

Análisis Exploratorio del terremoto en Nepal 2015

Luciano Zurdo

Abril 2021

Contents

1	Introducción	2
1.1	Base de Datos	2
1.2	Hipótesis de trabajo	2
2	Análisis	4
2.1	Identificación de Zonas	4
2.1.1	Materiales de edificaciones por zona	5
2.2	Daños por materiales	7
2.2.1	Materiales de baja resistencia	7
2.2.2	Materiales de alta resistencia	9
2.3	Condición socioeconómica por materiales y niveles de destrucción	10
2.3.1	Materiales de baja resistencia	10
2.3.2	Materiales de alta resistencia	11
2.3.3	Frecuencia de edificaciones por densidad	12
2.4	Daños por tipo de construcción	13
2.4.1	Edad y daños	13
2.4.2	Altura y daños	15
2.4.3	Área y daños	16
2.4.4	Daños, tipos de cimientos y tipos de suelo	16
2.4.5	Daños, tipo de construcción en planta baja y demás pisos	19
2.5	Daños por uso de las construcciones	20
3	Conclusión	21
3.0.1	Repositorio del código	21

Chapter 1

Introducción

1.1 Base de Datos

En el presente trabajo se hará un análisis exploratorio de los datos de la base de datos creada en conjunto por Kathmandu, Living Labs y Central Bureau of Statistics. Los datos están basados en una encuesta que se realizó sobre el terremoto que sucedió en 2015 en Nepal.

Este terremoto tuvo una magnitud de 7.8 en la escala Richter y los daños ocasionados costaron al estado un gasto total de \$7 mil millones de dolares.

En esta base de datos está centrada en los inmuebles antes y después del terremoto, con lo cual contaremos con datos sobre los materiales de construcción, las superficies y alturas normalizadas de los edificios, grado de daño de las edificaciones posterior al terremoto, Zonas en la que se encontraban los edificios, usos de las edificaciones (estatales, agricultura, etc) y familias que viven en ellas.

1.2 Hipótesis de trabajo

Para las hipótesis del analisis se tomará como materiales de baja resistencia a los siguientes materiales:

- Bambu
- Barro
- Piedra
- Madera
- Ladrillo y Barro
- Combinaciones de estos materiales

Mientras que los materiales de alta resistencia serán:

- Concreto y ladrillo
- Concreto y piedra
- Concreto diseñado y no diseñado

Se asumirá que la condición socioeconomica de las familias residentes es inversamente proporcional a la densidad de familias por superficie normalizada. También se asumirá que los materiales de construcción tales como barro, bambú, madera y piedra estarán asociados a niveles socioeconomicos menores que para materiales como cemento, ladrillo, cemento diseñado y no diseñado.

La formula que se utilizará para calcular la densidad será:

$$Densidad = \frac{Area \cdot Pisos}{Familias} \quad (1.1)$$

Donde el Area, será el area normalizada, pisos serán la cantidad de pisos de la edificación y familias serán la cantidad de familias.

Chapter 2

Análisis

2.1 Identificación de Zonas

Se Comenzará por analizar de manera general las zonas que mas edificaciones presentan, de esta manera podremos identificar las zonas urbanas de las zonas mas rurales, donde se espera que la densidad de edilicios sea la mas baja por la naturaleza de la actividad realizada en estas áreas.

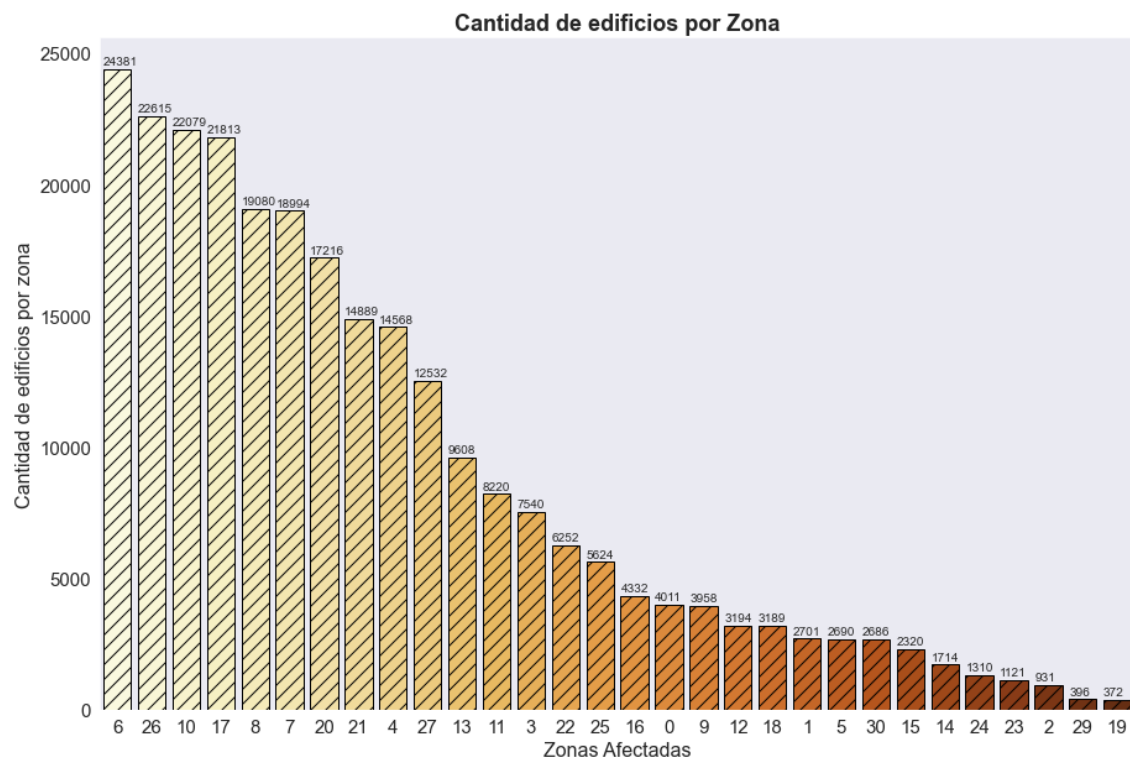


Figure 2.1: Todas las zonas generales y sus edificaciones

Se puede identificar que las zonas 19, 29, 2 y 23 podrían ser zonas rurales debido a su baja densidad de edilicios, mientras que las zonas 6, 26, 10 y 17, podrían tratarse de zonas urbanas debido a sus altas densidades de edificios. De esta manera se puede identificar el "centro" urbano y los alrededores de manera mas simple.

2.1.1 Materiales de edificaciones por zona

En este análisis se observará un mapa de calor con la cantidad de edificaciones por materiales y por cada zona, habiendo seleccionado previamente los dos tipos de materiales mas frecuentes por zona (un podio de dos posiciones por cada zona).

Se puede observar que para las que definimos como zonas urbanas haciendo uso de la figura 2.1 y utilizando el mapa de calor 2.2, encontramos que en las zonas urbanas 6, 26, 10 y 17, tenemos una clara dominancia de las estructuras de barro y piedra, cosa mayormente esperable en zonas rurales.

