



Evaluación del riesgo y desarrollo
de capacidades en Costa Rica

Modelos de exposición y vulnerabilidad

Julio 2025

Preparado para:



Preparado por:



Global Risk Modelling Alliance

InsuResilience Solutions Fund

ISF/GRMA / G.05, BMZ 2021.3683.6

Evaluación del riesgo y desarrollo de capacidades en Costa Rica

Modelos de exposición y vulnerabilidad

Producto 3

(Entregables 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 5a, 6a, 7a, 8a, 8b)

Preparado para:



Julio de 2025

Consultor

INGENIAR CAD/CAE Ltda.
Carrera 19A # 84-14 OF 504
Edificio Torrenova
Bogotá, D.C., Colombia
www.ingeniar-risk.com



Centro Internacional de Métodos
Numéricos en Ingeniería
Edificio C1 Campus Nord UPC
C/ Gran Capità, S/N 08034
Barcelona, España
www.cimne.com



Número de producto: INGENIAR-CIMNE-GRMA-03-v3

Citar como: Cardona, O.D., Bernal, G., Villegas, C., Rincón, D., González, D., Grajales, S., Herrera, S., Molina, J. F., Acosta, M., Brenes, A. (2025). Modelos de exposición y vulnerabilidad – Evaluación del riesgo y desarrollo de capacidades en Costa Rica. Global Risk Modelling Alliance – SUGESE.

TABLA DE CONTENIDO

<u>1 INTRODUCCIÓN</u>	<u>6</u>
1.1 LIMITACIONES EN EL USO Y DESARROLLO DE MODELOS DE VULNERABILIDAD	7
<u>2 PROYECTO ESTRATÉGICO: DEMOSTRACIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO PARA INFRAESTRUCTURA CRÍTICA EN HEREDIA</u>	<u>9</u>
2.1 MODELO DE EXPOSICIÓN DE EDIFICACIONES	9
2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS EDIFICACIONES	9
2.1.2 UBICACIÓN POR SECTORES.....	10
2.1.3 VALORACIÓN ECONÓMICA	13
2.1.4 NÚMERO DE PISOS	16
2.1.5 PERSONAS EN RIESGO	16
2.1.6 SECTOR DE USO	17
2.1.7 RESUMEN DE LA EXPOSICIÓN DE EDIFICACIONES EN HEREDIA	18
2.2 MODELOS DE VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES	19
2.2.1 TIPOLOGÍA GENERAL DE LAS EDIFICACIONES	19
2.2.2 VULNERABILIDAD DEL SECTOR SALUD.....	29
2.3 MODELOS DE EXPOSICIÓN DE INFRAESTRUCTURA	35
2.3.1 CARRETERO	36
2.3.2 FÉRREO	39
2.3.3 ELÉCTRICO	41
2.3.4 TELECOMUNICACIONES	45
2.3.5 HIDROCARBUROS.....	48
2.3.6 AGUA POTABLE.....	49
2.3.7 AGUA RESIDUAL.....	55
2.3.8 RESUMEN DE LA EXPOSICIÓN DE INFRAESTRUCTURA EN HEREDIA	59
2.4 MODELOS DE VULNERABILIDAD DE INFRAESTRUCTURA	59
2.4.1 CARRETERO	60
2.4.2 FÉRREO	64
2.4.3 ELÉCTRICO	66
2.4.4 TELECOMUNICACIONES	69
2.4.5 HIDROCARBUROS.....	71
2.4.6 AGUA POTABLE.....	71
2.4.7 AGUA RESIDUAL.....	73
<u>3 PROYECTO OPERACIONAL 1: EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y CLIMÁTICO EN INFRAESTRUCTURA VIAL – RUTA NACIONAL 2 AUTOPISTA PANAMERICANA (RN2)</u>	<u>76</u>

3.1	MODELOS DE EXPOSICIÓN	76
3.1.1	VÍA.....	76
3.1.2	PUENTES	79
3.2	MODELOS DE VULNERABILIDAD	82
3.2.1	VÍA.....	83
3.2.2	PUENTES	86
4	<u>PROYECTO OPERACIONAL 2: RIESGO DE INUNDACIÓN Y SEQUÍA PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS</u>	<u>89</u>
4.1	MODELOS DE EXPOSICIÓN	89
4.1.1	CAPA DE SUELO	89
4.1.2	CAPA DE CULTIVOS	93
4.1.3	CAPA DE GANADERÍA	99
4.1.4	FINCAS Y PARCELAS NAMA.	104
4.2	MODELOS DE VULNERABILIDAD	106
4.2.1	CULTIVOS DE CAFÉ Y CAÑA DE AZÚCAR	107
4.2.2	PASTURAS PARA GANADERÍA EXTENSIVA	112
4.2.3	APORTE NUTRICIONAL DE LAS PASTURAS	114
5	<u>PROYECTO OPERACIONAL 3: EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN Y RIESGO DE PEQUEÑOS Y MEDIANOS HOTELES Y HOSTALES DEL PROGRAMA FU-TURISMO.....</u>	<u>116</u>
5.1	MODELO DE EXPOSICIÓN.....	116
5.1.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	116
5.1.2	CLASIFICACIÓN HOTELERA.....	122
5.1.3	NÚMERO DE PISOS	126
5.1.4	VALORACIÓN ECONÓMICA.....	128
5.2	MODELO DE VULNERABILIDAD	129
6	<u>PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES</u>	<u>139</u>
7	<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>144</u>

1 INTRODUCCIÓN

El programa Global Risk Modelling Alliance (GRMA), auspiciado por el InsuResilience Solutions Fund (ISF), tiene como objetivo principal fortalecer las capacidades de los países y ciudades en el análisis de riesgos climáticos y de desastres orientados a las finanzas. Esta iniciativa busca llenar vacíos críticos en modelos y datos, mejorando las evaluaciones del riesgo climático y de desastres a nivel nacional y subnacional. Para lograrlo, el GRMA identifica y co-define, junto con socios locales, las necesidades específicas de cada país, ofreciendo herramientas abiertas de gestión de riesgos, datos y acceso a experiencia operativa en financiamiento de riesgos.

La exposición y la vulnerabilidad reflejan las condiciones del entorno socioeconómico en el cual ocurren los eventos de amenaza. La existencia de elementos expuestos en zonas susceptibles a la ocurrencia de fenómenos peligrosos, así como su susceptibilidad al daño, condicionan la ocurrencia de los desastres de forma más determinante que la misma amenaza.

En general, un elemento expuesto es cualquier objeto, elemento, bien o activo susceptible de sufrir daño y pérdida, debido a la ocurrencia de un evento de amenaza. Los elementos expuestos son esenciales en la evaluación del riesgo dado que son los elementos sobre los cuales se cuantifican las pérdidas modeladas.

Podemos agrupar los elementos expuestos en función al tipo de exposición al que pertenecen como edificaciones, infraestructura, cultivos y ganadería, por mencionar algunos. Estos grupos de elementos expuestos tienen características que los diferencian entre sí, tanto en el modelo requerido para representarlos, como en su susceptibilidad al peligro.

La afectación en las edificaciones se mide, en este trabajo, en términos de los daños directos al inmueble, contenidos y lucro cesante por la interrupción en la prestación de un servicio. Las edificaciones suelen agruparse en portafolios en función del responsable final sobre las pérdidas modeladas, permitiendo la simulación de los efectos sobre grandes grupos de elementos expuestos.

Los sistemas de infraestructura constituyen uno de los tipos de exposición de mayor complejidad de modelación. Estos sistemas se componen de elementos individuales que se interconectan, conformando nodos y arcos por donde fluye algún servicio específico. Por lo tanto, los elementos que componen el sistema tienen interdependencia. La afectación tiene que ver con el daño directo a los elementos individuales, y con los cambios que ese daño directo implica a la oferta del servicio prestado. Esta consultoría se enfocará en la afectación directa a los elementos que componen los sistemas de infraestructura.

Finalmente, en el caso de la producción agropecuaria, el elemento expuesto puede entenderse como una unidad de tierra cultivada o productiva. En esta unidad confluyen múltiples aspectos como el tipo de cultivo o sistema productivo presente, el ciclo productivo, la estacionalidad del ciclo, el tipo de suelo, entre otros. La afectación se refiere principalmente a la reducción en el rendimiento de cultivos o en variaciones en la capacidad de carga animal de pasturas, lo que conlleva una pérdida en producción. Esta pérdida se refiere a un flujo económico, y no a la pérdida de un activo, como en el caso de daños en edificaciones e infraestructura.

Por su parte, el problema de vulnerabilidad debe abordarse de forma diferenciada para cada tipo de amenaza considerado. Esto hace que el estudio de la vulnerabilidad de las edificaciones, infraestructura, cultivos y ganadería expuestos sea altamente complejo, pues es un campo de desarrollo aún muy activo a nivel académico y de investigación.

En modelación del riesgo catastrófico las pérdidas se tratan como variables aleatorias. Esto permite considerar directamente en los cálculos la incertidumbre inherente a los montos de pérdida causados por uno u otro evento de un peligro que pueda manifestarse. La vulnerabilidad se define elemento por elemento dentro del portafolio de exposición, lo que significa que la pérdida a la cual se hace referencia aquí es la de un solo elemento expuesto. Para generalizar, la pérdida puede definirse como una variable en el intervalo de 0 a 1, es decir, desde cero hasta el 100% del valor expuesto del elemento (e.g., el valor de reposición de un bien inmueble, el valor de producción anual de un área cultivada, etc.). Esto significa que en adelante y en general cuando se habla de vulnerabilidad, la pérdida corresponde siempre a una pérdida relativa de acuerdo con el grado de daño; es decir, es una fracción del valor expuesto.

Este informe corresponde a los entregables **4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 5a, 6a, 7a, 8a, y 8b** de los Términos de Referencia, y contiene una descripción detallada de los modelos de elementos expuestos y curvas de vulnerabilidad generados y asignados para la modelación del riesgo, de cada uno de los proyectos que componen esta consultoría, con las particularidades de los elementos que conforman la exposición en cada uno de ellos.

Este informe se estructura en diferentes secciones como se detalla a continuación:

Sección 1. Esta introducción

Sección 2. Modelos de exposición y vulnerabilidad para el Proyecto Estratégico: Demostración de métodos de evaluación del riesgo para infraestructura crítica en Heredia.

Sección 3. Modelos de exposición y vulnerabilidad para el Proyecto Operacional 1: Evaluación del riesgo de desastres y climático en infraestructura vial – Ruta Nacional 2 Autopista Panamericana (RN2)

Sección 4. Modelos de exposición y vulnerabilidad para el Proyecto Operacional 2: Riesgo de inundación y sequía para pequeños y medianos productores agropecuarios

Sección 5. Modelos de exposición y vulnerabilidad para el Proyecto Operacional 3: Evaluación de exposición y riesgo de pequeños y medianos hoteles y hostales del programa Fu-turismo.

Sección 6. Presenta un resumen de los contenidos del programa de capacitación en materia de vulnerabilidad y exposición, así como una estadística de las personas de las instituciones costarricenses involucradas en este programa de capacitación, y el estado de avance.

1.1 Limitaciones en el uso y desarrollo de modelos de vulnerabilidad

Este informe hace referencia a un número considerable de modelos de vulnerabilidad necesarios para respaldar las evaluaciones de riesgo realizadas en los distintos proyectos (ver Anexo A.5). Algunos de estos modelos provienen de la literatura científica y técnica existente, la cual en general no es específica para Costa Rica, mientras que otros fueron desarrollados por el consultor específicamente para esta consultoría. En todos los casos, la selección y asignación de los elementos expuestos a los modelos de

vulnerabilidad correspondientes se basa en el criterio profesional y la experiencia del consultor, dado que prácticamente no existen datos ni modelos de vulnerabilidad desarrollados localmente para Costa Rica¹.

Tanto en el uso de modelos existentes como en el desarrollo de nuevos modelos, no se dispone de información suficiente para llevar a cabo un proceso formal de validación. Una validación estadística robusta requeriría, para cada tipo constructivo, elemento de infraestructura, cultivo u otro elemento expuesto, información detallada de pérdidas asociadas a un amplio rango de intensidades de amenaza, con un número adecuado de observaciones en cada nivel de intensidad que permita estimar de forma confiable las propiedades estadísticas de la pérdida. Esto, a su vez, requeriría bases de datos históricas exhaustivas de eventos pasados, que incluyan registros detallados de las pérdidas en elementos individuales, sus características específicas y la intensidad exacta de la amenaza experimentada en cada localización. Dichos conjuntos de datos no existen, ni en Costa Rica ni en ningún otro lugar.

El desarrollo de modelos de vulnerabilidad es una tarea inherentemente compleja y normalmente se fundamenta en análisis detallados de la respuesta de los elementos expuestos frente a distintas intensidades de amenaza. Este trabajo se basa, en la mayoría de los casos, en simulaciones numéricas y dinámicas más que en datos estadísticos empíricos derivados de eventos históricos. En consecuencia, las principales fuentes internacionales de datos de vulnerabilidad (como HAZUS, por ejemplo) dependen en gran medida de literatura científica basada en enfoques de simulación.

Por lo tanto, dentro del alcance de esta consultoría, no es posible generar ni aplicar un procedimiento formal de validación para los modelos de vulnerabilidad aquí presentados. Estos modelos han sido seleccionados o desarrollados con base en la experiencia del consultor. Si bien esto introduce una fuente adicional de incertidumbre, constituye un enfoque razonable y ampliamente aceptado que permite la implementación del proceso de modelación y la generación de los resultados del proyecto.

Lo anterior se describe con mayores detalles en el Anexo A.6.

¹ Estudios previos, como el proyecto CAPRA o GRAF, por ejemplo, hacen uso de modelos previamente existentes provenientes de fuentes internacionales. En dichos estudios no se desarrollaron nuevos modelos

2 PROYECTO ESTRATÉGICO: DEMOSTRACIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO PARA INFRAESTRUCTURA CRÍTICA EN HEREDIA

El objetivo de este proyecto estratégico es realizar una modelación en múltiples sectores de infraestructura en el cantón de Heredia². Este proyecto involucra la evaluación del riesgo sísmico y por inundación en portafolios de *edificaciones* e *infraestructura* de Heredia, de acuerdo con la información disponible por parte del cantón.

2.1 Modelo de exposición de edificaciones

El modelo de exposición de edificaciones para el cantón de Heredia se compone de todas las edificaciones al interior de sus límites administrativos, cubriendo múltiples sectores de uso, incluyendo: *residencial, comercial, educación, salud, fuerza pública, cruz roja, bomberos, patrimoniales y albergues*. La exposición de edificaciones se modela mediante capas de información georreferenciada, en donde cada elemento del portafolio tiene una representación geométrica en el espacio, y atributos que lo caracterizan, incluyendo su ubicación geográfica, valoración económica, tipo o clasificación de vulnerabilidad y ocupación.

El caso del cantón de Heredia es sin duda un caso especial, dada la muy alta disponibilidad de información acerca de los elementos expuestos. Dado que esta situación no es necesariamente igual en otros cantones de Costa Rica, se presenta en el Anexo 1 (A.1) algunas fuentes de información alternativas a las empleadas en la conformación del modelo de Heredia, de tal manera que, en futuros esfuerzos de replicación en otros cantones para los cuales no se cuente con información local de detalle, se cuente con una referencia general de fuentes de información que pueden ser consultadas y explotadas para estos mismos propósitos.

2.1.1 Ubicación geográfica de las edificaciones

La georreferenciación de las edificaciones se basa en la información catastral proporcionada por la Municipalidad de Heredia, en la cual se consultaron las capas que se describen a continuación.

- *Mapa catastral*: contiene la ubicación, identificación y representación gráfica de linderos de las parcelas.
- *Filiales verticales*: contiene información de localización en planta y en altura de las fincas, así como su identificación y delimitación gráfica en los respectivos condominios verticales.
- *Huellas de edificaciones*: contiene la localización georreferenciada de las huellas de los techos de las edificaciones. Teniendo en cuenta que el mapa catastral delimita las parcelas o terrenos, una mejor aproximación sobre las áreas realmente construidas en cada parcela se puede obtener mediante esta capa de huellas.

En la Figura 1 se ilustra una representación gráfica general de las capas mencionadas anteriormente.

² Se refiere a infraestructura crítica existente en el cantón, de acuerdo con las definiciones dadas en el Decreto N° 42465 de MOPT-MINAE-MIVAH.

