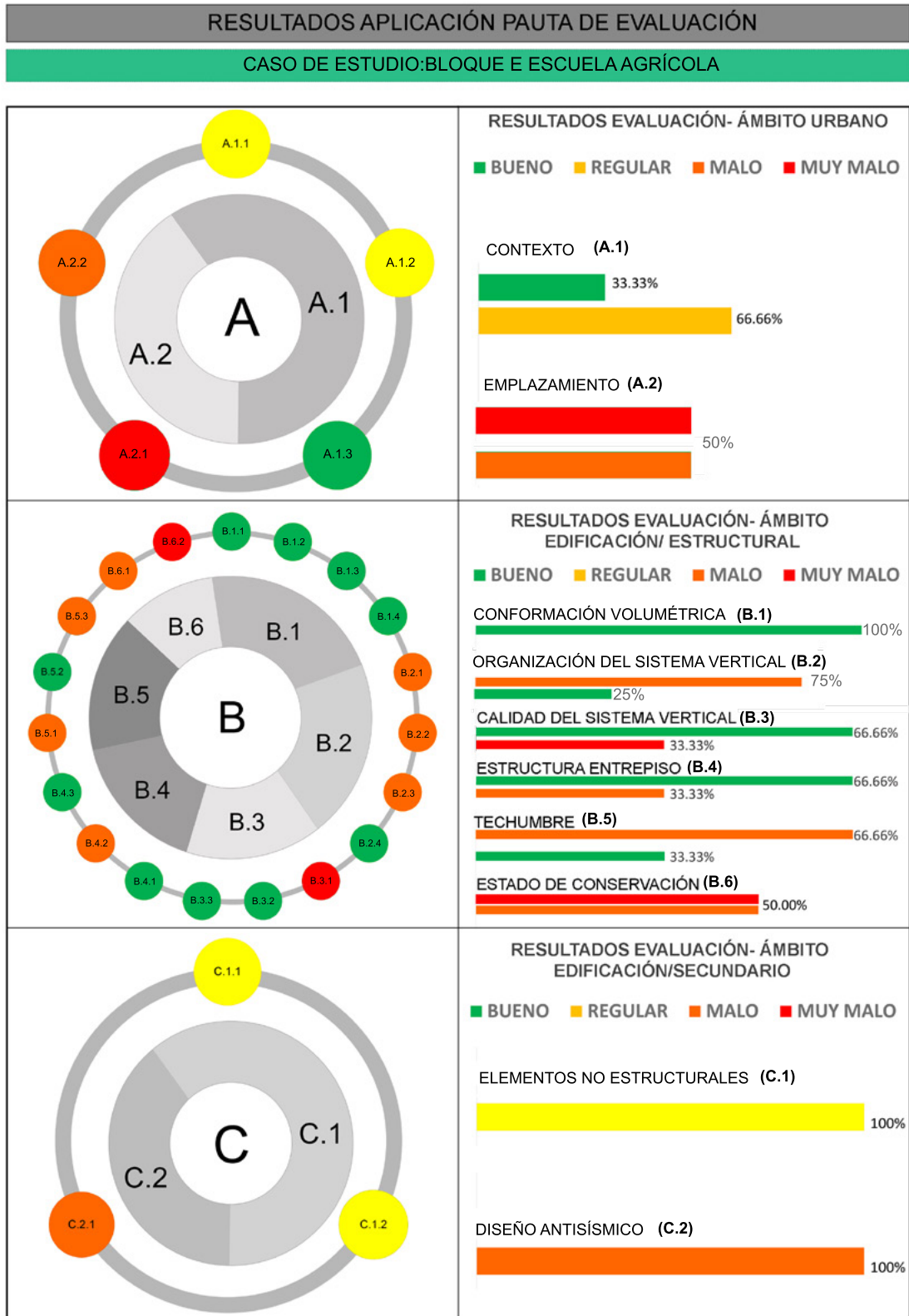


Figura 94

Tabla 28: Desglose evaluación

N°	Variable	Puntaje obtenido
A.1	Contexto	0,34
A.2	Emplazamiento	2,75
B.1	Conformación volumétrica	0
B.2	Organización del sistema estructural vertical	6
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	2,7
B.4	Estructura de entresijos	0,84
B.5	Techumbre	1,2
B.6	Estado de conservación	4
C.1	Elementos no estructurales	1
C.2	Diseño antisísmico	0,75
Puntaje total		19,58
Valor Índice		44,50%

Tabla 29: Análisis resultados aplicación evaluación Bloque E Escuela Agrícola



B. MORFOLOGÍA / BLOQUE G

De igual manera, se decide evaluar el bloque G, esto a pesar de que en la actualidad el bloque se encuentra destinado a labores administrativas, debido principalmente a que se encuentra situado junto a bloque H (que alberga las salas de clases) y porque es el único bloque de la ex escuela agrícola que cuenta con dos pisos, y dado las malas condiciones del terreno, es importante analizar si esta variación de altura, en comparación con el bloque E, genera algún cambio en el índice de vulnerabilidad obtenido.

El bloque E se conforma a partir de un pabellón de volumetría irregular de 2 niveles, y presenta juntas de dilatación en su interacción con los bloques E, F, H e I. Solo en la junta existente en la unión con el bloque F esta se encuentra obstruida debido a la existencia de una puerta para separar la zona administrativa con las salas de clases. (Figura 95)

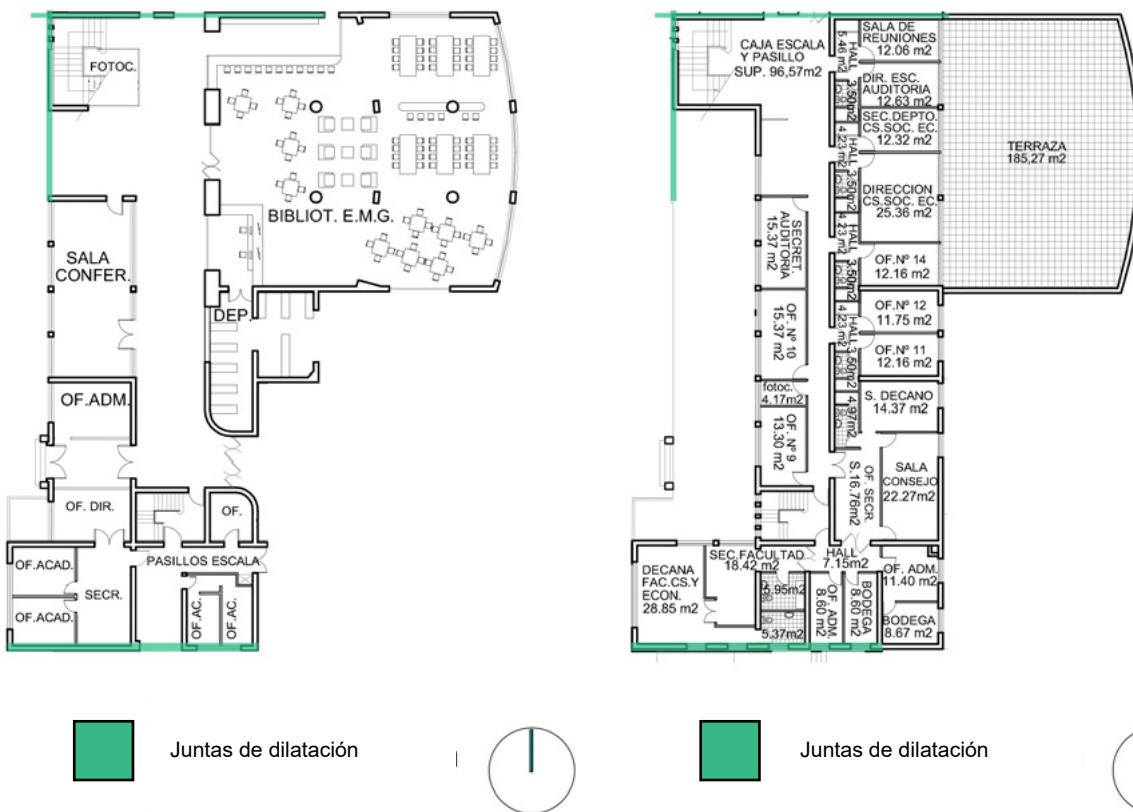
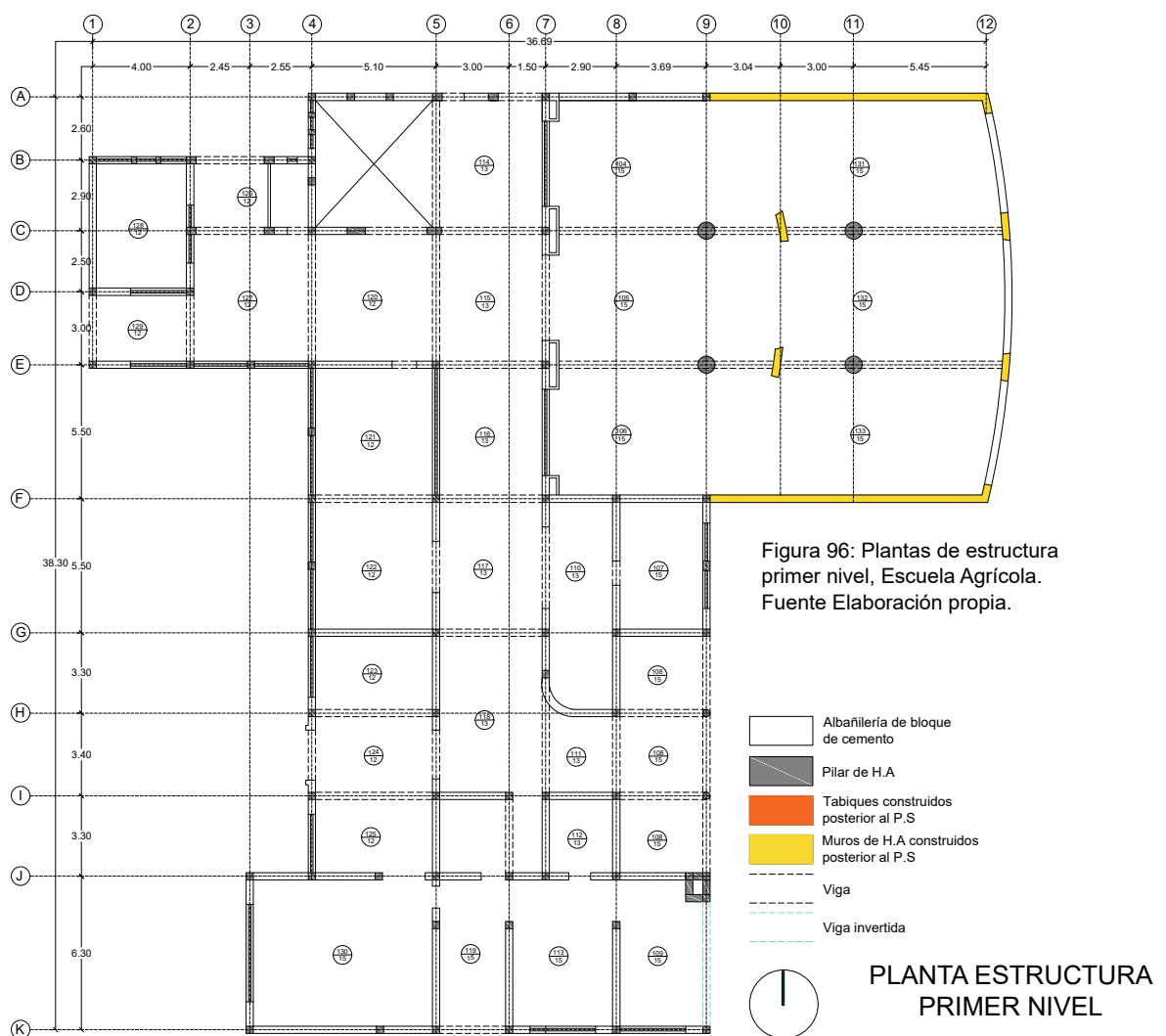


Figura 95: Plantas de arquitectura primer y segundo nivel, Escuela Agrícola. Fuente Elaboración propia.

C. ELEMENTOS VERTICALES / BLOQUE G

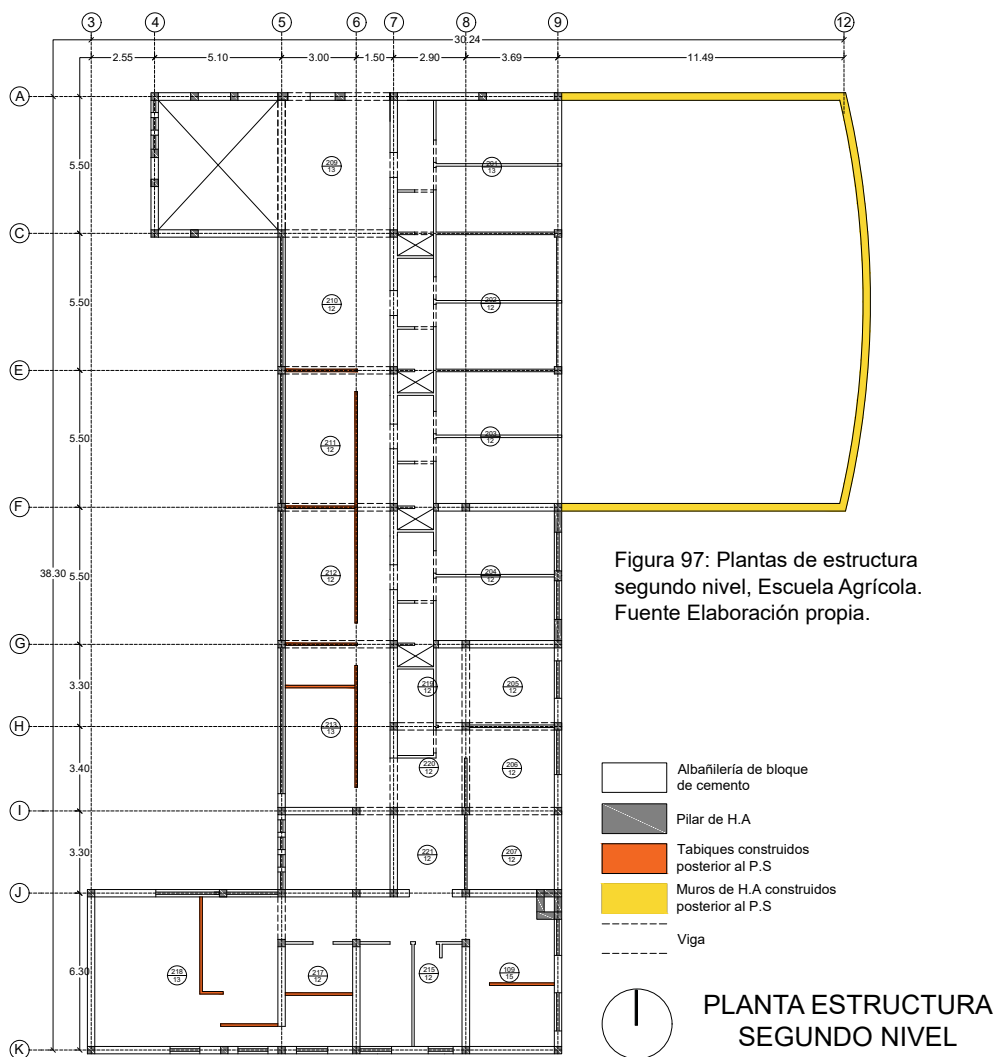
A diferencia del bloque E, en la actualidad el bloque G presenta transformaciones en su estructura original, como se puede ver en la Figura X. Es en los ejes A y F que se observa una irregularidad debido a la diferencia de sistemas constructivos, dado que la ampliación fue realizada en hormigón armado. (Estructura original de albañilería de bloques de cemento, confinados entre pilares y cadenas de hormigón). De igual manera, podrían existir posibles alteraciones de la rigidez del bloque debido a la combinación de sistemas constructivos, dada la interacción de sistemas de pórticos y muros. Sumado a esto, se observan constantes diferencias de aberturas entre ejes que podrían incidir igualmente.



En cuanto a la continuidad de sus ejes, existen irregularidades en el bloque dado que ambos niveles no son simétricos. Es este mismo retranqueo que genera una discontinuidad vertical del eje 5, dado a la diferencia de aberturas que posee el eje entre ambos niveles. De igual manera, este eje contiene un peso extra dado que en la techumbre este eje se extiende con un muro para aumentar la altura de la cubierta. Es en este eje que tras el terremoto, se evidenciaron daños en esta extensión (Figura 102,p144) , considerando que no cuenta con elementos verticales transversales para contrarrestar los empujes, más que el apoyo de las cerchas que componen la techumbre. (Figura 96 y 97)

D. ELEMENTOS HORIZONTALES / BLOQUE G

Estos se componen a partir de diafragmas rígidos en ambos niveles, en los cuales, no se evidencian irregularidades ya que no exceden las proporciones óptimas ni presentan discontinuidades mayores más que su ausencia en las cajas de escalera.



OBSERVACIONES BLOQUE G ESCUELA AGRÍCOLA

De manera previa a la aplicación de la pauta de evaluación, se definen las regularidades e irregularidades que presenta el caso de estudio, al igual que los daños contemplados en las visitas a terreno, esto con el objetivo de analizar dichos parámetros y observaciones con los resultados obtenidos luego de aplicar la pauta:

REGULARIDADES:

- Juntas sísmicas dispuestas correctamente en cambios que presenta el bloque.
- Estructura horizontal compuesta por diafragmas rígidos que no presentan mayores irregularidades en sus dos niveles.
- Espesores constantes en sus 2 niveles.

IREGULARIDADES:

- Conformación volumétrica
- Discontinuidad vertical.
- Presencia de sistemas mixtos (pórtico-muro).
- Riesgo de licuefacción y asentamiento diferencial.
- Rigidez de elementos verticales dado a diferencia de aberturas en ejes.
- Juntas de dilatación tapadas con elementos externos. (Figura 100)

DAÑOS OBSERVADOS EN TERRENO:

- Fisuras en elementos no estructurales.
- Perdida de material en elementos estructurales y no estructurales.
- Graves daños tras terremoto 19E, principalmente en la techumbre. Durante el proceso de investigación, se realizó el cambio de toda la techumbre del bloque (Se retiraron cerchas de madera para ser reemplazadas por cerchas metálicas). (Figura 98)



Figura 98



Figura 99



Figura 100

Tabla 30: Resultados aplicación evaluación bloque G Escuela Agrícola

Tabla de identificación de clases, según parámetros y subparámetros influyentes en la evaluación de vulnerabilidad sísmica.						
N°	Variable	Sigla	Parámetro	Descripción del parámetro		
A						
URBANO						
A.1	Contexto	A.1.1	Vías de evacuación	A	Múltiples vías de evacuación, de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con bajo flujo	
				B	Vías de evacuación de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con múltiples flujo	
				C	Cuenta con vías de evacuación de malas proporciones, hacia calles perimetrales de alto flujo	
				D	Edificio no cuenta con vías de evacuación expeditas hacia el entorno	
		A.1.2	Distancia entorno próximo	A	Se encuentra aislado y no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
				B	No se encuentra aislado, pero no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
	A.1.3	Zonas seguras de evacuación	C	Se encuentra aislado, pero proporción de vías aledañas pone en riesgo el daño que podría sufrir o causar		
			D	No se encuentra aislado, y podría afectar, o verse afectado por el daño en su entorno		
			A	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación al interior y al exterior del conjunto		
			B	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al interior del conjunto		
	A.2	Emplazamiento	A.2.1	Calidad del suelo	C	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al exterior del conjunto
					D	Edificio no cuenta con espacios seguros de evacuación
A					Se emplaza en terraza intermedia	
B					Se emplaza en terraza superior	
A.2.2			Fundaciones	C	Se emplaza en terraza playa de mar	
				D	Se emplaza en terraza inferior	
B						
EDIFICACIÓN / ESTRUCTURAL						
B.1		Conformación volumétrica	B.1.1	Morfología	A	Volumen es regular y no tiene salientes en su conformación
					B	Volumen es regular pero tiene salientes en su conformación
					C	Volumen es irregular, no posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,UT
					D	Volumen es irregular, posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T
	B.1.2		Regularidad en elevación	A	Altura de edificación es regular en todos sus niveles	
				B	Altura de edificación es regular en el 50% de sus niveles	
				C	Altura es regular en sus niveles, pero evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta	
				D	Altura es irregular en sus niveles y evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta	
	B.1.3	Juntas sísmicas	A	Dispuestas en todo cambio de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura, sistema estructural y/o geometría.		
			B	Cuenta con juntas de dilatación en gran parte del conjunto, pero carece de ellas en ciertos cambios de la edificación		
			C	El edificio carece en su mayoría de juntas de dilatación en puntos importantes del conjunto		
			D	El edificio no cuenta con juntas de dilatación		
	B.1.4	Número de pisos de la edificación	A	Edificación cuenta con 1 solo piso		
			B	Edificación cuenta con 2-7 pisos		
			C	Edificación cuenta con 8 pisos		
			D	Edificación cuenta con más de 8 pisos		
B.2	Organización del sistema estructural vertical	B.2.1	Distancia entre ejes estructurales	A	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en ambos sentidos	
				B	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en un sentido	
				C	Ejes no están repartidos homogéneamente pero son mayormente de la misma materialidad	
				D	Ejes no están repartidos homogéneamente y son de diversas materialidades	
		B.2.2	Cantidad de ejes estructurales	A	Posee espacios reducidos y múltiples ejes estructurales en ambas direcciones	
				B	Espacios de mayor proporción y misma cantidad de ejes estructurales en ambas direcciones	
				C	Posee múltiples ejes que subdividen la edificación en espacios de diversas proporciones	
				D	Ejes estructurales se encuentran muy distanciados y se evidencian grandes espacios	
	B.2.3	Rigidez de ejes estructurales	A	Ejes transversales y longitudinales no poseen aberturas, tienen misma materialidad y espesores		
			B	Ejes transversales o longitudinales poseen misma materialidad, espesores y aberturas		
			C	Ejes transversales o longitudinales poseen un parámetro de igual rigidez (materialidad,espesor,aberturas)		
			D	Ejes son muy diversos en cuanto a su materialidad, espesores y aberturas en ambas direcciones		
	B.2.4	Continuidad de ejes estructurales	A	Ejes son continuos en todos los niveles de la edificación		
			B	Edificio presenta discontinuidades menores en un solo nivel		
			C	Edificio presenta discontinuidades mayores en uno o dos niveles		
			D	Edificio presenta discontinuidades en la mayoría de sus niveles		

Como se observa en la Tabla 31, el bloque G de la ex Escuela Agrícola obtuvo una ponderación de **44,45%**, lo cual según la tabla de daños propuesta (Tabla 14, pag 64). se ubica en el 3er tramo, lo que refleja que presenta parámetros vulnerables de grado medio que requieren reparaciones pero que no se presentan como un elemento de riesgo inminente para el establecimiento.

