



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE AMENAZAS NATURALES, SISMO Y TSUNAMI,
EN SAN CRISTÓBAL(GALÁPAGOS), PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS EN EDIFICACIONES EXISTENTES

AUTOR: Palacios Hidalgo Jorge Marcelo

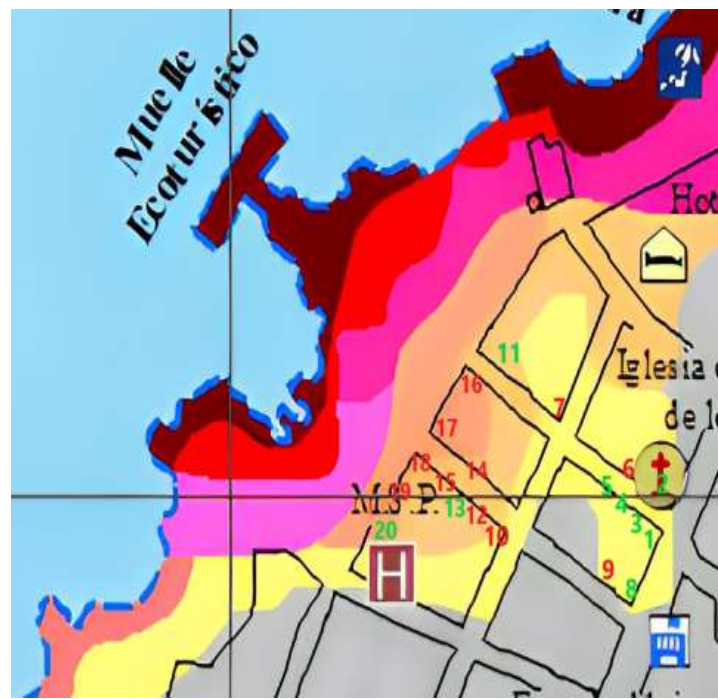
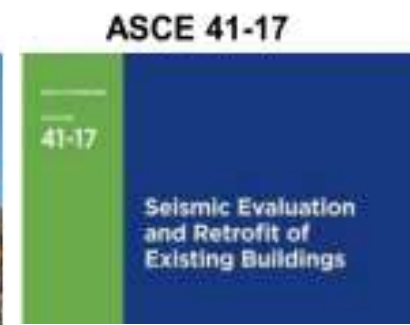
DIRECTOR(A): ING. HARO BÁEZ ANA GABRIELA, Ph.D..

SANGOLQUÍ - 2023



- 1 • INTRODUCCIÓN
- 2 • JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO
- 3 • OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS
- 4 • ANTECEDENTES
- 5 • ESTUDIOS PRELIMINARES
- 6 • RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN
- 7 • CONCLUSIONES
- 8 • RECOMENDACIONES

INTRODUCCIÓN



Identificación de las Amenazas expuestas las edificaciones y FV

Análisis de las edificaciones

Resultado, Implementación, Conclusiones y Recomendaciones.

JUSTIFICACIÓN



Patrimonio Mundial de la Humanidad UNESCO (1979)



89.71% Energía térmica



Extensión: 558 Km²
85% Parque Nacional



GENERAL

Evaluar la vulnerabilidad de las estructuras de Puerto Baquerizo Moreno ante las amenazas naturales (Sismo y Tsunami) que afectan a la Isla San Cristóbal, para generar una propuesta de instalación de paneles fotovoltaicos.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar y cuantificar las amenazas naturales (sismo y tsunami) y la vulnerabilidad estructural de edificaciones.
- Identificar las edificaciones donde se podrían implantar, de forma segura, paneles fotovoltaicos.

Históricos Sismos en Galápagos desde 1954 hasta 2022

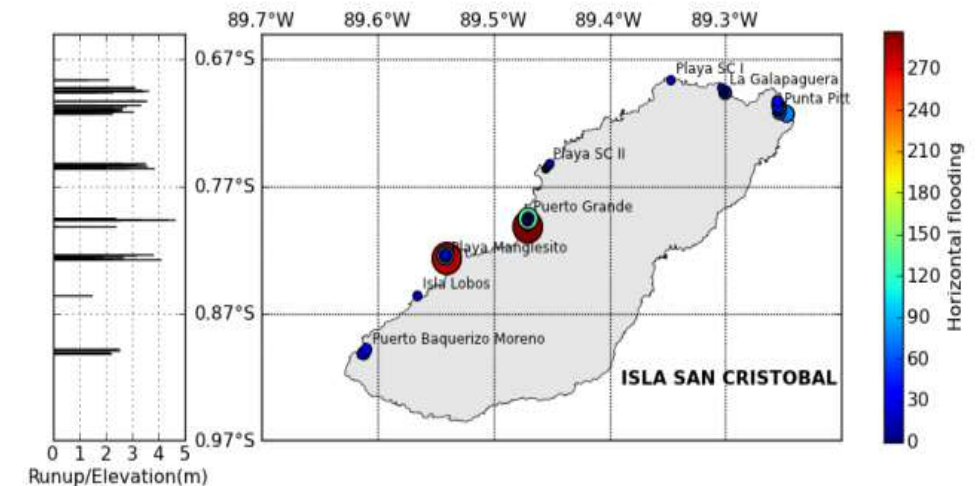
4 de junio de 1954, que alcanzó 6,3 Mw en la escala de Richter

Producidos por magma y actividad volcánica.

Terremoto de magnitud 9.0 Mw., en Honshu, Japón

Máxima inundación horizontal distancia de 46.9 m.

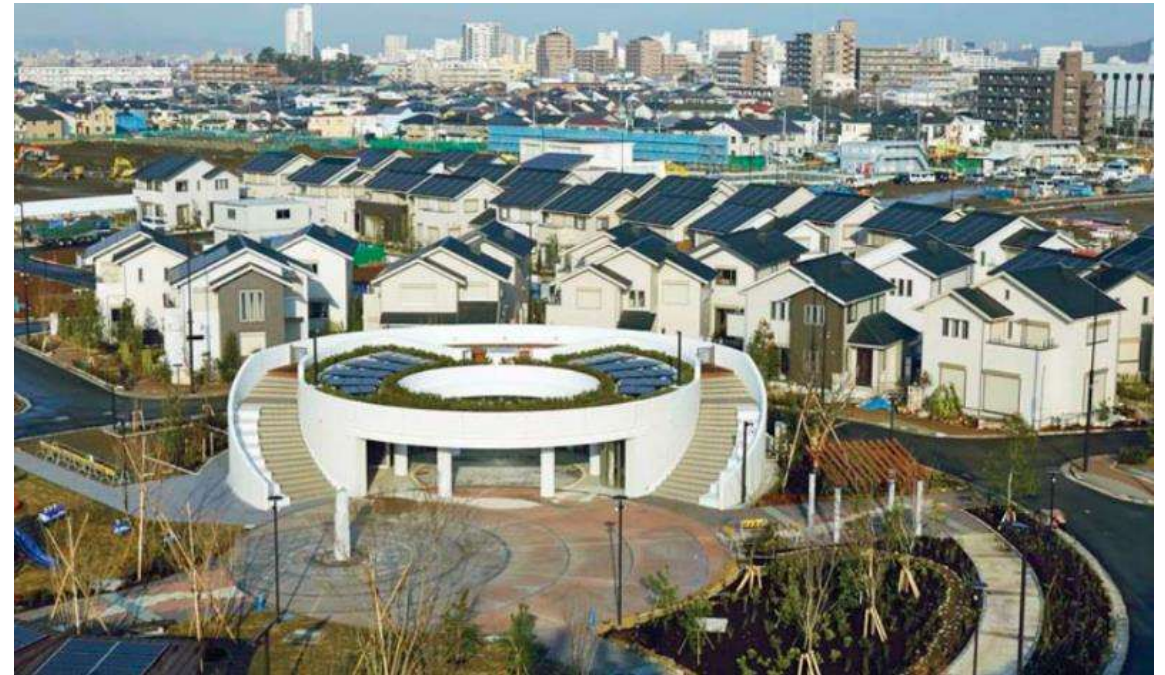
Una máxima elevación de flujo de 2.6 m



Referente Japón

A finales de 2010, el país asiático registró 137 000 viviendas con paneles solares.