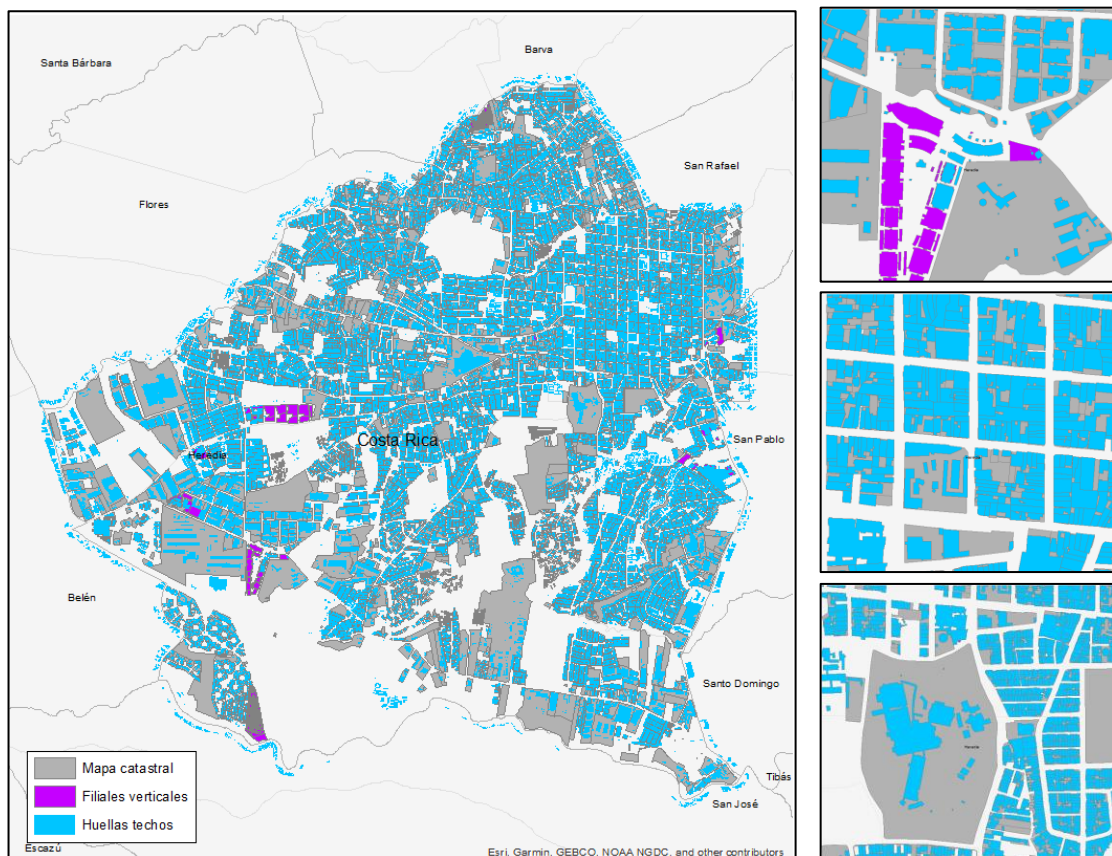


Figura 1. Mapa catastral – Filiales verticales – Huellas techos

2.1.2 Ubicación por sectores

Una vez construido el modelo de ubicación geográfica de las edificaciones, que en el caso del Cantón de Heredia se basa en el mapa catastral, se procedió a identificar sobre este modelo, las edificaciones públicas que deben prestar continuidad en los servicios críticos después de la ocurrencia de un desastre. Con este objetivo, se consultaron diferentes fuentes de información que se describen a continuación de acuerdo con el sector de uso.

2.1.2.1 Sector salud

Para identificar las edificaciones pertenecientes al sector salud se consultó el mapa catastral y los planes generales de emergencia de las áreas de salud suministrados por la Municipalidad de Heredia, en los cuales se describe que el sector salud en el cantón se compone por el Área de Salud Heredia Cubujuquí (ASHC), el Área de Salud Heredia Virilla (ASHV), el Hospital San Vicente de Paul y las clínicas de apoyo. En la Tabla 1 se describen los establecimientos pertenecientes a cada una de las áreas de salud.

Tabla 1. Descripción áreas de salud Cantón Heredia

Nivel de servicio	Área de salud	Establecimiento de salud	
Nivel I	Área de Salud Heredia Cubujuquí (ASHC)	Sede principal	
		Sede alterna	
		Sede estadio	
		EBAIS (Equipos Básicos de Atención Integral en Salud)	Bernardo Benavides
			Bernardo Benavides – La Esperanza
	Área de Salud Heredia Virilla (ASHV)	Sede principal	
		EBAIS (Equipos Básicos de Atención Integral en Salud)	Guararí
			La Milpa
			Los Lagos
			Lagunilla
			El Barreal
			La Aurora
		Clínicas de apoyo	Cubujuquí
	Guararí		
	San Joaquín		
Nivel II	Hospitales regionales	Hospital San Vicente de Paul	

Esta información fue contrastada y complementada con el modelo de exposición del sector salud desarrollado en el marco de la aplicación del primer piloto GRAF 2024 en Costa Rica, construido a partir de información suministrada por la Caja Costarricense de Seguro Social. En la Figura 2 se muestra la ubicación de los establecimientos de salud en el cantón de Heredia.

2.1.2.2 Atención de emergencias

Entre los establecimientos para la atención de emergencias se identificaron las edificaciones pertenecientes a la Cruz roja, Estaciones de bomberos y establecimientos de la Fuerza Pública, los cuales fueron identificados a través de los atributos descriptivos de la capa de áreas públicas suministrada por la municipalidad de Heredia. En la Figura 2 se ilustra la ubicación de los establecimientos para la atención de emergencias en el cantón.

2.1.2.3 Patrimonio

Para identificar y localizar los inmuebles pertenecientes al patrimonio cultural o histórico del cantón, se consultó la plataforma para la búsqueda de bienes declarados patrimonio o de interés cultural del Ministerio de Cultura y Juventud, la cual alberga información para todo el país (Ver Figura 2).

2.1.2.4 Albergues

En la plataforma UBICA de la municipalidad de Heredia se encuentra disponible la capa Albergues que contiene la ubicación de sitios propuestos para albergues ante una emergencia, información suministrada por el Comité Municipal de Emergencia de Heredia (Ver Figura 2).

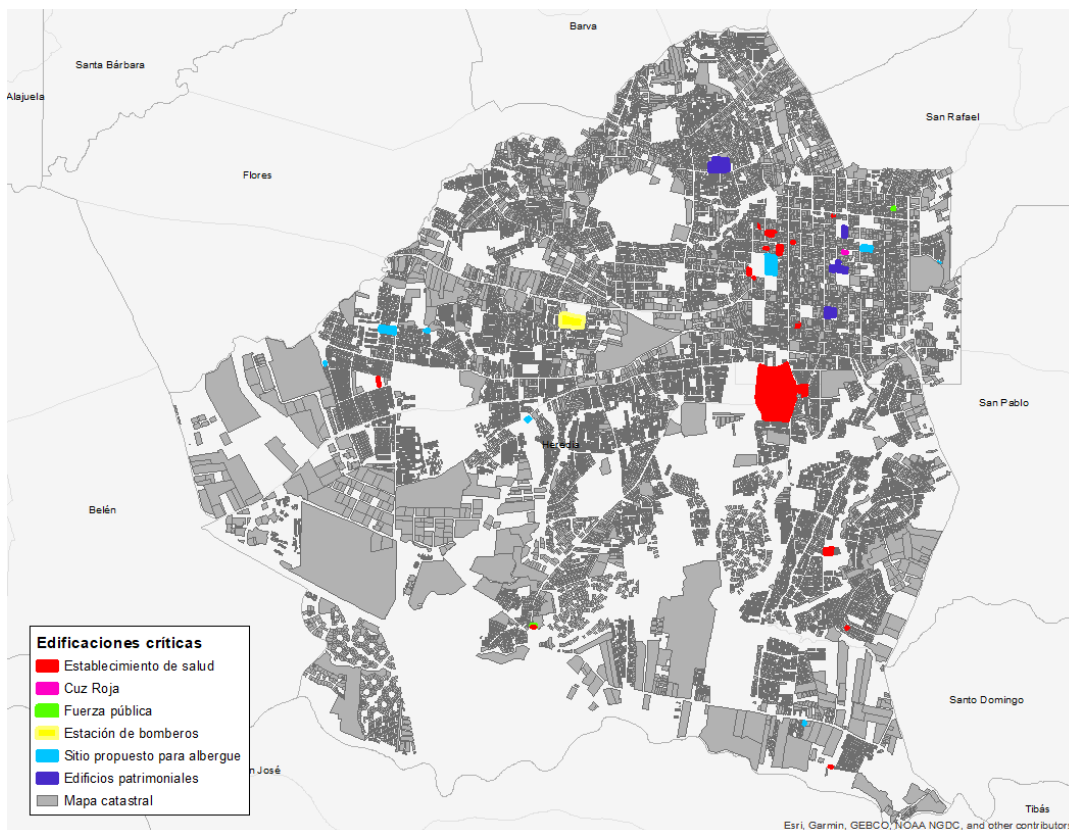


Figura 2. Edificaciones críticas – Cantón Heredia

2.1.2.5 Establecimientos educativos

A través del Sistema de Información Geográfica del Ministerio de Educación Pública – SIGMEP se dispone de una capa de datos abiertos con la ubicación espacial (latitud y longitud) e identificación de los centros educativos públicos y privados de Costa Rica, esta información se unió espacialmente al mapa catastral para complementar la información de establecimientos educativos que esta capa ya identifica. En la Figura 3 se muestra la localización de centros educativos obtenida al combinar estas dos fuentes de información (SIGMEP y mapa catastral).

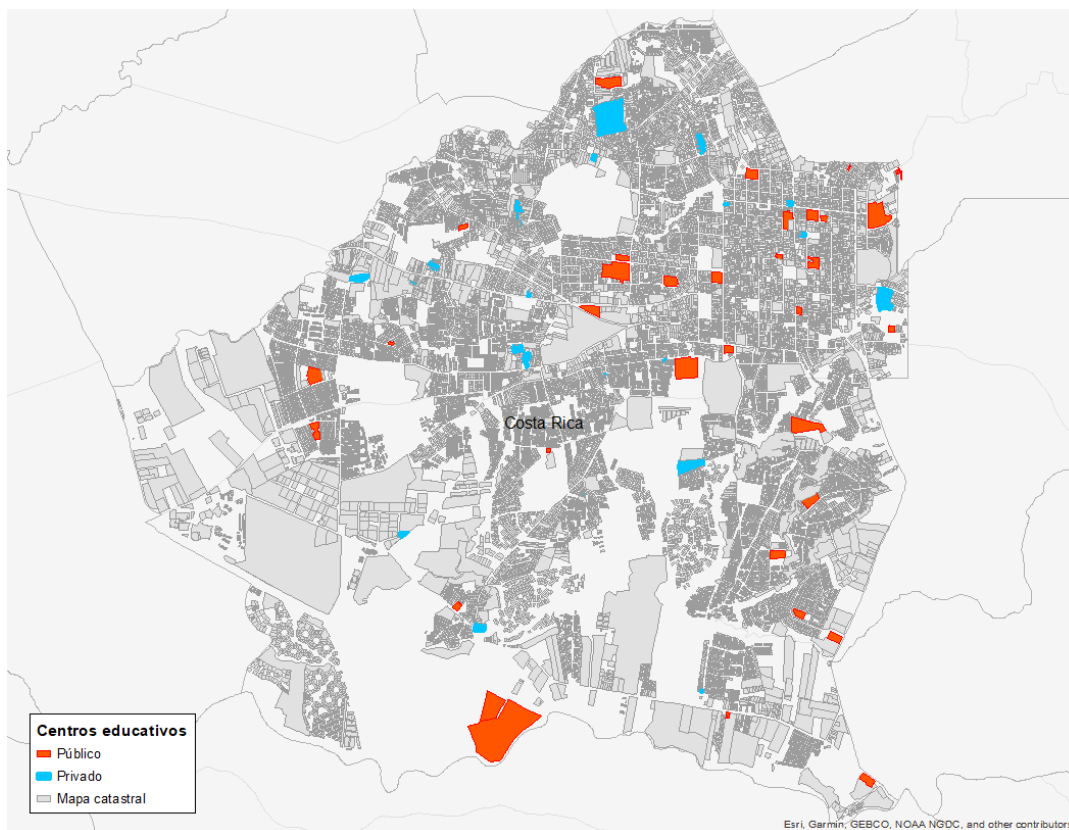


Figura 3. Establecimientos educativos cantón Heredia- SIGMEP

2.1.3 Valoración económica

Para estimar la valoración económica de las edificaciones se extrajo información de diferentes fuentes dependiendo de la disponibilidad por sector de uso y de características particulares de las edificaciones.

2.1.3.1 Valor catastral construcciones

Para estimar la valoración económica de las edificaciones se tomó como base el valor catastral de la construcción en cada una de las parcelas, esta información fue suministrada por la Municipalidad de Heredia entre los atributos descriptivos del mapa catastral. Para las fincas en condominios verticales se realizó la sumatoria del valor catastral de las fincas agrupadas por edificación.

2.1.3.2 Mapa de zonas homogéneas de valor por metro cuadrado

En el caso de las edificaciones que no reportan información de valor catastral debido a que se encuentran exentas del pago de impuestos, y que principalmente corresponde a las edificaciones públicas o del gobierno, se estimó la valoración económica a partir del cálculo del área construida (corresponde al área en planta por el número de plantas o pisos), por el valor del metro cuadrado de la zona homogénea correspondiente. El mapa de zonas homogéneas de valor por metro cuadrado fue proporcionado por la Municipalidad de Heredia y se ilustra en la Figura 4.

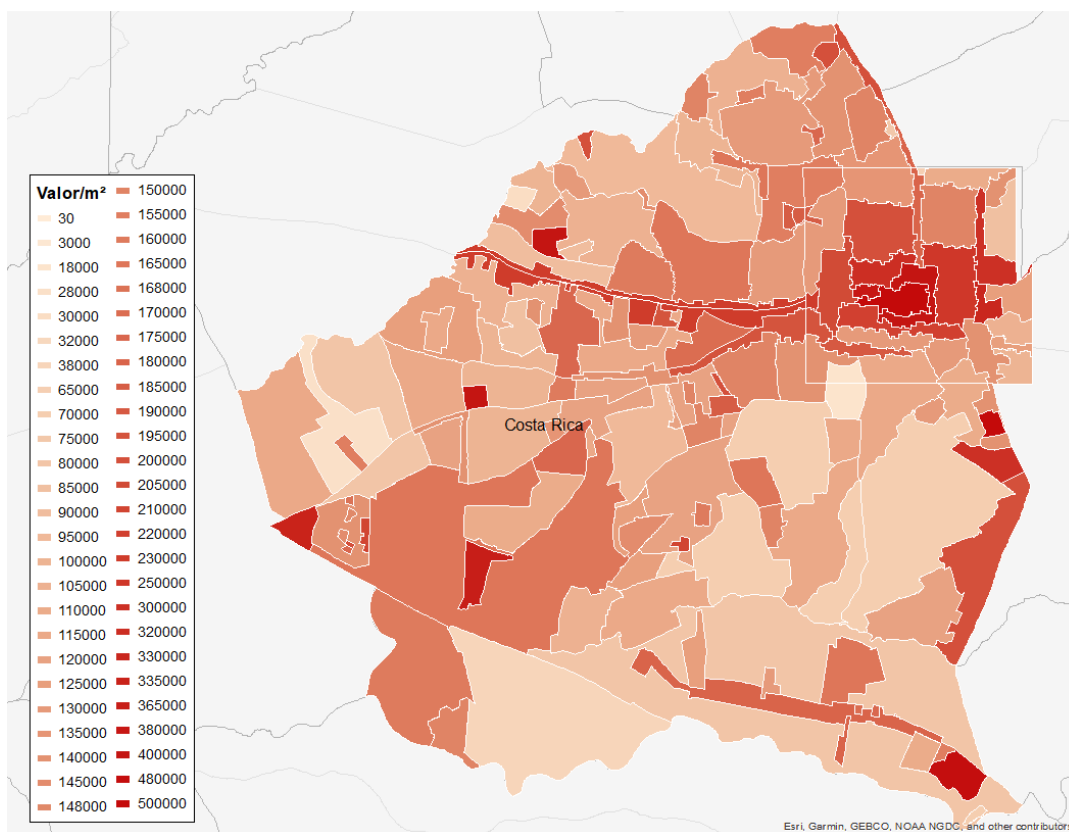


Figura 4. Mapa de zonas homogéneas de valor por metro cuadrado

2.1.3.3 Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva

Para edificaciones particulares como establecimientos de salud o centros educativos (colegios, universidades) se estimó la valoración económica a partir del área construida por el valor unitario por tipología constructiva correspondiente en el Manual de valores base unitarios por tipología constructiva, herramienta desarrollada por el Órgano de Normalización Técnica del Ministerio de Hacienda³.

Este manual es una herramienta desarrollada para determinar el costo de reposición de las construcciones y cuenta con una descripción detallada de cada tipo de construcción, entre las que podemos encontrar:

- Cabañas
- Chalets
- Edificios de Apartamentos
- Hogares de Retiro
- Locales Comerciales
- Edificios Comerciales
- Centros Comerciales
- Edificios de Oficinas
- Edificios Educativos
- Bodegas
- Naves
- Casas Club
- Viviendas de Concreto
- Vivienda de Vidrio
- Viviendas de Muro Seco
- Viviendas en Contenedores
- Vivienda Ensamblada
- Vivienda Loft

³ <https://www.hacienda.go.cr/docs/ManualdeValoresBaseUnitariosporTipologiaConstructiva.pdf>

- Hospitales
- Edificios Religiosos
- Restaurantes
- Cabinas
- Hoteles
- Cines
- Teatros
- Gimnasios
- Vivienda Pirámide
- Viviendas de Plástico
- Viviendas de Madera
- Vivienda de Bambú
- Vivienda de Adobe
- Vivienda de Bahareque
- Galerones

Este manual constituye una herramienta estandarizada y oficial que permitirá estimar de forma detallada según el tipo de construcción, la valoración económica de las construcciones cuando no se cuenta con información de fuentes oficiales como el catastro. Se deberá entonces estimar las áreas construidas (por ejemplo, de las huellas de edificaciones por el número de pisos) para multiplicar por los valores unitarios y así obtener el valor aproximado de la construcción.

En la Figura 5 se muestra la distribución del valor expuesto final obtenido para las edificaciones de Heredia.