B.3	Calidad del sistema estructural vertical	B.3.1	Tipo de sistema estructural	A	La totalidad de la edificación se compone a partir de muros o pórticos			
				B	Edificación se compone mayormente de un solo sistema (muro o pórtico) pero evidencia cambios de sistema en algunas zonas			
				C	Edificación se compone de un sistema en ejes transversales y de otro sistema en longitudinales			
				D	Edificación se compone a partir de sistemas mixtos y combinados en ambos ejes			
		B.3.2	Espesores de muros	A	Espesores en toda la edificación cumplen con valores mínimos establecidos por actual normativa y cuenta con elementos de mayor espesor que lo establecido por la norma.			
				B	Espesores en toda la edificación cumplen con actual normativa			
	B.3.3	Homogeneidad de sistemas	A	El edificio es completamente de una sola materialidad	C	Cuenta con espesores establecidos por actual normativa y espesores fuera de norma		
					D	Ninguno de los espesores cumple con la actual normativa		
			B	Sistema vertical es en su mayoría de una materialidad pero contiene elementos de otra materialidad	C	Sistema vertical es completamente de una materialidad en un nivel y de otra en sus otros niveles		
					D	Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto		
			A	El entrepiso se compone a partir de un 100% de diafrágramas rígidos	B	El entrepiso se compone a partir de un 70% de diafrágramas rígidos y un 30% de envidados		
					C	El entrepiso se compone a partir de un 70% de envidados y un 30% de diafrágramas rígidos		
B.4	Estructura de entresijos	B.4.1	Tipo de sistema estructural	D	El entrepiso se compone 100% de envidados			
				A	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares			
				B	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares			
				C	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares			
		B.4.2	Geometría	D	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares			
				A	Entresijos no presentan discontinuidades en ninguno de sus niveles			
	B.4.3	Discontinuidades	B	Entresijos presentan discontinuidades solo en cajas de escaleras				
			C	En el 50% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades				
	B.5	Techumbre	B.5.1	Tipo de sistema estructural	D	En el 70% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades		
					A	Cubierta se compone a partir de losa y cerchas		
					B	Cubierta se compone a partir de losa		
					C	Cubierta se compone a partir de vigas y cerchas		
B.5.2			Peso de la techumbre	D	Cubierta se compone a partir de tijaes y/o par y nudillo			
				A	Techumbre es inhabitable			
B.5.3		Materialidad/riesgo caída de elementos	B	Techumbre es utilizada como terraza				
			C	Techumbre cuenta con entretecho habitable				
B.6		Estado de conservación	B.6.1	Reparaciones	D	Se utiliza el entretecho de la techumbre como bodega		
					A	Se compone a partir de losa, sin riesgo alguno de caída de elementos		
					B	Se compone a partir de placas/planchas, con elementos que pueden desprenderse		
					C	Cubierta se compone a partir de tejas		
	B.6.2		Deterioro	D	Cuenta con elementos en visible estado de riesgo de caída (Como canaletas)			
				A	No se realizó reparación estructural alguna, o han sido insignificantes			
	C	Elementos no estructurales	C.1.1	Tabiques	B	Se han realizado reparaciones de carácter menor a lo largo de la vida útil de la edificación		
					C	Se han realizado reparaciones de carácter mayor a lo largo de la vida útil de la edificación		
					D	Edificación ha presentado daños de consideración recurrentemente tras acción sísmica, sin reparación		
					A	Edificación no presenta deterioro en su estructura		
			C.1.2	Ornamentos	B	Edificación presenta deterioro solo en su fachada		
					C	Edificación presenta deterioro en parte de su estructura, de carácter mayor en elementos estructurales y/o no estructurales		
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	D	Edificación presenta deterioro en gran parte de su estructura			
				EDIFICACIÓN / SECUNDARIO				
				A	Edificación no presenta tabiques			
				B	Edificación cuenta con tabiques macizos (bloques)			
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	C	Edificación cuenta con tabiques compuestos de entramados de madera y placas			
				D	Edificación cuenta con tabiques frágiles, de recubrimiento y/o celosía (bloques de cemento)			
				A	Edificación no cuenta con ornamentos (ni interiores ni exteriores)			
				B	Edificación cuenta con ornamentos de bajo relieve en interior y/o exterior			
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	C	Edificación cuenta con ornamentos sobresalientes y protuberantes en interior y/o exterior			
				D	Cuenta con numerosos ornamentos que evidencian riesgo de caída en interior y/o exterior			
				A	Edificio fue diseñado con los parámetros establecidos por actual normativa antisísmica			
				B	Edificio fue diseñado bajo alguna de las normas NCh 170 (1952), NCh 429 (1956), NCh 430 (1961), NCh 433 (1972), NCh 1537 (1986)			
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	C	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1930-1950 (E.T gen para edificios fiscales (1930), Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edif. Fiscal (1930) y/o O.G.U.C de 1936)			
				D	Edificio no fue diseñado bajo ninguna normativa antisísmica			

CONCLUSIONES BLOQUE G ESCUELA AGRÍCOLA

En cuanto a los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la evaluación, se desprende que si bien esta obtuvo un índice similar a la evaluación del bloque E, al analizar la Tabla 31, se observa que estas cuentan con parámetros que los diferencian unos de otros. Por una parte, en cuanto al ámbito urbano, estas cuentan con los mismos parámetros considerando que se emplazan en el mismo lugar, diferenciándose únicamente en que el bloque G no presenta asentamientos en su conjunto, lo cual disminuye considerablemente el valor obtenido.

De igual manera, si comparamos ambas Tablas 26,p136 y Tabla 31, se observa que la principal diferencia se encuentra en el ámbito estructural. Entre ellos, parámetros relacionados a la volumetría con la que cuenta el bloque G, el cual dada la irregularidad que presentan sus plantas, tanto en el primer como en el segundo nivel, este es propenso a efectos torsionales dada la distribución de los elementos rígidos. También, a diferencia del bloque E, este presenta una irregularidad en elevación dado el retroceso que se evidencia en la estructura en el eje 4.

Finalmente, estos comparten parámetros igualmente vulnerables, lo que evidencia la similitud de porcentajes obtenidos. Entre ellos la combinación de sistemas estructurales y la diferencia de rigidez que presentan los ejes dadas las aberturas existentes. Otro parámetro similar, considerando que ambas se emplazan en el mismo campus es el potencial riesgo de licuefacción y asentamiento diferencial dadas las malas condiciones geotécnicas del terreno.



Figura 101

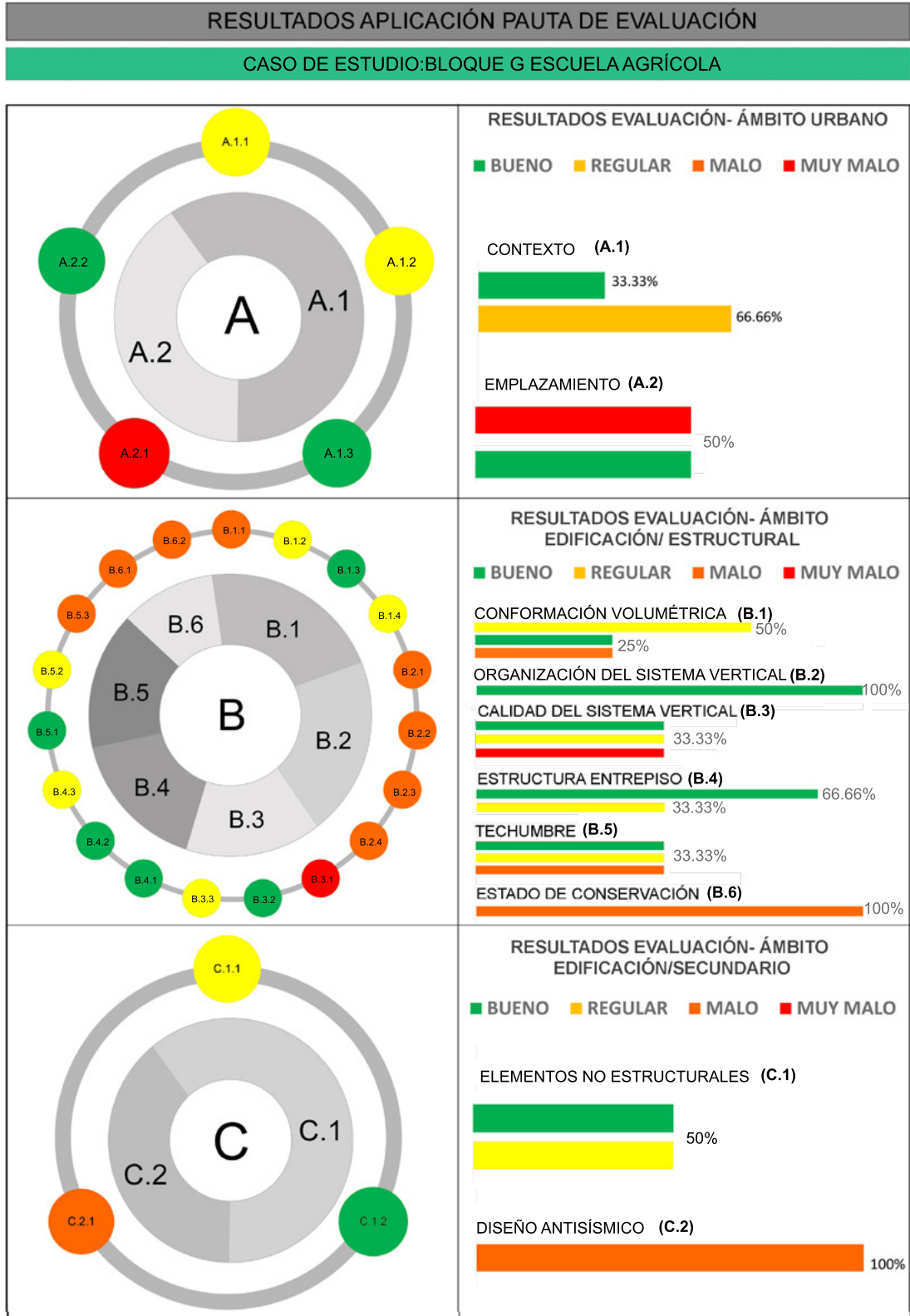


Figura 102

Tabla 31: Desglose evaluación

N°	Variable	Puntaje obtenido
A.1	Contexto	0,34
A.2	Emplazamiento	2,75
B.1	Conformación volumétrica	0
B.2	Organización del sistema estructural vertical	6
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	2,7
B.4	Estructura de entresijos	0,84
B.5	Techumbre	1,2
B.6	Estado de conservación	4
C.1	Elementos no estructurales	1
C.2	Diseño antisísmico	0,75
Puntaje total		19,58
Valor índice		44,50%

Tabla 32: Análisis resultados aplicación evaluación Bloque G Escuela Agrícola



D. LICEO DE NIÑAS (1946)

Conocido como Liceo de Niñas durante la implementación del Plan Serena, actualmente es conocido como Liceo de niñas Gabriela Mistral. Sus dependencias originales, ocupaban la manzana en su totalidad, y contaban con espacios destinados para el internado, un teatro, casa para el director, etc. Instalaciones que posteriormente fueron cedidos a distintas instituciones, entre ellas los pabellones que albergaban parte del internado, los cuales en la actualidad son utilizados por servicios de Junaeb, y la casa del director es ocupada por la Corporación Gabriel González Videla. De igual

manera, el teatro del establecimiento, es en la actualidad es el teatro municipal de la ciudad. Este establecimiento se encuentra emplazado en la terraza intermedia, zona que posee buenas propiedades geotécnicas. (Díaz,2014)

Como se puede observar en la Figura 104, el conjunto se organiza a partir de 11 bloques de la A a la K, los cuales se componen a partir de pabellones de diversas morfologías, en su mayoría de 3 pisos y se encuentran organizados a partir de tres patios centrales. Las aulas se ubican en los bloques B, E, F y H, distribuidas en



Figura 103: Liceo de Niñas y su entorno Fuente: Google Maps y Elaboración Propia.

los 3 pisos del conjunto, presentando 6 tipologías en cuanto a su distribución espacial interior.

Para esta investigación, se analizará únicamente el **bloque F**, esto debido a la documentación estructural disponible y que, al comparar los 4 bloques anteriormente mencionados, este presenta la volumetría de mayor irregularidad dado su geometría en L, lo que hace pensar que podría ser el bloque más crítico entre los anteriormente mencionados.



Figura 104: Distribución pabellones. Elaboración propia.

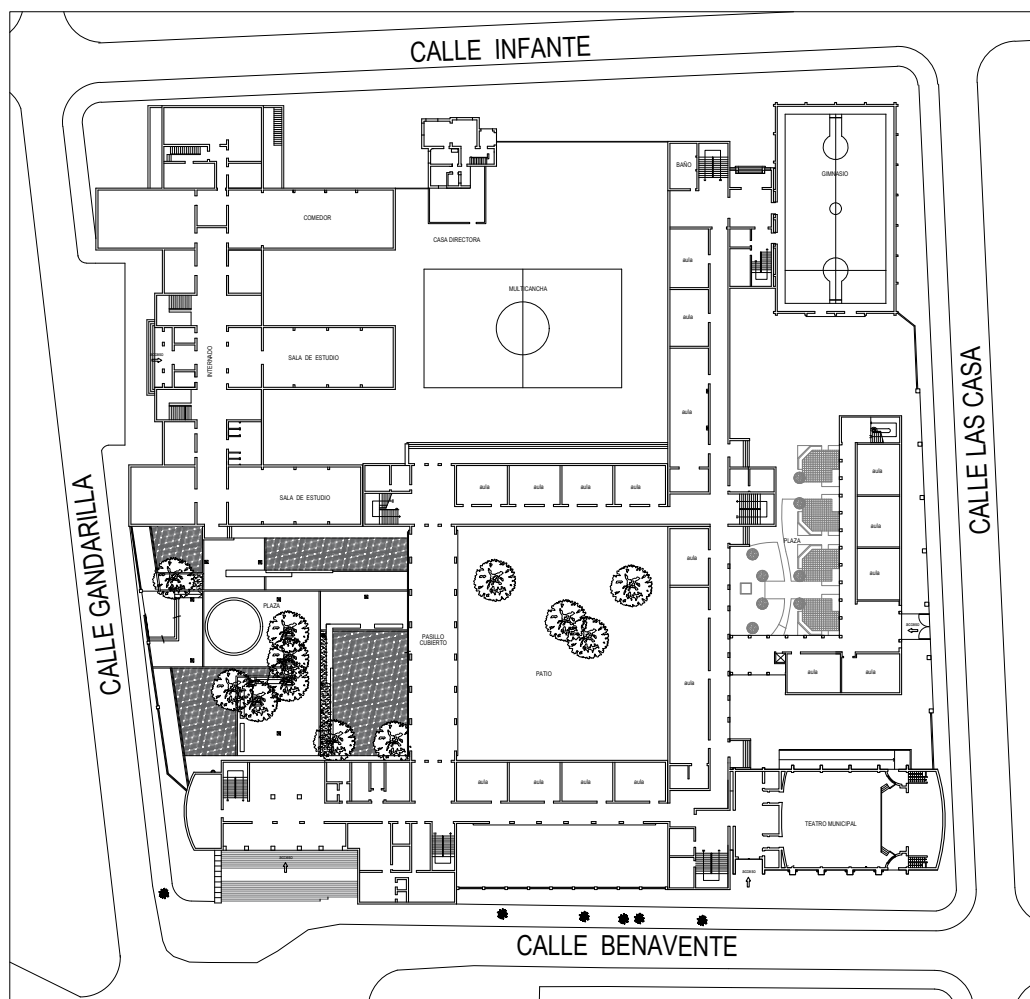
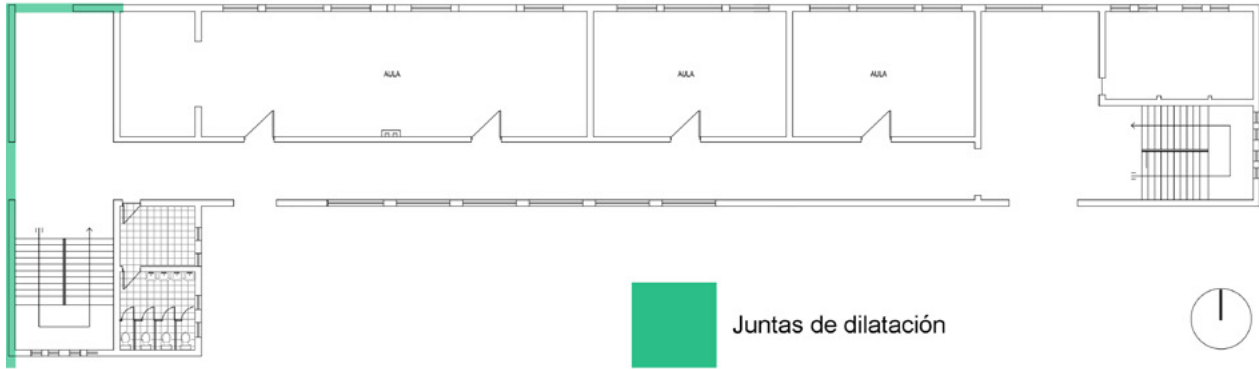
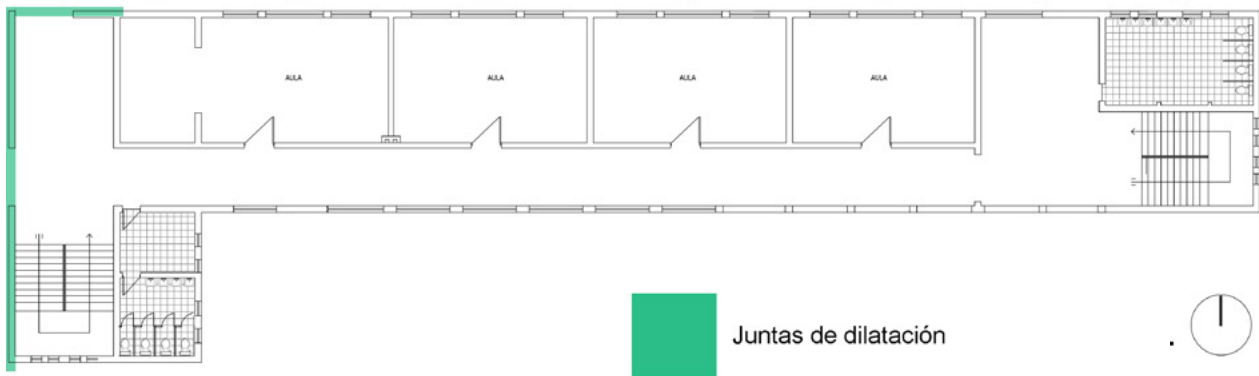


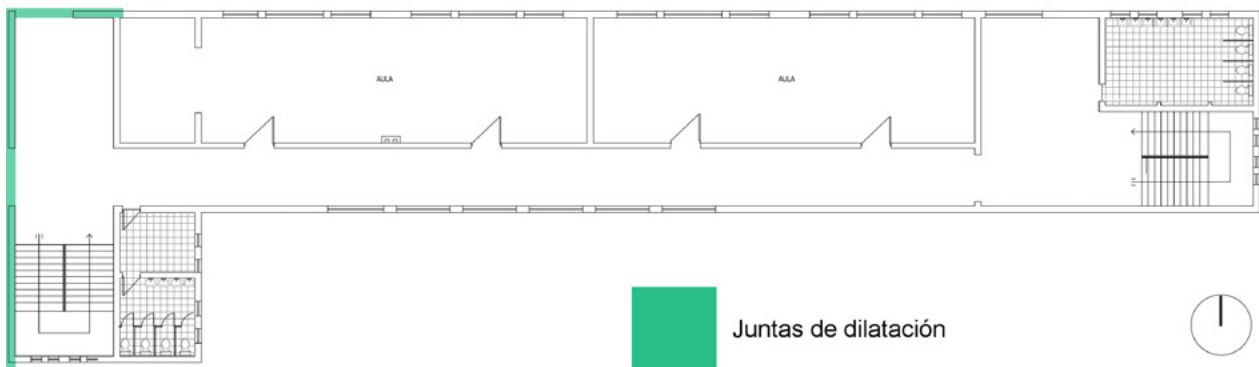
Figura 105: Planta emplazamiento y distribución el primer nivel Liceo de niñas. Fuente Directorio Liceo de Niñas



PLANTA BLOQUE F PRIMER NIVEL



PLANTA BLOQUE F SEGUNDO NIVEL



PLANTA BLOQUE F TERCER NIVEL

Figura 106: Plantas arquitectura Bloque F, Liceo de Niñas. Fuente Elaboracion propia.



Figura 107: Fachada Norte Bloque F, Liceo de Niñas. Fuente Elaboracion propia.

A. CONTEXTO

El entorno próximo del Liceo Gabriela Mistral se encuentra rodeado principalmente por conjuntos residenciales y en menor proporción por zonas de comercio (Figura 108).

Al analizar el plano nollí (Figura 111), se observa que el conjunto se encuentra aislado en la manzana ocupando la totalidad de esta, rodeado de edificaciones continuas que se encuentran próximas al conjunto dado las proporciones de las vías colindantes. (Figura 110)

En cuanto a las vías de evacuación del establecimiento, este se encuentra rodeado de vías locales que dado el flujo vehicular, permitiría una óptima evacuación hacia la Av. Francisco de Aguirre por medio de calle Benavente. (Figura 109)

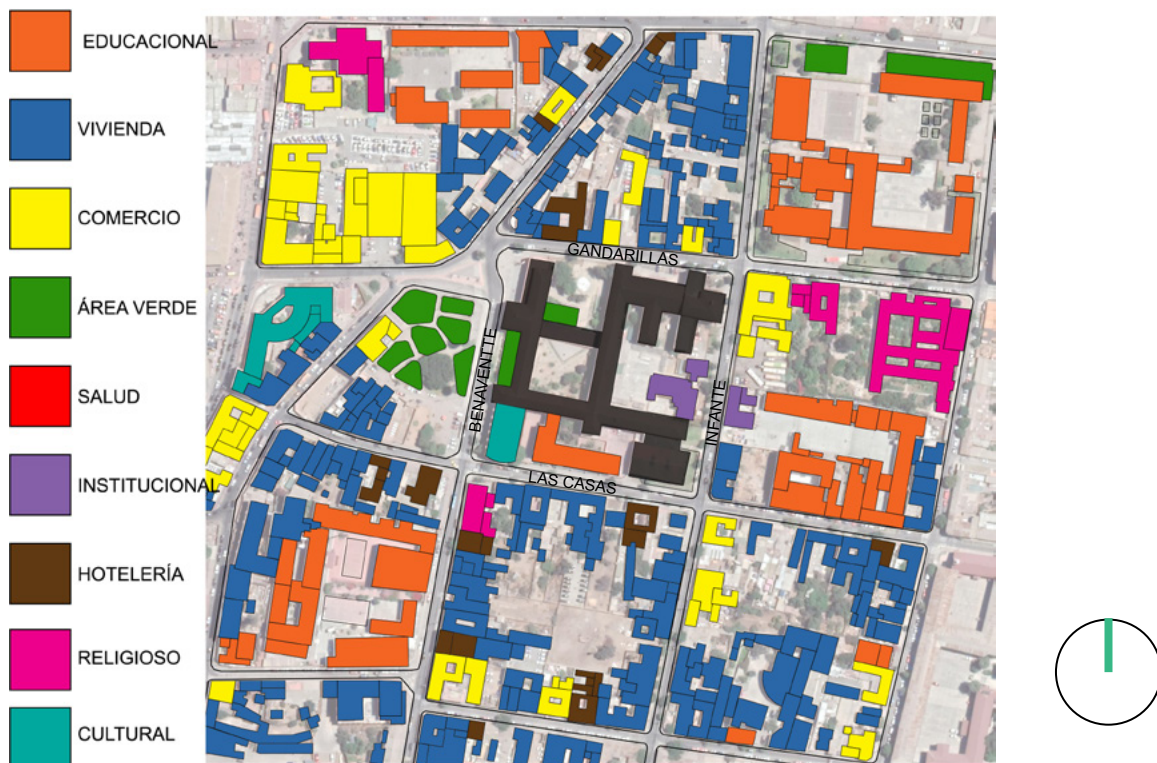
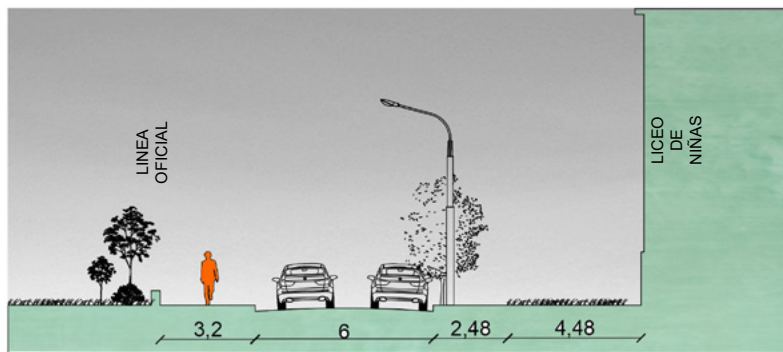


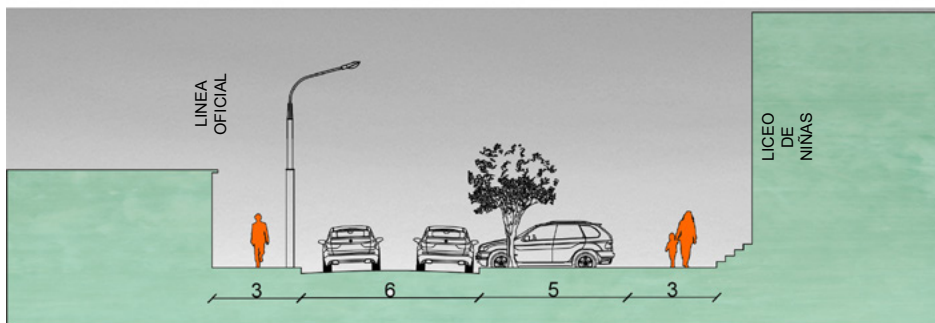
Figura 108: Zonificación entorno próximo Liceo de Niñas. Fuente elaboración propia.



