

# Informe:

## EVALUACIÓN RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA. PROYECTO "HOTEL QUITO"

Responsables Técnicos:      Ing. Carlos Andrés Celi Sánchez MSc.  
   Ing. José Daniel Poveda Hinojosa. MSc.

Colaboradores:                    Ing. Patricio Xavier Palacios Benavides.  
   Ing. Pedro Alejandro Palacios Lagos.  
   Ing. Santiago Nicoles Hinojosa Ortiz

**Índice de Contenido**

Índice de Contenido .....	2
Índice de Tablas .....	2
Índice de Figuras .....	2
1. Antecedentes / Introducción. ....	3
2. Descripción de la edificación. ....	3
3. Evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica .....	4
3.1. Descripción y alcance de la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica .....	4
3.2. Breve descripción del procedimiento de evaluación rápida .....	4
4. Resultados de la evaluación rápida .....	7
4.1. Matriz de resultados .....	7
4.2. Observaciones y comentarios estructurales .....	7
1. Bloque Sur y Bloque Sur Sur .....	8
2. Bloque Central .....	8
3. Bloque Norte .....	10
5. Conclusiones .....	12
6. Recomendaciones .....	12
7. Bibliografía .....	12
8. Anexos .....	13

**Índice de Tablas**

Tabla 1. Resumen de evaluación rápida FEMA P-154 .....	7
--	---

**Índice de Figuras**

Figura 1. Ubicación Hotel Quito .....	3
Figura 2. Planta del Hotel Quito .....	3
Figura 3. Elevación del Hotel Quito .....	3
Figura 4. Bloques evaluados .....	4
Figura 5. Evaluación FEMA P-154 Bloque Central Nv.1 .....	4
Figura 6. Evaluación FEMA P-154 Bloque Central Nivel 2 .....	6
Figura 7. Planta Bloque Sur Sur y Bloque Sur .....	8
Figura 8. Planta Bloque Central Subsuelo .....	8
Figura 9. Planta Bloque Central (Piso 7) .....	9
Figura 10. Bloque de ascensores .....	9
Figura 11. Conexiones entre elementos .....	9
Figura 12. Columna corta .....	10
Figura 13. Comportamiento de pórticos con mampostería. Fuente: Urich (2017). ....	10
Figura 14. Planta Bloque Norte .....	10
Figura 15. Bloque Norte Subsuelo 2 .....	11
Figura 16. Bloque Norte Cubierta .....	11
Figura 17. Ampliación Bloque Norte Piso 1 .....	11

## 1. Antecedentes / Introducción.

En el mes de diciembre del año 2020, Uribe Schwarzkopf (US) contrata los servicios técnicos especializados de los profesionales Ing. Carlos Celi MSc. & Ing. José Poveda MSc para realizar una inspección visual estructural. El presente informe se considera un alcance adicional a la inspección realizada y contempla la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica siguiendo los lineamientos de la [FEMA P154 \(2015\)](#). El conjunto de edificaciones que conforman el Hotel Quito se encuentra localizado en la Av. González Suarez N27-142, Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), como indica la [Figura 1](#).



Figura 1. Ubicación Hotel Quito

## 2. Descripción de la edificación.

El Hotel Quito, considerado como un ícono de la ciudad, se encuentra dentro del inventario del Instituto Metropolitano de Patrimonio (IMP), y fue construido en el año 1960 bajo la concepción arquitectónica de Charles Mackihamon & Oswaldo de la Torre ([López, 2017](#)). Es una edificación de aproximadamente 15.400 m<sup>2</sup> que consta de cinco bloques arquitectónicos en planta como se indica en la [Figura 2](#).

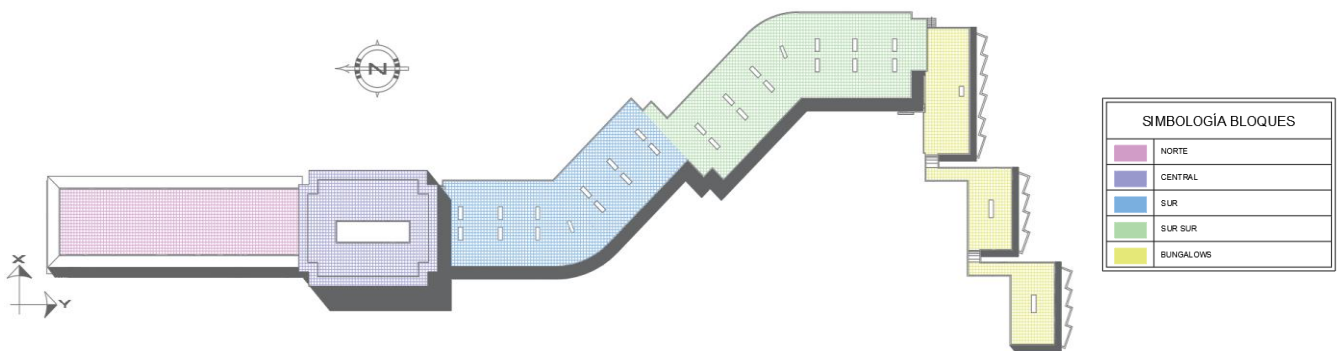


Figura 2. Planta del Hotel Quito

En elevación, cada bloque tiene una configuración distinta como indica la [Figura 3](#).

