

Tabla 4. Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_a y A_v (NSR-10, 2010).

Departamento de Santander						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Bucaramanga	68001	0.25	0.25	Alta	0.15	0.09
Aguada	68013	0.15	0.20	Intermedia	0.17	0.09
Albania	68020	0.15	0.15	Intermedia	0.09	0.06
Aratoca	68051	0.25	0.25	Alta	0.11	0.07
Barbosa	68077	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.06
Barichara	68079	0.20	0.25	Alta	0.13	0.08
Barrancabermeja	68081	0.15	0.15	Intermedia	0.06	0.04
Betulia	68092	0.20	0.20	Intermedia	0.13	0.09
Bolívar	68101	0.15	0.15	Intermedia	0.07	0.04
Cabrera	68121	0.20	0.20	Intermedia	0.13	0.08
California	68132	0.25	0.25	Alta	0.09	0.05
Capitanejo	68147	0.25	0.25	Alta	0.11	0.06
Carcasi	68152	0.25	0.25	Alta	0.12	0.06
Cepitá	68160	0.25	0.25	Alta	0.11	0.06
Cerrito	68162	0.25	0.25	Alta	0.11	0.06
Charalá	68167	0.20	0.25	Alta	0.08	0.05
Charta	68169	0.25	0.25	Alta	0.09	0.06
Chima	68176	0.15	0.20	Intermedia	0.20	0.10
Chipatá	68179	0.15	0.20	Intermedia	0.11	0.07
Cimitarra	68190	0.15	0.15	Intermedia	0.06	0.04
Concepción	68207	0.25	0.25	Alta	0.12	0.06
Confines	68209	0.20	0.20	Intermedia	0.09	0.06
Contratación	68211	0.15	0.20	Intermedia	0.20	0.10
Coromoro	68217	0.20	0.25	Alta	0.09	0.06
Curiti	68229	0.20	0.25	Alta	0.10	0.06

El coeficiente de importancia es catalogado según el grupo de uso de la estructura y esta descrito en el Reglamento de Contracciones Sismo Resistentes NSR-10, que para el caso en estudio se denomina como **“Grupo 1 – Estructuras de ocupación normal”**

Tabla 5. Valores del coeficiente de importancia. I (NSR-10, 2010).

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

9.3. Análisis de vulnerabilidad sísmica del paciente.

De acuerdo con una consultoría realizada en el paciente para determinar el estado de la fachada, este estudio determinó el alto grado de deterioro de esta, ya que, ante las múltiples lesiones y diferentes causas, los daños no solo se detectan a nivel de fachada, sino también han generado afectaciones y deterioros en la parte interna de las unidades residenciales, hasta el punto de generar inhabitabilidad de espacios en un apartamento (EMA, 2022).

Con base al diagnóstico referenciado, y los testimonios por parte de la copropiedad, los cuales destacan que a lo largo del tiempo de uso de la estructura se presentan la misma naturaleza de lesiones, en especial grietas, fisuras y desprendimientos, y en consecuencia presencia de humedades dentro de apartamentos, confirmando la vulnerabilidad existente en el sistema de fachada de la edificación.

9.3.1. Estudio de vulnerabilidad.

Un estudio de (Maldonado. E, Chio Cho. G, 2005) sobre la identificación de las zonas sísmicas más vulnerables en la ciudad de Bucaramanga, muestra que, ante intensidad sísmica más baja analizada en este estudio, “solamente una zona, es decir el 5% de las zonas, alcanza un nivel del 34%, el 25% se encuentran en un nivel de daño entre el 10% y el 30%, y el 70% de las zonas restantes sufriría daños por debajo del 10%. Este es el escenario menos dañino, sin embargo, el 35% de las edificaciones de la ciudad llega a un nivel de daño superior al 10%. Este trabajo evidencia el estado de

vulnerabilidad sísmica en general en la ciudad de Bucaramanga para diferentes tipologías estructurales, incluyendo la zona donde se ubica el paciente y su sistema estructural.