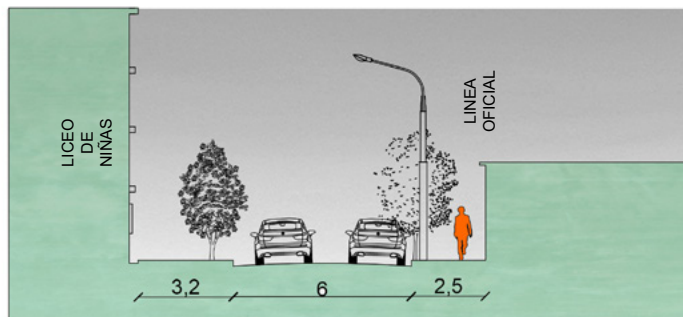
Figura 109: Vías de evacuación Liceo de Niñas. Elaboración propia.



BENAVENTE



GANDARILLAS



INFANTE

Figura 110: Perfiles de calle, Liceo de Niñas.

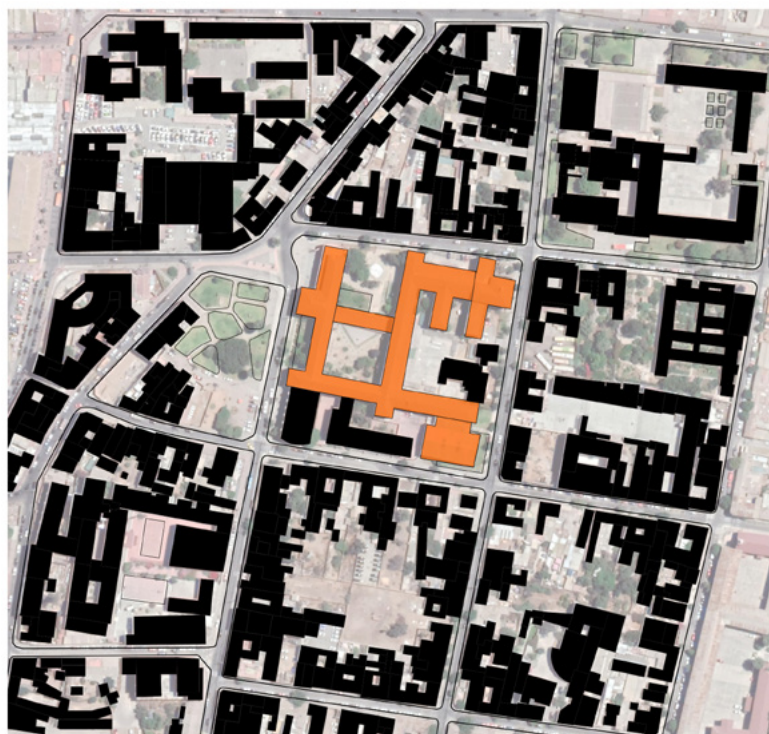


Figura 111: Plano Nollí Liceo de Niñas. Fuente elaboración propia.

B. MORFOLOGÍA/ BLOQUE F

La estructura soportante del edificio, es de categoría A según lo establecido por la OGUC de 1936, conformándose a partir de elementos verticales de hormigón armado

El bloque F cuenta con una morfología irregular dado su longitud y su geometría en L. Este se emplaza en sentido este-oeste, y contiene dos cajas de escalera en sus extremos, en la cual por un lado, la escalera ubicada hacia el sector este se encuentra situada junto a los servicios higiénicos y al edificio G que alberga el gimnasio.

Por otro lado hacia el sector norte y este se ubican los pabellones H y E los cuales albergan principalmente aulas. La distribución de salas en este pabellón es simétrica en el 2do y 3er nivel, en los cuales contiene 4 aulas, mientras que en el 1er nivel este dispone de 3.

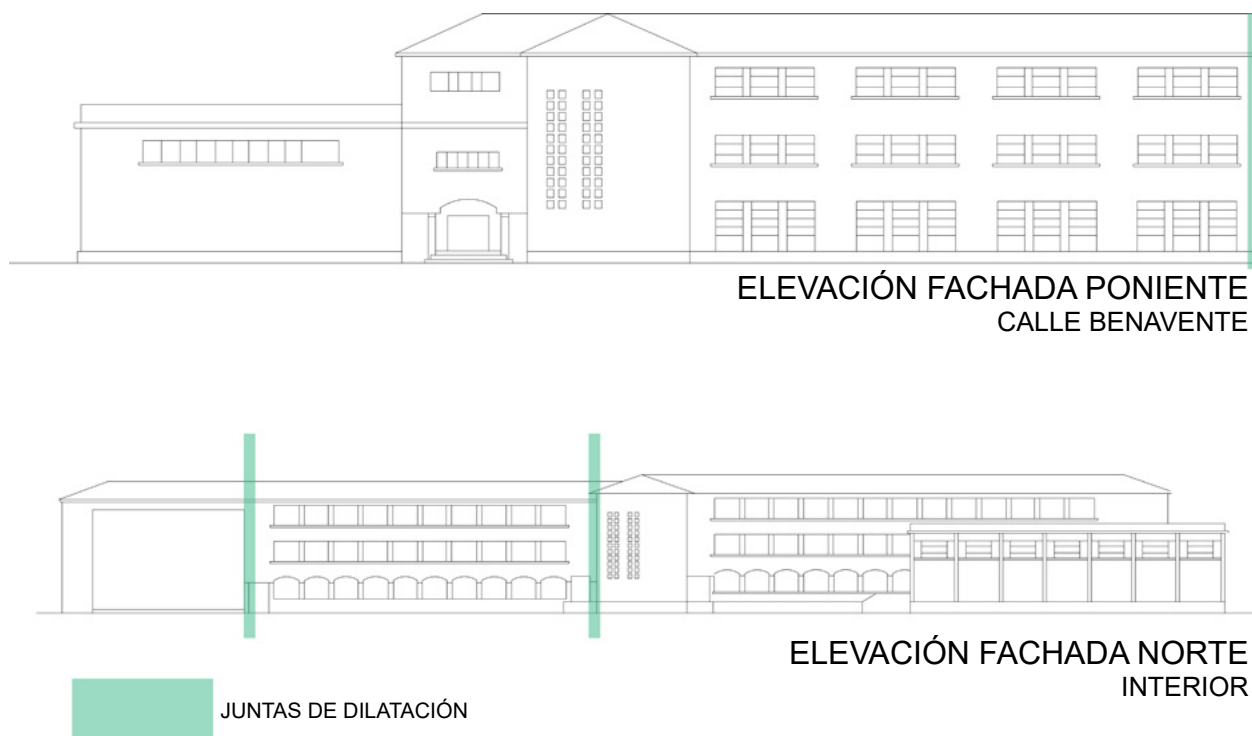


Figura 112: Elevaciones Bloque F
Liceo de Niñas.
Fuente elaboración propia.

C. ELEMENTOS VERTICALES

Un aspecto a considerar, es la combinación de sistemas que presenta en bloque en sus tres niveles, los cuales se conforman a partir de sistemas mixtos de muros y pórticos. Por otra parte, el primer y tercer nivel del bloque, los elementos verticales se componen totalmente de hormigón armado, mientras que en el segundo nivel, se presenta una irregularidad en la rigidez del eje D, dada la combinación de sistemas constructivos (hormigón y albañilería reforzada). De igual manera, se presenta una diferencia de rigidez en los ejes transversales dadas las proporciones de las aberturas existentes.

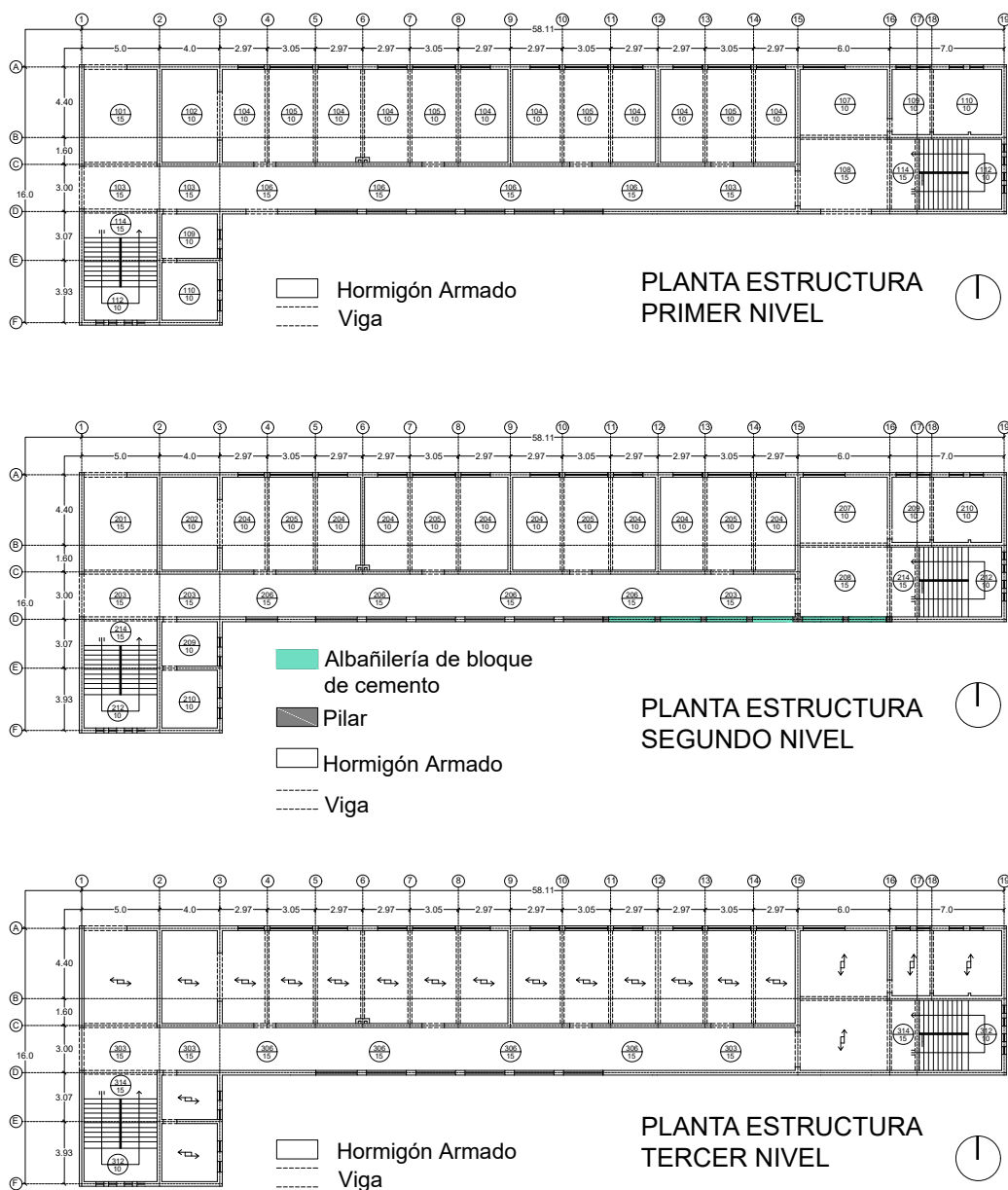


Figura 113: Plantas estructura Bloque F. Liceo de Niñas
Fuente elaboración propia.

D. ELEMENTOS HORIZONTALES

El primer y segundo nivel del bloque se encuentra compuesto por diafragmas rígidos regulares en sus aulas y servicios higiénicos, pero presentan una irregularidad en sus circulaciones dado la extensión de la losa que los conforma, como se observa en la Figura 114. Por otra parte, es su tercer nivel el que presenta un aspecto más crítico en cuanto a estos elementos debido a que el entrepiso se conforma a partir de envigados de madera en casi todo el nivel, a excepción de la circulación exterior, la cual presenta la misma irregularidad anteriormente mencionada en el primer y segundo nivel.



Figura 114: Esquema losas críticas en Bloque F, Liceo de Niñas. Fuente Elaboración propia.

OBSERVACIONES BLOQUE F LICEO DE NIÑAS

De manera previa a la aplicación de la pauta de evaluación, se definen las regularidades e irregularidades que presenta el caso de estudio, al igual que los daños contemplados en las visitas a terreno, esto con el objetivo de analizar dichos parámetros y observaciones con los resultados obtenidos luego de aplicar la pauta:

REGULARIDADES:

- Estructura primaria continua en sus tres niveles (disposición de elementos estructurales).
- Homogénea regularidad de cargas (Mismo uso en sus tres niveles, sin ocupación de entretecho).
- Altura regular en todos sus niveles.
- Mismo espesor en todos sus niveles.

IREGULARIDADES:

- Configuración volumétrica.
- Combinación de elementos constructivos en eje D del segundo nivel.
- Presencia de sistemas mixtos (pórtico-muro).
- Entrepiso de madera en salas de tercer nivel.
- Proporción losas de circulación en sus tres niveles.
- Columna corta en fachada norte. (Figura 107)
- Rigidez de elementos verticales dado a diferencia de aberturas en ejes.
- Carencia de junta sísmica en unión con bloque G (Gimnasio).
- Relieve de ornamentación en fachadas (Potencial riesgo de caídas).

DAÑOS OBSERVADOS EN TERRENO:

- Grietas y fisuras en elementos estructurales y no estructurales.
- Fisuras en campos de losas.
- Ventanas apolilladas representan constante riesgo de caída de elementos.



Figura 115: Circulaciones 1er nivel

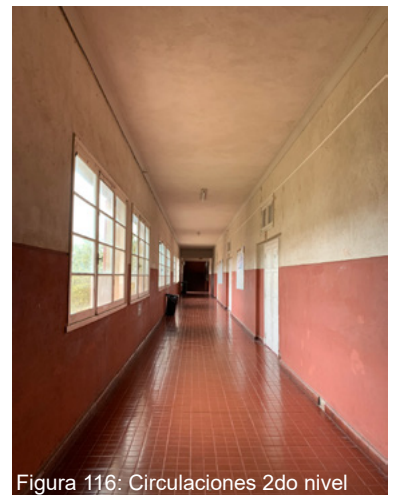


Figura 116: Circulaciones 2do nivel

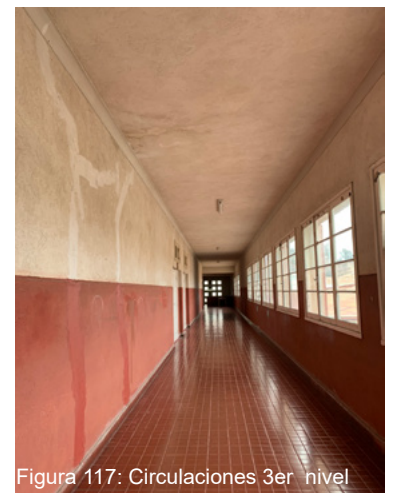


Figura 117: Circulaciones 3er nivel

Tabla 33: Resultados aplicación evaluación Bloque F Liceo de Niñas

Tabla de identificación de clases, según parámetros y subparámetros influyentes en la evaluación de vulnerabilidad sísmica.						
N°	Variable	Sigla	Parámetro	Descripción del parámetro		
A						
URBANO						
A.1	Contexto	A.1.1	Vías de evacuación	A	Múltiples vías de evacuación, de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con bajo flujo	
				B	Vías de evacuación de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con múltiples flujo	
				C	Cuenta con vías de evacuación de malas proporciones, hacia calles perimetrales de alto flujo	
				D	Edificio no cuenta con vías de evacuación expeditas hacia el entorno	
		A.1.2	Distancia entorno próximo	A	Se encuentra aislado y no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
				B	No se encuentra aislado, pero no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
	A.1.3	Zonas seguras de evacuación	C	Se encuentra aislado, pero proporción de vías aledañas pone en riesgo el daño que podría sufrir o causar		
			D	No se encuentra aislado, y podría afectar, o verse afectado por el daño en su entorno		
			A	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación al interior y al exterior del conjunto		
			B	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al interior del conjunto		
	A.2	Emplazamiento	A.2.1	Calidad del suelo	C	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al exterior del conjunto
					D	Edificio no cuenta con espacios seguros de evacuación
A					Se emplaza en terraza intermedia	
B					Se emplaza en terraza superior	
A.2.2			Fundaciones	C	Se emplaza en terraza playa de mar	
				D	Se emplaza en terraza inferior	
B						
EDIFICACIÓN / ESTRUCTURAL						
B.1		Conformación volumétrica	B.1.1	Morfología	A	Volumen es regular y no tiene salientes en su conformación
					B	Volumen es regular pero tiene salientes en su conformación
					C	Volumen es irregular, no posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,UT
					D	Volumen es irregular, posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T
	B.1.2		Regularidad en elevación	A	Altura de edificación es regular en todos sus niveles	
				B	Altura de edificación es regular en el 50% de sus niveles	
				C	Altura es regular en sus niveles, pero evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta	
				D	Altura es irregular en sus niveles y evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta	
	B.1.3	Juntas sísmicas	A	Dispuestas en todo cambio de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura, sistema estructural y/o geometría.		
			B	Cuenta con juntas de dilatación en gran parte del conjunto, pero carece de ellas en ciertos cambios de la edificación		
			C	El edificio carece en su mayoría de juntas de dilatación en puntos importantes del conjunto		
			D	El edificio no cuenta con juntas de dilatación		
	B.1.4	Número de pisos de la edificación	A	Edificación cuenta con 1 solo piso		
			B	Edificación cuenta con 2-7 pisos		
			C	Edificación cuenta con 8 pisos		
			D	Edificación cuenta con más de 8 pisos		
B.2	Organización del sistema estructural vertical	B.2.1	Distancia entre ejes estructurales	A	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en ambos sentidos	
				B	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en un sentido	
				C	Ejes no están repartidos homogéneamente pero son mayormente de la misma materialidad	
				D	Ejes no están repartidos homogéneamente y son de diversas materialidades	
		B.2.2	Cantidad de ejes estructurales	A	Posee espacios reducidos y múltiples ejes estructurales en ambas direcciones	
				B	Espacios de mayor proporción y misma cantidad de ejes estructurales en ambas direcciones	
				C	Posee múltiples ejes que subdividen la edificación en espacios de diversas proporciones	
				D	Ejes estructurales se encuentran muy distanciados y se evidencian grandes espacios	
	B.2.3	Rigidez de ejes estructurales	A	Ejes transversales y longitudinales no poseen aberturas, tienen misma materialidad y espesores		
			B	Ejes transversales o longitudinales poseen misma materialidad, espesores y aberturas		
			C	Ejes transversales o longitudinales poseen un parámetro de igual rigidez (materialidad,espesor,aberturas)		
			D	Ejes son muy diversos en cuanto a su materialidad, espesores y aberturas en ambas direcciones		
	B.2.4	Continuidad de ejes estructurales	A	Ejes son continuos en todos los niveles de la edificación		
			B	Edificio presenta discontinuidades menores en un solo nivel		
			C	Edificio presenta discontinuidades mayores en uno o dos niveles		
			D	Edificio presenta discontinuidades en la mayoría de sus niveles		

Como se observa en la Tabla 34, el bloque F del Liceo de Niñas obtuvo una ponderación de **39,65%**, lo cual según la tabla de daños propuesta (Tabla 14, pag 64). se ubica en el 3er tramo, lo que refleja que presenta parámetros vulnerables de grado medio que requieren reparaciones pero que no se presentan como un elemento de riesgo inminente para el establecimiento.

B.3	Calidad del sistema estructural vertical	B.3.1	Tipo de sistema estructural	A	La totalidad de la edificación se compone a partir de muros o pórticos		
				B	Edificación se compone mayormente de un solo sistema (muro o pórtico) pero evidencia cambios de sistema en algunas zonas		
				C	Edificación se compone de un sistema en ejes transversales y de otro sistema en longitudinales		
				D	Edificación se compone a partir de sistemas mixtos y combinados en ambos ejes		
		B.3.2	Espesores de muros	A	Espesores en toda la edificación cumplen con valores mínimos establecidos por actual normativa y cuenta con elementos de mayor espesor que lo establecido por la norma.		
				B	Espesores en toda la edificación cumplen con actual normativa		
				C	Cuenta con espesores establecidos por actual normativa y espesores fuera de norma		
				D	Ninguno de los espesores cumple con la actual normativa		
		B.3.3	Homogeneidad de sistemas	A	El edificio es completamente de una sola materialidad		
				B	Sistema vertical es en su mayoría de una materialidad pero contiene elementos de otra materialidad		
				C	Sistema vertical es completamente de una materialidad en un nivel y de otra en sus otros niveles		
				D	Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto		
B.4	Estructura de entresijos	B.4.1	Tipo de sistema estructural	A	El entresijo se compone a partir de un 100% de diafrágramas rígidos		
				B	El entresijo se compone a partir de un 70% de diafrágramas rígidos y un 30% de envidados		
				C	El entresijo se compone a partir de un 70% de envidados y un 30% de diafrágramas rígidos		
				D	El entresijo se compone 100% de envidados		
		B.4.2	Geometría	A	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares		
				B	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares		
				C	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares		
				D	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares		
		B.4.3	Discontinuidades	A	Entresijos no presentan discontinuidades en ninguno de sus niveles		
				B	Entresijos presentan discontinuidades solo en cajas de escaleras		
				C	En el 50% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades		
				D	En el 70% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades		
B.5	Techumbre	B.5.1	Tipo de sistema estructural	A	Cubierta se compone a partir de losa y cerchas		
				B	Cubierta se compone a partir de losa		
				C	Cubierta se compone a partir de vigas y cerchas		
				D	Cubierta se compone a partir de tijaes y/o par y nudillo		
		B.5.2	Peso de la techumbre	A	Techumbre es inhabitable		
				B	Techumbre es utilizada como terraza		
				C	Techumbre cuenta con entretecho habitable		
				D	Se utiliza el entretecho de la techumbre como bodega		
		B.5.3	Materialidad/riesgo caída de elementos	A	Se compone a partir de losa, sin riesgo alguno de caída de elementos		
				B	Se compone a partir de placas/planchas, con elementos que pueden desprenderse		
				C	Cubierta se compone a partir de tejas		
				D	Cuenta con elementos en visible estado de riesgo de caída (Como canaletas)		
B.6	Estado de conservación	B.6.1	Reparaciones	A	No se realizó reparación estructural alguna, o han sido insignificantes		
				B	Se han realizado reparaciones de carácter menor a lo largo de la vida útil de la edificación		
				C	Se han realizado reparaciones de carácter mayor a lo largo de la vida útil de la edificación		
				D	Edificación ha presentado daños de consideración recurrentemente tras acción sísmica, sin reparación		
		B.6.2	Deterioro	A	Edificación no presenta deterioro en su estructura		
				B	Edificación presenta deterioro solo en su fachada		
				C	Edificación presenta deterioro en parte de su estructura, de carácter mayor en elementos estructurales y/o no estructurales		
				D	Edificación presenta deterioro en gran parte de su estructura		
		C				EDIFICACIÓN / SECUNDARIO	
		C.1	Elementos no estructurales	C.1.1	Tabiques	A	Edificación no presenta tabiques
						B	Edificación cuenta con tabiques macizos (bloques)
						C	Edificación cuenta con tabiques compuestos de entramados de madera y placas
D	Edificación cuenta con tabiques frágiles, de recubrimiento y/o celosía (bloques de cemento)						
C.1.2	Ornamentos			A	Edificación no cuenta con ornamentos (ni interiores ni exteriores)		
				B	Edificación cuenta con ornamentos de bajo relieve en interior y/o exterior		
				C	Edificación cuenta con ornamentos sobresalientes y protuberantes en interior y/o exterior		
				D	Cuenta con numerosos ornamentos que evidencian riesgo de caída en interior y/o exterior		
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	A	Edificio fue diseñado con los parámetros establecidos por actual normativa antisísmica		
				B	Edificio fue diseñado bajo alguna de las normas NCh 170 (1952), NCh 429 (1956), NCh 430 (1961), NCh 433 (1972), NCh 1537 (1986)		
				C	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1930-1950 (E.T gen para edificios fiscales (1930), Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edif. Fiscal (1930) y/o O.G.U.C de 1936)		
				D	Edificio no fue diseñado bajo ninguna normativa antisísmica		

CONCLUSIONES BLOQUE F LICEO DE NIÑAS

El Liceo de Niñas se presenta como uno de los casos con índices de vulnerabilidad más bajos. Por un lado un factor que contribuye a disminuir dicho porcentaje es el ámbito urbano. Este buen desempeño se obtiene dado a las buenas propiedades geotécnicas del terreno en que se emplaza y a las óptimas condiciones de evacuación de las cuales dispone el establecimiento, tanto por la proporción de las vías de evacuación como las zonas seguras con las que cuenta tanto al interior y al exterior del conjunto.

