

UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil



**ANALISIS DE VULNERABILIDAD COSTERA EN LA LOCALIDAD DE DICHATO,
REGION DEL BIOBÍO, CHILE A TRAVES DE INDICE DE VULNERABILIDAD
COSTERA (IVC)**

EDUARDO ESTEBAN ARAYA CASTILLO
INFORME DE PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

Profesor Guía

Sr. Mauricio Villagrán V.

Profesor Informante

Sr. Claudio Oyarzo V.

Concepción, Junio, 2017

A mis padres y hermana.

Resumen

Las zonas costeras son regiones dinámicas que pueden ser particularmente vulnerables a la característica local y regional, así como a pequeña escala y a las amenazas globales.

En el presente trabajo se presenta la adaptación y aplicación de dos metodologías para la medición de vulnerabilidad costera, a través del cálculo de Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC), específicamente aplicada a la localidad de Dichato, Tomé, Región del Biobío, Chile. Una metodología estudiada se basa el trabajo de Pierce (2014) en la costa de Nueva York, condado de Suffolk, en donde se mezclan parámetros físicos y socio-económicos, calculando 3 IVC, dependiendo de su ponderación, ya sea física, socio-económica o igualmente ponderada. La segunda metodología estudiada es la original de Gornitz (1990), la cual consiste en una fórmula que contempla 6 parámetros, principalmente físicos. Ambas metodologías serán evaluados con los mismos 6 parámetros y con un nivel de vulnerabilidad de 1 a 5, siendo 1 muy baja vulnerabilidad y 5 muy alta vulnerabilidad.

Los resultados obtenidos pudieron compararse entre sí, obteniendo resultados similares para cada metodología, observando una vulnerabilidad baja (2) en ambas, con la diferencia que la metodología de Pierce (2014) involucra al 34% de la población total, en cambio Gornitz (1990) involucra al 31% de la población, en una vulnerabilidad baja.

Estos resultados se presentan gráficamente en mapas de Sistema de Información Geográfica, los que muestran un color y tipo de clasificación según el nivel de vulnerabilidad de la manzana.

Abstract

Coastal zones are dynamic regions which can be particularly vulnerable to the local and regional characteristics, as well as small scale and global threats.

In the following study, the adaptation and application of two methodologies for measuring the Coastal Vulnerability are presented. It is done through the calculation of the Coastal Vulnerability Index (CVI), specifically applied in Dichato, Tome, Biobío region, Chile. The first methodology studied is based on the work of Pierce (2014) in the coast of New York, Suffolk county, where the physical and socio-economical parameters are combined, calculating 3 CVI, depending on its weighting, being physical, socio-economical or same weight. The second methodology studied is the original methodology of Gornitz (1990), which consists on a formula that contemplates 6 parameters, mainly physical. Both methodologies will be evaluated with the same 6 parameters and with a level of vulnerability of 1 to 5, being 1 very low vulnerability and 5 very high vulnerability.

The results obtained were compared with each other, obtaining similar results for both methodologies, observing low vulnerability (2) in both of them, with the only difference that Pierce (2014) methodology involves 34% of the total population whereas Gornitz (1990) involves 31% of population in a low vulnerability.

These results are presented through graphs in the Geographic Information system, which shows a color and type of classification according to the level of vulnerability of the population.

Índice General

Resumen.....	ii
Abstract	iii
Índice General	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tablas	vii
Lista de Acrónimos	viii
1. Introducción	1
1.1 Motivación	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo principal.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Zona de estudio	4
2. Marco Teórico.....	7
2.1. Vulnerabilidad Costera.....	7
2.2 Evaluación de la vulnerabilidad costera.....	10
El Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC).....	10
2.2.1 Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC) Evaluación del condado de Suffolk, Nueva York	13
2.2.2 Análisis de Vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Dichato, Región del BioBío – Chile	14
2.3 Amenazas en zonas costeras	16
2.3.1 Tsunamis	16
3. Materiales y métodos	23
3.1 Descripción de aplicación.	23
3.2 Parámetros Físicos	24
3.2.1 Pendiente Costera.....	24
3.2.2 Inundación.....	25
3.2.3 Distancia al cuerpo de agua.....	26
3.3 Parámetros Sociales.....	27
3.3.1 Población.....	27

3.3.2 Vivienda	28
3.3.3 Uso del Suelo	30
3.4 Cálculo del IVC.....	31
3.4.1 Método N°1: Gornitz (1990).....	32
3.4.2 Método N°2: Pierce (2014)	33
3.5 Mapeo de los Índices.....	34
4. Resultados	35
4.1 Resultados de Parámetros de Vulnerabilidad.....	35
4.1.1 Parámetro: Pendiente costera	35
4.1.2 Parámetro: Inundación	39
4.1.3 Parámetro: Distancia al cuerpo de agua	42
4.1.4 Parámetro: Población	45
4.1.5 Parámetro: Vivienda.....	48
4.1.6 Parámetro: Uso de Suelo	51
4.2 Resultados de los Índices de Vulnerabilidad Costera (IVC).....	54
4.2.1 IVC según Gornitz (1990).....	54
4.2.2 IVC según Pierce (2014)	57
5. Discusión y Conclusiones	64
5.1 Discusión de Resultados.....	64
5.2. Conclusiones y Recomendaciones	69
6. Referencias.....	71
7. Anexos.....	74

Índice de Figuras

Figura 1.1: Ubicación zona de estudio.	4
Figura 1.2: Vivienda de albañilería afectada por el paso del tsunami en Dichato. Fuente: SERNAGEOMIN.	5
Figura 1.3: Zona 1, zona específica de estudio.	6
Figura 2.1: Marco de vulnerabilidad costera (Klein y Nichols, 1999). (William Thomas, 2012).	9
Figura 2.2: Clasificación de variables, con subíndices de McLaughlin y Cooper en el IVC de Irlanda del Norte (McLaughlin y Cooper, 2010).....	12
Figura 2.3: Esquema metodológico (Venegas 2012).	15
Figura 2.4: Esta fotografía fue tomada en dirección norte pocos días después del desastre. Se evidencia la magnitud y la fuerza de arrastre que caracterizó al tsunami de 1868. Fuente: Alvarez, et al, 1980.	18
Figura 2.5: Carta de propagación del tsunami del 1º de Abril de 1946.Fuente:PUC.....	19
Figura 2.6: Edificio Alto Rio en Concepción. Fuente: Emol.	21
Figura 2.7: Colapso puente Llacolen. Fuente: Panoramio.....	22
Figura 2.8: Localidad de Dichato, Octava región. Fuede: Revista Nos.....	22
Figura 3.1: Ejemplo de medición de la pendiente costera usando Google Earth.....	24
Figura 3.2: Mapa de inundación por tsunami del 27 de febrero. Fuente: PRBC-18.....	25
Figura 3.3: Ejemplo de método para base de datos de parámetro distancia.	26
Figura 3.4: Playa de Dichato en temporada de verano 2014. Fuente: Fotógrafo José Caleb.	27
Figura 3.5: Sector afectado por tsunami de 27 de febrero en Dichato. Fuente:SERNAGEOMIN.....	29
Figura 4.1: Distribución para parámetro: Pendiente Costera.....	37
Figura 4.2: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Pendiente Costera.....	38
Figura 4.3: Distribución para parámetro: Inundación.....	40
Figura 4.4: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Inundación.	41
Figura 4.5: Distribución para parámetro: Distancia al cuerpo de agua.....	43
Figura 4.6: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Distancia al cuerpo de agua..	44
Figura 4.7: Distribución para parámetro: Población.....	46
Figura 4.8: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Población.....	47
Figura 4.9: Distribución para parámetro: Vivienda.....	49
Figura 4.10: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Vivienda.....	50
Figura 4.11: Distribución para parámetro: Vivienda.....	52
Figura 4.12: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Uso de Suelo.	53
Figura 4.13: Distribución de los Resultados de IVC según Gornitz (1990).....	56
Figura 4.14: Total de los resultados de IVC según Gornitz (1990).	56
Figura 4.15: Mapa de IVC calculado con formula de Gornitz (1990).	57
Figura 4.16: Distribución de los resultados de IVC según Pierce (2014).	60
Figura 4.17: Total de los resultados de IVC según Pierce (2014).	60
Figura 4.18: Mapa de IVC usando parámetros igualmente ponderados.	61
Figura 4.19: Mapa de IVC usando parámetros físicamente ponderados.....	62
Figura 4.20: Mapa de IVC usando parámetros socialmente ponderados.....	63
Figura 5.1: Comparación de métodos utilizados.	65
Figura 5.2: Comparación entre las ponderaciones de Pierce (2014).	66
Figura 5.3: Estrategia de medio ambiente y mitigación. Fuente: PRBC-18.....	67
Figura 5.4: Comparación de estudio de Venegas (2012).	68
Figura 7.1: Plan Regulador de la Comuna de Tomé.	74
Figura 7.2: Representación gráfica del cálculo de pendiente costera.	75

Índice de Tablas

<i>Tabla 2.1. La identificación de la trama y el uso en el índice</i>	14
<i>Tabla 2.2. Ecuaciones de CIV</i>	14
<i>Tabla 3.1: Niveles de Vulnerabilidad según tipo de construcción de vivienda.</i>	28
<i>Tabla 3.2: Niveles de Vulnerabilidad según uso de suelo.</i>	30
<i>Tabla 3.3: Criterios para la clasificación de vulnerabilidad para parámetros físicos y sociales.</i>	32
<i>Tabla 3.4. Ecuaciones de IVC</i>	33
<i>Tabla 4.1: Vulnerabilidad según parámetro: Pendiente Costera.</i>	35
<i>Tabla 4.2: Vulnerabilidad según parámetro: Inundación.</i>	39
<i>Tabla 4.3: Vulnerabilidad según parámetro: Distancia al cuerpo de agua</i>	42
<i>Tabla 4.4: Vulnerabilidad según parámetro: Población</i>	45
<i>Tabla 4.5: Vulnerabilidad según parámetro: Vivienda</i>	48
<i>Tabla 4.6: Vulnerabilidad según parámetro: Uso de Suelo</i>	51
<i>Tabla 4.7: Resultados de IVC según Gornitz (1990).</i>	54
<i>Tabla 4.8: Resultados de IVC igualmente ponderados según Pierce (2014).</i>	58
<i>Tabla 5.1: Tabla comparativa de métodos usados.</i>	65
<i>Tabla 7.1: Resultados completos de Pendiente Costera</i>	75
<i>Tabla 7.2: Resultados completos de Inundación.</i>	79
<i>Tabla 7.3: Resultados completos de Distancia al cuerpo de agua.</i>	82
<i>Tabla 7.4: Resultados completos de Población</i>	86
<i>Tabla 7.5: Resultados completos de Vivienda.</i>	89
<i>Tabla 7.6: Resultados completos de Uso de Suelo.</i>	93
<i>Tabla 7.7: Resultados completos IVC según Gornitz</i>	97
<i>Tabla 7.8: Resultados completos IVC según Pierce, igualmente ponderados.</i>	100
<i>Tabla 7.9: Resultados completos IVC según Pierce, física y socialmente ponderados.</i>	104

Lista de Acrónimos

IVC	Índice de Vulnerabilidad Costera
RSLR	Relative sea- level rise
UNEP	United Nations Environment Program
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales
UNESCO	Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
SHOA	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
SIG	Sistema de Información Geográfica

Capítulo 1

1. Introducción

El resultado de la interacción entre la tierra y el mar es una “zona con características singulares, tanto en el lado terrestre como en el marítimo” (Guía de zonificación costera para el ordenamiento territorial, agosto 2011). En la interacción de tierra y mar, el hombre tiene un papel muy importante, debido a que el 50% de la población del globo habita estas zonas costeras, y se calcula que en el año 2025 se alcanzará el 75% de la población mundial (UNESCO, 2001), desarrollándose en actividades pesqueras, turísticas, comercio internacional, recursos naturales entre otras.

Unos de los problemas que preocupan a la población mundial son la ocurrencia de desastres naturales, como lo son los terremotos, tsunamis, huracanes, erupciones volcánicas, tornados, etc., que pueden llegar a dejar muchos daños económicos y también pérdida de vidas humanas. Como ejemplo más cercano tenemos el terremoto y tsunami ocurrido el 27 de febrero del 2010, llamado “27F”, su costo fue de US\$30 mil millones, un monto que de

acuerdo con las Secretaria General de la Republica (Segpres), equivale al 18% del Producto Interno Bruto (PIB) y 521 fallecidos según un listado oficial entregado por el gobierno.

Chile es el país más sísmico del mundo y registra el evento de mayor liberación de energía en Valdivia, mayo de 1960 (Análisis de Riegos de desastres en Chile, 2012). Como desastre principal en las zonas costeras se tiene a los terremotos “tsunamigénicos”, que usualmente están asociados a zonas de subducción. Dado que muchas zonas de subducción se encuentran bordeando la cuenca del Pacífico, por ello la gran mayoría de tsunamis ha ocurrido en el Océano Pacífico (SHOA).

La amenaza se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento dañino para el hombre, este caso puede ser un tsunami, terremoto, inundaciones, etc. Por otro lado, se tiene a la vulnerabilidad, que se define como el grado de pérdida o daños que cabe esperar si se produce una amenaza, como las antes mencionadas, de una magnitud determinada. El riesgo sería la probabilidad de pérdida humana o material debido a la ocurrencia de un evento, y por lo tanto es el producto de la amenaza por la vulnerabilidad.

Es por esto que se hace necesario obtener alguna herramienta que evalúe la vulnerabilidad a desastres que ocurren en zonas costeras, para así mejorar la gestión de las autoridades encargadas de éstas. Este trabajo pretende hacer una caracterización y zonificación de la localidad escogida en función de su mayor o menor susceptibilidad a una amenaza costera determinada.

1.1 Motivación

Al ser Chile denominado el país más sísmico del mundo, registrando el evento de mayor liberación de energía en la historia de la humanidad, ocurrido el 22 de mayo de 1960 en la cercanías de la ciudad de Valdivia con una magnitud de 9,6 en la escala de Richter. La actividad sísmica es generada por el proceso de subducción entre placas, principalmente las de Nazca y Sudamericana. A ello se suma la presencia de fallas geológicas, actividad volcánica, efectos de geología local, que también podrían producir sismos. Considerando otras fuentes de riesgo como lo son las marejadas, tormentas, derrumbes, etc., sumado a la alta población que habita las zonas costeras, resulta una preocupante situación ante una repentina emergencia costera.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

Realizar un análisis de la vulnerabilidad para una cierta localidad ubicada en la costa a través de mapas, realizados con un Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC), que muestre y cuantifique la susceptibilidad a una amenaza en cada sector de la localidad.

1.2.2 Objetivos específicos

- Seleccionar los indicadores de vulnerabilidad a ser evaluados por la metodología.
- Recopilar y procesar los datos para cada parámetro.
- Caracterizar la zona según su vulnerabilidad a través del IVC.
- Usar Sistemas de Información Geográfica, para entregar la información de vulnerabilidad en mapas con escala de colores.
- Realizar una comparación del IVC siguiendo diferentes metodologías de cálculo.
- Evaluar el impacto potencial de incorporar ponderaciones diferenciadas a los indicadores según el foco de interés de un estudio de vulnerabilidad costera.

1.3 Zona de estudio

La localidad escogida a analizar en este estudio es Dichato, ubicada en la bahía de Coliumo. Su nombre proviene de la palabra mapuche “dechatun” que significa “sacar esa maleza” Wilhelm, 1999. En 1826 se estableció en este lugar José Miguel Reyes, a quien se le considera el fundador de Dichato. Uno de los propietarios de tierras importantes en Dichato a fines del siglo XIX fue el empresario molinero Daniel Vera, cuyo nombre se le atribuyó a la calle principal.



Figura 1.1: Ubicación zona de estudio.

Se ubica a 9 km al norte de Tomé y a 37 km de Concepción, VIII región, Chile, con coordenadas 36°33' latitud Sur y 72°55' longitud Oeste (Figura 1.1), abarcando una área total de 1.38 km² y 2.4 km de playa, con aguas tranquilas y frías, aptas para los deportes acuáticos. Según el censo de población y vivienda 2002 (INE) la comuna de Tomé contaba con una población total de 52.440 habitantes y una proyección al año 2012 de 56.426 habitantes,

mientras que la localidad de Dichato contaba con 3.057 habitantes al año 2002, en la actualidad posee alrededor de 4400 habitantes según el censo del 2012 .

Debido a sus características de emplazamiento se destaca como una bahía muy cerrada y por ende, esta configuración la hace más propensa a efectos de tsunami, facilitados por su conformación de herradura lo cual induce a la resonancia y/o reflexión, favoreciendo su ingreso por esteros y ríos (PRBC18, 2010). Es así que fue una de las zonas más afectadas por el terremoto y tsunami ocurrido el pasado 27 de febrero del 2010 dejando a 12 muertos en un primer listado de fallecidos. Antes de esa fecha, Dichato fue un lugar que gozaba de gran esplendor turístico, veraneantes de Concepción, Tome, Chillán, Santiago y también de otros puntos del país venían a este lugar para disfrutar de sus vacaciones, donde muchos tenían casas boutiques y de veraneo.



Figura 1.2: Vivienda de albañilería afectada por el paso del tsunami en Dichato. Fuente: SERNAGEOMIN.

La principal fuente de ingresos de los habitantes de Dichato es la pesca. Se trata de actividades de captura artesanal de pescados y mariscos, que se comercializan localmente.

Desde la década de 1980 adquirió importancia el turismo, a través de servicios recreativos, de restaurantes de comida típica y alojamientos en pequeños hoteles, residencial y cabañas particulares, que fueron creciendo y mejorando hasta la actualidad.

A lo largo de estos años, las autoridades han trabajado para levantar Dichato y volver a posicionar a la localidad como uno de los destinos turísticos más visitados de la región. Dichato pertenece al Plan de Reconstrucción del Borde Costero (PRBC18), creado en diciembre del 2010, en donde participan 18 localidades urbanas emplazadas en el borde costero más afectadas por el “27F”, de las 36 localidades costeras de la Región del Bío Bío, con el objetivo de planificar la reconstrucción urbana de las localidades afectadas, asegurando una restauración urbanística de calidad, inclusiva e integral.

Para enfocarse en el estudio, se puede identificar, la zona más representativa y conocida de Dichato, zona 1 que se muestra en la Figura 1.2, además en donde se evidenció el inmenso daño que generó el terremoto y tsunami en la localidad, donde se obtuvieron datos de mejor calidad.

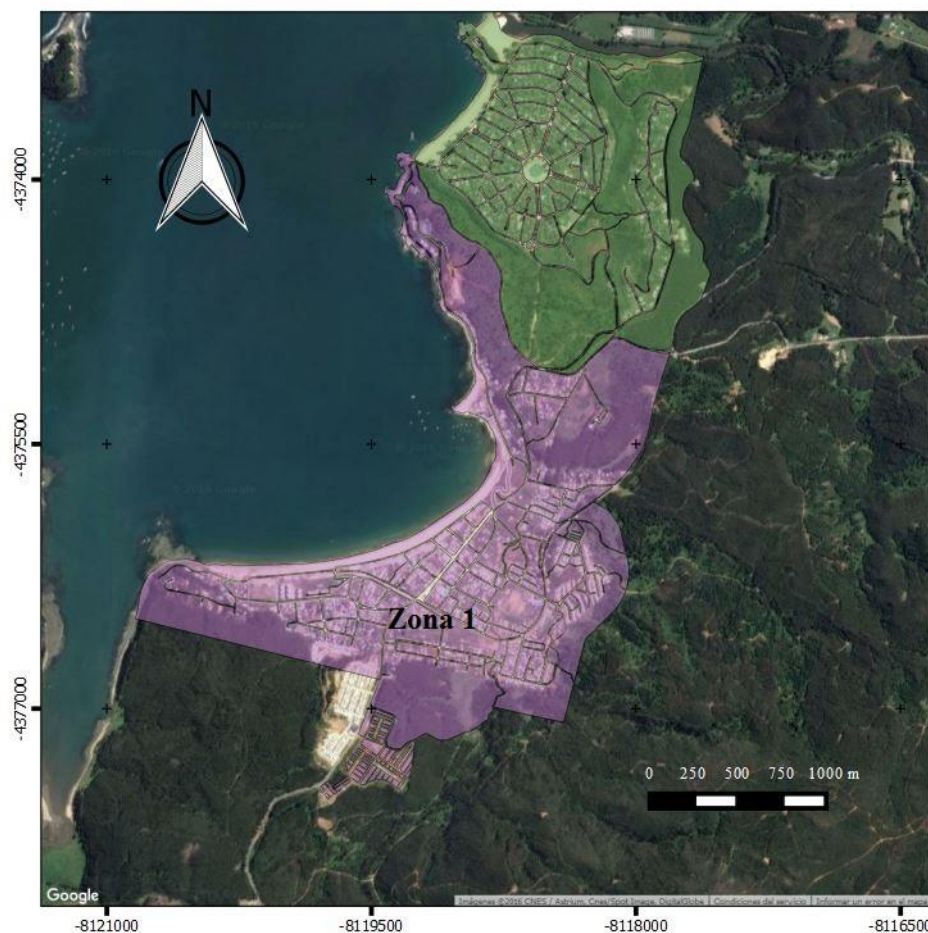


Figura 1.3: Zona 1, zona específica de estudio.

Capítulo 2

2. Marco Teórico

2.1. Vulnerabilidad Costera

El término "vulnerabilidad" posee una gran cantidad de definiciones, el resultado de su uso entre una amplia gama de disciplinas científicas y políticas de diversas procedencias (Zou y Thomalla, 2008). Una definición que se utiliza para describir la vulnerabilidad es ofrecida por el Instituto Ambiental de Estocolmo:

“La vulnerabilidad es el grado en que una unidad de exposición (por ejemplo, grupo social o ecosistema) es susceptible al daño debido a la exposición a una perturbación o el estrés, y la capacidad (o falta de ella) de la unidad de exposición para hacer frente, recuperar, o adaptar”. (Instituto Ambiental de Estocolmo, 2007). Lo que se entendería para nuestro análisis, como el grado en que la zona costera es susceptible a la inundación costera, y como ésta se puede hacer frente a la catástrofe mencionada.

Dos perspectivas se pueden tomar en el concepto de vulnerabilidad. Una perspectiva es para ver la vulnerabilidad como la “variación en el nivel y probabilidad de impacto”, donde la

capacidad de hacer frente a un evento y peligro de una intensidad particular, definen la vulnerabilidad. La segunda perspectiva es “sensibilidad a los impactos”, donde la vulnerabilidad es la sensibilidad a los cambios definidos por la capacidad de adaptarse a estos cambios y la exposición a este tipo de cambios (IoWCCE, 2007, p6). Se debería señalar que la vulnerabilidad está estrechamente relacionado con otros conceptos utilizados como peligro (el evento, sucesos que amenazan la propiedad y vidas), el riesgo (la estimación cuantitativa, cualitativa de la probabilidad del evento y ocurrencia) y la resistencia (cantidad de impacto en una propiedad y el sistema que puede seguir manteniendo al mismo tiempo la función) (Ramieri et al., 2011).

En cuanto a la vulnerabilidad al cambio climático, el IPCC define esto como "una función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación" (Ramieri et al., 2011, p13). Los elementos clave de esta definición se explican a continuación:

Exposición: la naturaleza y el nivel de los cuales el sistema está expuesto a las consecuencias del cambio climático

Sensibilidad: la capacidad del sistema para ser afectado por el cambio climático, ya sea positiva o negativamente

Capacidad de adaptación: capacidad del sistema para mantener la función a la luz de los impactos relacionados con el cambio climático

La vulnerabilidad de las costas incorpora ideas desarrolladas por definición de la vulnerabilidad del IPCC y las aplica al entorno costero. Klein y Nicholls (1999) presentan un marco delineando vulnerabilidad de las costas, que incorpora tanto los sistemas naturales y socioeconómicos que se encuentran en ambientes costeros (véase la figura 2.1). Los elementos clave de este marco incluyen la diferenciación entre "adaptación autónoma" y "adaptación planificada" y la influencia significativa que el sistema socio-económico tiene sobre el sistema natural.

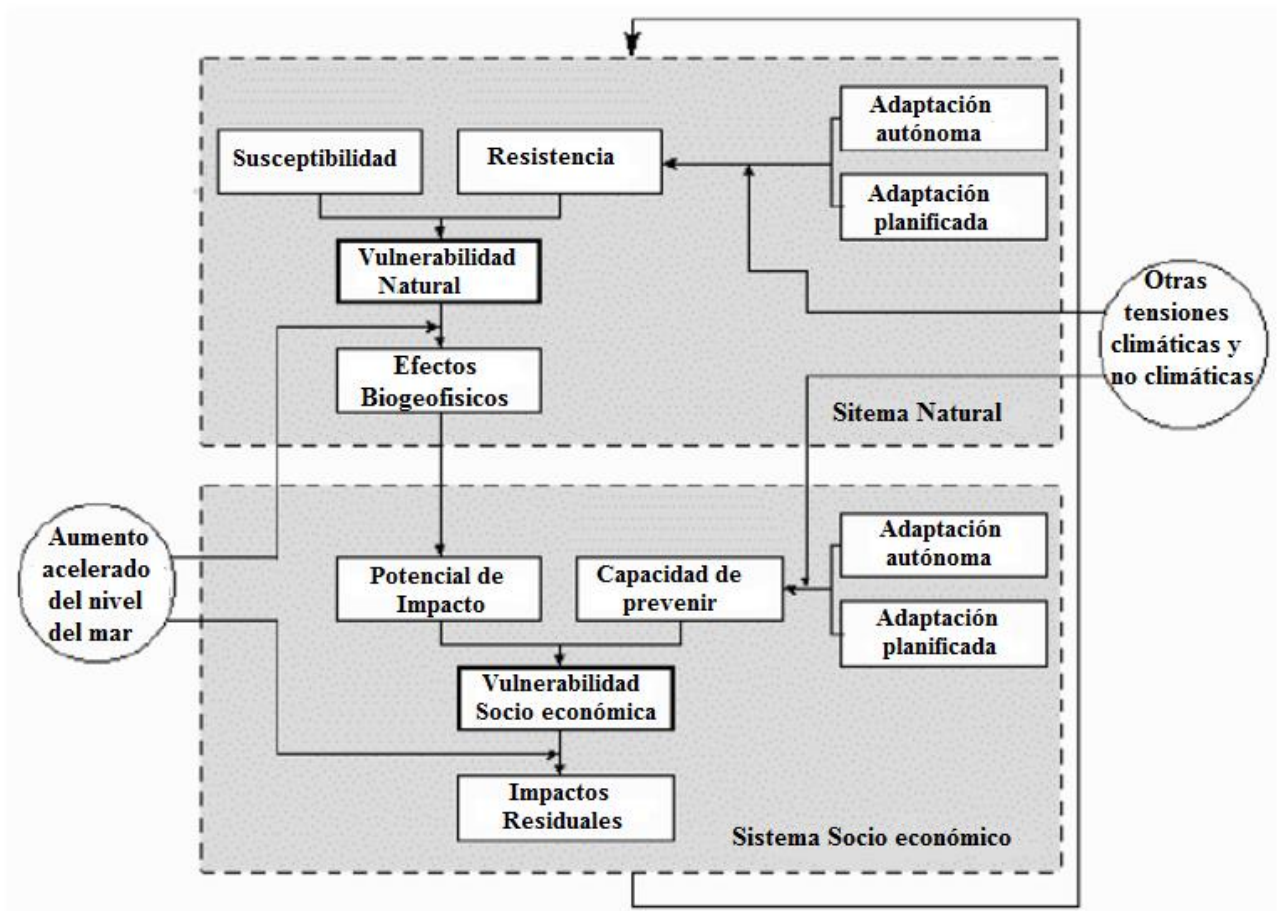


Figura 2.1: Marco de vulnerabilidad costera (Klein y Nichols, 1999). (William Thomas, 2012).

Se ha observado que el término "vulnerabilidad costera" se asocia demasiado a menudo sólo con los efectos de RSLR, dejando de lado los otros factores no climáticos a los que pueden estar expuestos, sensibles o incapaces de adaptarse (Nicholls et al., 2008 , Oyzurt et al., 2009). Algunos argumentan que esto es una consecuencia de ser fácil de 'evaluar' la vulnerabilidad a RSLR en comparación con otros indicadores no conductores (Ramieri et al., 2011). La evaluación y cuantificación de la vulnerabilidad costera es el tema de la siguiente sección.

2.2 Evaluación de la vulnerabilidad costera

El Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC)

El propósito de una base de evaluaciones de la vulnerabilidad de la costa es actuar como una guía para los científicos, autoridades costeras y políticos, con el fin de comprender de mejor forma las variables de dónde se harán sentir con mayor intensidad los efectos de amenazas costeras a lo largo de la costa, cómo afectarán cada amenaza, en este caso una inundación costera. Este conocimiento facilita una mejor gestión de la costa, ayuda a visualizar cómo los esfuerzos de gestión pueden ser priorizados para zonas especialmente vulnerables ante cualquier problema que puedan enfrentar (Hinkel y Klein, 2009). Una forma común de evaluación de la vulnerabilidad costera implica calcular un "índice". Este es un método que puede 'simplificar un número de parámetros complejos y que interactúan, representados por diversos tipos de datos, a una forma que se entiende más fácilmente y por lo tanto tiene una mayor utilidad como herramienta de gestión' (McLaughlin y Cooper, 2011, P234). El primer Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC) se centra en los efectos de SLR (en particular las inundaciones y la erosión) y fue ideado por Gornitz (1990) (Ramieri et al., 2011). Este IVC utiliza seis variables físicas, dejando de lado la injerencia de factores ambientales, sociales y económicos como indicadores de la vulnerabilidad de una costa a los impactos de alguna amenaza, los parámetros usados son: geomorfología, pendiente costera, las tasas de aumento del nivel relativo del mar, las tasas de erosión de la costa / acreción, rango de mareas y la media de altura de ola significativa. Con las variables elegidas, a cada parámetro se le asigna una puntuación que oscila entre 1-5 (siendo 1 la menor contribución a la vulnerabilidad de la costa, siendo 5 el más alto). Una vez que la clasificación está completa, se utiliza una fórmula para calcular un sólo valor numérico que define la vulnerabilidad de cada tramo costero. La fórmula utilizada en el estudio de Gornitz tomó la forma de la raíz cuadrada de las seis variables, como se muestra a continuación:

$$IVC = \sqrt{\frac{a * b * c * d * e * f}{6}}$$

IVC fórmula ideada por Gornitz (Ramieri et al., 2011, p21)

- a = geomorfología
- b = tasa de cambio de la costa (%)
- c = pendiente costera (%)
- d = aumento relativo del nivel del mar (%)
- e = promedio de altura significativa (m)
- f = rango de marea (m)

El componente de clasificación es semi-cualitativo, como lo es para el investigador decidir para cada variable, dónde están los límites. Para la clasificación se encuentran por ejemplo, la amplitud de la marea, la que ‘constituye una puntuación de 4’. Esta es una Razón fundamental que describe la clasificación de los parámetros, dicho de otro modo, un componente crucial para la validez de cualquier estudio IVC. Existen variaciones en la clasificación de parámetros, como se ejemplifica en el estudio IVC de Abuodla y Woodroffe (2006) en la costa australiana, en los que se altera la clasificación original, para adaptarse mejor a la geología de la zona de estudio. Se han hecho intentos de sintetizar el proceso de cálculo IVC a nivel mundial: el proyecto financiado por la UE llamado SURVAS (Síntesis y la elevación de la escala de los estudios de evaluación de la vulnerabilidad de la elevación) el más notable esfuerzo. Sin embargo, el proyecto SURVAS era sólo un éxito parcial, puesto que la variación en metodologías, escenarios e hipótesis resultó ser un obstáculo (Hinkel y Klein, 2009). Uno de los problemas a menudo citado con métodos IVC es la calidad de los datos y la disponibilidad (Hinkel y Klein, 2009, Nicholls et al., 2008, Özyurt et al., 2009). Como Palmer et al. explica que conjuntos de datos se "caracterizan por tener baja resolución espacial, lo que se basa en los datos promedios globales y suposiciones simplistas" (Palmer et al., 2011).