Teniendo identificado los factores geológicos de sitio, la zona de amenaza sísmica, sistema estructural y los procesos constructivos propios de la época de construcción del edificio, específicamente de elementos no estructurales que conforman la estructura de fachada del paciente, los eventos sísmicos y la dinámica propia de la estructura afectan a los elementos no estructurales y sus acabados por causas de diseño y construcción, evidenciado que, en ausencia de dilatación entre la estructura y los muros de fachada, los daños son consecuentes. Dentro del histórico de las lesiones de origen mecánico (grietas, fisuras, desprendimientos) los procesos patológicos son reiterativos luego de reparaciones parciales, por lo tanto, la estructura de fachada muestra una vulnerabilidad sísmica persistente y con un grado importante de riesgo.

9.3.2. Análisis de riesgos estructurales.

Los riesgos sobre la estructura de fachada del paciente que se relacionan con la estructura y su vulnerabilidad sísmica corresponden directamente ante la ausencia de dilatación entre la estructura y elementos no estructurales, o sistemas y materiales que logran soportar los esfuerzos y deformaciones solicitados entre ellos.

Los riesgos identificados son:

1. Fisuras: La interacción entre la estructura y elementos no estructurales de la fachada ha generado fisuras que marcan longitudinalmente la placa de entre piso (fisuras

horizontales a nivel de placa), ante ausencia de dilatación y juntas de dilataciones se propagan, fracturando elementos de fachaleta y rompiendo la brecha, y generando daño en el elemento no estructural.

2. Desprendimientos de fachaleta: Además de las fisuras mencionadas, que mediante su naturaleza del daño no solo promueven fisuras, también identifica el riesgo de erosión de brecha con desprendimientos de elementos de fachaleta.

Históricamente la fachada ha sufrido de desprendimientos locales de elementos de fachaleta, y muestra de ellos las diferentes tonalidades de fachaleta que denotan los desprendimientos que han tenido reparación.

3. Grietas: Los movimientos generados por la dinámica de la estructura han generado grietas en el sistema de fachada, algunas grietas se propagan por las brechas de manera vertical o escalonada, otras han traspasado los elementos de fachaleta, y a pesar de que han sido reparadas de forma parcial, siguen generándose a lo largo de toda la fachada.

4. Humedades: Debido a las lesiones de tipo fisuras, desprendimientos y grietas, las humedades consecuentemente se presentan y afectan los acabados, tanto exteriores como interiores, generando incomodidades en la habitabilidad de la edificación y un daño progresivo a los materiales de la estructura (concreto y acero).

9.3.3. Normatividad.

El edificio multifamiliar Atlantis data su construcción en el año 1991, razón por la cual las normas de construcción sismo resistentes vigentes en el momento del diseño y construcción de la edificación fue el “Código de Construcciones Sismo Resistentes” bajo

el Decreto 1400 de junio de 1984. Este código nace de esfuerzos en años pasados en traducir y adaptar textos y códigos americanos, precisamente de una zona de amenaza sísmica como lo es estado de California y la actualización de las normas AIS 100-83, dicho código de 1984 fue ampliamente difundido y utilizado por los ingenieros calculistas de la época, además de su carácter de uso obligatorio, donde se tenían en cuenta cargas sísmicas y un detallado en armado de acero más riguroso que las practicas acostumbradas. (Prefacio NSR-10, 2010, p.xiv).

Cabe resaltar que el reglamento de 1984, en su etapa de elaboración en borrador “contenía un capítulo de elementos no estructurales tales como fachadas, muros divisorios, instalaciones interiores, etc. Este capítulo fue suprimido antes de la producción de la versión final que se adoptó por medio del Decreto 1400 de 1984. Las razones para su supresión están muy ligadas al hecho de que no había a nivel nacional una conciencia de que las prácticas constructivas de elementos estructurales no eran las más adecuadas y en general la prioridad en el Decreto 1400 de 1984 era la regulación de las estructuras, debido a la gran cantidad de daños estructurales que se habían observado en los sismos anteriores a 1984, llegando inclusive a producirse colapsos de edificios, como ocurrió en Popayán.”. (Prefacio NSR-10, 2010, p.xvi).