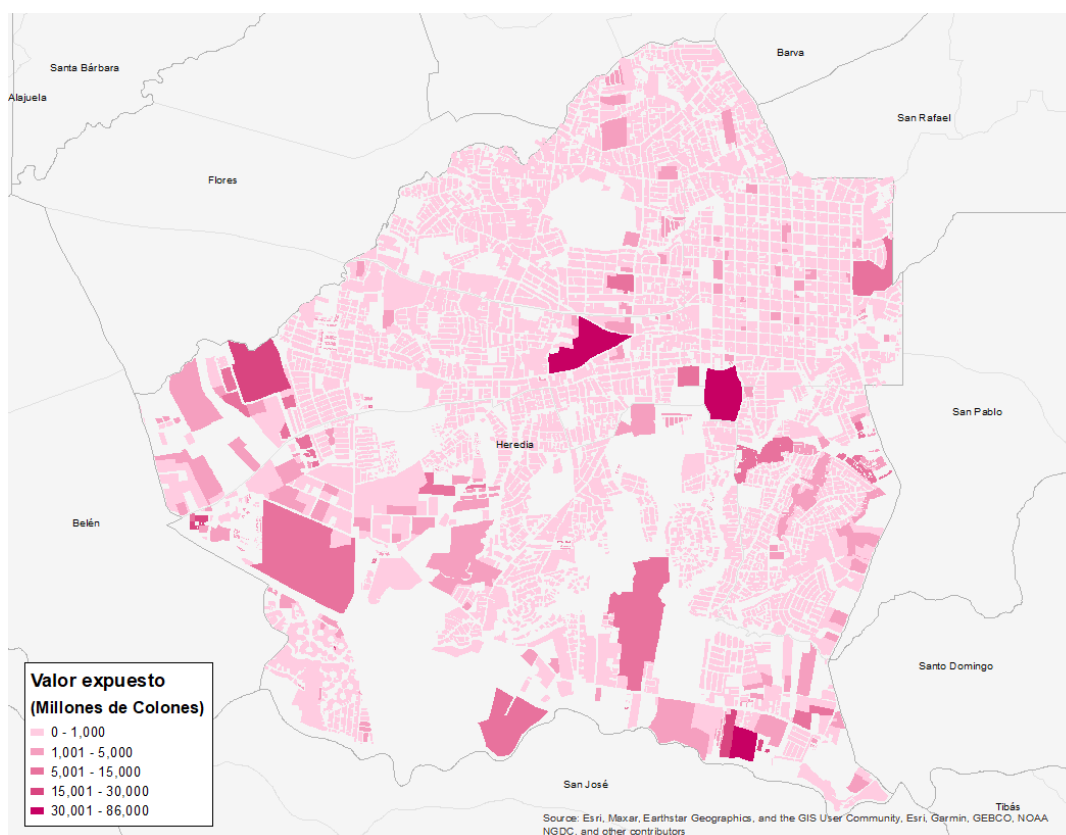


Figura 5. Valoración expuesto

2.1.4 Número de pisos

Para determinar el número de pisos de las edificaciones en el Cantón de Heredia se empleó el atributo descriptivo “PLANTAS” del mapa catastral y para las fincas en condominios verticales se tomó el máximo número de pisos de la capa “Filiales verticales” para el grupo de fincas pertenecientes a una misma edificación.

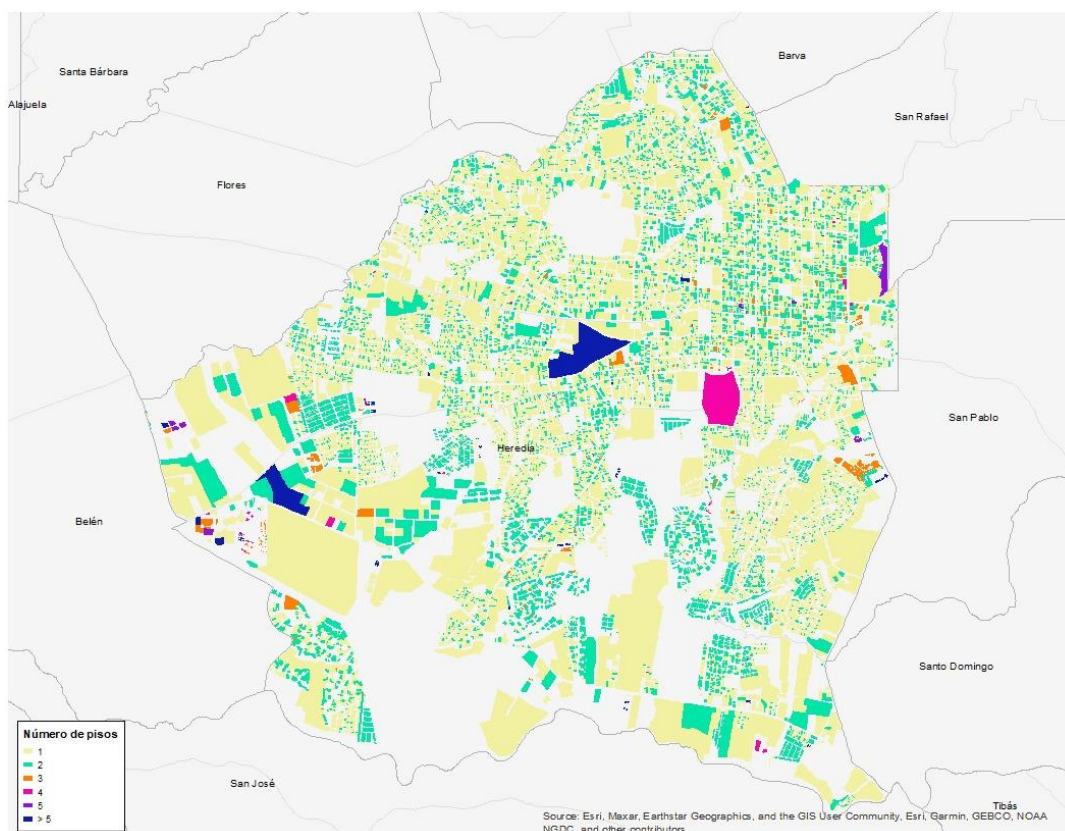


Figura 6. Número de pisos

2.1.5 Personas en riesgo

Según las proyecciones de población del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC la población estimada para el cantón de Heredia en el año 2025 es de 149,930 habitantes⁴. Por otra parte, en la plataforma Ubica de la Municipalidad de Heredia, se encuentra publicada una capa con los datos de población del censo nacional del año 2011. Esta información es presentada a nivel de detalle de Unidades Geoestadísticas Mínimas – UGM, estas unidades están conformadas por los polígonos que rodean las manzanas o por áreas irregulares delimitadas por redes viales, red fluvial como ríos y quebradas u otros elementos de infraestructura cultural.

⁴ <https://services.inec.go.cr/proyeccionpoblacion/frmproyec.aspx>

Para estimar la población en las edificaciones pertenecientes al cantón de Heredia, se tomó la proyección de población a nivel del cantón y se desagregó en las edificaciones de acuerdo con la distribución dada por las unidades geoestadísticas mínimas del censo del año 2011. La Figura 7 presenta la distribución de población en número de habitantes por parcela de acuerdo con la información disponible en el INEC.

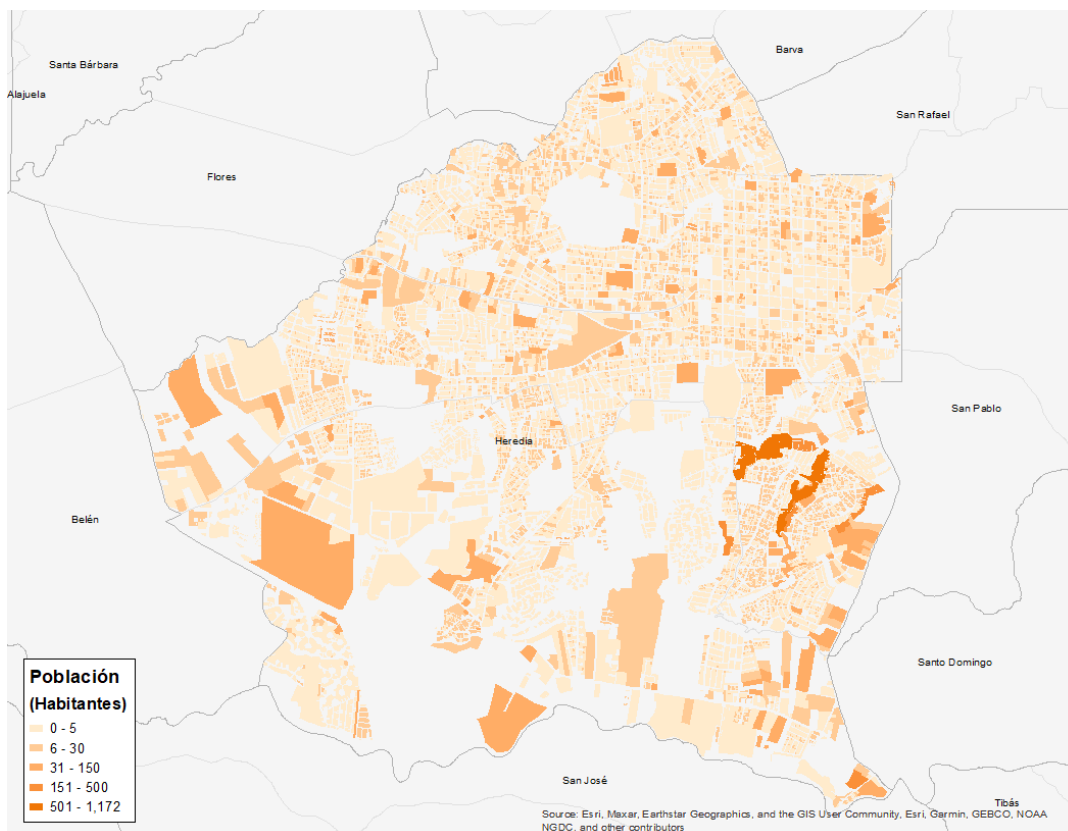


Figura 7. Población por parcela

2.1.6 Sector de uso

Para determinar el sector de uso, en la información suministrada sobre el mapa catastral, se encuentran los atributos descriptivos “USO” y “OBSERVACION” que permiten diferenciar los sectores de uso para cada una de las parcelas, entre los que podemos identificar sectores de uso que no se han tenido en cuenta en los numerales anteriores como los sectores residencial, comercial e industrial. En la Figura 8 se presenta la distribución en el cantón del sector de uso agrupado en sectores de uso generales.

Los campos USO y OBSERVACION se utilizaron de manera complementaria. En particular, el campo OBSERVACION se aplicó cuando el campo USO estaba vacío. Adicionalmente, el campo OBSERVACION se utilizó para obtener un mayor nivel de detalle que el proporcionado por el campo USO. Por ejemplo, el campo OBSERVACION permitió diferenciar e identificar edificaciones críticas, como estructuras históricas, estaciones de policía, estaciones de bomberos, o instalaciones de la Cruz Roja, que se describen en detalle

en este campo, mientras que en el campo USO estas se agrupan dentro de una única categoría de uso institucional.

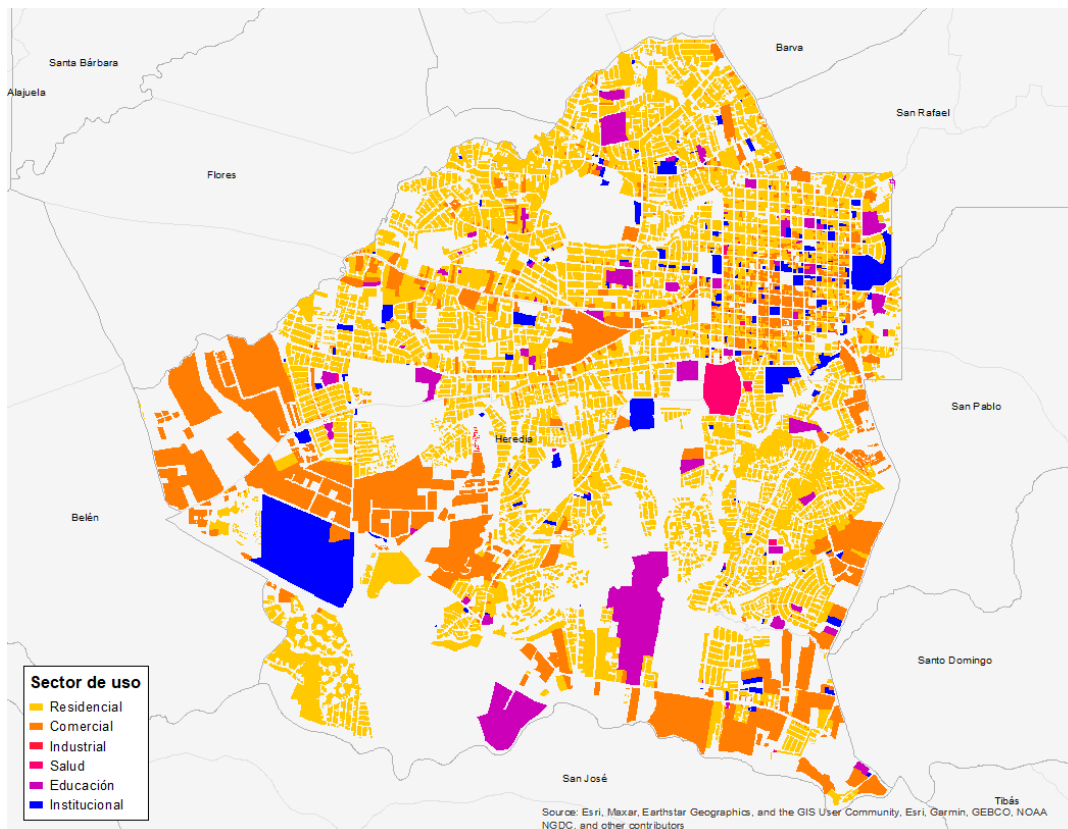


Figura 8. Sector de uso general

2.1.7 Resumen de la exposición de edificaciones en Heredia

Dada la muy extensa cantidad de elementos componen el portafolio de edificaciones del cantón de Heredia, se presenta en esta sección un resumen general con el valor total estimado de reposición y el total de elementos individuales que componen cada sector considerado.

Tabla 2. Valoración económica y elementos de la exposición de edificaciones en el cantón de Heredia

Sector	Valoración económica (₡)	Elementos
Residencial	1,212,441,346,781	33,569 viviendas 10 asentamientos informales
Institucional	91,228,748,233	1 Cruz Roja 1 estación de bomberos 3 edificaciones fuerza pública 7 edificaciones patrimoniales 10 lugares propuestos para albergue 178 edificaciones institucionales (iglesias, edificios públicos)

Sector	Valoración económica (€)	Elementos
Salud	59,871,830,316	1 hospital 2 sedes principales 2 sedes alternas 8 sedes EBAIS 3 clínicas de apoyo
Educación	81,162,415,616	37 establecimientos de educación pública 32 establecimientos de educación privada
Comercial	774,847,802,307	2,086 edificaciones comerciales
Industrial	383,471,866	182 edificaciones industriales

2.2 Modelos de vulnerabilidad de edificaciones

La evaluación de la vulnerabilidad física de los elementos construidos constituye una etapa central dentro del modelo de riesgo desarrollado para esta consultoría. Mientras que el modelo de exposición define la localización, características físicas y valor de reposición de los activos, el modelo de vulnerabilidad permite estimar cómo estos elementos pueden sufrir daños físicos frente a la ocurrencia de amenazas naturales, y en qué medida dicho daño se traduce en pérdida.

Cada elemento edificación se clasifica en una tipología representativa, a la cual se le asocia una función de vulnerabilidad, entendida como una relación matemática entre la intensidad de una amenaza (por ejemplo, aceleración sísmica o altura de inundación) y el porcentaje de pérdida directa esperada sobre el elemento. Estas funciones permiten estimar la probabilidad de daño físico y cuantificar la pérdida económica relativa a partir de los parámetros del evento.

Para el cantón de Heredia, se cuenta con una clasificación tipológica de las todas edificaciones, que provee una descripción detallada desde el punto de vista constructivo y estructural⁵. Esta información es suficiente para los propósitos de modelación del riesgo en la totalidad de los sectores involucrados en esta consultoría. No obstante, se ha buscado generar un modelo especial de arquetipos exclusivamente para el sector salud, dada la alta especialidad de los contenidos de las edificaciones de este sector. Por lo tanto, en esta sección se presentan modelos de vulnerabilidad generales de acuerdo con la tipología constructiva, y modelos de vulnerabilidad para arquetipos de edificaciones de salud.

2.2.1 Tipología general de las edificaciones

Para clasificar la tipología de las edificaciones, la base catastral de Heredia cuenta con atributos descriptivos para la gran mayoría de las edificaciones, sobre el material de la estructura, de paredes, de cubiertas, la edad de la construcción, el estado de conservación, entre otras variables. Uno de los atributos

⁵ La información catastral contiene código de tipología, edificio por edificio. Dicho código se relaciona directamente con las tipologías definidas por el Ministerio de Hacienda de Costa Rica en el documento “Manual de valores base unitarios por tipología constructiva”.

que más información brinda para la clasificación de la tipología es el campo “DESTINO” debido a que caracteriza la tipología de la construcción abarcando todos los atributos indicados anteriormente además de proporcionar información general sobre los posibles contenidos de estas construcciones. En la Figura 9 se muestra la distribución de tipologías de las construcciones pertenecientes al cantón de Heredia. En la Tabla 3 se incluye la descripción detallada de cada una de las tipologías existentes en Heredia.