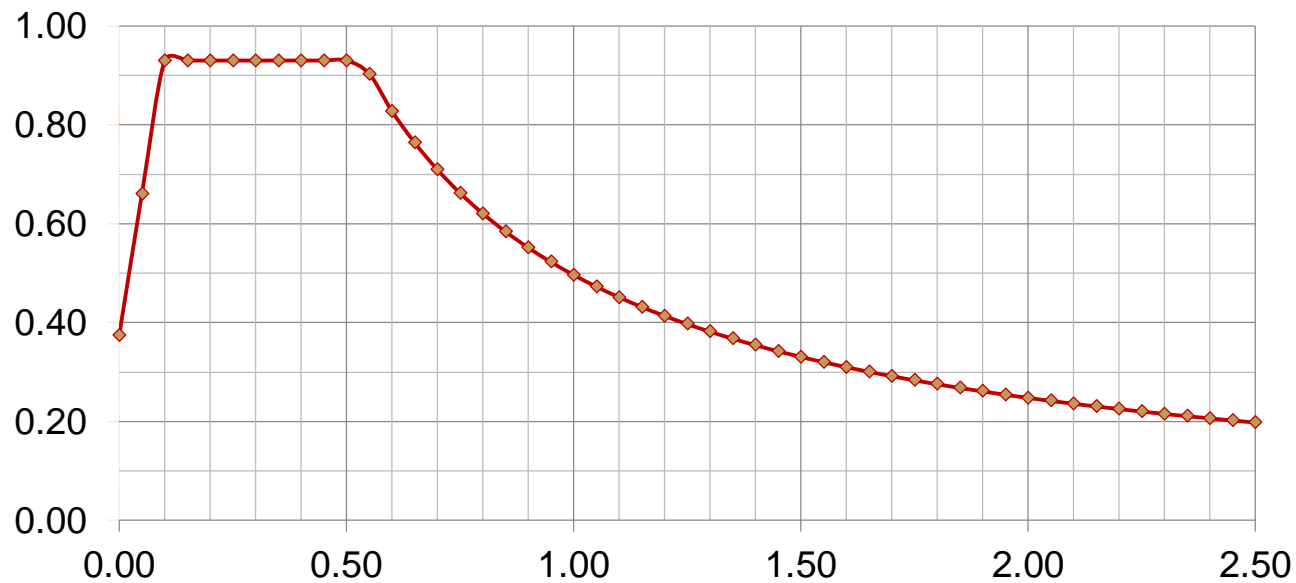
Antigua fábrica de Panasonic, Residen 2 000 personas. Los hogares vienen equipados con paneles solares.



Velocidad de onda de corte (Vs)

Composición del suelo	Vs30(ft/s)			Tipo de suelo (NEC15)
	Min.	Máx.	Mediana	
Basalto	890	1902	1365	C

Espectro Elástico de Diseño NEC-2015



Espectro Elástico NEC – 15

Coefficiente	Valor
Fa	1.25
Fd	1.19
Fs	1.02
r	1
η	2.48

$$T_o = 0.1 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0.1 * 1.02 \frac{1.19}{1.25}$$

$$T_o = 0.097 \text{ s}$$

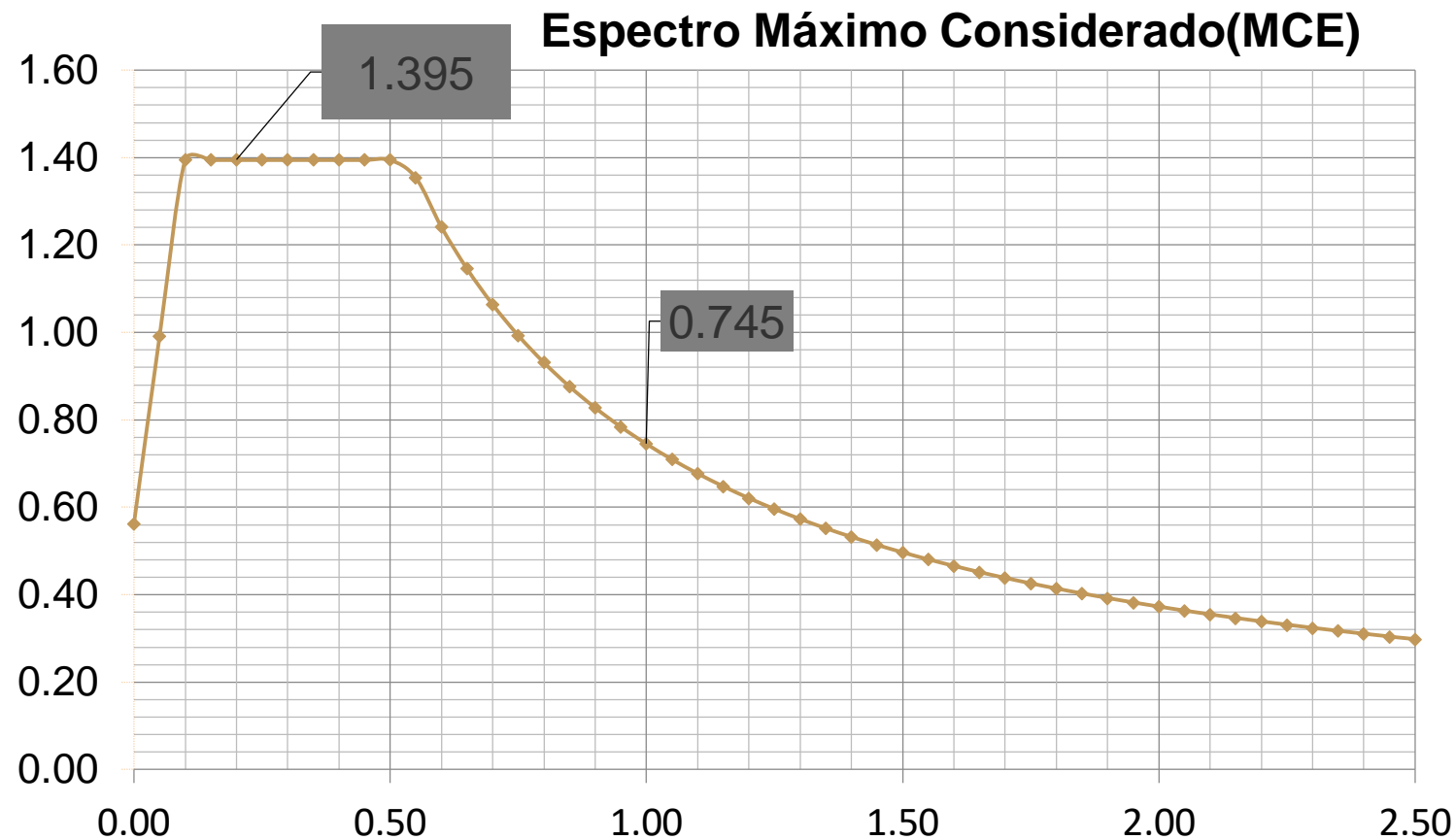
$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 * 1.02 \frac{1.19}{1.25}$$