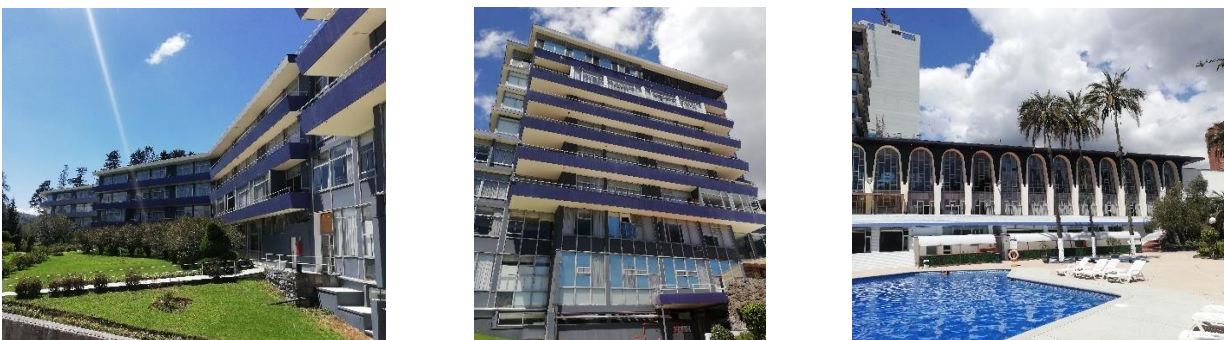


Figura 3. Elevación del Hotel Quito

### 3. Evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica

#### 3.1. Descripción y alcance de la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica

Para realizar la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica se ha optado por utilizar el formulario del cuerpo normativo **FEMA P154 (2015)**, el procedimiento fue desarrollado para identificar, inventariar y examinar edificios que son potencialmente vulnerables desde el punto de vista sísmico. Los resultados de la evaluación rápida **solo determinan si las edificaciones son potencialmente vulnerables y si se requiere una evaluación estructural con mayor detalle**. Al determinar que los edificios efectivamente son sísmicamente vulnerables se puede realizar recomendaciones sobre la filosofía del reforzamiento estructural.

El procedimiento utiliza una metodología basada en un estudio visual del edificio desde el exterior y, si es posible, desde el interior, la información recolectada es introducida en un formulario de datos que consta de dos páginas, donde se incluye el espacio para documentar toda la información levantada, incluyendo el uso de la edificación, el tamaño, una fotografía, bocetos y documentación de los datos pertinentes relacionados con el comportamiento sísmico.

A partir de los datos recogidos durante la inspección, se identifica el sistema estructural principal de resistencia a carga lateral y de los materiales estructurales del edificio con el fin de calcular una puntuación que proporciona una indicación del comportamiento sísmico esperado del edificio. **Estos resultados son preliminares y deben ser usados con cautela para la toma de decisiones.**

Los bloques que serán evaluados se indican en la **Figura 4** debido a que estos son considerados como las edificaciones patrimoniales. No se realiza la evaluación del bloque Sur Sur debido a que es una repetición del bloque Sur.

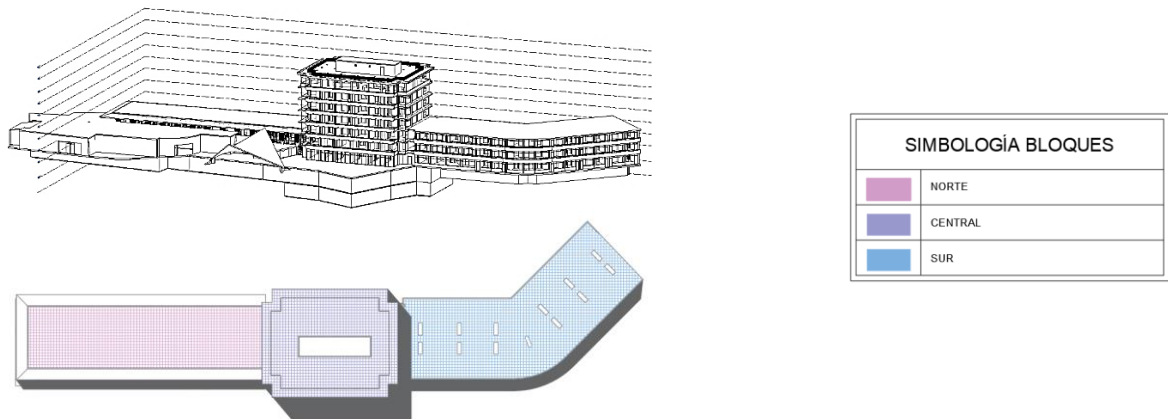


Figura 4. Bloques evaluados

#### 3.2. Breve descripción del procedimiento de evaluación rápida

El procedimiento para llenar los formularios de evaluación rápida se realiza para cada bloque estructural individualmente. Se llena la ficha técnica con información básica del proyecto como se aprecia en el ejemplo de la **Figura 5**. Así mismo, se completa la primera parte del formulario con información específica del proyecto e información conocida del sector como número de pisos, ocupación, área, tipo de suelo, riesgos geológicos, deficiencias estructurales y no estructurales.