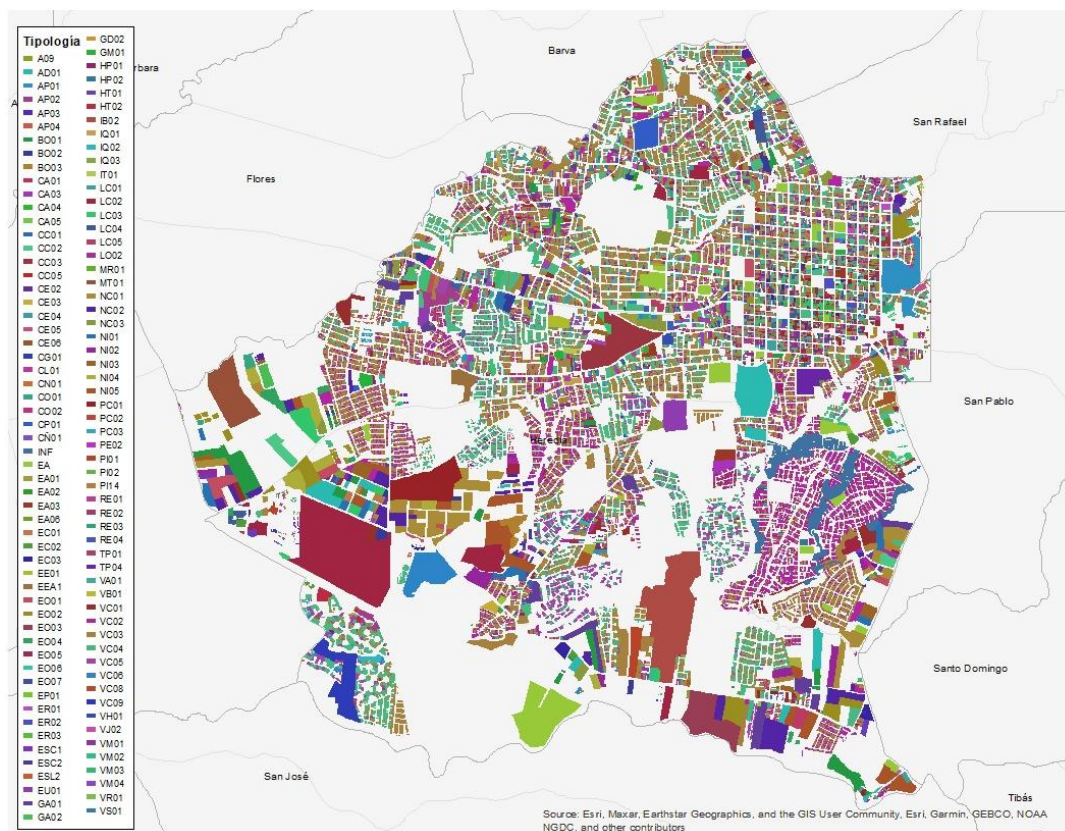


Figura 9. Tipologías de construcciones

Para los diferentes tipos de estructuras contenidos en la descripción de tipologías disponible (ver Tabla 3), se establecen funciones de vulnerabilidad por cada amenaza considerada. Conviene resaltar que no se presentan funciones de vulnerabilidad ante los deslizamientos, dado que se considera una vulnerabilidad binaria (o que se satura; ver sección 9.1.3 del Informe de inicio).

En el caso de la vulnerabilidad sísmica, no se desarrollaron nuevas funciones de vulnerabilidad. La derivación de funciones de vulnerabilidad frente a terremotos representa un esfuerzo considerable que excede ampliamente el alcance de esta consultoría. En su lugar, se utilizó la biblioteca existente de funciones de vulnerabilidad sísmica del proyecto CAPRA, la cual cuenta con funciones listas para su uso que cubren todos los tipos estructurales considerados en esta evaluación.

En cuanto a la vulnerabilidad frente a inundaciones, el enfoque de modelación basado en arquetipos, presentado en el Informe de Inicio (Sección 9), permitió la combinación de funciones de daño de

componentes individuales y de contenidos, dando como resultado el desarrollo de nuevas funciones de vulnerabilidad específicas para esta consultoría.

Tabla 3. Descripción estructural de las tipologías constructivas de Heredia.

ID	Descripción
Viviendas de Concreto	
VC01	Mampostería integral, prefabricado
VC02	Concreto, mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos
VC03	Concreto, mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos
VC04	Concreto, mampostería integral, prefabricado, láminas estructurales con poliestireno o perfiles metálicos
VC05	Concreto, mampostería integral, prefabricado, láminas estructurales con poliestireno o perfiles metálicos
VC06	Columnas y vigas en concreto armado, colado en sitio, láminas estructurales con poliestireno o perfiles metálicos
VC07	Columnas y vigas en concreto armado, colado en sitio, láminas estructurales con poliestireno o perfiles metálicos
VC08	Columnas y vigas en concreto armado, colado en sitio o perfiles metálicos
VC09	Columnas y vigas en concreto armado, colado en sitio o perfiles metálicos
VC10	Columnas de grandes dimensiones, vigas y muros en concreto armado, colado en sitio o perfiles metálicos
Vivienda de Vidrio	
VV01	Columnas y vigas en concreto armado, colado en sitio o perfiles de metal
Viviendas de Muro Seco	
VS01	Perfiles de acero galvanizado fijados con tornillos de acero galvanizado en la base, vigas y elementos horizontales y verticales
VS02	Perfiles de acero galvanizado fijados con tornillos de acero galvanizado en la base, vigas y elementos horizontales y verticales
Viviendas en Contenedores	
VR01	Contenedores reciclados de acero o aluminio y madera contrachapada, anclados sobre cimientos de concreto elevados del
VR02	Contenedores reciclados de acero o aluminio y madera contrachapada, anclados sobre cimientos de concreto elevados del
Vivienda Ensamblada	
VE01	Acero en piezas diseñadas mediante proceso computadorizado para ser ensambladas modularmente
Vivienda Loft	
VL01	Columnas y vigas en concreto armado, colado en sitio, láminas estructurales con poliestireno o perfiles metálicos
Vivienda Pirámide	
VI01	Marcos de metal de tubo cuadrado, estructura secundaria de 7,20 cm x 7,20 cm, ambas soldadas o articuladas. Placa corrida
Viviendas de Plástico	
VP01	Sistema autonivelante o fijo compuesto de elementos de acero galvanizado grado 16 y placas aisladas en forma de
VP02	Sistema de marcos metálicos de perfil cuadrado de 7,62 cm x 7,62 cm o de 10,16 cm x 10,16 cm soldadas o articuladas. Placas
Viviendas de Madera	
VM01	Zócalo de bloques de concreto, madera generalmente de cedro en columnas, cadenillos y soleras de 5 cm x 7,5 cm
VM02	Madera generalmente de cedro en columnas, cadenillos y soleras de 10 cm x 15 cm
VM03	Madera generalmente de cedro en columnas, cadenillos y soleras de 10 cm x 15 cm
VM04	Madera generalmente de cedro en columnas, cadenillos y soleras de 15 cm x 20 cm
Vivienda de Bambú	
VB01	Bambú, zócalo de bloques de concreto, entramado de bambú con estructura de madera de 10 cm x 15 cm
Vivienda de Adobe	
VA01	Madera generalmente de cedro en columnas u horcones, cadenillos o pisos y soleras o vigas. Cimientos de piedra ciclópea y bases de piedra tallada de 10 cm x 15 cm
Vivienda de Bahareque	
VH01	Madera generalmente de cedro en columnas u horcones, cadenillos o pisos y soleras o vigas. Cimientos de piedra ciclópea y bases de piedra tallada de 10 cm x 15 cm
Cabañas	
CÑ01	Postes o estructura en troncos de 12,70 cm, de madera tratada como melina, cedro, laurel o teca y paredes exteriores e interiores con postes de 10 cm, sobre placas corridas o aisladas (pilotes)
CÑ02	Postes o estructura en troncos de 12,70 cm, de madera tratada como melina, cedro, laurel o teca y paredes exteriores e interiores con postes de 10 cm, sobre placas corridas o aisladas (pilotes). Paredes internas con madera tratada de 4,10 cm x 4,10 cm, sobre placas corridas o aisladas (pilotes)

ID	Descripción
CÑ03	Postes o estructura en troncos de 12,70 cm, de madera tratada como melina, cedro, laurel o teca y paredes exteriores e interiores con postes de 10 cm, sobre placas corridas o aisladas (pilotes). Paredes internas con madera tratada de 4,10 cm x 4,10 cm, sobre placas corridas o aisladas (pilotes)
Chalets	
CH01	Columnas y vigas de madera tratada de ciprés, sobre placas corridas o aisladas (pilotes)
CH02	Concreto, mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos
Edificios de Apartamentos	
AP01	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
AP02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
AP03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
AP04	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
AP05	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
AP06	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Hogares de Retiro	
HR01	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado
HR02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
HR03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Locales Comerciales	
LC01	Contenedores reciclados de acero o aluminio y madera contrachapada, anclados sobre cimientos de concreto elevados del suelo. Puede tener contrapisos de concreto sobre los cuales se asienta el contenedor
LC02	Mampostería integral, prefabricado y madera de 5 cm x 7,5 cm
LC03	Mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos
LC04	Mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos
LC05	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
LC06	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Edificios Comerciales	
EC01	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
EC02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
EC03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Centros Comerciales	
CC01	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o de perfiles metálicos
CC02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
CC03	Columnas y vigas en concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
CC04	Columnas y vigas en concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos de alma llena
CC05	Columnas y vigas en concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos de alma llena
CC06	Columnas y vigas en concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos de alma llena
Edificios de Oficinas	
EO01	Mampostería integral o prefabricado
EO02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
EO03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
EO04	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
EO05	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
EO06	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
EO07	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Edificios Educativos	
EA01	Columnas prefabricadas y vigas de perfiles metálicos
EA02	Columnas prefabricadas y vigas de perfiles metálicos
EA03	Sistema autonivelante o fijo compuesto de elementos de acero galvanizado y placas aisladas en forma de pedestales de concreto como cimentación, con anclajes, pedestal nivelador, cuerda y perfiles de cimentación. Columnas de acero
EA04	Mampostería integral o prefabricado y vigas de perfiles metálicos
EA05	Mampostería integral o prefabricado y vigas de perfiles metálicos
EA06	Mampostería integral o concreto armado
EA07	Columnas prefabricadas y vigas en perfiles metálicos
EA08	Columnas y vigas de concreto armado prefabricado o perfiles metálicos
EA09	Columnas y vigas de concreto armado o perfiles metálicos

ID	Descripción
EB01	Columnas prefabricadas y vigas en perfiles metálicos
EB02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
EL01	Vigas y columnas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
EU01	Vigas y columnas en concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Hospitales	
HP01	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos. Diseño conforme a edificaciones de servicios de salud
HP02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos. Diseño conforme a edificaciones de servicios de salud
HP03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos. Diseño conforme a edificaciones de servicios de salud
Edificios Religiosos	
CP01	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
ER01	Mampostería integral o perfiles metálicos
ER02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
ER03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Restaurantes	
RE01	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
RE02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
RE03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
RE04	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Cabinas	
CB01	Bambú, sobre basas y/o zócalos de concreto, entramado de bambú con estructura de madera
CB02	Contenedores reciclados de acero o aluminio y madera contrachapada, anclados sobre cimientos de concreto elevados del suelo. Puede tener contrapisos de concreto sobre los cuales se asienta el contenedor
CB03	Contenedores reciclados de acero o aluminio y madera contrachapada, anclados sobre cimientos de concreto elevados del suelo. Puede tener contrapisos de concreto sobre los cuales se asienta el contenedor
CB04	Estructuras con varillas de acero, malla electrosoldada, recubiertas con cedazo y mortero lanzado
CB05	Tubería de concreto reforzado con armadura de acero, sin recubrimiento exterior e interior; diámetro de 2,44 m. Sin cargas externas
CB06	Mampostería integral o prefabricada
CB07	Mampostería integral o perfiles metálicos
CB08	Mampostería integral o perfiles metálicos
CB09	Mampostería integral y prefabricado, láminas estructurales sobre basas de concreto
CB10	Mampostería integral
CB11	Muro de concreto reforzado en placa de hormigón en bruto o expuesto, sin recubrimiento exterior e interior; baldosas de concreto
CB12	Columnas y vigas de madera de buena calidad. De variadas formas, generalmente pentagonal. Algunas están adheridas a los troncos de los árboles
CB13	Columnas y vigas de madera de buena calidad en grandes dimensiones, y/o perfiles metálicos. De variadas formas como hexagonal y rectangular, principalmente
CB14	Bases de diversos tipos como plataformas de madera sobre basas de concreto, o sobre pilotes, losas de concreto, todas estas bases contienen los anclajes necesarios que sostienen la estructura de tubos galvanizados antioxidantes que funcionan como
CB15	Columnas y vigas combinadas de metal y madera, la mayor parte metálica; sobre basas de concreto rectangulares de 50 cm x 50 cm, empotrados, a una altura aproximada de 7,00 m o más desde el suelo
CB16	Columnas y vigas combinada de metal y madera, la mayor parte metálica; sobre pilotes de concreto empotrados a una altura aproximada de 7,00 m o más desde el suelo
Hoteles	
HT01	Mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos
HT02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado y/o perfiles metálicos
HT03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado y/o perfiles metálicos
HT04	Columnas y vigas de concreto armado o prefabricado y/o perfiles metálicos
HT05	Columnas y vigas de concreto armado coladas en sitio o prefabricadas y/o perfiles metálicos
Moteles	
MO01	Prefabricado y/o perfiles metálicos

ID	Descripción
MO02	Mampostería integral o prefabricado
MO03	Columnas y vigas de concreto armado o vigas metálicas
MO04	Columnas y vigas de concreto armado o vigas metálicas
Cines	
CI01	Columnas y vigas de concreto armado
Teatros	
TE01	Concreto o mampostería integral
TE02	Columnas y vigas de concreto armado o perfiles metálicos
Gimnasios	
GM01	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
GM02	Mampostería integral o perfiles metálicos
GM03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Galerones	
GA01	Columnas y vigas de madera rolliza
GA02	Columnas y vigas de metal
GA03	Mampostería integral o prefabricado
Bodegas	
BO01	Contenedores reciclados de acero o aluminio y madera contrachapada, anclados sobre cimientos de concreto elevados del suelo. Puede tener contrapisos de concreto sobre los cuales se asienta el contenedor
BO02	Columnas y vigas de concreto armado o de perfiles metálicos
BO03	Columnas y vigas de perfiles metálicos
Naves	
NA01	Columnas y vigas de perfiles metálicos o similar
NA02	Columnas y vigas de perfiles metálicos de alma abierta o alma llena
NA03	Columnas y vigas de perfiles metálicos de alma abierta o alma llena
NA04	Columnas y vigas de perfiles metálicos de alma abierta o alma llena
NA05	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricadas
Casas Club	
CL01	Vigas y columnas de concreto o acero
CL02	Columnas y vigas de concreto armado o mampostería integral o perfiles metálicos
CL03	Columnas y vigas de concreto armado o mampostería integral o perfiles metálicos
Edificios de Parqueo	
EP01	Columnas y vigas de concreto armado
EP02	Columnas y vigas de concreto armado
EP03	Columnas, vigas y plataforma o bandeja portadora en acero estructural de 1,80 m a 2,50 m de ancho y de 5,00 m a 6,50 m de largo con 1,50 m a 2,20 m de altura; espesor de 0,8 cm a 2,54 cm; uniones soldadas y sistema hidráulico de soporte inclinado
EP04	Columnas, vigas y plataforma o bandeja portadora en acero estructural de 1,80 m a 2,80 m de ancho y de 5,00 m a 6,50 m de largo, altura de 1,50 m a 4,50 m, espesor de 0,8 cm a 2,54 cm; uniones soldadas y sistema hidráulico de soporte vertical para
EP05	Columnas y vigas en acero estructural de 1,80 m a 2,50 m de ancho, con 5,00 m a 6,50 m de largo y de 1,60 m a 5,00 m de altura; espesor de 0,8 cm a 2,54 cm; uniones soldadas y con sistema hidráulico de tracción o retiro independiente de los
EP06	Columnas y vigas en acero estructural de 2,10 m a 3,50 m de ancho, 5,15 m a 6,50 m de largo y de 1,50 m a 2,20 m de altura; espesor de 0,8 cm a 2,54 cm; uniones soldadas y sistema hidráulico de soporte vertical, en cada par de postes, para llegar al
EP07	Columnas y vigas en acero estructural de 2,10 m a 3,50 m de ancho, con 5,15 m a 6,50 m de largo y de 1,50 m a 2,20 m de altura; espesor de 0,8 cm a 2,54 cm, uniones soldadas y sistema hidráulico de soporte vertical, en cada par de postes, para
EP08	Columnas y vigas en acero estructural de 2,10 m a 3,50 m de ancho, con 5,15 m a 6,50 m de largo, 1,50 m a 2,20 m de altura individual; espesor de 0,8 cm a 2,54 cm; uniones soldadas y sistema hidráulico de soporte de las bandejas. La altura final
EP09	Columnas y vigas en acero estructural de 2,10 m a 3,50 m de ancho y 6,00 m a 7,50 m de largo y de 1,50 m a 2,20 m de altura; espesor de 0,8 cm a 2,54 cm; con uniones soldadas y con sistema hidráulico de soporte de las plataformas giratorias
EP10	Columnas y vigas en acero estructural de 2,10 m a 3,50 m de ancho, con 6,00 m a 7,50 m de largo y de 1,50 m a 2,20 m de altura; espesor de 0,8 cm a 2,54 cm; uniones soldadas y sistema hidráulico de soporte; distribución por medio de un ascensor

La Figura 10 a la Figura 13 presentan una colección de funciones de vulnerabilidad disponibles para diferentes sistemas estructurales generales, expresadas en términos de la altura (tirante) de inundación

con respecto al nivel del terreno. Las funciones de vulnerabilidad presentadas se obtuvieron de la biblioteca de funciones de vulnerabilidad de CAPRA. Dichas funciones se basaron originalmente en HAZUS-MH y fueron modificadas por INGENIAR-CIMNE para adaptarlas a las tipologías de construcción de Centroamérica. Mayores detalles en ERN-AL (2008).