$$T_c = 0.534 \text{ s}$$

$$S_a = \eta z F_a$$

$$S_a = \eta z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$



- $S_s = 1.395 g$

$$1.000 g \leq S_s < 1.500 g$$

- $S_1 = 0.745 g$

$$S_1 \geq 0.600 g$$

∴ *Región sísmica muy alta*

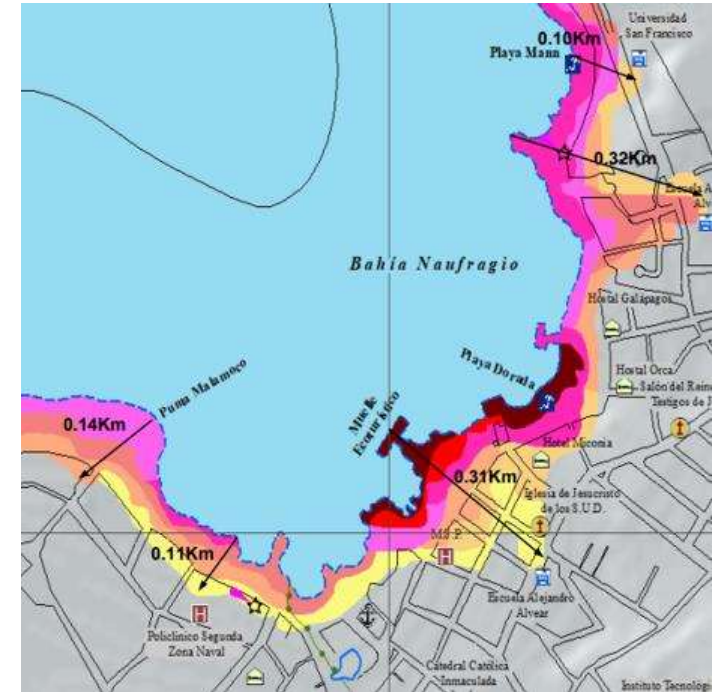
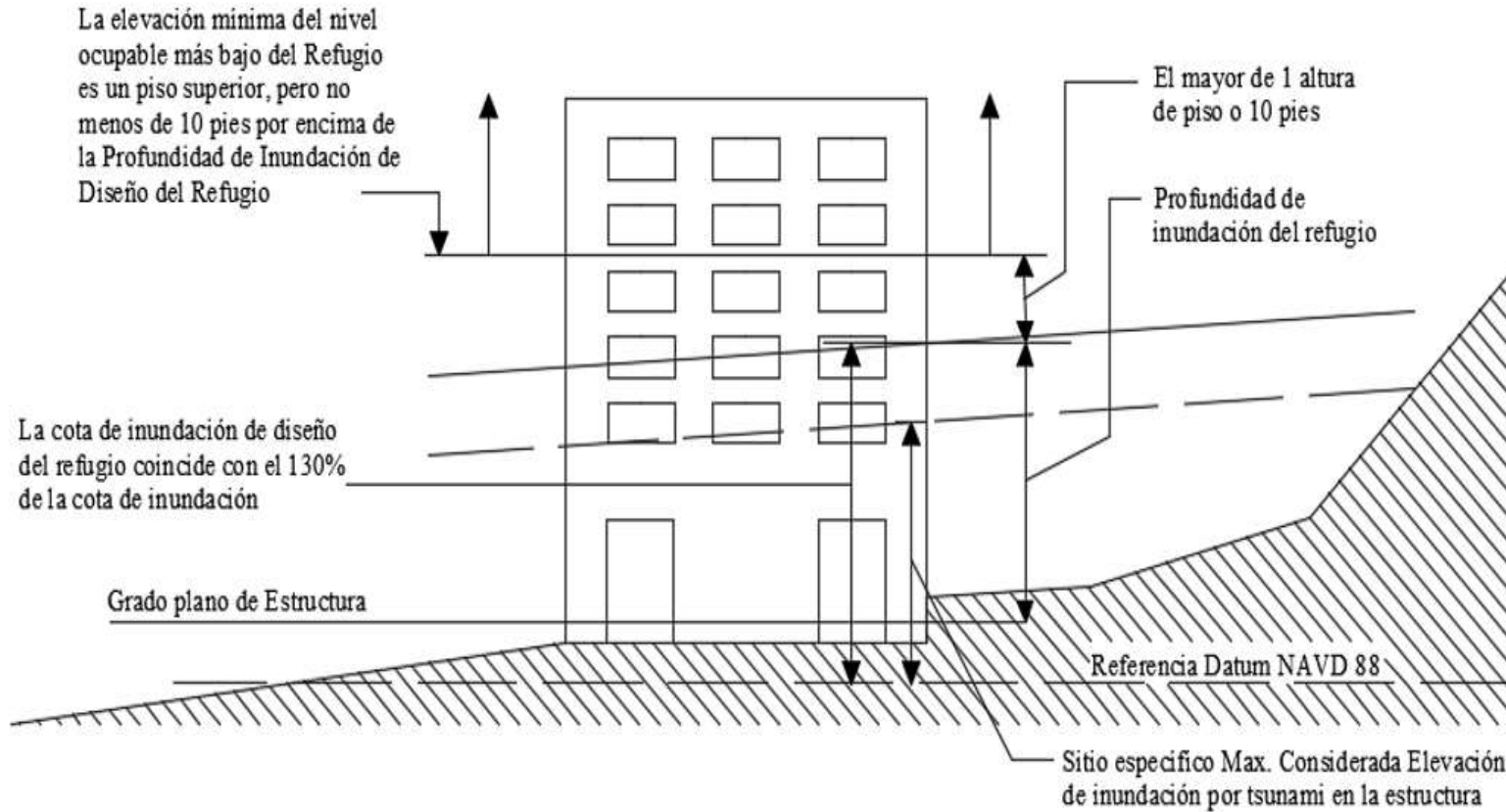


FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES

Muy alta sismicidad NI

DATOS EDIFICACIÓN																	
Edificio N°	98	Lote N°	1														
Dirección																	
Barrio	Albatros	Manzana	7														
Latitud	-0,9045367	Longitud	-89,6088889														
Se	1,4g	S1	0,75g														
Evaluador	MP	Fecha	15/12/2022														
DATOS CONSTRUCCIÓN																	
NÚMERO DE PISOS	2																
Sobre el suelo	2	Bajo el suelo	0														
Año Construcción	1993																
Año Código	PRECODIGO MODERNO																
Área Construcción (plaz)	175,00 m2																
Añiciones	SI																
OCUPACION																	
Actividad	Comercio	Educación															
Industria	Oficina	Religión															
Salud	Almacenamiento	Recreación															
Transporte	Albergue	Financiero															
OCUPACION SELECCIONADA	Residencial																
TIPO DE SUELO																	
A	B	C	D														
Roca	Roca	Suave	Suave														
Duro	Débil	Débil	Débil														
TIPO DE SUELO SELECCIONADO	C																
RIESGOS GEOLÓGICOS																	
Lanzamiento	Deslizamiento	Pluvióscapada															
SI	NO	SI	NO														
DRK	DRK	DRK	DRK														
ADYACENCIA																	
Peligro caída	NO	Gobias	SI														
GRADO DE REVISIÓN																	
Exterior	SI	Interior	NO (Plazos remediado) NO														
IRREGULARIDADES		OTROS RIESGOS															
Elevación	SI, VLT GRAVE	Planta	SI, PL1														
PELIGRO CAÍDA EXTERIORES		¿Hay peligros que ameriten una evaluación estructural detallada?															
Chimeneas	NO	Parapetos	SI														
Rievas Pasado	SI	Añiciones	NO														
Clima	NO	Daño importante o deterioro sistema estructural	NO														
TIPO DE ESTRUCTURA	C																
Comentario / Observaciones		Sin observaciones															
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1. SL1																	
PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)																	
PUNTAJE BÁSICO																	
W1	W1A	W2	R1	R2	R3	R4	R5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH	
2.1	1.9	1.8	1.5	1.4	1.6	1.4	1.2	1.0	1.2	0.9	1.1	1.0	1.1	1.1	0.9	1.1	
IRREGULARIDADES																	
Irregularidad vertical Grave, VLT	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	NA	
Irregularidad vertical Moderada, VL1	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA	
Irregularidad en planta, PL1	-0.7	-0.7	-0.8	-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	
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN																	
Pre-código moderno (antes de 2001)	-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	
Construido desde 2001 pero antes de 2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Código moderno (construido a partir de 2015)	1.0	1.0	2	1	1.1	1.1	1.5	NA	1.4	1.7	NA	1.5	1.7	1.6	NA	0.5	
SUELO																	
Suelo Tipo 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	0.1	0.1	
Suelo Tipo C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Suelo Tipo E (1-3Pisos)	0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0	-0.3	-0.1	-0.2	-0.2	-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	NA	
Puntaje Mínimo	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	1	
PUNTAJE FINAL NIVEL 1.SL1 > SMIN																	
Puntaje básico	0.7																
Estructura no supera el límite de 2																	
ACCIÓN REQUERIDA:																	
¿Requiere evaluación estructural detallada?				Evaluación no estructural detallada recomendada?													
1.-SI, tipo de edificación desconocido u otro edificio	2.-SI, PUNTAJE MENOR QUE EL LIMITE			1.- SI, peligros no estructurales identificados	2.-NA, existen peligros no estructurales irregulares						3.-NO, no se identifican peligros no estructurales				4.-DRK* no concierne		
3.-SI, otros peligros presentes														1.-SI, PELIGROS NO ESTRUCTURALES IDENTIFICADOS			
4.-NO																	