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones con Potencial de Riesgo Sísmico FEMA P-154 Formato de recolección de información		Nivel 1	
		Dirección: <u>Av. González Suarez N27-142, Quito 170109</u> <b>Sismicidad Muy alta</b>	
		Otros identificadores: _____	
		Nombre de la Edificación: <u>Hotel Quito - Bloque Central</u>	
		Uso: <u>Hotel</u>	
Latitud: <u>-0.202024</u> Longitud: <u>-78.480244</u> Ss: _____ S1: _____ Evaluado por: <u>MSC. Ing. Carlos Celi</u> Fecha: <u>18/1/2021</u>		N. Pisos: <u>Sobre la calle: 7</u> <u>Bajo la calle: 2</u> Año de construcción: <u>1980</u> Área total de piso (m <sup>2</sup> ): _____ 580 Año código _____ Adicionales: <u>Ninguno</u> Si, Año de construcción _____ Ocupación: <u>Reunión</u> <u>Comercial</u> <u>Emergencia</u> <u>Histórico</u> <u>Refugio</u> <u>Industrial</u> <u>Oficina</u> <u>Escuela</u> <u>Gobierno</u> <u>Utilidad</u> <u>Bodega</u> <u>Residencial</u> #Unidades: <u>1</u>	
		Suelo A Roca Solida B Roca Promedio C Suelo Denso D Suelo Rígido E Suelo Suave F Suelo Muy Malo DNK (si DNK, asumir T. D.)	
		Riesgos geológicos: Licuación: <u>DNK</u> Derrumbe: <u>DNK</u> Rot. Superf.: <u>DNK</u> Adyacente: Golpeteo: <u>SI</u> Peligro objetos caigan de edificios altos: <u>DNK</u> Irregularidad: Vertical (Tipo/Severidad): <u>SI, moderada</u> En planta (tipo): <u>SI</u>	
		Objetos peligrosos que puedan caer: Chimeneas sin refuerzo Parapetos Revestimiento o fachadas pesadas Apéndices Otros: _____ Comentarios: <u>Se cuenta con planos arquitectónicos planimétricos.</u>	
		Comentarios adicionales o esquemas adicionales en documento adjunto:	

Figura 5. Evaluación FEMA P-154 Bloque Central Nv.1

Para continuar con la evaluación, se procede a catalogar los sistemas estructurales de proyecto conforme al instructivo del FEMA P154 (2015). El Bloque Central se clasifica como una edificación de concreto con muros de corte con simbología C2, mientras que el Bloque Norte y Sur se clasifican como edificaciones con pórticos de hormigón con rellenos de mampostería no reforzada tipo C3. Se presenta en la Figura 5 el ejemplo del formulario de evaluación de Nivel 1 para el Bloque Central, donde se puede observar los cómo se completan los datos de la inspección. Los formularios de todos los bloques evaluados se anexan al presente informe. Para completar la evaluación de Nivel 1 se realiza el cálculo del puntaje SL1, con los valores marcados en celeste y se compara con el Smin y se revisa si la estructura cumple o no con los valores mínimos requeridos.

Puntaje Básico, Modificadores de Puntaje, Puntaje Final Nivel 1, SL1																	
Tipo de Edificio	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC-SW)	SS (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Básico	2.1	1.9	1.8	1.5	1.4	1.6	1.4	1.2	1	1.2	0.9	1.1	1	1.1	1.1	0.9	1.1
Irregularidad Severa Vertical, VL1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	NA
Irregularidad Moderada Vertical, VL1	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Irregularidad en Planta, PL1	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Pre-Código	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0	0
Post-Mejoría Significativa Código	1.9	1.9	2	1	1.1	1.1	1.5	NA	1.4	1.7	NA	1.5	1.7	1.6	1.6	NA	0.5
Tipo de suelo A o B	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
Tipo de Suelo E (1-3 pisos)	0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0	-0.1
Tipo de Suelo E (>3 pisos)	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	NA	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	NA	-0.1	-0.2	-0.2	0	NA
Puntaje Mínimo, Smin	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1
<b>Puntaje Final N.1, SL1&gt;=Smin</b>											<b>0.1</b>						
<b>Extensión de la revisión</b>				<b>Otros Riesgos</b>				<b>Acción requerida</b>									
Exterior:	Parcial	Completa	Aérea	¿Existen riesgos que exijan una evaluación estructural detallada?				¿Requiere evaluación estructural detallada?			¿Requiere evaluación no estructural detallada?						
Interior:	No	Visible	Si	Potencial golpeo, (SL2>SLmin)				Si, el tipo de edificio es diferente a los de la FEMA			Si, riesgos no estructurales fueron identificados						
Revisión de planos:	Si	No		Peligro que objetos caigan de edificios altos				Si, puntuación menor a la mínima			No, existen riesgos que pueden ser mitigados pero no requiere evaluación						
Fuente de riesgo geológico:	Sistema de fallas del DMQ (campo cercano)			Riesgos geológicos o Suelo Tipo F				Si, otros riesgos presentes			No, no se identificaron riesgos						
Tipo de Suelo	Suelo tipo C-D (NEC15)			Daño significativo/deterioro del sistema estructural				No									
Persona de contacto	Alexandra Bernal (Asistente de Gerencia)																
¿Evaluación visual rápida de Nivel 2 realizada?	Si			Puntaje Final de nivel 2, SL2=				¿Riesgo no estructural?			Si						
Donde la información no puede ser verificado, el evaluador debe anotar lo siguiente: EST= Estimado o información no confiable o DNK= No se sabe.																	

Figura 5. Evaluación FEMA P-154 Bloque Central Nivel1 (Continuación)

Los resultados de la evaluación de Nivel 1 se pueden complementar con la evaluación de Nivel 2 (Evaluación más detallada). En la Figura 6 y 7 se presenta el ejemplo de esta evaluación donde se solicita información adicional sobre la edificación con el fin de determinar si es necesario una evaluación estructural detallada. Para terminar la evaluación el Nivel 2 se completa el cálculo del índice SL2 y se compara con el Smin. Los resultados de cada uno de los bloques evaluados se presentan en el siguiente acápite en una matriz de resumen.