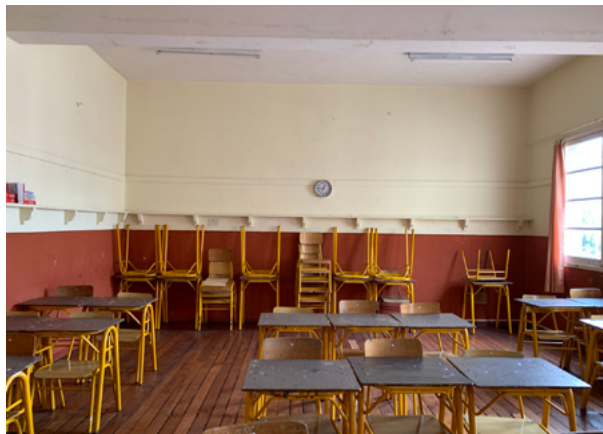


Figura 118

Por el contrario, los aspectos que aumentan la vulnerabilidad del caso se concentran principalmente en el ámbito estructural, como se observa en la Tabla 34. Entre ellos la irregularidad que presenta su volumetría, la combinación de sistemas estructurales y la diferencia de rigidez que presentan los ejes transversales, dado la diferencia en la proporción de aberturas de cada eje.



Figura 119

Por otra parte, uno de los aspectos más críticos se centran en los elementos horizontales del bloque, esto debido a como se mencionó anteriormente, el tercer nivel cuenta con entrepisos de madera casi en la totalidad del nivel. (Figura 118)

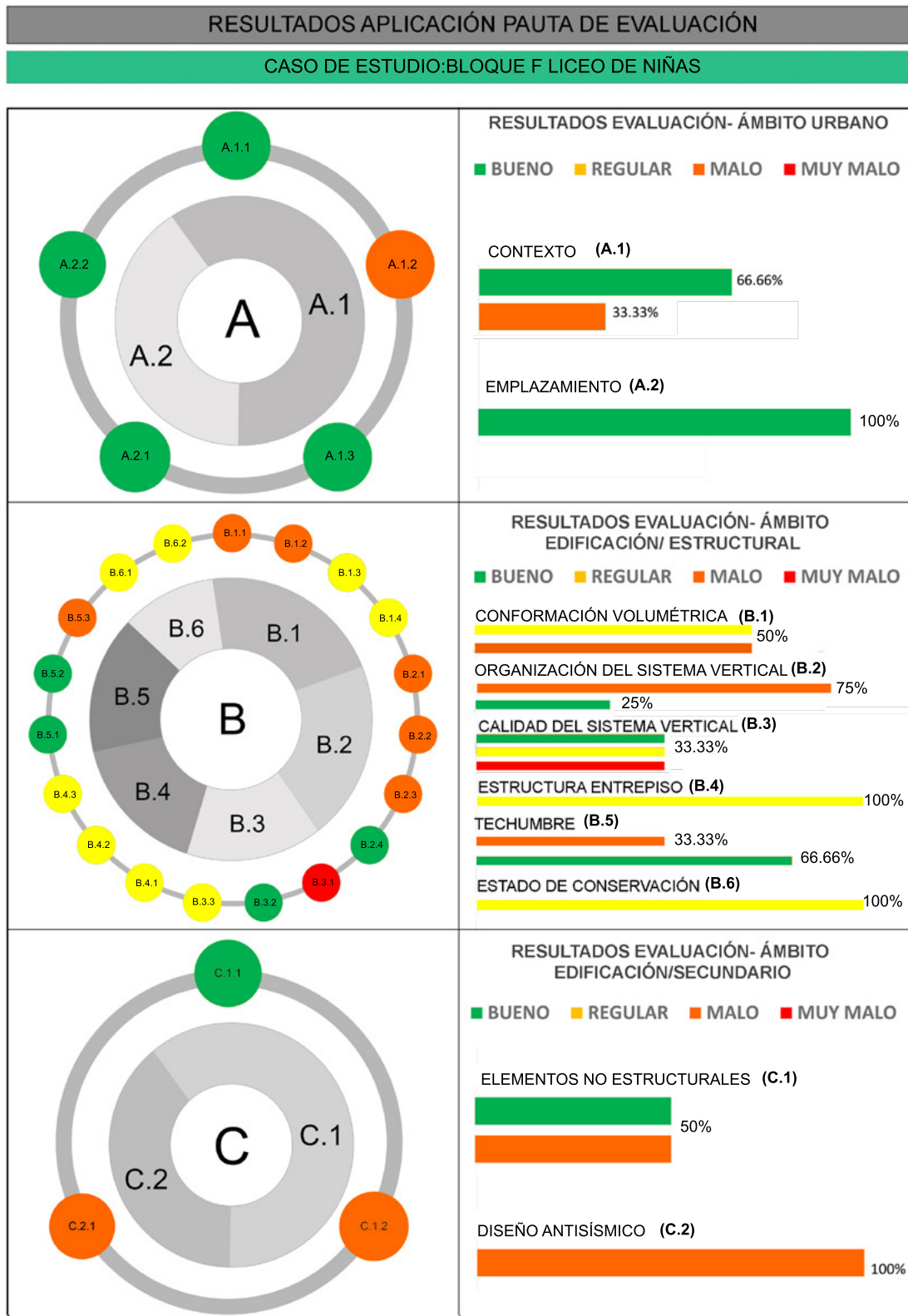
Esta ausencia de diafragma rígido en el nivel superior (punto de mayor movimiento y torsión), sumado a las irregularidades de los elementos verticales, genera la aparición de grietas en estos elementos, como se observa en la Figura 117

De igual manera, otro aspecto vulnerable de los elementos horizontales y que incide en generar problemas de flexión diferenciada, se presenta en el campo de losa que compone la circulación exterior a las salas. Esto se debe a la proporción que presenta (campo angosto y de gran longitud) sumado a la carencia de vigas en la zona, dado lo cual se presentan también grietas en la losa Figura 119.

Tabla 34: Desglose evaluación

N°	Variable	Puntaje obtenido
A.1	Contexto	0,34
A.2	Emplazamiento	0
B.1	Conformación volumétrica	2,6
B.2	Organización del sistema estructural vertical	6
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	3,6
B.4	Estructura de entrepisos	1,26
B.5	Techumbre	0,4
B.6	Estado de conservación	1,5
C.1	Elementos no estructurales	1
C.2	Diseño antisísmico	0,75
Puntaje total		17,45
Valor índice		39,65%

Tabla 35: Análisis resultados aplicación evaluación Bloque F Liceo de Niñas



E. UNIVERSIDAD TÉCNICA (1950-1952)

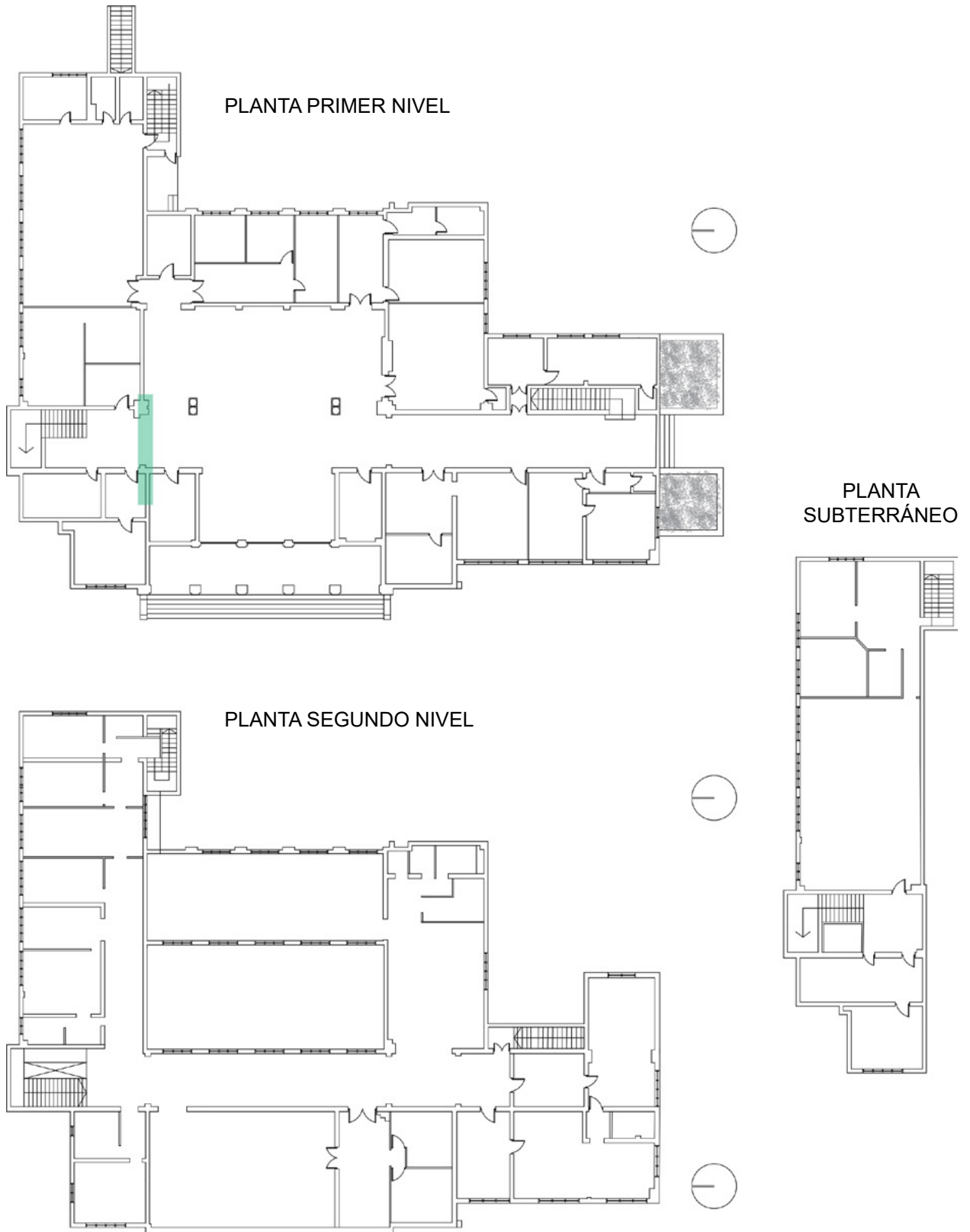
La ex Universidad Técnica (U.T) es en la actualidad la Casa Central de la Universidad de la Serena (ULS), y si bien, el Plan Serena contempló la construcción de un campus de 13 edificios en el proyecto original, durante el Plan Serena solo se construyó la actual Casa Central. (AFDA,2019)

Este establecimiento, a diferencia de los casos anteriormente analizados, se encuentra emplazado en la terraza superior, zona que por lo general posee un buen comportamiento, a excepción de aquellos sectores próximos a laderas debido a la probabilidad de derrumbes.

Es importante mencionar, que si bien la mayoría de los casos analizados en esta investigación se centran en aquellos en los que se concentran las aulas dado su importancia, en este caso se hace una excepción, ya que la actual Casa Central de la ULS solo se utiliza para fines administrativos. El interés en este caso se debe a que es la única edificación del P.S emplazado en la **terrazza superior**, factor relevante para el estudio ya que su análisis permitirá realizar una comparación entre las distintas terrazas y la posible incidencia de la composición del suelo sobre el índice de vulnerabilidad que pueda presentarse en cada uno.



Figura 120: Universidad Técnica y su entorno Fuente: Google Maps y Elaboración Propia.



JUNTAS DE DILATACIÓN

Figura 121: Plantas arquitectura, Universidad Técnica. Elaboración propia.

A. CONTEXTO

El entorno próximo de la U.T se encuentra rodeado principalmente por conjuntos residenciales y educacionales, dado que este se ubica al interior de un campus (Figura 122). Al analizar el plano nollí (Figura 125), se observa que este se encuentra aislado en el terreno y no contiene edificaciones próximas que pudieran dañar al edificio en caso de derrumbe o viceversa.

En cuanto a las vías de evacuación del establecimiento, este se encuentra rodeado de vías que no cuentan con mayor flujo vehicular, dado a que estas están diseñadas únicamente para permitir el acceso a los distintos bloques del campus y sus estacionamientos. Este factor permite que la evacuación de la edificación sea expedita y segura, sumado que se emplaza en zona segura dada su ubicación sobre la colina. (Figura 122 Y 124)



Figura 122: Zonificación entorno próximo Universidad Técnica. Fuente elaboración propia.



Figura 123: Vías de evacuación Universidad Técnica. Elaboración propia.

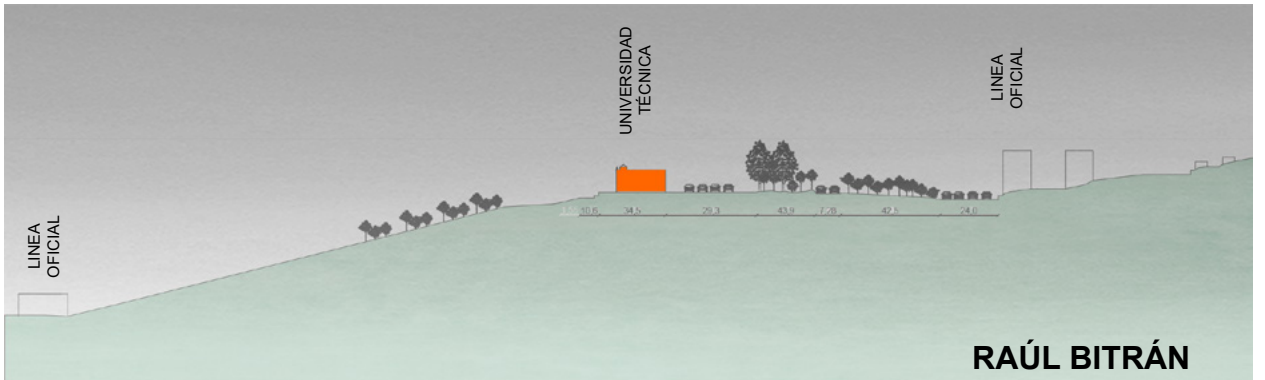


Figura 124: Perfil de calle, Universidad Técnica.

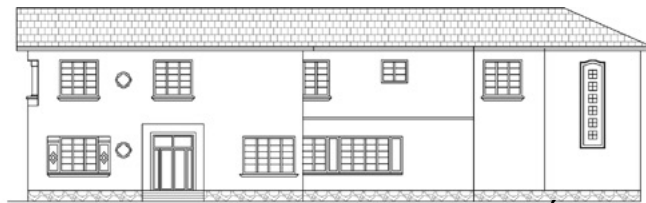


Figura 125: Plano NOLLI Universidad Técnica. Fuente elaboración propia.

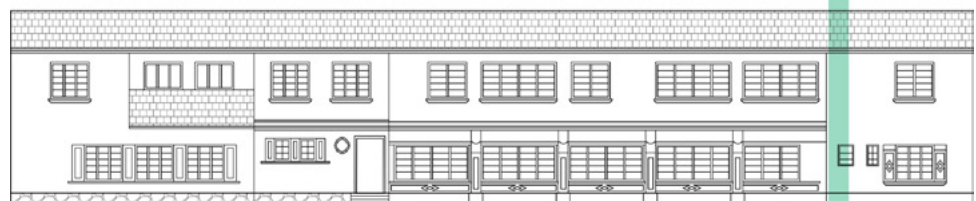
B. MORFOLOGÍA/

La edificación se conforma a partir de una volumetría irregular dada la geometría del bloque, la cual a pesar de este factor no dispone de juntas de dilatación en puntos importantes del establecimiento.

Por otra parte, este cuenta con dos niveles y un nivel subterráneo, los cuales, a diferencia de los casos anteriormente vistos, contienen ornamentación neocolonial al exterior e interior del conjunto.



ELEVACIÓN FACHADA SUR
INTERIOR



ELEVACIÓN FACHADA ORIENTE
CALLE RAÚL BITRÁN



ELEVACIÓN FACHADA PONIENTE
INTERIOR



ELEVACIÓN FACHADA NORTE
INTERIOR

Figura 126: Elevaciones Casa Central
Fuente elaboración propia.

JUNTAS DE DILATACIÓN

C. ELEMENTOS VERTICALES

Por una parte, el nivel subterráneo, la estructura soportante se compone a partir de hormigón armado, mientras que aquellos elementos secundarios se conforman a partir de albañilerías de ladrillos de concreto. Por otra parte, el primer y segundo nivel cuentan con una combinación de sistemas constructivos en su estructura soportante (hormigón y albañilería de ladrillos de concreto) que inciden directamente en la rigidez del bloque. Otro factor a considerar en la vulnerabilidad del caso, es la combinación de sistemas estructurales que presenta el caso (pórticos con sistema de muros), lo que al igual que en casos anteriormente descritos, podrían generar zonas vulnerables en la interacción de ambos sistemas. (Figura 127)

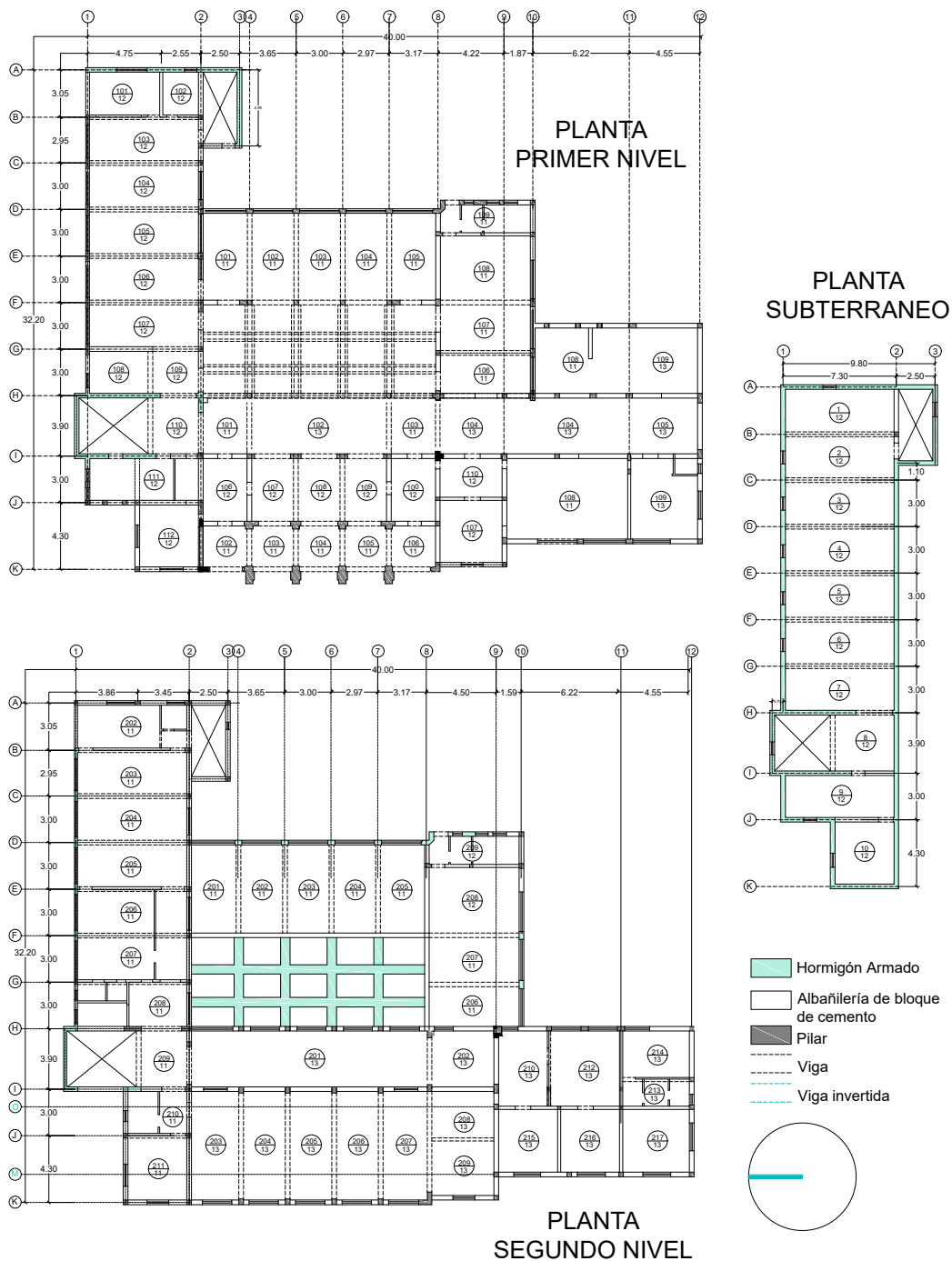


Figura 127: Plantas estructura Universidad Técnica.
Fuente elaboración propia.

D. ELEMENTOS HORIZONTALES

En sus tres niveles estos elementos se componen a partir de un diafragma rígido, que a pesar de tender mayormente a geometrías rectangulares, estas no se presentan como elementos irregulares dado que cumplen la proporción establecida al límite. Por otra parte, en el segundo nivel se presenta una discontinuidad de las losas dado la existencia de un patio interior, que se presenta de igual manera como un elemento de riesgo ante la acción sísmica dado a la superficie vidriada que lo compone (Figura 128).