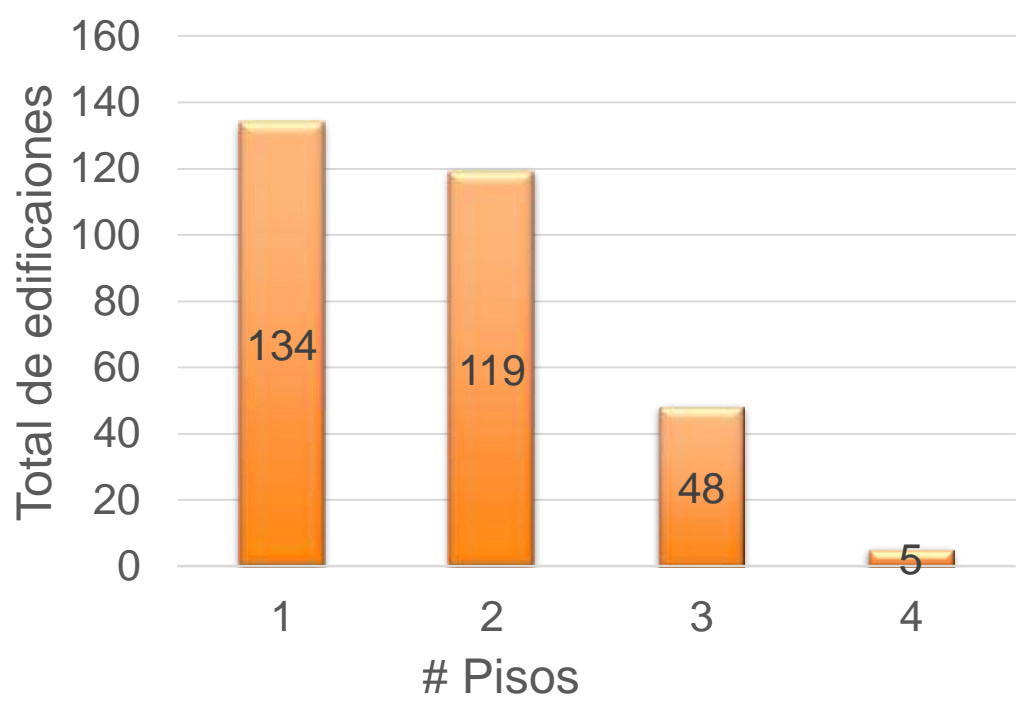




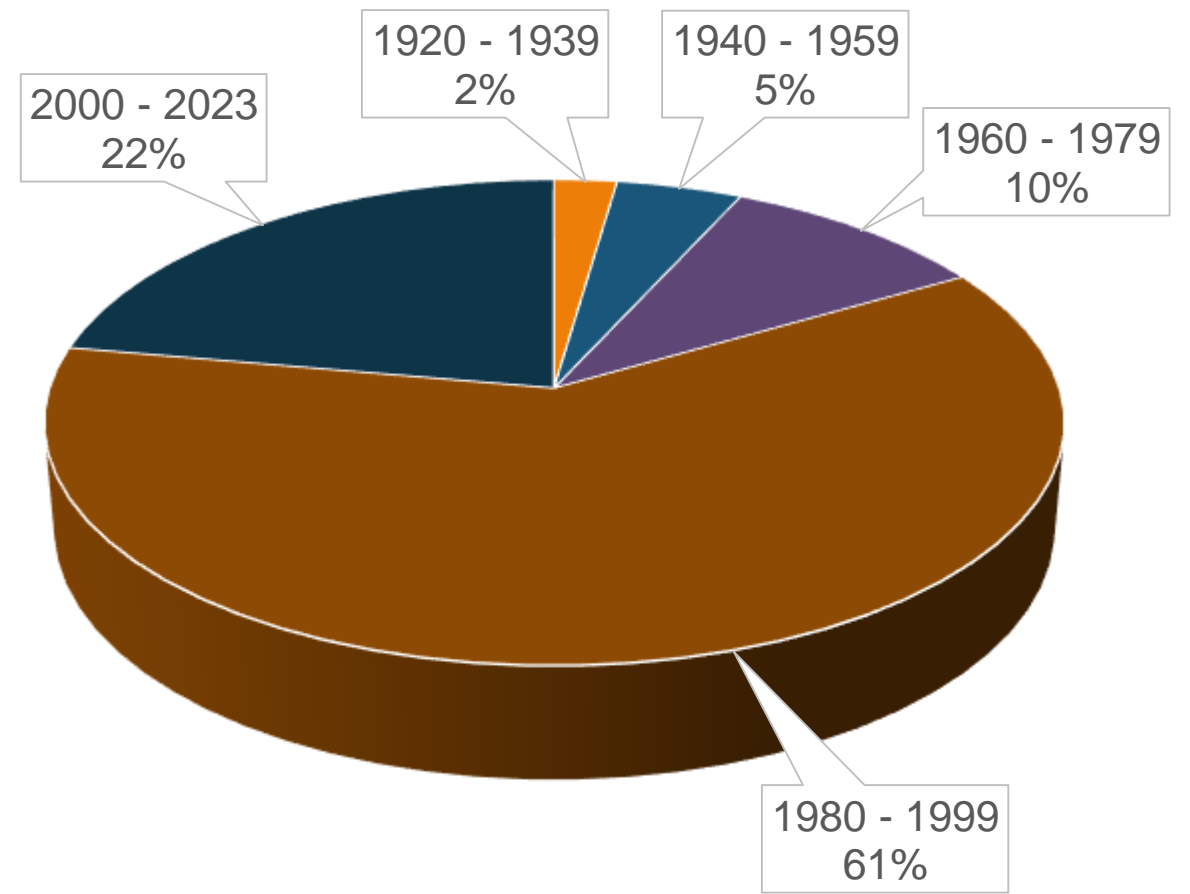
Clasificación de las viviendas de acuerdo con el número de pisos

Clasificación de las estructuras de acuerdo con el año de su construcción

TOTAL DE EDIFICACIONES POR NÚMERO DE PISOS

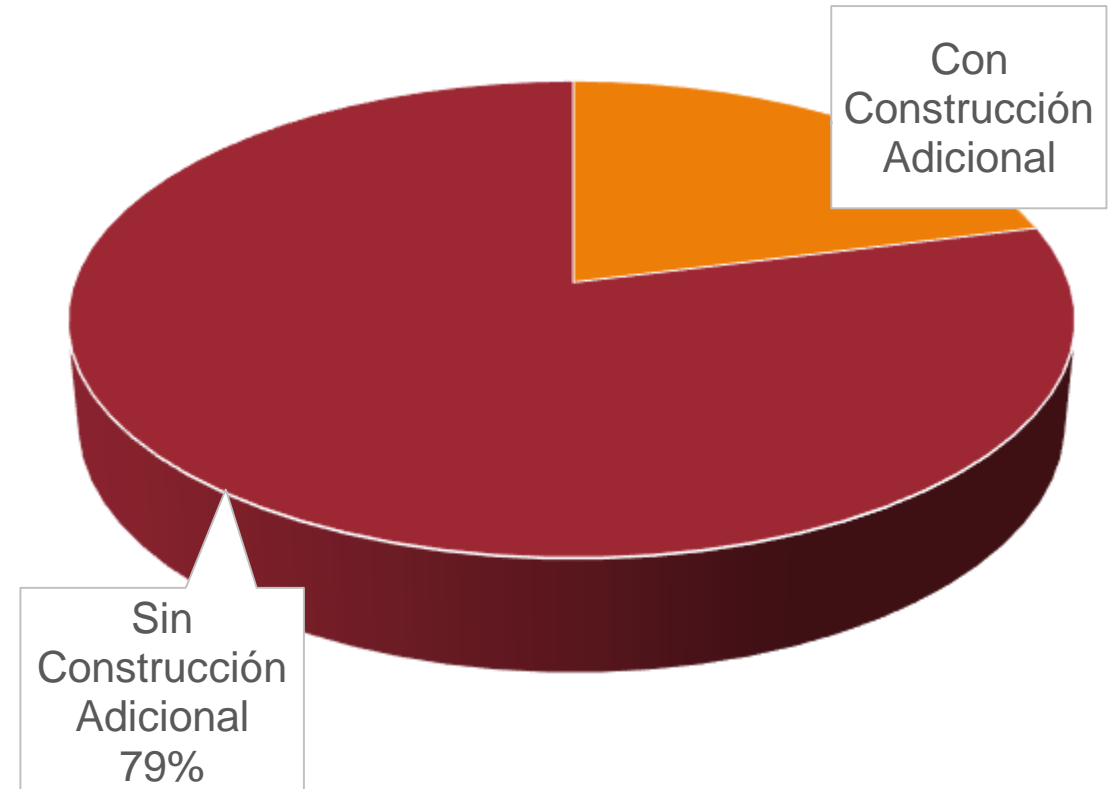
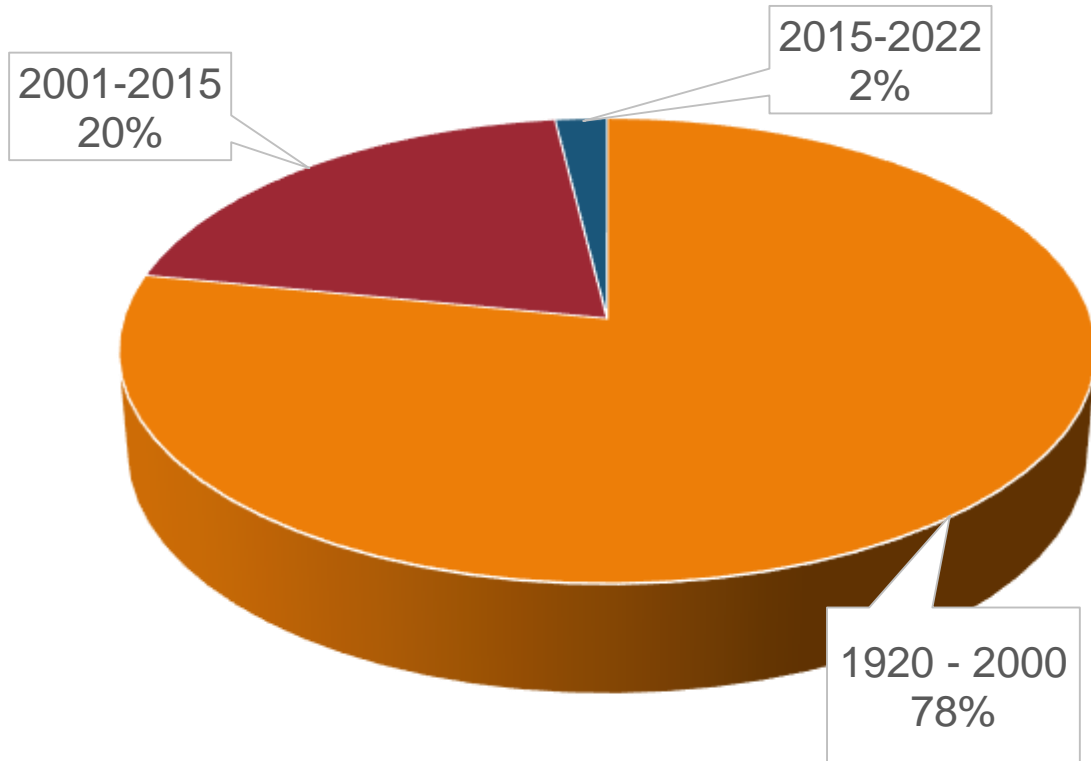