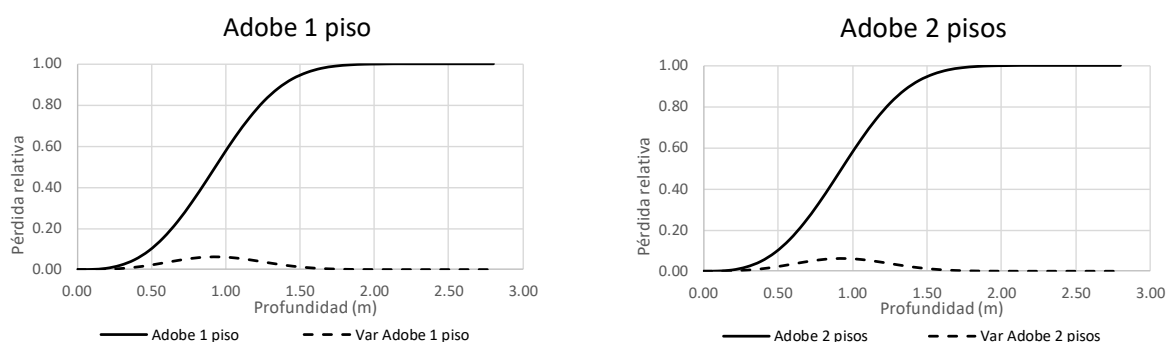


Figura 10. Funciones de vulnerabilidad adobe ante inundaciones

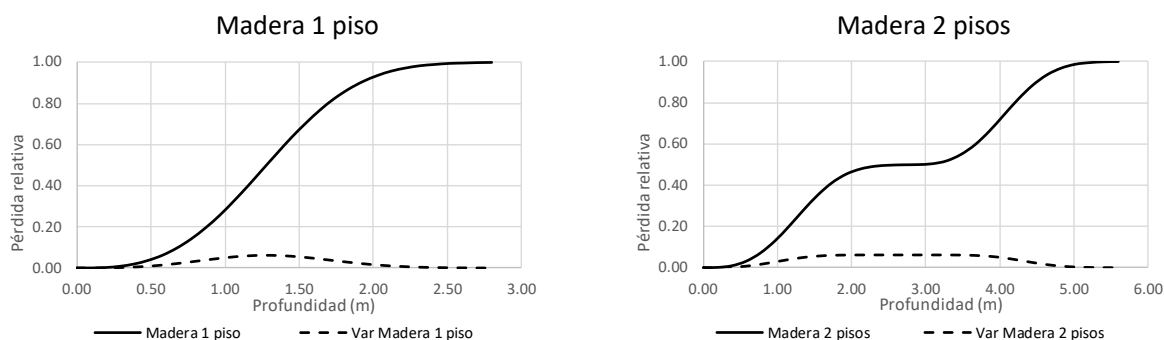
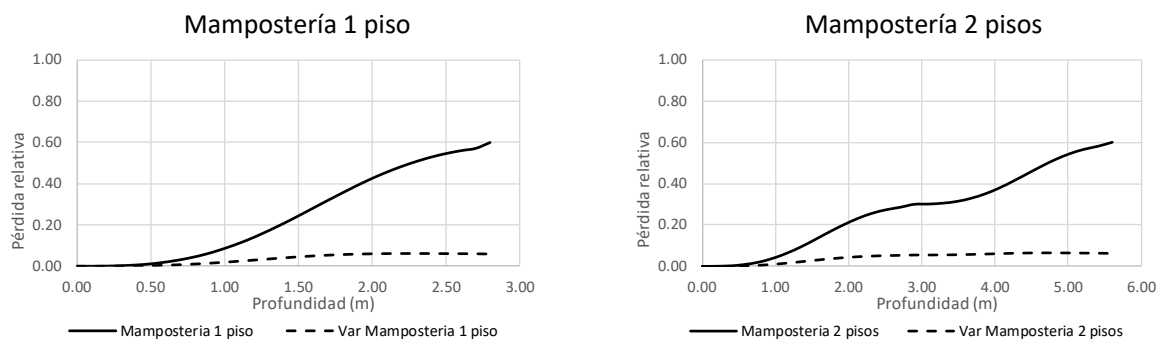
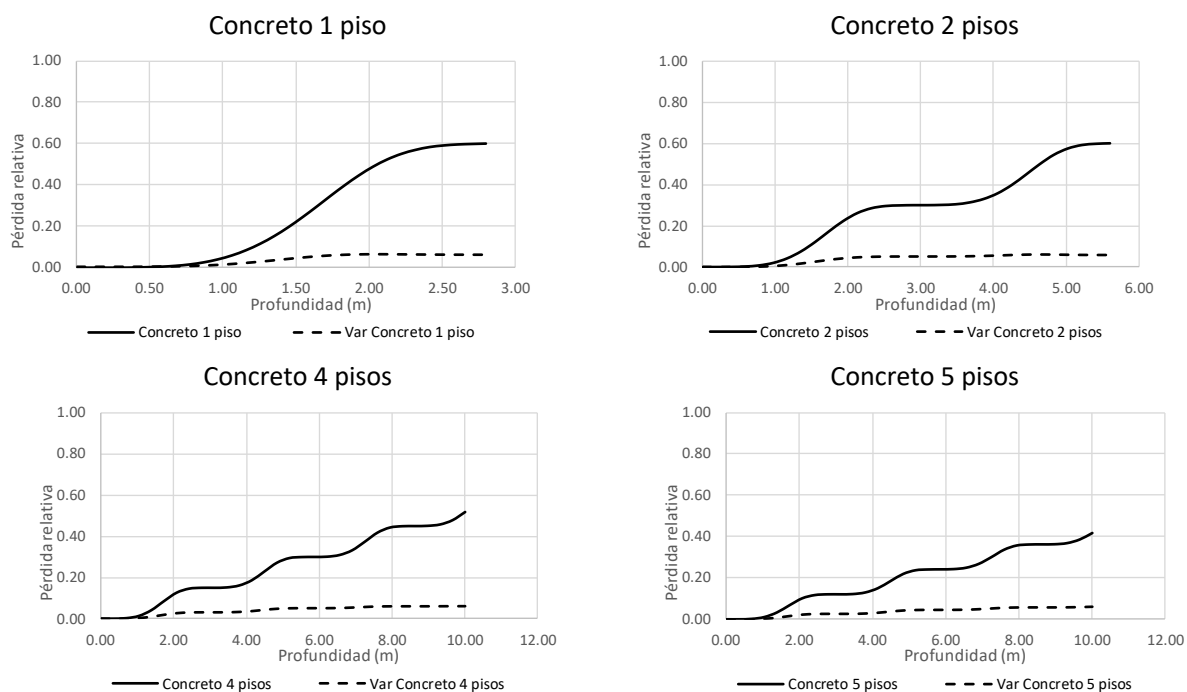
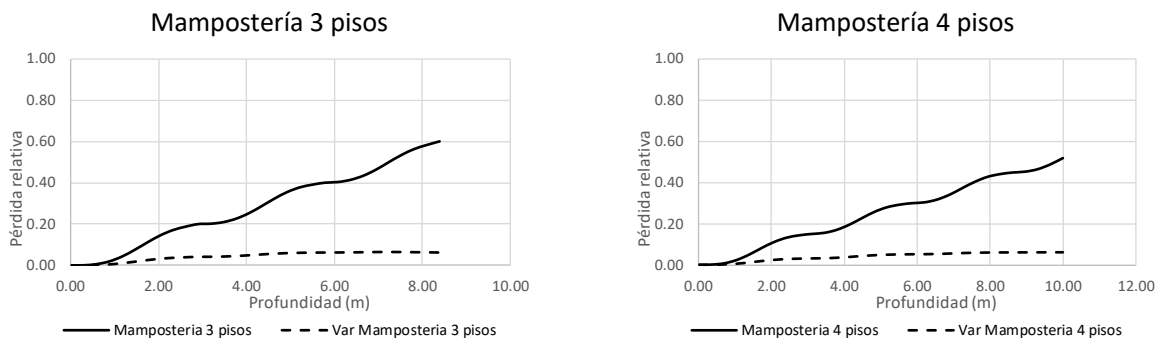


Figura 11. Funciones de vulnerabilidad madera ante inundaciones





La Figura 14 a la Figura 17 presentan una colección no exhaustiva de funciones de vulnerabilidad sísmica disponibles para diferentes sistemas estructurales generales, expresadas en términos de la aceleración pico del terreno (PGA).

Adobe

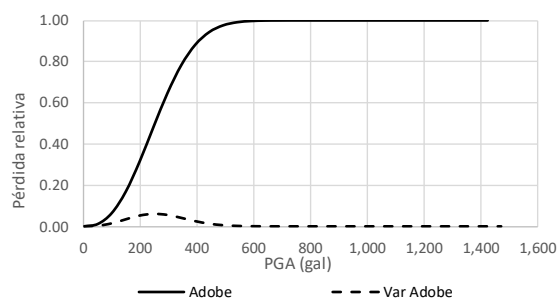


Figura 14. Funciones de vulnerabilidad adobe ante sismo

Madera

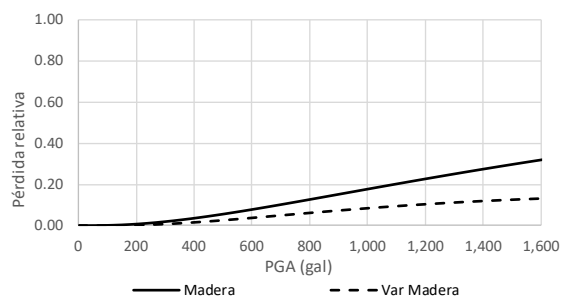


Figura 15. Funciones de vulnerabilidad madera ante sismo

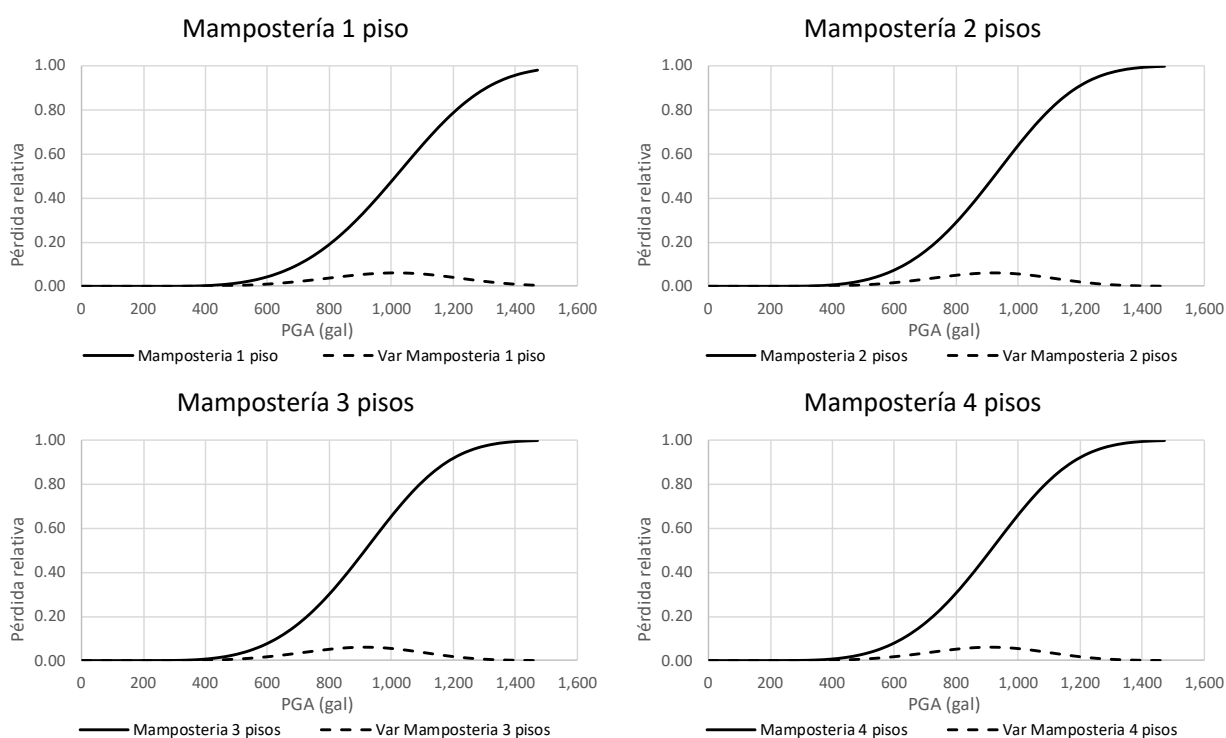


Figura 16. Funciones de vulnerabilidad mampostería ante sismo

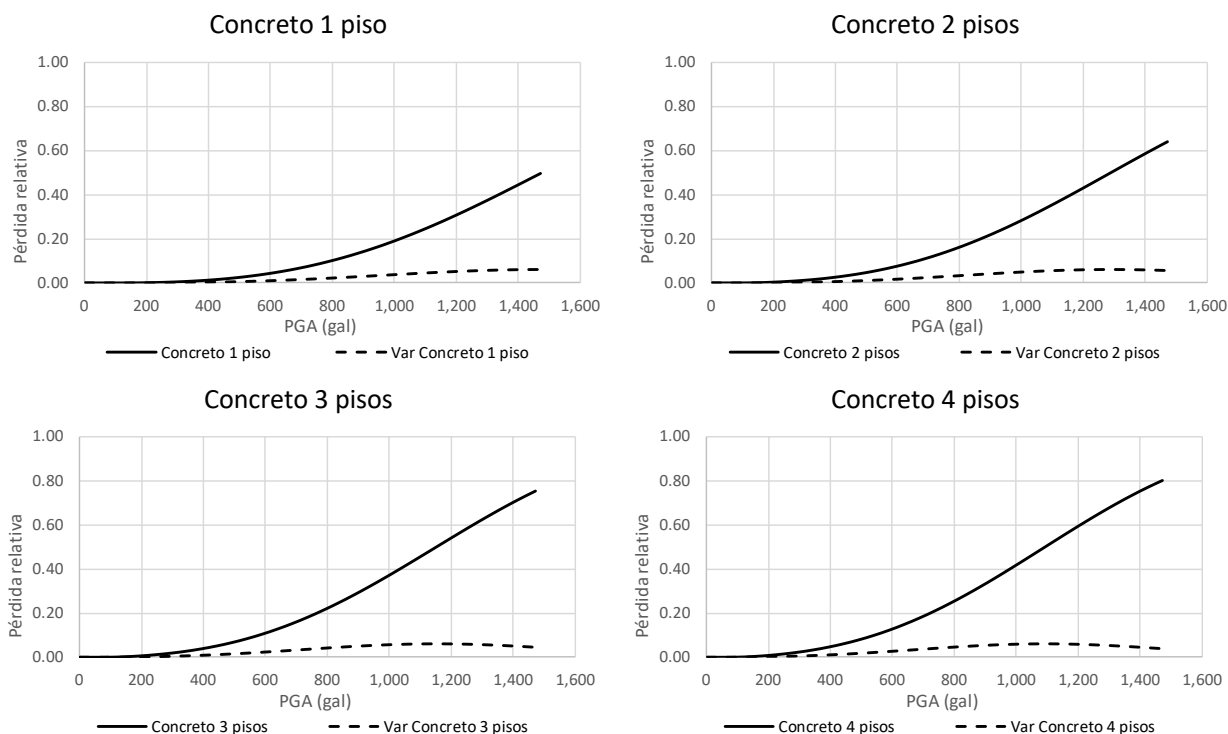


Figura 17. Funciones de vulnerabilidad concreto ante sismo

2.2.2 Vulnerabilidad del sector salud

De acuerdo con la información disponible empleada en la construcción del modelo de exposición, el sector salud en el cantón de Heredia se compone por el Área de Salud Heredia Cubujuquí (ASHC), el Área de Salud Heredia Virilla (ASHV), el Hospital San Vicente de Paul y las clínicas de apoyo. En la Tabla 4 se indican los establecimientos que pertenecen a cada una de estas áreas de salud y el nivel de servicio que prestan.

Tabla 4. Descripción áreas de salud

Nivel de servicio	Área de salud	Establecimiento de salud	
Nivel I	Área de Salud Heredia Cubujuquí (ASHC)	Sede principal	
		Sede alterna	
		Sede estadio	
		EBAIS (Equipos Básicos de Atención Integral en Salud)	Bernardo Benavides
	Área de Salud Heredia Virilla (ASHV)	Bernardo Benavides – La Esperanza	
		Sede principal	
		EBAIS (Equipos Básicos de Atención Integral en Salud)	Guararí
			La Milpa
			Los Lagos
			Lagunilla
			El Barreal
			La Aurora

Nivel de servicio	Área de salud	Establecimiento de salud
	Clínicas de apoyo	Cubujuquí
		Guararí
		San Joaquín
Nivel II	Hospitales regionales	Hospital San Vicente de Paul

Para caracterizar los establecimientos de salud, se definen modelos de arquetipos de acuerdo con el grado de especialización y complejidad de los servicios típicamente prestados. La definición del arquetipo radica entonces en la relación de precio entre lo que corresponde a la infraestructura de salud (es decir, la construcción del establecimiento) y su equipamiento (instalaciones, equipos y contenidos en general).

La caracterización de las instalaciones de salud se basó en los niveles de atención definidos por el Ministerio de Salud de Costa Rica. Estos niveles de atención especifican el grado de especialización de cada establecimiento, lo que permitió el desarrollo de arquetipos representativos derivados de sus descripciones.

Desde una perspectiva estructural, se consideraron edificaciones de mampostería o de concreto reforzado para los niveles de atención I y II, mientras que para el nivel de atención III⁶ se asumieron únicamente estructuras de concreto reforzado. Adicionalmente, se incorporó el número de pisos en la clasificación, considerando un máximo de dos pisos para edificaciones de mampostería y hasta seis pisos para edificaciones de concreto reforzado. Esta categorización dio como resultado un total de 12 funciones de vulnerabilidad para las instalaciones de salud, por amenaza (terremotos e inundaciones).

En la Tabla 5 se indica la clasificación por arquetipos de los establecimientos de salud, según los servicios prestados y su nivel de complejidad.