Las variantes del IVC original de Gornitz son abundantes, existen algunos estudios que modifican considerablemente el método (ver Özyurt et al., 2009) y otros ligeramente (ver Gaki-Papanastassiou de 2010, Pendleton y col., 2004, NageswaraRao et al., 2008). Mientras que la variación es evidente, todos los métodos de IVC mantienen la esencia del original: para clasificar y cuantificar la vulnerabilidad a lo largo de la costa. En los últimos años,

estudios de IVC han comenzado a incorporar un componente socio-económico, una faceta de la vulnerabilidad de las costas que algunos argumentan a menudo se pasa por alto (Palmer et al., 2011, Abuodha y Woodroffe, 2006). De hecho, algunos sugieren IVC que incorporan solamente variables físicas, por lo cual no se está realmente analizando la vulnerabilidad costera, sino más bien la “sensibilidad costera” (Abuodha y Woodroffe, 2010). Por su parte, los componentes socioeconómicos (tales como la población, la infraestructura y el valor de la propiedad) pueden ser evaluados mediante la incorporación de las variables socioeconómicas en la fórmula junto con los parámetros físicos (Ramieri et al., 2011, p19). Un ejemplo de esta última puede ser visto en McLaughlin y Cooper (2011), índice de IVC para Irlanda del Norte. Este método es novedoso en dos aspectos. En primer lugar, el estudio trata de un enfoque multi-escala, la creación de un índice en tres diferentes niveles espaciales: nacional, regional y local. En segundo lugar, se utiliza un marco que implica tres sub-índices: un índice de “características costeras”, un índice de “Fuerza costera” y un índice de “Datos socio-económico”. Este marco se presenta visualmente, a continuación en la figura 2.2.



Figura 2.2: Clasificación de variables, con subíndices de McLaughlin y Cooper en el IVC de Irlanda del Norte (McLaughlin y Cooper, 2010)

En 2014 se llevó a cabo un estudio de índice de vulnerabilidad en la costa de Nueva York, específicamente en el condado de Suffolk, en donde se analizan parámetros físicos y socioeconómicos. En este estudio realizado por Pierce (2014) se basó una de las metodologías para obtener un IVC con algunas modificaciones, las que serán desarrolladas detalladamente en el curso de la presente investigación. Por consiguiente, se propone mostrar un resumen del método.

2.2.1 Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC) Evaluación del condado de Suffolk, Nueva York
Este IVC aplicado en el condado de Suffolk, Nueva York, nace de la necesidad de entregarles un recurso a las autoridades para la evaluación de vulnerabilidad en todo el condado. El condado escogido como área de estudio tiene una amplia franja costera, de baja elevación y alta población.

Método

- IVC físicos se pueden combinar con los índices sociales para incluir parámetros socioeconómicos que proporcionan una visión más inclusiva de la zona costera y las comunidades costeras (Thatcher et. al., 2013).
- Se seleccionaron los parámetros para proporcionar una visión generalizada de la vulnerabilidad sobre la base de sensibilidad conocida costera, la elevación y la proximidad de los recursos económicos y sociales de la zona costera.
- Valores de los atributos de los parámetros físicos fueron clasificados en una escala de riesgo creciente 1-4. Los valores de rango se basaron en los rangos propuestos por (Gorokhovich et. al., 2013).
- Manipulación de los parámetros sociales se basaron en métodos utilizados por (Thatcher et al, 2013). las clasificaciones sociales fueron asignados sobre la base de la escala numérica de datos.

Se eligieron parámetros físicos y sociales como se muestra en la Tabla 2.1, además se les da 3 tipos de ponderación para el cálculo del IVC como se muestra en la Tabla 2.2

Tabla 2.1. La identificación de la trama y el uso en el índice

Nombre de la trama	Identificador	Descripción
Reclass_elevación	a	Elevación
Reclass_ambiente	b	Sensibilidad ambiental
Reclass_suelo	c	El uso del suelo y la cubierta
Reclass_propiedades	d	Categoría propiedad
Reclass_población	e	Población

Tabla 2.2. Ecuaciones de CIV

Índice de Vulnerabilidad Costera	Ecuación
Igualmente ponderados	$a + b + c + d + e$
Físicamente ponderados	$(0.3*a) + (0.2*b) + (0.4*c) + (0.05*d) + (0.05*e)$
Socialmente ponderados	$(0.05*a) + (0.05*b) + (0.1*c) + (0.3*d) + (0.5*e)$

2.2.2 Análisis de Vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Dichato, Región del BioBío – Chile

Se analiza la vulnerabilidad total por tsunami en la localidad de Dichato previa al evento del 27/F de 2010. Dicho evento, determinado como escenario extremo, fue utilizado para validar la determinación de las áreas vulnerables. Las áreas totales vulnerables se determinaron por medio de variables representativas de cada vulnerabilidad (física, socioeconómica y educativa). Las unidades de análisis correspondieron a 95 manzanas censales, asociando a cada una de ellas información vinculada a las variables específicas de cada vulnerabilidad, extraídas del último censo (INE, 2002) y la aplicación de encuestas a la población. Mediante el uso de SIG Arc Gis 9.2 se generaron cartas temáticas 1:12.000, para elaborar la síntesis de la vulnerabilidad total de la localidad.

La metodología aplicada en este estudio se resume en la Figura 2.3, mostrada a continuación.

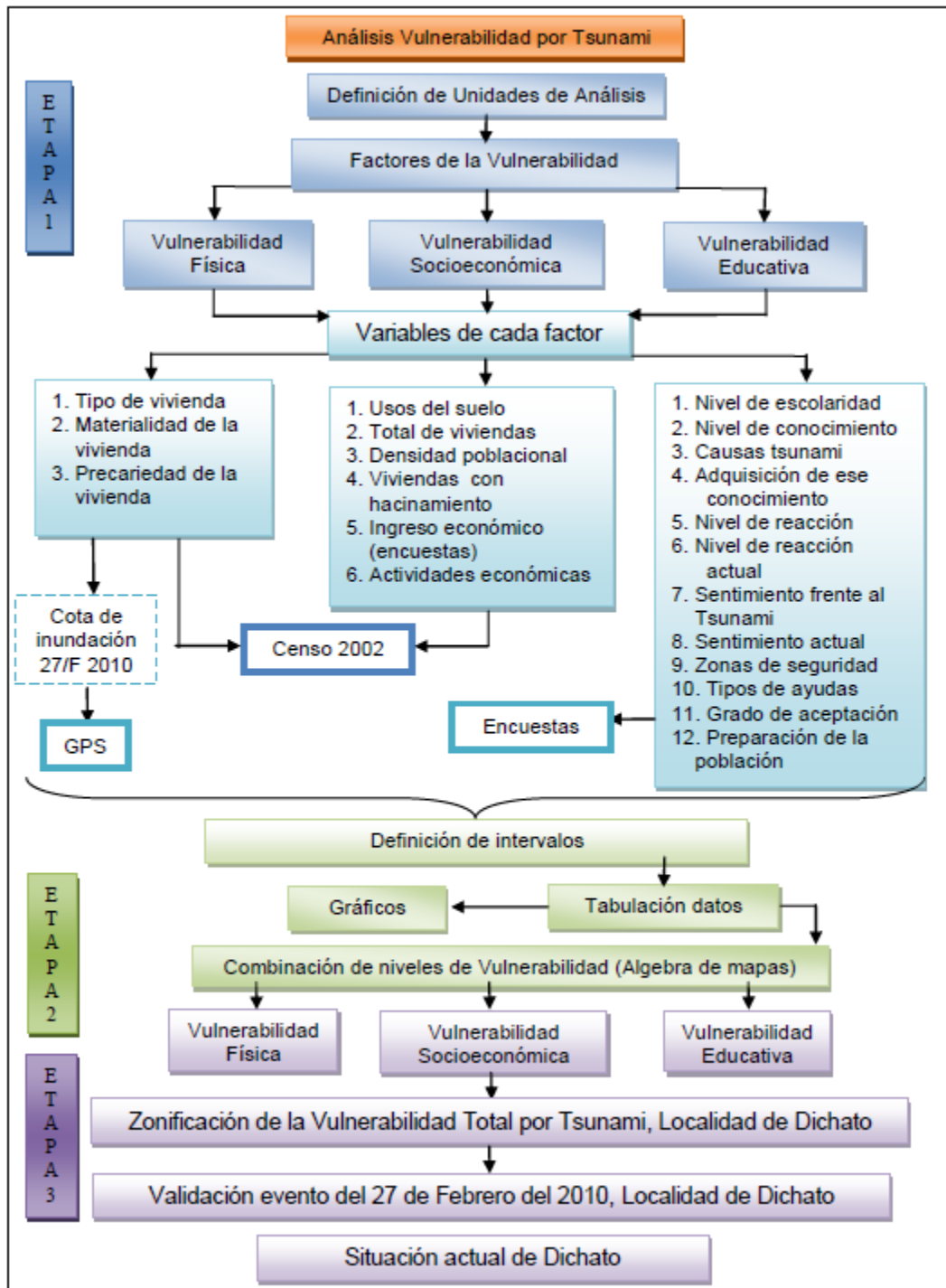


Figura 2.3: Esquema metodológico (Venegas 2012).

Los resultados determinaron que previo al tsunami del 27 de febrero del 2010, el 97% de la superficie total registró una vulnerabilidad total alta. Lo anterior involucró al 87% de la población (2948 habitantes) y al 89% de las viviendas. La vulnerabilidad educativa estableció que a dos años de ocurrido el tsunami, el 42 % de la población hoy en día desconoce la causa principal que generó el tsunami del 27 de febrero del 2010. Se analiza el Plan de Reconstrucción de la localidad de Dichato, con la finalidad de establecer sus alcances en función de los diferentes elementos vulnerables determinados en esta investigación.

2.3 Amenazas en zonas costeras

Existen diversos tipos de eventos amenazantes en las zonas costeras, que producen una penetración atípica del mar hacia la zona continental, generando de forma periódica y a corto plazo una sobreelevación del nivel del mar. Este comportamiento puede atribuirse a diversos fenómenos, el primero de ellos, está asociado a la ocurrencia de eventos sísmicos o volcánicos (tsunamis), que es lo más ocurrente en las zonas costeras Chile.

En segundo lugar se encuentran aquellos que responden a cambios en las condiciones meteorológicas, como los ciclones tropicales, que generan marejadas ciclónicas, la sobreelevación producida por la rompiente de oleaje y la generada por arrastre de viento.

También existen amenazas locales en las que destacan derrumbes, por la topografía abrupta de la costa, lo que aumenta el riesgo si se suma con lluvias o tormentas que podría generar otra amenaza como lo es la inundación por lluvias.

2.3.1 Tsunamis

El termino japonés Tsunami, se divide en TSU que significa puerto o bahía y en NAMI que significa ola, y hace referencia a una gran ola que irrumpe en un puerto.

Existen varias definiciones para el fenómeno Tsunami, a continuación se presentan algunas obtenidas del SHOA:

"Tsunami es el nombre japonés para el sistema de ondas de gravedad del océano, que siguen a cualquier disturbio de la superficie libre, de escala grande y de corta duración" (Van Dorm, 1965).

"Un tsunami es una serie de ondas oceánicas generadas por un disturbio impulsivo en el océano, o en un pequeño y conectado cuerpo de agua. Definido de este modo, el término incluye ondas generadas por desplazamientos abruptos del fondo oceánico, causados por terremotos, deslizamientos de tierra submarinos o de la línea de la costa, erupciones volcánicas y explosiones" (Lockridge, 1985).

Los tsunamis, llamados también maremotos, son causados generalmente por terremotos, menos comúnmente por derrumbes submarinos, infrecuentemente por erupciones volcánicas submarinas y muy raramente por el impacto de un gran meteorito en el océano. Las erupciones volcánicas submarinas tienen el potencial de producir ondas de tsunami verdaderamente poderosas. La gran erupción volcánica de Krakatoa de 1883 generó ondas gigantescas que alcanzaron alturas de 40 metros sobre el nivel del mar, matando a miles personas y destruyendo numerosas aldeas costeras.

Todas las regiones oceánicas del mundo pueden experimentar tsunamis, pero en el océano Pacífico y en sus mares marginales hay mucha mayor ocurrencia de grandes tsunamis destructores, debido a los grandes sismos que se producen a lo largo de los márgenes del océano Pacífico. En Chile ocurren los llamados terremotos "tsunamigenicos" usualmente están asociados a zonas de subducción, donde se encuentra gran parte del país.

2.3.1.1 Tsunamis en Chile

Por ser un país ribereño del Pacífico, la generación de tsunamis en Chile está asociada a la ocurrencia de grandes terremotos. Lo anterior se explica por la posición geográfica de nuestro territorio, en una costa de subducción (fosa chileno-peruana), donde convergen las placas tectónicas de Nazca y la Placa Americana. Así, nuestro país es una de las regiones de mayor sismicidad en el mundo. Su historia sísmica registra más de 30 sismos de magnitud superior a 7.5 en la escala de Richter. Esta realidad geotectónica convierte a Chile en una zona favorable para la generación de tsunamis. Desde 1562 a la fecha, se posee información de 35 tsunamis de origen cercano a nuestras costas, los cuales han generado daños de diversas magnitudes. A continuación, algunos de los principales tsunamis que han afectado a las costas de Chile:

- **El tsunami del 13 de agosto de 1868**

Fue originado por un violento terremoto, de magnitud 8.5 en la escala de Richter, de cuatro a cinco minutos de duración y cuyo epicentro se localizó en el mar, a los 18° 05' de latitud sur y 71° de longitud oeste, y a 70,3 Km de Arica. Se produjo alrededor de las 17: 15' horas (hora local) del día 13 de Agosto de 1868, generando un tsunami, de magnitud (m) 4, de grandes proporciones, con olas que presentaron elevaciones en la costa de aproximadamente 14 metros. (Morales y Cañon, 1985).



Figura 2.4: Esta fotografía fue tomada en dirección norte pocos días después del desastre. Se evidencia la magnitud y la fuerza de arrastre que caracterizó al tsunami de 1868. Fuente: Alvarez, et al, 1980.

- **El tsunami del 1° de abril de 1946.**

Tsunami generado a gran distancia de las costas de Chile, y el cual afectó a gran parte de la cuenca pacífica oriental. Su origen se debió a un terremoto submarino cuyo epicentro se localizó a unos 148 kilómetros al SE de Unimak, en el archipiélago de las Aleutianas (Alaska, EE.UU). En Chile el tsunami afectó todos los puertos abiertos al océano Pacífico.

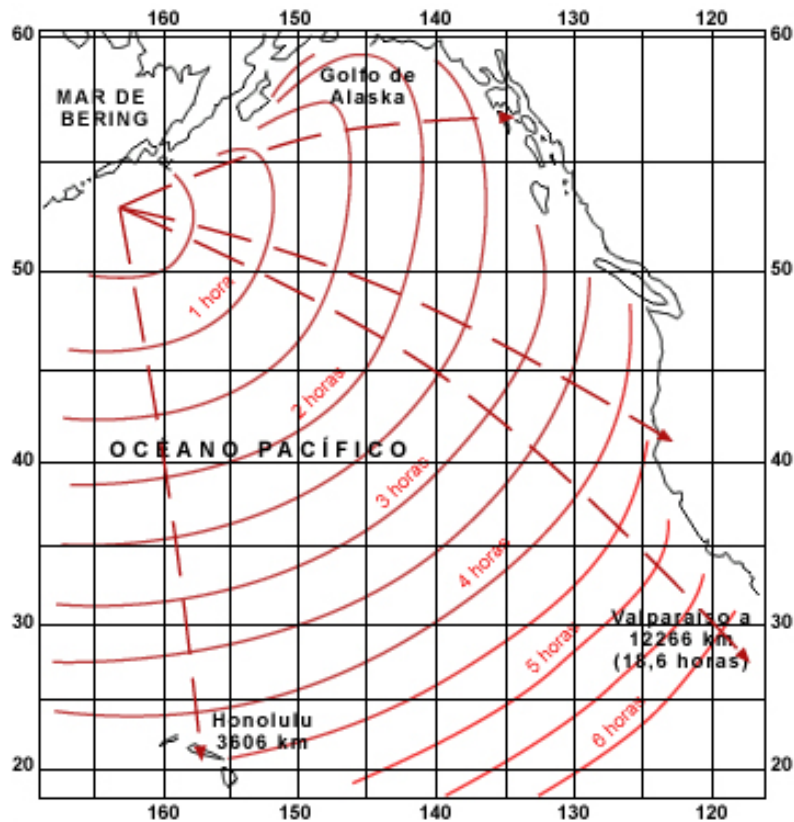


Figura 2.5: Carta de propagación del tsunami del 1° de Abril de 1946. Fuente: PUC

- **El tsunami del 22 de mayo de 1960.**

Este tsunami corresponde a uno de los más destructivos eventos registrados en el planeta en los últimos años y sus efectos se sintieron en todo el Océano Pacífico. Se produjo aproximadamente a las 15:10 horas del 22 de mayo de 1960. Originado por un terremoto de magnitud 8.4 en la escala de Richter, su epicentro fué en el océano y se localizó a los 39° 30' de latitud sur y a los 74° 30' de longitud oeste, frente a la provincia de Valdivia. El tsunami generado fue de magnitud 4, por lo tanto sus efectos fueron devastadores. Las primeras informaciones vinieron de Lebu y se referían a sucesivas olas de tres a cuatro metros de altura que estaban produciendo daños en ese puerto. Poco después comenzaron a llegar noticias que se referían a sucesivas ondas marinas de efectos destructivos en las costas de Valdivia, Puerto Montt, Ancud, Caleta Mansa, Corral, y Puerto Saavedra, entre otras.

No se puede precisar con exactitud el daño y muertos atribuibles al tsunami a lo largo de la costa de Chile. Sin embargo, todos los pueblos costeros entre los 36 y 44 grados de latitud

sur fueron destruídos o dañados fuertemente por la acción de las ondas del tsunami y el sismo. La combinación del tsunami y el terremoto produjo en Chile 2.000 muertos; 3.000 heridos; dos millones de damnificados y 550 millones de dólares en daños.

El tsunami también afectó distintas localidades costeras del Océano Pacífico, repercutiendo en Hawai, las costas de Japón, Rusia, Nueva Zelanda, Australia. Las alturas de las olas variaron entre 13 metros en las Islas Pitcairn, 12 metros en Hilo, Hawaii; siete metros en varios lugares de Japón y oscilaciones leves en otras áreas. De este modo, Japón que está a más de 17,000 kilómetros del área de generación del tsunami, sufrió 200 pérdidas de vidas y los daños estimados fueron de 50 millones de dólares. Por otra parte, cuantiosa fue la destrucción a lo largo de la costa de los EE.UU., donde los daños ascendieron a 25 millones de dólares.

- **El tsunami del 27 de febrero de 2010.**

La madrugada del sábado 27 de Febrero del 2010 exactamente a las 03:34 horas azotó a Chile un sismo con características de terremoto de 8,8 grados de intensidad en la escala de Richter, que tuvo una duración de 2 minutos 45 segundos. Según la NASA la energía liberada por este movimiento sísmico es equivalente a 100 mil bombas atómicas de Hiroshima y produjo una redistribución de la masa terrestre del planeta, que cambió la rotación e inclinó el eje terrestre en 2,7 milisegundos de arco (equivalente a 8 cm.)

Se señala que este terremoto ha sido el quinto más grande de la historia de la Humanidad, y tuvo su epicentro a 50 Km. al noreste de la ciudad de Concepción, y a 63 Km. al suroeste de la ciudad de Cauquenes de la Región del Maule, frente a las costas entre Curanipe y Cobquecura y a 47,4 kilómetros de profundidad bajo la corteza terrestre. Fue percibido en gran parte del cono sur con diversas intensidades, desde Ica en Perú por el norte hasta Buenos Aires y Sao Paulo por el oriente.

En Chile alcanzó su máxima intensidad en las regiones del Maule y del Bio Bio, la Macro Zona Centro Sur del País. El gobierno decretó zona de catástrofe a las regiones de Valparaíso, O'Higgins, del Maule, del Bio Bio, La Araucanía y Metropolitana. (D.S. N°150 de 27/02/2010)

Otros efectos geofísicos producidos por el terremoto, según informaciones preliminares, fueron la elevación del suelo natural hasta 2,7 m en la provincia de Arauco e isla Mocha emplazada frente a Tirúa, y lo más impactante fue el tsunami o maremoto que trajo consigo y que arrasó diversas localidades costeras desde Constitución hasta Tirúa por el sur.

El terremoto y posterior tsunami provocó la muerte de más de 500 personas, un centenar de desaparecidos y 800 mil personas damnificadas. Las ciudades y pueblos de la macro zona sufrieron grandes daños en las viviendas, edificios y obras de infraestructura vial, sanitaria y energética. Las viviendas de adobe y los edificios en altura fueron los más afectados por el sismo, del orden de 190 mil viviendas derrumbadas o inhabitables. Hubo incomunicación por el colapso de numerosos puentes en diversas ciudades y carreteras.



Figura 2.6: Edificio Alto Rio en Concepción. Fuente: Emol.



Figura 2.7: Colapso puente Llacolén. Fuente: Panoramio.



Figura 2.8: Localidad de Dichato, Octava región. Fuente: Revista Nos.

La caída del edificio Alto Río y el rescate de personas vivas y fallecidas atrapadas en su interior se convirtieron en uno de los símbolos emblemáticos del terremoto en Concepción, junto con la caída de lozas del puente Llacolén.

Capítulo 3

3. Materiales y métodos

3.1 Descripción de aplicación.

Para evaluar la vulnerabilidad en Dichato se estimó el índice de vulnerabilidad costera adaptado a las condiciones propias de la zona. Su adaptación se basó, en general, en el estudio que se hizo en la costa Nueva York, específicamente en el condado de Suffolk, donde se mezclan parámetros físicos y socio-económicos (Thatcher et al., 2013) y se calcula los IVC igualmente ponderados, socialmente ponderados y físicamente ponderados para cada manzana. Algunas modificaciones implementadas fueron: agregar un parámetro, así da un total de seis parámetros como en la metodología de Gornitz, y reemplazar algunos parámetros por otros que sean aplicables en la localidad escogida. La puntuación de los parámetros será guiada por la metodología original de Gortitz (Ramieri et al., 2011), con una escala de riesgo creciente de 1 a 5.

Así también se calculará el IVC, de la manera original, por la fórmula ideada por Gornitz (Ramieri et al., 2011, p21), para observar las diferencias entre los enfoques de los métodos utilizados para la evaluación de vulnerabilidad en la localidad de Dichato. En ambos casos se realizará un cálculo de parámetros e IVC por manzana, siguiendo la propuesta de zonificación del censo 2012.

3.2 Parámetros Físicos

Los parámetros físicos son los más usados para el cálculo del IVC, en estudios alrededor del mundo destacan la geomorfología, cambios en la línea de costa, pendiente de línea de costa, elevación, etc. Para este estudio se consideraron más significativos para la zona seleccionada los parámetros de pendiente costera, inundación y distancia al cuerpo de agua.

3.2.1 Pendiente Costera

La pendiente costera se utiliza a menudo para este tipo de evaluaciones, en este caso se ocupó la pendiente existente en la manzana en dirección a la línea de costa. Cuanto menor sea el relieve de la vertiente costera, mayor es la susceptibilidad a alguna inundación costera, ya sean por algún evento climático, aumento del nivel del mar o en este caso, inundación por tsunami.

El software utilizado para acceder a esta base de datos de elevaciones fue Google Earth: una herramienta gratuita, de fácil acceso y muy eficiente para la recopilación de datos. La pendiente costera se calculó en forma de porcentaje, dividiendo la diferencia de elevación por la distancia y multiplicado por 100. La distancia es la longitud de la manzana que varía en cada una de estas. Un ejemplo de cómo se midió la pendiente, se muestra en la Figura 3.1.



Figura 3.1: Ejemplo de medición de la pendiente costera usando Google Earth.

3.2.2 Inundación

La inundación es un parámetro muy representativo en este análisis, ya que se refiere a la inundación por tsunami en la localidad escogida, como ya hubo un tsunami en la zona, se ocupó mapas de inundación por tsunami del 27 de febrero del 2010, obtenidos de la Subdirección Nacional de Geología y Minería (en metros). Estos datos también podrían ser obtenidos de algún modelo de simulación de inundación para la zona como se observa en la Figura 3.2, donde se puede apreciar que el área que inundó el tsunami y la línea de inundación de una simulación son bastantes parecidas, confirmando la posibilidad de usar simulaciones para este parámetro.



Figura 3.2: Mapa de inundación por tsunami del 27 de febrero. Fuente: PRBC-18.

3.2.3 Distancia al cuerpo de agua

Donde los ríos se encuentran en la costa, son áreas que son particularmente dinámicas y sensibles a los procesos costeros (Palmer et al., 2011). Este parámetro se refiere a la mínima distancia, en metros, entre el centro de la manzana y el cuerpo de agua más cercano, ya sea el mar, algún río, canal o estero.

Tal como se hizo en el parámetro de pendiente costera, se utilizó el software Google Earth para conseguir la base de datos de distancia al cuerpo agua, como los muestra la Figura 3.3 donde la distancia de la manzana 34 al cuerpo de agua son aproximadamente 160 metros de longitud.

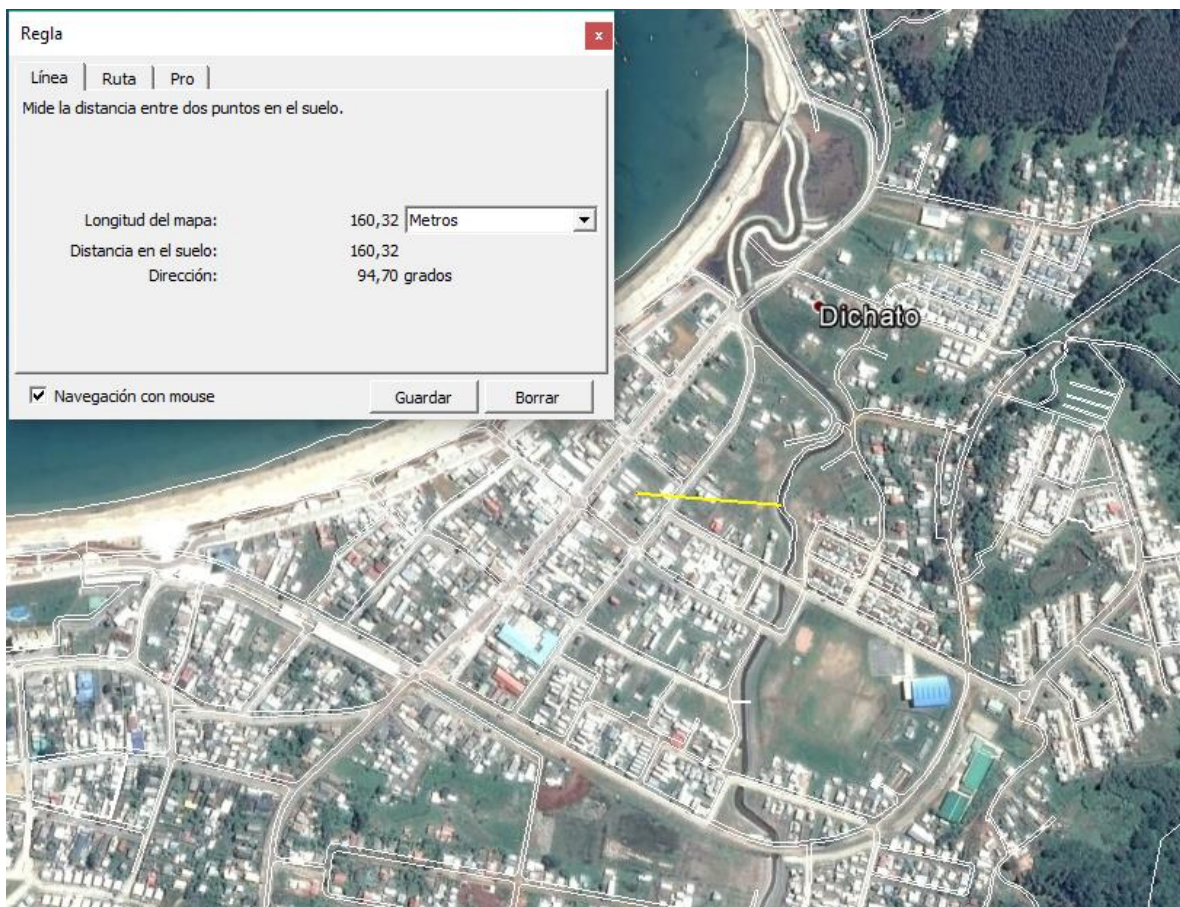


Figura 3.3: Ejemplo de método para base de datos de parámetro distancia.

3.3 Parámetros Sociales

Como se mencionó anteriormente, al sólo incluir parámetros físicos al cálculo de vulnerabilidad costera, se hace un análisis de sensibilidad costera y no vulnerabilidad propiamente. Es por eso que de acuerdo al estudio aplicado en el condado de Suffolk, Nueva York por Pierce en 2014, basado en Thatcher et. al., 2013 se agregaron parámetros sociales los cuales son: población, vivienda, uso de Suelo.

3.3.1 Población

La localidad de Dichato, en la actualidad posee alrededor de 4400 habitantes según los datos del censo de población y vivienda realizado el 2012.

El terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010, dejó un número considerable de muertos y desaparecidos. Es por eso que la población es un parámetro de mucha importancia en el estudio, ya que el fin es incluir a la población y entregarle información para su seguridad y confort. Este parámetro fue calculado obteniendo una relación entre el número de habitantes existentes y el área de la manzana, indicando un número de habitantes por metro cuadrado, mostrando mayor vulnerabilidad en zonas más pobladas dentro de la localidad.



Figura 3.4: Playa de Dichato en temporada de verano 2014. Fuente: Fotógrafo José Caleb.

Esta base de dato fue obtenida del Censo del 2012, entregando datos de no muy buena calidad para el desarrollo de este estudio, teniendo así que visitar la zona y estimar de forma visual y a través de la interacción con los pobladores de la localidad. Lo que se considera también es que al ser una zona turística, se obtiene una población flotante en algunas épocas del año que no corresponde a la población real de Dichato.

3.3.2 Vivienda

En cuanto a la cantidad de viviendas, el INE en 2012 informó que Tomé cuenta con 20 mil 249 viviendas. Según datos del censo del año 2002 con 15.915 casas, esto significa que entre al año 2002 y el año 2012 el número de casas aumentó en 4.334 hogares (27,2%).

El parámetro vivienda indica, que tan vulnerable es la manzana, considerando la construcción de la vivienda, para hacerle frente a la inundación por tsunamis, mostrando una vulnerabilidad mayor, en zonas de construcción precaria. En la Tabla 3.1 se muestran los niveles de vulnerabilidad según la construcción de las paredes de la vivienda, sacando un promedio por manzana y clasificándola según la tabla. Como en el parámetro de población, también se tuvo que realizar algunas estimaciones visuales por la calidad de los datos Censo del 2012.

Tabla 3.1: Niveles de Vulnerabilidad según tipo de construcción de vivienda.

Indicador de clase	Descripción	Vulnerabilidad
1	Hormigón armado	1
2	Albañilería (bloque cemento, piedra o ladrillo)	2
3	Tabique forrado por ambas caras (madera, lata u otro)	3
4	Tabique sin forro interior (madera u otro)	4
5	Adobe, barro, quincha, pirca u otro artesanal	5
6	Materiales precarios o de desecho	

Particularmente, en la localidad de Dichato, viviendas y equipamientos fueron arrasados y destruidos: 1.343 edificaciones, tanto residenciales como locales comerciales desaparecieron, correspondiendo al 80% de la superficie construida (PRBC-18, 2011).

En la Figura 3.4 se muestra una vista hacia el sureste de Dichato, muestra uno de los sectores más dañados con viviendas livianas destruidas y transportadas por la fuerza del tsunami.



*Figura 3.5: Sector afectado por tsunami de 27 de febrero en Dichato.
Fuente: SERNAGEOMIN*

Al igual que en el caso de el parámetro población, la base de datos es extraída del Censo 2012 y las estimaciones fueron realizadas en 2016, por ello hay zonas potencialmente probables que no aparezcan como tal, por los cambios en la localidad realizados en ese periodo de tiempo.

3.3.3 Uso del Suelo

El uso del suelo son “las acciones, actividades e intervenciones que realizan las personas sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla” (FAO, 1997a; FAO/UNEP, 1999).

Estas acciones o actividades están descritas en un plan regulador, que de acuerdo a la definición establecida en la Ley General de Urbanismo y Construcción, un **Plan Regulador** es uno de los componentes de la llamada Planificación urbana, la cual se divide en cuatros niveles de acción: nacional, regional, intercomunal y comunal. En este último, de nivel comunal es que se enmarcan los planes reguladores, cuyas disposiciones se refieren al uso del suelo o zonificación, localización de equipamiento comunitario, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad o comuna.

La comuna de Tomé tiene un Plan Regulador vigente, hecho en enero de 2007, y en la Figura 3.6 se muestra un acercamiento a la zona de estudio (localidad de Dichato), de donde se obtendrán 5 niveles para su clasificación de vulnerabilidad como lo muestra la tabla 3.2. El Plan regulador completo se encuentra en el Anexo 3.1.

Tabla 3.2: Niveles de Vulnerabilidad según uso de suelo.

Zona	Descripción	Vulnerabilidad
Zres	Zona Forestal	1
ZTBC	Zona Turística de Borde Costero	2
ZED	Zona Equipamiento Deportivo	3
ZR	Zona Residencial	4
ZC	Zonas Claves	5

De la tabla 3.2, se puede observar las diferentes categorías de vulnerabilidad según el uso de suelo, destacando la de mayor vulnerabilidad que corresponde a “Zonas Claves”, que se define como las zonas que contienen a alguna entidad social, como por ejemplo, escuelas o colegios, compañía de bomberos, comisaria de carabineros, o algún elemento estratégico, como lo serían puentes, carreteras, estanques de agua potable, etc.

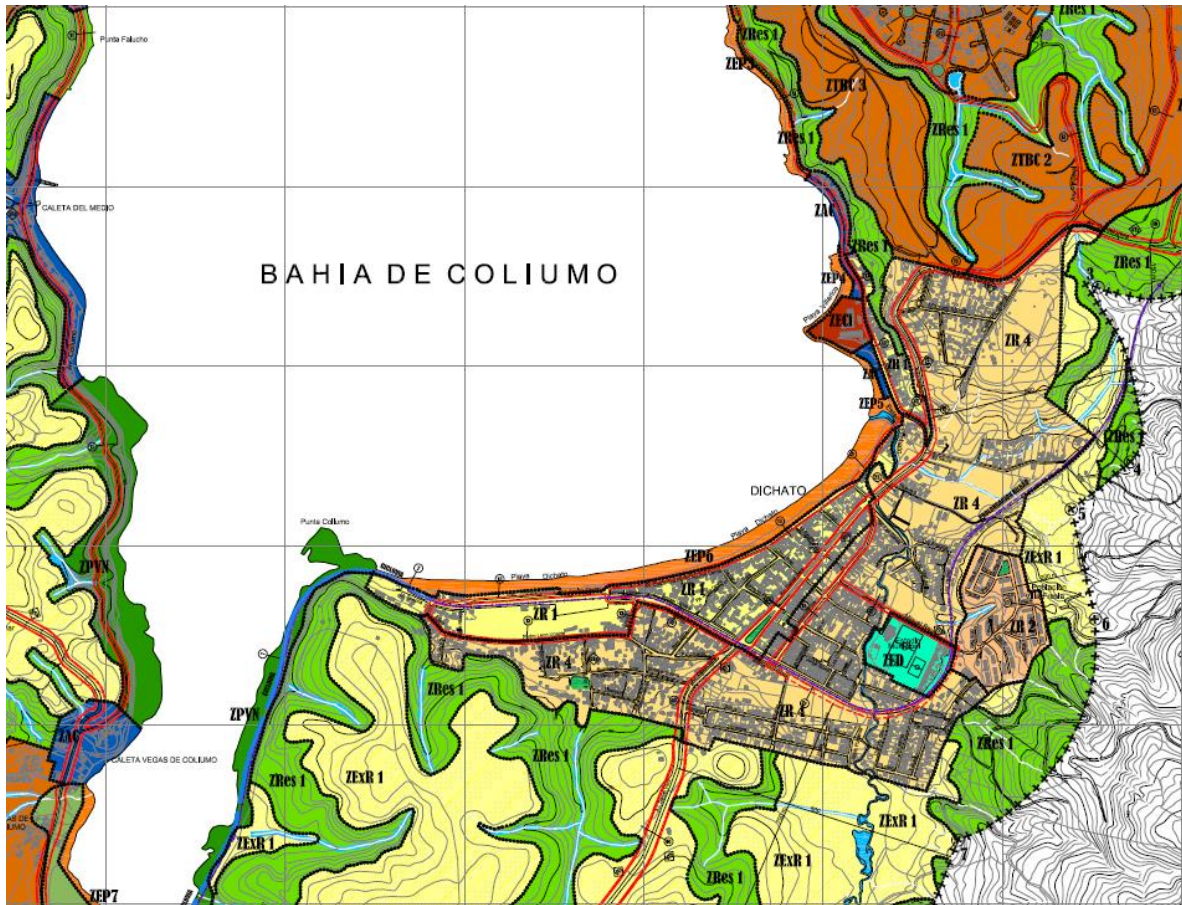


Figura 3.6: Acercamiento a Dichato, en el plan regulador de Tomé.

3.4 Cálculo del IVC

Una vez recogidos los datos de cada parámetro antes explicado, es posible clasificarlos de acuerdo a un sistema de categorización de parámetros. En la tabla 3.3 se muestra el resumen de la categorización realizada para los parámetros de este estudio basada en diferentes autores que han estudiado la vulnerabilidad en las costas, donde se utiliza una escala de “Muy baja”, “Baja”, “Media”, “Alta” y “Muy alta” para evaluar cualitativamente la vulnerabilidad, extraída del estudio preliminar para la costa atlántica de los Estados Unidos (Thieler y Hammar-Klose, 1999).

Tabla 3.3: Criterios para la clasificación de vulnerabilidad para parámetros físicos y sociales.

Parámetros		Muy baja (1)	Baja (2)	Media (3)	Alta (4)	Muy alta (5)
a	Pendiente Costera (%)	>15	15 -10	10-5	5-2	<2
b	Inundación (m)	<1	1 – 1,5	1,5- 2	2 – 3,5	>5
c	Distancia al cuerpo de agua (m)	>557	557 - 417	416 - 196	195 - 66	<66
d	Población (hab/A)	<0,001	0,001-0,004	0,004-0,01	0,01-0,02	>0,05
e	Vivienda	Hormigón Armado	Albañilería (bloque cemento, piedra o ladrillo)	Tabique forrado por ambas caras (madera, lata u otro)	Tabique sin forro interior (madera u otro)	Adobe, barro, quincha. Materiales precarios o de desecho
f	Uso de suelo	Zona forestal (Zres)	Zona turística de borde costero (ZTBC)	Zona equipamiento deportivo (ZED)	Zona residencial (ZR)	Zonas claves (ZC)

Con los parámetros ya clasificados según su vulnerabilidad, se puede calcular el índice de vulnerabilidad costera para cada manzana según corresponda. Como se comentó anteriormente, se calculará el IVC de dos maneras, que se mostrarán a continuación:

3.4.1 Método N°1: Gornitz (1990)

La **primera** forma de calcular el IVC, será de la forma original de **Gornitz** (1990), que solo incluyó parámetros físicos. En este caso participarán 3 parámetros sociales y 3 físicos para la zona estudiada de Dichato, Octava Región de Chile, como se muestra a continuación:

$$CVI = \sqrt[2]{\frac{a * b * c * d * e * f}{6}}$$

Una vez calculado el IVC con este método, se utiliza una escala de “Muy baja”, “Baja”, “Media”, “Alta” y “Muy alta” para evaluar cualitativamente la vulnerabilidad según

quintiles, lo que significa que los límites de las categorías serán el máximo valor de cada quintil (20,40,60 y 80% de los datos) obteniendo los siguientes límites aproximados para cada categoría:

$$\text{Muy baja} = 0,8 - 4,2$$

$$\text{Alta} = 7,8 - 10$$

$$\text{Baja} = 4,3 - 6,3$$

$$\text{Muy Alta} = 10,1 - 18$$

$$\text{Moderada} = 6,4 - 7,7$$

La categoría “Muy baja” va desde el mínimo valor (0,8) hasta el máximo valor del percentil 20 (4,2) y así hasta la última categoría donde se encuentra el máximo valor (18). Cada sección costera se atribuye una puntuación, mostrando la vulnerabilidad asignada utilizando un sistema de código de colores.

3.4.2 Método N°2: Pierce (2014)

La **segunda** forma para calcular el IVC para la localidad seleccionada, es originada del estudio mencionado anteriormente en el capítulo 2, para el condado Suffolk en Nueva York, hecho por Kimberly A. Pierce en 2014 que integra parámetros sociales al cálculo del IVC proporcionando una visión más inclusiva de la zona costera y las comunidades costeras (Thatcher et. al., 2013).

En este método se podrán obtener 3 IVC, que dependerán de la ponderación que se le dé, en este caso serán, “igualmente ponderados”, “físicamente ponderados”, en donde los parámetros físicos tendrán un mayor porcentaje de colaboración para el IVC total físico y lo mismo pasará para el caso del IVC “socialmente ponderado”. El porcentaje de ponderación para cada caso se muestra en la tabla 3.4, el cual fue adaptado según las ponderaciones de Pierce (2014), utilizando las letras asignadas a cada parámetro como lo muestra la tabla 3.3.

Tabla 3.4. Ecuaciones de IVC

Índice de Vulnerabilidad Costera	Ecuación
Igualmente ponderados	$a + b + c + d + e + f$
Físicamente ponderados	$(0.2*a) + (0.3*b) + (0.2*c) + (0.1*d) + (0.15*e) + (0.05*f)$
Socialmente ponderados	$(0.05*a) + (0.1*b) + (0.05*c) + (0.4*d) + (0.1*e) + (0.3*f)$

3.5 Mapeo de los Índices

Con el fin de representar gráficamente todos los resultados obtenidos para la zona en estudio, se utilizó el software QGIS, el cual es una herramienta de sistema de información geográfica (SIG) que permite crear, editar, visualizar y publicar información geoespacial en diferentes plataformas.

La información sobre la cartografía de Dichato, fue conseguida a través de ley de transparencia. Lo que corresponde a la Cartografía Precenso 2011 en formato GEODATABASE, en el cual venía la cartografía de todo Chile, teniendo que filtrar para la zona escogida, procesado en el software QGIS y obteniendo como resultado las manzanas enumeradas como lo muestra la Figura 3.7:

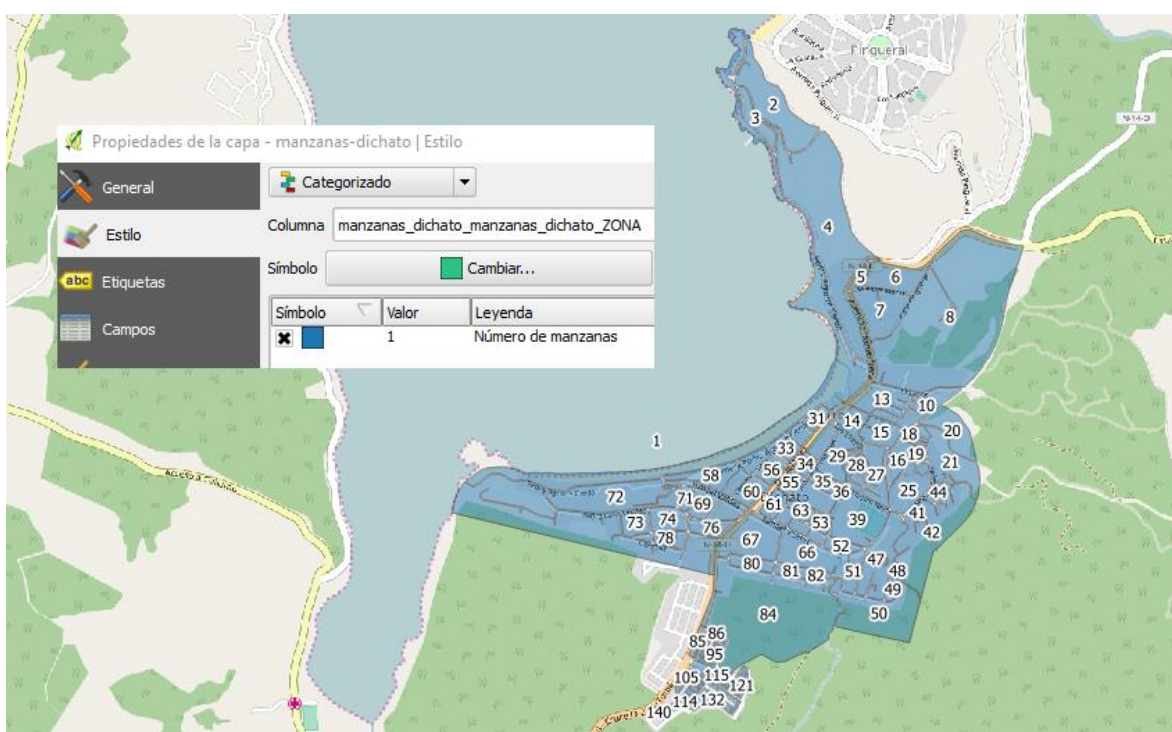


Figura 3.7: Numeración de manzanas en Dichato. Fuente: Cartografía Precenso 2011.

Capítulo 4

4. Resultados

4.1 Resultados de Parámetros de Vulnerabilidad

A continuación se presentan los resultados de vulnerabilidad obtenidos para cada parámetro, una vez recopilado y procesado los datos de cada uno, obteniendo mapas creados y extraídos del Software QGIS.

4.1.1 Parámetro: Pendiente costera

Como se dijo anteriormente para la pendiente costera se calculó en forma de porcentaje. En la tabla 4.1.1 se presenta los resultados de vulnerabilidad (V) para el parámetro en cuestión por manzana (Mz). Los datos sobre cómo se llegó a la vulnerabilidad final de la pendiente costera se pueden ver en el anexo 4.1.

Tabla 4.1: Vulnerabilidad según parámetro: Pendiente Costera.

Mz	Pendiente (%)	V	Mz	Pendiente (%)	V	Mz	Pendiente (%)	V
1	13.3	2	47	26.3	1	94	-11.8	5
1_b	27.0	1	48	26.0	1	95	12.5	2
2	35.0	1	49	25.0	1	96	19.0	1
3	33.3	1	50	12.4	2	97	14.3	2
4	33.3	1	51	10.6	2	98	21.4	1
5	40.0	1	52	0.8	5	99	19.0	1
6	9.3	3	53	0.0	5	100	15.6	1
7	37.5	1	54	0.0	5	101	19.2	1
8	26.0	1	55	-1.8	5	102	8.3	3
9	10.0	3	56	2.0	5	103	21.7	1
10	13.3	2	57	7.7	3	104	8.3	3

11	10.0	3	58	9.4	3	105	20.0	1
12	13.6	2	59	5.0	4	106	8.0	3
13	4.0	4	60	0.0	5	107	15.0	2
14	2.0	5	61	0.0	5	108	13.0	2
15	20.0	1	62	0.0	5	109	17.4	1
16	16.7	1	63	-1.0	5	110	19.4	1
17	6.7	3	64	0.0	5	111	15.4	1
18	86.7	1	65	0.0	5	112	10.0	3
19	18.2	1	66	1.3	5	113	-5.9	5
20	5.0	4	67	10.1	2	114	-5.7	5
21	2.0	5	68	9.0	3	115	10.0	3
22	0.0	5	69	11.8	2	116	11.1	2
23	8.0	3	70	4.0	4	117	12.0	2
24	20.0	1	71	8.5	3	118	11.5	2
25	14.0	2	72	8.7	3	119	11.9	2
26	40.0	1	73	13.7	2	120	10.8	2
27	20.0	1	74	8.9	3	121	10.0	3
28	7.7	3	75	12.5	2	122	8.3	3
29	0.0	5	76	18.3	1	123	-13.0	5
30	0.0	5	77	10.3	2	124	-15.8	5
31	14.3	2	78	18.0	1	125	-11.8	5
32	10.0	3	79	21.8	1	126	-11.8	5
33	8.0	3	80	30.5	1	127	6.7	3
34	0.0	5	81	6.8	3	128	8.7	3
35	0.0	5	82	7.0	3	129	8.3	3
36	0.0	5	83	5.3	3	130	-15.0	5
37	6.7	3	84	16.0	1	131	-12.1	5
38	26.7	1	85	7.3	3	132	-15.2	5
39	5.8	3	86	5.3	3	133	-13.3	5
40	20.0	1	87	11.8	2	134	-14.3	5
41	22.7	1	88	13.6	2	135	-24.4	5
42	24.2	1	89	12.5	2	136	-20.0	5
43	20.0	1	90	-12.5	5	137	0.0	5
44	15.2	1	91	-13.3	5	138	-6.3	5
45	6.1	3	92	-10.7	5	139	-15.0	5
46	21.9	1	93	-14.3	5	140	10.0	3

Al obtener esta tabla, es posible obtener la distribución que sigue este parámetro, lo que se puede ver en la Figura 4.1.

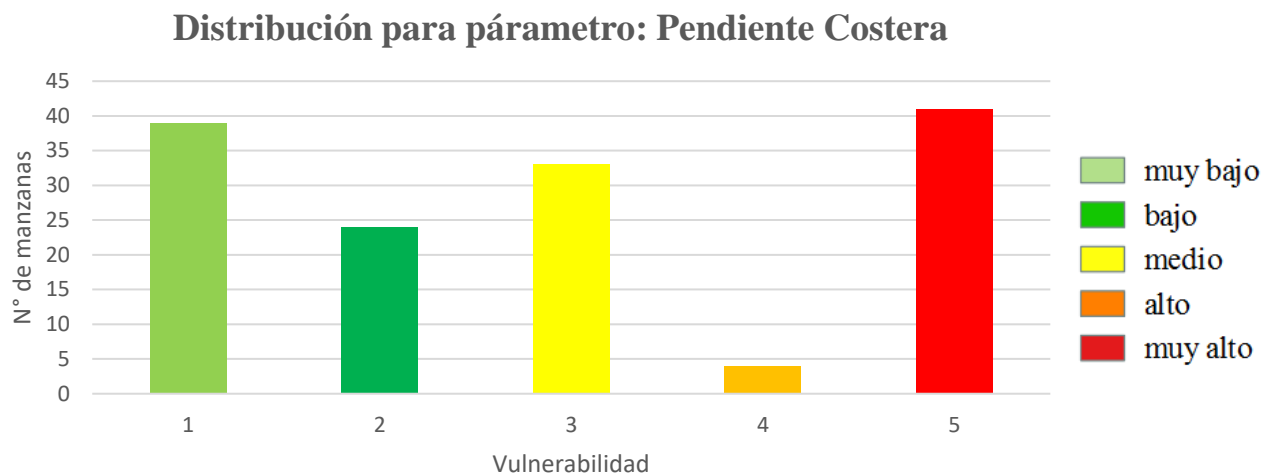


Figura 4.1: Distribución para parámetro: Pendiente Costera

De la Figura 4.1 se puede observar, que tiene una vulnerabilidad “dicotómica”, ya que la vulnerabilidad “muy baja” y “muy alta” poseen la mayor cantidad de manzanas. Para saber en qué sectores se ubican estas manzanas de muy alta y muy baja vulnerabilidad, se creó un mapa clasificado por un sistema de colores, graficando la vulnerabilidad en cada manzana de la localidad de Dichato, mostrado en la Figura 4.2 que se presenta a continuación.

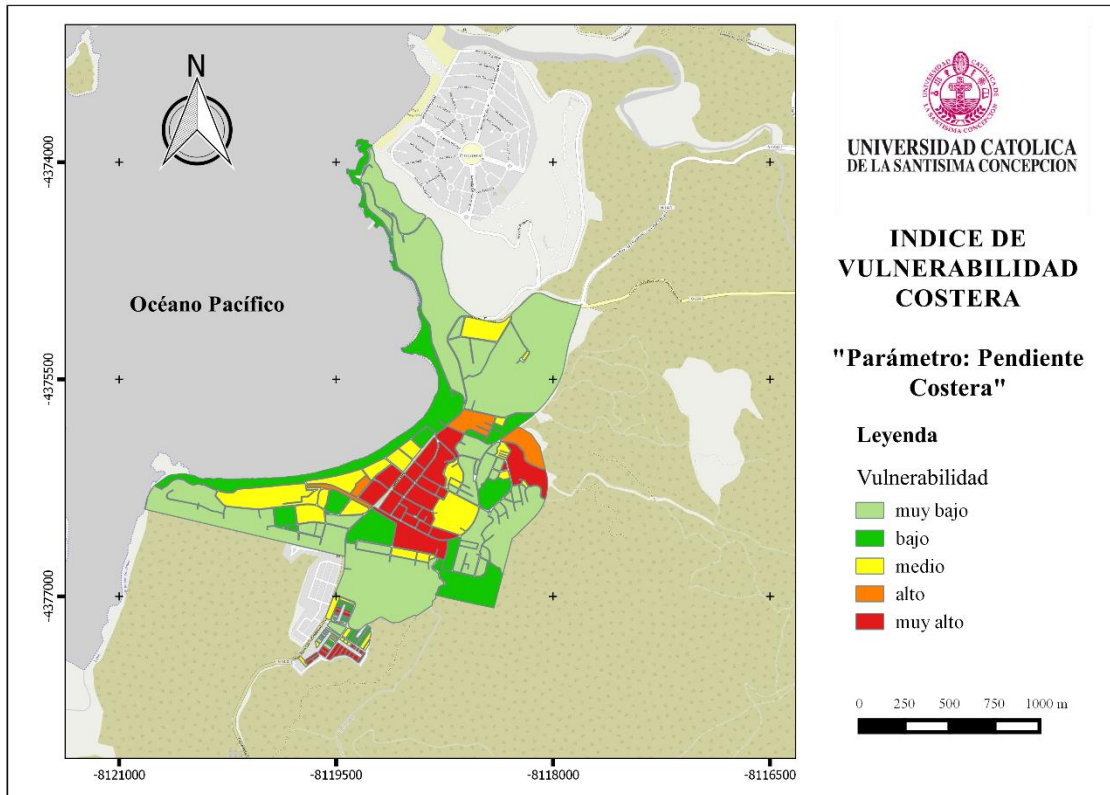


Figura 4.2: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Pendiente Costera.

De la Figura 4.2 se puede observar que el sector con mayor vulnerabilidad del punto de vista de pendiente costera, se encuentra en el centro de Dichato, debido a su baja pendiente de suelo, también se puede observar que para los sectores forestales existe una baja y muy baja vulnerabilidad debido a su irregular forma.

4.1.2 Parámetro: Inundación

De los mapas de inundación del tsunami del año 2010 proporcionados por la Subdirección Nacional de Geología y Minería se obtuvieron datos de inundación de la localidad, procesados y resultando una vulnerabilidad (V) por cada manzana (Mz) como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 4.2: Vulnerabilidad según parámetro: Inundación.

Mz	Inundación (m)	V	Mz	Inundación (m)	V	Mz	Inundación (m)	V
1	3.5	5	47	1	2	94	0	1
1_b	0	1	48	0	1	95	0	1
2	0	1	49	0	1	96	0	1
3	3.5	5	50	1	2	97	0	1
4	1	2	51	1	2	98	0	1
5	0	1	52	1	2	99	0	1
6	0	1	53	2	4	100	0	1
7	0	1	54	2	4	101	0	1
8	0	1	55	3	4	102	0	1
9	0	1	56	3.5	5	103	0	1
10	1	2	57	3.5	5	104	0	1
11	1	2	58	3.5	5	105	0	1
12	1	2	59	3.5	5	106	0	1
13	1.5	3	60	2	4	107	0	1
14	2.5	4	61	2	4	108	0	1
15	1	2	62	2	4	109	0	1
16	0	1	63	2	4	110	0	1
17	0	1	64	2	4	111	0	1
18	0	1	65	2	4	112	0	1
19	0	1	66	2	4	113	0	1
20	0	1	67	2	4	114	0	1
21	0	1	68	1	2	115	0	1
22	0	1	69	1	2	116	0	1
23	0	1	70	2	4	117	0	1
24	0	1	71	1	2	118	0	1
25	0	1	72	3.5	5	119	0	1
26	0	1	73	1	2	120	0	1
27	1	2	74	1	2	121	0	1
28	2.5	4	75	0	1	122	0	1
29	2.5	4	76	0	1	123	0	1
30	3.5	5	77	0	1	124	0	1

31	3.5	5	78	0	1	125	0	1
32	3.5	5	79	0	1	126	0	1
33	3.5	5	80	0	1	127	0	1
34	3.5	5	81	1	2	128	0	1
35	3	4	82	1	2	129	0	1
36	2.5	4	83	1	2	130	0	1
37	2	4	84	1	2	131	0	1
38	2.5	4	85	0	1	132	0	1
39	2.5	4	86	0	1	133	0	1
40	0	1	87	0	1	134	0	1
41	0	1	88	0	1	135	0	1
42	0	1	89	0	1	136	0	1
43	0	1	90	0	1	137	0	1
44	0	1	91	0	1	138	0	1
45	0	1	92	0	1	139	0	1
46	1	2	93	0	1	140	0	1

Al obtener esta tabla, es posible obtener la distribución que sigue este parámetro, lo que se puede ver en la Figura 4.3.

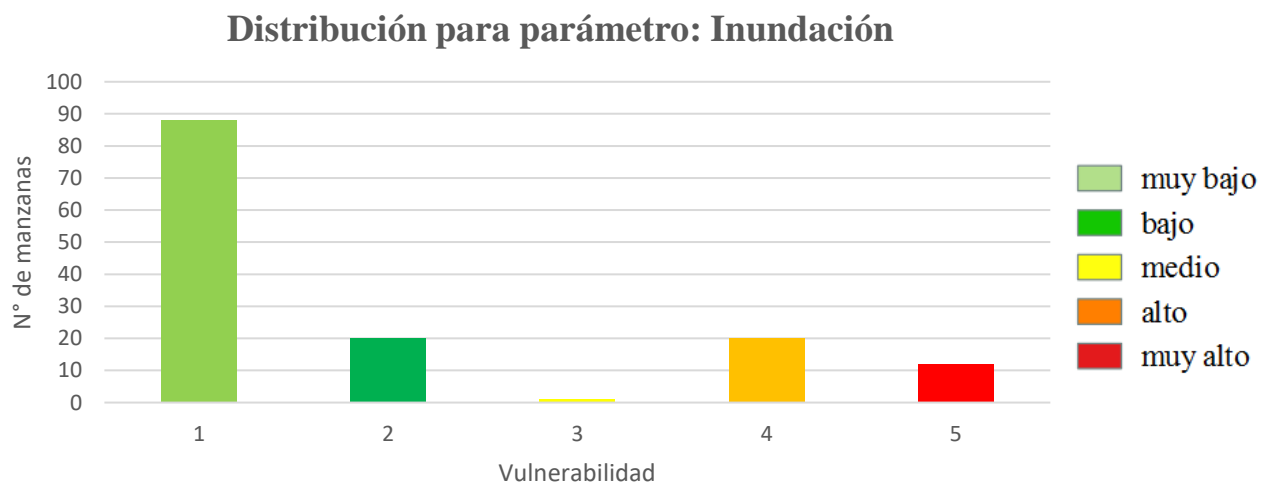


Figura 4.3: Distribución para parámetro: Inundación.

De la Figura 4.3 se observa claramente que según el punto de vista de inundación, la mayoría de las manzanas de Dichato tienen una muy baja vulnerabilidad, pero como sabemos para el tsunami del 2010, hubo grandes daños en la localidad. Es por eso que es necesario saber en

dónde se ubican las manzanas con alta y muy alta vulnerabilidad, lo que mostrará la Figura 4.4 que se muestra a continuación.