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones con Potencial de Riesgo Sísmico			Nivel 2 (Opcional)	
FEMA P-154 Formato de recolección de información			Sismicidad Muy alta	
Nivel 2 recolección de información opcional para ser realizada por un profesional Ingeniero civil o estructural, arquitecto o estudiante graduado con experiencia en evaluación sísmica o diseño de edificios				
Nombre del Edificio:	Hotel Quito	Puntaje Final Nivel 1	SL1= 0.1	(no considerar Smin)
Evaluador:	MSC. Ing. Carlos Celi	Modificadores de irregularidad Nivel 1	VL1= -0.4	PL1= -0.5
Fecha/Hora:	18/1/2021	Puntaje base ajustado:	S'=(SL1-VL1-PL1)=	-0.8
<b>Modificadores estructurales para sumar al puntaje base ajustado</b>				
Tema	Declaración (si la declaración es verdad, encierre el modificador "Si", por lo contrario tache el modificador.)		Si	Subtotal
Irregularidad Vertical, VL2	Terreno en pendiente	Edificio W1: Existe al menos un grado de piso completo que cambia de un alado del edificio al otro.	-0.9	VL2= -0.9
		No Edificio W1: Existe al menos un grado de piso completo que cambia de un alado del edificio al otro.	-0.2	
	Piso débil y/o Piso suave (una opción máximo)	W1 edificio de muro bajo: Es visible un muro bajo sin arristrar en el espacio de inspección	-0.5	
		W1 casa sobre garaje: Debajo de un piso ocupado, existe una apertura de garaje sin un pórtico de momento de acero, y existe menos de 20cm menos de muro en la misma línea (para ocupación de pisos múltiple, use 40cm de muro como mínimo).	-0.9	
		W1 Aedificio de frente abierto: Existen aberturas de piso al nivel del suelo (como las de parqueadero) por encima del 50% del largo del edificio.	-0.9	
		No Edificio W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que el 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es mas de 2 veces la altura del piso superior.	-0.7	
		No Edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso esta entre el 50% al 75% de la del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 a 2 veces la altura del piso superior.	-0.4	
		Regresión	Elementos verticales del sistema lateral en cualquier pisos superior están desalineados de los elementos en el piso inferior causando que el diafragma este en voladizo en la regresión	
	Elementos verticales del sistema lateral en pisos superior están desalineados de los elementos en el piso inferior.		-0.4	
	Existe una regresión en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos		-0.2	
	Columna Corta/Pila	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Por lo menos 20% de las columnas (o pila) a lo largo del eje de la columna en el sistema latera tiene una relación altura/ancho menor que el 50% de la relación alto/ancho nominal en ese nivel	-0.4	
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La profundidad de la columna (o ancho de pila) es menor que la mitad de la profundidad del dintel o existen paredes o pisos adyacentes que acorten las columnas.	-0.4	
	División de nivel	Existe una división en uno de los pisos o en la cubierta.	-0.4	
	Otra Irregularidad	Existe otra severa irregularidad vertical observable que obviamente afecte el desempeño sísmico del edificio	-0.7	
Existe otra moderada irregularidad vertical observable que pueda afectar el desempeño sísmico del edificio		-0.5		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: Sistema lateral no aparenta estar relativamente bien distribuido en plana o en las dos direcciones. (No incluir la irregularidad del sistema W1A de frente abierto enlistado antes).		-0.7	PL2= -0.4
	Sistema no paralelo		-0.4	
	Esquina retranqueada		-0.4	
	Abertura de diafragma		-0.2	
	Edificio tipo C1, C2 compensación fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano		-0.4	
	Otra Irregularidad		-0.7	
				(min. -1.1)

Figura 6. Evaluación FEMA P-154 Bloque Central Nivel 2

Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos bahías de elementos de resistencia lateral en cada lado y en cada dirección		0.3	M= -1.7	
Golpeteo	El edificio esta separado de una estructura adyacente por menos del 1% de la altura del edificio de menos altura y	Los pisos no se alinean verticalmente (+60cm)	-1		
		(min. total de modificadores por golpeteo = -1.2)	-1		
		El edificio esta al final de la cuadra	-0.5		
Edificio S2	Es visible un configuración de arriostramiento del tipo "K"		-1		
Edificio C1	Una losa plana hace las de viga en el pórtico a momento		-0.4		
Edf. PC1/RM1	Existen ataduras techo-pared que son visibles o conocidas por lo planos que no se confían en la flexión de grano cruzado (no combinar con modificador de rehabilitación o post-benchmark)		0.3		
Edf. PC1/RM1	El edificio tiene espacios cerrados, muros interiores de altura completa (por lo contrario de espacios interiores con pocos muros como las bodegas).		0.3		
URM	Existen muros de aguilón		-0.4		
MH	Existe un sistema sísmico de arriostramiento suplemental provisto entre el acarreo y el suelo.		1.2		
Rehabilitación	Es visible una rehabilitación comprensiva o conocida por los planos		1.4		
<b>Puntaje Final Nivel 2, SL2 = (S'+VL2+PL2+M)&gt;=Smin</b>			<b>-3.8</b>	<b>(Transferir a Nivel 1)</b>	
Existe daño observable o deterioro o alguna otra condición que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio			Si	No	
Existe un nivel de fisuramiento considerable en los elementos estructurales de hormigón.					
Existen materiales mistos de construcción como acero y hormigón, las conexiones de estos elementos no son las recomendadas por lo códigos normativos de construcción.					
<b>Riesgos no estructurales observables</b>					
<b>Ubicación</b>	<b>Declaración (registre "Si" o "No")</b>		<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Comentario</b>
Exterior	Existen parapetos de mampostería sin refuerzo y sin arriostramiento o chimenea de mamposterías sin refuerzo y sin arriostrar		X		
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado		X		Los espesores de los revestimientos oscilan entre los 4 a 5cm.
	Existe cubierta pesado sobre las puertas de salida o pasillo peatonal soportada inadecuadamente			X	
	Existe mampostería sin refuerzo añadido sobre las puerta de salida o pasillo peatonales			X	
	Existe un letrero en el edificio que indique materiales de riesgo presentes			X	
	Existe un edificio mas alto adyacente con un muro URM sin arriostras o URM parapetos/chimeneas sin arriostrar			X	
Interior	Otro riesgo no estructural exterior observado que pueda caer			X	
	Existe divisiones de bloques o ladrillos huecos en cualquier escalera o corredor exterior		X		
	Otro riesgo no estructural interior observado que pueda caer			X	
<b>Desempeño no estructural estimado (Registre y transfiera a las conclusiones del Nivel 1)</b>					
X	Riesgos no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de vida del ocupante (Se recomienda evaluación no estructural detallada)				
	Riesgos no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de vida del ocupante (no se requiere evaluación no estructural detallada)				
	Bajo o ningún riesgo no estructural para la seguridad de vida del ocupante (No se requiere evaluación no estructural detallada)				
<b>Comentarios:</b> Se requiere determinar la distancia entre las dos estructuras para confirmar que no existe la posibilidad de golpeteo. Es necesario eliminar las columnas cortas encontradas en la inspección. Deberá reducirse el peso excedente en la estructura.					