Esto podría estar sugiriendo que en estas zonas densamente pobladas existe un alto índice de precariedad en las estructuras, sugiriendo de la misma manera un alto índice de pobreza. A si mismo podemos observar que la zona con mayor diferencia en proporción a estructuras de otros tipos con la de barro y piedra que se tiene, es la zona a su vez mas densamente poblada de edificaciones, es decir la zona n°6 con una proporción de mas de 11 veces la cantidad de edificaciones en su segundo puesto, siendo a su vez esta misma del material "barro".

La zona que encabeza el podio en un tipo de material es la zona 17, siendo esta misma una zona que se encuentra en lo que definimos como "zonas urbanas" y la predominancia del material es de "barro y piedra" también.

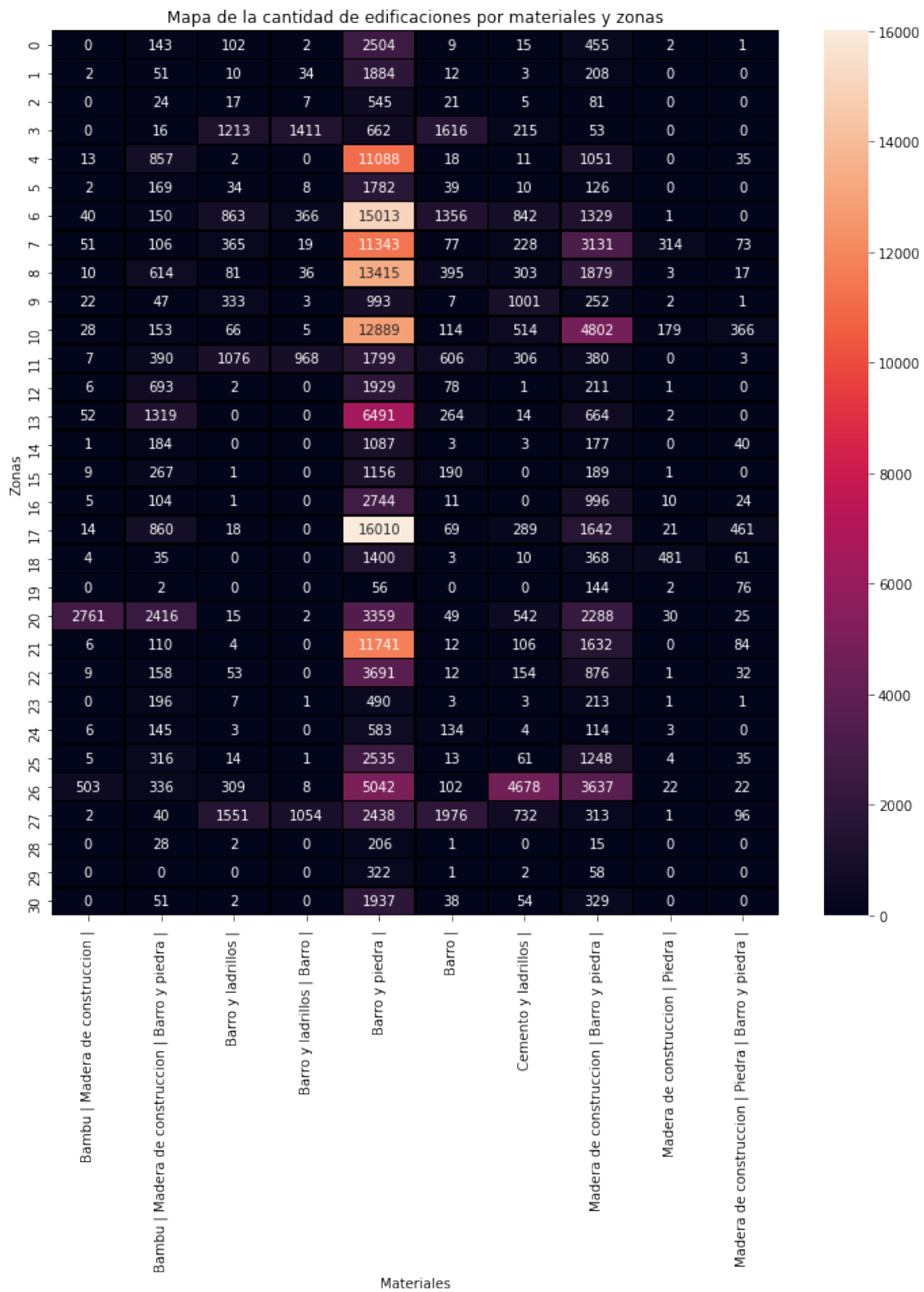


Figure 2.2: Mapa de calor de zonas por materiales

2.2 Daños por materiales

2.2.1 Materiales de baja resistencia

El siguiente análisis será uno superficial para obtener las primeras impresiones sobre los daños en relación con los materiales de construcción de las edificaciones, de esta manera se podrá observar si existe alguna correlación entre los materiales y su posterior nivel de destrucción.

Podemos observar en la figura 2.3 que los materiales de construcción menos resistentes presentan niveles de daños altos del 24 al 48 por ciento del total, siendo las edificaciones en roca, las mas inseguras, mientras que las edificaciones de bambú presentan niveles bajos de destrucción alta dentro de estos materiales.

Por otro lado también debemos analizar los materiales con mayores porcentajes de daños bajos debido a que también será un indicador de la resistencia de estos materiales y de la calidad de las construcciones que los utilizan.

Podemos comprobar que las construcciones con materiales de bambú y madera son las que presentan mayores porcentajes de baja destrucción. Con lo cual dentro de estos materiales de baja resistencia, son los mas fuertes frente a sismos.