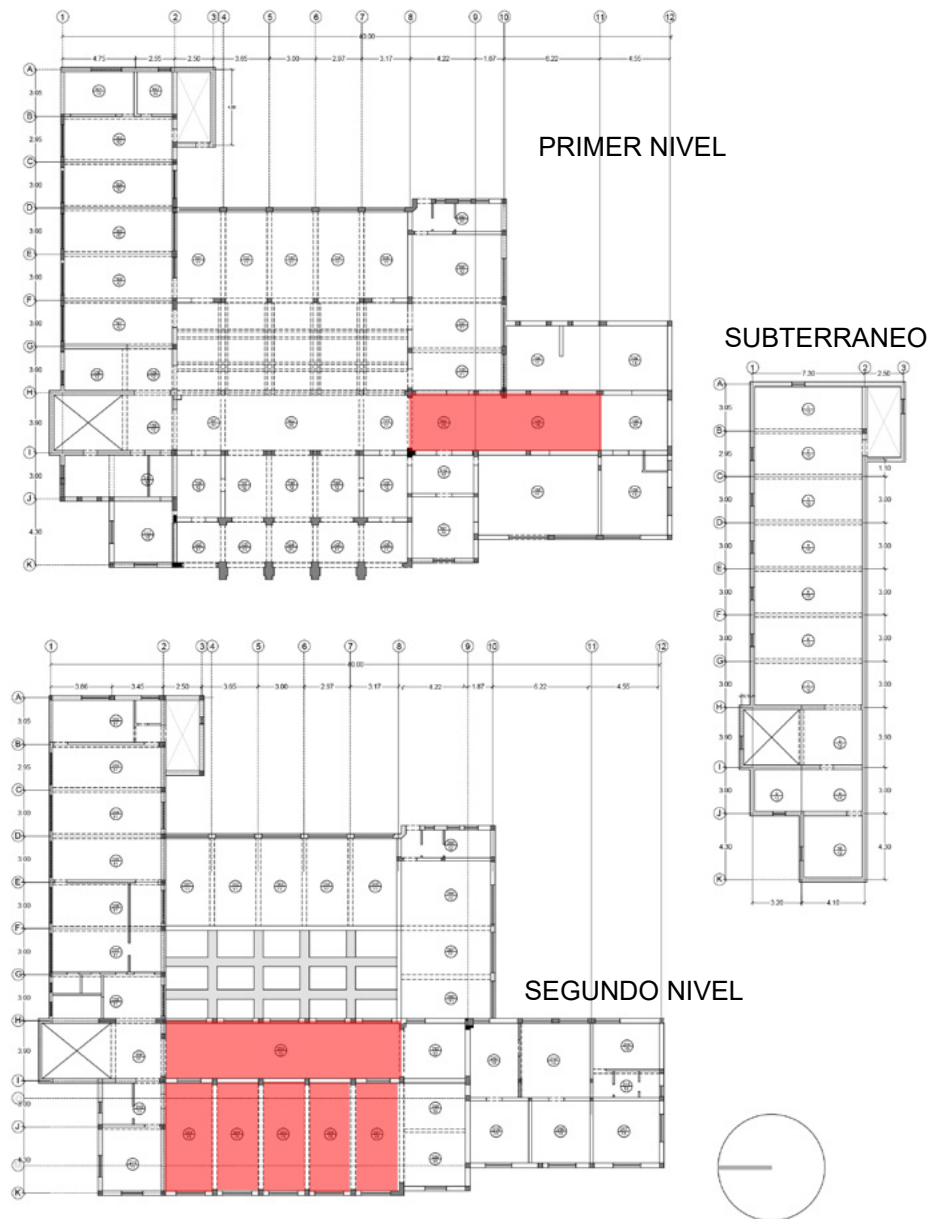


Figura 128: Esquema losas críticas Universidad Técnica. Fuente Elaboración propia.

OBSERVACIONES UNIVERSIDAD TÉCNICA

De manera previa a la aplicación de la pauta de evaluación, se definen las regularidades e irregularidades que presenta el caso de estudio, al igual que los daños contemplados en las visitas a terreno, esto con el objetivo de analizar dichos parámetros y observaciones con los resultados obtenidos luego de aplicar la pauta:

REGULARIDADES:

- Homogénea regularidad de cargas (Mismo uso en sus tres niveles, sin ocupación de entretecho).
- Mismo espesor en todos sus niveles.
- Estructura horizontal compuesta por diafragmas rígidos.

IREGULARIDADES:

- Configuración volumétrica.
- Combinación de sistemas estructurales.
- Carencia de juntas de dilatación en zonas críticas.
- Combinación de sistemas constructivos en un mismo eje.
- Rigidez de elementos verticales dado a diferencia de aberturas en ejes.
- Relieve de ornamentación en fachadas e interiores. (Potencial riesgo de caídas).
- Discontinuidad en losa de segundo nivel.
- Diferencias de altura entre bloques.

DAÑOS OBSERVADOS EN TERRENO:

- Fisuras en elementos no estructurales.
- Deterioro de la fachada por humedad.
- Ventanas apollilladas representan constante riesgo de caída de elementos.



Figura 129: Nivel subterráneo



Figura 130: Primer nivel

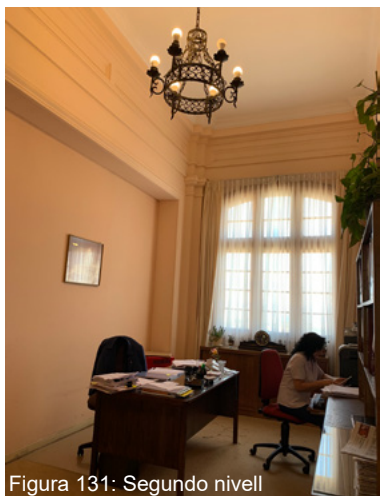


Figura 131: Segundo nivel

Tabla 36: Resultados aplicación evaluación Universidad Técnica

Tabla de identificación de clases, según parámetros y subparámetros influyentes en la evaluación de vulnerabilidad sísmica.					
N°	Variable	Sigla	Parámetro	Descripción del parámetro	
A					
URBANO					
A.1	Contexto	A.1.1	Vías de evacuación	A	Múltiples vías de evacuación, de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con bajo flujo
				B	Vías de evacuación de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con múltiples flujo
				C	Cuenta con vías de evacuación de malas proporciones, hacia calles perimetrales de alto flujo
				D	Edificio no cuenta con vías de evacuación expeditas hacia el entorno
		A.1.2	Distancia entorno próximo	A	Se encuentra aislado y no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno
				B	No se encuentra aislado, pero no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno
				C	Se encuentra aislado, pero proporción de vías aledañas pone en riesgo el daño que podría sufrir o causar
				D	No se encuentra aislado, y podría afectar, o verse afectado por el daño en su entorno
		A.1.3	Zonas seguras de evacuación	A	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación al interior y al exterior del conjunto
				B	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al interior del conjunto
				C	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al exterior del conjunto
				D	Edificio no cuenta con espacios seguros de evacuación
A.2	A.2.1	Calidad del suelo	A	Se emplaza en terraza intermedia	
			B	Se emplaza en terraza superior	
			C	Se emplaza en terraza playa de mar	
			D	Se emplaza en terraza inferior	
	A.2.2	Fundaciones	A	La edificación no presenta asentamientos en su conjunto	
			B	La edificación evidencia asentamientos leves en una parte del conjunto	
			C	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor en una parte del conjunto	
			D	La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor en casi todo el conjunto	
B					
EDIFICACIÓN / ESTRUCTURAL					
B.1	Conformación volumétrica	B.1.1	Morfología	A	Volumen es regular y no tiene salientes en su conformación
				B	Volumen es regular pero tiene salientes en su conformación
				C	Volumen es irregular, no posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T
				D	Volumen es irregular, posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T
		B.1.2	Regularidad en elevación	A	Altura de edificación es regular en todos sus niveles
				B	Altura de edificación es regular en el 50% de sus niveles
				C	Altura es regular en sus niveles, pero evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta
				D	Altura es irregular en sus niveles y evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta
		B.1.3	Juntas sísmicas	A	Dispuestas en todo cambio de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura, sistema estructural y/o geometría.
				B	Cuenta con juntas de dilatación en gran parte del conjunto, pero carece de ellas en ciertos cambios de la edificación
				C	El edificio carece en su mayoría de juntas de dilatación en puntos importantes del conjunto
				D	El edificio no cuenta con juntas de dilatación
		B.1.4	Número de pisos de la edificación	A	Edificación cuenta con 1 solo piso
				B	Edificación cuenta con 2-7 pisos
				C	Edificación cuenta con 8 pisos
				D	Edificación cuenta con más de 8 pisos
B.2	Organización del sistema estructural vertical	B.2.1	Distancia entre ejes estructurales	A	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en ambos sentidos
				B	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en un sentido
				C	Ejes no están repartidos homogéneamente pero son mayormente de la misma materialidad
				D	Ejes no están repartidos homogéneamente y son de diversas materialidades
		B.2.2	Cantidad de ejes estructurales	A	Posee espacios reducidos y múltiples ejes estructurales en ambas direcciones
				B	Espacios de mayor proporción y misma cantidad de ejes estructurales en ambas direcciones
				C	Posee múltiples ejes que subdividen la edificación en espacios de diversas proporciones
				D	Ejes estructurales se encuentran muy distanciados y se evidencian grandes espacios
		B.2.3	Rigidez de ejes estructurales	A	Ejes transversales y longitudinales no poseen aberturas, tienen misma materialidad y espesores
				B	Ejes transversales o longitudinales poseen misma materialidad, espesores y aberturas
				C	Ejes transversales o longitudinales poseen un parámetro de igual rigidez (materialidad, espesor, aberturas)
				D	Ejes son muy diversos en cuanto a su materialidad, espesores y aberturas en ambas direcciones
		B.2.4	Continuidad de ejes estructurales	A	Ejes son continuos en todos los niveles de la edificación
				B	Edificio presenta discontinuidades menores en un solo nivel
				C	Edificio presenta discontinuidades mayores en uno o dos niveles
				D	Edificio presenta discontinuidades en la mayoría de sus niveles

Como se observa en Tabla 37, la La Universidad Técnica obtuvo una ponderación de **41,20%**, lo cual según la tabla de daños propuesta (Tabla 14, pag 64) se ubica en el 3er tramo, lo que refleja que presenta parámetros vulnerables de grado medio que requieren reparaciones pero que no se presentan como un elemento de riesgo inminente para el establecimiento.

B.3	Calidad del sistema estructural vertical	B.3.1	Tipo de sistema estructural	A	La totalidad de la edificación se compone a partir de muros o pórticos		
				B	Edificación se compone mayormente de un solo sistema (muro o pórtico) pero evidencia cambios de sistema en algunas zonas		
				C	Edificación se compone de un sistema en ejes transversales y de otro sistema en longitudinales		
				D	Edificación se compone a partir de sistemas mixtos y combinados en ambos ejes		
		B.3.2	Espesores de muros	A	Espesores en toda la edificación cumplen con valores mínimos establecidos por actual normativa y cuenta con elementos de mayor espesor que lo establecido por la norma.		
				B	Espesores en toda la edificación cumplen con actual normativa		
				C	Cuenta con espesores establecidos por actual normativa y espesores fuera de norma		
				D	Ninguno de los espesores cumple con la actual normativa		
		B.3.3	Homogeneidad de sistemas	A	El edificio es completamente de una sola materialidad		
				B	Sistema vertical es en su mayoría de una materialidad pero contiene elementos de otra materialidad		
				C	Sistema vertical es completamente de una materialidad en un nivel y de otra en sus otros niveles		
				D	Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto		
B.4	Estructura de entresijos	B.4.1	Tipo de sistema estructural	A	El entresijo se compone a partir de un 100% de diafrágramas rígidos		
				B	El entresijo se compone a partir de un 70% de diafrágramas rígidos y un 30% de envigados		
				C	El entresijo se compone a partir de un 70% de envigados y un 30% de diafrágramas rígidos		
				D	El entresijo se compone 100% de envigados		
		B.4.2	Geometría	A	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares		
				B	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros regulares		
				C	En el 70% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares		
				D	En el 100% de la edificación, entresijos se componen a partir de cuadriláteros irregulares		
		B.4.3	Discontinuidades	A	Entresijos no presentan discontinuidades en ninguno de sus niveles		
				B	Entresijos presentan discontinuidades solo en cajas de escaleras		
				C	En el 50% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades		
				D	En el 70% de la edificación, entresijos presentan discontinuidades		
B.5	Techumbre	B.5.1	Tipo de sistema estructural	A	Cubierta se compone a partir de losa y cerchas		
				B	Cubierta se compone a partir de losa		
				C	Cubierta se compone a partir de vigas y cerchas		
				D	Cubierta se compone a partir de tijerales y/o par y nudillo		
		B.5.2	Peso de la techumbre	A	Techumbre es inhabitable		
				B	Techumbre es utilizada como terraza		
				C	Techumbre cuenta con entretecho habitable		
				D	Se utiliza el entretecho de la techumbre como bodega		
		B.5.3	Materialidad/riesgo caída de elementos	A	Se compone a partir de losa, sin riesgo alguno de caída de elementos		
				B	Se compone a partir de placas/planchas, con elementos que pueden desprenderse		
				C	Cubierta se compone a partir de tejas		
				D	Cuenta con elementos en visible estado de riesgo de caída (Como canaletas)		
B.6	Estado de conservación	B.6.1	Reparaciones	A	No se realizó reparación estructural alguna, o han sido insignificantes		
				B	Se han realizado reparaciones de carácter menor a lo largo de la vida útil de la edificación		
				C	Se han realizado reparaciones de carácter mayor a lo largo de la vida útil de la edificación		
				D	Edificación ha presentado daños de consideración recurrentemente tras acción sísmica, sin reparación		
		B.6.2	Deterioro	A	Edificación no presenta deterioro en su estructura		
				B	Edificación presenta deterioro solo en su fachada		
				C	Edificación presenta deterioro en parte de su estructura, de carácter mayor en elementos estructurales y/o no estructurales		
				D	Edificación presenta deterioro en gran parte de su estructura		
		C					
		C.1	Elementos no estructurales	C.1.1	Tabiques	A	Edificación no presenta tabiques
						B	Edificación cuenta con tabiques macizos (bloques)
						C	Edificación cuenta con tabiques compuestos de entramados de madera y placas
D	Edificación cuenta con tabiques frágiles, de recubrimiento y/o celosía (bloques de cemento)						
C.1.2	Ornamentos			A	Edificación no cuenta con ornamentos (ni interiores ni exteriores)		
				B	Edificación cuenta con ornamentos de bajo relieve en interior y/o exterior		
				C	Edificación cuenta con ornamentos sobresalientes y protuberantes en interior y/o exterior		
				D	Cuenta con numerosos ornamentos que evidencian riesgo de caída en interior y/o exterior		
C.2	Diseño antisísmico	C.2.1	Uso de normativa antisísmica	A	Edificio fue diseñado con los parámetros establecidos por actual normativa antisísmica		
				B	Edificio fue diseñado bajo alguna de las normas NCh 170 (1952), NCh 429 (1956), NCh 430 (1961), NCh 433 (1972), NCh 1537 (1986)		
				C	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1930-1950 (E.T gen para edificios fiscales (1930), Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edif. Fiscal (1930) y/o O.G.U.C de 1936)		
				D	Edificio no fue diseñado bajo ninguna normativa antisísmica		

CONCLUSIONES UNIVERSIDAD TÉCNICA

A partir del desglose que se observa en la Tabla 37, se puede analizar que si bien la Universidad Técnica cuenta con un índice que pertenece a la media en comparación al resto de los casos, esta cuenta con diversos factores que la diferencian del resto. Por una parte, es el único caso que se emplaza en la terraza superior, en la cual si bien pueden existir zonas que se vean expuestas a deslizamientos de terreno, se observa tras la inspección visual que esta no cuenta con problemas asociadas a dicha condición.

De igual manera, ocurre en el caso de la ornamentación neocolonial con la que cuenta el caso, dado que a diferencia de los casos anteriormente analizados, es el único que dispone de ella en su fachada y en menor proporción en zonas interiores de la edificación (Figura 131, p167 y 133), lo que la hace más propensa a causar daños a terceros dado el desprendimiento de alguno de estos elementos.

Otro aspecto que no se aprecia en casos anteriores es la falta de confinamiento de elementos estructurales (muros de albañilería reforzada) en las zonas que contienen vanos.

Finalmente, aspectos similares a los que ocurren en casos anteriormente vistos, que contribuyen a aumentar el índice de vulnerabilidad del caso, son aquellos que se observan en el ámbito estructural. Desde la combinación de sistemas estructurales que generan daños en elementos no estructurales dada la diferencia de flexibilidad de ambos sistemas, a la diferencia de rigidez que presentan los ejes transversales dada la considerable asimetría de aberturas que presentan los ejes.



Figura 132

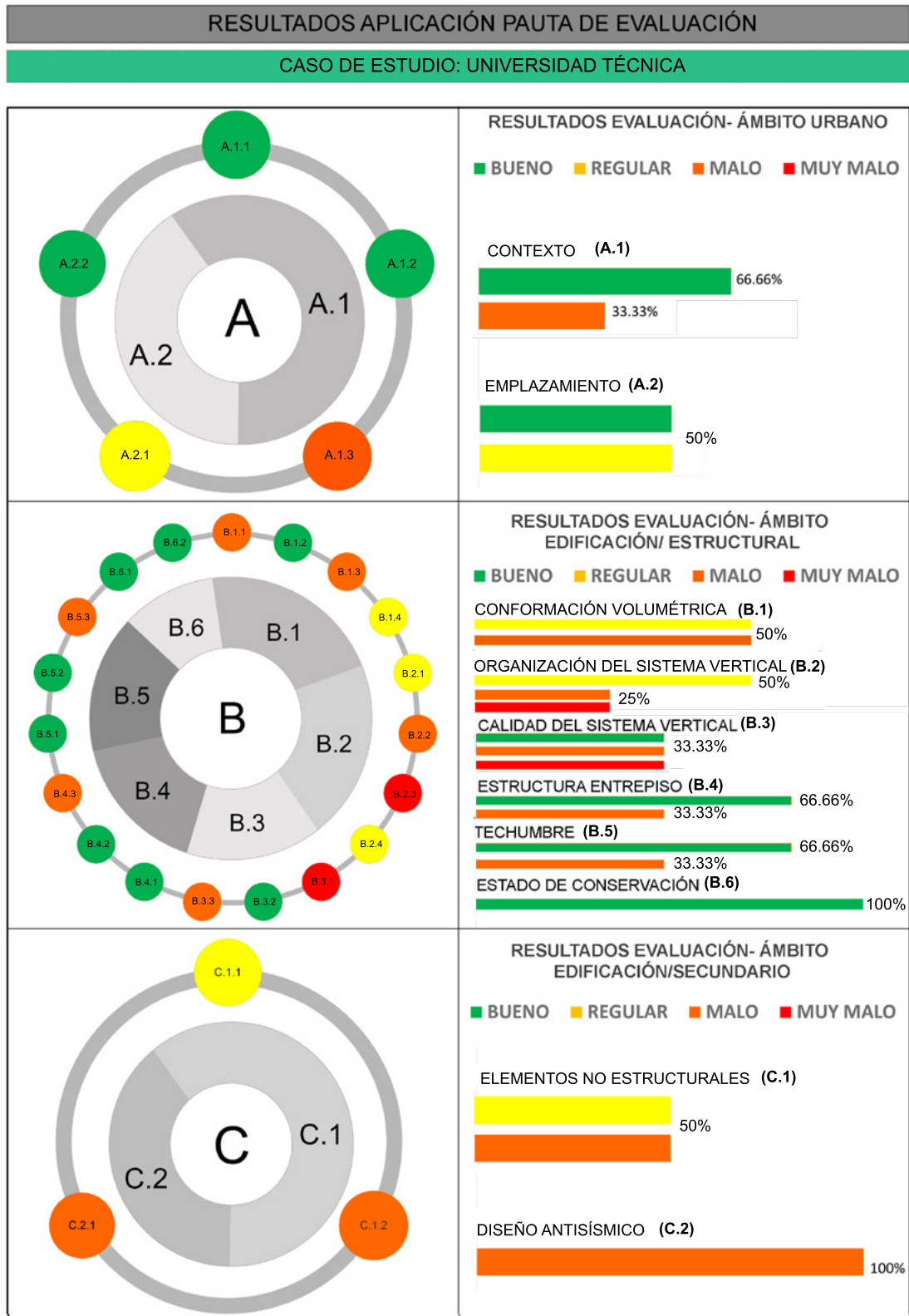


Figura 133

Tabla 37: Desglose evaluación

N°	Variable	Puntaje obtenido
A.1	Contexto	0,34
A.2	Emplazamiento	0,75
B.1	Conformación volumétrica	2,8
B.2	Organización del sistema estructural vertical	6,25
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	4,5
B.4	Estructura de entresijos	0,84
B.5	Techumbre	0,4
B.6	Estado de conservación	0
C.1	Elementos no estructurales	1,5
C.2	Diseño antisísmico	0,75
Puntaje total		18,13
Valor Índice		41,20%

Tabla 38: Análisis resultados aplicación evaluación Universidad Técnica



6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN.

En base a los resultados obtenidos a partir de la evaluación aplicada a los 5 casos de estudio es que se pueden determinar distintos aspectos. Por un lado y como se mencionó en algún minuto en el pase de esta investigación, existía la incertidumbre sobre si el evaluar casos que provinieran de un mismo periodo, y posiblemente similar método constructivo al ser todos casos edificados a partir del Plan Serena, incidiría en saturar las muestras evaluadas, y por ende los resultados finales obtenidos. En un principio, debo mencionar que al concluir en primera instancia las evaluaciones de cada caso y al comparar los valores obtenidos en cada evaluación, consideré que posiblemente esto era algo que había ocurrido en mi evaluación, al constatar que la diferencia entre el índice de cada caso no era mayormente distintivo.

Sin embargo, fue el desglose de resultados obtenidos por parámetros dispuestos en las tablas

anexas lo que permitió esclarecer y demostrar que si bien los casos habían obtenido valores similares en cuanto al índice de vulnerabilidad, estos se diferencian en numerosos aspectos en cuanto a las falencias que presentan sus parámetros, los cuales no son repetitivos ni similares en todos los casos.

Por ejemplo, hay casos que se componen 100% a partir de diafragmas rígidos, otros que presentan entrepisos flexibles, o diafragmas de geometrías críticas, lo que evidencia zonas propensas a flexión diferenciada, principalmente en las áreas de circulación. Pero estas condiciones no se presentan de igual forma en todos los casos; algunos por un lado, conforman su estructura primaria a partir de albañilería confinada de ladrillos de cemento, otras son totalmente de hormigón armado y otras combinan ambas materialidades constructivas.

Tabla 39: Análisis irregularidades presentes en cada caso. Elaboración propia

N°	Caso	Índice de vulnerabilidad	Irregularidad Urbana				
			Vías de evacuación	Distancia entorno	Zonas seguras evacuación	Calidad del suelo	Ases
1	Colegio Japón	44.66%		×			
2	Bloque E Escuela Agrícola	44.50%				×	
3	Bloque G Escuela Agrícola	44.45%				×	
4	Bloque B Escuela de Minas	43.68%		×			
5	Universidad Técnica	41.20%					
6	Liceo de Niñas	39.65%		×			
7	Bloque A Escuela de Minas	32.47%		×			

De igual manera, existen casos que disponen de juntas de dilatación en los puntos críticos de la volumetría y que dividen al cuerpo en volúmenes regulares, ya sea si esta excede el largo o presenta una irregularidad en su volumen, factor que sin embargo, no se aprecia en todos los casos, como el Colegio Japón o la ex Universidad Técnica.

Un aspecto que se repite consecutivamente y que incide en aumentar la vulnerabilidad de cada caso, es la combinación de sistemas constructivos que presentan las escuelas, al combinar el sistema de muros con el de pórticos. En la mayoría de los casos, se evidencia que esta combinación de sistemas que presentan diversa flexibilidad tiende a generar daños, principalmente en aquellos elementos secundarios o no estructurales. A pesar de esto, se debe tomar en cuenta que si bien el daño en alguno de estos elementos no provocará el colapso de la

edificación, considerando que son volúmenes macizos, se debe tener en consideración que el daño o colapso de alguno de estos elementos podría causar daños o terceros o pérdidas económicas de consideración. (Guevara, 2009, pág. 60)

De esta manera, como se observa en la Tabla 40, esta permite comparar las ponderaciones más altas y bajas por cada ámbito, en la cual, por un lado en el ámbito urbano es el Liceo de Niñas el que obtiene el mejor desempeño, lo cual se debe principalmente a que se ubica en la terraza intermedia (emplazamiento de mejor condiciones geotécnicas) y a que cuenta con óptimas vías de evacuación, sumado a la existencia de zonas seguras tanto al interior como al exterior del conjunto.

Emplazamiento	Irregularidad Estructural								Elementos Secundarios	
	Volumen Irregular	Altura	Juntas de dilatación	Combinación de sistemas estructurales	Combinación de sistemas constructivos	Entrepiso flexible	Relación geométrica de diafragma	Deterioro	Ornamentos	Normativa antisísmica
	X	X	X	X		X	X	X	X	X
X				X		X		X		X
X	X	X		X	X	X		X		X
				X			X			X
	X	X	X	X	X				X	X
	X			X		X	X		X	X
				X			X			X

Por el contrario, es el Bloque E de la Escuela Agrícola el que obtiene el mayor puntaje, esto debido principalmente a que se emplaza en el terreno con peores condiciones geotécnicas (terrace inferior) y a que es el único caso evaluado que evidencia asentamientos en su conjunto.