Figura 7. Evaluación FEMA P-154 Bloque Central Nv2 (Continuación)

## 4. Resultados de la evaluación rápida

### 4.1. Matriz de resultados

En la [Tabla 1](#) se resume los resultados de la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica, para determinar si la estructura requiere una evaluación estructural detallada los valores calculados de nivel 1 o nivel 2 deben ser menores al valor mínimo. Se evidencia que es necesario realizar un análisis estructural detallado para cada uno de los bloques. Principalmente esto se debe a la presencia de afectaciones estructurales, irregularidades en planta y elevación, peso excesivos y conexiones entre estructura metálica y de hormigón desconocida.

Bloque	Mínimo	Nivel 1	Nivel 2	¿Requiere análisis estructural detallado?
		Calculado	Calculado	
Sur	1.2	0.1	-3.8	<b>Si</b>
Central	0.9	0.3	-5.0	<b>Si</b>
Norte	0.9	0.3	-5.0	<b>Si</b>

Tabla 1. Resumen de evaluación rápida FEMA P-154.

### 4.2. Observaciones y comentarios estructurales

Se genera una descripción de las observaciones y comentarios de manera adicional al formulario de evaluación rápida para complementar los resultados obtenidos. Se identifican una gran variedad de deficiencias estructurales para cada bloque por lo que se procede a mencionar las deficiencias de cada bloque arquitectónico en sentido sur- norte con sus características estructurales particulares.



## 1. Bloque Sur y Bloque Sur Sur

El bloque Sur y el bloque Sur Sur poseen medio subsuelo, que dependiendo de cómo se genera la interacción con el muro de contención, podría inducir efectos negativos de torsión en planta. A su vez, cada bloque arquitectónico, se encuentra dividido estructuralmente por la mitad con una junta de construcción que se marca de color azul en la [Figura 7](#). Entre los bloques estructurales, se han sellado las juntas con materiales rígidos, lo cual también podría inducir torsión o golpeteo entre estructuras. Las paredes divisorias del subsuelo son mamposterías de bloque entre pórticos con espesores entre 15 a 26cm con ventanas a media altura del desarrollo de la mampostería, generando una columna corta en el pórtico (mecanismo de falla frágil). Las mismas paredes divisorias generan un aporte considerable a la rigidez y la capacidad lateral ante eventos sísmicos ([Mohammad Noh, Liberatore, Mollaioli, & Tesfamariam, 2017](#)). No obstante, el comportamiento frágil de las mamposterías y los diferentes modos de falla producto de las interacciones entre el pórtico-mampostería, bloque-mortero o bloque-bloque ([Caiza & Viera, 2017](#)) afectan directamente al desempeño estructural de la estructura local y globalmente; Además, para el paso de las instalaciones, existen ductos verticales conformados por cuatro columnas adicionales con dimensiones aproximadas de 20x20cm. Estas cuatro columnas están conectadas perimetralmente mediante mamposterías de 15cm de espesor para formar el ducto. En elevación, esta mampostería no tiene contacto con la losa superior, por lo que genera la misma afectación estructural denominada columna corta.