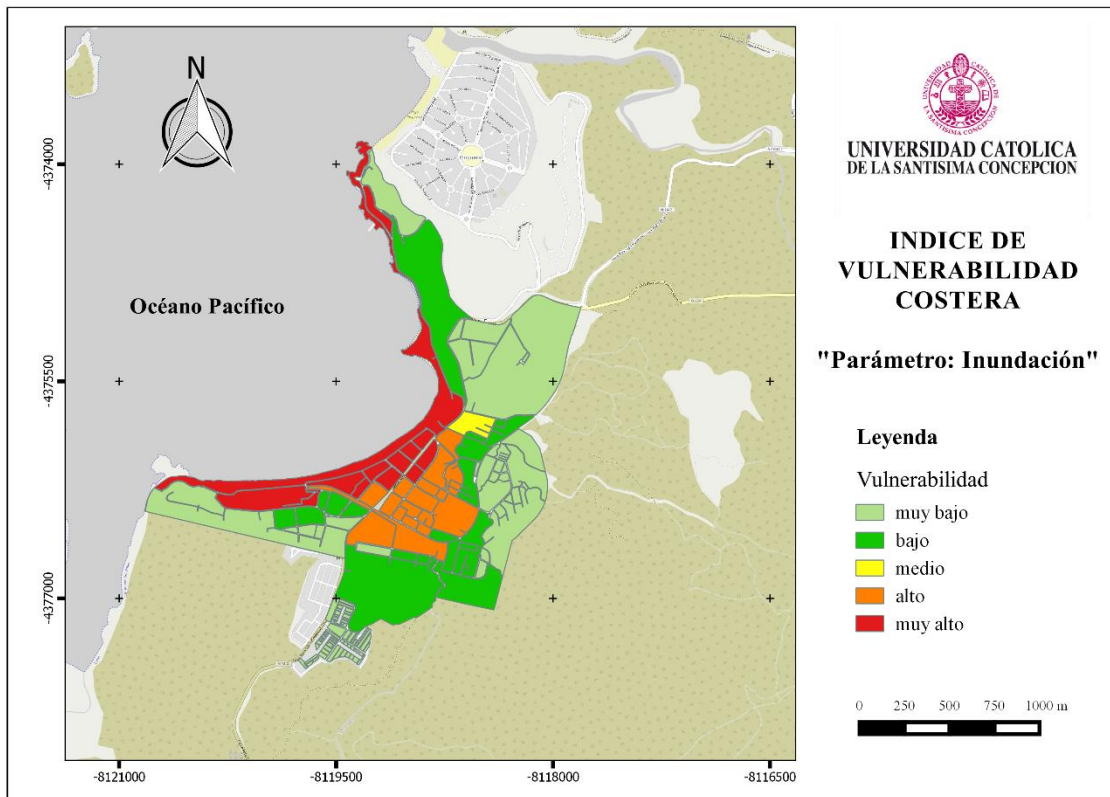


Figura 4.4: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Inundación.

Como se podría esperar, se observa en la Figura 4.4, las zonas más cercanas al borde costero, son las zonas con mayor vulnerabilidad y en cambio las zonas como mayor cota son las de menor vulnerabilidad.

4.1.3 Parámetro: Distancia al cuerpo de agua

Como se dijo anteriormente, los datos de distancia se obtuvieron del software Google Earth, obteniendo los límites de vulnerabilidad de los quintiles, y así clasificar las manzanas (Mz) para obtener su vulnerabilidad (V). La siguiente tabla muestra el resultado del proceso explicado.

Tabla 4.3: Vulnerabilidad según parámetro: Distancia al cuerpo de agua

Mz	Distancia (m)	V	Mz	Distancia (m)	V	Mz	Distancia (m)	V
1	1	5	47	103	4	94	557	1
1_b	366.8	3	48	192	4	95	517	2
2	84	4	49	229	3	96	572	1
3	30	5	50	20	5	97	530	2
4	8	5	51	35	5	98	535	2
5	168	4	52	1	5	99	558	1
6	228	3	53	80	4	100	601	1
7	137	4	54	30	5	101	641	1
8	94	4	55	201	3	102	603	1
9	464	2	56	102	4	103	649	1
10	172	4	57	38	5	104	611	1
11	263	3	58	32	5	105	659	1
12	122	4	59	105	4	106	624	1
13	26	5	60	141	4	107	669	1
14	1	5	61	248	3	108	647	1
15	1	5	62	186	4	109	679	1
16	134	4	63	96	4	110	697	1
17	219	3	64	108	4	111	657	1
18	174	4	65	36	5	112	717	1
19	210	3	66	1	5	113	684	1
20	273	3	67	241	3	114	706	1
21	301	3	68	196	3	115	528	2
22	255	3	69	128	4	116	499	2
23	254	3	70	87	4	117	478	2
24	204	3	71	129	4	118	498	2
25	203	3	72	28	5	119	426	2
26	105	4	73	144	4	120	417	2
27	37	5	74	147	4	121	434	2
28	2	5	75	209	3	122	465	2
29	2	5	76	248	3	123	524	2
30	50	5	77	249	3	124	529	2

31	28	5	78	351	3	125	535	2
32	28	5	79	272	3	126	546	2
33	28	5	80	277	3	127	549	2
34	155	4	81	128	4	128	564	1
35	150	4	82	66	5	129	585	1
36	30	5	83	32	5	130	614	1
37	15	5	84	2	5	131	599	1
38	18	5	85	556	2	132	582	1
39	2	5	86	493	2	133	575	1
40	250	3	87	479	2	134	570	1
41	294	3	88	548	2	135	557	1
42	283	3	89	484	2	136	512	2
43	332	3	90	526	2	137	737	1
44	350	3	91	497	2	138	736	1
45	387	3	92	548	2	139	778	1
46	103	4	93	504	2	140	816	1

Al obtener esta tabla, es posible obtener la distribución que sigue este parámetro, lo que se puede ver en la Figura 4.5.

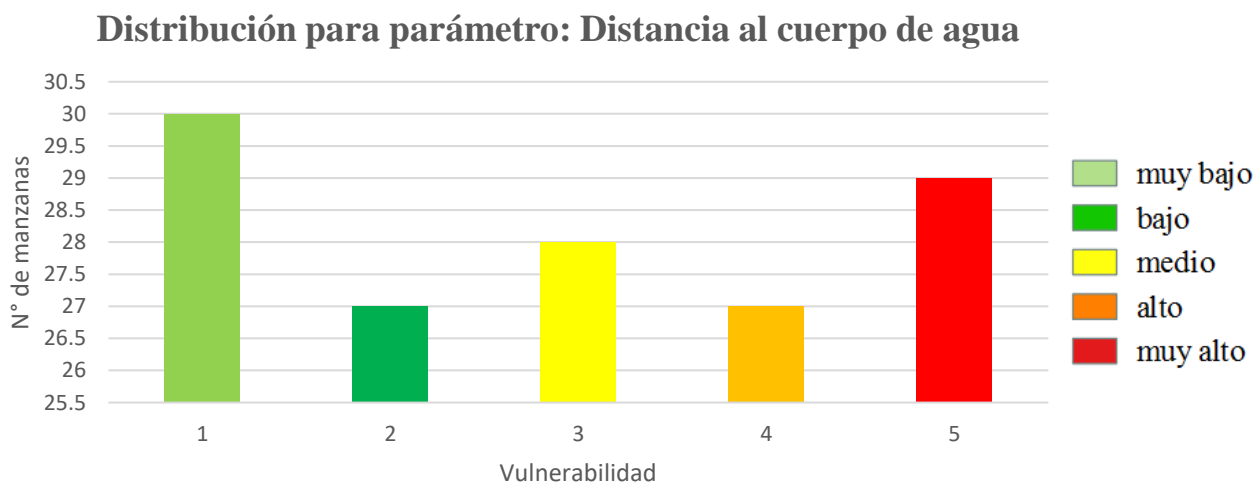


Figura 4.5: Distribución para parámetro: Distancia al cuerpo de agua.

Al igual que en el parámetro de pendiente costera, se observa las mayorías de manzanas en los extremos en la escala de vulnerabilidad, debido a la forma en que se encuentra la

localidad, teniendo zonas muy cercanas al mar o al estero Dichato que cruza gran parte del centro, y las zonas más alejadas son manzanas que se encuentran alejadas del borde costero por la catástrofe vivida en 2010. En la siguiente figura se puede observar lo comentado anteriormente.

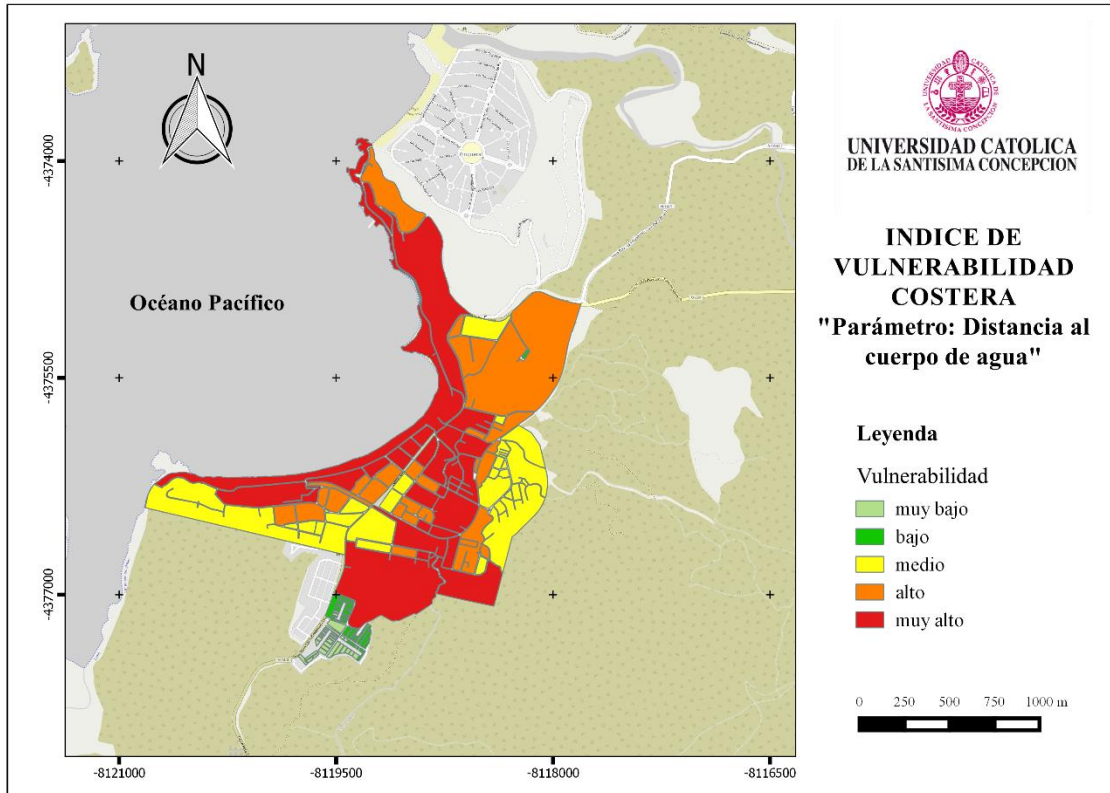


Figura 4.6: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Distancia al cuerpo de agua.

4.1.4 Parámetro: Población

En el caso de la población, se calculó una proporción de habitantes en una determinada área, lo que se puede ver en el anexo 4.1. Luego de encontrar los quintiles y así clasificar la vulnerabilidad según el parámetro se llega a la siguiente tabla.

Tabla 4.4: Vulnerabilidad según parámetro: Población

Manzana	Vulnerabilidad	Manzana	Vulnerabilidad	Manzana	Vulnerabilidad
1	1	47	4	94	4
1_b	2	48	1	95	5
2	1	49	4	96	5
3	2	50	2	97	5
4	1	51	2	98	5
5	2	52	2	99	1
6	3	53	1	100	5
7	2	54	1	101	5
8	1	55	2	102	5
9	2	56	2	103	5
10	2	57	2	104	5
11	3	58	2	105	5
12	3	59	2	106	4
13	2	60	2	107	5
14	1	61	3	108	5
15	2	62	3	109	5
16	3	63	2	110	4
17	3	64	3	111	5
18	3	65	2	112	3
19	4	66	1	113	5
20	1	67	2	114	5
21	2	68	3	115	4
22	2	69	3	116	4
23	4	70	1	117	5
24	5	71	2	118	4
25	3	72	2	119	5
26	4	73	2	120	4
27	3	74	2	121	4
28	2	75	1	122	5
29	1	76	3	123	4
30	1	77	1	124	5
31	1	78	3	125	5
32	1	79	3	126	3

33	1	80	1	127	4
34	1	81	1	128	4
35	3	82	1	129	4
36	3	83	1	130	4
37	4	84	1	131	5
38	4	85	1	132	5
39	1	86	4	133	5
40	1	87	4	134	5
41	4	88	3	135	4
42	3	89	3	136	5
43	2	90	3	137	4
44	5	91	5	138	3
45	3	92	3	139	4
46	3	93	4	140	4

Al obtener esta tabla, es posible obtener la distribución que sigue este parámetro, lo que se puede ver en la Figura 4.7.

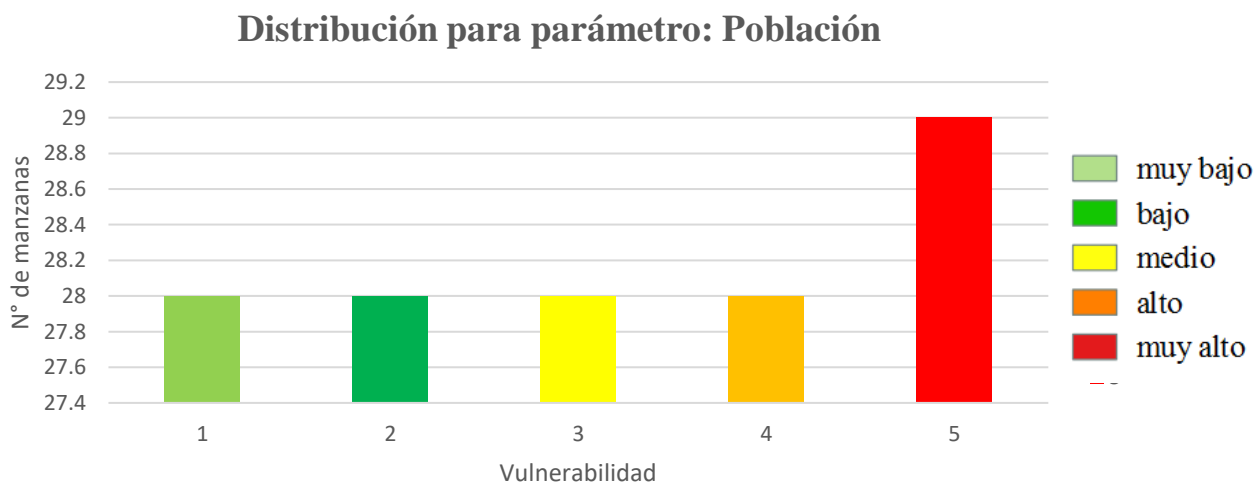


Figura 4.7: Distribución para parámetro: Población.

En este caso se observa una mayoría muy mínima de muy alta vulnerabilidad, mostrando una población equilibrada, sin embargo, la Figura 4.8 puede aclarar cómo se distribuyen en la localidad.

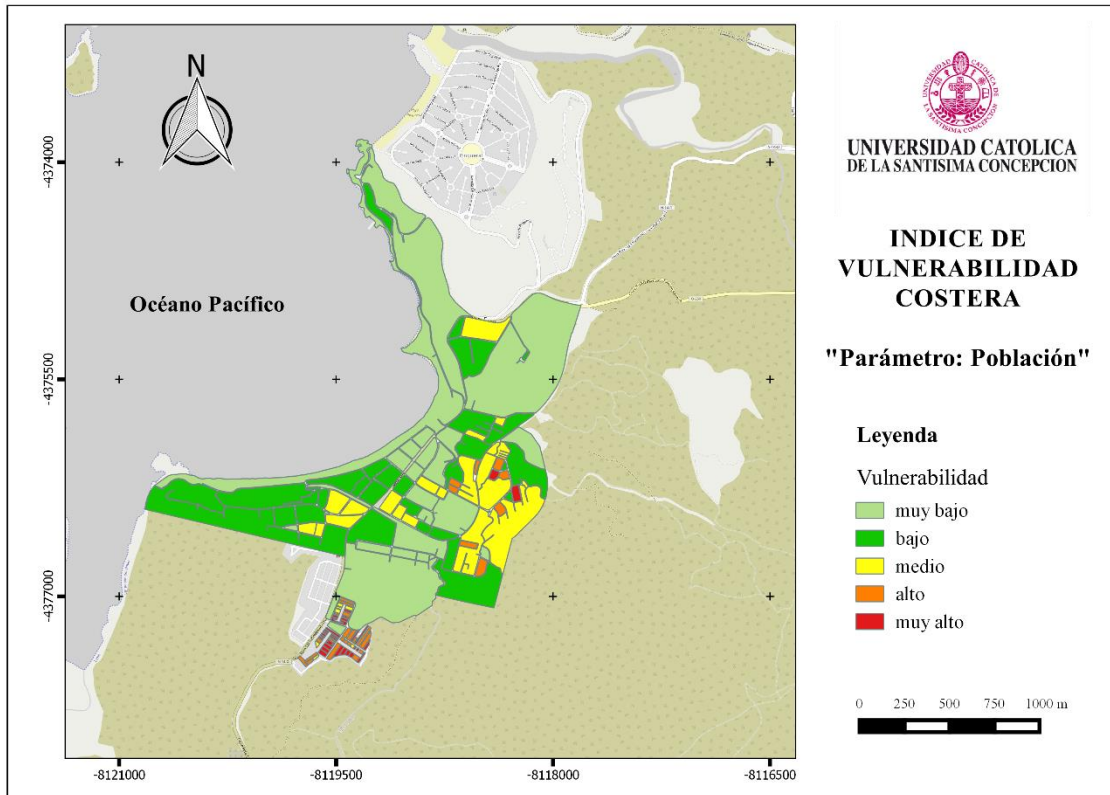


Figura 4.8: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Población.

En la Figura 4.8 se puede observar más claramente las zonas más pobladas según el área donde viven, mostrando así, una menor población por área en los sectores costeros debido a que gran parte del borde está dedicado al comercio o turismo y la gente fue trasladada a zonas de cota más alta, al sur de Dichato como se muestra en la figura.

Un factor importante dentro de este parámetro es la “población flotante” dentro de la zona, que afecta en los resultados, ya que algunas viviendas son de veraneo y están desocupadas durante el año. Esta población flotante, según biobiochile.cl, en 2012 alcanzó un promedio de 10 mil veraneantes a la semana.

4.1.5 Parámetro: Vivienda

Para el parámetro de vivienda, se recurrió a los datos del Censo de Población y Vivienda realizado el 2012, en donde se clasificó en 5 categorías, el material de las paredes de la vivienda. Lo cual resultó la siguiente tabla.

Tabla 4.5: Vulnerabilidad según parámetro: Vivienda

Manzana	Vulnerabilidad	Manzana	Vulnerabilidad	Manzana	Vulnerabilidad
1	3	47	3	94	3
1_b	3	48	1	95	3
2	1	49	3	96	4
3	1	50	3	97	4
4	3	51	3	98	4
5	3	52	2	99	4
6	4	53	1	100	4
7	4	54	2	101	4
8	3	55	2	102	4
9	1	56	2	103	3
10	2	57	2	104	3
11	2	58	3	105	3
12	2	59	3	106	3
13	2	60	3	107	3
14	3	61	2	108	3
15	3	62	2	109	3
16	3	63	2	110	3
17	3	64	2	111	3
18	4	65	2	112	1
19	1	66	3	113	4
20	3	67	3	114	4
21	2	68	3	115	3
22	5	69	2	116	3
23	2	70	2	117	3
24	2	71	3	118	3
25	2	72	3	119	3
26	3	73	3	120	3
27	2	74	3	121	3
28	2	75	1	122	3
29	2	76	3	123	3
30	2	77	2	124	3
31	2	78	3	125	3

32	3	79	3	126	3
33	2	80	3	127	3
34	1	81	3	128	3
35	2	82	3	129	3
36	3	83	1	130	4
37	2	84	3	131	4
38	2	85	3	132	4
39	2	86	3	133	4
40	1	87	3	134	4
41	2	88	3	135	4
42	3	89	3	136	4
43	2	90	3	137	3
44	2	91	3	138	3
45	4	92	3	139	3
46	3	93	3	140	3

Al obtener esta tabla, es posible obtener la distribución que sigue este parámetro, lo que se puede ver en la Figura 4.9.

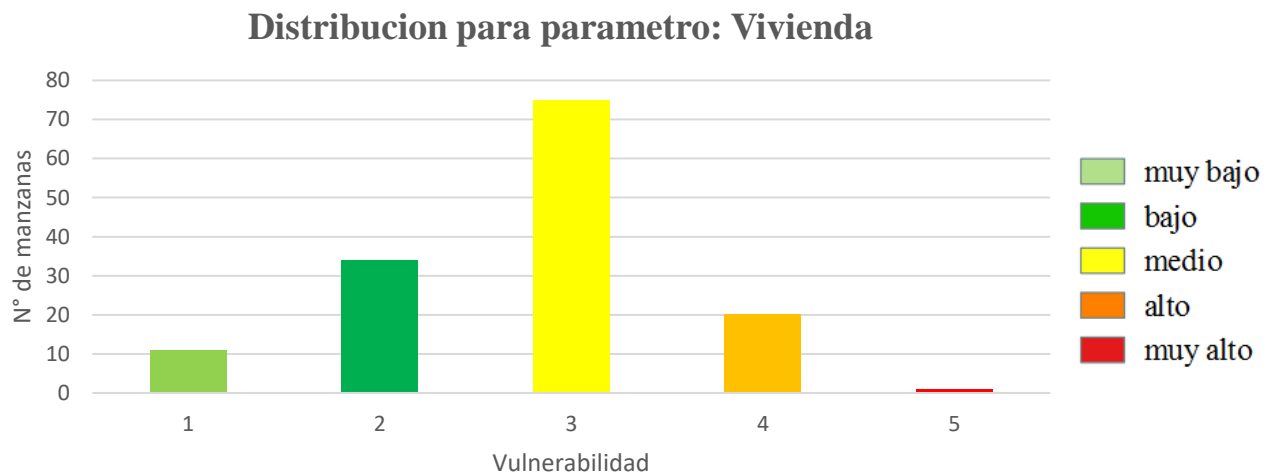


Figura 4.9: Distribución para parámetro: Vivienda.

De la Figura 4.7 se observa que con respecto al material de construcción de las viviendas de Dichato su vulnerabilidad es media, lo que corresponde a una vivienda de paredes construidas con tabique forrado por ambas caras (madera, lata u otro).

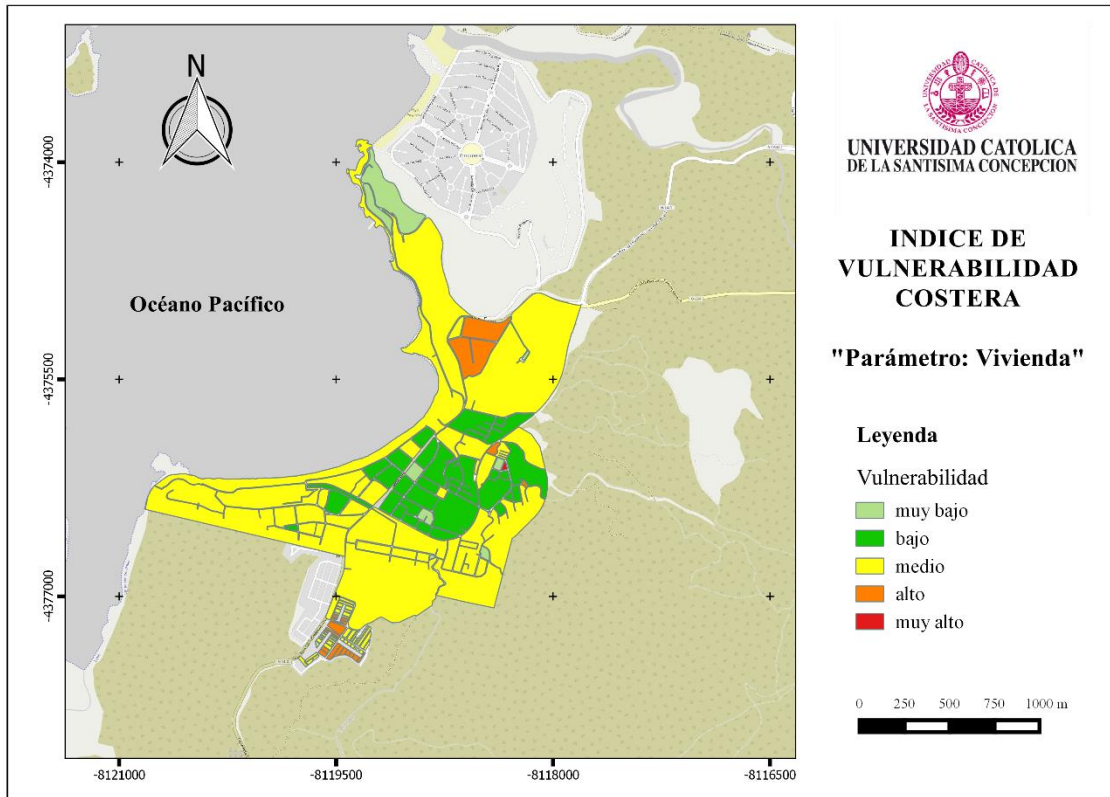


Figura 4.10: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Vivienda.

Tal como indicaba su distribución, del punto de vista de la construcción de las paredes de la vivienda, Dichato posee una vulnerabilidad en general media, destacando el sector centro con una vulnerabilidad baja, lo que significa paredes construidas con albañilería (bloque de cemento, piedra o ladrillo).

4.1.6 Parámetro: Uso de Suelo

La base de datos para el uso de suelo fue obtenida del plan regulador de la comuna, en donde se encontraron las 5 categorías para calificar la vulnerabilidad en la localidad. En la siguiente tabla podemos encontrar un resumen de los resultados finales para el parámetro estudiado.

Tabla 4.6: Vulnerabilidad según parámetro: Uso de Suelo

Manzana	Vulnerabilidad	Manzana	Vulnerabilidad	Manzana	Vulnerabilidad
1	2	47	4	94	4
1_b	4	48	1	95	4
2	2	49	4	96	4
3	1	50	4	97	4
4	2	51	4	98	4
5	4	52	5	99	4
6	4	53	4	100	4
7	4	54	4	101	4
8	4	55	4	102	4
9	5	56	4	103	4
10	4	57	4	104	4
11	4	58	4	105	4
12	4	59	4	106	4
13	4	60	5	107	4
14	5	61	5	108	4
15	4	62	4	109	4
16	4	63	4	110	4
17	4	64	4	111	4
18	4	65	4	112	4
19	4	66	4	113	4
20	4	67	4	114	4
21	4	68	4	115	4
22	3	69	4	116	4
23	4	70	4	117	4
24	4	71	4	118	4
25	4	72	4	119	4
26	4	73	4	120	4
27	4	74	4	121	4
28	5	75	3	122	4
29	4	76	4	123	4
30	4	77	3	124	4
31	4	78	4	125	4
32	4	79	4	126	4

33	4	80	4	127	4
34	4	81	4	128	4
35	4	82	4	129	4
36	5	83	4	130	4
37	4	84	1	131	4
38	4	85	4	132	4
39	3	86	4	133	4
40	3	87	4	134	4
41	4	88	4	135	4
42	5	89	4	136	4
43	4	90	4	137	4
44	4	91	4	138	4
45	4	92	4	139	4
46	4	93	4	140	4

Al obtener esta tabla, es posible obtener la distribución que sigue este parámetro, lo que se puede ver en la Figura 4.11.

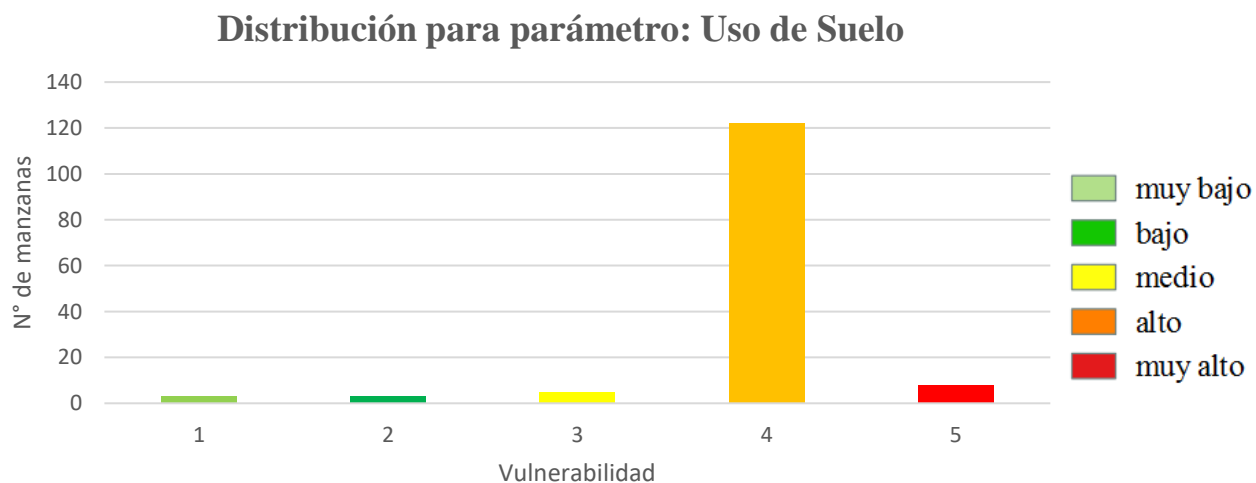


Figura 4.11: Distribución para parámetro: Vivienda.

Al ser Dichato una localidad dormitorio en su mayoría, la gran mayoría de las manzanas son de uso residencial, existiendo lugares claves, como colegios, carabineros, estanques de agua potable, etc. Las que se transforman en manzanas o sectores sensibles en el caso de una emergencia.