Por otro lado, en el ámbito estructural, es el bloque A de la Escuela de Minas el que presenta las mejores condiciones en cuanto a su estructura. Esto se debe principalmente a que si bien este presenta ciertas irregularidades, tanto en su volumetría como en la proporción de los diafragmas centrales del bloque, este cuenta con una disposición mayormente continua de sus elementos estructurales en sus tres niveles, dispone de juntas de dilatación dispuestas correctamente en los cambios de la edificación y a que la altura es regular en todo el bloque. Por otra parte, si bien estas pertenecen al mismo conjunto, paradójicamente es el bloque B de la Escuela de Minas el que presenta las peores condiciones estructurales. Esta diferencia radica

principalmente en el retranqueo que presenta el bloque hacia el sector norte en uno de sus ejes y a la diferencia de materialidad y espesores que presenta el bloque.

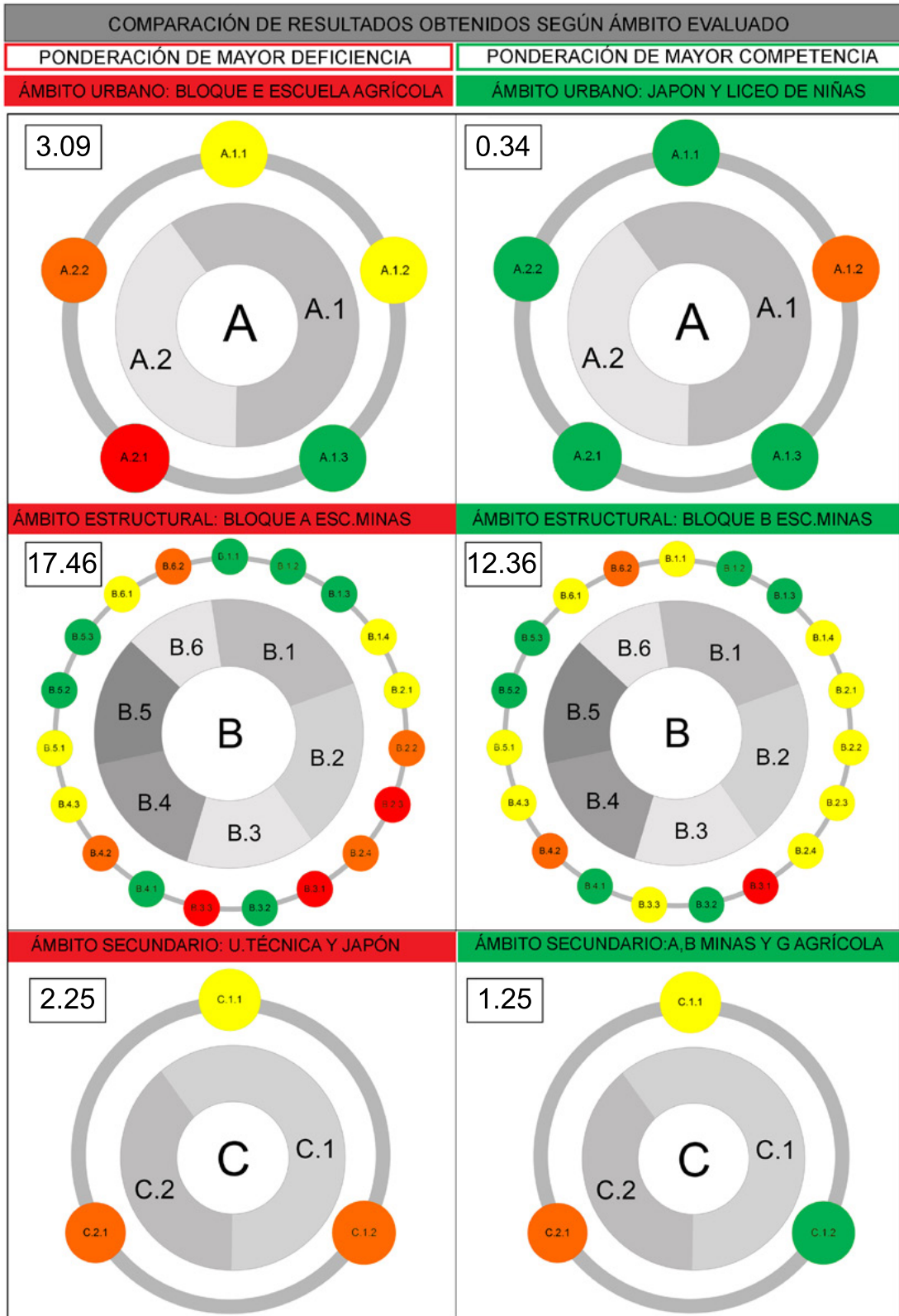
Es en el ámbito secundario de la edificación en el cual se observa una saturación de las muestras. Esto se debe principalmente a que, el parámetro relacionado a la normativa es igual en todos los casos, por lo que siempre obtiene la misma ponderación. Por un lado el bloque A, B de la Escuela de Minas y el Bloque G de la Escuela Agrícola obtienen el mejor desempeño, versus la Universidad Técnica y el Colegio Japón que obtuvieron los peores resultados. Esta diferencia se debe principalmente a que ni la Escuela Agrícola ni la Escuela de Minas presentan ornamentación en su fachada.

Finalmente, al analizar los datos de la Tabla 39 y 41, se puede observar las principales irregularidades mencionadas presentes en cada caso según el ámbito analizado.

Tabla 40: Índices de vulnerabilidad obtenido por casa caso. Elaboración Propia

Caso	Ámbito Urbano	Ámbito Estructural	Ámbito Secundario	Índice (%)	Clase Daños	Acción a adoptar
Colegio Japón	0.68	17,16	2.25	45,65	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/refuerzos menores para asegurar su conservación.
Bloque A Escuela de Minas	0.68	12.36	1.25	32.47	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/refuerzos menores para asegurar su conservación.
Bloque B Escuela de Minas	0.51	17.46	1.25	43.68	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/refuerzos menores para asegurar su conservación.
Bloque E Escuela Agrícola	3.09	14.74	1.75	44.5	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/refuerzos menores para asegurar su conservación.
Bloque G Escuela Agrícola	2.59	15.72	1.25	44.45	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/refuerzos menores para asegurar su conservación.
Liceo de Niñas	0.34	15.36	1.175	39.65	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/refuerzos menores para asegurar su conservación.
Universidad Técnica	1.09	14.79	2.25	41.2	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/refuerzos menores para asegurar su conservación.

Tabla 41: Comparación resultados obtenidos por variables. Elaboración propia.





Fachada norte, Escuela Agrícola.
Fuente: Elaboración propia.



CAPÍTULO

7

CONCLUSIONES

7.0 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

En cuanto a los planteamientos iniciales que dieron pie a esta investigación, puedo concluir por un lado que a partir de la hipótesis planteada:

Las edificaciones educacionales construidas en La Serena, entre los años 1946-1952, cuentan con un diseño arquitectónico, estructural y constructivo, apto para responder de manera eficiente ante la acción sísmica, a pesar de no cumplir con las actuales normativas para el diseño sismoresistente, debido a que las normativas que regían en el periodo de su diseño, lograron establecer los parámetros necesarios para asegurar en ellas un correcto comportamiento antisísmico, lo cual se reflejará en bajos índices de vulnerabilidad.

Concluyo que se pueden establecer diversas consideraciones. Por un lado, si bien existen casos que presentan índices de vulnerabilidad no despreciables, en ningún caso superan el 50%, lo que da a entender que si bien requieren en su mayoría reparaciones y refuerzos menores, estos se condicen con la vida útil con la que ya cuenta cada establecimiento y los sismos que ya han soportado. Es por esto que considero que la hipótesis se cumple de manera parcial, ya que sí cuentan con parámetros de diseño necesarios para responder de manera eficiente ante la acción sísmica pero algunos de estos requieren intervenciones para disminuir la vulnerabilidad presente.

La óptima condición de estos establecimientos educacionales se debe a diversos factores como he mencionado a lo largo de esta investigación, entre ellos el principal factor es que al ser edificios que se conforman a partir de un volumen de "gran masa", responden de manera eficiente ante la acción sísmica al ser edificaciones de baja altura. Esto probablemente

se deba también a que la sobrecarga de uso en la normativa de la época era también mayor y por ende dieron paso a crear establecimientos que se encuentran altamente sobredimensionados en cuanto a la materialidad empleada.

Respecto a los objetivos específicos planteados al comienzo de la investigación puedo concluir lo siguiente:

I. En cuanto a **CARACTERIZAR MORFOLÓGICAMENTE LOS ESTABLECIMIENTOS CONSIDERANDO LAS CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO, DISEÑO ARQUITECTÓNICO, ESTRUCTURAL Y CONSTRUCTIVO**, este se cumplió en su totalidad, ya que a partir de la documentación disponible y las visitas a terreno se pudo levantar un perfil o ficha, que permitiera crear una caracterización completa de cada caso. Como punto importante a mencionar en base a la morfología de los casos analizados, un factor determinante en cuanto a la vulnerabilidad presente en ellos se basa en la incidencia del movimiento moderno, en conjunto con la estética neocolonial planteada por el Plan Serena.

Por un lado, su diseño a partir de volúmenes macizos, que conforman su fachada a partir de repeticiones modulares, ritmos, y alturas similares en la mayoría de los conjuntos, define el buen comportamiento de estos establecimientos, pese a las lesiones evidenciadas.

Sin embargo, esta morfología, de volumetrías irregulares, con cuerpos salientes como cajas de escaleras y torres propias de lo establecido por el estilo, tiende a aumentar la vulnerabilidad de los casos, sobre todo en aquellos que no presentan juntas de dilatación dispuestas de manera

eficiente. Sumado a esto, a excepción de la Escuela de Minas, las mayores falencias observadas en terreno se concentran en las techumbres, dado el desprendimiento de tejas que representan un riesgo constante, lo cual en casos como la Escuela Agrícola, ameritó el cambio total de esta estructura.

Finalmente, en cuanto a la morfología urbana presente, la relación establecida entre lo natural y el ambiente construido se aprecia de dos maneras predominantes. Por un lado, se encuentran aquellos casos que presentan mayor vulnerabilidad en el ámbito urbano, debido a la proximidad de los establecimientos con su contexto inmediato, considerando que ante cualquier daño mayor en la estructura, dado la monumentalidad de estos, podría ser un potencial riesgo para su entorno próximo. Por otro lado, aquellos casos que presentan un mejor desempeño en este ámbito, se deben a que la delimitación de la relación entre la planta urbana y su entorno se cumple mediante la creación de espacios como parques y ambientes naturales que mitigan este riesgo y otorgan espacios externos de evacuación.

II. Por otra parte, el **ANALIZAR LA EXISTENCIA DE PARÁMETROS SÍSMICOS EN LAS REGULACIONES CONSTRUCTIVAS DE LA ÉPOCA**, que pueden haber incidido en el adecuado comportamiento de los establecimientos educacionales, fue cumplido también en su totalidad. Este era un ejercicio necesario de realizar para así comprender la ejecución de estos establecimientos. Este objetivo, permitió esclarecer diversos factores, entre ellos la nula incorporación de parámetros que permitieran responder ante eventos sísmicos y el comprender el sobredimensionamiento de

estos establecimientos educacionales. Es por esto, que dado al análisis de la normativa realizado, se buscó incorporarlo en la metodología de evaluación, como se observa en el parámetro de diseño antisísmico que se encuentra en los ámbitos secundarios de la pauta.

III. En cuanto al objetivo de **ADAPTAR EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD G.N.D.T** para que sea aplicable a las características de cada caso, este fue de igual manera cumplido en su totalidad, pero de una manera distinta a como pensé a los inicios de esta investigación. Como ahondaré posteriormente en las conclusiones metodológicas, la adaptación de la herramienta fue mayor a lo que planteé en un principio, pero pese a las transformaciones realizadas a la metodología original, se pudo obtener una herramienta que se ajustara a los casos de estudio evaluados.

IV. Finalmente, en cuanto al **ANALIZAR LAS CARACTERÍSTICAS DE EMPLAZAMIENTO, DISEÑO ARQUITECTÓNICO, CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL**, que pueden incidir en los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones escolares de La Serena, fue igualmente cumplido de manera integral. Este objetivo fue fundamental para cotar con la base para realizar cada evaluación y así poder completar las pautas, permitiendo que el índice reflejado al final de cada análisis se acercara de la manera más certera a la realidad de cada caso.

7.1

CONCLUSIONES METODOLÓGICAS

Por una parte, en cuanto a la metodología italiana planteada por el *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti* (G.N.D.T.) empleada en este estudio, puedo concluir tras haber finalizado esta evaluación, que el método cuenta con pro y contras para ser aplicado en una investigación de este tipo, como lo es el análisis de vulnerabilidad sísmica. Por un lado, dentro de los contra, se ubica la ambigüedad que presenta el método en cuanto a los parámetros evaluados. Si bien el método plantea un ordenamiento genérico, existen ciertos parámetros que a mi parecer no son 100% claros en cuanto a lo que se busca evaluar, entre ellos aspectos como la resistencia convencional.

Es debido a estas situaciones que finalmente mi investigación terminó por basarse en esta metodología y no en emplearla de manera literal, ya que debí modificar y reordenar ciertos parámetros que a mi parecer no se ajustaban a la realidad evaluada. Este reordenamiento por ámbitos y la modificación de parámetros me permitió finalmente obtener una herramienta de mayor claridad en cuanto al qué se evalúa y mayor eficiencia en cuanto a los resultados obtenidos, ya que este formato planteado logró

facilitar la manera de graficar las irregularidades presentes en cada caso.

Una inquietud similar me queda en cuanto a la incertidumbre que establece este método, esto debido a que no existe un consenso en cuanto a qué se entiende por cada indicador (K_i) (¿qué se comprende por bueno, malo, no tan malo en cada parámetro?) dejando abierta la posibilidad de que, al uno establecer estos rangos, los análisis puedan variar considerablemente según el autor que adapta el método.

Si bien estoy conforme con las descripciones por parámetro definidas en esta evaluación, debido al estudio y análisis de fuentes bibliográficas que hay detrás de la selección de cada uno, mi inquietud se vio incrementada al analizar investigaciones aplicadas en territorio nacional, como es el caso del estudio realizado por Alvayai en la ciudad de Valdivia el año 2013. Por una parte, si bien esta investigación me permitió tener una idea acerca de los indicadores (K_i) esta no logra explicar cómo se realiza la calificación de estos, dejando un vacío en cuanto a cómo es que se aplicó el método y cómo finalmente se llegó a los resultados que se observan en los gráficos anexos que establecen ciertas zonas de

mayor vulnerabilidad en el centro urbana de la ciudad de Valdivia.

Otra crítica que logro establecer a partir de la investigación anteriormente mencionada y mi experiencia al utilizar la metodología G.N.D.T es que si bien el método se plantea como una herramienta de inspección visual, esta cuenta con parámetros que en la práctica no pueden ser evaluados sin contar con documentación estructural del caso que se evalúa, lo cual se hace fundamental para poder aplicarla en el caso deseado. Es por esto, que debí descartar el análisis del Liceo de Hombres, pues al no dar con la planimetría estructural, el caso se vio fuera del alcance del método.

Por otro lado, dentro de los pro con los que cuenta el método G.N.D.T, se encuentra la flexibilidad que presenta en cuanto al poder agregar ámbitos a analizar, considerando que esto no altera mayormente la herramienta, sino más bien modifica el divisor empleado para llegar al índice de vulnerabilidad. Esta flexibilidad, me permitió el poder incorporar el ámbito urbano, factor que no es mayormente considerado en las metodologías existentes y que si tiene gran

incidencia en lo que es el poder determinar la vulnerabilidad sísmica de un caso en particular, más aun considerando el factor de que estos son recintos educacionales.

De igual manera, un aspecto favorable de este método es la facilidad de aplicación de la pauta una vez que se cuenta con todos los parámetros definidos, lo cual permite agilizar el proceso de evaluación en el caso de que se quisiera estudiar una muestra mayor de la cual se disponga información estructural previa.

Finalmente, a modo de proposición a la metodología, creo que sería favorable el que este método contara con una "Pauta B" que requiriera documentación técnica previo a la evaluación, de modo que esta se complementara con la "Pauta A" de evaluación visual. Aunque esta metodología no busque ser un análisis determinante, sino más bien ser una herramienta que logre sugerir el que se realicen evaluaciones más detalladas, esto permitiría contar con la opción de llegar a un resultado de mayor objetividad sin tener que necesariamente descartar aquellos casos que no disponen de esta información.

7.2

COMENTARIOS FINALES

La idea central de esta Tesis de Investigación, surge tras el desarrollo de mi *Seminario de Investigación*, que si bien trató una temática que no se relaciona directamente a nada de lo visto en este estudio, dio pie al querer aplicar metodologías de evaluación de vulnerabilidad en un ámbito diametralmente distinto al tratado en aquella instancia de manera que lograra relacionarse con la evaluación de construcciones patrimoniales, ya que es un factor que ha sido de mi interés a lo largo de mi formación académica.

Es por esto y aunque fue finalmente la combinación de diversos factores, que tras el terremoto del 19E que afectó a la ciudad de La Serena surge la instancia ideal para conjugar aquellas disciplinas aprendidas en esta facultad. Si bien, varios aspectos de esta investigación se transformaron en un desafío personal, fue un proceso enriquecedor que terminó por otorgarme nuevos aprendizajes y plantear de igual manera ciertas reflexiones que me gustaría mencionar a continuación a modo de cierre de este proceso:

Esto tiene relación principalmente con la Arquitectura educacional y el cómo se edifican nuestros recintos educacionales en la actuali-

dad. Al tener la experiencia de estudiar escuelas que fueron edificadas hace ya 70 años dentro de lo que fue la implementación del Plan Serena, quiero destacar diversas reacciones que surgen en mí tras finalizar este estudio.

Por un lado, debo mencionar que al comenzar este proceso y sin disponer de mayor información en cuanto al sistema estructural que conformaba a estos establecimientos, contaba con el prejuicio de creer que dado a la vida útil de dichas edificaciones, me encontraría con altos índices de vulnerabilidad, considerando la carencia de normativa sísmica en la época en la que fueron diseñados, la inexistencia de estudios de suelo y así sucesivos factores. Grata fue mi sorpresa al comenzar a analizar los casos y la documentación existente, dado que pese al desconocimiento de la época, la SCEE y el equipo a cargo fueron altamente visionarios respecto a múltiples factores, que permiten que dichos establecimientos se encuentren mayormente en buenas condiciones pese a los diversos sismos que han afectado a la ciudad.

Si bien cuentan con diversas irregularidades que aportan a aumentar la vulnerabilidad de cada caso, creo que esta astucia de la disciplina, la rigurosidad de los métodos y procesos constructivos de la época, sumado al sobredimensionamiento que presentan estos establecimientos dado la falta de conocimiento e investigación de diversos materiales y sus procesos que presentaba la normativa de la época como se pudo observar en esta investigación, fueron factores que finalmente nos entregan como resultado establecimientos educacionales de alta calidad constructiva, lo cual ha permitido esta permanencia en el tiempo.

Es en base a este relato que mi crítica se extiende más bien no a los casos evaluados en esta investigación, sino más bien a la manera en que actualmente construimos nuestros establecimientos educacionales. A lo largo de mi experiencia en terreno, no solo en los casos evaluados si no todos aquellos que quedaron fuera del margen de este estudio por algún u otro motivo, pude visitar en algunos casos, los nuevos bloques que se han construido de manera anexa a los establecimientos edificados por la SCEE. Fue en estas visitas y luego

de conversar con los encargados de dichos establecimientos que constaté que en muchos casos, los mayores daños se encuentran en los bloques recientemente edificados, algunos con zonas inoperativas dado los daños tras el terremoto del 19E, otros que debieron ser sometidos a múltiples reparaciones para estar operativos nuevamente u otros con evidente deterioro de su estructura.

Esta observación dejó en mí grandes cuestionamientos, considerando que al ser estos espacios que albergan principalmente población infantil, y son los principales recintos que deben responder ante una posible emergencia como centro de acopio o refugio para damnificados, ¿no debería existir mayor rigurosidad en cuanto a cómo levantamos nuestras escuelas en la actualidad? Y es que pareciera que nos encontramos ante estructuras frágiles, que si bien se encuentran diseñadas para no colapsar ante un sismo dada la estricta normativa constructiva que nos rige en la actualidad, conlleva a crear espacios que presentan múltiples problemáticas. Entre ellas, la inoperatividad a la que se ven expuestos estos recintos, sumado a la inyección económica que debe realizarse al invertir en múltiples reparaciones y al riesgo que aun así puede generar el desprendimiento de aquellos elementos no estructurales son factores no menores que deberían ser analizados.



Muros de bloques de cemento, Escuela Agrícola.
Fuente Elaboración propia.



CAPÍTULO

8

ETAPA
PROPOSITIVA

8.0 PROPUESTA

A partir de lo analizado en esta Tesis de Investigación, es que la propuesta se basa en generar un proyecto de recuperación estructural del tercer nivel del Colegio Japón, esto dado a que se presenta como uno de los casos con mayor índice de vulnerabilidad y porque en la actualidad se encuentra en desuso debido a los daños causados tras el terremoto del 19E. Este proyecto se abocará únicamente al punto F del Anexo A de la NCH433, el cual hace referencia a definir aquellas soluciones de reparación¹⁷ y refuerzo¹⁸.

Es importante destacar que la propuesta se basa en la inspección visual llevada a cabo, por lo que se realiza a **en base a supuestos**, considerando que no se realizaron evaluaciones patológicas con equipos especializados que lograran determinar con certeza la causa de la falla en la unión de la techumbre con los elementos verticales.

POSIBLES CAUSAS DE LESIONES Y PROPUESTA DE ACCIÓN:

Para poder actuar ante las lesiones presentes en la estructura, es de acción prioritaria el eliminar las causas de estas patologías antes de proceder a reparar los “síntomas” de esta. Sin

embargo, como se menciona en la Enciclopedia Broto de Patologías de Construcción, al igual que muchos supuestos de la patología constructiva, es complejo actuar sobre las causas directas. Es por esto que se debe poner el foco en anular las causas indirectas, que por lo general se encuentran relacionados a errores presentes en el proyecto o en su ejecución. (Broto, 2005)

1) Falla debido a problemas de resolución constructiva:

Una de las posibles causas, puede deberse a problemas de ejecución en la construcción de ambos elementos, comprendiendo que la falla podría deberse a la presencia de nidos en el hormigón dado el volumen de armadura entre la cadena y la losa de techumbre. De igual manera, otro factor que podría ser el causante de las fallas que se observan en la actualidad son las fallas constructivas en el apoyo de la losa de la techumbre en los elementos verticales, esto debido a diversos factores, entre ellos la mala resolución de los traslapes de la enfierradura presente en la unión de ambos elementos, lo cual podría deberse a la falta de estribos, o un amarre deficiente entre ambos elementos. Estos problemas de resolución, a diferencia de los otros casos evaluados,

Tabla 42: Caracterización urbana y estructural Colegio Japón. Elaboración propia.

Consideraciones análisis constructivo estructural:	Descripción
Terreno de fundación:	Prima fundación corrida. Cuenta con Zapatas aisladas y vigas de amarre.
Tipo de fundación:	Gravas arenosas y arcillosas
Estructura portante principal:	Albañilería confinada de ladrillos de cemento. Sistemas estructurales mixtos
Estructura vertical:	Albañilería confinada de ladrillos de cemento y hormigón.
Estructura horizontal:	Losa de hormigón y entepiso de madera
Estructura de techumbre:	Losa de hormigón y cerchas de madera
Estructura portante secundaria	Albañilería confinada de ladrillos de cemento
No portantes y decorativas:	Hormigón armado

Consideraciones análisis medioambiente y entorno:	Descripción
Condición del terreno:	Pendiente
Condiciones urbanas próximas	Entorno residencial y comercial
Relación entorno:	En lejanía a zona de mar
Características geográficas:	Emplazado en terraza inferior
Caracterización zona sísmica:	Zona 3

17. La recuperación estructural se denomina “reparación” cuando a una estructura dañada se le restituye al menos su capacidad resistente y su rigidez original. (Chile, 2009)

18. La recuperación estructural se denomina “refuerzo” cuando a una estructura dañada o sin daños se le modifican sus características a modo de alcanzar un nivel de seguridad predeterminado mayor al original. (Chile, 2009)

podría verse acentuado, y podría haber presentado fallas debido a la carencia de diafragma rígido en el entrepiso del tercer nivel.