Tabla 5. Descripción de arquetipos de establecimientos de salud

Nivel de servicio	Establecimiento de salud	Servicios prestados	Arquetipo
Nivel I	Sedes EBAIS Sedes alternas	Enfermería Laboratorio clínico Odontología Curaciones Puesto de vacunación Trabajo social, psicología, nutrición, medicina de familia	S1
	Sedes principales Clínicas	Farmacia Laboratorio clínico Departamento de vacunas Odontología Área de observación Servicios de trabajo social, psicología Electrocardiogramas	S2

⁶ A pesar que no se encuentra ningún establecimiento de salud de nivel II en Heredia, se generaron las funciones de vulnerabilidad, que pueden ser consultadas en el Dataset del proyecto.

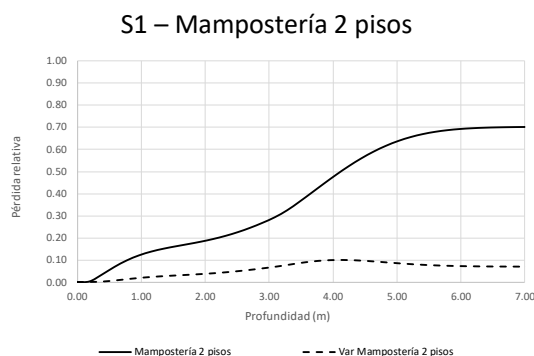
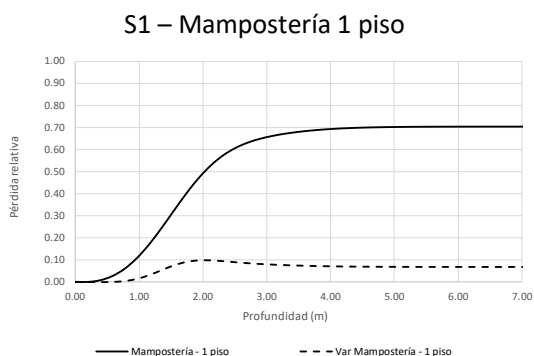
Nivel de servicio	Establecimiento de salud	Servicios prestados	Arquetipo
		Emergencias Dirección general	
Nivel II	Hospitales regionales	Salas de cirugía Laboratorios Laboratorios rayos X convencionales y especializados Salas de diagnóstico por imágenes Salas de partos Emergencias Consulta externa Farmacia Odontología Hospitalización Casa de máquinas	S3

Los valores para esta relación de precio construcción-equipamiento para los arquetipos, se presentan en la Tabla 6. El valor usado para el arquetipo S3 se basa en valores de equipamientos y áreas construidas reportados en el Plan General Emergencias del Hospital San Vicente de Paul, mientras que para los arquetipos S1 y S2, esta proporción se modificó con el objetivo de representar las diferencias en los equipos especializados contenidos en los establecimientos pertenecientes al Nivel I de servicio respecto al valor de la construcción.

Tabla 6. Relación de precios entre construcción y equipamiento para los arquetipos

Arquetipo	Porcentaje construcción	Porcentaje equipamiento
S1	74%	26%
S2	60%	40%
S3	40%	60%

La Figura 18 muestra las funciones de vulnerabilidad obtenidas para los 3 arquetipos de establecimientos de salud considerados, ante inundaciones y sismos.



S1 – Concreto 1 piso

S1 – Concreto 2 pisos

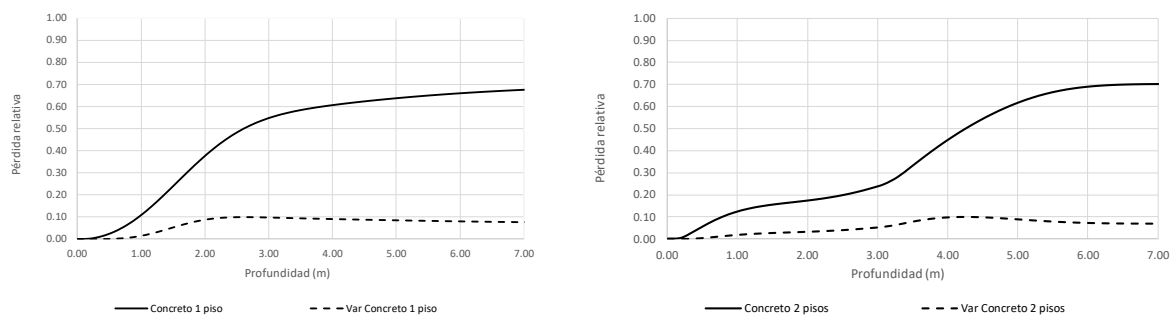


Figura 18. Funciones de vulnerabilidad arquetipos de salud S1 ante inundaciones

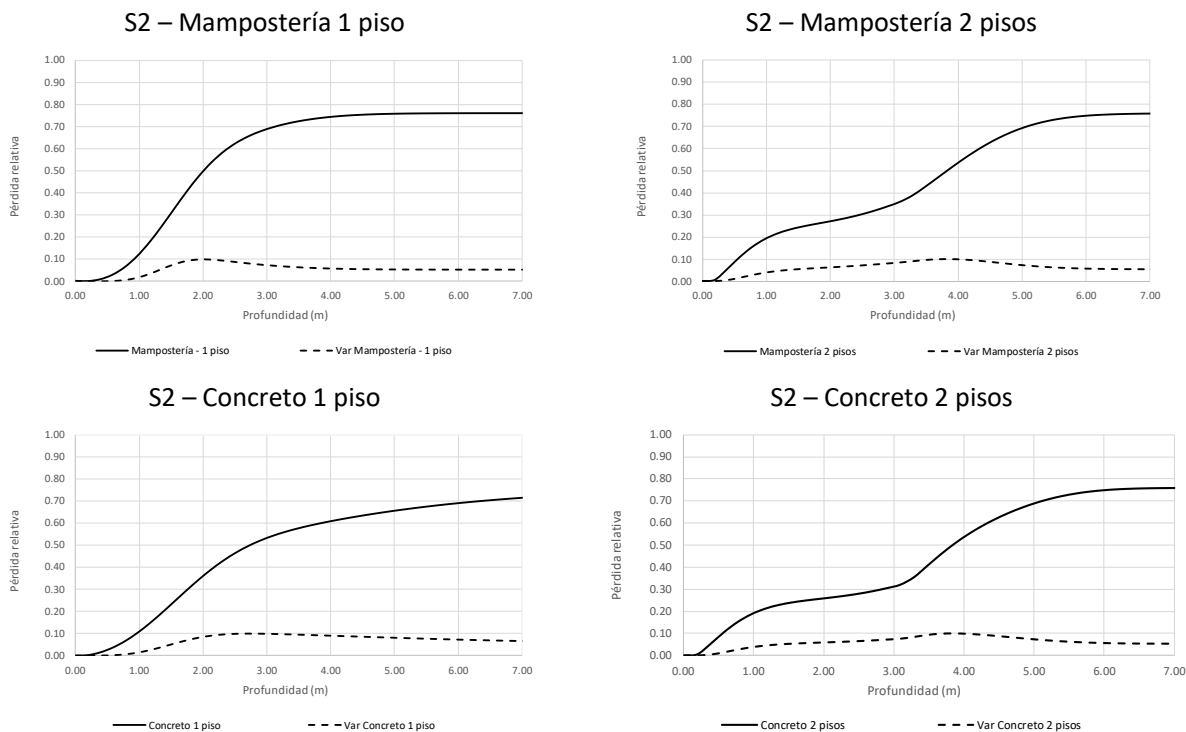


Figura 19. Funciones de vulnerabilidad arquetipos de salud S2 ante inundaciones

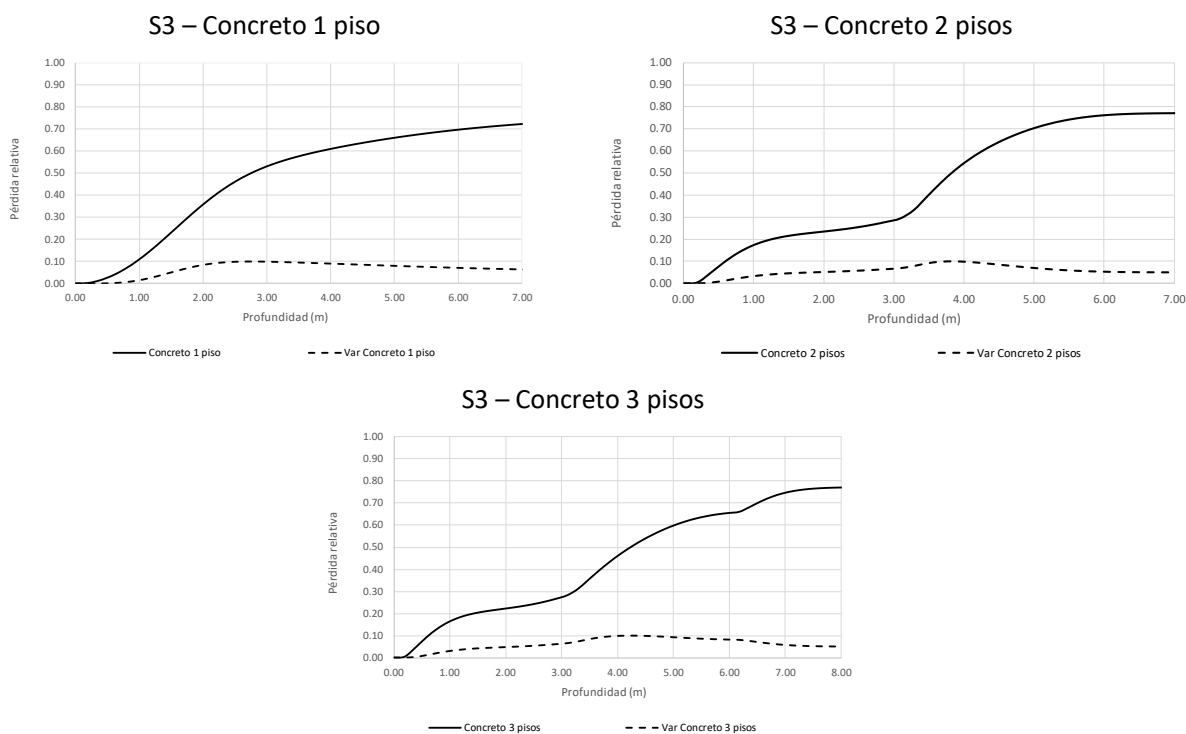


Figura 20. Funciones de vulnerabilidad arquetipos de salud S3 ante inundaciones

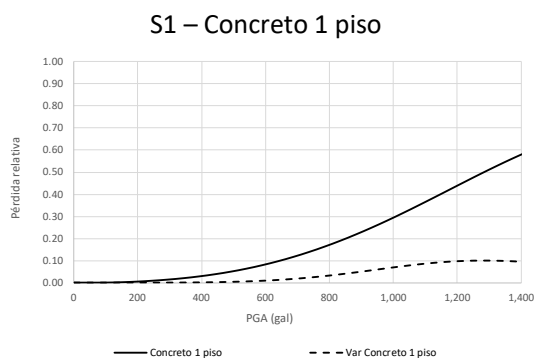
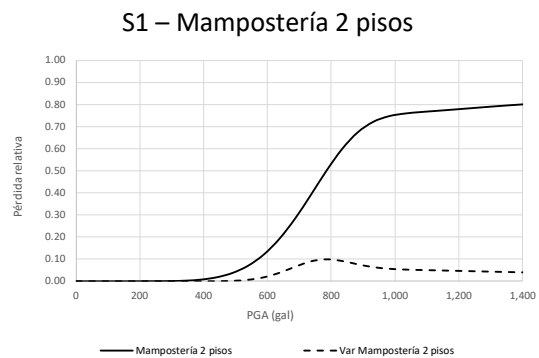
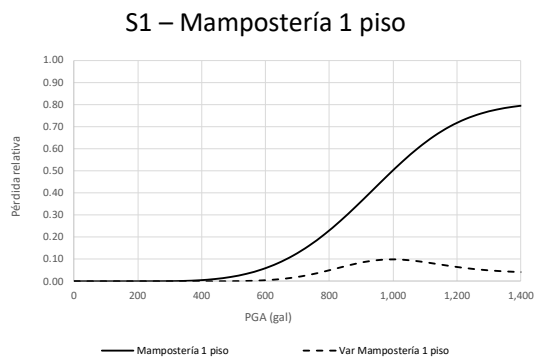


Figura 21. Funciones de vulnerabilidad arquetipos de salud S1 ante sismos

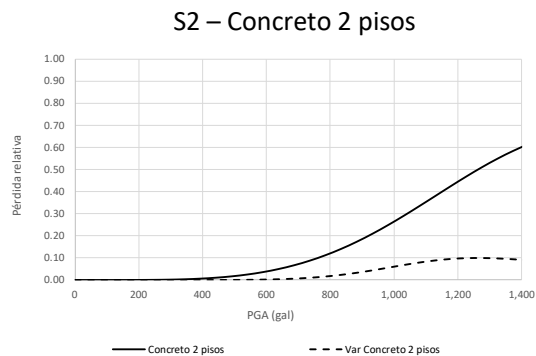
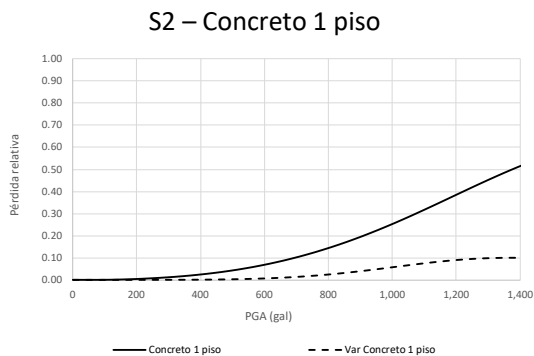
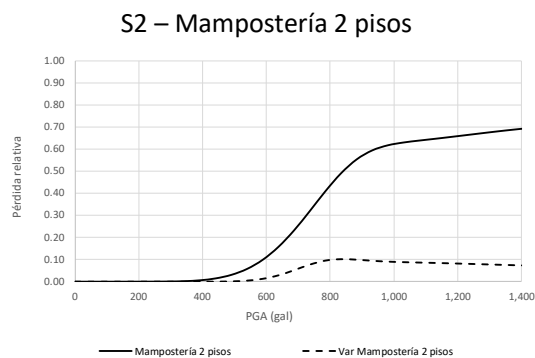
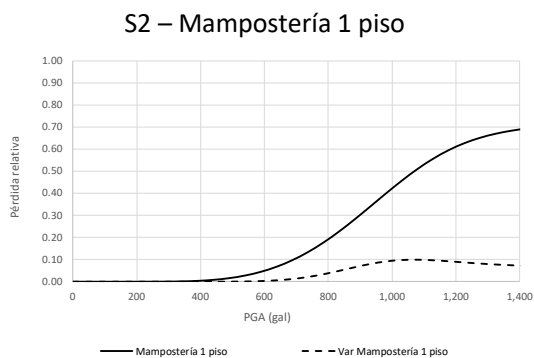


Figura 22. Funciones de vulnerabilidad arquetipos de salud S2 ante sismos

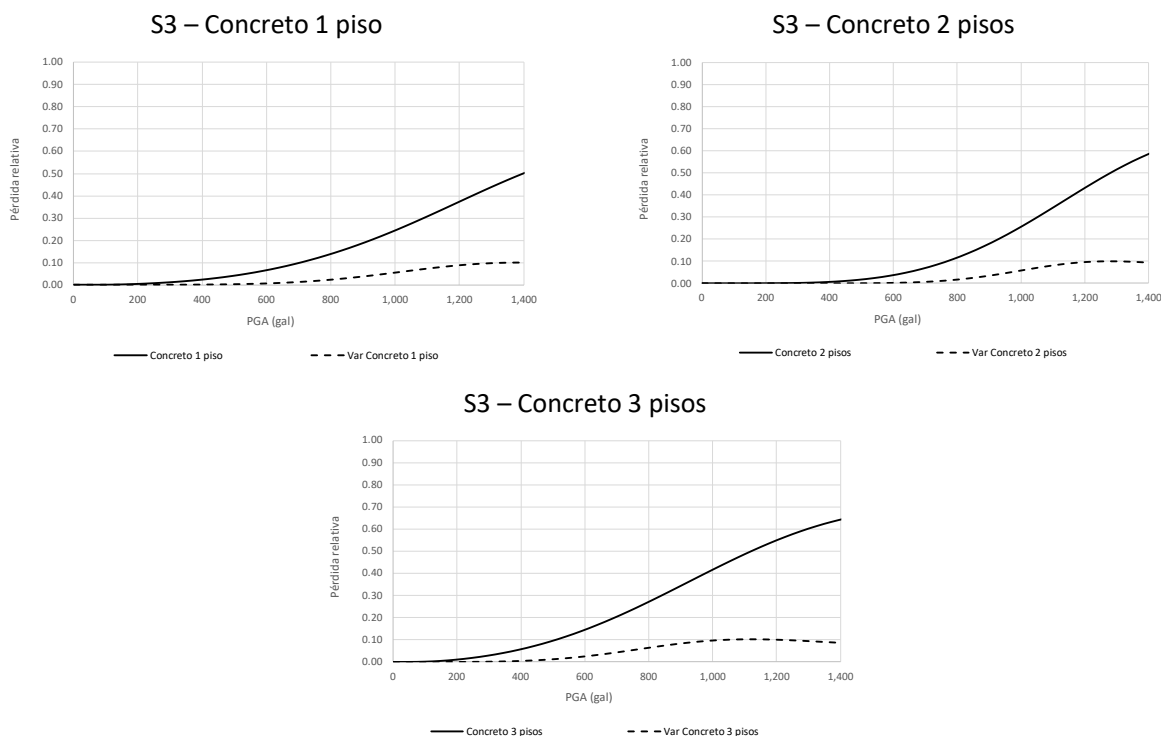


Figura 23. Funciones de vulnerabilidad arquetipos de salud S3 ante sismos

2.3 Modelos de exposición de infraestructura

Los portafolios de infraestructura, al igual que en el caso de edificaciones, se elaboran a partir de información georreferenciada que incluye representación geométrica vectorial (punto, línea o polígono) y atributos que permiten la caracterización de los elementos. Cada portafolio contiene, como mínimo, una geometría georreferenciada, una estimación del valor económico de reposición del elemento y una clasificación que permite su asociación con la función de vulnerabilidad correspondiente.