• 44% 39% = 82%



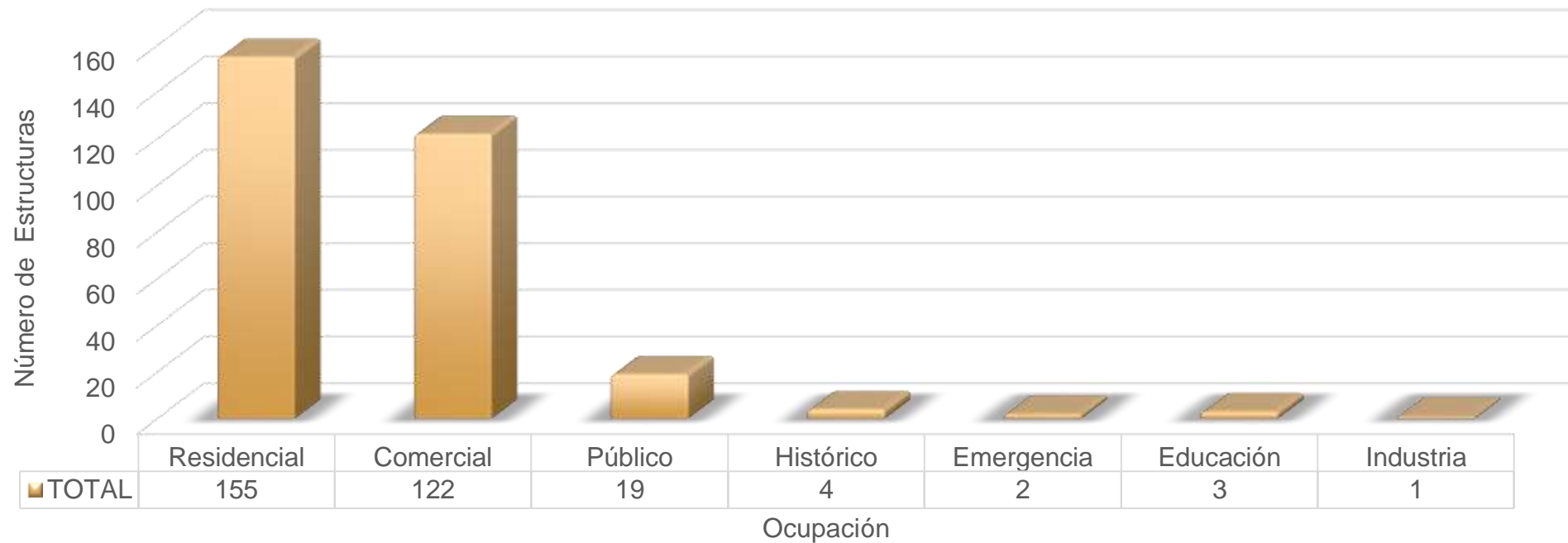
Clasificación de las estructuras de acuerdo con el código de construcción

Clasificación de estructuras de acuerdo con la presencia de una construcción adicional