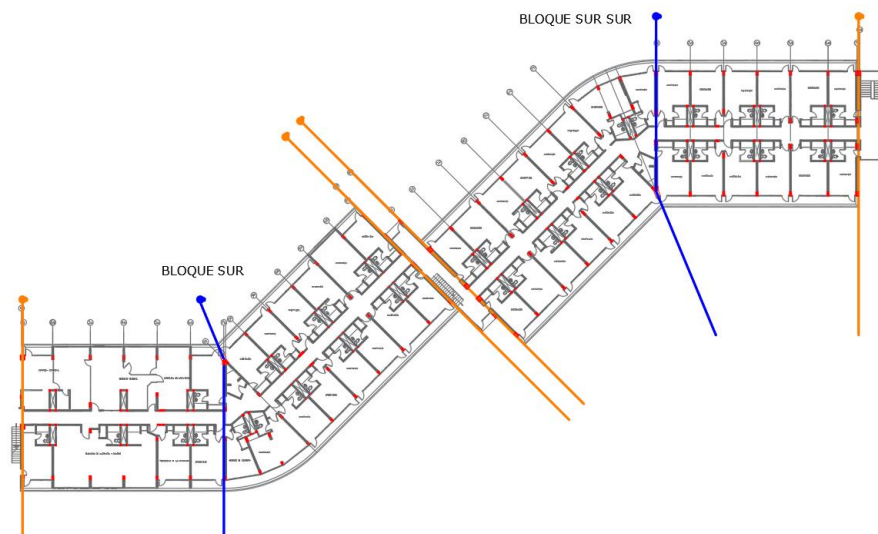


Figura 7. Planta Bloque Sur Sur y Bloque Sur

## 2. Bloque Central

El bloque Central en elevación dispone de dos subsuelos, donde el subsuelo 2 está confinado en uno de sus lados por el muro de contención ([Figura 8](#).), lo que podría generar torsión en planta. El sistema de entripiso se considera como una losa unidireccional semejante a la de los bloques previamente descritos.

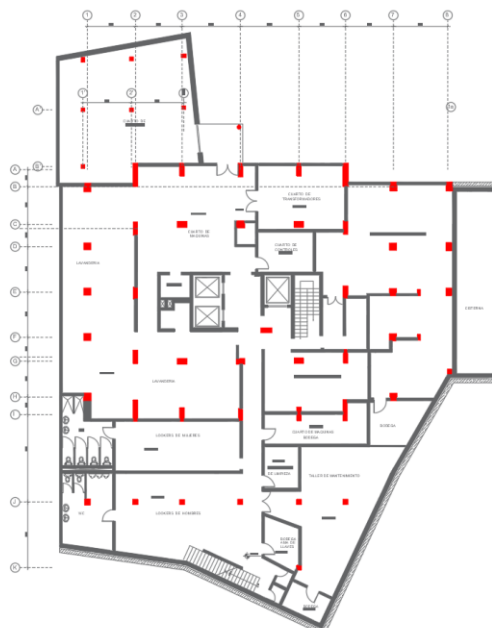


Figura 8. Planta Bloque Central Subsuelo



En el último piso se encuentra el Restaurante como se indica en la [Figura 9](#), donde las dimensiones de columna presentan una notable reducción de dimensiones.

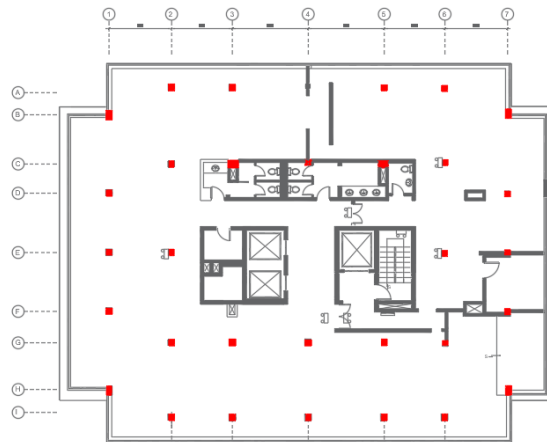


Figura 9. Planta Bloque Central (Piso 7)

Del relevamiento de información en campo se pudo identificar que los ductos de ascensores están conformados por muros de hormigón armado, [Figura 10](#).



Figura 10. Bloque de ascensores

La presencia de estos muros aporta rigidez y capacidad adicional considerable, pero a su vez, es posible que provoquen efectos torsionales en planta agravantes en el desempeño estructural. En un análisis profundo es necesario considerar los efectos de torsión en planta para no subestimar la respuesta global y su desplazamiento lateral, y de esta manera no concluir que se cumplen los criterios de aceptación de manera errónea ([Flores, Charney, & Lopez-Garcia, 2018](#))

En los subsuelos del bloque Central, es posible apreciar la configuración estructural de vigas y sobre todo conexiones viga-columna entre elementos de hormigón-hormigón y hormigón-acero como lo indica la [Figura 11](#). En diseños estructurales modernos, bajo las suposiciones de diseño sismorresistente del [ACI Committee 318 \(2019\)](#), estas conexiones se suelen diseñar con detalles especiales que proveen de ductilidad a la estructura garantizando una adecuada transferencia de esfuerzos a flexión y cortante. Debido a la fecha de construcción y las inspecciones realizadas lo más probable es que estos criterios no se cumplen aumentando su vulnerabilidad.

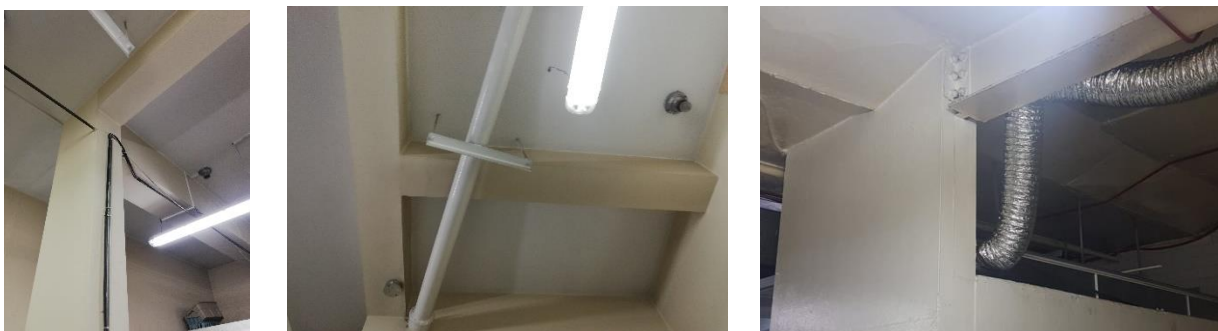


Figura 11. Conexiones entre elementos

Así mismo, se pudo observar que existen restricciones de movimiento lateral a las columnas debido a la presencia de mamposterías como se indica la [Figura 12](#), en este caso existe una seria afectación estructural denominada **columna corta**.