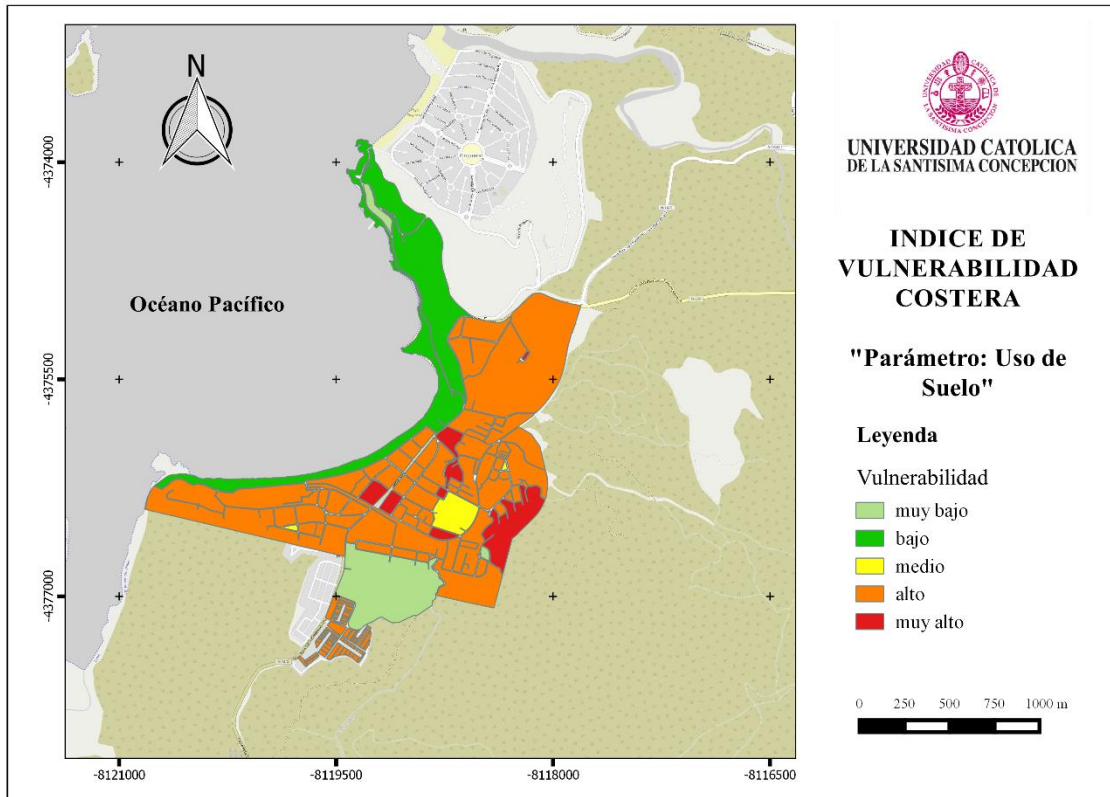


Figura 4.12: Mapa Vulnerabilidad clasificada en colores para el parámetro: Uso de Suelo.

Tal como se dijo anteriormente, la Figura 4.12 muestra en su mayoría una alta vulnerabilidad, lo que significa zona residencial, destacando las zonas de muy alta vulnerabilidad ubicadas en el sector céntrico de Dichato.

4.2 Resultados de los Índices de Vulnerabilidad Costera (IVC)

Como ya se tiene la vulnerabilidad para cada parámetro participante en el estudio, se encuentra en condiciones para calcular los respectivos índices de vulnerabilidad costera. A continuación se muestran los resultados para cada forma de calcular el IVC.

4.2.1 IVC según Gornitz (1990)

La tabla 4.7 presenta los resultados del cálculo del IVC según Gornitz, para cada manzana de la localidad de Dichato. El resultado mínimo observado fue de 0,82, mientras que el máximo fue de 27,39, obteniendo una media de 7,7 con una desviación estándar de 4,53 y una moda de 6,32.

Tabla 4.7: Resultados de IVC según Gornitz (1990).

Manzana	IVC	Manzana	IVC	Manzana	IVC
1	7.07	47	8.00	94	6.32
1_b	3.46	48	0.82	95	6.32
2	1.15	49	4.90	96	3.65
3	2.89	50	8.94	97	7.30
4	3.16	51	8.94	98	5.16
5	4.00	52	12.91	99	1.63
6	8.49	53	7.30	100	3.65
7	4.62	54	11.55	101	3.65
8	2.83	55	12.65	102	6.32
9	3.16	56	16.33	103	3.16
10	6.53	57	14.14	104	5.48
11	8.49	58	17.32	105	3.16
12	8.00	59	17.89	106	4.90
13	12.65	60	20.00	107	4.47
14	15.81	61	17.32	108	4.47
15	6.32	62	17.89	109	3.16
16	4.90	63	14.61	110	2.83
17	7.35	64	17.89	111	3.16
18	5.66	65	16.33	112	2.45
19	2.83	66	14.14	113	8.16

20	4.90	67	9.80	114	8.16
21	6.32	68	10.39	115	6.93
22	8.66	69	8.00	116	5.66
23	6.93	70	9.24	117	6.32
24	4.47	71	9.80	118	5.66
25	4.90	72	17.32	119	6.32
26	5.66	73	8.00	120	5.66
27	6.32	74	9.80	121	6.93
28	14.14	75	1.73	122	7.75
29	11.55	76	4.24	123	8.94
30	12.91	77	2.45	124	10.00
31	8.16	78	4.24	125	10.00
32	12.25	79	4.24	126	7.75
33	10.00	80	2.45	127	6.93
34	8.16	81	6.93	128	4.90
35	17.89	82	7.75	129	4.90
36	27.39	83	4.47	130	7.30
37	17.89	84	2.24	131	8.16
38	10.33	85	3.46	132	8.16
39	7.75	86	6.93	133	8.16
40	1.22	87	5.66	134	8.16
41	4.00	88	4.90	135	7.30
42	4.74	89	4.90	136	11.55
43	2.83	90	7.75	137	6.32
44	4.47	91	10.00	138	5.48
45	8.49	92	7.75	139	6.32
46	6.93	93	8.94	140	4.90

Tal como se describe en el Capítulo 3, se utilizó el siguiente sistema de clasificación:

Muy baja = 0,8 – 4,2

Alta = 7,8 - 10

Baja = 4,3 – 6,3

Muy Alta = 10,1 – 18

Moderada = 6,4 – 7,7

En la Figura 4.13 se muestra la distribución de los resultados calculados como la fórmula de Gornitz (1990), con su respectiva categoría de colores para mostrar con mayor claridad cómo se distribuye el índice de vulnerabilidad costera en general dentro de la localidad.

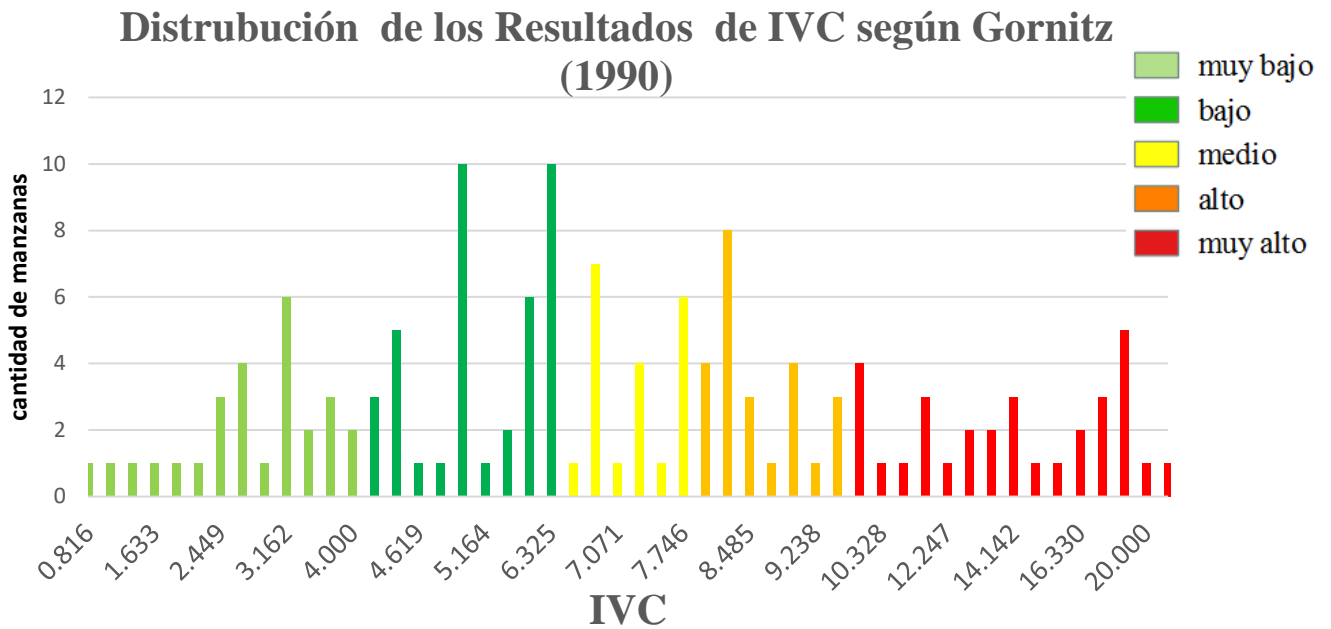


Figura 4.13: Distribución de los Resultados de IVC según Gornitz (1990).

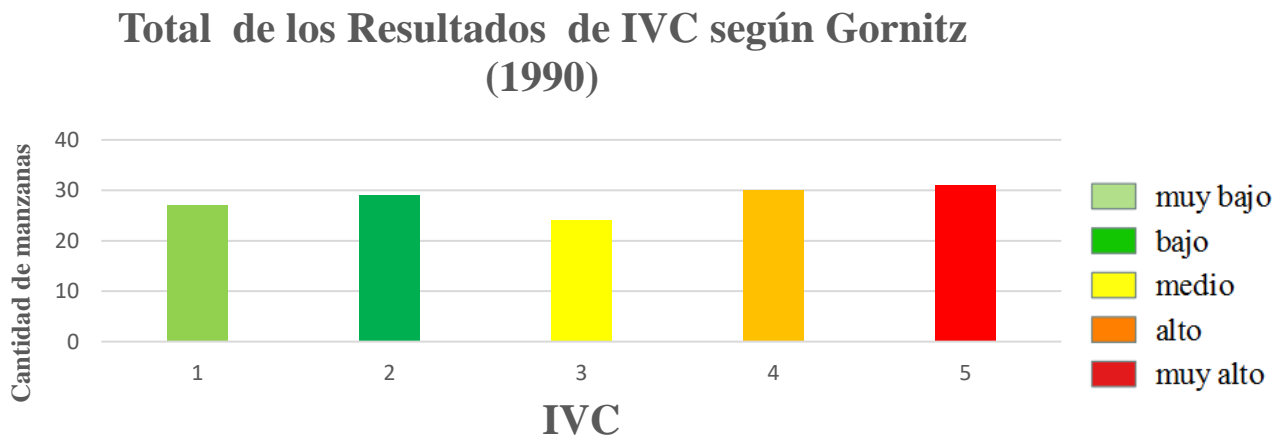


Figura 4.14: Total de los resultados de IVC según Gornitz (1990).

Para Visualizar de mucho mejor forma como se comporta el índice de vulnerabilidad costera en la localidad de Dichato, en la Figura 4.15 se muestra en una escala de colores la vulnerabilidad total en la localidad, como los mapas anteriormente mostrados para los parámetros.

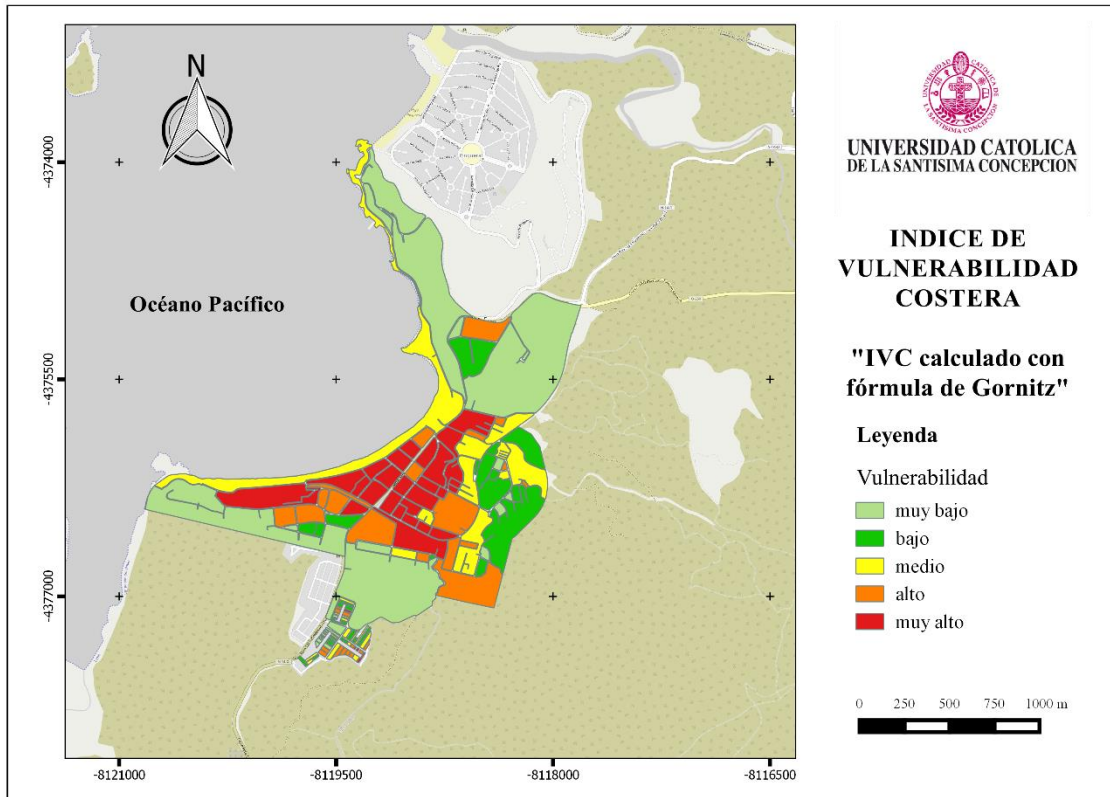


Figura 4.15: Mapa de IVC calculado con formula de Gornitz (1990).

Se puede observar en la Figura 4.15 que la zona más céntrica de Dichato tiene una mayor vulnerabilidad total a un tsunami, mostrada en color rojo que corresponde a una “muy alta” vulnerabilidad, coincidiendo con la zona más afectada para el pasado tsunami del 27 de febrero del 2010. Las zonas coloreadas en verde corresponden a zonas de “baja” y “muy baja” vulnerabilidad total, correspondientes en su mayoría a zonas forestales, lo que explica su baja vulnerabilidad.

4.2.2 IVC según Pierce (2014)

Como se explica en el Capítulo 3, este método tiene como fin hacer partícipe a parámetros sociales, como en este caso son: población, vivienda y uso de suelo. Se dan tres casos de ponderación, los cuales fueron descritos anteriormente y se muestran en la tabla 3.4, del capítulo 3 con su respectiva ponderación.

- **Caso 1: Parámetros igualmente ponderados**

En este caso, como se describió en el Capítulo 3, los parámetros antes calculados se suman con la misma ponderación, entregando los siguientes valores que se resumen en la tabla 4.7 presentada a continuación.

Tabla 4.8: Resultados de IVC igualmente ponderados según Pierce (2014).

Manzana	IVC	Manzana	IVC	Manzana	IVC
1	18	47	18	94	18
1_b	14	48	9	95	17
2	10	49	16	96	16
3	15	50	18	97	18
4	14	51	18	98	17
5	15	52	21	99	12
6	18	53	19	100	16
7	16	54	21	101	16
8	14	55	20	102	18
9	14	56	22	103	15
10	16	57	21	104	17
11	17	58	22	105	15
12	17	59	22	106	16
13	20	60	23	107	16
14	23	61	22	108	16
15	17	62	22	109	15
16	16	63	21	110	14
17	17	64	22	111	15
18	17	65	22	112	13
19	14	66	22	113	20
20	16	67	18	114	20
21	17	68	18	115	17
22	19	69	17	116	16
23	17	70	19	117	17
24	16	71	18	118	16
25	15	72	22	119	17
26	17	73	17	120	16
27	17	74	18	121	17
28	21	75	11	122	18
29	21	76	15	123	19
30	22	77	12	124	20
31	19	78	15	125	20

32	21	79	15	126	18
33	20	80	13	127	17
34	20	81	17	128	16
35	22	82	18	129	16
36	25	83	16	130	19
37	22	84	13	131	20
38	20	85	14	132	20
39	18	86	17	133	20
40	10	87	16	134	20
41	15	88	15	135	19
42	16	89	15	136	21
43	13	90	18	137	18
44	16	91	20	138	17
45	18	92	18	139	18
46	17	93	19	140	16

Desde la base de datos de la Tabla 4.7, se observó que el valor mínimo es 9, el valor máximo fue 25 y la moda fue 17. Se calculó una media de 17,48 con una desviación estándar de 2,87.

Una vez calculado el IVC con este método, se clasifican utiliza una escala de “Muy baja”, “Baja”, “Media”, “Alta” y “Muy alta” para evaluar cualitativamente la vulnerabilidad según quintiles, obteniendo los siguientes límites para cada categoría:

Muy baja = 9– 15

Alta = 19 - 20

Baja = 16 – 17

Muy Alta = 21 - 25

Moderada = 18

A continuación se presenta la distribución de los datos antes obtenidos, mostrando de manera más gráfica los límites de vulnerabilidad y la vulnerabilidad total según este caso.

Distribución de los Resultados de IVC según Pierce (2014)

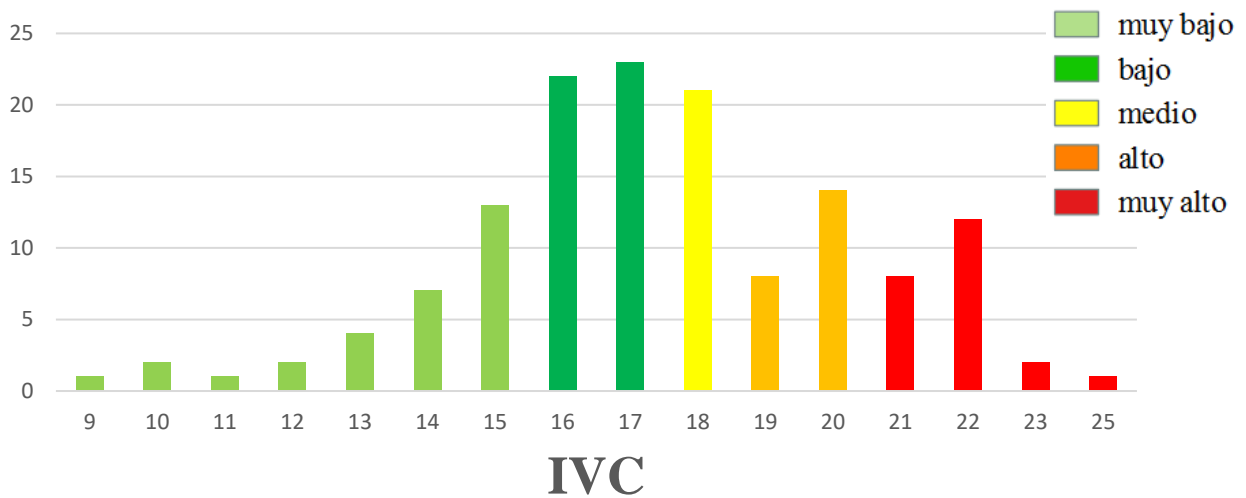


Figura 4.16: Distribución de los resultados de IVC según Pierce (2014).

De la Figura 4.16 se puede destacar que la vulnerabilidad total se concentra en las vulnerabilidades “baja” y “media” con un total de 66 manzanas, lo que corresponde al 46,8% del total de manzanas estudiadas.

Total de los Resultados de IVC según Pierce (2014)

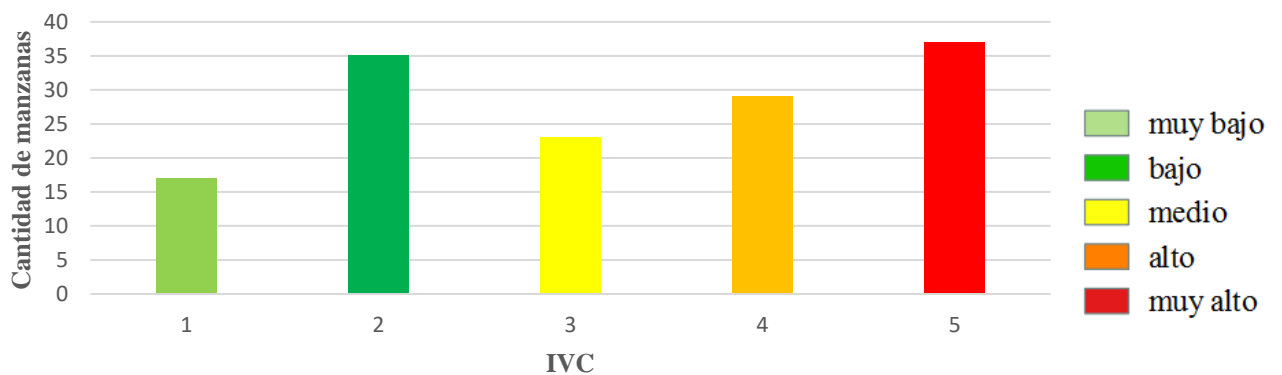


Figura 4.17: Total de los resultados de IVC según Pierce (2014).

Luego de obtener los índices y límites de clasificación, se puede ocupar el software QGIS, para visualizar la vulnerabilidad en toda la localidad y para cada manzana participante.

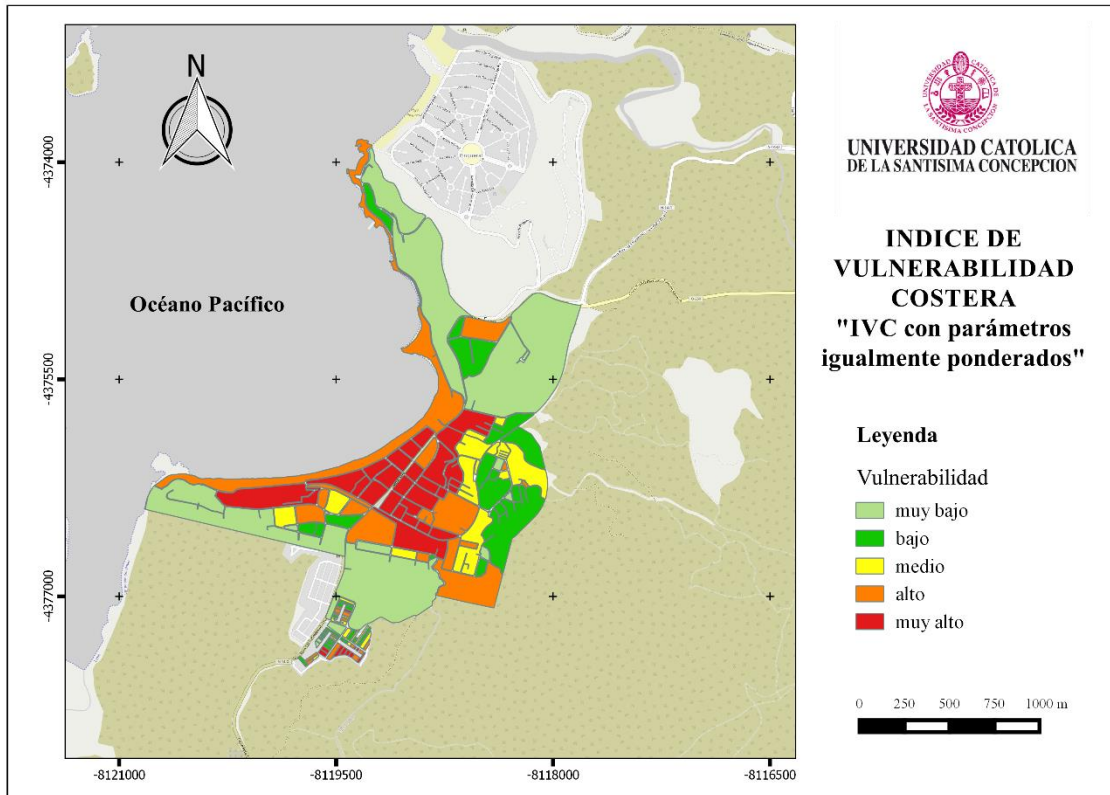


Figura 4.18: Mapa de IVC usando parámetros igualmente ponderados.

Comparando la figura 4.18 y la figura 4.15 correspondiente al cálculo del IVC según Gornitz, se observa una notoria similitud en la vulnerabilidad total, lo que podría indicar un buen indicio sobre el uso de este método que integra parámetros socioeconómicos.

- **Caso 2: Parámetros físicamente ponderados**

Como se explicó anteriormente, una vez obtenidos los parámetros clasificados según su vulnerabilidad, se ocupa la expresión para parámetros físicamente ponderados mostrada en la tabla 3.4, obteniendo como resultado la vulnerabilidad total para este caso, mostrada en la tabla del anexo 4.2.

Procesado aquella base de datos, se ocupa el software QGIS para poder visualizar de mejor manera la vulnerabilidad cuando se le da mayor ponderación a los parámetros físicos. Es así como se muestra en la Figura 4.19 el mapa de IVC de este caso.

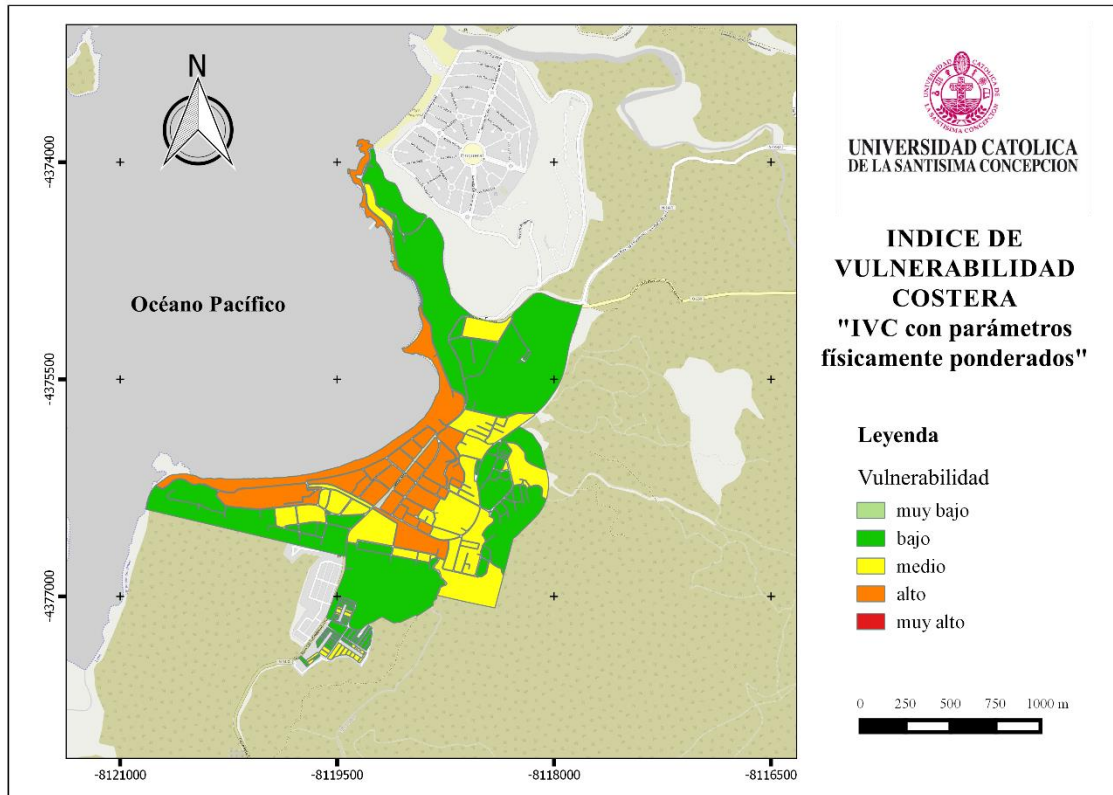


Figura 4.19: Mapa de IVC usando parámetros físicamente ponderados.

Se puede observar de la figura 4.19 que la vulnerabilidad en general disminuye, desapareciendo las vulnerabilidades extremas, que corresponden a la vulnerabilidad “muy alta” y “muy baja”

- **Caso 2: Parámetros socialmente ponderados**

Al igual que en el caso 2, se recurre a la tabla 3.4, esta vez la expresión está enfocada en los parámetros socioeconómicos, dándole mayor ponderación a estos por sobre los físicos. La tabla de resultados de este caso, al igual que el caso anterior, se puede revisar en el anexo 4.2 del capítulo 7.

A continuación se presenta el mapa extraído del software QGIS, que permitirá visualizar la vulnerabilidad de la zona al ponderar socialmente los parámetros estudiados anteriormente.

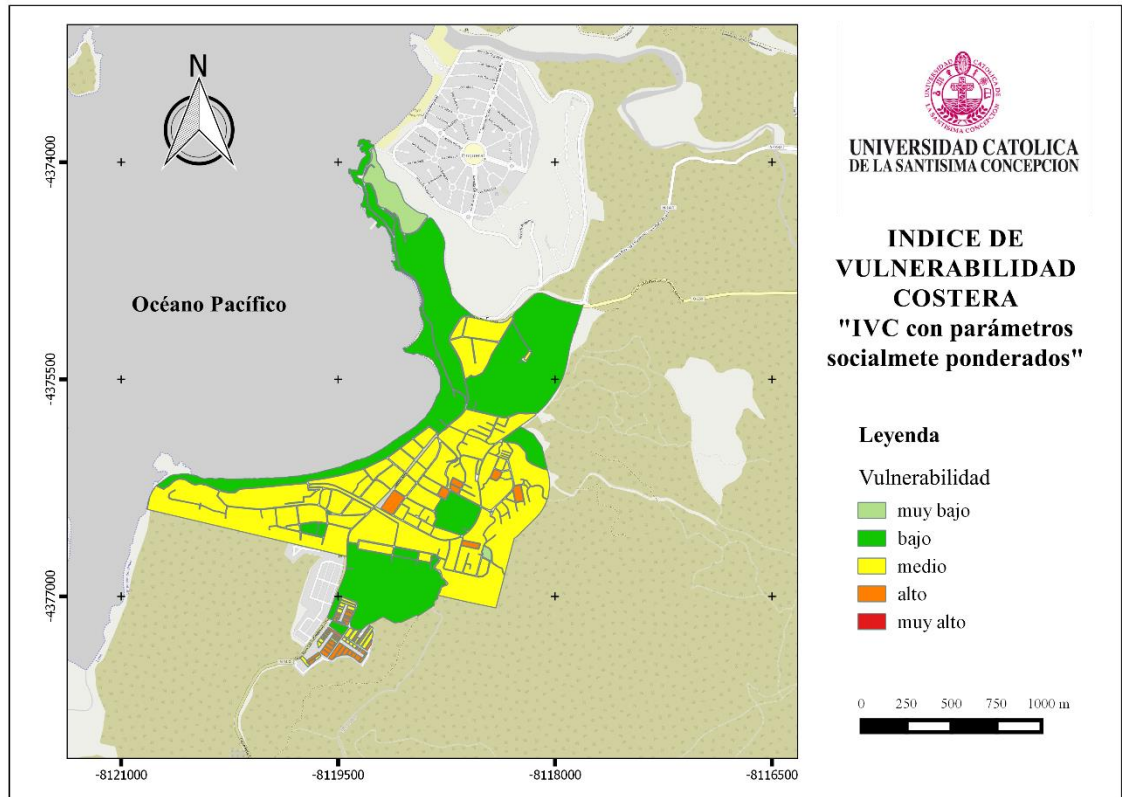


Figura 4.20: Mapa de IVC usando parámetros socialmente ponderados.