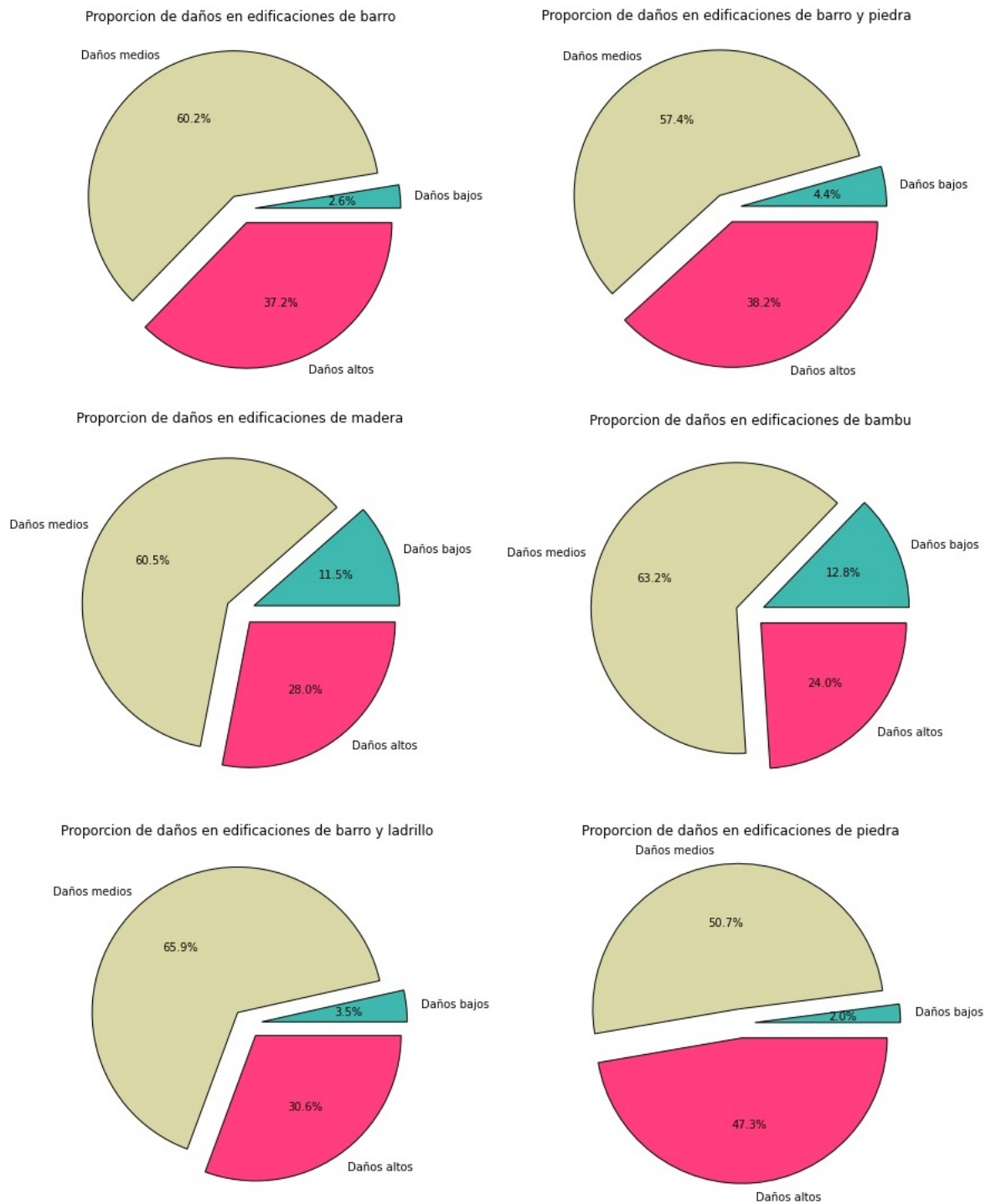


Figure 2.3: Porcentajes de destrucción para materiales de baja resistencia

2.2.2 Materiales de alta resistencia

Para los materiales de alta resistencia se espera porcentajes menores en los rangos de destrucción alta y a su vez se espera porcentajes mayores en los rangos de destrucción baja en comparación con su contraparte de materiales de baja resistencia.

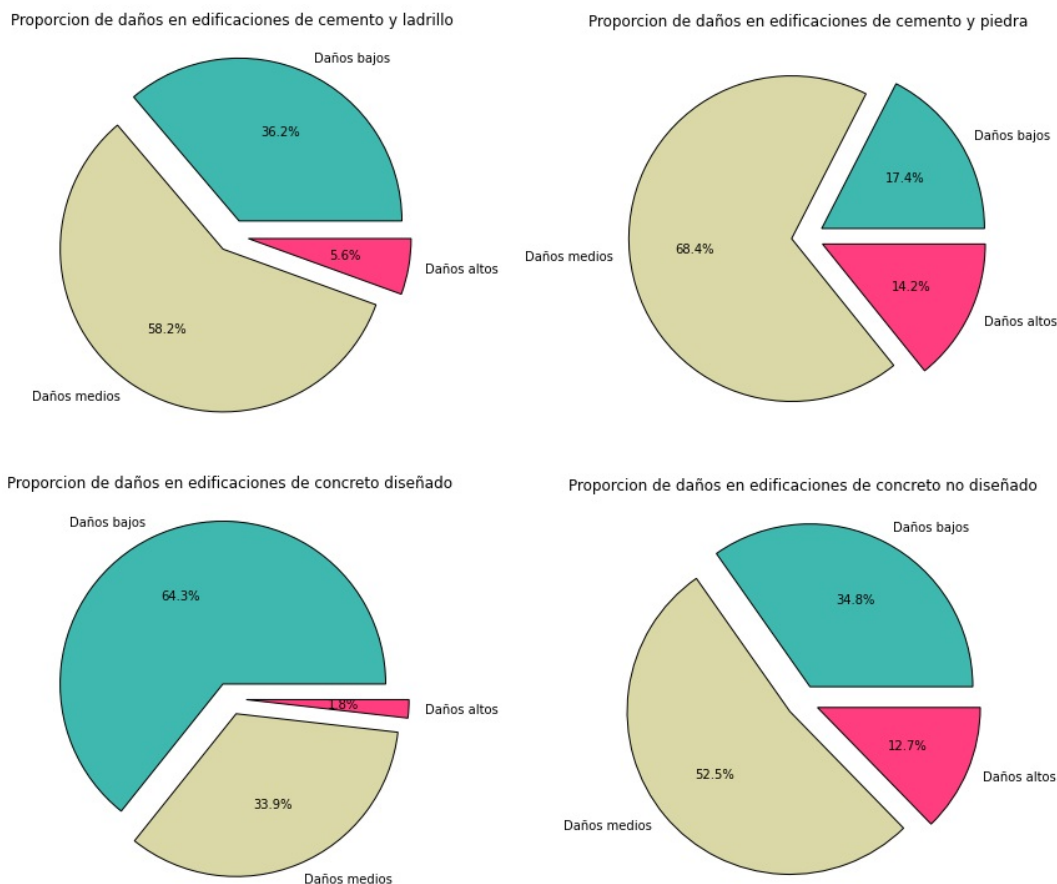


Figure 2.4: Porcentajes de destrucción para materiales de alta resistencia

En la figura 2.4 se puede confirmar que lo esperado se cumple, teniendo porcentajes desde %14 hasta %1,8 de daños altos en comparación con su contra parte que presentaba porcentajes desde %47 hasta %24. Podemos apreciar también que los porcentajes de daños bajos en estos materiales son muy altos, con lo cual hay una clara tendencia de que la incorporación de concreto a las construcciones produce una disminución del riesgo de destrucción frente a sismos. En particular podemos resaltar que el concreto diseñado presenta la mayor resistencia de todas frente a sismos, siendo el único material que presenta mayores porcentajes de daños bajos frente a los daños medios.

Se puede resaltar que la incorporación de rocas a las construcciones en vez de ladrillos aumenta el riesgo de tener daños altos frente a sismos, una tendencia que se tiene presente también en los materiales de menor resistencia.

2.3 Condición socioeconómica por materiales y niveles de destrucción

En esta sección se analizará la relación entre la condición socioeconómica de las familias residentes de los edificios, los materiales con los cuales están contruidos los mismos y sus niveles de destrucción. De esta manera se busca conocer a los mayores afectados por el sismo.

Para los materiales de baja resistencia se ha tomado a las edificaciones hechas con alguna combinación de barro, barro y piedra, piedra, barro y ladrillo, madera constructiva y bambú. Estas edificaciones de baja resistencia no poseen materiales como cemento de algún tipo.