Figura 12. Columna corta

La consideración de las mamposterías en el comportamiento global de la estructura es esencial, ya que sus mecanismos de falla puedan provocar efectos severos en elementos estructurales debido a la interacción mampostería-pórtico ([Urich, 2017](#)). Se puede observar que en la [Figura 13](#) como el comportamiento de pórticos con relleno de mampostería pueden desarrollar mecanismos frágiles, debido a la falla temprana del relleno ante cargas laterales.

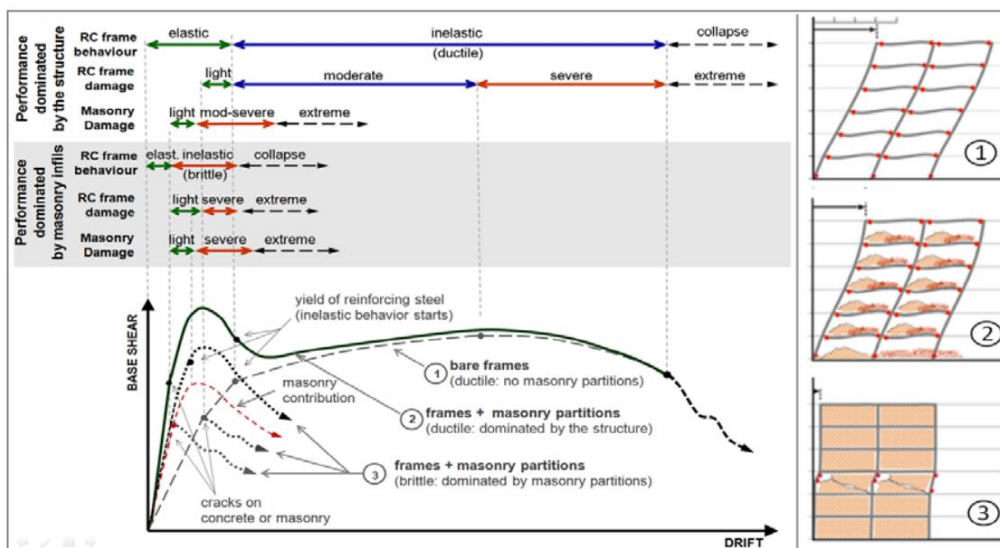


Figura 13. Comportamiento de pórticos con mampostería. Fuente: [Urich \(2017\)](#).

### 3. Bloque Norte

El bloque Norte en elevación dispone de un subsuelo, planta alta y cubierta. El sistema estructural se considera como mixto debido a que las losas están apoyadas en cerchas y estas a su vez en muros de hormigón, adicionalmente las estructura presenta distintas ampliaciones en estructura de acero como se aprecia en la [Figura 14](#).

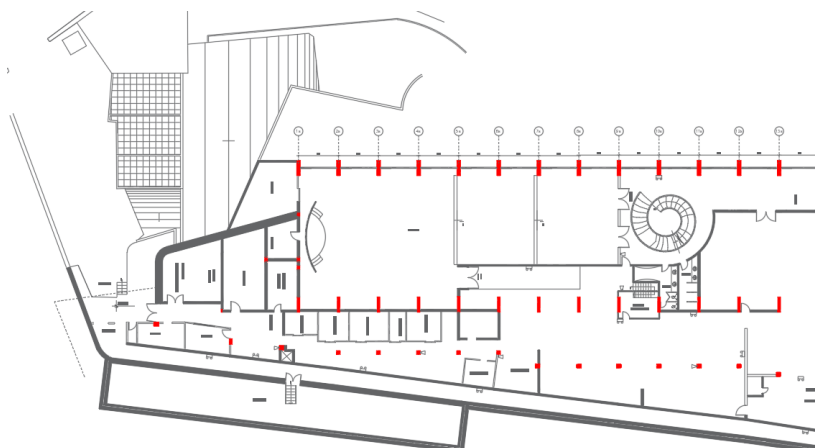


Figura 14. Planta Bloque Norte

En el subsuelo 2 se pudo encontrar que existen perfiles de acero con suciedad por fundición y posible oxidación. Las pocas conexiones exploradas, como se puede observar en la [Figura 15](#), se consideran a corte por lo que no podrían aportar considerablemente a la resistencia lateral.



Figura 15. Bloque Norte Subsuelo 2

En la cubierta, parte de la ampliación las cerchas principales soportan una losa maciza, pero el flujo de carga de la losa lateralmente no queda claro cómo se indica en la [Figura 16](#).



Figura 16. Bloque Norte Cubierta

Así mismo las conexiones de las cerchas se consideran como apoyos simples sin que estos puedan aportar significativamente a la resistencia lateral. Los criterios para las conexiones entre elementos de hormigón y acero deben cumplir con los requisitos de cuerpos normativos con el fin de asegurar una adecuada transferencia de fuerzas y esfuerzos como lo indica el [ACI Committee 318 \(2019\)](#). Debido a que la exploración fue limitada, no se tiene absoluta certeza del estado de todas las conexiones originales ni ampliaciones.

En la [Figura 17](#) se muestra una de las ampliaciones que se ancla al muro perimetral del bloque Norte. Se puede apreciar que las conexiones simples y con poca atención a los detalles. Sin mayor análisis se puede suponer que el diseño de la ampliación no considera la interacción dinámica sísmica de todo el sistema.