Clasificación de las estructuras según su ocupación

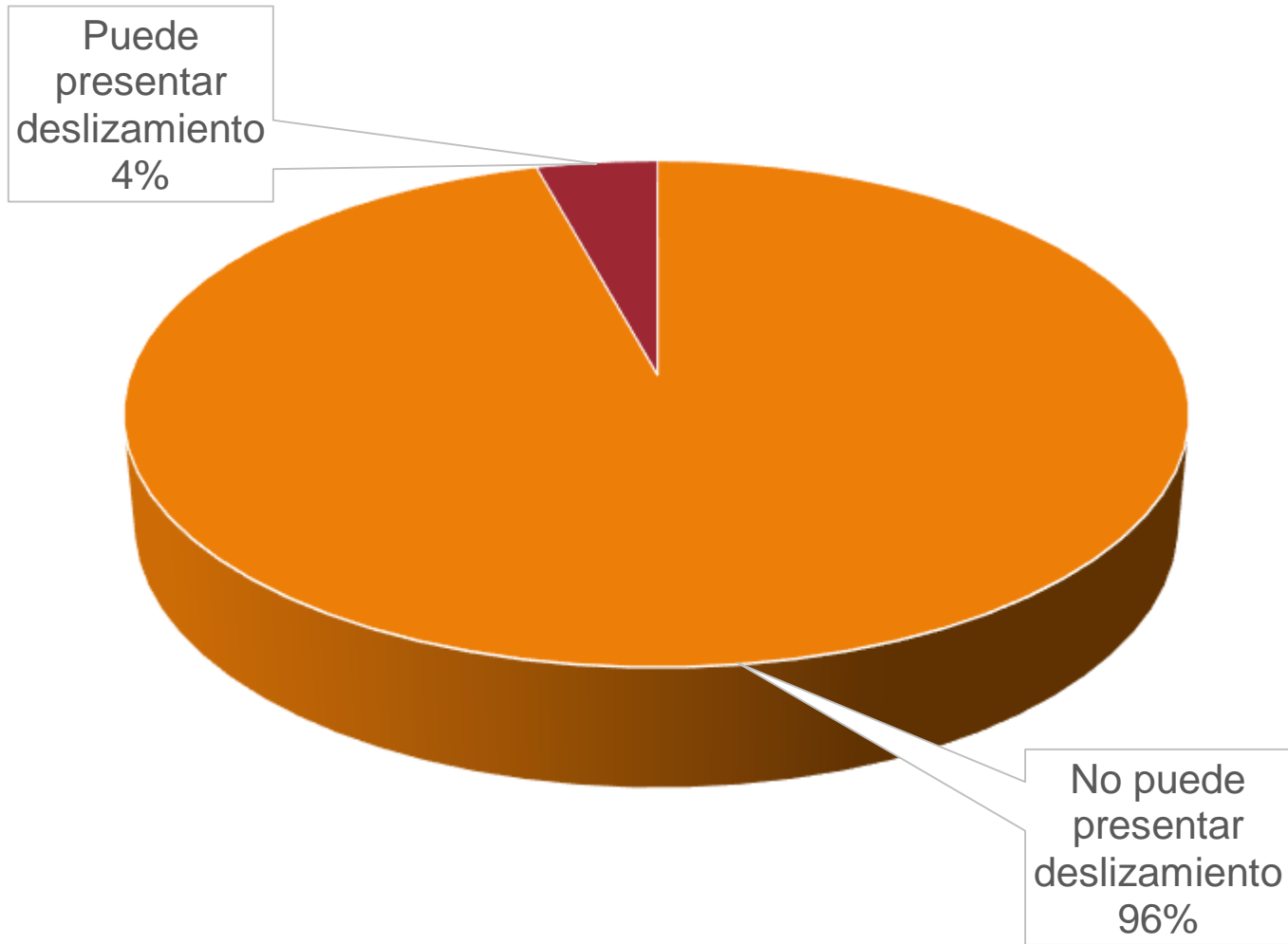
CLASIFICACIÓN DE LAS VIVIENDAS SEGÚN SU OCUPACIÓN



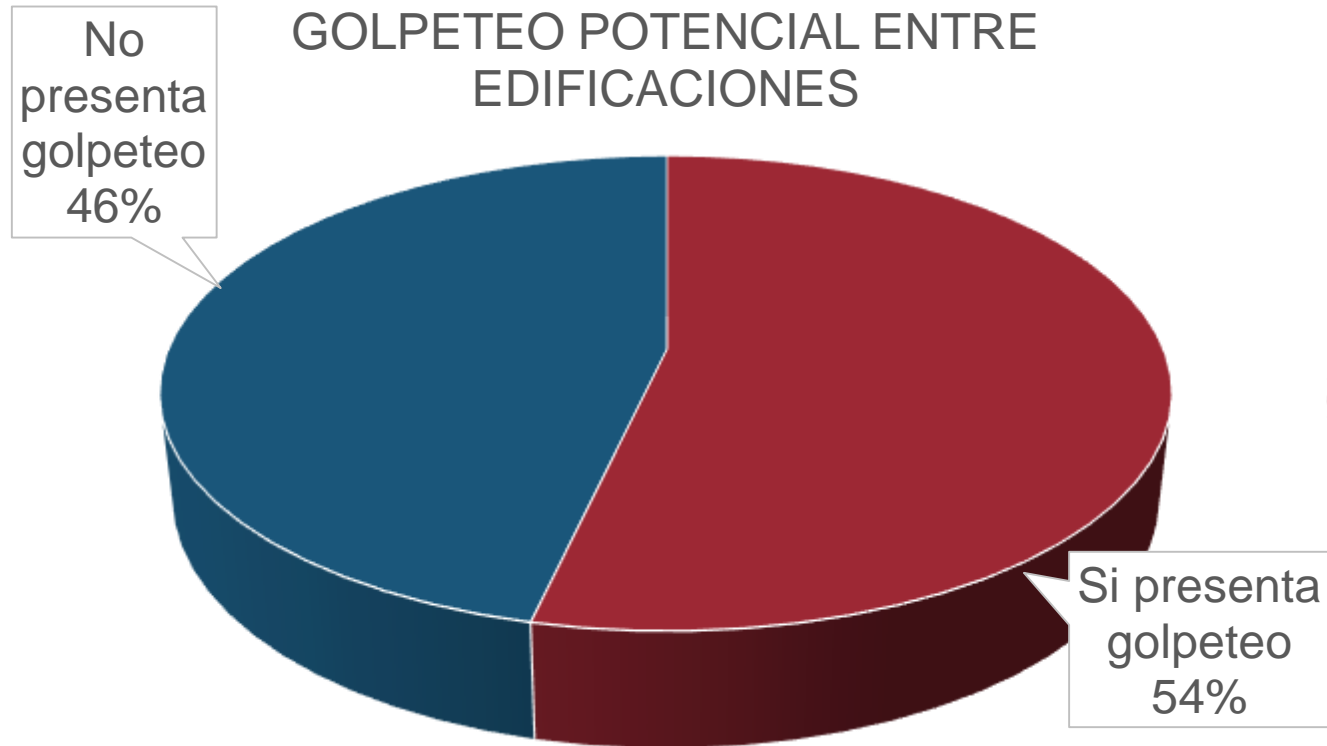
- 51% 40% = 91%

Clasificación de las estructuras según el riesgo geológico – Deslizamiento

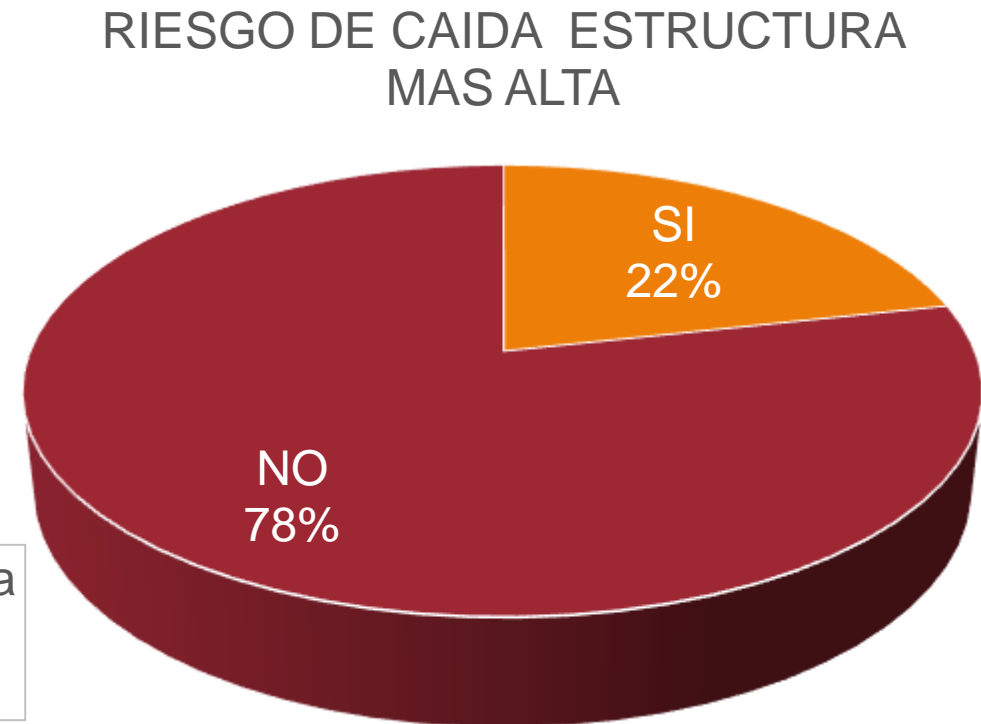
PELIGROS GEOLÓGICOS - DESLIZAMIENTO



Clasificación por proximidad entre estructuras

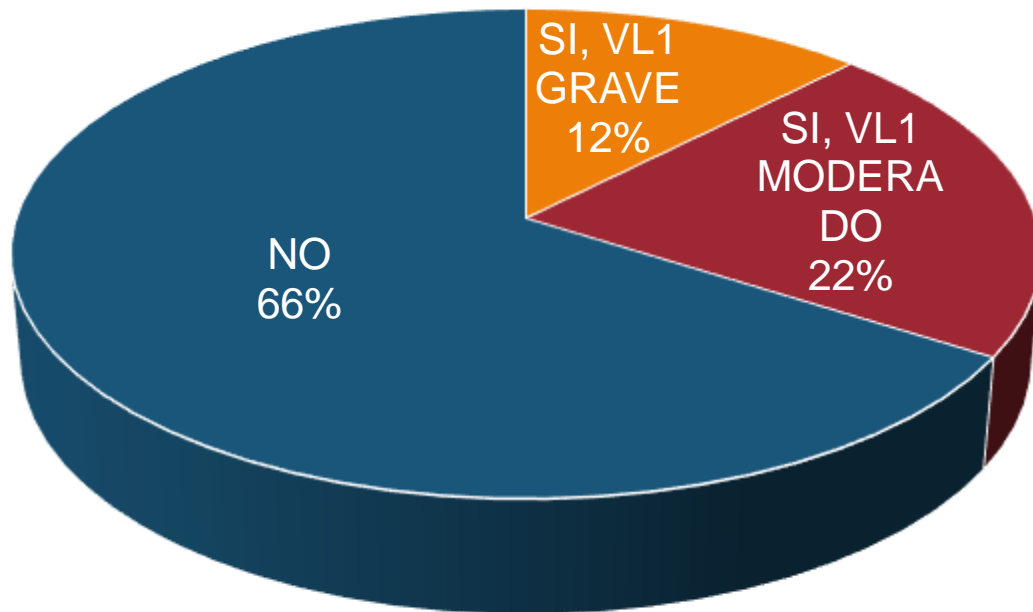


Riesgo de caídas estructuras adyacentes

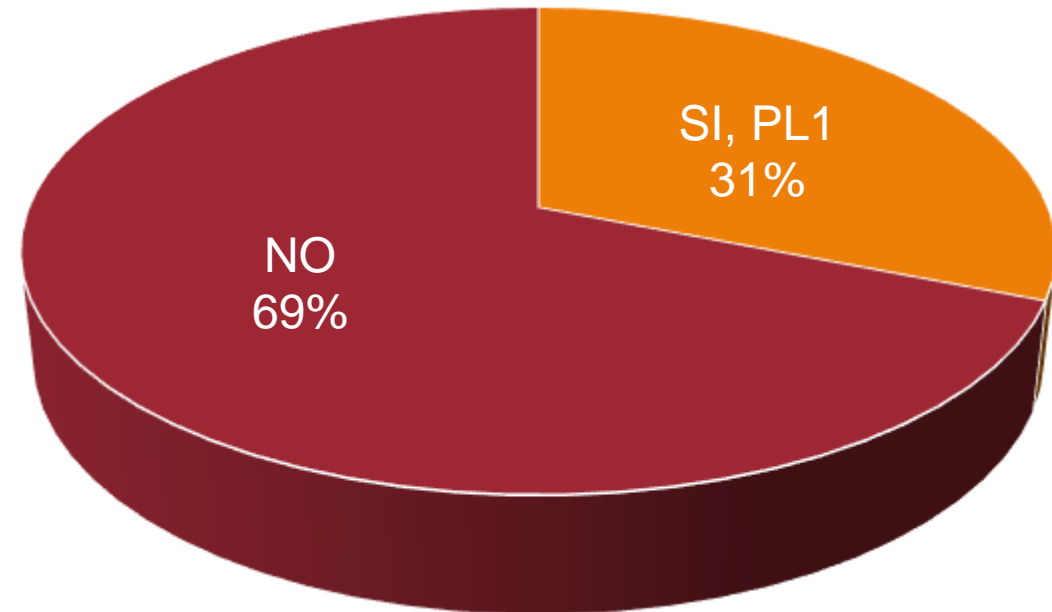


Clasificación por irregularidades en las estructuras

Irregularidad en Elevación

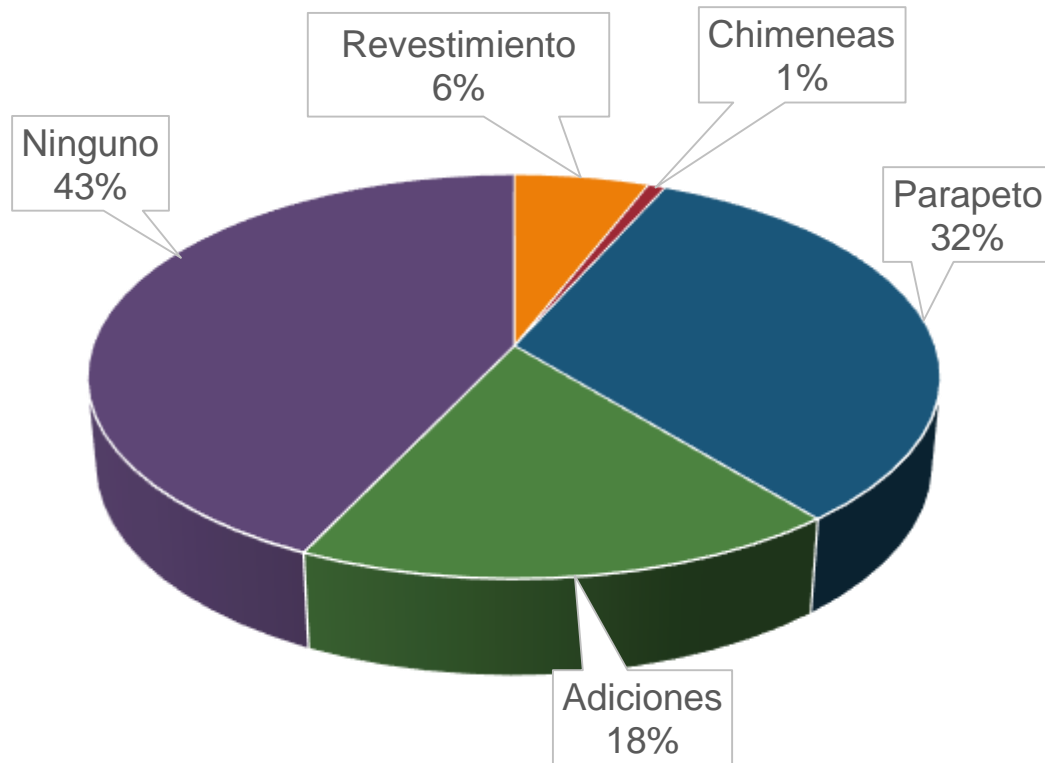