Para los materiales de alta resistencia se ha tomado a las edificaciones hechas con alguna combinación de concreto, concreto y ladrillo, concreto reforzado no diseñado y concreto reforzado diseñado. Mientras que estas edificaciones no presentan materiales constructivos como madera, barro, piedra y bambú.

2.3.1 Materiales de baja resistencia

En la gráfica N°2.5 se puede observar que para la gran parte de la de las densidades, el grado de daño 2 y 3 (Medio y Alto), respetan una misma proporción. Mientras que los daños de nivel 1 (Bajos), son los menores en todo momento para todas las densidades. Esto nos da la pauta de que para este tipo de materiales, no tuvo relevancia el factor de densidad de familias por edificación, es decir que las diferencias socioeconómicas de las familias entre si (considerando densidades mas altas, como niveles socioeconomicos mas bajos), no afectó al nivel de destrucción presente en dichas edificaciones.

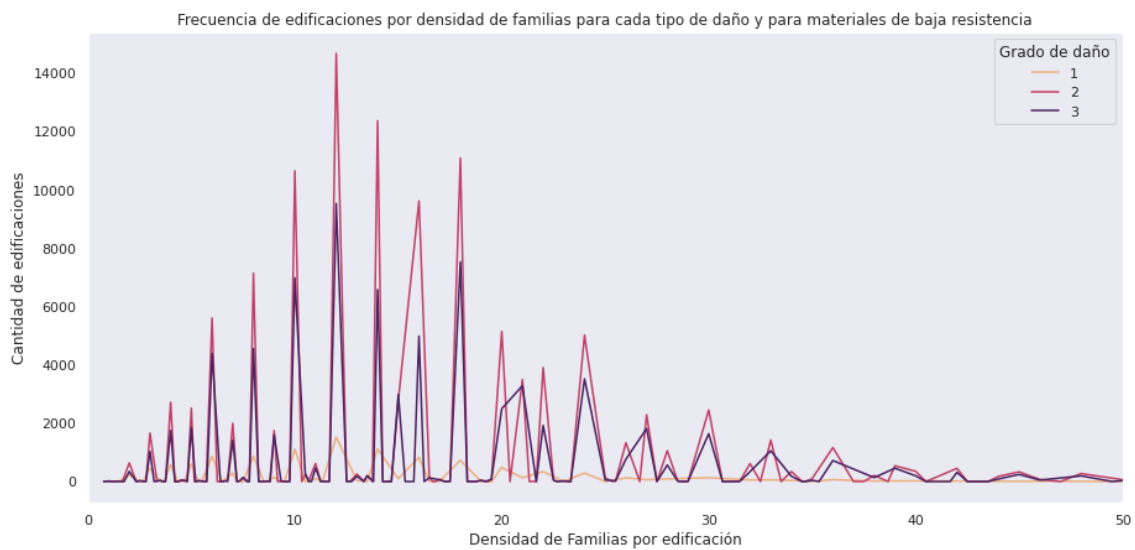


Figure 2.5: Cantidad de edificaciones por densidad de familias diferenciando el nivel de daño sufrido por las edificaciones

2.3.2 Materiales de alta resistencia

En la gráfica N°2.6 se puede observar como los niveles de destrucción 1 y 2 (bajos y medios) han afectado a gran parte de los edificios mientras que los niveles de destrucción 3 (altos) presentan una baja frecuencia de edificaciones es decir que las edificaciones para estos tipos de materiales no han sido afectadas en su mayoría por grandes daños.

Se puede observar que en este caso la densidad de familias tampoco ha afectado a la proporción de destrucción en este material. Con lo cual se mantiene en relativa constancia para la mayoría de las densidades.

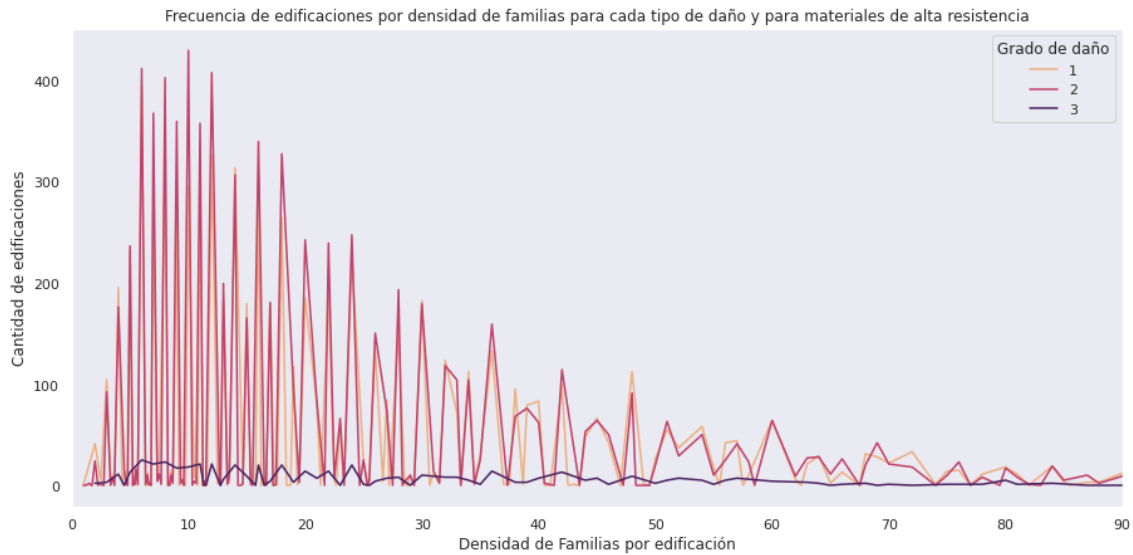


Figure 2.6: Cantidad de edificaciones por densidad de familias diferenciando el nivel de daño sufrido por las edificaciones

2.3.3 Frecuencia de edificaciones por densidad

En esta sub sección se buscará analizar una tendencia que comenzó a revelarse en la sección anterior y se trata de la frecuencia de edificaciones por la densidad, es decir la relación entre estas variables.

Como podemos observar en las figuras 2.5 y 2.6, se comienza a vislumbrar una tendencia en la gráfica, es decir una distribución normal.

Para visualizar esto con mas detalle se procederá a acumular las frecuencias de 0,5 en 0,5 y contar las repeticiones, pero esta vez con el total de edificaciones sin discriminar por materiales. Lo esperado será visualizar esta misma distribución.