Figura 17. Ampliación Bloque Norte Piso 1



## 5. Conclusiones

En resumen, la inspección visual mostró defectos constructivos y afectaciones estructurales que pueden provocar un comportamiento estructural no deseado, calificado con base en [FEMA P154 \(2015\)](#) en la Tabla 1. Entre las afectaciones estructurales cabe destacar: columnas cortas, balcones o parapetos pesados, juntas de construcción selladas, golpeteo y torsión en planta. **Por lo tanto se concluye que es necesario realizar un evaluación estructural detallada que cumpla con los criterios establecidos en [ASCE 41-17 \(2017\)](#).**

Dependiendo de la cantidad de información conocida que disminuya la incertidumbre en cuanto a propiedades de materiales y configuración estructural, se utilizará el nivel de investigación más adecuado que se detallado en [NEC15 \(2015\)](#), de esta forma se podrá ejecutar una evaluación de vulnerabilidad de la estructura, para con dicha información decidir la mejor opción de intervención. Además, dada la **naturaleza patrimonial** del Hotel Quito, cualquier intervención que se realice deberá ser previamente sujeta a aprobación por parte de la autoridad competente.

## 6. Recomendaciones

Se pueden elaborar distintas recomendaciones para abordar el problema de vulnerabilidad sísmica dependiendo de las condiciones del proyecto y del uso. Antes de proceder a cualquier diseño de reforzamiento, se debe realizar una investigación de las propiedades mecánicas de los materiales y evaluación estructural detallada. Para esto se elaboran las siguientes recomendaciones:

1. Realizar un levantamiento de información detallada de los elementos estructurales horizontales y verticales tales como vigas, cerchas, losas, conexiones, columnas y muros; con el fin de caracterizar sus armados o espesores y determinar la resistencia de los materiales que los conforman. Se recomienda seguir los lineamientos del [ASCE 41-17 \(2017\)](#) donde se detalla la cantidad de ensayos destructivos y no destructivos que deben ejecutarse para una campaña exploratoria comprensiva.
2. Mediciones de vibraciones ambientales para una mejor calibración de los modelos numéricos y evaluar los efectos de torsión en planta.
3. Inspecciones de en las soldaduras de los elementos de acero que se sugieren métodos no destructivos de exploración en soldaduras como inspección con partículas magnéticas, ultrasonidos, radiografías, tintas penetrantes, entre otros ([Encarnación, 2010](#)). Para decidir el método requerido deberá conocerse el tipo de conexión a analizar y las limitaciones de cada método.
4. Evaluación estructural sistemática: Con la información recolectada, se deberá ejecutar un análisis matemático detallado del comportamiento global de los bloques estructurales con el fin de evaluar su comportamiento frente al sismo y verificar si alcanza los criterios de desempeño normativos.
5. Diseño de reforzamiento: Se deberá plantear un reforzamiento basado en los resultados de la evaluación con el objetivo de cumplir los criterios de diseño estipulados en las normativas y favorecer los nuevos usos arquitectónicos. Se puede suponer que la estructura requería un incremento considerable de capacidad, por lo cual **se anexa un planteamiento tentativo de la filosofía de reforzamiento por capacidad**, que busca brindar rigidez lateral mediante la inclusión de muros de corte, recrecimiento de elementos verticales y arriostramiento de elementos no estructurales. Debe considerarse la posibilidad de una intervención a la cimentación ya que se crearán elementos estructurales y se cambiarán el uso de ciertas áreas arquitectónicas.

## 7. Bibliografía

- ACI Committee 318. (2019). 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. In *ACI Materials Journal*. <https://doi.org/10.14359/51716937>
- Caiza, P., & Viera, P. (2017). Modelamiento del comportamiento resistente de mamposterías con baja adherencia mortero-ladrillo. *Third Annual State-of-the-Art in Civil Engineering Structures and Materials*, (July), 1–12.
- Encarnación, E. (2010). *IMPLEMENTACIÓN DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA DE SOLDADURA EN LA EMPRESA INDIMA S.A.* Escuela Politécnica Nacional.
- FEMA P154. (2015). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A Handbook. In *NCEE 2014 - 10th U.S. National Conference on Earthquake Engineering: Frontiers of Earthquake Engineering*. <https://doi.org/10.4231/D3M90238V>
- Flores, F., Charney, F. A., & Lopez-Garcia, D. (2018). The influence of accidental torsion on the inelastic dynamic response of buildings during earthquakes. *Earthquake Spectra*, 34(1), 21–53. <https://doi.org/10.1193/100516EQS169M>
- López, H. (2017). Hotel Quito.
- Mohammad Noh, N., Liberatore, L., Mollaioli, F., & Tesfamariam, S. (2017). Modelling of masonry infilled RC frames subjected to cyclic loads: State of the art review and modelling with OpenSees. *Engineering Structures*, 150, 599–621. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.07.002>
- NEC15. (2015). Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras. *Dirección de Comunicación Social, MIDUVI*, pp. 19, 20.
- Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings. (2017). In *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. <https://doi.org/10.1061/9780784414859>
- Urich, A. (2017). Muisne , Ecuador 2016 : Once and Again Relearning About the Role of the Miscalled " Non-Structural " Masonry Walls. *16th World Conference on Earthquake Engineering*, 1–14.

## 8. Anexos

La información de respaldo se encuentra anexa de la siguiente forma:

ANEXO 1: Formularios de evaluación estructural rápida FEMA P-154.

ANEXO 2: Filosofía de reforzamiento

### **Responsables Técnicos:**

MSc. Ing. Carlos Andrés Celi Sánchez.  
C.I. 1103938591

MSc. Ing. José Daniel Poveda Hinojosa.  
C.I. 1717467235