Irregularidad en Planta



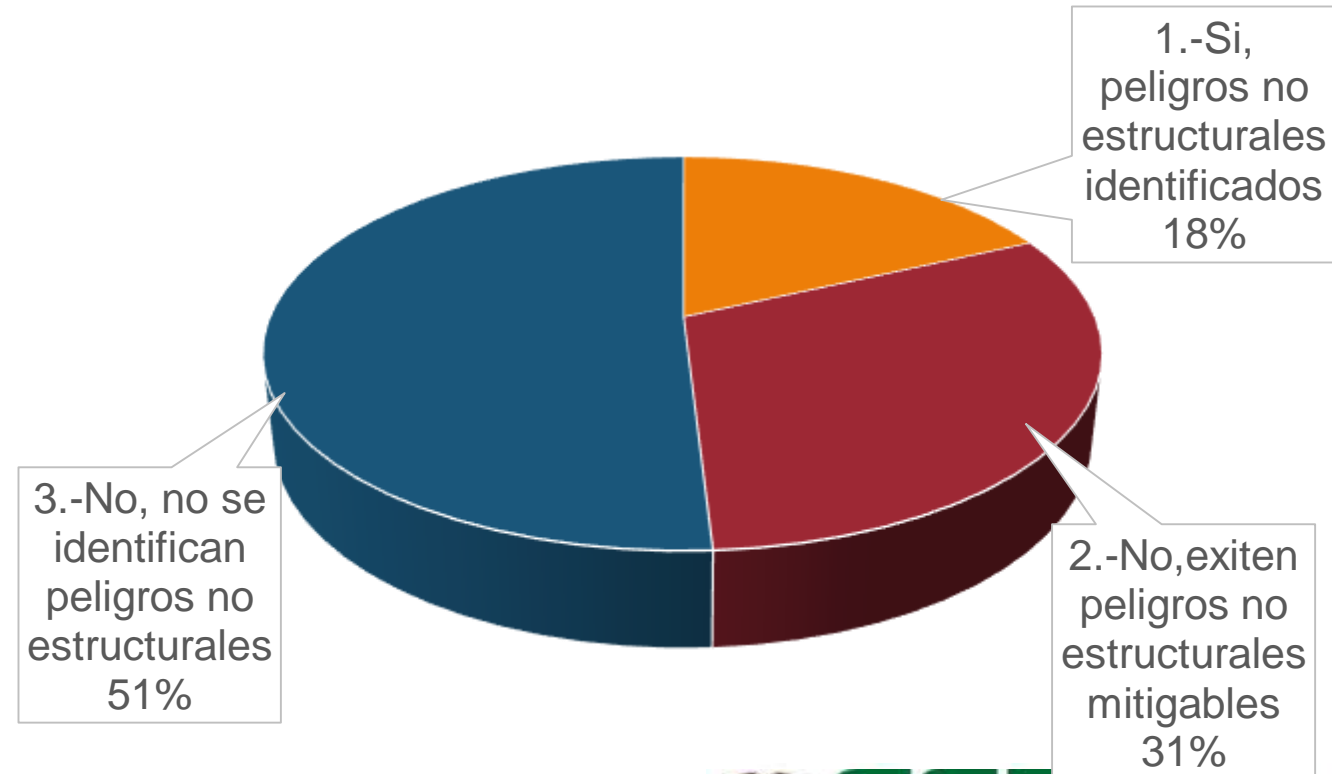
Clasificación de posibles peligros no estructurales

CANTIDAD DE POTENCIALES PELIGROS NO ESTRUCTURALES



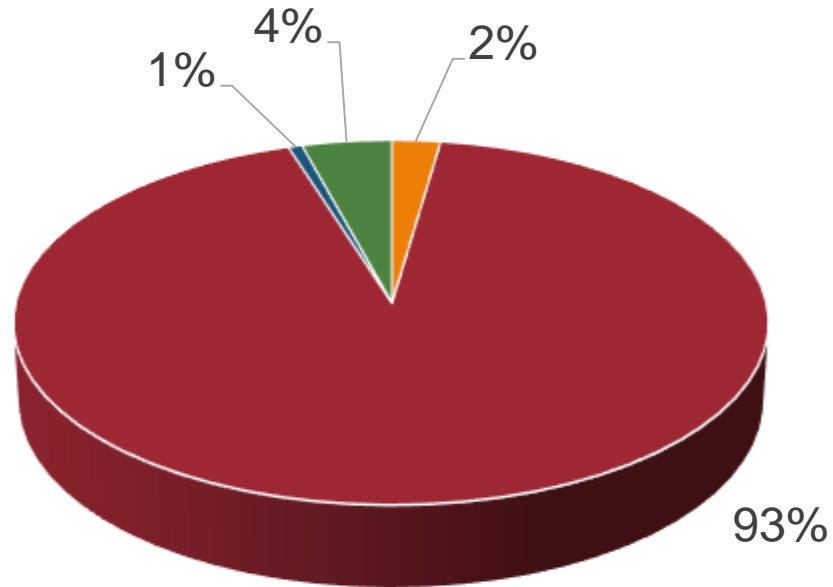
Clasificación de viviendas que requieren una evaluación no estructural detallada

ACCIÓN REQUERIDA, ¿EVALUACIÓN NO ESTRUCTURAL DETALLADA RECOMENDADA?



Clasificación de los tipos de estructuras

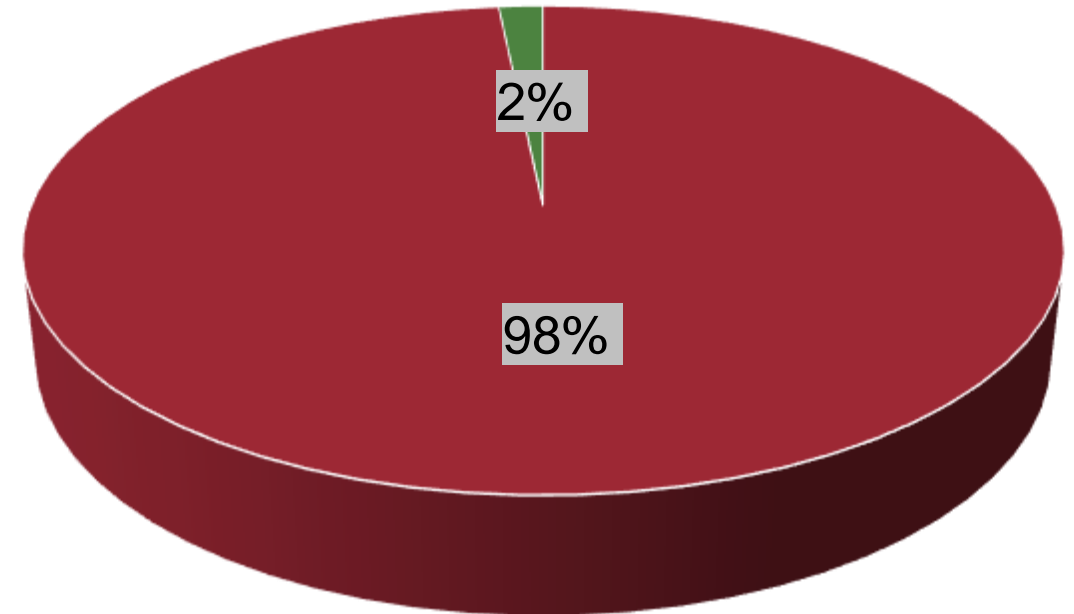
TIPOLOGIA DE ESTRUCTURAS



- C1 (Porticos de concreto armado)
- C3 (pórticos de concreto con muros de mampostería no reforzada)
- URM (paredes de apoyo de mampostería no reforzada)
- W1 (pórticos de madera livianos)