La norma que rige actualmente (NSR-10) tiene disposiciones específicas para el diseño y construcción de elementos no estructurales, específicamente con los muros de mampostería. El Capítulo A9 (ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, 2010) muestra la

metodología empleada, la cual, en primera medida estipula la necesidad de definir un grado de desempeño, entre los cuales se que se encuentran:

- A. **Superior:** Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es mínimo y no interfiere con la operación de la edificación debido a la ocurrencia del sismo de diseño
- B. **Bueno:** Es aquel en el cual el daño que se presenta en los elementos no estructurales es totalmente reparable y puede haber alguna interferencia con la operación de la edificación con posterioridad a la ocurrencia del sismo de diseño
- C. **Bajo:** Es aquel en el cual se presentan daños graves en los elementos no estructurales, inclusive no reparables, pero sin desprendimiento o colapso, debido a la ocurrencia del sismo de diseño.

Tabla 6. *Grado de desempeño mínimo requerido, (NSR-10,2010).*

Grado de desempeño mínimo requerido	
Grupo de Uso	Grado de desempeño
IV	Superior
III	Superior
II	Bueno
I	Bajo

El siguiente paso para el diseño de elementos no estructurales está en definir el criterio de diseño, el cual se sustenta bajo dos posibilidades, donde se puede considerar sepáralos de la estructura o disponer de elementos que admitan las deformaciones de la estructura. Comúnmente. Para estructuras de concreto con muros divisorios y de fachad de mampostería, se opta por separarlos de la estructura, ya que los muros de mampostería son

elementos susceptibles a deformaciones, por lo tanto, separarlos de la estructura se trata de una solución económicamente viable y técnicamente construible.

La determinación de las fuerzas sísmicas se realiza bajo la expresión:

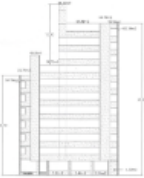
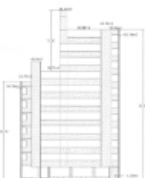
Ilustración 17. *Expresión para el cálculo de las fuerzas sísmicas de diseño para elementos no estructurales, (NSR-10,2010).*

$$F_p = \frac{a_s a_p}{R_p} g M_p \geq \frac{A_s I}{2} g M_p$$

Dicha fuerza sísmica de diseño se deba aplicar sobre los elementos no estructurales de manera horizontal, contando finalmente con los parámetros de diseño para el sistema de anclaje, teniendo en cuenta la capacidad de disipación de energía en el rango elástico y ductilidad requerida, y de esta manera conformar correctamente este tipo de elementos, brindando un comportamiento y desempeño optimo.

9.3.4. Matriz de Vulnerabilidad.

MATRIZ DE VULNERABILIDAD
Estudio de patologías en la fachada del Edificio Multifamiliar Atlantis

	Estructura					Suelos
	Fachada	Placa	Columnas	Vigas	Muros	
Registro Fotográfico						No se cuenta con registro fotográfico ante la imposibilidad de acceso a cimentación.
Ubicación	Fachada costado oriental de la edificación.	Placa de cubierta.	NA	NA	Muros internos de las unidades residenciales y muros externos contra fachadas.	Estudios de suelos realizados para estructuras aledañas.
Descripción	La fachada presenta lesiones típicas causadas por humedades, agentes atmosféricos y lo que se presume como deficientes procesos constructivos, al carecer de dilataciones en los elementos y mal manejo de drenajes.	En la estructura de cubierta es común encontrar suciedades causadas por empozamiento de agua, el mal manejo de drenajes hace que dichas humedades se trasladen a estructuras de fachada.	No se evidencian daños estructurales en este tipo de elementos.	No se evidencian daños estructurales en este tipo de elementos.	Humedades por infiltración y capilaridad en paredes internas, se aprecia descascaramiento y abombamiento de pañetes y presencia de hongos.	Manto superficial de relleno compuesto por limos arenosos, seguido de suelos aluviales compuestos por arenas limosas y limos arenosos. Nivel freático entre 2,6 y 2,9 m.