Propuesta de acción: Ante la presencia de nidos por posibles fallas en la ejecución en la interacción de ambos elementos (techumbre y elementos verticales) se procederá en primera instancia a picar la zona afectada, hasta llegar al hormigón "sano" desde el cual se comenzará a reconstruir el elemento. Esta acción permitirá delimitar la profundidad de la grieta y a su vez, constatarelestadodelhormigónparaasídescartarla existencia de otras patologías que no hayan sido percibidas en la inspección visual.

2) Fallas debido a la carencia de juntas de dilatación: Ya sea por fallas debido a esfuerzos higrotérmicos que se hayan dado en la estructura de cubierta o por lesiones de esfuerzo mecánico, la carencia de juntas de dilatación entre estos elementos podría ser la causa de las grietas y fisuras que se presentaron en los elementos verticales y en la techumbre luego del terremoto del 19E.

Propuesta de acción: Pese a su complejidad, proceder a realizar un corte en la edificación para introducir una nueva estructura paralela de soporte.

3) Falla por lesión de aplastamiento: Este proceso patológico, si bien es poco probable, podría ser una de las causas de las fallas presentes en el tercer nivel. Esta lesión mecánica podría deberse a la fatiga de los materiales, bien por haber alcanzado su límite de resistencia en el tiempo considerando la vida útil con la que cuenta el edificio, o porque su estructura ha estado sometida a tensiones superiores de las que puede resistir, dando como resultado las fallas presentes.

Propuesta de acción: Se propone la implementación de pórticos ocultos, que formen una especie de arco que circunden el área afectada, para así contrarrestar la carga que reciben estos elementos, para así evitar que el daño en estos elementos sea progresivo.

Reparación de grietas y fisuras:

Finalmente para actuar sobre los daños presentes en la estructura, se propone que por un lado, la reparación de grietas se realice mediante el cosido de estas. Esto podría realizarse mediante dos métodos. Uno de ellos, es el cosido mediante la inyección de resina epóxica, previo sellado de estas con silicona, para finalmente colmatarla con yeso o algún material que disimule la intervención de la superficie.

Otro método que podría emplearse sería el cosido mediante grapas metálicas, en la cual se insertan piezas en u a lo largo de la lesión, con una separación de 30-50 cm, para posteriormente fijarlas con mortero y sellar la intervención.

Refuerzo de elementos verticales:

Se propone el refuerzo de estos elementos, para evitar futuras fallas en la estructura, con malla de fibra de carbono adheridas con adhesivo epóxico, para incrementar su resistencia. En esta intervención, se deberán eliminar los resaltos en los muros para asegurar su adherencia previo a la instalación, para finalmente realizar las terminaciones correspondientes.



Patio interior Liceo Gabriel Gonzalez Videla.
Fuente Elaboración propia.



CAPÍTULO

9

BIBLIOGRAFÍA
E ÍNDICES

9.0 BIBLIOGRAFÍA

A - B

Acuña, D. (2011). Gestión del Riesgo por Desastres, Propuesta metodológica para identificar y analizar condiciones de vulnerabilidad de las edificaciones en el centro histórico de La Serena. Santiago.

AFDA. (2019). Archivo Fotográfico Dirección de Arquitectura. Obtenido de MOP: <http://www.afda.cl/>

Alvayai, D. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad del casco urbano de la ciudad de Valdivia. Empleando índices de vulnerabilidad. Valdivia.

Aranda, P. (2000). Índice Cualitativo de Vulnerabilidad Sísmica Aplicada a Edificios en Concepción, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción. Concepción.

Archivo Desastres. (2019). www.archivodesastres.cl. Obtenido de 1943 El terremoto y la “desgracia” del Norte Chico. https://docs.wixstatic.com/ugd/3e8129_9b0adc1ce4194aba8df888c09b4bb300.pdf

Argüello, M. (2004). Riesgo, Vivienda y Arquitectura. San Juan, Argentina: Conferencia ARQUISUR.

Arnold, C. & Robert, R. (1987). Configuración y Diseño Sísmico de Edificios.

Benedetti, D; Petrini, V. (1984). Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura. Un metodo di valutazione.

Broto, C. (2005). Enciclopedia Broto de Patologías de Construcción.

C - D

Carimán, B. (2012). El “problema educacional” entre 1920-1937. Talca: Universum N°27, VOL II.

Chile. (1930). Normas Administrativas para la Ejecución de Construcciones de Hormigón Armado. Santiago.

Chile. (1930). Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edificación Fiscal. Santiago.

Chile. (1936). Ley y Ordenanza General Sobre Construcciones y Urbanización. Santiago de Chile.

Chile. (1951). Plan de Fomento y Urbanización para las Provincias de Chile. Santiago de Chile.

Chile. (2009). Norma Chilena NCh 433of96Mod2009 . Diseño sísmico de edificios. Santiago.

Chile. (2018). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Chile, G. d. (1920). Ley N° 3.654 Sobre Educación Primaria Obligatoria. Santiago, Chile.

CMN. (2019) Consejo de Monumentos Nacionales. Definición de categorías de monumentos. Obtenido de <https://www.monumentos.gob.cl/monumentos/definicion>

Colegio de Arquitectos. (Octubre 1968). CA. Revista oficial del Colegio de Arquitectos de Chile . no.3, 23-41.

Cortés, O. (2015). Propiedades que definen los materiales resilientes en arquitectura. Bogotá.

CSN. (2019). Centro Sismológico Nacional de Chile. Obtenido de <http://www.sismologia.cl/links/glosario.html#def9>

Díaz, C. (2014). Análisis de microvibraciones del suelo de la ciudad de La Serena. La Serena .



El Observa Todo. (Junio de 2014). El Observa Todo. Obtenido de Diario Ciudadano: <http://www.elobservatodo.cl/noticia/sociedad/lluvias-causaron-estragos-en-universidades-e-institutos-de-la-serena-y-coquimbo>.

Eliash Humberto, M. M. (1989). Arquitectura y Modernidad en Chile 1925-1965, . Santiago: Universidad Católica de Chile.

Eliash, H., & Tuca, I. (2014). Juan Martínez Gutiérrez y su aporte a la construcción de una imagen del estado.

Facultad de Medicina Universidad de Chile. (s.f.). Medicina.Uchile. Obtenido de Reseña Histórica: <http://www.medicina.uchile.cl/facultad/historia/resena-historica/resena-anos-1939-presente>

Faraci, M., & Litvin, F. (2018). Educación y Arquitectura. El espacio de la arquitectura escolar. VII Jornadas de Investigación "Encuentro y Reflexión".

Farías, C. (22 de Enero de 2019). Columna de sismología: El potente terremoto de Coquimbo, su cronología, y por qué se sintió tan fuerte. La Tercera .

FEMA. (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook .

Fernández, J. (2012). Síntesis de la evolución histórica experimentada por la legislación urbanística chilena. Revista de Derecho N°28, 51-75.

Fierro, M. T. (2015). Primer Ensayo Urbanístico Regional, Modernidad en La Serena, 1946 – 1952. La Serena.

Fierro, M. T., Orellana, A., & Díaz, M. (2015). De ciudad mediterránea a metrópolis costera, el caso de gran La Serena. La Serena.

Fuentes, P. (2015). Vanguardia artística y arquitectura moderna en Chile. Revista 180, 8

G - |

Gent, K., Astroza, M. A., & Giuliano, G. M. (2005). Calibración del índice de vulnerabilidad del G.N.D.T. a las edificaciones chilenas: estructuras de albañilería confinada. Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica IX Jornadas. Concepción, Chile.

Gobierno de Chile. (2019). Plan de Reconstrucción 19E. Coquimbo.

González, V. G. (1953). Memorias, Vigésima Novena Parte, Plan Serena.

Guevara, T. (2009). Arquitectura Moderna en zonas sísmicas. Gustavo Gili.

INE. (2017). Resultados Censo. La Serena.

Ingeniería Civil UC, Departamento de Estructuras y Geotécnica. (s.f.). La ingeniería antisísmica. Santiago.

INPRES. (2019). Medición de los sismos. San Juan: Instituto Nacional de Prevención Sísmica.

Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN). (2016). Colección Normativas Chilenas.

J - L

Junemann, A. (1999). Investigación Arquitectura del Inicio del Modernismo. Oficina Gustavo Monckeberg y José Aracena, Arquitectos y la Arquitectura Educativa 1920-1950 (Chile). Santiago.

Lantafa, M. N. (2007). Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas gis. Aplicación a la ciudad de Barcelona. Barcelona.

Lazcano, P., & Corvalán, F. (2019). ¿Fue un terremoto o un temblor? La Tercera.

Loyola, C. (2018). "Hacia un nuevo modelo económico", in Historia de la educación en Chile (1810-2010), ed. Sol Serrano et al, vol. III. . Penguin Random House Group Editorial.

Lynch, K. (1972). What time is this place? MIT Press.

M - O

Memoria Chilena. (2019). Formando a los profesores en Chile. Obtenido de Escuelas Normales en Chile (1842-1974): <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-100627.html#presentacion>.

Mena, U. (2002). Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. Barcelona.

MINEDUC. (2017). Revista de Educación N°381. REVEDUC, 45.

MINVU. (2019). Sitio web. Chile.

Monroy, R. (2007). Patologías en estructuras de hormigón armado aplicado a marquesina del Parque Saval. Valdivia.

Mouroux, P. (2006). Presentation of RISK-UE Project.

ONEMI. (2018). Habitabilidad transitoria en desastres en Chile 2014-2018.

Ovalle, K. (2017). Arquitectura resiliente.

P - R

Pareja, F. (2011). Aplicación del índice de vulnerabilidad G.N.D.T para edificaciones patrimoniales en iglesia Santa Ana, Valparaíso, Chile.

Patrimonio La Serena. (2019). Patrimonio La Serena. Obtenido de http://patrimonio.laserena.cl/serena_antigua.php

Pérez, F. (2017). Arquitectura en el Chile del Siglo XX, Volumen 2. Santiago: ARQ.

Romaná, T. (2004). Arquitectura y Educación: Perspectivas y Dimensiones. Revista Española de Pedagogía N°228, 199-220.

Roth, A. (1958). The New School. New York: Praeger.

Ruiz, S. (2014). Análisis de microvibraciones del suelo de la ciudad de La Serena. Universidad de La Serena.

S

Safina, S. (2002). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico , Tesis Doctoral. Barcelona.

Saguéz, O. (1956). Urbanismo y Plan Serena, Un ensayo sobre la transformación urbanística planificada de una región.

SERNAGEOMIN. (2019). Servicio Nacional de Geología y Minería. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/peligrosgeologicos/>

Serrano, S., & et.al. (2018). Historia de la educación en Chile (1810-2010). Tomo III. Taurus.

Soto, E. (2018). Comparación de los métodos FEMA 154, Hirosawa y Demanda y Resistencia, para evaluar vulnerabilidad sísmica en infraestructura educativa- Baños del Inca. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.

SUBDERE. (2019). Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Obtenido de <http://www.subdere.gov.cl/organizaci%C3%B3n/quienes-somos>.

T - U

Torrent, H. (2004). Patrimonio territorial y arquitectónico: El Plan Serena. La Serena: Proyecto Fondecyt N° 1000325/04.

Torres, C., & Maino, S. (2015). Evolución de los sistemas constructivos en la arquitectura escolar chilena del Siglo XX. Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción 2015.

Torres, C., Valdivia, S., & Atria, M. (2015). Arquitectura escolar pública como patrimonio moderno en Chile. Santiago.

Ulriksen, G. (1952). Bases para la planeación regional del Norte Chico . Santiago de Chile: Tesis en Planeamiento para optar al Título de Arquitecto.

V - W

Vurguey, V. (2004). La perspectiva pedagógica didáctica en el pensamiento de Simón Rodríguez y su expresión en el proyecto educativo nacional.

Wang, M. (1981). Stylistic Dogma vs. Seismic Resistance: The Contribution of Modernist Tenets to an Algerian Disaster. Washington D.C: Ala Journal.

9.1 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales fallas que pueden ocurrir ante la acción de un sismo.	28
Figura 2: Mapa de Sismicidad Global, realizado a partir de la ubicación de terremotos ocurridos a partir de 1966, con magnitud mayor a 6 en escala Richter	29
Figura 3: Zonas de subducción y tipos de sismos que se producen según su interacción.	30
Figura 4: Ubicación Placas Tectónicas	31
Figura 5: Terremotos en Chile. Elipses grafican zona de ruptura de terremoto.	31
Figura 6: Terremotos en Chile. Elipses grafican zona de ruptura de terremoto.	33
Figura 7: Terremotos que han afectado a la región. Elaboración propia.....	34
Figura 8: Cantidad de establecimientos educacionales reportados con daños y cantidad de estudiantes por nivel de afectación.	35
Figura 9: Dimensión de elementos constructivos, según la LGUC de 1936	41
Figura 10: Dimensión de elementos estructurales, según la LGUC de 1936.	42
Figura 11: Disposiciones referentes a la morfología, según la LGUC de 1936.	43
Figura 12: Morfologías en planta desfavorables ante la acción de un sismo.	43
Figura 13: Requisitos de locales escolares, según la LGUC de 1936.	44
Figura 14: Requisitos para escaleras en locales escolares, según la LGUC de 1936.	44
Figura 15: Clasificaciones existentes para cuantificar los estudios de vulnerabilidad.....	51
Figura 16: Indicador (K_i) establecidas por el método GNDT para edificaciones de hormigón.	55
Figura 17: Indicadores (K_i) establecidas para esta Tesis de investigación	61
Figura 18: El edificio singular.	74
Figura 19: Los cinco puntos de Le Corbusier (1926).....	75
Figura 20: Críticas de Marcy Wang a los cinco puntos de Le Corbusier	75
Figura 21: Centro histórico La Serena, 1957.	77
Figura 22: Sagrado Corazones de Alameda 1911.....	83
Figura 23: Planta Sagrado Corazones de Alameda.....	83
Figura 24: Casa Central Universidad de Chile 1872.....	83
Figura 25: Planta Casa Central Universidad de Chile 1872	83
Figura 26: Campus Norte Facultad de Medicina Universidad de Chile.	83

Figura 27: Planta Campus Norte Facultad de Medicina Universidad de Chile	83
Figura 28: Torres en tipologías educacionales, en imágenes Liceo Gabriel González Videla y Escuela Agrícola.	84
Figura 29: Establecimientos educacionales elaborados bajo el Plan Serena	84
Figura 30: Inspección Escolar	84
Figura 31: Liceo de Niñas	84
Figura 32: Inspección Escolar	84
Figura 33: Escuela Normal de Mujeres	84
Figura 34: Croquis geomorfológico que compone la ciudad de La Serena y Coquimbo. Definido por MINVU (2007).....	91
Figura 35: Colegio Japón y su entorno	92
Figura 36: Distribución Pabellones.....	93
Figura 37: Plantas arquitectura Colegio Japón	93
Figura 38: Zonificación entorno próximo Colegio Japón.....	94
Figura 39: Vías de evacuación Colegio Japón.....	94
Figura 40: Perfiles de calle, Colegio Japón.....	95
Figura 41: Plano Nolli Colegio Japón.	95
Figura 42: Elevaciones Colegio Japón.....	96
Figura 43: Planta estructura nivel zócalo	97
Figura 44: Zócalo Colegio Japón	97
Figura 45: Zócalo Colegio Japón	97
Figura 46: Zócalo Colegio Japón	97
Figura 47: Planta estructura 1er y 2do nivel, Colegio Japón.	98
Figura 48: 2do nivel Colegio Japón.....	99
Figura 49: 2do nivel Colegio Japón.....	99
Figura 50: 2do nivel Colegio Japón.....	99
Figura 51: Escuela de Minas y su entorno	104
Figura 52: Distribución pabellones Escuela de Minas.	105
Figura 53: Bloque H desde patio interior.....	105

Figura 54: Planta arquitectura nivel subterráneo.	106
Figura 55: Planta arquitectura primer nivel.	106
Figura 56: Planta arquitectura segundo nivel.....	107
Figura 57: Planta arquitectura tercer nivel.	107
Figura 58: Zonificación entorno próximo Escuela de Minas.	108
Figura 59: Vías de evacuación Escuela de Minas	108
Figura 60: Perfiles de calle, Escuela de Minas.	109
Figura 61: Plano Nolli Escuela de Minas.	109
Figura 62: Elevaciones Escuela de Minas.	110
Figura 63: Plantas de estructura, Escuela de Minas.....	111
Figura 64: Esquema losas críticas en bloque A, Escuela de Minas.	112
Figura 65: Superficie vidriada escalera	113
Figura 66: Juntas de dilatación bloque A	113
Figura 67: Grietas en tercer nivel bloque A.....	113
Figura 68: Segundo nivel bloque A	116
Figura 69: Vanos que separan pórticos de muros	116
Figura 70: Plantas de estructura subterráneo y primer nivel, Escuela de Minas.....	118
Figura 71: Plantas de estructura segundo y tercer nivel, Escuela de Minas	119
Figura 72: Esquema losas críticas en bloque B, Escuela de Minas.	120
Figura 73: Circulaciones 2do nivel bloque B.....	121
Figura 74: Juntas de dilatación bloque B.	121
Figura 75: Segundo nivel bloque B	121
Figura 76: Nivel subterráneo bloque B.....	124
Figura 77: Contexto hacia calle Infante.....	124
Figura 78: Escuela Agrícola y su entorno	126
Figura 79: Distribución pabellones Escuela Agrícola.....	127
Figura 80: Planta primer nivel Campus Escuela Agrícola.....	127
Figura 81: Zonificación entorno próximo Escuela Agrícola.....	128

Figura 82: Vías de evacuación Escuela Agrícola.....	128
Figura 83: Perfiles de calle, Escuela Agrícola.....	129
Figura 84: Plano Nolli Escuela Agrícola.....	129
Figura 85: Planta arquitectura bloque E Escuela Agrícola.....	130
Figura 86: Elevaciones Escuela Agrícola.....	130
Figura 87: Planta estructura bloque E Escuela Agrícola.....	131
Figura 88: Esquema losas críticas en bloque E, Escuela Agrícola.....	132
Figura 89: Asentamiento observado en terreno en elementos verticales.....	132
Figura 90: Desprendimiento de material en elementos estructurales Escuela Agrícola.....	133
Figura 91: Daño en elementos verticales, Escuela Agrícola.....	133
Figura 92: Fachada norte bloque E. Escuela Agrícola.....	133
Figura 93: Inundación Campus EMG, tras temporal 11 de junio 2014.....	136
Figura 94: Fachada norte bloque E, Escuela Agrícola.....	136
Figura 95: Plantas de arquitectura primer y segundo nivel, Escuela Agrícola.....	138
Figura 96: Plantas de estructura primer y segundo nivel, Escuela Agrícola.....	139
Figura 97: Plantas de estructura segundo nivel, Escuela Agrícola.....	140
Figura 98: Obras de reparación techumbre bloque G Escuela Agrícola.....	141
Figura 99: Escalera interior bloque G, Escuela Agrícola.....	141
Figura 100: Junta de dilatación bloque G, Escuela Agrícola.....	141
Figura 101: Interior bloque G, Escuela Agrícola.....	144
Figura 102: Grietas presentes en bloque G, Escuela Agrícola.....	144
Figura 103: Liceo de Niñas y su entorno.....	146
Figura 104: Distribución pabellones Liceo de Niñas.....	147
Figura 105: Planta emplazamiento y distribución el primer nivel Liceo de Niñas.....	147
Figura 106: Plantas arquitectura bloque F, Liceo de Niñas.....	148
Figura 107: Fachada Norte bloque F, Liceo de Niñas.....	149
Figura 108: Zonificación entorno próximo Liceo de Niñas.....	150
Figura 109: Vías de evacuación Liceo de Niñas.....	150

Figura 110: Perfiles de calle, Liceo de Niñas.....	151
Figura 111: Plano Nolli Liceo de Niñas	151
Figura 112: Elevaciones Bloque F Liceo de Niñas	152
Figura 113: Plantas estructura Bloque F. Liceo de Niñas.....	153
Figura 114: Esquema losas críticas en bloque F, Liceo de Niñas.....	154
Figura 115: Circulaciones 1er nivel bloque F, Liceo de Niñas	155
Figura 116: Circulaciones 2do nivel bloque F, Liceo de Niñas	155
Figura 117: Circulaciones 3er nivel bloque F, Liceo de Niñas	155
Figura 118: Entrepiso de madera presente en salas de 3er nivel, bloque F Liceo de Niñas.	158
Figura 119: Grietas en campo de losa 2do nivel. Bloque F Liceo de Niñas	158
Figura 120: Universidad Técnica y su entorno.....	160
Figura 121: Plantas arquitectura, Casa Central.....	161
Figura 122: Zonificación entorno próximo Universidad Técnica	162
Figura 123: Vías de evacuación Universidad Técnica	162
Figura 124: Perfil de calle, Universidad Técnica.....	163
Figura 125: Plano Nolli Universidad Técnica	163
Figura 126: Elevaciones Casa Central	164
Figura 127: Plantas estructura Casa Central	165
Figura 128: Esquema losas críticas Casa Central	166
Figura 129: Subterráneo Casa Central	167
Figura 130: Primer nivel Casa Centra	167
Figura 131: Segundo nivel Casa Central	167
Figura 132: Segundo nivel Casa Central	170
Figura 133: Fachada poniente Casa Central	170

9.2 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos y técnicas que se implementarán en la investigación	22, 23
Tabla 2: Evolución normativa chilena de diseño sismorresistente.	37
Tabla 3: Clases establecidas según la OGUC de 1936	42
Tabla 4: Comparación entre normativas de la época y actual legislación.....	45
Tabla 5: Clasificación de metodologías de vulnerabilidad existentes	51
Tabla 6: Parámetros que contribuyen a la vulnerabilidad de los edificios de H.A.....	54
Tabla 7: Resumen metodología G.N.D.T.....	55
Tabla 8: Método G.N.D.T adaptado para edificios de H.A en Valdivia	55
Tabla 9: (Wi) Empleados por autores chilenos en edificaciones de H.A.	58
Tabla 10: (Wi) Empleados por autores chilenos en edificaciones de alb	59
Tabla 11: Metodología G.N.D.T adaptada	61
Tabla 12: Comparación método original y adaptaciones chilenas	62
Tabla 13: Operaciones realizadas por cada variable.	63
Tabla 14: Extensión de vulnerabilidad y acción a realizar	64
Tabla 15: Pauta de evaluación.	65
Tabla 16: Análisis parámetros de planificación Carta de Atenas	76
Tabla 17: Variables para selección de casos.	88,89
Tabla 18: Variables para selección de casos.	90
Tabla 19: Resultados aplicación evaluación Colegio Japón.....	100,101
Tabla 20: Desglose Evaluación	102
Tabla 21: Análisis resultados aplicación evaluación Colegio Japón.	103
Tabla 22: Resultados aplicación evaluación bloque A Escuela de Minas	114,115
Tabla 23: Desglose Evaluación. Bloque A Esc. De Minas	114
Tabla 24: Análisis resultados aplicación evaluación Bloque A Escuela de Minas	117
Tabla 25: Resultados aplicación evaluación bloque B Escuela de Minas	122,123
Tabla 26: Desglose evaluación Bloque B, Escuela de Minas.....	124
Tabla 27: Resultados aplicación evaluación bloque E Escuela Agrícola	134,135
Tabla 28: Desglose evaluación Bloque E, Escuela Agrícola.	136
Tabla 29: Análisis resultados aplicación evaluación Bloque E Escuela Agrícola	137
Tabla 30: Resultados aplicación evaluación bloque G Escuela Agrícola	142,143

Tabla 31: Desglose evaluación Bloque G, Escuela Agrícola.	144
Tabla 32: Análisis resultados aplicación evaluación Bloque G Escuela Agrícola	145
Tabla 33: Resultados aplicación evaluación bloque G Escuela Agrícola	157
Tabla 34: Desglose evaluación bloque F, Liceo de Niñas	158
Tabla 35: Análisis resultados aplicación evaluación bloque F Liceo de Niñas.....	159
Tabla 36: Resultados aplicación evaluación Universidad	168,169
Tabla 37: Desglose evaluación Universidad Técnica	170
Tabla 38: Análisis resultados aplicación evaluación Casa	171
Tabla 39: Análisis irregularidades presentes en cada caso	172,173
Tabla 40: Índices de vulnerabilidad obtenido por casa caso	174
Tabla 41: Comparación resultados obtenidos por variables.....	175
Tabla 42: Comparación resultados obtenidos por variables.....	186

9.3 ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 0: Categoría de daños propuestos por Küpfer 1993	199
Anexo 1: Descripción gráfica parámetros evaluados en la variable contexto	198,199
Anexo 2: Descripción parámetros evaluados en la variable emplazamiento	200
Anexo 3: Descripción parámetros evaluados en la variable de conformación vol	201,202
Anexo 4: Descripción parámetros evaluados en la variable de diseño antisísmico	203
Anexo 5: Descripción de parámetros evaluados en la variable de organización est. vertical.	204,205
Anexo 6: Descripción parámetros evaluados en la variable de calidad sistema vertical	206,207
Anexo 7: Descripción parámetros evaluados en la variable de estructura de entepiso	208,209
Anexo 8: Descripción parámetros evaluados en la variable de techumbre.....	210,211
Anexo 9: Descripción parámetros evaluados en la variable de elementos no estructurales	212
Anexo 10: Descripción parámetros evaluados en la variable de estado de conservación	213



Patio interior Liceo Gregorio Cordovéz.
Fuente Elaboración propia.