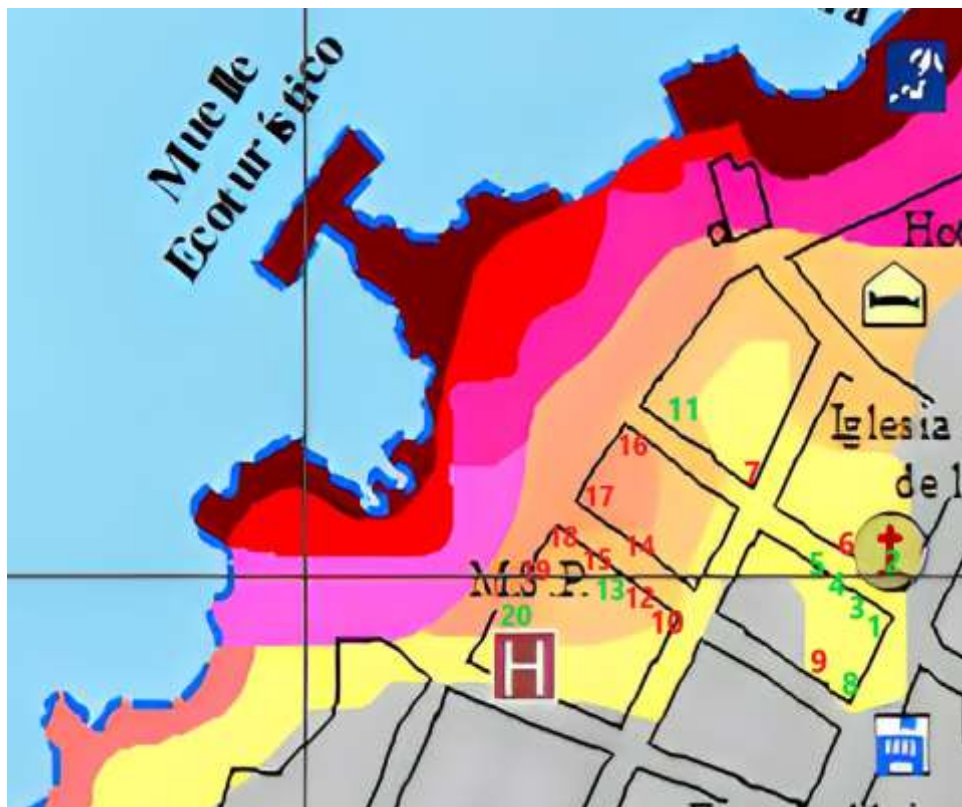
Puntaje final de la evaluación

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL LÍMITE DE LAS ESTRUCTURAS



- Estructuras que no superan el límite de 2
- Estructuras que superan el límite 2

Inundación por tsunami



Inundación por tsunami producido por un sismo de magnitud Mw 8.4 considerando una marea de 1.86 metros. (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2022)

Pto. Analizado	Nivel Ola 1 Metro			Altura vertical FEMA P646 (m)	Imp. Sis. fotovoltaico
	N° edificación	Nro pisos	altura(m)		
1	266	2	6	4,3	OK
2	267	3	9	4,3	OK
3	268	2	6	4,3	OK
4	269	2	6	4,3	OK
5	270	3	9	4,3	OK
6	271	2	6	4,3	Estr. Madera
7	272	2	6	4,3	Estr. Madera
8	287	2	6	4,3	OK
9	288	2	6	4,3	Estr. Madera
10	291	2	6	4,3	Estr. Madera
Pto. Analizado	Nivel Ola 2 Metros			Altura vertical FEMA P646 (m)	Imp. Sis. fotovoltaico
	N° edificación	Nro pisos	altura(m)		
11	274	2	6	5,6	OK
12	292	2	6	5,6	Estr. Madera
13	293	3	9	5,6	OK
14	294	1	3	5,6	NEGATIVO
15	295	2	6	5,6	OK
Pto. Analizado	Nivel Ola 3 Metros			Altura vertical FEMA P646 (m)	Imp. Sis. fotovoltaico
	N° edificación	Nro pisos	altura(m)		
16	273	2	6	6,9	NEGATIVO
17	275	2	6	6,9	NEGATIVO
18	276	2	6	6,9	NEGATIVO
19	277	2	6	6,9	NEGATIVO
20	278	3	9	6,9	OK



Implementación paneles fotovoltaicos en vivienda tipo C3 con un área en planta de 100 m²

Cantidad de paneles y área solicitadas para viviendas de un piso.

Descripción	Valor
Potencia [Wh/día]	5810
Potencia Panel [Wh/día]	1800
Número de Paneles requeridos	4
Área panel [m ²]	2
Área total paneles [m ²]	8

Cantidad de paneles y área solicitadas para viviendas de dos pisos (Una familia).

Descripción	Valor
Potencia [Wh/día]	6020
Potencia Panel [Wh/día]	1800
Número de Paneles requeridos	4
Área panel [m ²]	2
Área total paneles [m ²]	8

Cantidad de paneles y área solicitadas para viviendas de dos pisos (Dos familias).

Descripción	Valor
Potencia [Wh/día]	11620
Potencia Panel [Wh/día]	1800
Número de Paneles requeridos	7
Área panel [m ²]	2
Área total paneles [m ²]	14

(CNEL EP)

Implementación paneles fotovoltaicos en vivienda tipo C3 con un área en planta de 100 m²

Cantidad de paneles y área solicitadas para viviendas de dos pisos (dos familias).

CASA DE 2 PISOS (Dos familias)					
Equipo Eléctrico	Número de elementos previstos	Potencia Unitaria [W]	Potencia [W]	Número de horas de funcionamiento por día [h/día]	Potencia Total [KWh/día]
Laptop	2	45	90	8	0,72
Puntos de luz interiores	12	10	120	6	0,72
Puntos de luz exteriores	4	10	40	3	0,12
Microondas	2	550	1100	0,1	0,11
Licuadaora	2	250	500	0,1	0,05
Aire Acondicionado	2	500	1000	5	5
Lavadora	2	300	600	0,1	0,06
Refrigeradora	2	200	400	12	4,8
Previsión de otros servicios	Futuro	40	40	1	0,04
TOTAL POTENCIA			3890		11,62

(CNEL EP)

CONCLUSIONES

- Es así que los resultados de la investigación revelaron que las edificaciones levantadas de 1 y 2 pisos corresponden al 83 %. Por otra parte, el 78 % de las estructuras evaluadas fueron construidas entre 1920 y 1999, antes de la aprobación del código CEC2000. En contexto, estas construcciones se erigieron de manera informal, debido a que no existió un marco legal específico.

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados, el 98 % de las edificaciones requieren una evaluación estructural más rigurosa por medio del uso del formulario nivel 2. Sin embargo, los datos mostraron que el 2% de las estructuras analizadas no requieren de la elaboración del instrumento mencionado, porque corresponden a edificaciones de uso comercial con un total de pisos en el rango de 1 a 2 y de tipología C3 y C1, las cuales fueron erigidas aparentemente con el NEC 2015.
- Así también, el estudio determinó que el 50 % de las 20 estructuras que fueron afectadas por tsunami pueden contar con sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, cabe recalcar que, para ese proceso, no se mide la resistencia al impacto de fuerza lateral del tsunami de estas estructuras. Por eso, en las edificaciones menores de dos pisos, que poseen una zona de altura vertical de evacuación es 6,9 m., no es conveniente la implementación de sistemas fotovoltaicos.

CONCLUSIONES

- El requerimiento de paneles, para abastecer la demanda energética presente en las estructuras residenciales de puerto Baquerizo Moreno, ocupa una pequeña área con respecto al área de construcción en planta asumida por lo que, la implementación de esta fuente de energía en las viviendas no representaría ningún problema en cuanto a espacio y ubicación.
- Con la implementación de los paneles solares se reducirá el consumo de la energía térmica obtenida a partir de diésel presente en la Isla San Cristóbal, que representa el método más utilizado en cuanto a la generación de energía con un 89.71%, y aumentará el uso de energía fotovoltaica dando una fuente de energía limpia, renovable e inagotable para los hogares de Puerto Baquerizo Moreno.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar de referencia la hora del día en la cual existe la mayor cantidad de radiación solar para ubicar los paneles solares con el grado de inclinación preciso y obtener el mayor aprovechamiento de sus propiedades. Debido a que, los paneles no pueden estar emplazados en lugares que presentan sombra, se recomienda utilizar la distancia mínima de separación entre paneles recomendada por las normativas vigentes y estar ubicados en espacios abiertos con el fin de, evitar la proyección de sombra.
- Se recomienda usar paneles fotovoltaicos monocristalinos que, a pesar de tener un costo más elevado, presentan una mayor eficiencia y vida útil respecto a los paneles policristalinos y de película fina.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que las autoridades realicen un constante control y seguimiento de las nuevas edificaciones y verificar que cumplan con la normativa actual de construcción. Para ello, es necesario que los GAD parroquiales estructuren bases de datos actualizadas que les permita cotejar sus archivos con los datos que registren en sus salidas a territorio.
- Así también, las instituciones públicas deben sistematizar de manera más eficiente la información y actualizar periódicamente los datos que manejan sobre los riesgos y amenazas de su jurisdicción, que facilite la elaboración de un mapa de riesgos. De este modo, el objetivo es reducir la incertidumbre y aumentar el nivel de confianza de los estudios que se realicen tanto dentro de las instituciones públicas, como por parte de centros educativos, estudiantes o investigadores.

*Gracias por su
atención*