En el presente proyecto se consideran los sectores de infraestructura crítica definidos por el Decreto N.º 42465 de 2020 para Costa Rica. Entre ellos se incluyen los sectores: vial (carretero), férreo, energético (eléctrico), de telecomunicaciones, de hidrocarburos, así como los sistemas de acueducto y alcantarillado, aplicados al ámbito del cantón de Heredia. Cada sector se compone de varios portafolios, en función de las variaciones en la representación geométrica de los elementos o de las diferencias en sus atributos.

Para la elaboración de los distintos portafolios de los sectores de infraestructura se utilizaron cinco tipos de fuentes de información:

- Información oficial del cantón de Heredia, proporcionada por el gobierno local a través de su sistema de información geográfica denominado UBICA, así como datos de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH S.A.).
- Información oficial de entidades nacionales de Costa Rica, disponible en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) o en geovisores institucionales, tales como el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), la Compañía Nacional

de Fuerza y Luz (CNFL), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL) y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

- Información del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), entidad académica adscrita a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con funciones de investigación y monitoreo técnico de la red vial de Costa Rica.
- Información del modelo de exposición del Marco Global de Evaluación del Riesgo (GRAF 2024, por sus siglas en inglés) en Costa Rica, el cual consolida insumos provenientes de las fuentes mencionadas anteriormente.
- Información proveniente del proyecto colaborativo comunitario OpenStreetMap, que aporta datos complementarios sobre infraestructura vial y urbana.

A continuación, se presentan los portafolios de infraestructura elaborados para el cantón de Heredia. En cada caso se detallan las fuentes de información utilizadas, los atributos disponibles para la caracterización de los elementos expuestos y el procedimiento realizado para la conformación de cada portafolio. Así mismo, se ha desarrollado un sistema de codificación para todos los elementos de infraestructura considerados en este trabajo. Si bien en cada sección se explica la codificación, se ha agregado un directorio general de códigos en el Anexo A.2 como referencia.

2.3.1 Carretero

El portafolio correspondiente al sector carretero se compone de la red vial y los puentes vehiculares localizados en el cantón de Heredia. Para la caracterización de la red vial, se utilizó como fuente principal la información del sistema geográfico UBICA, debido a su alta cobertura espacial y nivel de detalle en el territorio cantonal. Esta información fue complementada con elementos provenientes de OpenStreetMap (OSM), los cuales no estaban incluidos en la cartografía oficial de Heredia.

El proceso de definición de la geometría final de la red vial implica una serie de ajustes para garantizar una adecuada conformación del portafolio. Entre las acciones consideradas se destacan:

- Evitar la duplicidad de elementos mediante cruces espaciales entre ambas fuentes de datos.
- Corrección de inconsistencias geométricas, especialmente en el distrito de Varablanca, debido a errores de georreferenciación que podrían afectar la estimación del riesgo.
- Identificación de tramos viales registrados en OSM que se ubican dentro de predios privados (por ejemplo, condominios). Estos fueron incluidos en el portafolio con una clasificación diferenciada respecto a los elementos públicos de la red vial nacional y cantonal.
- Subdivisión de los tramos viales en segmentos de hasta 25 metros de longitud, con el fin de mejorar la precisión en la evaluación del riesgo.

2.3.1.1 Atributos para la caracterización de segmentos viales

Para la caracterización física y la valoración económica de los segmentos de la red vial se definieron los siguientes atributos:

- Jerarquía de la vía (JERARQUIA): obtenida de UBICA. Para los tramos derivados de OSM, se revisó la clasificación de las vías adyacentes y el atributo “highway” para asignar la jerarquía correspondiente.

- Número de carriles (LANES_OSM): extraído de OSM mediante cruce espacial. En los casos sin información disponible, se asignó el valor modal por jerarquía, correspondiente en la mayoría de los casos a dos carriles.
- Tipo de superficie del pavimento (SURF_OSM): también obtenido de OSM. Cuando el atributo no está disponible, se asignó la condición de pavimentado para los distritos de Heredia, Mercedes, San Francisco y Ulloa, y no pavimentado para Varablanca. Esta asignación se basó en los informes de diagnóstico del LANAMME (2016, 2017) sobre la red vial cantonal de Heredia.
- Pendiente del terreno (SLOPE): asignadas a partir de un mapa de pendientes generado del Modelo de Elevación Digital (DEM) de Costa Rica.

2.3.1.2 Valoración económica de segmentos viales

Para la estimación del valor económico de reposición de los elementos viales, se tomaron como referencia los informes de LANAMME de 2016 y 2017, los cuales calcularon valores patrimoniales a partir de estructuras de pavimento tipo en la red vial cantonal. La valoración final incorporó las tres variables de clasificación previamente mencionadas, resultando en un valor total estimado de ₡98 625 227 300. La Figura 24 muestra la red vial conformada en los distritos urbanos del cantón de Heredia para el presente proyecto.

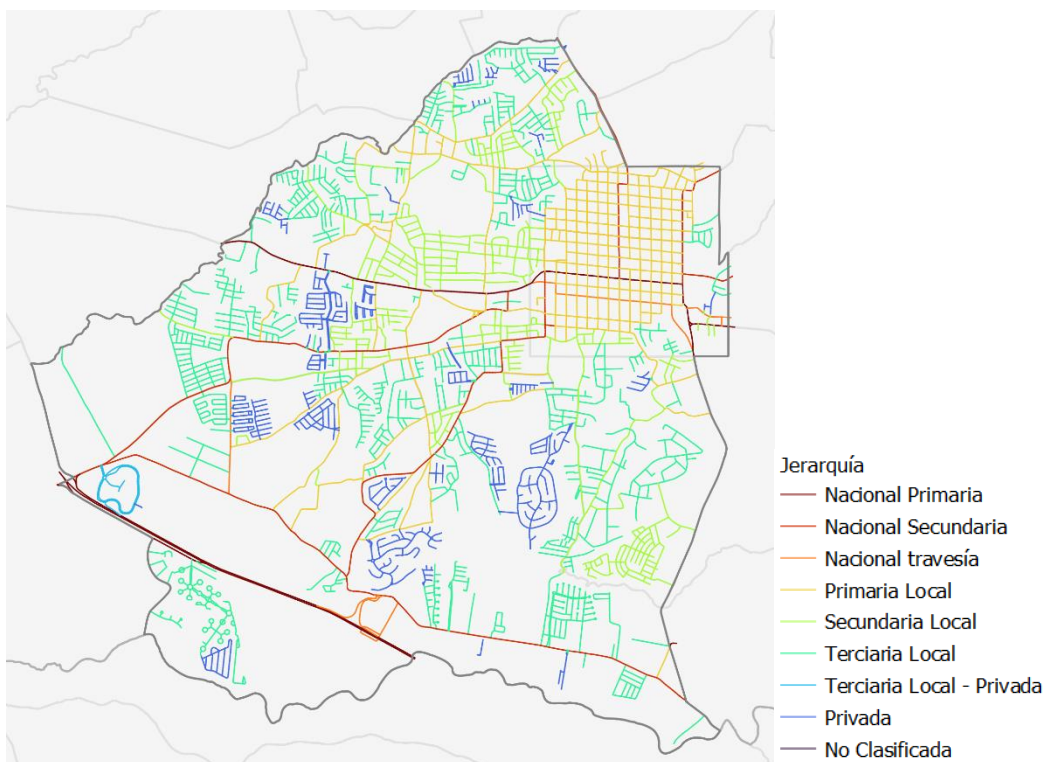


Figura 24. Mapa de la red vial de Heredia – área urbana. Elaboración propia

2.3.1.3 Atributos para la caracterización de puentes vehiculares

Para la caracterización de los puentes vehiculares del cantón de Heredia, se utilizó como fuente principal la base de datos espacial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), que incluye registros de puentes pertenecientes tanto a la Red Vial Nacional (RVN) como a la Red Vial Cantonal

(RVC). Esta fuente fue seleccionada por contener el mayor número de registros disponibles para el cantón. Al igual que en el caso de la red vial, la información fue complementada con elementos adicionales provenientes de OpenStreetMap (OSM), los cuales no estaban contemplados en otras fuentes. El portafolio consolidado incluye un total de 53 puentes vehiculares, de los cuales 9 fueron identificados a partir de OSM y validados mediante ortofotografía oficial del cantón de Heredia.

La información de LANAMME proporciona la mayoría de los atributos necesarios para la clasificación de los puentes, sin embargo, en los casos donde existía ausencia de atributos geométricos, se realizó una estimación utilizando la ortofotografía cantonal. Así mismo, cabe señalar que los atributos relacionados con aspectos estructurales —como el tipo de material, la superestructura o los apoyos— no pueden inferirse por este medio, por lo que en tales casos no se asigna dicho atributo al elemento. Para estos puentes con atributos faltantes, la asignación de vulnerabilidad se realiza considerando únicamente las variables disponibles, definiendo una curva representativa acorde con las características disponibles.

Para la caracterización física y la estimación del valor económico de reposición de los puentes vehiculares, se definieron los siguientes atributos:

- Clasificación del largo (C_LARGO): reclasificación en rangos de la longitud total del puente.
- Número de claros (N_CLARO): cantidad de claros estructurales del puente.
- Altura libre (ALT_LIBRE): altura libre del puente, reclasificada en rangos de 3,0 metros.
- Tipo de superestructura (TIPO_SUPER): clasificado según los códigos NBI utilizados en el informe Inventario de puentes en la Red Vial Nacional de Costa Rica (LANAMME, 2016).
- Material de la estructura (MATERIAL_EST): clasificado en cuatro categorías: concreto preesforzado [1], concreto reforzado [2], acero [3] y mampostería [4].
- Tipo de apoyos (APOYOS): clasificado en cuatro combinaciones estructurales: Rígido-Rígido [1], Rígido-Expansivo [2], Fijo-Fijo [3] y Expansivo-Expansivo [4].

Con base en estos atributos, se construyó una tipología de clasificación compuesta por seis variables codificadas de la siguiente manera: clasificación del largo (C#), número de claros (NC#), altura libre (H#), tipo de superestructura (ES##), material estructural (MT#) y tipo de apoyos (AP#), generando un código compuesto con el formato: C#_NC#_H#_ES##_MT#_AP#.

2.3.1.4 Valoración económica de puentes vehiculares

La estimación del valor económico de reposición se basó en los valores unitarios por metro cuadrado reportados en los informes del LANAMME (2016 y 2017), específicamente para puentes construidos en concreto y acero. A partir de esta metodología, la valoración total de los 53 puentes vehiculares identificados asciende a \$20 965 014 100. La Figura 25 presenta la localización de los puentes vehiculares en los distritos urbanos del cantón de Heredia incluidos en este portafolio.

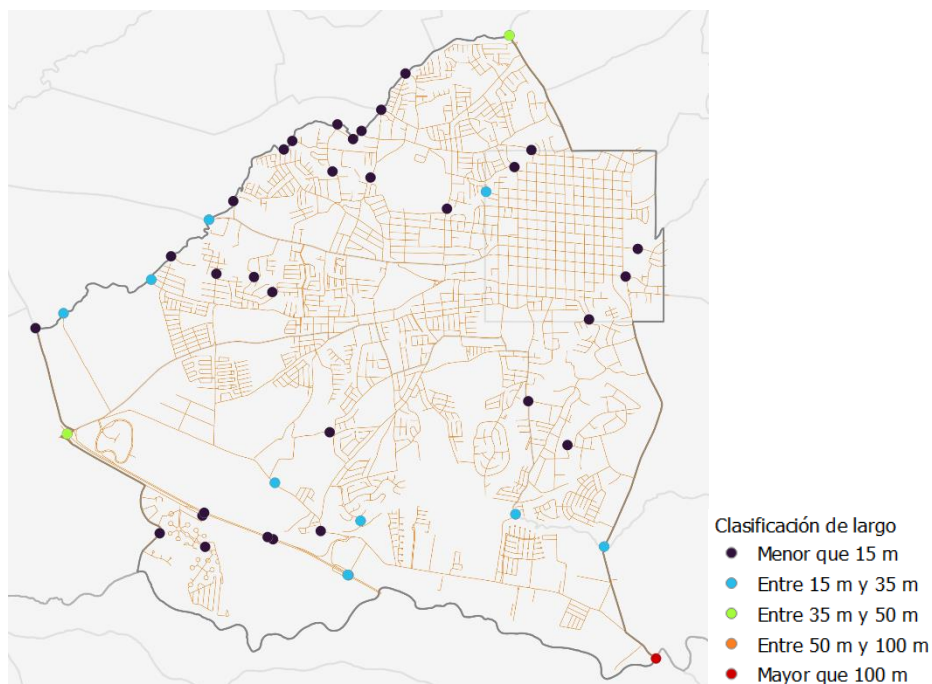


Figura 25. Mapa de localización de puentes vehiculares en el cantón de Heredia – área urbana

2.3.2 Férreo

El portafolio correspondiente al sector férreo comprende el tramo ubicado dentro del cantón de Heredia de la ruta ferroviaria San José – Heredia – Alajuela. Para la caracterización de esta línea férrea, se utilizó como fuente principal la información de OpenStreetMap (OSM), que proporciona esencialmente la geometría del trazado. Esta información fue complementada con un levantamiento del tipo de subestructura, realizado a partir del análisis de la ortofotografía oficial del cantón de Heredia en su área urbana.

Al igual que en el portafolio vial, los tramos de la línea férrea fueron segmentados en secciones de hasta 25 metros de longitud, con el fin de garantizar una evaluación más precisa del riesgo asociado a cada segmento del corredor férreo.

2.3.2.1 Atributos para la caracterización

Para la caracterización física de los tramos del corredor férreo, se definieron los siguientes atributos:

- Material de la subestructura (MAT_SUBEST): determinado a partir del análisis visual de la ortofotografía oficial del cantón. Se definieron cuatro categorías: concreto, asfalto, balasto y puente. La categoría puente se refiere a tramos que cruzan cuerpos de agua (ríos o quebradas), y que presentan infraestructura elevada, presumiblemente metálica.
- Pendiente del terreno (SLOPE): obtenida a partir de un mapa de pendientes derivado del Modelo de Elevación Digital (DEM) de Costa Rica.

Con base en estos atributos, se construyó una tipología de clasificación férrea, compuesta por dos variables: material de la subestructura (XXX) y pendiente (S#), codificadas en el formato: FR_XXX_S#, donde “XXX” corresponde a la abreviatura del tipo de subestructura. Conviene anotar que la totalidad de la ferrovía presente en Heredia es de una sola vía.

2.3.2.2 Valoración económica

La estimación del valor económico de cada tramo se realizó con base en valores unitarios por metro lineal, diferenciados según el tipo de subestructura y la pendiente del terreno:

- Para los tramos con subestructura de concreto o asfalto, se utilizaron como referencia los valores de los informes del LANAMME (2016, 2017), ajustando los costos según el ancho típico de la sección transversal del corredor férreo y considerando un incremento por la inclusión de los rieles en el pavimento.
- En el caso del balasto, el valor unitario se estimó a partir de costos definidos en proyectos de construcción y rehabilitación de líneas férreas en Costa Rica.
- Para los tramos clasificados como puentes, se utilizó como base el valor unitario de referencia para puentes de acero, según lo indicado en la sección correspondiente al portafolio de puentes vehiculares.

La valoración económica total del tramo férreo correspondiente al cantón de Heredia de la ruta San José – Heredia – Alajuela se estima en ₡986 648 800. La Figura 26 presenta la localización del tramo férreo analizado dentro del cantón de Heredia.

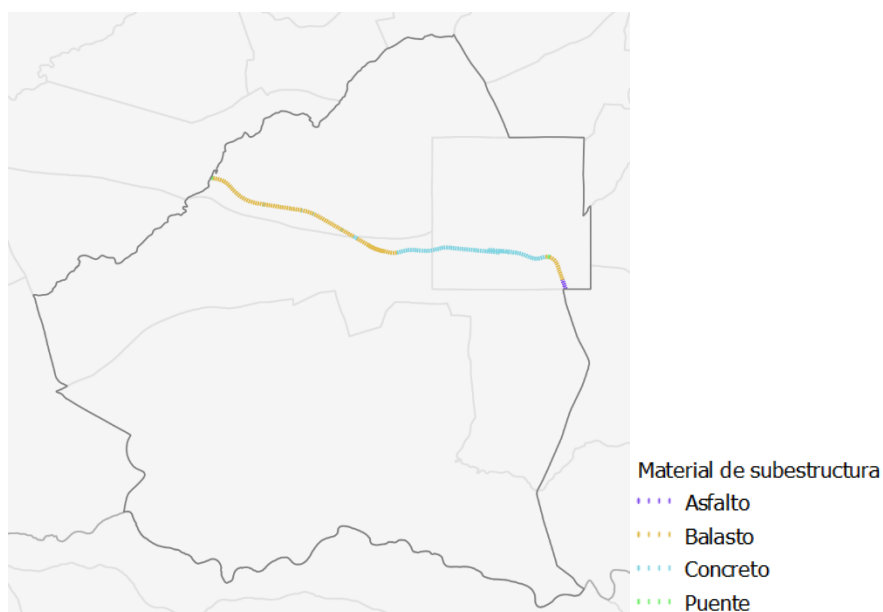


Figura 26. Ruta férrea en el cantón de Heredia – área urbana

2.3.3 Eléctrico

El portafolio correspondiente al sector eléctrico se estructura en tres componentes: *generación, transmisión y distribución*. Cada uno de estos componentes incluye uno o más elementos de infraestructura que conforman el portafolio del sector en su conjunto.