	Materiales	Sismo	Fisuras	Organismos	Eflorescencias	Cuerpos de agua
Registro Fotográfico						
Ubicación	Estructura y Fachada.	Zona de alta actividad sísmica.	Elementos de fachada.	Elementos de fachada.	Elementos de fachada.	Zonas de cubierta.
Descripción	Elementos estructurales en concreto reforzado de 3000 psi. Elementos de fachada en fachaleta gris de arcilla y morteros de pega con base cementosa.	Se registran en los últimos 365 días, un total de 6377 sismos, resaltando 35 sismos de magnitud 4 y 1 sismo de magnitud 5.	Fisuras con grado de inclinación en elementos de fachada, se aprecia pérdida de estructura de pega y humedad alta por infiltración.	Organismos de tipo vegetal y hongos en estructuras de fachada.	Eflorescencias en elementos de fachada con afectación leve.	Empozamiento de agua por mal manejo de drenaje, ausencia de alfajía.

De acuerdo con el análisis de la matriz, se clasifica el riesgo en la categoría 3 (Medio), y en la categoría C, con una probabilidad de ocurrencia remota.

9.3.5. Patología de los mecanismos de falla estructural.

A continuación, se presenta las patologías por mecanismos de falla de la estructura de fachada:

Ilustración 18. *Patología de los mecanismos de falla de estructural de la fachada, ficha N°1.*

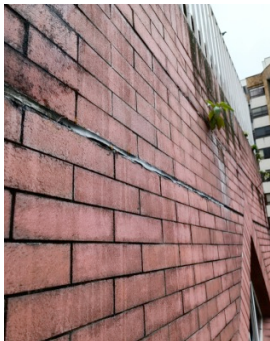
FICHA N°1	PATOLOGIA DE LOS MECANISMOS DE FALLA ESTRUCTURAL		FECHA		
	PROYECTO:	Edificio Atlantis	LOCALIZACIÓN:	Barrio Cabecera, Bucaramanga, Santander.	
			Mayo 2022		
					
DESCRIPCION	TIPO	LESIÓN	LOCALIZACION	CAUSA	GRADO
Suciedad por lavado diferencial, humedades y depósitos de agua en cubiertas.	FÍSICA	Suciedad	Fachada y Cubierta	Directa	Grave
CRITERIO					
Depositos de agua y suciedades por lavado diferencial son focos filtraciones y humedades, tanto en la fachada como en las cubiertas.					

Ilustración 19. Patología de los mecanismos de falla de estructural de la fachada, ficha N°2.

FICHA N°2	PATOLOGIA DE LOS MECANISMOS DE FALLA ESTRUCTURAL			FECHA	
	PROYECTO: Edificio Atlantis		LOCALIZACIÓN: Barrio Cabecera, Bucaramanga, Santander.	Mayo 2022	
					
DESCRIPCION	TIPO	LESIÓN	LOCALIZACION	CAUSA	GRADO
Grieta por reaccion ante interaccion de estructura con la fachada.	MECANICA	Grieta	Filos y esquineros de fachada	Indirecta	Gravísimo
CRITERIO					
Fisuras insucidas por la interaccion entre estructura y fachada tras movimientos horizontales donde se concentran esfuerzos en bordes y esquinas.					

Ilustración 20. Patología de los mecanismos de falla de estructural de la fachada, ficha N°3..

FICHA N°3	PATOLOGIA DE LOS MECANISMOS DE FALLA ESTRUCTURAL		FECHA		
	PROYECTO: Edificio Atlantis	LOCALIZACIÓN: Barrio Cabecera, Bucaramanga, Santander.	Mayo 2022		
					
DESCRIPCION	TIPO	LESIÓN	LOCALIZACION	CAUSA	GRADO
Grieta por reaccion ante interaccion de estructura con la fachada.	MECANICA	Grieta	Fachada, placas de entrepiso	Indirecta	Gravísimo
CRITERIO					
Fisuras insucidas por la interaccion entre estructura y fachada tras movimientos horizontales donde se concentran esfuerzos en interaccion fachada - placa de entre piso					