En este caso pasa algo parecido al caso anterior, en donde no existen zonas con “muy alta” vulnerabilidad y un muy mínimo número de manzanas con una vulnerabilidad “muy baja”.

Capítulo 5

5. Discusión y Conclusiones

5.1 Discusión de Resultados.

Este es el primer estudio en donde se utiliza un índice de vulnerabilidad costera para evaluar la vulnerabilidad en alguna localidad del borde costero de Chile. La integración de variables socioeconómicas lo hace aún más innovador, debido a que el estudio en que se basó es muy reciente. Sin embargo, se han realizado estudios sobre la vulnerabilidad en Chile, por ejemplo, “Metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad poblacional a los desastres de la variabilidad y el cambio climático” (Teutsch, 2006), y un estudio muy parecido al realizado llamado “Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Dichato, Región del Biobío - Chile” (Venegas, 2012), entre otro. Lo que demuestra un cierto interés por mejorar la Gestión Costera.

El análisis revela zonas en donde la vulnerabilidad es muy alta, en caso de una emergencia costera, información que es de gran importancia para las autoridades pertinentes, a la hora de tomar alguna decisión de la zona estudiada, por lo tanto toma una gran importancia, la elección de parámetros y métodos a usar. En este caso, tomando en consideración ambos métodos, los resultados indican una gran vulnerabilidad en la zona céntrica de Dichato, donde se concentra el turismo y lugares estratégicos como la comisaria, algunos colegios y zonas residenciales, lo que se puede visualizar en la Figura 5.1.

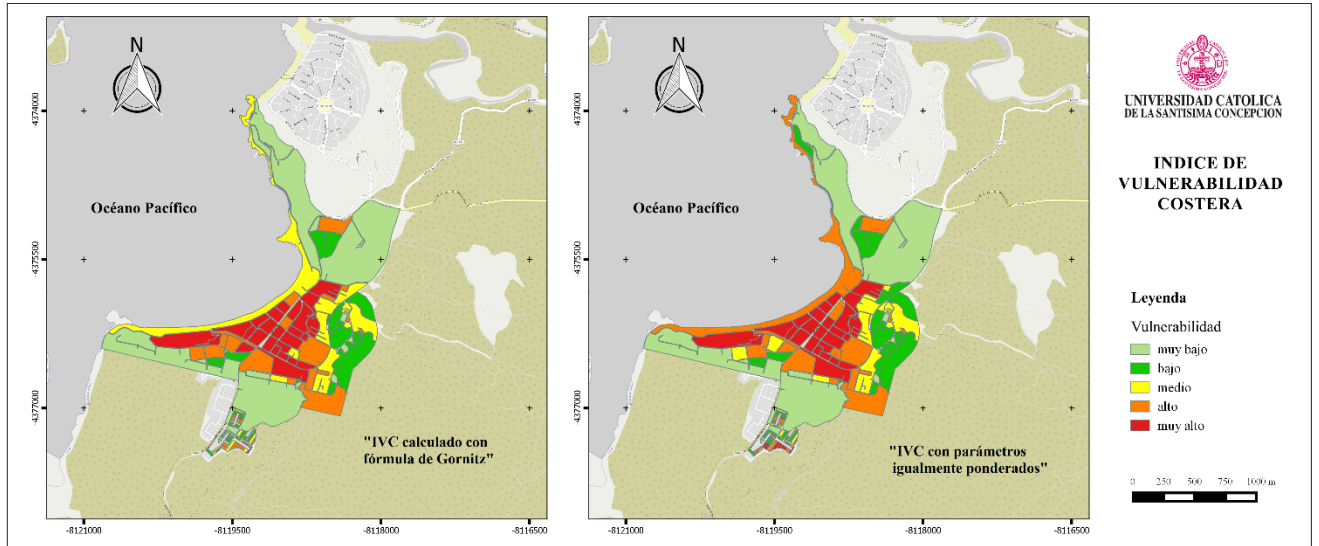


Figura 5.1: Comparación de métodos utilizados.

En general ambos métodos presentan resultados similares en la localidad de Dichato. Si hacemos una comparación en cuanto a número de manzanas calificadas en cada escalón de vulnerabilidad, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 5.1: Tabla comparativa de métodos usados.

Niveles de Vulnerabilidad		N° de manzanas	
		IVC Gornitz	IVC Pierce
1	Muy Baja	27	17
2	Baja	29	35
3	Moderada	24	23
4	Alta	30	29
5	Muy Alta	31	37

De la tabla 5.1 podemos observar que el método de Pierce, en el caso en donde los parámetros están igualmente ponderados, se obtiene una mayor cantidad de manzanas con una “muy alta” vulnerabilidad, lo que corresponde al 26.2% de las manzanas totales estudiadas, en cambio el método de Gornitz presenta un 21.9% del total de manzanas.

Las variables físicas presentan una fuerte variación dentro de la localidad y por lo tanto tienen una mayor influencia sobre la Vulnerabilidad Total. El parámetro distancia presenta una gran variación por la geografía de la localidad, entregando valores muy vulnerables en la zona céntrica y de muy baja vulnerabilidad en la zona alta de Dichato. Los parámetros de inundación y pendiente costera, presentan una variación similar en la zona céntrica de la localidad.

En cuanto a los casos en donde se pondera física o socialmente, se logró un resultado similar al realizado por Pierce (2014) en el condado de Suffolk, Nueva York. Observando en cada caso la disminución de la vulnerabilidad, como se aprecia en la Figura 5.2, siendo más vulnerable en el caso de la ponderación física, tal como se mencionó anteriormente, tienen una mayor influencia en la vulnerabilidad total.

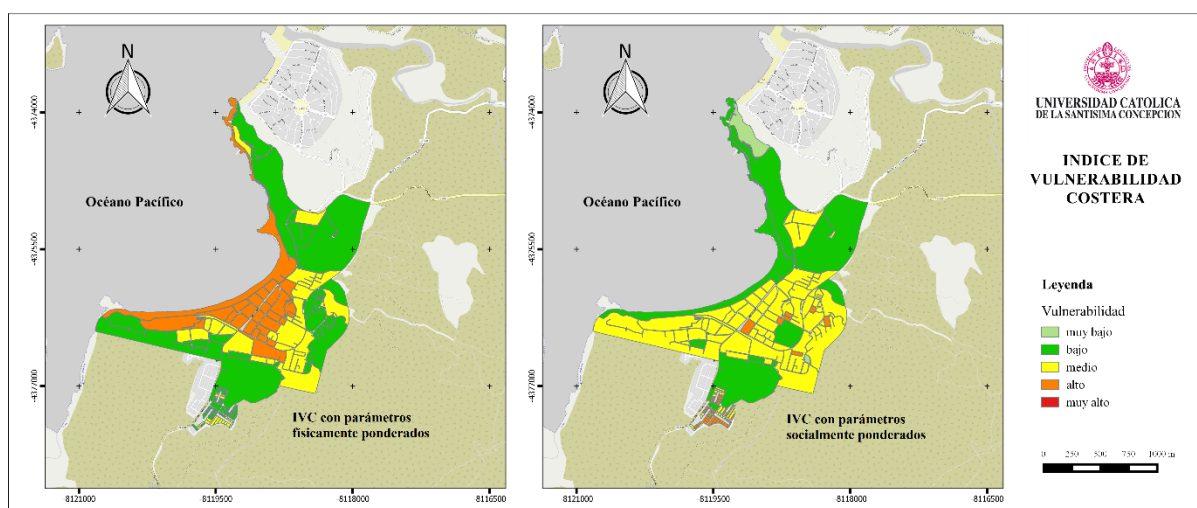


Figura 5.2: Comparación entre las ponderaciones de Pierce (2014).

Con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad costera en la localidad, se podría adoptar una estrategia de mitigación presentada en el Plan de reconstrucción del borde costero (PRBC-18), en cual indica como escenario más eficiente la combinación de medidas de mitigación: un muro de defensa, una costanera y parque costero, un bosque de mitigación en la boca del estero, el relleno de la cota 5 metros en el nivel más bajo del delta del estero, y un parque de mitigación a lo largo del estero por ambas riveras, con lagunas de regulación para protegerse de inundaciones en invierno. Esta combinación, como resultado de una modelación

matemática, permite aminorar el impacto del tsunami en un 56% y el de inundación en un 25%. La Figura 5.3 muestra de forma gráfica la estrategia antes presentada.

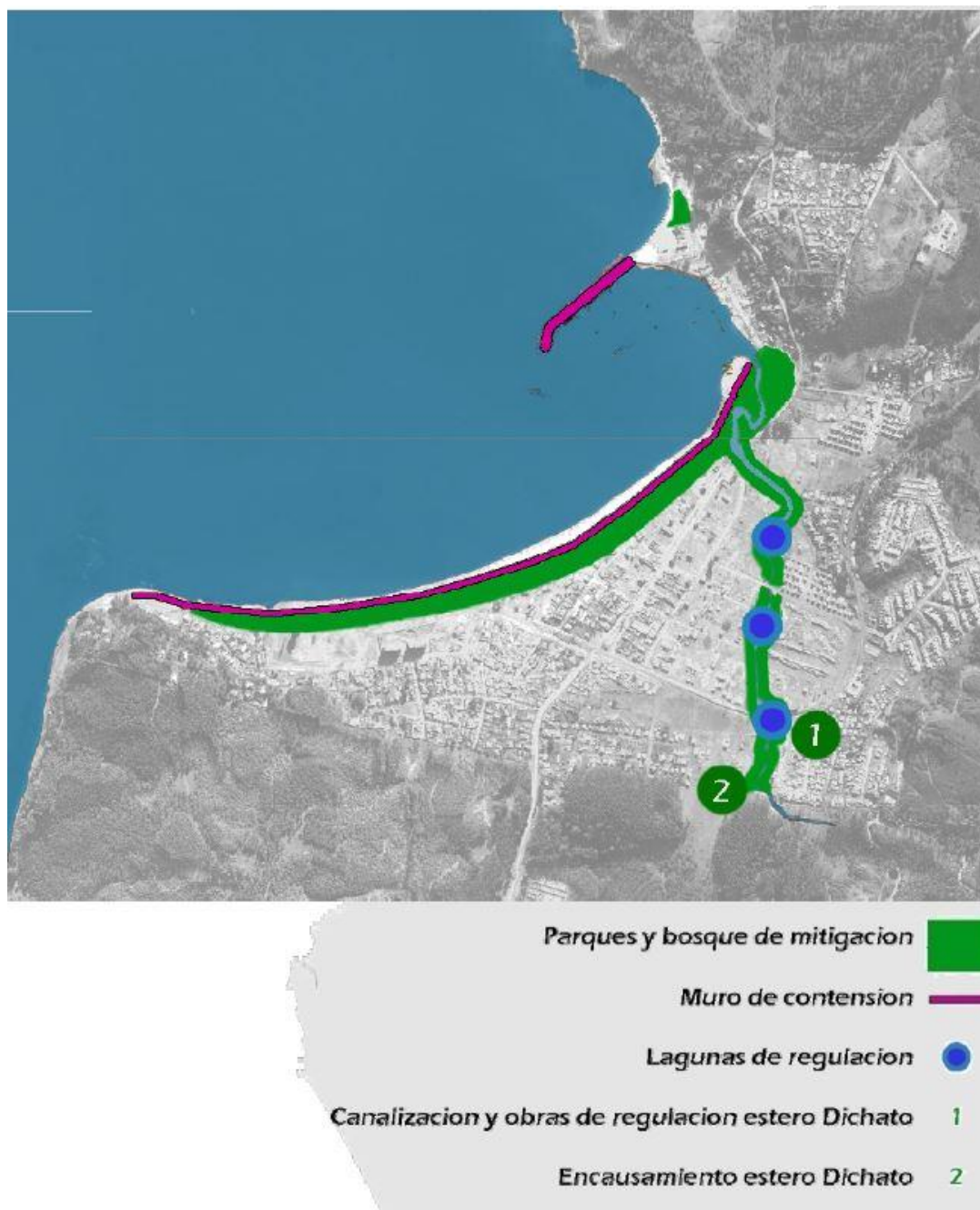


Figura 5.3: Estrategia de medio ambiente y mitigación. Fuente: PRBC-18.

También es posible hacer una cierta comparación con el trabajo realizado por Venegas en 2012, en donde se realizó en la misma localidad pero por una metodología de combinaciones de vulnerabilidad para cada parámetro (físico y socioeconómico), llegando a mapas de vulnerabilidad física y socioeconómica, los que se muestran a continuación.

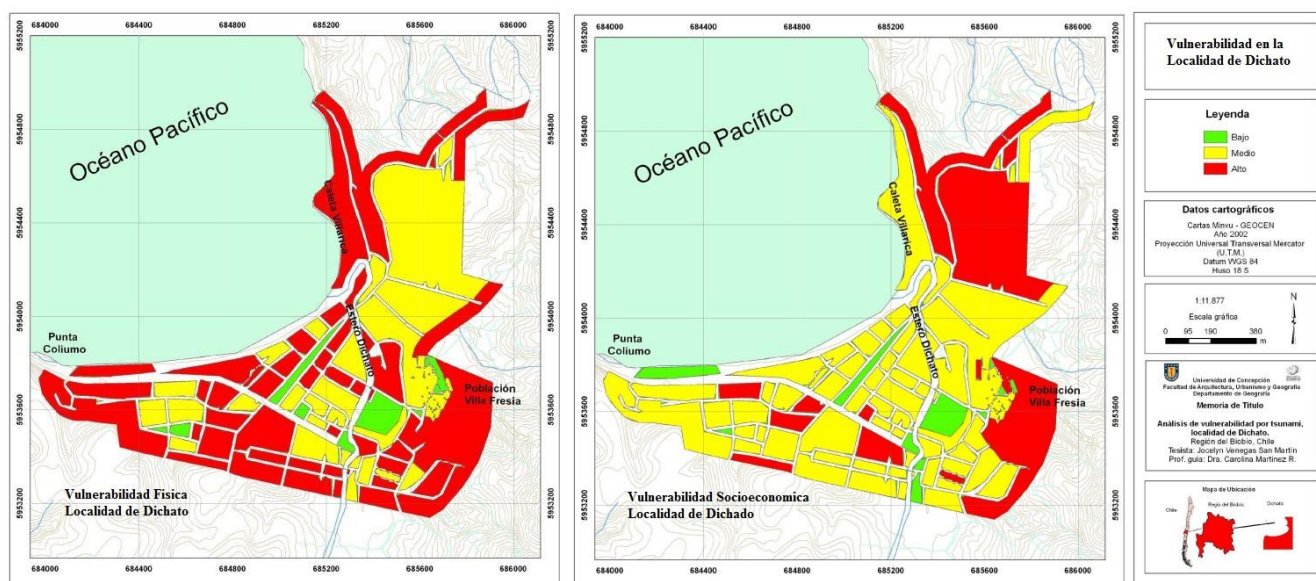


Figura 5.4: Comparación de estudio de Venegas (2012).

Al comparar ambos resultados mostrados en la Figura 5.4, se puede indicar que existe una semejanza en la vulnerabilidad socioeconómica, encontrando en general una vulnerabilidad media en el centro de la localidad, lo que se debe a que se ocuparon parámetros similares para obtenerla. En el caso de la vulnerabilidad física se dan resultados completamente diferentes, lo que se podría explicar por la diferencia de parámetros escogidos y enfoques en este caso. La variación de resultados también se explica por la base de datos ocupada, en el caso de Venegas (2012) se ocuparon datos del Censo 2002, la forma de calcular la vulnerabilidad es distinta y los niveles de vulnerabilidad ocupados, entre otros.

5.2. Conclusiones y Recomendaciones

El estudio y aplicación del Índice de Vulnerabilidad Costera, nace como una posible herramienta útil y sencilla, para las autoridades pertinentes, que estime y cuantifique la Vulnerabilidad en una determinada zona costera, en este caso la localidad de Dichato, debido a que es una de las localidades más afectadas por el pasado tsunami del 2010.

El análisis IVC es altamente personalizable y tiene una amplia gama de utilización para la planificación de las zonas costeras y la mitigación de amenazas. Al ser tan personalizable, se hace muy difícil tener una metodología mundial, debido principalmente a la variación de metodologías, escenarios y supuestos realizados por los distintos investigadores. Esta falta de éxito se hace comprensible dado a gran diversidad de costas en todo el mundo. Sin embargo la mayoría de las metodologías de IVC estudiadas están basadas en la fórmula original de Gornitz.

En el caso de ampliar la metodología y aplicarla en otras localidades costeras, se recomienda utilizar los mismos parámetros utilizados en este estudio y que las localidades o zonas comparadas tengan características similares, ya sea en dimensión o actividad económica, para un mejor análisis de comparación.

La vulnerabilidad según Gornitz en la localidad de Dichato fue baja, involucrando al 31% de la población (1346 habitantes) en un área de 165.822 m² correspondientes al 9% del área total de la localidad. Por otro lado, la vulnerabilidad alta y muy alta involucró a un 18% y 15% de la población total, respectivamente.

En el caso del método de Pierce, la localidad de Dichato obtuvo una vulnerabilidad baja al igual que el método de Gornitz, involucrando al 34% de la población (1446 habitantes) en un área de 199.845 m² correspondientes al 11% del área total de la localidad. La vulnerabilidad alta y muy alta involucró a un 16% y 18% de la población total, respectivamente.

Ambos métodos presentan resultados muy similares, ya sea gráficamente y estadísticamente, lo que indica, una cierta libertad en la elección del método. Sin embargo, el método de Pierce ofrece una metodología de ponderaciones, que podrían ser ocupadas en distintos casos dentro

de una localidad costera, ya sea dándole un grado de importancia a parámetros físicos o socioeconómicos.

Los mapas y datos que aquí se presentan pueden ser vistos en al menos dos formas:

- 1- Como una indicación de las zonas que se verían más afectadas a una posible inundación costera.
- 2- Como una herramienta de planificación para el borde costero. Como se ha indicado en este estudio, las variables físicas, pendiente costera, distancia al cuerpo de agua e inundación, son las variables que más influyen en la determinación de la variabilidad espacial del IVC en la localidad de Dichato. Sin embargo, los parámetros sociales proporcionan una visión más inclusiva de la zona costera y las comunidades costeras (Thatcher et. al., 2013).

Unas de las complicaciones que se presentaron en el desarrollo de este estudio fueron, el difícil acceso a información que se tienen en Chile, teniendo que recurrir a la llamada “Ley de Transparencia del Estado”, que indica que toda persona tiene derecho a solicitar y recibir información de cualquier órgano de la Administración del Estado, en la forma y condiciones que establece la ley. Sin embargo, el órgano o servicio público requerido tiene un plazo de 20 días hábiles contados desde la recepción de la solicitud de acceso a información. Por tal motivo, el estudio puede que se vuelva un tanto lento en ocasiones, esperando que lo entregado por el órgano público sea lo solicitado.

Otro inconveniente a destacar es la utilización de los datos entregados por el CENSO de Población y Vivienda del 2012, datos que no se encuentra validados y que fueron fundamentales en el análisis. Para esto se recurrió a visitar el lugar, y realizar algunas estimaciones para los parámetros de población y vivienda. Esto ya no sería un problema en el caso de futuros estudios, ya que se realizó un nuevo censo, donde se esperan que los datos si se validen.

Capítulo 6

6. Referencias

- 1- William Thomas (2012), Applying Coastal Vulnerability Index (CVI) to the Westfjords, Iceland: A preliminary assessment.
- 2- Kimberly A. Pierce (2014), Coastal Vulnerability Index (CVI) Assessment Suffolk County, New York.
- 3- Gornitz, V.M. (1990) Vulnerability of the East Coast, USA to future sea level rise, Journal of Coastal Research, 9, 201-237
- 4- Thatcher, Brock and Pendleton (2013), Economic Vulnerability to Sea-Level Rise along the Northern U.S. Gulf Coast.
- 5- Palmer et al. (2011), Preliminary coastal vulnerability assessment for KwaZulu-Natal, South Africa, Journal for Coastal Research.
- 6- National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Atlantic Coast.
- 7- Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo (2011), Guía de Zonificación Costera para el ordenamiento territorial.

- 8- Khamis y Osorio (2012), Analisis de Riesgos de Desatres en Chile: VII Plan de acción dipecho en Sudamerica 2011-2011.
- 9- OCM, Ashraful Islam (2016), Coastal Multi-hazard vulnerability assessment along the Ganges deltaic coast of Bangladesh: A geospatial approach.
- 10- Pendleton, Thieler and Williams (2004), Coastal Vulnerability Assessment of Cumberland Island National Seashore (CUIS) to Sea-Level Rise.
- 11- E. Doukakis (2005), Coastal Vulnerability and Risk Parameters.
- 12- Suzane Mclaughlin and Andrew G. Cooper (2010), A Multi-Scale Coastal Vulnerability Index: A tool for coastal managers?.
- 13- OCM, Bagdanaciciute, Kelpsaite and Soomere (2015), Multi-criteria evaluation approach to coastal vulnerability index development in micro-tidal low-lying areas.
- 14- Loinenak, Hartoko and Muskananfolo (2015), Mapping of Coastal Vulnerability using the Coastal Vulnerability Index and Geographic Information System.
- 15- Núñez, Ramos, Barba, Espinoza y Gama (2015), Índice de Vulnerabilidad Costera del litoral tabasqueño, México.
- 16- Jocelyn Venegas (2012), Análisis de Vulnerabilidad por Tsunami en la localidad de Dichato, Región del Biobío - Chile.
- 17- Zelada, Pérez y Carreño (2007), Plan Regulador Comunal de la Ilustre Municipalidad de Tomé.
- 18- Oficina del Plan de Reconstrucción del Borde Costero de la Región del Biobío (2010), Plan de Reconstrucción del Borde Costero – PRBC18.
- 19- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Página Web Colombiana.

- 20- Diccionario de Variables de datos del levantamiento CENSO 2012, Instituto Nacional de Estadísticas (INE).
- 21- Ramieri et.al. (2011), Methods for assessing coastal vulnerability to climate change.
- 22- Klein y Nicholls (1999), Assessment of coastal vulnerability to climate change.
- 23- Zou y Thomalla (2008), The Causes of Social Vulnerability to Coastal Hazards in Southeast Asia.
- 24- Abuodha y Woodroffe (2006), Assessing vulnerability of coasts to climate change: A review of approaches and their application to the Australian coast.
- 25- Isle of Wight Centre for the Coastal Environment (IoWCCE) (2007), The Vulnerability and Adaptive
- 26- Özyurt, et al. (2009), Application of Sea Level Rise Vulnerability Assessment Model to Selected Coastal Areas of Turkey, Journal of Coastal Research.
- 27- Nicholls et al. (2008), Climate change and coastal vulnerability assessment: scenarios for integrated assessment, Sustainability Science.
- 28- Hinkel, J. y Klein, R J T. (2009), Integrating knowledge to assess coastal vulnerability to sea-level rise: The development of the DIVA tool, Global Environmental Change.
- 29- Gaki-Papanastassiou (2010), Coastal vulnerability assessment to sea-level rise based on geomorphological and oceanographical parameters.
- 30- NageswaraRao (2008), Sea-level rise and coastal vulnerability: an assessment of Andhra Pradesh coast, India through remote sensing and GIS.
- 31- Teutsch Camila (2006), Metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad poblacional a los desastres de la variabilidad y el cambio climático.

Capítulo 7

7. Anexos

Anexo 3.1: Plan Regulador, comuna de Tomé.

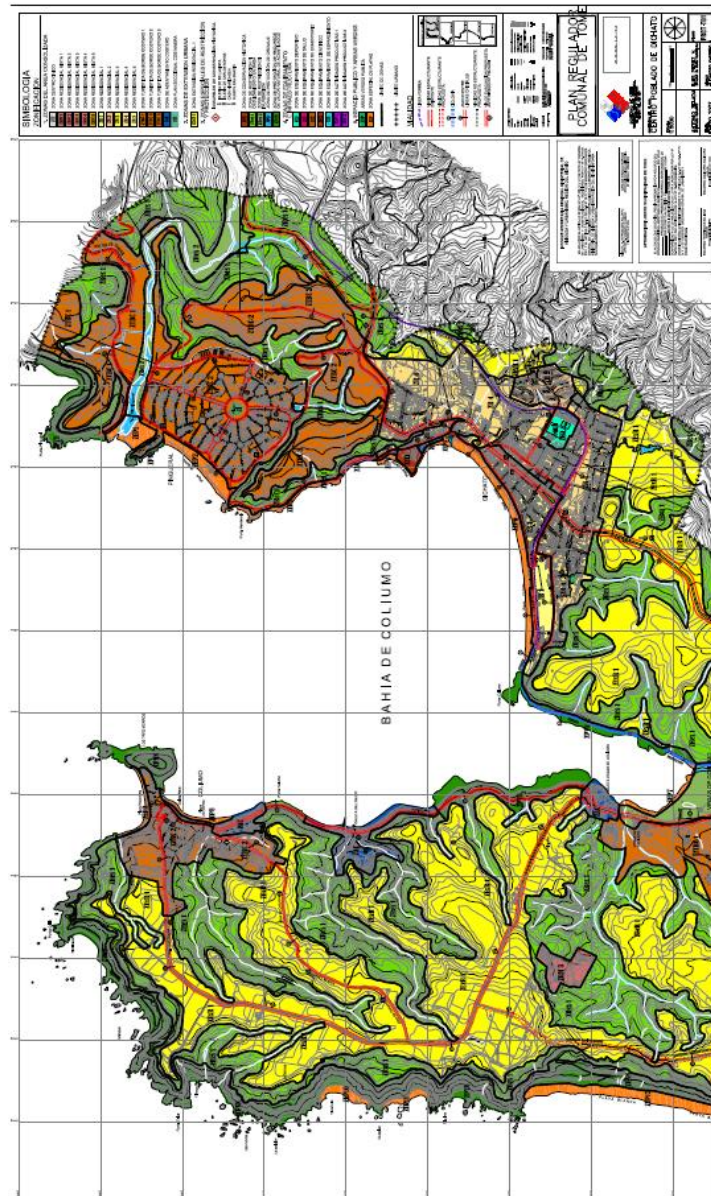


Figura 7.1: Plan Regulador de la Comuna de Tomé.

Anexo 4.1: Cálculo de parámetros de Vulnerabilidad

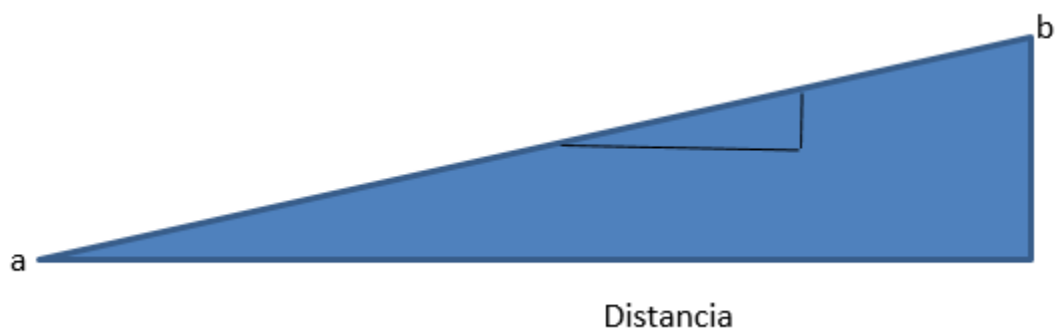


Figura 7.2: Representación gráfica del cálculo de pendiente costera.

Tabla 7.1: Resultados completos de Pendiente Costera.