CAPÍTULO

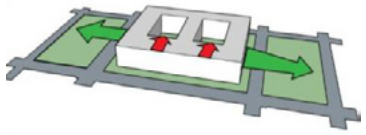
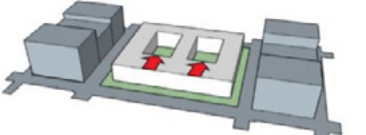
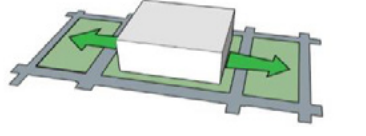
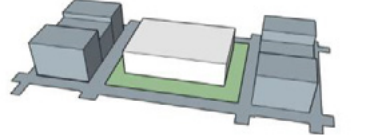
10

ANEXOS

10. ANEXOS

Anexo 1: Descripción gráfica parámetros evaluados en la variable contexto. Elaboración propia.

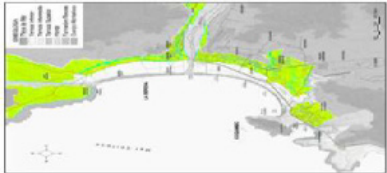
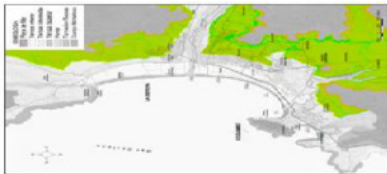
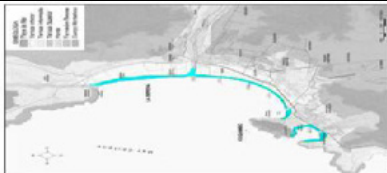
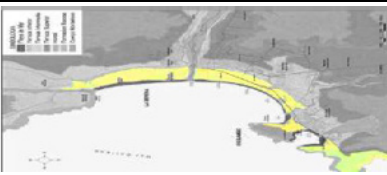




Subparámetro	Descripción del subparámetro	Esquema
Vías de evacuación	A Múltiples vías de evacuación, de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con bajo flujo	
	B Vías de evacuación de óptimas proporciones hacia calles perimetrales con múltiples flujo	
	C Cuenta con vías de evacuación de malas proporciones, hacia calles perimetrales de alto flujo	
	D Edificio no cuenta con vías de evacuación expeditas hacia el entorno	
Distancia entorno próximo	A Se encuentra aislado y no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
	B No se encuentra aislado, pero no afecta, ni puede verse afectado por el daño en su entorno	
	C Se encuentra aislado, pero proporción de vías aledañas pone en riesgo el daño que podría sufrir o causar	
	D No se encuentra aislado y debido a la distancia con su entorno podría afectar, o verse afectado por el daño en edificaciones aledañas	

Zonas seguras de evacuación	A	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación al interior y al exterior del conjunto	
	B	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al interior del conjunto	
	C	El edificio cuenta con espacios seguros de evacuación solo al exterior del conjunto	
	D	Edificio no cuenta con espacios seguros de evacuación	

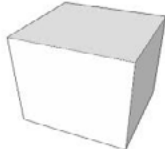
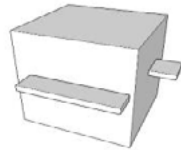
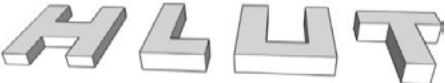
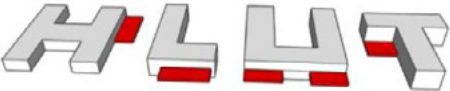
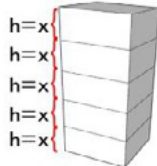
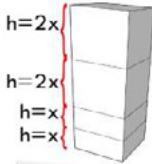
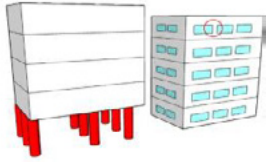
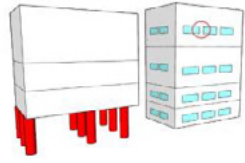
Anexo 0: Categoría de daños propuestos por Küpfer 1993. Fuente: Gent, Atroza&Giuliano

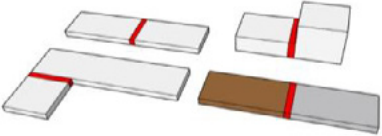
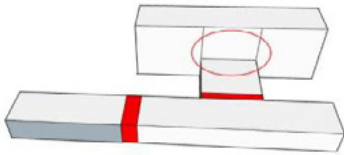
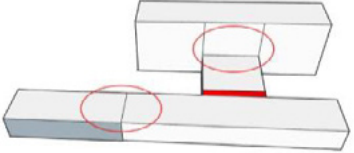
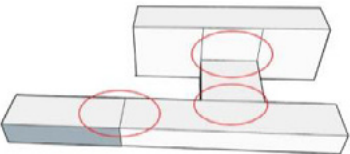
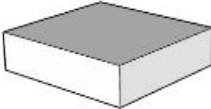
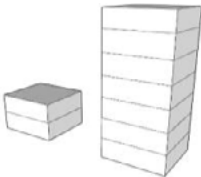
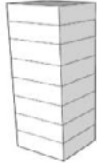
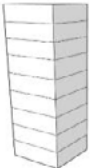
Categoría	Extensión de daños general	Acción a adoptar
0. Sin daño	Sin daños	No se requiere acción
1. Daño no estructural pequeño	Grietas finas en estucos, caídas de trozos de estuco en zonas limitadas.	No se requiere evacuar el edificio. Se requiere sólo reparaciones arquitectónicas.
2. Daño estructural pequeño	Pequeñas grietas en muros de albañilería, desprendimiento de grandes trozos de estuco en zonas extendidas. Daños en elementos no estructurales como chimeneas, comisas, etc. La capacidad resistente de la estructura no está reducida apreciablemente. Fallas generalizadas en elementos no estructurales.	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones arquitectónicas para asegurar su conservación.
3. Daño estructural moderado	Grietas grandes y profundas en muros de albañilería, extenso agrietamiento en muros, columnas y machones de hormigón armado. Inclinación o caída de chimeneas, estanques y plataformas de escalas. La capacidad resistente de la estructura está parcialmente reducida.	Se debe alzapimar y evacuar el edificio para reocuparlo después de la restauración y refuerzos. Es necesario ejecutar una restauración estructural y un refuerzo sísmico, anterior al tratamiento arquitectónico.
4. Daño estructural severo	Se caen trozos de muros interiores y exteriores, y se producen desplomes entre sus trozos. Corte en elementos que unen partes de edificios. Aproximadamente falla un 40% de los elementos estructurales principales. El edificio toma una condición peligrosa.	Se debe alzapimar y evacuar el edificio. Este debe ser demolido o exige extensos trabajos de restauración y refuerzo antes de ser ocupado nuevamente.
5. Colapso	Colapso de una parte o total del edificio	Despejar sitio y reconstruir

Anexo 2: Descripción parámetros evaluados en la variable emplazamiento
Fuente: Elaboración propia.

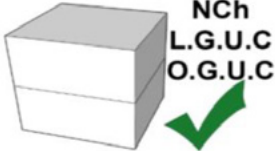
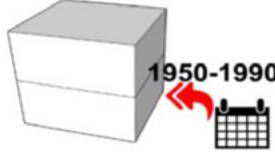
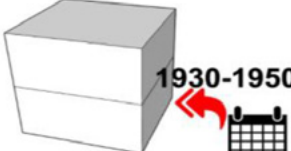

Subparámetro	Descripción del subparámetro	Esquema
Calidad del suelo	A Se emplaza en terraza intermedia	
	B Se emplaza en terraza superior	
	C Se emplaza en terraza playa de mar	
	D Se emplaza en terraza inferior	
Fundaciones	A La edificación no presenta asentamientos en su conjunto	
	B La edificación evidencia asentamientos leves en una parte del conjunto	
	C La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor en una parte del conjunto	
	D La edificación evidencia asentamientos de carácter mayor casi todo el conjunto	

**Anexo 3: Descripción parámetros evaluados en la variable de conformación vol.
Fuente: Elaboración propia.**

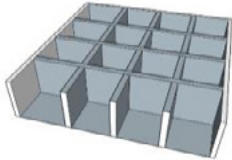
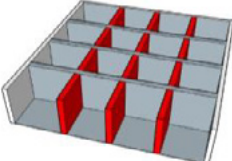
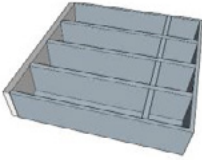
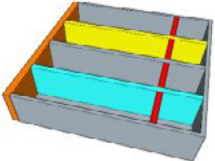
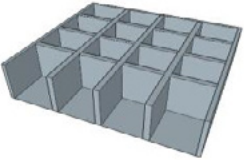
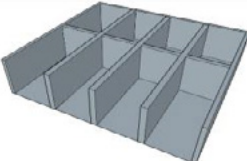
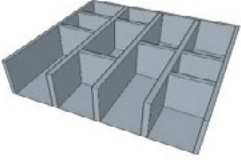
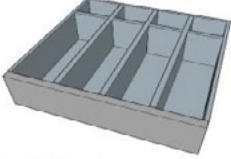
Subparámetro	Descripción del subparámetro	Esquema
Morfología	A Volumen es regular y no tiene salientes en su conformación	
	B Volumen es regular pero tiene salientes en su conformación	
	C Volumen es irregular, no posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T	
	D Volumen es irregular, posee salientes y su morfología tiene geometrías de H,L,U,T	
Regularidad en elevación	A Altura de edificación es regular en todos sus niveles	
	B Altura de edificación es regular en el 50% de sus niveles	
	C Altura es regular en sus niveles, pero evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta	
	D Altura es irregular en sus niveles y evidencia la existencia de piso blando y/o columna corta	

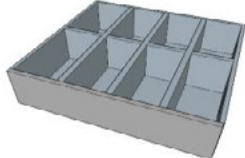
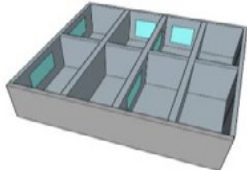
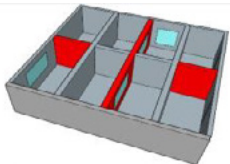
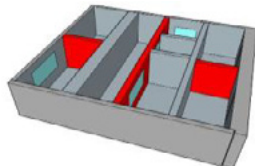


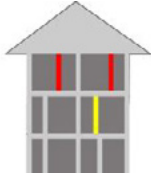
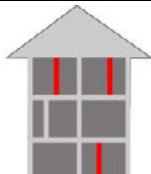
Juntas sísmicas	A	Dispuestas en todo cambio de la edificación, ya sea si esta supera distancia máxima, en cambios de altura, sistema estructural y/o geometría.	
	B	Cuenta con juntas de dilatación en gran parte del conjunto, pero carece de ellas en ciertos cambios de la edificación	
	C	El edificio carece en su mayoría de juntas de dilatación en puntos importantes del conjunto	
	D	El edificio no cuenta con juntas de dilatación	
Número de pisos de la edificación	A	Edificación cuenta con 1 solo piso	
	B	Edificación cuenta con 2-7 pisos	
	C	Edificación cuenta con 8 pisos	
	D	Edificación cuenta con más de 8 pisos	

**Anexo 4: Descripción parámetros evaluados en la variable de diseño antisísmico.
Fuente: Elaboración propia.**

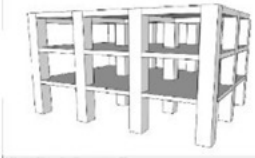
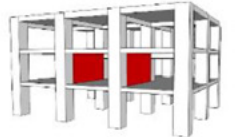
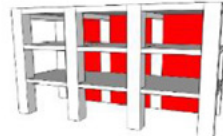
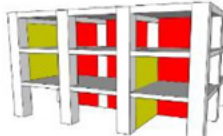
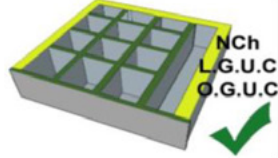
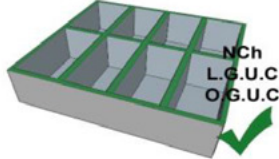
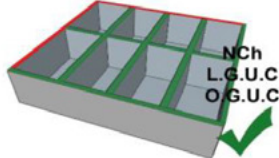
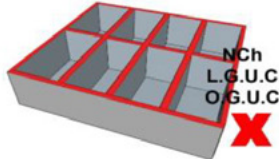
Subparámetro	Descripción del subparámetro	Esquema	
Diseño antisísmico	A	Edificio fue diseñado con los parámetros establecidos por actual normativa antisísmica	
	B	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1950-1990 NCh 170 (1952), NCh 429 (1956), NCh 430 (1961), NCh433 (1972), NCh 1537 (1986)	
	C	Edificio fue diseñado bajo normativa de 1930-1950 (E.T gen para edificios fiscales (1930), Normas para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edif. Fiscal (1930) y/o O.G.U.C de 1936)	
	D	Edificio no fue diseñado bajo ninguna normativa antisísmica	

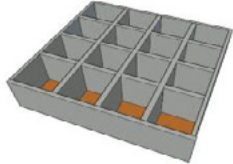
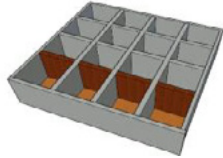
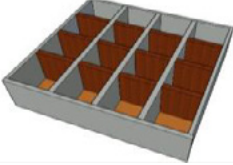
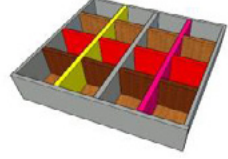
Anexo 5: Descripción de parámetros evaluados en la variable de organización est. vertical.
Fuente: Elaboración propia.

Subparámetro	Descripción del subparámetro		Esquema
Distancia entre ejes estructurales	A	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en ambos sentidos	
	B	Ejes están repartidos homogéneamente y son de la misma materialidad en un sentido	
	C	Ejes no están repartidos homogéneamente pero son mayormente de la misma materialidad	
	D	Ejes no están repartidos homogéneamente y son de diversas materialidades	
Cantidad de ejes estructurales	A	Posee espacios reducidos y múltiples ejes estructurales en ambas direcciones	
	B	Espacios de mayor proporción y misma cantidad de ejes estructurales en ambas direcciones	
	C	Posee múltiples ejes que subdividen la edificación en espacios de diversas proporciones	
	D	Ejes estructurales se encuentran muy distanciados y se evidencian grandes espacios	


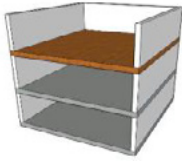
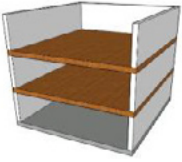
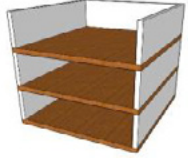
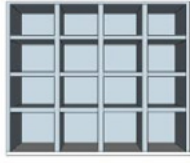
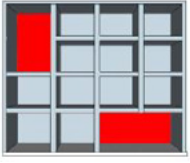
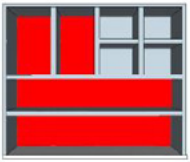
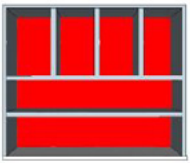
Rigidez de ejes estructurales	A	Ejes transversales y longitudinales no poseen aberturas, tienen misma materialidad y espesores	
	B	Ejes transversales o longitudinales poseen misma materialidad, espesores y aberturas	
	C	Ejes transversales o longitudinales poseen un parámetro de igual rigidez (materialidad, espesor, aberturas)	
	D	Ejes son muy diversos en cuanto a su materialidad, espesores y aberturas en ambas direcciones	
Continuidad de ejes estructurales	A	Ejes son continuos en todos los niveles de la edificación	
	B	Edificio presenta discontinuidades menores en un solo nivel	
	C	Edificio presenta discontinuidades mayores en uno o dos niveles	
	D	Edificio presenta discontinuidades en la mayoría de sus niveles	


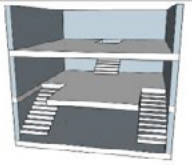
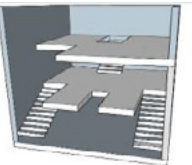
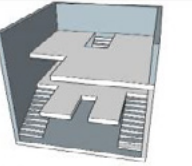
Anexo 6: Descripción parámetros evaluados en la variable de calidad sistema vertical.
Fuente: Elaboración propia.

Subparámetro	Descripción del subparámetro	Esquema
Tipo de sistema estructural	A La totalidad de la edificación se compone a partir de muros o pórticos	
	B Edificación se compone mayormente de un solo sistema (muro o pórtico) pero evidencia cambios de sistema en algunas zonas	
	C Edificación se compone de un sistema en ejes transversales y de otro sistema en longitudinales	
	D Edificación se compone a partir de sistemas mixtos y combinados en ambos ejes	
Espesores de muro	A Espesores en toda la edificación cumplen con actual normativa y cuenta con elementos de mayor espesor que lo establecido por la norma.	
	B Espesores en toda la edificación cumplen con actual normativa	
	C Cuenta con espesores establecidos por actual normativa y espesores fuera de norma	
	D Ninguno de los espesores cumple con la actual normativa	





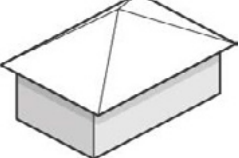



Homogeneidad de sistemas	A	El edificio es completamente de hormigón armado	
	B	El 70% de los muros de la edificación son de hormigón armado	
	C	El edificio es de materialidad mixta, de hormigón armado y albañilería reforzada	
	D	Materialidad de muros es muy diversa al interior del conjunto	

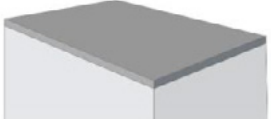

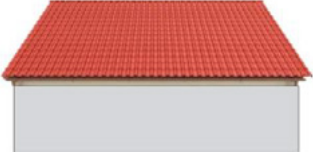

Anexo 7: Descripción parámetros evaluados en la variable de estructura de entepiso
Fuente: Elaboración propia.

Subparámetro	Descripción del subparámetro	Esquema
Tipo de sistema estructural	A El entepiso se compone a partir de un 100% de diafrágmata rígidata	
	B El entepiso se compone a partir de un 70% de diafrágmata rígidata y un 30% de envigadata	
	C El entepiso se compone a partir de un 70% de envigadata y un 30% de diafrágmata rígidata	
	D El entepiso se compone 100% de envigadata	
Geometría	A En el 100% de la edificación, entepisata se componen a partir de cuadriláterata regulareata	
	B En el 70% de la edificación, entepisata se componen a partir de cuadriláterata regulareata	
	C En el 70% de la edificación, entepisata se componen a partir de cuadriláterata irregulareata	
	D En el 100% de la edificación, entepisata se componen a partir de cuadriláterata irregulareata	

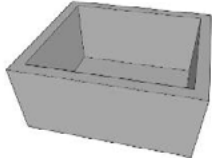
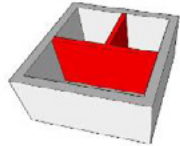
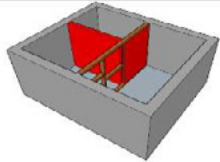
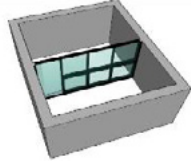




Discontinuidades	A	Entrepisos no presentan discontinuidades en ninguno de sus niveles	
	B	Entrepisos presentan discontinuidades solo en cajas de escaleras	
	C	En el 50% de la edificación, entrepisos presentan discontinuidades	
	D	En el 70% de la edificación, entrepisos presentan discontinuidades	

Anexo 8: Descripción parámetros evaluados en la variable de techumbre.
Fuente: Elaboración propia.








Subparámetro	Descripción del subparámetro	Esquema
Tipo de sistema estructural	A Cubierta se compone a partir de losa y cerchas	
	B Cubierta se compone a partir de losa	
	C Cubierta se compone a partir de vigas y cerchas	
	D Cubierta se compone a partir de tijera o par y nudillo	
Peso de la techumbre	A Techumbre es inhabitable	
	B Techumbre es utilizada como terraza	
	C Techumbre cuenta con entretecho habitable	
	D Se utiliza el entretecho de la techumbre como bodega	

Materialidad/riesgo caída de elementos	A	Se compone a partir de losa, sin riesgo alguno de caída de elementos	
	B	Se compone a partir de placas/planchas, con elementos que pueden desprenderse	
	C	Cubierta se compone a partir de tejas/tejuelas	
	D	Cuenta con elementos en visible estado de riesgo de caída(Como canaletas)	

Anexo 9: Descripción parámetros evaluados en la variable de elementos no estructurales
Fuente: Elaboración propia.

Subparámetro	Descripción del subparámetro		Esquema
Tabiques	A	Edificación no presenta tabiques	
	B	Edificación cuenta con tabiques macizos (bloques)	
	C	Edificación cuenta con tabiques compuestos de entramados de madera y placas	
	D	Edificación cuenta con tabiques frágiles, de recubrimiento y/o celosía (bloques de cemento)	
Ornamentos	A	Edificación no cuenta con ornamentos (ni interiores ni exteriores)	
	B	Edificación cuenta con ornamentos de bajo relieve en interior y/o exterior	
	C	Edificación cuenta con ornamentos sobresalientes y protuberantes en interior y/o exterior	
	D	Cuenta con numerosos ornamentos que evidencian riesgo de caída en interior y/o exterior	

**Anexo 10: Descripción parámetros evaluados en la variable de estado de conservación.
Fuente: Elaboración propia.**

Subparámetro	Descripción del subparámetro	Esquema
Reparaciones	A No se realizado reparación estructural alguna, o han sido insignificantes	
	B Se han realizado reparaciones de carácter menor a lo largo de la vida útil de la edificación	
	C Se han realizado reparaciones de carácter mayor a lo largo de la vida útil de la edificación	
	D Edificación ha presentado daños de consideración recurrentemente tras acción sísmica, sin reparación	
Deterioro	A Edificación no presenta deterioro en su estructura	
	B Edificación presenta deterioro solo en su fachada	
	C Edificación presenta deterioro en parte de su estructura, de carácter mayor en elementos estructurales y/o no estructurales	
	D Edificación presenta deterioro en gran parte de su estructura	