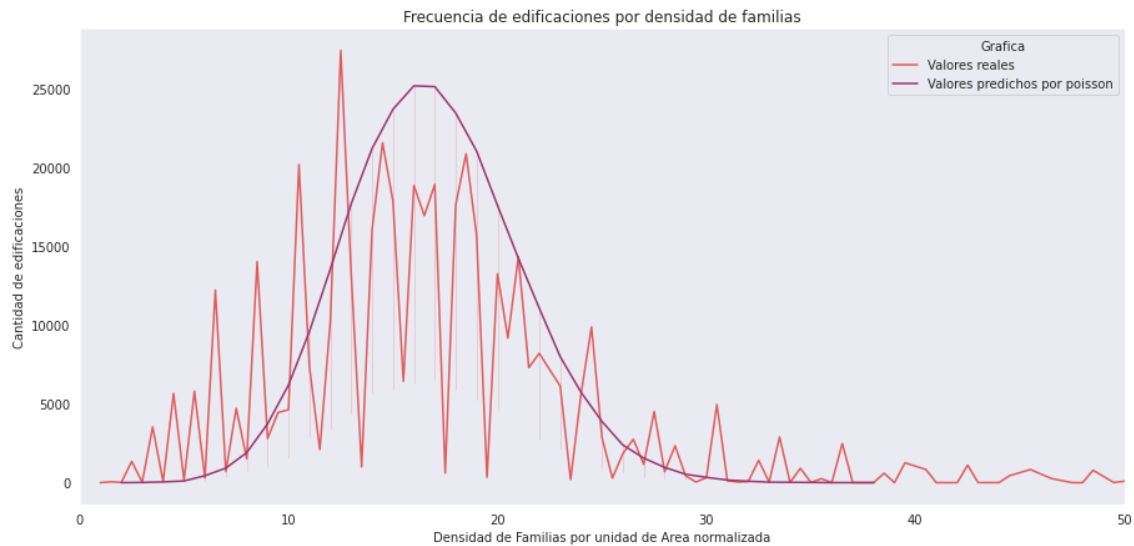


Figure 2.7: Frecuencia de edificaciones por densidad de familias, con las predicciones hechas por el modelo de distribución normal

2.4 Daños por tipo de construcción

En esta sección se buscará analizar la relación entre los valores constructivos de las edificaciones y si alguna de estas variables influyó de manera significativa en los niveles de destrucción.

2.4.1 Edad y daños

Es intuitivo pensar que existe alguna relación entre la edad de un edificio y sus daños, tendiendo a pensar que ante un terremoto un edificio mas viejo tenderá a destruirse mas. Para esto en esta subseccion se analizará la relación entre estas dos variables, esperando encontrar esta tendencia que la intuición nos indica.

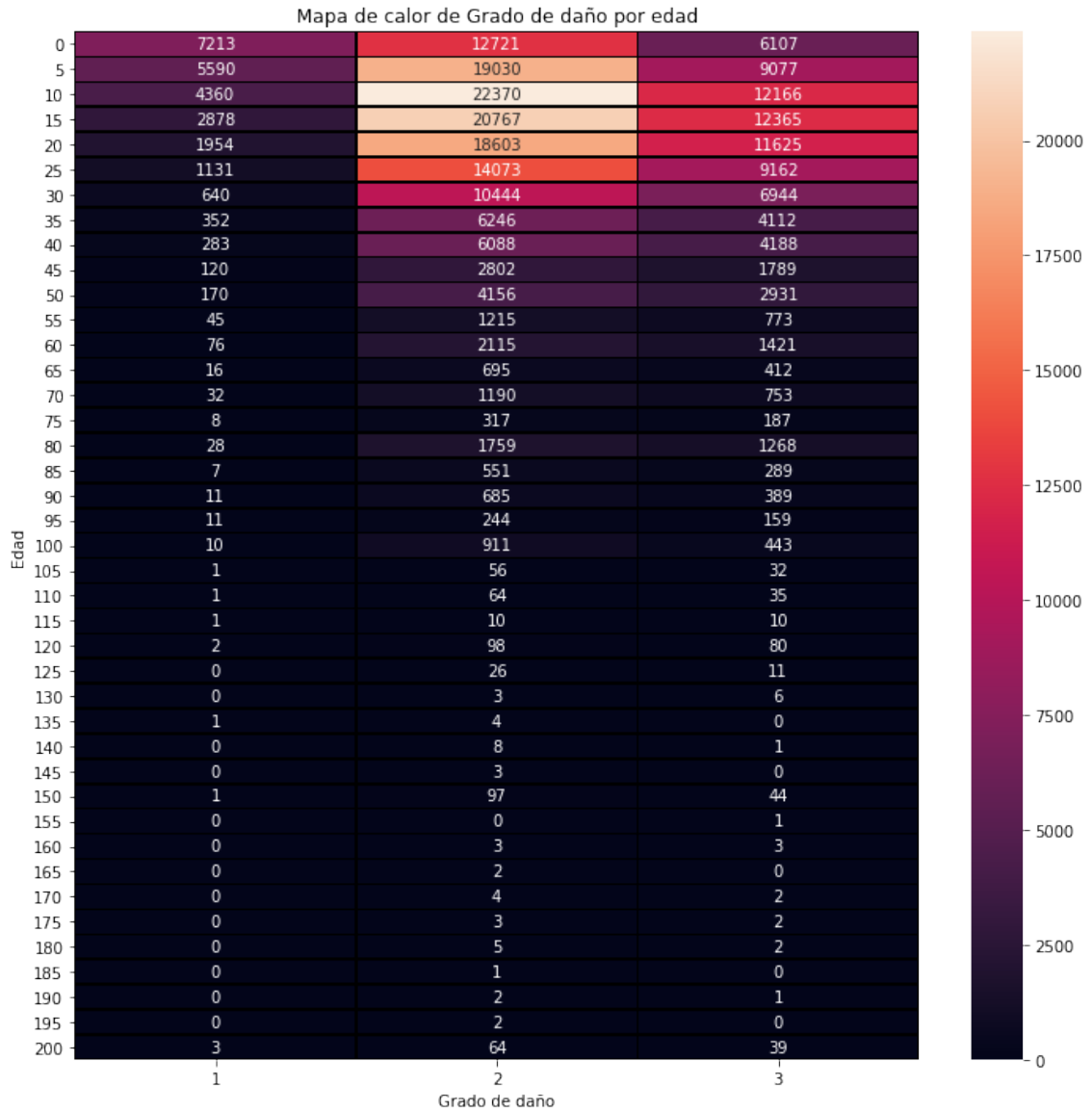


Figure 2.8: Relación entre daños y edad

En la figura n°2.8 podemos observar las cantidades de edificaciones por rangos de edad lo cual nos será significativo para el siguiente gráfico en el cual observaremos las proporciones que tenemos para cada rango de edad.

En la figura n°2.9 podemos observar que hasta el rango de 105 años tenemos una tendencia de disminución de los daños leves y una tendencia en subida de los daños altos, mientras que los daños