Manzana	a	b	Distancia	Pendiente	>15 (1)	10_15 (2)	5_10 (3)	2_5 (4)	<=2 (5)	Vulnerabilidad
1	4	6	15	13.33	0	2	0	0	0	2
1_b	30	57	100	27.00	1	0	0	0	0	1
2	19	33	40	35.00	1	0	0	0	0	1
3	19	24	15	33.33	1	0	0	0	0	1
4	19	24	15	33.33	1	0	0	0	0	1
5	39	47	20	40.00	1	0	0	0	0	1
6	56	63	75	9.33	0	0	3	0	0	3
7	38	53	40	37.50	1	0	0	0	0	1
8	19	32	50	26.00	1	0	0	0	0	1
9	61	62	10	10.00	0	0	3	0	0	3
10	17	23	45	13.33	0	2	0	0	0	2
11	18	19	10	10.00	0	0	3	0	0	3
12	11	25	103	13.59	0	2	0	0	0	2
13	9	11	50	4.00	0	0	0	4	0	4
14	9	10	50	2.00	0	0	0	0	5	5
15	12	27	75	20.00	1	0	0	0	0	1
16	28	33	30	16.67	1	0	0	0	0	1
17	31	33	30	6.67	0	0	3	0	0	3
18	18	31	15	86.67	1	0	0	0	0	1
19	36	37	5.5	18.18	1	0	0	0	0	1
20	26	27	20	5.00	0	0	0	4	0	4
21	36	37	50	2.00	0	0	0	0	5	5
22	37	37	10	0.00	0	0	0	0	5	5
23	37	39	25	8.00	0	0	3	0	0	3
24	33	36	15	20.00	1	0	0	0	0	1

25	26	33	50	14.00	0	2	0	0	0	2
26	24	26	5	40.00	1	0	0	0	0	1
27	14	24	50	20.00	1	0	0	0	0	1
28	10	15	65	7.69	0	0	3	0	0	3
29	9	9	30	0.00	0	0	0	0	5	5
30	9	9	10	0.00	0	0	0	0	5	5
31	6	7	7	14.29	0	2	0	0	0	2
32	6	10	40	10.00	0	0	3	0	0	3
33	8	10	25	8.00	0	0	3	0	0	3
34	11	11	65	0.00	0	0	0	0	5	5
35	11	11	100	0.00	0	0	0	0	5	5
36	11	11	60	0.00	0	0	0	0	5	5
37	10	13	45	6.67	0	0	3	0	0	3
38	10	22	45	26.67	1	0	0	0	0	1
39	11	22	190	5.79	0	0	3	0	0	3
40	22	26	20	20.00	1	0	0	0	0	1
41	27	42	66	22.73	1	0	0	0	0	1
42	27	66	161	24.22	1	0	0	0	0	1
43	36	44	40	20.00	1	0	0	0	0	1
44	41	48	46	15.22	1	0	0	0	0	1
45	42	44	33	6.06	0	0	3	0	0	3
46	17	33	73	21.92	1	0	0	0	0	1
47	16	37	80	26.25	1	0	0	0	0	1
48	33	46	50	26.00	1	0	0	0	0	1
49	29	42	52	25.00	1	0	0	0	0	1
50	16	34	145	12.41	0	2	0	0	0	2
51	12	17	47	10.64	0	2	0	0	0	2
52	12	13	126	0.79	0	0	0	0	5	5
53	12	12	70	0.00	0	0	0	0	5	5
54	12	12	151	0.00	0	0	0	0	5	5
55	13	12	55	-1.82	0	0	0	0	5	5
56	12	13	50	2.00	0	0	0	0	5	5
57	8	12	52	7.69	0	0	3	0	0	3
58	6	14	85	9.41	0	0	3	0	0	3
59	12	14	40	5.00	0	0	0	4	0	4
60	13	13	80	0.00	0	0	0	0	5	5
61	13	13	30	0.00	0	0	0	0	5	5
62	12	12	40	0.00	0	0	0	0	5	5
63	13	12	100	-1.00	0	0	0	0	5	5
64	12	12	85	0.00	0	0	0	0	5	5
65	12	12	64	0.00	0	0	0	0	5	5

66	12	15	230	1.30	0	0	0	0	5	5
67	17	36	188	10.11	0	2	0	0	0	2
68	15	21	67	8.96	0	0	3	0	0	3
69	11	24	110	11.82	0	2	0	0	0	2
70	11	15	100	4.00	0	0	0	4	0	4
71	11	18	82	8.54	0	0	3	0	0	3
72	11	20	104	8.65	0	0	3	0	0	3
73	15	28	95	13.68	0	2	0	0	0	2
74	14	22	90	8.89	0	0	3	0	0	3
75	16	18	16	12.50	0	2	0	0	0	2
76	20	31	60	18.33	1	0	0	0	0	1
77	18	21	29	10.34	0	2	0	0	0	2
78	19	30	61	18.03	1	0	0	0	0	1
79	20	37	78	21.79	1	0	0	0	0	1
80	32	50	59	30.51	1	0	0	0	0	1
81	18	21	44	6.82	0	0	3	0	0	3
82	10	13	43	6.98	0	0	3	0	0	3
83	11	12	19	5.26	0	0	3	0	0	3
84	39	55	100	16.00	1	0	0	0	0	1
85	58	62	55	7.27	0	0	3	0	0	3
86	58	59	19	5.26	0	0	3	0	0	3
87	58	60	17	11.76	0	2	0	0	0	2
88	58	61	22	13.64	0	2	0	0	0	2
89	60	63	24	12.50	0	2	0	0	0	2
90	60	58	16	-12.50	0	0	0	0	5	5
91	63	61	15	-13.33	0	0	0	0	5	5
92	61	58	28	-10.71	0	0	0	0	5	5
93	65	61	28	-14.29	0	0	0	0	5	5
94	62	60	17	-11.76	0	0	0	0	5	5
95	65	67	16	12.50	0	2	0	0	0	2
96	61	65	21	19.05	1	0	0	0	0	1
97	66	69	21	14.29	0	2	0	0	0	2
98	62	71	42	21.43	1	0	0	0	0	1
99	64	76	63	19.05	1	0	0	0	0	1
100	70	75	32	15.63	1	0	0	0	0	1
101	69	74	26	19.23	1	0	0	0	0	1
102	74	76	24	8.33	0	0	3	0	0	3
103	69	74	23	21.74	1	0	0	0	0	1
104	75	77	24	8.33	0	0	3	0	0	3
105	70	74	20	20.00	1	0	0	0	0	1
106	75	77	25	8.00	0	0	3	0	0	3

107	71	74	20	15.00	0	2	0	0	0	2
108	75	78	23	13.04	0	2	0	0	0	2
109	71	75	23	17.39	1	0	0	0	0	1
110	70	76	31	19.35	1	0	0	0	0	1
111	75	77	13	15.38	1	0	0	0	0	1
112	71	73	20	10.00	0	0	3	0	0	3
113	76	74	34	-5.88	0	0	0	0	5	5
114	75	73	35	-5.71	0	0	0	0	5	5
115	72	75	30	10.00	0	0	3	0	0	3
116	72	75	27	11.11	0	2	0	0	0	2
117	72	75	25	12.00	0	2	0	0	0	2
118	74	77	26	11.54	0	2	0	0	0	2
119	71	76	42	11.90	0	2	0	0	0	2
120	71	75	37	10.81	0	2	0	0	0	2
121	71	74	30	10.00	0	0	3	0	0	3
122	72	73	12	8.33	0	0	3	0	0	3
123	74	71	23	-13.04	0	0	0	0	5	5
124	76	73	19	-15.79	0	0	0	0	5	5
125	77	75	17	-11.76	0	0	0	0	5	5
126	77	75	17	-11.76	0	0	0	0	5	5
127	76	77	15	6.67	0	0	3	0	0	3
128	75	77	23	8.70	0	0	3	0	0	3
129	75	77	24	8.33	0	0	3	0	0	3
130	78	75	20	-15.00	0	0	0	0	5	5
131	77	73	33	-12.12	0	0	0	0	5	5
132	76	71	33	-15.15	0	0	0	0	5	5
133	75	71	30	-13.33	0	0	0	0	5	5
134	74	70	28	-14.29	0	0	0	0	5	5
135	73	63	41	-24.39	0	0	0	0	5	5
136	71	66	25	-20.00	0	0	0	0	5	5
137	70	70	19	0.00	0	0	0	0	5	5
138	72	71	16	-6.25	0	0	0	0	5	5
139	70	67	20	-15.00	0	0	0	0	5	5
140	64	65	10	10.00	0	0	3	0	0	3

Tabla 7.2: Resultados completos de Inundación.

Manzana	Inundación	<1 (1)	1 - 1,5 (2)	1.5 - 2 (3)	2 -3.5 (4)	>3.5 (5)	Vulnerabilidad
1	3.5	0	0	0	0	5	5
1_b	0	1	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	1
3	3.5	0	0	0	0	5	5
4	1	0	2	0	0	0	2
5	0	1	0	0	0	0	1
6	0	1	0	0	0	0	1
7	0	1	0	0	0	0	1
8	0	1	0	0	0	0	1
9	0	1	0	0	0	0	1
10	1	0	2	0	0	0	2
11	1	0	2	0	0	0	2
12	1	0	2	0	0	0	2
13	1.5	0	0	3	0	0	3
14	2.5	0	0	0	4	0	4
15	1	0	2	0	0	0	2
16	0	1	0	0	0	0	1
17	0	1	0	0	0	0	1
18	0	1	0	0	0	0	1
19	0	1	0	0	0	0	1
20	0	1	0	0	0	0	1
21	0	1	0	0	0	0	1
22	0	1	0	0	0	0	1
23	0	1	0	0	0	0	1
24	0	1	0	0	0	0	1
25	0	1	0	0	0	0	1
26	0	1	0	0	0	0	1
27	1	0	2	0	0	0	2
28	2.5	0	0	0	4	0	4
29	2.5	0	0	0	4	0	4
30	3.5	0	0	0	0	5	5
31	3.5	0	0	0	0	5	5
32	3.5	0	0	0	0	5	5
33	3.5	0	0	0	0	5	5
34	3.5	0	0	0	0	5	5
35	3	0	0	0	4	0	4
36	2.5	0	0	0	4	0	4
37	2	0	0	0	4	0	4

38	2.5	0	0	0	4	0	4
39	2.5	0	0	0	4	0	4
40	0	1	0	0	0	0	1
41	0	1	0	0	0	0	1
42	0	1	0	0	0	0	1
43	0	1	0	0	0	0	1
44	0	1	0	0	0	0	1
45	0	1	0	0	0	0	1
46	1	0	2	0	0	0	2
47	1	0	2	0	0	0	2
48	0	1	0	0	0	0	1
49	0	1	0	0	0	0	1
50	1	0	2	0	0	0	2
51	1	0	2	0	0	0	2
52	1	0	2	0	0	0	2
53	2	0	0	0	4	0	4
54	2	0	0	0	4	0	4
55	3	0	0	0	4	0	4
56	3.5	0	0	0	0	5	5
57	3.5	0	0	0	0	5	5
58	3.5	0	0	0	0	5	5
59	3.5	0	0	0	0	5	5
60	2	0	0	0	4	0	4
61	2	0	0	0	4	0	4
62	2	0	0	0	4	0	4
63	2	0	0	0	4	0	4
64	2	0	0	0	4	0	4
65	2	0	0	0	4	0	4
66	2	0	0	0	4	0	4
67	2	0	0	0	4	0	4
68	1	0	2	0	0	0	2
69	1	0	2	0	0	0	2
70	2	0	0	0	4	0	4
71	1	0	2	0	0	0	2
72	3.5	0	0	0	0	5	5
73	1	0	2	0	0	0	2
74	1	0	2	0	0	0	2
75	0	1	0	0	0	0	1
76	0	1	0	0	0	0	1
77	0	1	0	0	0	0	1
78	0	1	0	0	0	0	1

79	0	1	0	0	0	0	1
80	0	1	0	0	0	0	1
81	1	0	2	0	0	0	2
82	1	0	2	0	0	0	2
83	1	0	2	0	0	0	2
84	1	0	2	0	0	0	2
85	0	1	0	0	0	0	1
86	0	1	0	0	0	0	1
87	0	1	0	0	0	0	1
88	0	1	0	0	0	0	1
89	0	1	0	0	0	0	1
90	0	1	0	0	0	0	1
91	0	1	0	0	0	0	1
92	0	1	0	0	0	0	1
93	0	1	0	0	0	0	1
94	0	1	0	0	0	0	1
95	0	1	0	0	0	0	1
96	0	1	0	0	0	0	1
97	0	1	0	0	0	0	1
98	0	1	0	0	0	0	1
99	0	1	0	0	0	0	1
100	0	1	0	0	0	0	1
101	0	1	0	0	0	0	1
102	0	1	0	0	0	0	1
103	0	1	0	0	0	0	1
104	0	1	0	0	0	0	1
105	0	1	0	0	0	0	1
106	0	1	0	0	0	0	1
107	0	1	0	0	0	0	1
108	0	1	0	0	0	0	1
109	0	1	0	0	0	0	1
110	0	1	0	0	0	0	1
111	0	1	0	0	0	0	1
112	0	1	0	0	0	0	1
113	0	1	0	0	0	0	1
114	0	1	0	0	0	0	1
115	0	1	0	0	0	0	1
116	0	1	0	0	0	0	1
117	0	1	0	0	0	0	1
118	0	1	0	0	0	0	1
119	0	1	0	0	0	0	1

120	0	1	0	0	0	0	1
121	0	1	0	0	0	0	1
122	0	1	0	0	0	0	1
123	0	1	0	0	0	0	1
124	0	1	0	0	0	0	1
125	0	1	0	0	0	0	1
126	0	1	0	0	0	0	1
127	0	1	0	0	0	0	1
128	0	1	0	0	0	0	1
129	0	1	0	0	0	0	1
130	0	1	0	0	0	0	1
131	0	1	0	0	0	0	1
132	0	1	0	0	0	0	1
133	0	1	0	0	0	0	1
134	0	1	0	0	0	0	1
135	0	1	0	0	0	0	1
136	0	1	0	0	0	0	1
137	0	1	0	0	0	0	1
138	0	1	0	0	0	0	1
139	0	1	0	0	0	0	1
140	0	1	0	0	0	0	1

Tabla 7.3: Resultados completos de Distancia al cuerpo de agua.

Manzana	Distancia	557-816 (1)	417-556 (2)	196-416 (3)	66-195 (4)	1-65 (5)	Vulnerabilidad
1	1	0	0	0	0	5	5
1_b	366.8	0	0	3	0	0	3
2	84	0	0	0	4	0	4
3	30	0	0	0	0	5	5
4	8	0	0	0	0	5	5
5	168	0	0	0	4	0	4
6	228	0	0	3	0	0	3
7	137	0	0	0	4	0	4
8	94	0	0	0	4	0	4
9	464	0	2	0	0	0	2
10	172	0	0	0	4	0	4
11	263	0	0	3	0	0	3
12	122	0	0	0	4	0	4
13	26	0	0	0	0	5	5
14	1	0	0	0	0	5	5

15	1	0	0	0	0	5	5
16	134	0	0	0	4	0	4
17	219	0	0	3	0	0	3
18	174	0	0	0	4	0	4
19	210	0	0	3	0	0	3
20	273	0	0	3	0	0	3
21	301	0	0	3	0	0	3
22	255	0	0	3	0	0	3
23	254	0	0	3	0	0	3
24	204	0	0	3	0	0	3
25	203	0	0	3	0	0	3
26	105	0	0	0	4	0	4
27	37	0	0	0	0	5	5
28	2	0	0	0	0	5	5
29	2	0	0	0	0	5	5
30	50	0	0	0	0	5	5
31	28	0	0	0	0	5	5
32	28	0	0	0	0	5	5
33	28	0	0	0	0	5	5
34	155	0	0	0	4	0	4
35	150	0	0	0	4	0	4
36	30	0	0	0	0	5	5
37	15	0	0	0	0	5	5
38	18	0	0	0	0	5	5
39	2	0	0	0	0	5	5
40	250	0	0	3	0	0	3
41	294	0	0	3	0	0	3
42	283	0	0	3	0	0	3
43	332	0	0	3	0	0	3
44	350	0	0	3	0	0	3
45	387	0	0	3	0	0	3
46	103	0	0	0	4	0	4
47	103	0	0	0	4	0	4
48	192	0	0	0	4	0	4
49	229	0	0	3	0	0	3
50	20	0	0	0	0	5	5
51	35	0	0	0	0	5	5
52	1	0	0	0	0	5	5
53	80	0	0	0	4	0	4
54	30	0	0	0	0	5	5
55	201	0	0	3	0	0	3

56	102	0	0	0	4	0	4
57	38	0	0	0	0	5	5
58	32	0	0	0	0	5	5
59	105	0	0	0	4	0	4
60	141	0	0	0	4	0	4
61	248	0	0	3	0	0	3
62	186	0	0	0	4	0	4
63	96	0	0	0	4	0	4
64	108	0	0	0	4	0	4
65	36	0	0	0	0	5	5
66	1	0	0	0	0	5	5
67	241	0	0	3	0	0	3
68	196	0	0	3	0	0	3
69	128	0	0	0	4	0	4
70	87	0	0	0	4	0	4
71	129	0	0	0	4	0	4
72	28	0	0	0	0	5	5
73	144	0	0	0	4	0	4
74	147	0	0	0	4	0	4
75	209	0	0	3	0	0	3
76	248	0	0	3	0	0	3
77	249	0	0	3	0	0	3
78	351	0	0	3	0	0	3
79	272	0	0	3	0	0	3
80	277	0	0	3	0	0	3
81	128	0	0	0	4	0	4
82	66	0	0	0	0	5	5
83	32	0	0	0	0	5	5
84	2	0	0	0	0	5	5
85	556	0	2	0	0	0	2
86	493	0	2	0	0	0	2
87	479	0	2	0	0	0	2
88	548	0	2	0	0	0	2
89	484	0	2	0	0	0	2
90	526	0	2	0	0	0	2
91	497	0	2	0	0	0	2
92	548	0	2	0	0	0	2
93	504	0	2	0	0	0	2
94	557	1	0	0	0	0	1
95	517	0	2	0	0	0	2
96	572	1	0	0	0	0	1

97	530	0	2	0	0	0	2
98	535	0	2	0	0	0	2
99	558	1	0	0	0	0	1
100	601	1	0	0	0	0	1
101	641	1	0	0	0	0	1
102	603	1	0	0	0	0	1
103	649	1	0	0	0	0	1
104	611	1	0	0	0	0	1
105	659	1	0	0	0	0	1
106	624	1	0	0	0	0	1
107	669	1	0	0	0	0	1
108	647	1	0	0	0	0	1
109	679	1	0	0	0	0	1
110	697	1	0	0	0	0	1
111	657	1	0	0	0	0	1
112	717	1	0	0	0	0	1
113	684	1	0	0	0	0	1
114	706	1	0	0	0	0	1
115	528	0	2	0	0	0	2
116	499	0	2	0	0	0	2
117	478	0	2	0	0	0	2
118	498	0	2	0	0	0	2
119	426	0	2	0	0	0	2
120	417	0	2	0	0	0	2
121	434	0	2	0	0	0	2
122	465	0	2	0	0	0	2
123	524	0	2	0	0	0	2
124	529	0	2	0	0	0	2
125	535	0	2	0	0	0	2
126	546	0	2	0	0	0	2
127	549	0	2	0	0	0	2
128	564	1	0	0	0	0	1
129	585	1	0	0	0	0	1
130	614	1	0	0	0	0	1
131	599	1	0	0	0	0	1
132	582	1	0	0	0	0	1
133	575	1	0	0	0	0	1
134	570	1	0	0	0	0	1
135	557	1	0	0	0	0	1
136	512	0	2	0	0	0	2
137	737	1	0	0	0	0	1

138	736	1	0	0	0	0	0	1
139	778	1	0	0	0	0	0	1
140	816	1	0	0	0	0	0	1

Tabla 7.4: Resultados completos de Población.

Manzana	Área (m2)	POB	POB/A	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Vulnerabilidad
1	152748.28	24	0.000157121	1	0	0	0	0	1
1_b	50916.09	97	0.001905095	0	2	0	0	0	2
2	52168.38	5	9.58435E-05	1	0	0	0	0	1
3	12047.95	14	0.001162023	0	2	0	0	0	2
4	155342.21	58	0.000373369	1	0	0	0	0	1
5	5135.46	16	0.003115594	0	2	0	0	0	2
6	24360.38	153	0.006280691	0	0	3	0	0	3
7	35135.43	137	0.003899198	0	2	0	0	0	2
8	262395.25	187	0.000712665	1	0	0	0	0	1
9	822.12	1	0.001216364	0	2	0	0	0	2
10	16766.32	30	0.001789302	0	2	0	0	0	2
11	2054.08	13	0.006328867	0	0	3	0	0	3
12	3164.68	19	0.006003772	0	0	3	0	0	3
13	22616.92	43	0.001901232	0	2	0	0	0	2
14	12562.32	8	0.000636825	1	0	0	0	0	1
15	16272.45	25	0.001536339	0	2	0	0	0	2
16	11438.33	112	0.009791643	0	0	3	0	0	3
17	4698.77	51	0.010853909	0	0	3	0	0	3
18	2655.97	11	0.00414161	0	0	3	0	0	3
19	2819.56	65	0.023053275	0	0	0	4	0	4
20	23752.36	3	0.000126303	1	0	0	0	0	1
21	32627.46	123	0.00376983	0	2	0	0	0	2
22	968.27	1	0.001032773	0	2	0	0	0	2
23	2207.74	45	0.020382881	0	0	0	4	0	4
24	2302.30	60	0.026060862	0	0	0	0	5	5
25	21260.62	176	0.008278217	0	0	3	0	0	3
26	1270.71	19	0.014952235	0	0	0	4	0	4
27	19260.72	121	0.006282215	0	0	3	0	0	3
28	9024.75	13	0.001440483	0	2	0	0	0	2
29	19595.78	9	0.000459283	1	0	0	0	0	1
30	10170.23	1	9.83262E-05	1	0	0	0	0	1
31	7209.91	5	0.00069349	1	0	0	0	0	1
32	6808.57	7	0.001028116	1	0	0	0	0	1
33	9233.75	3	0.000324895	1	0	0	0	0	1

34	6183.51	4	0.000646882	1	0	0	0	0	1
35	6546.10	27	0.004124591	0	0	3	0	0	3
36	2541.73	11	0.004327754	0	0	3	0	0	3
37	1994.33	31	0.015544075	0	0	0	4	0	4
38	1646.67	18	0.010931152	0	0	0	4	0	4
39	40827.56	0	0	1	0	0	0	0	1
40	81.20	0	0	1	0	0	0	0	1
41	2987.75	36	0.012049205	0	0	0	4	0	4
42	29791.33	295	0.009902211	0	0	3	0	0	3
43	1412.25	2	0.00141618	0	2	0	0	0	2
44	3779.14	100	0.026461026	0	0	0	0	5	5
45	728.13	3	0.004120132	0	0	3	0	0	3
46	33818.76	183	0.005411198	0	0	3	0	0	3
47	2627.22	31	0.011799567	0	0	0	4	0	4
48	2948.68	0	0	1	0	0	0	0	1
49	4288.32	53	0.012359158	0	0	0	4	0	4
50	57475.28	69	0.001200516	0	2	0	0	0	2
51	9858.98	21	0.002130039	0	2	0	0	0	2
52	6730.98	9	0.001337102	0	2	0	0	0	2
53	5289.44	5	0.000945281	1	0	0	0	0	1
54	14241.97	13	0.000912795	1	0	0	0	0	1
55	7180.30	23	0.003203211	0	2	0	0	0	2
56	10428.02	17	0.001630223	0	2	0	0	0	2
57	8316.72	9	0.001082158	0	2	0	0	0	2
58	17347.47	18	0.001037616	0	2	0	0	0	2
59	5620.71	13	0.002312874	0	2	0	0	0	2
60	12222.13	31	0.002536383	0	2	0	0	0	2
61	8866.84	37	0.004172852	0	0	3	0	0	3
62	3921.92	17	0.004334614	0	0	3	0	0	3
63	6118.50	23	0.003759089	0	2	0	0	0	2
64	4204.35	27	0.006421914	0	0	3	0	0	3
65	3704.20	14	0.003779496	0	2	0	0	0	2
66	35209.98	27	0.000766828	1	0	0	0	0	1
67	35646.25	74	0.002075955	0	2	0	0	0	2
68	8104.54	42	0.00518228	0	0	3	0	0	3
69	11485.23	53	0.004614621	0	0	3	0	0	3
70	6072.71	0	0	1	0	0	0	0	1
71	4826.79	7	0.001450238	0	2	0	0	0	2
72	55918.97	79	0.001412759	0	2	0	0	0	2
73	11914.21	15	0.001259001	0	2	0	0	0	2
74	14245.43	46	0.003229107	0	2	0	0	0	2

75	263.18	0	0	1	0	0	0	0	1
76	10461.70	87	0.008316046	0	0	3	0	0	3
77	1695.89	0	0	1	0	0	0	0	1
78	5329.00	53	0.00994559	0	0	3	0	0	3
79	3154.41	17	0.005389275	0	0	3	0	0	3
80	8429.81	8	0.000949013	1	0	0	0	0	1
81	6173.98	5	0.00080985	1	0	0	0	0	1
82	3043.67	3	0.000985653	1	0	0	0	0	1
83	554.83	0	0	1	0	0	0	0	1
84	180793.87	44	0.000243371	1	0	0	0	0	1
85	4278.97	0	0	1	0	0	0	0	1
86	1015.29	20	0.019698786	0	0	0	4	0	4
87	881.54	15	0.017015639	0	0	0	4	0	4
88	509.34	4	0.007853285	0	0	3	0	0	3
89	757.07	6	0.00792528	0	0	3	0	0	3
90	289.02	3	0.010380084	0	0	3	0	0	3
91	431.94	23	0.053248753	0	0	0	0	5	5
92	601.06	6	0.009982381	0	0	3	0	0	3
93	800.40	10	0.012493753	0	0	0	4	0	4
94	247.80	4	0.01614205	0	0	0	4	0	4
95	317.32	12	0.037816477	0	0	0	0	5	5
96	360.03	18	0.049996389	0	0	0	0	5	5
97	482.23	14	0.029031669	0	0	0	0	5	5
98	1305.16	53	0.040608079	0	0	0	0	5	5
99	3998.38	0	0	1	0	0	0	0	1
100	953.01	28	0.029380594	0	0	0	0	5	5
101	220.36	6	0.027228296	0	0	0	0	5	5
102	368.98	13	0.03523188	0	0	0	0	5	5
103	208.79	10	0.047894785	0	0	0	0	5	5
104	388.74	18	0.046303204	0	0	0	0	5	5
105	274.97	9	0.03273132	0	0	0	0	5	5
106	444.99	11	0.024719546	0	0	0	4	0	4
107	192.80	6	0.031120816	0	0	0	0	5	5
108	852.47	25	0.029326511	0	0	0	0	5	5
109	206.70	7	0.033865669	0	0	0	0	5	5
110	519.37	9	0.01732872	0	0	0	4	0	4
111	897.75	30	0.033416764	0	0	0	0	5	5
112	491.41	4	0.008139925	0	0	3	0	0	3
113	927.08	25	0.02696636	0	0	0	0	5	5
114	1043.92	42	0.040232968	0	0	0	0	5	5
115	1284.12	25	0.019468555	0	0	0	4	0	4

116	1200.59	21	0.0174914	0	0	0	4	0	4
117	618.16	32	0.051766365	0	0	0	0	5	5
118	397.24	7	0.017621456	0	0	0	4	0	4
119	1008.24	29	0.028762936	0	0	0	0	5	5
120	1601.27	19	0.011865552	0	0	0	4	0	4
121	1880.15	25	0.01329679	0	0	0	4	0	4
122	666.52	32	0.04801049	0	0	0	0	5	5
123	366.41	6	0.016375233	0	0	0	4	0	4
124	215.79	9	0.041707988	0	0	0	0	5	5
125	147.98	4	0.027031593	0	0	0	0	5	5
126	353.32	3	0.008490814	0	0	3	0	0	3
127	345.56	6	0.017363121	0	0	0	4	0	4
128	351.00	8	0.022791828	0	0	0	4	0	4
129	352.78	5	0.01417334	0	0	0	4	0	4
130	2216.56	56	0.025264419	0	0	0	4	0	4
131	1448.15	38	0.026240358	0	0	0	0	5	5
132	928.22	30	0.032319924	0	0	0	0	5	5
133	642.30	19	0.029581193	0	0	0	0	5	5
134	559.87	21	0.037508908	0	0	0	0	5	5
135	830.63	15	0.018058691	0	0	0	4	0	4
136	649.00	27	0.041602722	0	0	0	0	5	5
137	942.19	23	0.024411316	0	0	0	4	0	4
138	415.73	3	0.007216274	0	0	3	0	0	3
139	524.32	7	0.013350753	0	0	0	4	0	4
140	997.10	22	0.022064008	0	0	0	4	0	4

Tabla 7.5: Resultados completos de Vivienda.

Manzana	Promedio Vivienda	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Vulnerabilidad
1	2.636363636	0	0	3	0	0	3
1_b	3	0	0	3	0	0	3
2	1	1	0	0	0	0	1
3	0.583333333	1	0	0	0	0	1
4	3	0	0	3	0	0	3
5	3	0	0	3	0	0	3
6	3.2	0	0	0	4	0	4
7	3.166666667	0	0	0	4	0	4
8	2.8	0	0	3	0	0	3
9	1	1	0	0	0	0	1
10	2	0	2	0	0	0	2

11	2	0	2	0	0	0	2
12	2	0	2	0	0	0	2
13	2	0	2	0	0	0	2
14	3	0	0	3	0	0	3
15	3	0	0	3	0	0	3
16	2.75	0	0	3	0	0	3
17	3	0	0	3	0	0	3
18	4	0	0	0	4	0	4
19	1	1	0	0	0	0	1
20	3	0	0	3	0	0	3
21	2	0	2	0	0	0	2
22	5	0	0	0	0	5	5
23	2	0	2	0	0	0	2
24	2	0	2	0	0	0	2
25	2	0	2	0	0	0	2
26	3	0	0	3	0	0	3
27	1.75	0	2	0	0	0	2
28	2	0	2	0	0	0	2
29	2	0	2	0	0	0	2
30	2	0	2	0	0	0	2
31	2	0	2	0	0	0	2
32	3	0	0	3	0	0	3
33	2	0	2	0	0	0	2
34	1	1	0	0	0	0	1
35	2	0	2	0	0	0	2
36	3	0	0	3	0	0	3
37	2	0	2	0	0	0	2
38	2	0	2	0	0	0	2
39	2	0	2	0	0	0	2
40	0	1	0	0	0	0	1
41	2	0	2	0	0	0	2
42	2.25	0	0	3	0	0	3
43	2	0	2	0	0	0	2
44	2	0	2	0	0	0	2
45	4	0	0	0	4	0	4
46	3	0	0	3	0	0	3
47	3	0	0	3	0	0	3
48	0	1	0	0	0	0	1
49	3	0	0	3	0	0	3
50	3	0	0	3	0	0	3
51	3	0	0	3	0	0	3

52	2	0	2	0	0	0	2
53	0	1	0	0	0	0	1
54	2	0	2	0	0	0	2
55	2	0	2	0	0	0	2
56	2	0	2	0	0	0	2
57	2	0	2	0	0	0	2
58	3	0	0	3	0	0	3
59	3	0	0	3	0	0	3
60	3	0	0	3	0	0	3
61	2	0	2	0	0	0	2
62	2	0	2	0	0	0	2
63	2	0	2	0	0	0	2
64	2	0	2	0	0	0	2
65	2	0	2	0	0	0	2
66	3	0	0	3	0	0	3
67	3	0	0	3	0	0	3
68	3	0	0	3	0	0	3
69	1.666666667	0	2	0	0	0	2
70	2	0	2	0	0	0	2
71	3	0	0	3	0	0	3
72	3	0	0	3	0	0	3
73	3	0	0	3	0	0	3
74	3	0	0	3	0	0	3
75	0	1	0	0	0	0	1
76	3	0	0	3	0	0	3
77	2	0	2	0	0	0	2
78	3	0	0	3	0	0	3
79	3	0	0	3	0	0	3
80	3	0	0	3	0	0	3
81	3	0	0	3	0	0	3
82	3	0	0	3	0	0	3
83	0	1	0	0	0	0	1
84	3	0	0	3	0	0	3
85	3	0	0	3	0	0	3
86	3	0	0	3	0	0	3
87	3	0	0	3	0	0	3
88	3	0	0	3	0	0	3
89	3	0	0	3	0	0	3
90	3	0	0	3	0	0	3
91	3	0	0	3	0	0	3
92	3	0	0	3	0	0	3

93	3	0	0	3	0	0	3
94	3	0	0	3	0	0	3
95	3	0	0	3	0	0	3
96	4	0	0	0	4	0	4
97	4	0	0	0	4	0	4
98	4	0	0	0	4	0	4
99	4	0	0	0	4	0	4
100	4	0	0	0	4	0	4
101	4	0	0	0	4	0	4
102	4	0	0	0	4	0	4
103	3	0	0	3	0	0	3
104	3	0	0	3	0	0	3
105	3	0	0	3	0	0	3
106	3	0	0	3	0	0	3
107	3	0	0	3	0	0	3
108	3	0	0	3	0	0	3
109	3	0	0	3	0	0	3
110	3	0	0	3	0	0	3
111	3	0	0	3	0	0	3
112	0	1	0	0	0	0	1
113	4	0	0	0	4	0	4
114	4	0	0	0	4	0	4
115	3	0	0	3	0	0	3
116	3	0	0	3	0	0	3
117	3	0	0	3	0	0	3
118	3	0	0	3	0	0	3
119	3	0	0	3	0	0	3
120	3	0	0	3	0	0	3
121	3	0	0	3	0	0	3
122	3	0	0	3	0	0	3
123	3	0	0	3	0	0	3
124	3	0	0	3	0	0	3
125	3	0	0	3	0	0	3
126	3	0	0	3	0	0	3
127	3	0	0	3	0	0	3
128	3	0	0	3	0	0	3
129	3	0	0	3	0	0	3
130	3.5	0	0	0	4	0	4
131	4	0	0	0	4	0	4
132	4	0	0	0	4	0	4
133	4	0	0	0	4	0	4

134	4	0	0	0	4	0	4
135	4	0	0	0	4	0	4
136	4	0	0	0	4	0	4
137	3	0	0	3	0	0	3
138	3	0	0	3	0	0	3
139	3	0	0	3	0	0	3
140	3	0	0	3	0	0	3

Tabla 7.6: Resultados completos de Uso de Suelo.