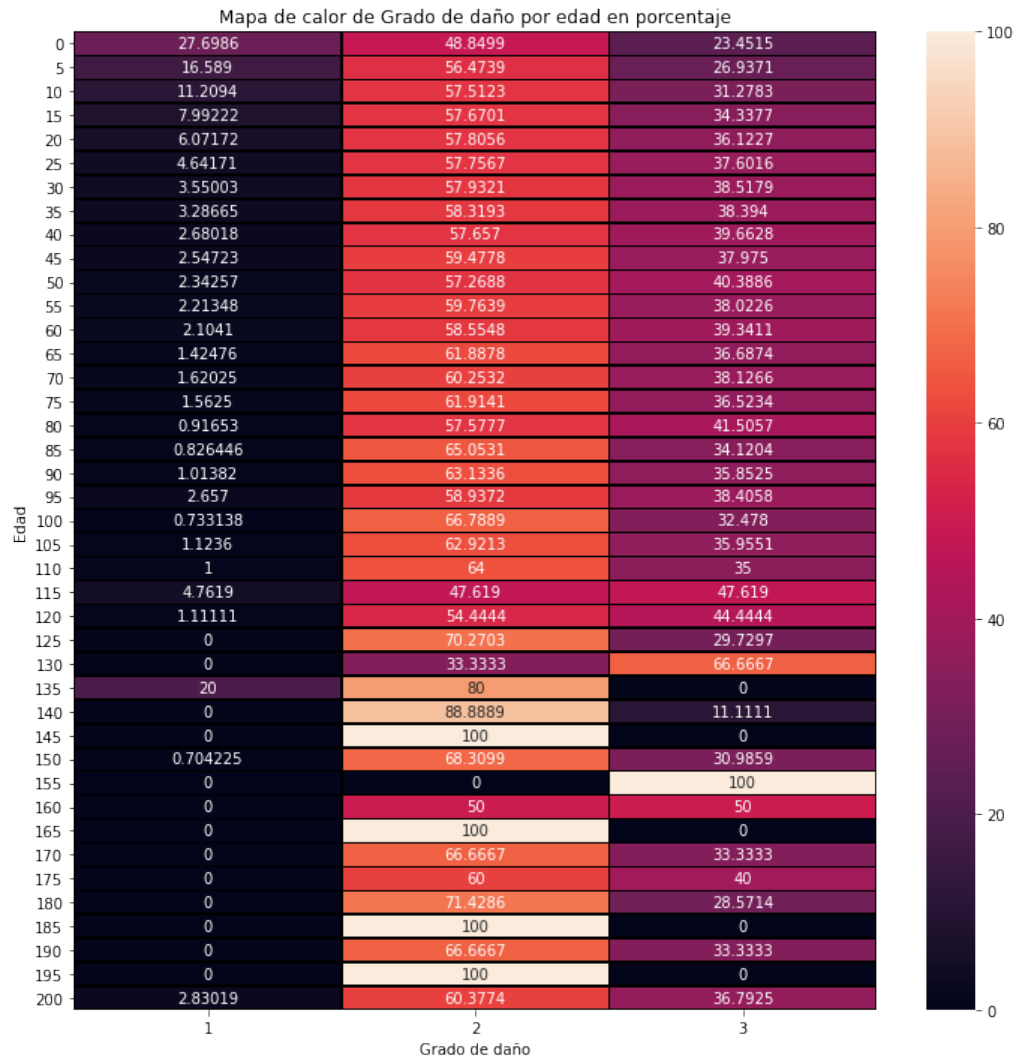


Figure 2.9: Relación entre daños y edad, con repeticiones medidas en porcentajes

medios se mantienen oscilando entre 50 y 60 por ciento. Luego de los 110 años comenzamos a tener poca cantidad de datos, lo cual observamos en el gráfico n°2.8, esto provoca que los porcentajes comiencen a oscilar mas violentamente al tener pocos datos, con lo cual no seria prudente sacar conclusiones para estos rangos de edad en los cuales tenemos una clara carencia de información.

Esto puede explicarse debido que los porcentajes son sacados sobre muy pocos datos, provocando que tengamos una varianza muy alta, es lo que se suele conocer como "la ecuación mas peligrosa de todas", en la cual al calcular promedios podemos incurrir en groseros errores al afirmar que estos promedios reflejan la realidad. Por ejemplo para nuestra gráfica n° 2.9 podríamos afirmar que para 145 años de edad en edificios, tenemos cero por ciento de chances de tener daños graves y que tenemos un 100 por ciento de probabilidades de tener daños medios, sin embargo cuando observamos la gráfica 2.8 nos damos cuenta que estamos teniendo tan solo 3 datos al realizar este análisis, lo cual nos provoca un error enorme y por supuesto, una conclusión falsa.

2.4.2 Altura y daños

Para esta subseccion se analizará si existe alguna relación entre la altura de un edificio y los daños posteriores que recibió el mismo. Primero se filtraron los datos para tener un área normalizada entre 1 y 10, luego se realizó el análisis.



Figure 2.10: Gráfica donde la curvas rojas son daños bajos en porcentaje, la curva azul son daños medios en porcentaje y la curva verde es daños altos en porcentaje.

Se puede observar como en un comienzo para bajas alturas, a medida que la edificación es mas alta los daños altos van en aumento mientras que los daños bajos van en declive, mientras que los daños medios se mantienen a un valor oscilante. Esto se debe a que a medida que altura crece, las edificaciones comienzan a ser mas alargadas en proporción a su área de base y debido a esto, se vuelven mas susceptibles a las oscilaciones del suelo donde están. Mientras que al seguir aumentando la altura se llega a un punto de inflexión donde los daños altos comienzan a bajar nuevamente. Esto es debido a que al crecer en altura las edificaciones comienzan a ser fabricadas de materiales mas resistentes provocando una resistencia mayor frente a sismos. Luego a partir de la altura normalizada en 20 comenzamos a tener pocos datos y las oscilaciones en las curvas comienzan a volverse muy fuertes como para poder determinar alguna tendencia.

2.4.3 Área y daños

Para esta subseccion se analizará la relacion entre el area de una edificacion y sus daños. Nuevamente tenemos un valor esperado en mente, el cual será que a medida que crece el area, para edificios dentro de un rango de la misma altura, los daños disminuirán, debido a que al tener una base mas amplia, serán mas resistentes, al menos en teoria.

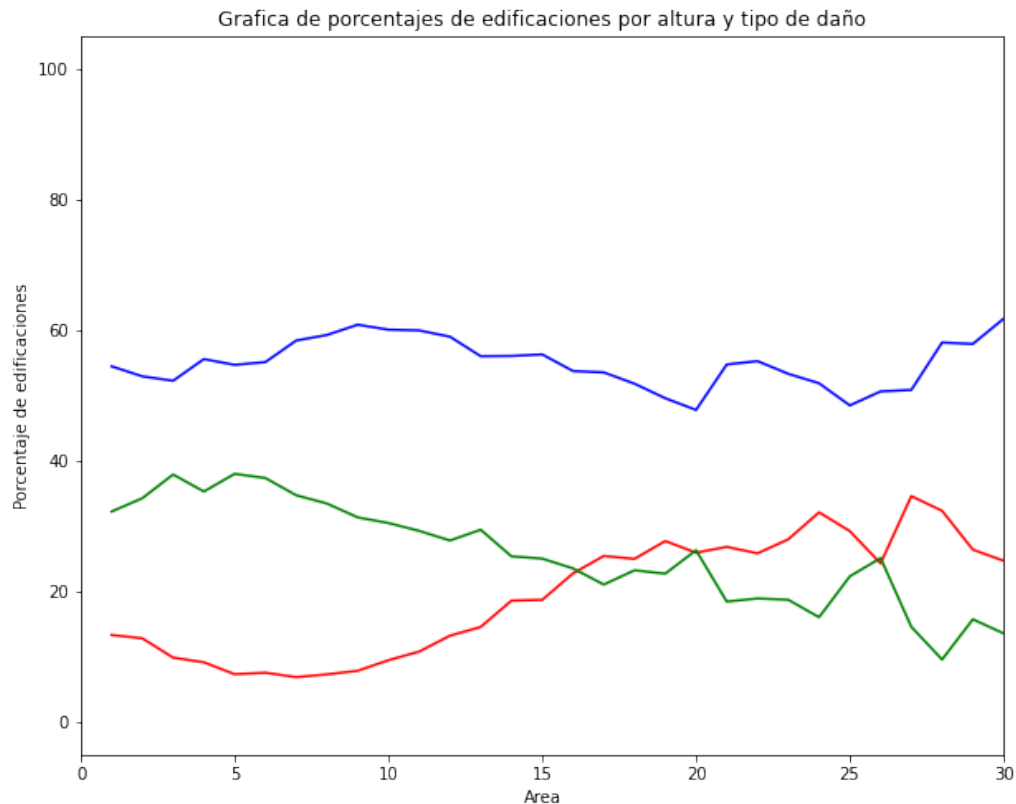


Figure 2.11: Gráfica donde las curvas rojas representan a los daños bajos, las curvas azules a los daños medios y las curvas verdes a los daños altos

Podemos apreciar que para áreas bajas al principio tenemos una caída en los daños bajos con respecto a los daños altos, esto se debe a que las edificaciones de áreas bajas por lo general se tratan de construcciones pequeñas hechas de materiales de baja resistencia, a medida que aumenta el área de la edificación, se comenzarán a utilizar materiales mas resistentes. Esto provocará que a medida que aumente el área mas allá de un cierto rango, la resistencia será mayor, que es lo que podemos observar en el gráfico a partir de un punto de inflexión en los porcentajes de daños bajos en el umbral de área aproximadamente igual a 8. Luego de eso los porcentajes de daños bajos comienzas a subir y los porcentajes de daños altos comienzan a bajar, mientras que los porcentajes de daños medios, nuevamente, se mantienen oscilando alrededor de un valor dado, en este caso rozando el 60 por ciento.

2.4.4 Daños, tipos de cimientos y tipos de suelo

Para esta subseccion se analizará si existe alguna relación entre los tipos de suelo, los tipos de cimientos y los daños que han recibido. Si bien la coherencia se mantendrá en estos gráficos, desconoceremos el significado real de estos valores, con lo cual no podremos realizar explicaciones que no sean numéricas a partir de las que veremos en los gráficos.

Podemos observar que desde un comienzo tenemos una mayor frecuencia de edificaciones con tipo de cimientos de tipo "R" y de condición de suelo de tipo "T", podemos ver que los daños altos y medios son los mas frecuentes para las categorías antes mencionadas. Debido a esta mayor

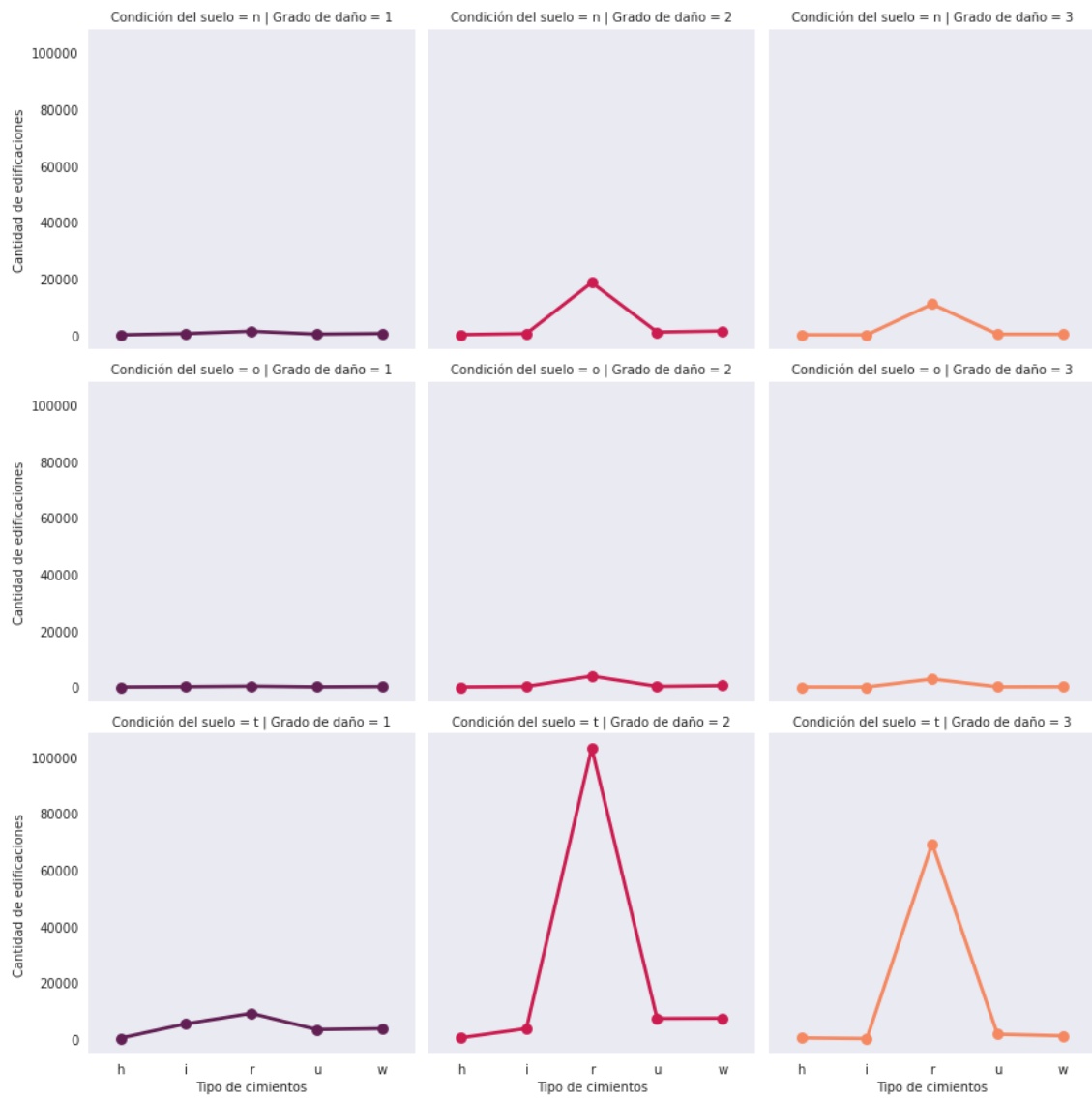


Figure 2.12: Gráfico de tipos de cimientos y suelos, contando su frecuencia

frecuencia, podemos suponer que estos tipos de cimientos y de suelos, son los correspondientes a las edificaciones de barro y piedra, ya que también son las mas frecuentes.

Se puede ver tambien que para el tipo de cimiento "R" y para otros suelos, tenemos la misma relación de daños altos y medios mas frecuentes que daños bajos, con lo cual no solo estos cimientos son los mas frecuente sino también muy inseguros.

En su contraparte podemos ver que los cimientos de tipo "I" presenta frecuencias mas altas en daños bajos que en en daños medios y altos, con lo cual estos serian un tipo de cimiento bastante mas seguro para casi todos los suelos.