Manzana	Uso de Suelo	Vulnerabilidad
1	ZTBC	2
1_b	ZR	4
2	ZTBC	2
3	Zres	1
4	ZTBC	2
5	ZR	4
6	ZR	4
7	ZR	4
8	ZR	4
9	ZC	5
10	ZR	4
11	ZR	4
12	ZR	4
13	ZR	4
14	ZR	5
15	ZR	4
16	ZR	4
17	ZR	4
18	ZR	4
19	ZR	4
20	ZR	4
21	ZR	4
22	ZED	3
23	ZR	4
24	ZR	4
25	ZR	4
26	ZR	4
27	ZR	4
28	ZR	5

29	ZR	4
30	ZR	4
31	ZR	4
32	ZR	4
33	ZR	4
34	ZR	4
35	ZR	4
36	ZR	5
37	ZR	4
38	ZR	4
39	ZED	3
40	ZED	3
41	ZR	4
42	ZC	5
43	ZR	4
44	ZR	4
45	ZR	4
46	ZR	4
47	ZR	4
48	Zres	1
49	ZR	4
50	ZR	4
51	ZR	4
52	ZR	5
53	ZR	4
54	ZR	4
55	ZR	4
56	ZR	4
57	ZR	4
58	ZR	4
59	ZR	4
60	ZC	5
61	ZC	5
62	ZR	4
63	ZR	4
64	ZR	4
65	ZR	4
66	ZR	4
67	ZR	4
68	ZR	4
69	ZR	4

70	ZR	4
71	ZR	4
72	ZR	4
73	ZR	4
74	ZR	4
75	ZED	3
76	ZR	4
77	ZED	3
78	ZR	4
79	ZR	4
80	ZR	4
81	ZR	4
82	ZR	4
83	ZR	4
84	Zres	1
85	ZR	4
86	ZR	4
87	ZR	4
88	ZR	4
89	ZR	4
90	ZR	4
91	ZR	4
92	ZR	4
93	ZR	4
94	ZR	4
95	ZR	4
96	ZR	4
97	ZR	4
98	ZR	4
99	ZR	4
100	ZR	4
101	ZR	4
102	ZR	4
103	ZR	4
104	ZR	4
105	ZR	4
106	ZR	4
107	ZR	4
108	ZR	4
109	ZR	4
110	ZR	4

111	ZR	4
112	ZR	4
113	ZR	4
114	ZR	4
115	ZR	4
116	ZR	4
117	ZR	4
118	ZR	4
119	ZR	4
120	ZR	4
121	ZR	4
122	ZR	4
123	ZR	4
124	ZR	4
125	ZR	4
126	ZR	4
127	ZR	4
128	ZR	4
129	ZR	4
130	ZR	4
131	ZR	4
132	ZR	4
133	ZR	4
134	ZR	4
135	ZR	4
136	ZR	4
137	ZR	4
138	ZR	4
139	ZR	4
140	ZR	4

Anexo 4.2: Cálculo de Índices de Vulnerabilidad Costera.

Tabla 7.7: Resultados completos IVC según Gornitz.

Manzana	a	b	c	d	e	f	CIV	muy bajo (1)	bajo (2)	medio (3)	alto (4)	muy alto (5)	IVC mapa
1	2	5	5	1	3	2	7.071	0	0	3	0	0	3
1_b	1	1	3	2	3	4	3.464	1	0	0	0	0	1
2	1	1	4	1	1	2	1.155	1	0	0	0	0	1
3	1	5	5	2	1	1	2.887	1	0	0	0	0	1
4	1	2	5	1	3	2	3.162	1	0	0	0	0	1
5	1	1	4	2	3	4	4.000	1	0	0	0	0	1
6	3	1	3	3	4	4	8.485	0	0	0	4	0	4
7	1	1	4	2	4	4	4.619	0	2	0	0	0	2
8	1	1	4	1	3	4	2.828	1	0	0	0	0	1
9	3	1	2	2	1	5	3.162	1	0	0	0	0	1
10	2	2	4	2	2	4	6.532	0	0	3	0	0	3
11	3	2	3	3	2	4	8.485	0	0	0	4	0	4
12	2	2	4	3	2	4	8.000	0	0	0	4	0	4
13	4	3	5	2	2	4	12.649	0	0	0	0	5	5
14	5	4	5	1	3	5	15.811	0	0	0	0	5	5
15	1	2	5	2	3	4	6.325	0	0	3	0	0	3
16	1	1	4	3	3	4	4.899	0	2	0	0	0	2
17	3	1	3	3	3	4	7.348	0	0	3	0	0	3
18	1	1	4	3	4	4	5.657	0	2	0	0	0	2
19	1	1	3	4	1	4	2.828	1	0	0	0	0	1
20	4	1	3	1	3	4	4.899	0	2	0	0	0	2
21	5	1	3	2	2	4	6.325	0	0	3	0	0	3
22	5	1	3	2	5	3	8.660	0	0	0	4	0	4
23	3	1	3	4	2	4	6.928	0	0	3	0	0	3
24	1	1	3	5	2	4	4.472	0	2	0	0	0	2
25	2	1	3	3	2	4	4.899	0	2	0	0	0	2
26	1	1	4	4	3	4	5.657	0	2	0	0	0	2
27	1	2	5	3	2	4	6.325	0	0	3	0	0	3
28	3	4	5	2	2	5	14.142	0	0	0	0	5	5
29	5	4	5	1	2	4	11.547	0	0	0	0	5	5
30	5	5	5	1	2	4	12.910	0	0	0	0	5	5
31	2	5	5	1	2	4	8.165	0	0	0	4	0	4
32	3	5	5	1	3	4	12.247	0	0	0	0	5	5
33	3	5	5	1	2	4	10.000	0	0	0	0	5	5
34	5	5	4	1	1	4	8.165	0	0	0	4	0	4

35	5	4	4	3	2	4	17.889	0	0	0	0	5	5
36	5	4	5	3	3	5	27.386	0	0	0	0	5	5
37	3	4	5	4	2	4	17.889	0	0	0	0	5	5
38	1	4	5	4	2	4	10.328	0	0	0	0	5	5
39	3	4	5	1	2	3	7.746	0	0	0	4	0	4
40	1	1	3	1	1	3	1.225	1	0	0	0	0	1
41	1	1	3	4	2	4	4.000	1	0	0	0	0	1
42	1	1	3	3	3	5	4.743	0	2	0	0	0	2
43	1	1	3	2	2	4	2.828	1	0	0	0	0	1
44	1	1	3	5	2	4	4.472	0	2	0	0	0	2
45	3	1	3	3	4	4	8.485	0	0	0	4	0	4
46	1	2	4	3	3	4	6.928	0	0	3	0	0	3
47	1	2	4	4	3	4	8.000	0	0	0	4	0	4
48	1	1	4	1	1	1	0.816	1	0	0	0	0	1
49	1	1	3	4	3	4	4.899	0	2	0	0	0	2
50	2	2	5	2	3	4	8.944	0	0	0	4	0	4
51	2	2	5	2	3	4	8.944	0	0	0	4	0	4
52	5	2	5	2	2	5	12.910	0	0	0	0	5	5
53	5	4	4	1	1	4	7.303	0	0	3	0	0	3
54	5	4	5	1	2	4	11.547	0	0	0	0	5	5
55	5	4	3	2	2	4	12.649	0	0	0	0	5	5
56	5	5	4	2	2	4	16.330	0	0	0	0	5	5
57	3	5	5	2	2	4	14.142	0	0	0	0	5	5
58	3	5	5	2	3	4	17.321	0	0	0	0	5	5
59	4	5	4	2	3	4	17.889	0	0	0	0	5	5
60	5	4	4	2	3	5	20.000	0	0	0	0	5	5
61	5	4	3	3	2	5	17.321	0	0	0	0	5	5
62	5	4	4	3	2	4	17.889	0	0	0	0	5	5
63	5	4	4	2	2	4	14.606	0	0	0	0	5	5
64	5	4	4	3	2	4	17.889	0	0	0	0	5	5
65	5	4	5	2	2	4	16.330	0	0	0	0	5	5
66	5	4	5	1	3	4	14.142	0	0	0	0	5	5
67	2	4	3	2	3	4	9.798	0	0	0	4	0	4
68	3	2	3	3	3	4	10.392	0	0	0	0	5	5
69	2	2	4	3	2	4	8.000	0	0	0	4	0	4
70	4	4	4	1	2	4	9.238	0	0	0	4	0	4
71	3	2	4	2	3	4	9.798	0	0	0	4	0	4
72	3	5	5	2	3	4	17.321	0	0	0	0	5	5
73	2	2	4	2	3	4	8.000	0	0	0	4	0	4
74	3	2	4	2	3	4	9.798	0	0	0	4	0	4
75	2	1	3	1	1	3	1.732	1	0	0	0	0	1

76	1	1	3	3	3	4	4.243	0	2	0	0	0	2
77	2	1	3	1	2	3	2.449	1	0	0	0	0	1
78	1	1	3	3	3	4	4.243	0	2	0	0	0	2
79	1	1	3	3	3	4	4.243	0	2	0	0	0	2
80	1	1	3	1	3	4	2.449	1	0	0	0	0	1
81	3	2	4	1	3	4	6.928	0	0	3	0	0	3
82	3	2	5	1	3	4	7.746	0	0	0	4	0	4
83	3	2	5	1	1	4	4.472	0	2	0	0	0	2
84	1	2	5	1	3	1	2.236	1	0	0	0	0	1
85	3	1	2	1	3	4	3.464	1	0	0	0	0	1
86	3	1	2	4	3	4	6.928	0	0	3	0	0	3
87	2	1	2	4	3	4	5.657	0	2	0	0	0	2
88	2	1	2	3	3	4	4.899	0	2	0	0	0	2
89	2	1	2	3	3	4	4.899	0	2	0	0	0	2
90	5	1	2	3	3	4	7.746	0	0	0	4	0	4
91	5	1	2	5	3	4	10.000	0	0	0	0	5	5
92	5	1	2	3	3	4	7.746	0	0	0	4	0	4
93	5	1	2	4	3	4	8.944	0	0	0	4	0	4
94	5	1	1	4	3	4	6.325	0	0	3	0	0	3
95	2	1	2	5	3	4	6.325	0	0	3	0	0	3
96	1	1	1	5	4	4	3.651	1	0	0	0	0	1
97	2	1	2	5	4	4	7.303	0	0	3	0	0	3
98	1	1	2	5	4	4	5.164	0	2	0	0	0	2
99	1	1	1	1	4	4	1.633	1	0	0	0	0	1
100	1	1	1	5	4	4	3.651	1	0	0	0	0	1
101	1	1	1	5	4	4	3.651	1	0	0	0	0	1
102	3	1	1	5	4	4	6.325	0	0	3	0	0	3
103	1	1	1	5	3	4	3.162	1	0	0	0	0	1
104	3	1	1	5	3	4	5.477	0	2	0	0	0	2
105	1	1	1	5	3	4	3.162	1	0	0	0	0	1
106	3	1	1	4	3	4	4.899	0	2	0	0	0	2
107	2	1	1	5	3	4	4.472	0	2	0	0	0	2
108	2	1	1	5	3	4	4.472	0	2	0	0	0	2
109	1	1	1	5	3	4	3.162	1	0	0	0	0	1
110	1	1	1	4	3	4	2.828	1	0	0	0	0	1
111	1	1	1	5	3	4	3.162	1	0	0	0	0	1
112	3	1	1	3	1	4	2.449	1	0	0	0	0	1
113	5	1	1	5	4	4	8.165	0	0	0	4	0	4
114	5	1	1	5	4	4	8.165	0	0	0	4	0	4
115	3	1	2	4	3	4	6.928	0	0	3	0	0	3
116	2	1	2	4	3	4	5.657	0	2	0	0	0	2

117	2	1	2	5	3	4	6.325	0	0	3	0	0	3
118	2	1	2	4	3	4	5.657	0	2	0	0	0	2
119	2	1	2	5	3	4	6.325	0	0	3	0	0	3
120	2	1	2	4	3	4	5.657	0	2	0	0	0	2
121	3	1	2	4	3	4	6.928	0	0	3	0	0	3
122	3	1	2	5	3	4	7.746	0	0	0	4	0	4
123	5	1	2	4	3	4	8.944	0	0	0	4	0	4
124	5	1	2	5	3	4	10.000	0	0	0	0	5	5
125	5	1	2	5	3	4	10.000	0	0	0	0	5	5
126	5	1	2	3	3	4	7.746	0	0	0	4	0	4
127	3	1	2	4	3	4	6.928	0	0	3	0	0	3
128	3	1	1	4	3	4	4.899	0	2	0	0	0	2
129	3	1	1	4	3	4	4.899	0	2	0	0	0	2
130	5	1	1	4	4	4	7.303	0	0	3	0	0	3
131	5	1	1	5	4	4	8.165	0	0	0	4	0	4
132	5	1	1	5	4	4	8.165	0	0	0	4	0	4
133	5	1	1	5	4	4	8.165	0	0	0	4	0	4
134	5	1	1	5	4	4	8.165	0	0	0	4	0	4
135	5	1	1	4	4	4	7.303	0	0	3	0	0	3
136	5	1	2	5	4	4	11.547	0	0	0	0	5	5
137	5	1	1	4	3	4	6.325	0	0	3	0	0	3
138	5	1	1	3	3	4	5.477	0	2	0	0	0	2
139	5	1	1	4	3	4	6.325	0	0	3	0	0	3
140	3	1	1	4	3	4	4.899	0	2	0	0	0	2

Tabla 7.8: Resultados completos IVC según Pierce, igualmente ponderados.

Manzana	a	b	c	d	e	f	IVC	muy bajo (1)	bajo (2)	medio (3)	alto (4)	muy alto (5)	IVC mapa
1	2	5	5	1	3	2	18	0	0	0	4	0	4
1_b	1	1	3	2	3	4	14	1	0	0	0	0	1
2	1	1	4	1	1	2	10	1	0	0	0	0	1
3	1	5	5	2	1	1	15	0	2	0	0	0	2
4	1	2	5	1	3	2	14	1	0	0	0	0	1
5	1	1	4	2	3	4	15	0	2	0	0	0	2
6	3	1	3	3	4	4	18	0	0	0	4	0	4
7	1	1	4	2	4	4	16	0	2	0	0	0	2
8	1	1	4	1	3	4	14	1	0	0	0	0	1
9	3	1	2	2	1	5	14	1	0	0	0	0	1
10	2	2	4	2	2	4	16	0	2	0	0	0	2
11	3	2	3	3	2	4	17	0	0	3	0	0	3

12	2	2	4	3	2	4	17	0	0	3	0	0	3
13	4	3	5	2	2	4	20	0	0	0	0	5	5
14	5	4	5	1	3	5	23	0	0	0	0	5	5
15	1	2	5	2	3	4	17	0	0	3	0	0	3
16	1	1	4	3	3	4	16	0	2	0	0	0	2
17	3	1	3	3	3	4	17	0	0	3	0	0	3
18	1	1	4	3	4	4	17	0	0	3	0	0	3
19	1	1	3	4	1	4	14	1	0	0	0	0	1
20	4	1	3	1	3	4	16	0	2	0	0	0	2
21	5	1	3	2	2	4	17	0	0	3	0	0	3
22	5	1	3	2	5	3	19	0	0	0	4	0	4
23	3	1	3	4	2	4	17	0	0	3	0	0	3
24	1	1	3	5	2	4	16	0	2	0	0	0	2
25	2	1	3	3	2	4	15	0	2	0	0	0	2
26	1	1	4	4	3	4	17	0	0	3	0	0	3
27	1	2	5	3	2	4	17	0	0	3	0	0	3
28	3	4	5	2	2	5	21	0	0	0	0	5	5
29	5	4	5	1	2	4	21	0	0	0	0	5	5
30	5	5	5	1	2	4	22	0	0	0	0	5	5
31	2	5	5	1	2	4	19	0	0	0	4	0	4
32	3	5	5	1	3	4	21	0	0	0	0	5	5
33	3	5	5	1	2	4	20	0	0	0	0	5	5
34	5	5	4	1	1	4	20	0	0	0	0	5	5
35	5	4	4	3	2	4	22	0	0	0	0	5	5
36	5	4	5	3	3	5	25	0	0	0	0	5	5
37	3	4	5	4	2	4	22	0	0	0	0	5	5
38	1	4	5	4	2	4	20	0	0	0	0	5	5
39	3	4	5	1	2	3	18	0	0	0	4	0	4
40	1	1	3	1	1	3	10	1	0	0	0	0	1
41	1	1	3	4	2	4	15	0	2	0	0	0	2
42	1	1	3	3	3	5	16	0	2	0	0	0	2
43	1	1	3	2	2	4	13	1	0	0	0	0	1
44	1	1	3	5	2	4	16	0	2	0	0	0	2
45	3	1	3	3	4	4	18	0	0	0	4	0	4
46	1	2	4	3	3	4	17	0	0	3	0	0	3
47	1	2	4	4	3	4	18	0	0	0	4	0	4
48	1	1	4	1	1	1	9	1	0	0	0	0	1
49	1	1	3	4	3	4	16	0	2	0	0	0	2
50	2	2	5	2	3	4	18	0	0	0	4	0	4
51	2	2	5	2	3	4	18	0	0	0	4	0	4
52	5	2	5	2	2	5	21	0	0	0	0	5	5

53	5	4	4	1	1	4	19	0	0	0	4	0	4
54	5	4	5	1	2	4	21	0	0	0	0	5	5
55	5	4	3	2	2	4	20	0	0	0	0	5	5
56	5	5	4	2	2	4	22	0	0	0	0	5	5
57	3	5	5	2	2	4	21	0	0	0	0	5	5
58	3	5	5	2	3	4	22	0	0	0	0	5	5
59	4	5	4	2	3	4	22	0	0	0	0	5	5
60	5	4	4	2	3	5	23	0	0	0	0	5	5
61	5	4	3	3	2	5	22	0	0	0	0	5	5
62	5	4	4	3	2	4	22	0	0	0	0	5	5
63	5	4	4	2	2	4	21	0	0	0	0	5	5
64	5	4	4	3	2	4	22	0	0	0	0	5	5
65	5	4	5	2	2	4	22	0	0	0	0	5	5
66	5	4	5	1	3	4	22	0	0	0	0	5	5
67	2	4	3	2	3	4	18	0	0	0	4	0	4
68	3	2	3	3	3	4	18	0	0	0	4	0	4
69	2	2	4	3	2	4	17	0	0	3	0	0	3
70	4	4	4	1	2	4	19	0	0	0	4	0	4
71	3	2	4	2	3	4	18	0	0	0	4	0	4
72	3	5	5	2	3	4	22	0	0	0	0	5	5
73	2	2	4	2	3	4	17	0	0	3	0	0	3
74	3	2	4	2	3	4	18	0	0	0	4	0	4
75	2	1	3	1	1	3	11	1	0	0	0	0	1
76	1	1	3	3	3	4	15	0	2	0	0	0	2
77	2	1	3	1	2	3	12	1	0	0	0	0	1
78	1	1	3	3	3	4	15	0	2	0	0	0	2
79	1	1	3	3	3	4	15	0	2	0	0	0	2
80	1	1	3	1	3	4	13	1	0	0	0	0	1
81	3	2	4	1	3	4	17	0	0	3	0	0	3
82	3	2	5	1	3	4	18	0	0	0	4	0	4
83	3	2	5	1	1	4	16	0	2	0	0	0	2
84	1	2	5	1	3	1	13	1	0	0	0	0	1
85	3	1	2	1	3	4	14	1	0	0	0	0	1
86	3	1	2	4	3	4	17	0	0	3	0	0	3
87	2	1	2	4	3	4	16	0	2	0	0	0	2
88	2	1	2	3	3	4	15	0	2	0	0	0	2
89	2	1	2	3	3	4	15	0	2	0	0	0	2
90	5	1	2	3	3	4	18	0	0	0	4	0	4
91	5	1	2	5	3	4	20	0	0	0	0	5	5
92	5	1	2	3	3	4	18	0	0	0	4	0	4
93	5	1	2	4	3	4	19	0	0	0	4	0	4

94	5	1	1	4	3	4	18	0	0	0	4	0	4
95	2	1	2	5	3	4	17	0	0	3	0	0	3
96	1	1	1	5	4	4	16	0	2	0	0	0	2
97	2	1	2	5	4	4	18	0	0	0	4	0	4
98	1	1	2	5	4	4	17	0	0	3	0	0	3
99	1	1	1	1	4	4	12	1	0	0	0	0	1
100	1	1	1	5	4	4	16	0	2	0	0	0	2
101	1	1	1	5	4	4	16	0	2	0	0	0	2
102	3	1	1	5	4	4	18	0	0	0	4	0	4
103	1	1	1	5	3	4	15	0	2	0	0	0	2
104	3	1	1	5	3	4	17	0	0	3	0	0	3
105	1	1	1	5	3	4	15	0	2	0	0	0	2
106	3	1	1	4	3	4	16	0	2	0	0	0	2
107	2	1	1	5	3	4	16	0	2	0	0	0	2
108	2	1	1	5	3	4	16	0	2	0	0	0	2
109	1	1	1	5	3	4	15	0	2	0	0	0	2
110	1	1	1	4	3	4	14	1	0	0	0	0	1
111	1	1	1	5	3	4	15	0	2	0	0	0	2
112	3	1	1	3	1	4	13	1	0	0	0	0	1
113	5	1	1	5	4	4	20	0	0	0	0	5	5
114	5	1	1	5	4	4	20	0	0	0	0	5	5
115	3	1	2	4	3	4	17	0	0	3	0	0	3
116	2	1	2	4	3	4	16	0	2	0	0	0	2
117	2	1	2	5	3	4	17	0	0	3	0	0	3
118	2	1	2	4	3	4	16	0	2	0	0	0	2
119	2	1	2	5	3	4	17	0	0	3	0	0	3
120	2	1	2	4	3	4	16	0	2	0	0	0	2
121	3	1	2	4	3	4	17	0	0	3	0	0	3
122	3	1	2	5	3	4	18	0	0	0	4	0	4
123	5	1	2	4	3	4	19	0	0	0	4	0	4
124	5	1	2	5	3	4	20	0	0	0	0	5	5
125	5	1	2	5	3	4	20	0	0	0	0	5	5
126	5	1	2	3	3	4	18	0	0	0	4	0	4
127	3	1	2	4	3	4	17	0	0	3	0	0	3
128	3	1	1	4	3	4	16	0	2	0	0	0	2
129	3	1	1	4	3	4	16	0	2	0	0	0	2
130	5	1	1	4	4	4	19	0	0	0	4	0	4
131	5	1	1	5	4	4	20	0	0	0	0	5	5
132	5	1	1	5	4	4	20	0	0	0	0	5	5
133	5	1	1	5	4	4	20	0	0	0	0	5	5
134	5	1	1	5	4	4	20	0	0	0	0	5	5

135	5	1	1	4	4	4	19	0	0	0	4	0	4
136	5	1	2	5	4	4	21	0	0	0	0	5	5
137	5	1	1	4	3	4	18	0	0	0	4	0	4
138	5	1	1	3	3	4	17	0	0	3	0	0	3
139	5	1	1	4	3	4	18	0	0	0	4	0	4
140	3	1	1	4	3	4	16	0	2	0	0	0	2

Tabla 7.9: Resultados completos IVC según Pierce, física y socialmente ponderados.

Manzana	a	b	c	d	e	f	IVC Físico	IVC Social
1	2	5	5	1	3	2	4	2
1_b	1	1	3	2	3	4	2	3
2	1	1	4	1	1	2	2	1
3	1	5	5	2	1	1	3	2
4	1	2	5	1	3	2	2	2
5	1	1	4	2	3	4	2	3
6	3	1	3	3	4	4	3	3
7	1	1	4	2	4	4	2	3
8	1	1	4	1	3	4	2	2
9	3	1	2	2	1	5	2	3
10	2	2	4	2	2	4	3	3
11	3	2	3	3	2	4	3	3
12	2	2	4	3	2	4	3	3
13	4	3	5	2	2	4	3	3
14	5	4	5	1	3	5	4	3
15	1	2	5	2	3	4	3	3
16	1	1	4	3	3	4	2	3
17	3	1	3	3	3	4	2	3
18	1	1	4	3	4	4	2	3
19	1	1	3	4	1	4	2	3
20	4	1	3	1	3	4	2	2
21	5	1	3	2	2	4	3	3
22	5	1	3	2	5	3	3	3
23	3	1	3	4	2	4	2	3
24	1	1	3	5	2	4	2	4
25	2	1	3	3	2	4	2	3
26	1	1	4	4	3	4	2	3
27	1	2	5	3	2	4	3	3
28	3	4	5	2	2	5	4	3

29	5	4	5	1	2	4	4	3
30	5	5	5	1	2	4	4	3
31	2	5	5	1	2	4	4	3
32	3	5	5	1	3	4	4	3
33	3	5	5	1	2	4	4	3
34	5	5	4	1	1	4	4	3
35	5	4	4	3	2	4	4	3
36	5	4	5	3	3	5	4	4
37	3	4	5	4	2	4	4	4
38	1	4	5	4	2	4	3	4
39	3	4	5	1	2	3	3	2
40	1	1	3	1	1	3	2	2
41	1	1	3	4	2	4	2	3
42	1	1	3	3	3	5	2	3
43	1	1	3	2	2	4	2	3
44	1	1	3	5	2	4	2	4
45	3	1	3	3	4	4	3	3
46	1	2	4	3	3	4	3	3
47	1	2	4	4	3	4	3	4
48	1	1	4	1	1	1	2	1
49	1	1	3	4	3	4	2	3
50	2	2	5	2	3	4	3	3
51	2	2	5	2	3	4	3	3
52	5	2	5	2	2	5	3	3
53	5	4	4	1	1	4	3	3
54	5	4	5	1	2	4	4	3
55	5	4	3	2	2	4	4	3
56	5	5	4	2	2	4	4	3
57	3	5	5	2	2	4	4	3
58	3	5	5	2	3	4	4	3
59	4	5	4	2	3	4	4	3
60	5	4	4	2	3	5	4	3
61	5	4	3	3	2	5	4	4
62	5	4	4	3	2	4	4	3
63	5	4	4	2	2	4	4	3
64	5	4	4	3	2	4	4	3
65	5	4	5	2	2	4	4	3
66	5	4	5	1	3	4	4	3
67	2	4	3	2	3	4	3	3
68	3	2	3	3	3	4	3	3
69	2	2	4	3	2	4	3	3

70	4	4	4	1	2	4	3	3
71	3	2	4	2	3	4	3	3
72	3	5	5	2	3	4	4	3
73	2	2	4	2	3	4	3	3
74	3	2	4	2	3	4	3	3
75	2	1	3	1	1	3	2	2
76	1	1	3	3	3	4	2	3
77	2	1	3	1	2	3	2	2
78	1	1	3	3	3	4	2	3
79	1	1	3	3	3	4	2	3
80	1	1	3	1	3	4	2	2
81	3	2	4	1	3	4	3	2
82	3	2	5	1	3	4	3	3
83	3	2	5	1	1	4	3	2
84	1	2	5	1	3	1	2	2
85	3	1	2	1	3	4	2	2
86	3	1	2	4	3	4	2	3
87	2	1	2	4	3	4	2	3
88	2	1	2	3	3	4	2	3
89	2	1	2	3	3	4	2	3
90	5	1	2	3	3	4	3	3
91	5	1	2	5	3	4	3	4
92	5	1	2	3	3	4	3	3
93	5	1	2	4	3	4	3	4
94	5	1	1	4	3	4	3	4
95	2	1	2	5	3	4	2	4
96	1	1	1	5	4	4	2	4
97	2	1	2	5	4	4	2	4
98	1	1	2	5	4	4	2	4
99	1	1	1	1	4	4	2	2
100	1	1	1	5	4	4	2	4
101	1	1	1	5	4	4	2	4
102	3	1	1	5	4	4	2	4
103	1	1	1	5	3	4	2	4
104	3	1	1	5	3	4	2	4
105	1	1	1	5	3	4	2	4
106	3	1	1	4	3	4	2	3
107	2	1	1	5	3	4	2	4
108	2	1	1	5	3	4	2	4
109	1	1	1	5	3	4	2	4
110	1	1	1	4	3	4	2	3

111	1	1	1	5	3	4	2	4
112	3	1	1	3	1	4	2	3
113	5	1	1	5	4	4	3	4
114	5	1	1	5	4	4	3	4
115	3	1	2	4	3	4	2	3
116	2	1	2	4	3	4	2	3
117	2	1	2	5	3	4	2	4
118	2	1	2	4	3	4	2	3
119	2	1	2	5	3	4	2	4
120	2	1	2	4	3	4	2	3
121	3	1	2	4	3	4	2	3
122	3	1	2	5	3	4	2	4
123	5	1	2	4	3	4	3	4
124	5	1	2	5	3	4	3	4
125	5	1	2	5	3	4	3	4
126	5	1	2	3	3	4	3	3
127	3	1	2	4	3	4	2	3
128	3	1	1	4	3	4	2	3
129	3	1	1	4	3	4	2	3
130	5	1	1	4	4	4	3	4
131	5	1	1	5	4	4	3	4
132	5	1	1	5	4	4	3	4
133	5	1	1	5	4	4	3	4
134	5	1	1	5	4	4	3	4
135	5	1	1	4	4	4	3	4
136	5	1	2	5	4	4	3	4
137	5	1	1	4	3	4	3	4
138	5	1	1	3	3	4	2	3
139	5	1	1	4	3	4	3	4
140	3	1	1	4	3	4	2	3