Luego los tipos de cimientos "U" y "W" parecen tener una tendencia a comportarse de la misma manera frente a diferentes suelos, ya que presentan las mismas frecuencias en los daños altos, medios y bajos para diferentes suelos.

2.4.5 Daños, tipo de construcción en planta baja y demás pisos

En esta subseccion se analizará la frecuencia de los daños en edificios por sus características constructivas de la planta baja y demás pisos. Por supuesto para este análisis se excluirán a los edificios con un solo piso.

Nuevamente tendremos datos de los cuales solo conservaremos su coherencia, por lo tanto no podremos buscar alguna explicación mas allá que la numérica que se verá en los datos

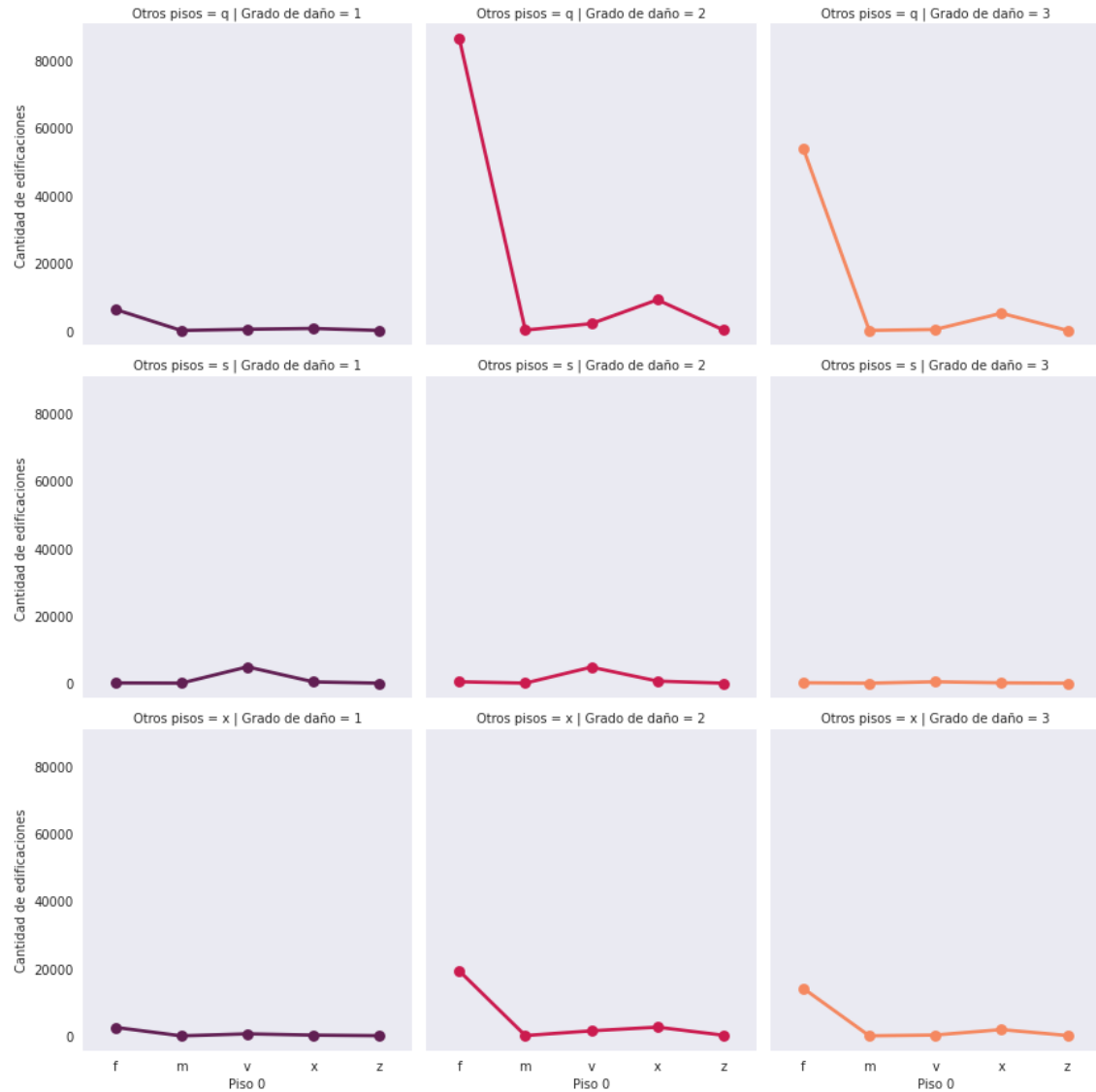


Figure 2.13: Gráfico de los tipos constructivos de planta baja y demas pisos

Podemos observar que para el tipo constructivo "F" y "Q" para los demás pisos, serán los de mayor frecuencia para las construcciones, esto nos indica que es un tipo de construcción mas común o popular en la población.

Nuevamente podemos apreciar que los tipos constructivos mas comunes, también son los que guardar una proporción de daños altos y medios mas altas, es decir que estos tipos constructivos además de mas frecuentes, son los mas inseguros, teniendo daños bajos con una frecuencia muy baja.

2.5 Daños por uso de las construcciones

En esta seccion se buscará analizar cuales fuero las construcciones mas afectadas, discriminando por el uso que se le daba a las mismas.



Figure 2.14: Mapa de calor de cantidad de edificios por grado de daño y uso

Podemos observar que las edificaciones de agricultura y de hotelería son las mas frecuentes mientras que las edificaciones de salud, fuerzas policiales, oficinas de gobierno, escuelas e instituciones son las mas bajas en frecuencia

Podemos notar que las proporciones de daños a estos tipos de edificios son relativamente parecidas. En todas poseemos en mayor parte daños bajos y medios, mientras que los daños altos solo son mayores a los daños bajos en las edificaciones de agricultura, industria y policía.

Con lo cual podemos deducir que las estructuras con uso de agricultura, serán en su mayoría de materiales de baja resistencia, mientras que los demás estarán hechos con materiales mas resistentes, debido a el tamaño de estas edificaciones y sus usos públicos.

Chapter 3

Conclusión

Se puede concluir que en general las variables que mas han afectado al tipo de daño que hemos visto en el dataset, son las variables de materiales, de altura, de área y de años. Especialmente las de materiales han sido las mas claras en cuanto los tipos de daños recibidos de las estructuras.

También se ha podido ver que existen relaciones fuertes entre el tipo de daño y los tipos constructivos del suelo, de los tipos de fundaciones hechas en los edificios, de los tipos constructivos de plantas bajas y demás plantas.

Luego se ha visto que los indicadores sociales como la que llamamos "densidad de familias" no ha influido en gran parte en los daños de los edificios, manteniendo una misma proporción para varios valores de densidad. Esto es natural de observar ya que una edificación no sufrirá mas o menos daños por la cantidad de gente que lo ocupa.

Para un futuro análisis será sumamente recomendable buscar relaciones o hacer regresiones lineales entre variables como daños y años, daños y tipos constructivos, daños y usos (como agricultura por ejemplo) y por ultimo daños y materiales.

3.0.1 Repositorio del código

El repositorio del código se puede encontrar en: [Link](#)