Dado el enfoque sistémico del sector eléctrico —en el cual los elementos de generación y transmisión pueden estar ubicados fuera de los límites administrativos del cantón, pero influir directamente en su abastecimiento—, se consideraron también elementos expuestos externos al área administrativa del cantón de Heredia. En particular, se incluyeron plantas de generación interconectadas con líneas de transmisión que abastecen al área urbana del cantón.

2.3.3.1 Componente de generación

La caracterización de la infraestructura de generación se basa en información oficial publicada por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). A partir de estas fuentes se identificaron dos plantas hidroeléctricas localizadas sobre el río Virilla, que forman parte del sistema de generación que abastece al cantón.

Los atributos disponibles para cada planta incluyen:

- Tipo de planta de generación
- Capacidad instalada (en megavatios, MW), la cual permite estimar el valor económico de reposición de cada instalación.

Para la valoración económica de estas plantas, se utilizaron los valores de referencia publicados anualmente por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), en su informe Renewable Power Generation Costs (IRENA, 2024). Este documento proporciona costos de inversión por kilovatio (kW) instalado, desagregados por tipo de tecnología, tamaño del proyecto y región geográfica. La capacidad total instalada de generación identificada es de 16,33 MW, y la valoración económica estimada para estas dos plantas asciende a ₡ 28 867 904 000.

2.3.3.2 Componente de transmisión

El componente de transmisión está conformado por tres tipos de elementos expuestos: *líneas de transmisión (circuitos), torres de transmisión y subestaciones eléctricas*. La composición de los portafolios de este componente se basa principalmente en información oficial publicada por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Líneas de transmisión

Las líneas incluidas en este componente corresponden a circuitos de alta tensión que guardan relación directa con el cantón de Heredia. A partir de la información disponible, se establecen las siguientes consideraciones:

- La geometría es de tipo lineal y representa la totalidad del circuito, por lo que fue necesario segmentarlo entre sus vértices, coincidentes con las torres de soporte, conforme al análisis realizado sobre ortofotografía oficial.

- Cada circuito cuenta con el atributo de tensión nominal, que en este caso corresponde a 138 kV y 230 kV. Además, al tratarse de líneas de alta tensión, se infiere que son trifásicas, es decir, que cada circuito está compuesto por tres conductores.

Para la valoración económica, se definió un costo unitario de reposición por metro lineal de conductor, y a partir de la longitud de cada tramo, se estimó el valor total por circuito. La longitud acumulada de los circuitos relacionados con el sistema de transmisión eléctrica en Heredia asciende a 48,72 km, con una valoración económica total de \$90 268 400.

Torres de transmisión

Con base en los trazados de los circuitos, se determinaron las localizaciones de las torres de transmisión. Esta información permite identificar el número de circuitos soportados por cada torre, y en función de ello, se asignan tipologías estructurales (“torres tipo”), considerando tanto la tensión como la cantidad de circuitos. En el modelo de exposición se identificaron torres desde un solo circuito (1C) hasta cuatro circuitos (4C), lo cual incide directamente en la estimación del valor económico y en la asignación de vulnerabilidad para cada elemento.

El número total de torres de transmisión identificadas es de 108, con una valoración económica estimada de \$2 141 500 000. La Figura 27 presenta un esquema de los tipos de torre y sus dimensiones características según el número de circuitos que soportan.

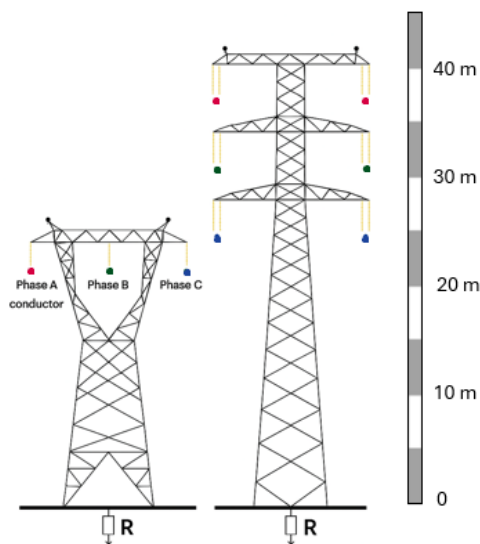


Figura 27. Esquema de torres de transmisión de energía: circuito simple (izq.) y doble circuito (der.).

Subestaciones eléctricas

El tercer elemento del componente de transmisión lo constituyen las subestaciones eléctricas. Para su inclusión en el portafolio, se aplicó el criterio de proximidad directa a la red de transmisión, considerando únicamente aquellas subestaciones ubicadas a menos de 100 m de una línea de transmisión. Bajo este criterio, se identificaron seis subestaciones, para las cuales fue posible establecer su tensión máxima y mínima.

Para la estimación del valor económico de estas subestaciones, se utilizó un valor unitario por metro cuadrado, obtenido a partir de un proyecto de construcción de una subestación en el distrito de La Ribera, cercano al cantón de Heredia, culminado en 2022. Posteriormente, se estimó el área del patio de operación de cada subestación, los cuales albergan los equipos eléctricos y mecánicos necesarios para la transformación de la energía, y con ello se calculó la valoración económica total, que asciende a ₡ 649 373 800.

La valoración económica total del sistema de transmisión eléctrica del cantón de Heredia asciende a ₡2 881 142 200, distribuida de la siguiente manera:

- Circuitos: ₡ 90 268 400 (3.1%)
- Torres: ₡ 2 141 500 000 (74.3%)
- Subestaciones: ₡ 649 373 000 (22.5%)

En la Figura 28, se presenta las plantas de generación de energía y los tres componentes del sistema de transmisión eléctrica asociados al abastecimiento del cantón de Heredia: circuitos, torres y subestaciones.



Figura 28. Sistema de generación y transmisión eléctrico para el cantón de Heredia

2.3.3.3 Componente de distribución

El componente de distribución está conformado por tres tipos de elementos expuestos: *líneas de distribución (circuitos)*, *postes* y *transformadores*. En este caso, la información se limita exclusivamente al ámbito del cantón de Heredia, dado que las redes de media y baja tensión son las responsables de la conexión directa a edificaciones para la prestación final del servicio de energía eléctrica.

Líneas de distribución

Las líneas de este componente corresponden a circuitos de media y baja tensión dentro del cantón de Heredia. La fuente de información principal es el proyecto GRAF 2024, el cual ofrece la mayor cobertura y completitud geométrica de la red. Como fuentes secundarias se utilizaron datos oficiales de la Comisión Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), tanto para incorporar geometrías adicionales como para asignar atributos relacionados con el tipo de instalación (aérea o subterránea).

Además de la geometría lineal de cada elemento, se cuenta con dos atributos clave:

- Clasificación de tensión (CLASIF_TENSION): identifica si el circuito es de media tensión (1 kV a 34.5 kV) o baja tensión (<1 kV). Combinado con la longitud de la línea, permite estimar el valor expuesto a partir del costo de reposición del cable (valor comercial) y su instalación.
- Tipo de línea (TYPE_LINE): indica si el tendido es aéreo o subterráneo. Este atributo permite caracterizar la vulnerabilidad del elemento ante diferentes amenazas, ya que en líneas aéreas depende del poste y en subterráneas del ducto o canalización utilizada.

La longitud total de los circuitos de distribución es de 1 027.3 km, y su valoración económica estimada asciende a ₡ 3 102 548 600.

Postes de distribución

Este componente incluye postes de soporte de circuitos eléctricos de distribución y postes de alumbrado público. La base de datos fue construida a partir de información oficial de la Comisión Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), aportando tanto geometría como atributos en distintas zonas del cantón.

Los principales atributos son:

- Material: incluye descripciones técnicas y constructivas, como “Concreto autosoportado” o “Metal tipo torre”. Para estandarizar la información, se creó el atributo “Material_C”, con un código de dos caracteres:
 - Letra: tipo de material (C: concreto, M: metal/acero, W: madera).
 - Número: forma de soporte (1: apoyado auxiliar con cables; 2: autosoportado).
- Altura: se registraron valores entre 4 y 17 metros, los cuales fueron reclasificados en cinco rangos de 3 metros cada uno: 1: [3–6), 2: [6–9), 3: [9–12), 4: [12–15), 5: [15–18). Esta variable es relevante debido a que influye significativamente sobre la rigidez del elemento, la cual tiene incidencia en la definición de vulnerabilidad.
- Estado: se refiere al tiempo de uso en relación con la vida útil esperada, en función del material. Este atributo se estimó a partir de la fecha de instalación del elemento (AÑO_INSTAL). Se clasifica con letras:
 - A: menos del 50% de vida útil consumida,
 - B: entre 50% y 100% de la vida útil,
 - C: más del 100% (vida útil superada).

Con estos tres atributos se construyó una tipología codificada como: POSTE_X#_H#_STX, donde X# es el material y soporte, H# la altura reclasificada y STX el estado.

La valoración económica se realizó en función del material y la altura, utilizando un valor unitario ponderado para cada clasificación de material, el cual se estimó a partir de la ponderación de precios comerciales por el número de elementos del portafolio, asegurando la representatividad del valor utilizado. El portafolio de postes incluye 11 814 elementos, con una valoración económica total de ₡ 7 001 686 300.

Transformadores

El tercer tipo de elemento corresponde a los transformadores de distribución, cuya fuente de información principal también es el proyecto GRAF 2024. La base de datos contiene geometría puntual y el atributo de tipología (TIPO), que clasifica los transformadores en aéreo (en la parte superior del poste) o de pedestal (a nivel del suelo).

El atributo de tipología resulta clave para el análisis de vulnerabilidad, ya que el tipo de amenaza y su impacto varían significativamente según la ubicación del transformador (aéreo o de pedestal). Este atributo también incide en la valoración económica, dado que se asignan valores unitarios diferenciados para cada tipo. En este caso, se definió un costo de reposición específico para transformadores de media a baja tensión (34.5 kV a 1 kV), incluyendo además el costo asociado a su instalación. El portafolio incluye 2 597 transformadores, con una valoración económica total de ₡ 3 668 666 000.

La valoración económica total del sistema de distribución eléctrica del cantón de Heredia asciende a ₡ 13 772 900 900, distribuida de la siguiente manera:

- Circuitos: ₡ 3 102 548 600 (22.5%)
- Postes: ₡ 7 001 686 300 (50.8%)
- Transformadores: ₡ 3 668 666 000 (26.6%)

La Figura 29 presenta la localización y caracterización de los tres componentes del sistema de distribución eléctrica en el cantón de Heredia.

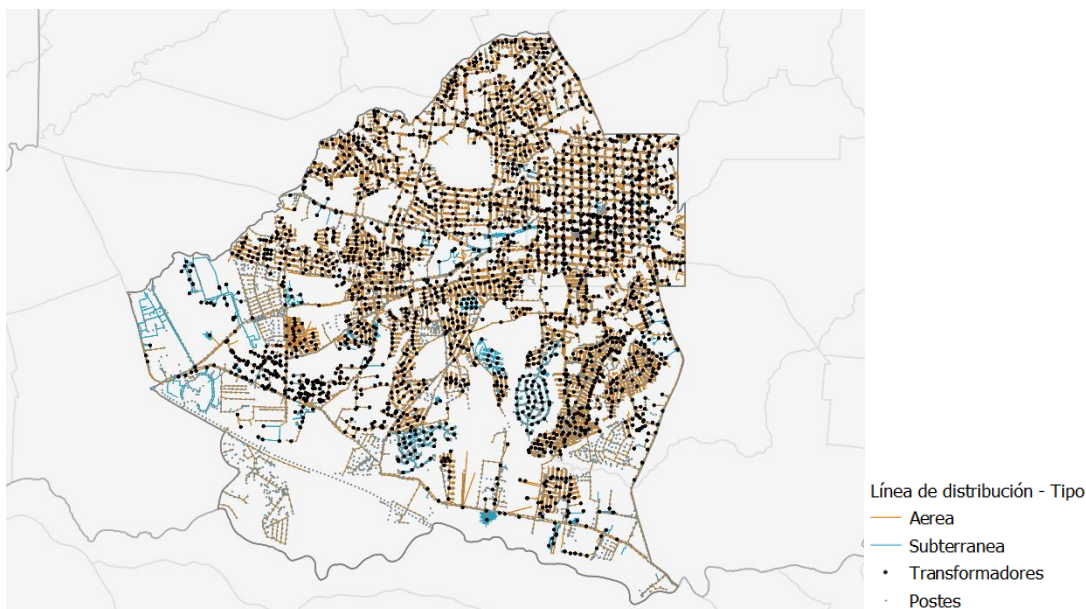


Figura 29. Sistema de distribución de energía en Heredia – área urbana

2.3.4 Telecomunicaciones

El sector de telecomunicaciones en el presente proyecto contempla las antenas y sus respectivas estructuras de soporte localizadas en el cantón de Heredia. La fuente principal de información es la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL) de Costa Rica, cuya base de datos georreferenciada contiene el registro de sistemas radiantes-receptores por operador, así como atributos tanto del sistema

radiante-receptor como de su estructura de soporte, lo que permite una adecuada conformación del portafolio sectorial.

Dichas bases presentan los mismos atributos entre los operadores, lo que garantiza la completitud en los registros, sin embargo, durante el procesamiento de los datos se identificó la existencia de puntos espacialmente próximos (menos de 50 metros de distancia) entre registros de distintos operadores. A partir de la revisión detallada se estableció que estos registros corresponden a sistemas radiantes-receptores, y no a las estructuras que los soportan, aunque contengan atributos asociados a dichas estructuras, por lo tanto, se concluye que una torre de telecomunicaciones puede albergar múltiples sistemas radiantes-receptores pertenecientes a diferentes operadores.

Considerando lo anterior, se realiza la derivación de una capa específica de estructuras de soporte a partir de las bases de datos de sistemas radiantes-receptores de los operadores móviles. En el presente proyecto, dicha consolidación se realizó a través del siguiente procedimiento:

1. *Identificación de registros próximos:* Se agruparon los sistemas radiantes-receptores ubicados a menos de 50 metros de distancia, bajo el supuesto de que pertenecen a una misma estructura de soporte. En el caso del cantón de Heredia, se estableció que la distancia máxima entre dos sistemas radiantes instalados en un mismo soporte es de 48 metros. Para cada grupo identificado, se calculó el centroide, que representa la ubicación de la estructura de soporte correspondiente.
2. *Asignación de sistemas radiantes-receptores a cada torre:* se vinculó cada torre calculada con los registros de sistemas radiantes-receptores localizados dentro del radio definido (25 metros).
3. *Transferencia de atributos estructurales:* en las torres con un solo registro asociado, se asignaron directamente los atributos disponibles. En torres con múltiples registros, se compararon los atributos “Tipo_de_elemento” y “Altura_torre”; en caso que fueran concordantes, se asigna directamente el atributo; en caso de diferencia, se evaluó individualmente para establecer si se trata de estructuras distintas o diferencias menores atribuibles a inconsistencias en el registro o la medición de cada operador.
4. *Estimación del número de sistemas radiantes-receptores por torre:* Se asumió que por cada tecnología presente (2G, 3G, 4G, 5G), existe un sistema radiante-receptor compuesto por tres antenas. Por tanto, el número total de sistemas radiantes-receptores asociados a una torre se estimó como la sumatoria de los sistemas radiantes por tecnología de cada registro asociado de los operadores móviles.

2.3.4.1 Atributos resultantes

La base de datos consolidada para torres o estructuras de soporte incluye los siguientes atributos clave:

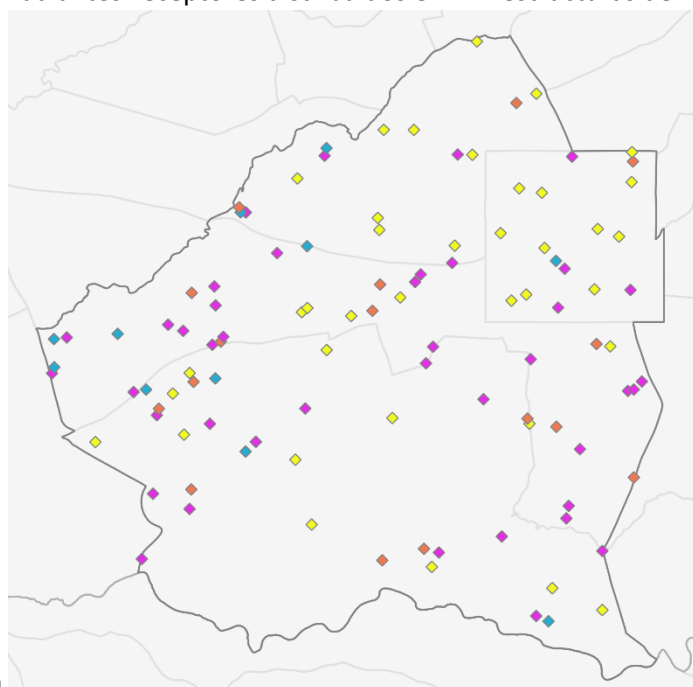
- Tipo de estructura de soporte (SOPORTE): clasificada como cubiertas de edificaciones, torres monopolo, torres ventadas, torres autosoportadas, torres temporales y sistemas DAS en edificaciones.
- Altura -en metros- de la estructura (ALTURA_EST): medida desde el nivel de la cubierta (en el caso de edificaciones) o desde el terreno, según corresponda. Se reclasificó en cinco rangos: 1 = (0–15], 2 = (15–30], 3 = (30–45], 4 = (45–60], 5 = (60–75].
- Número de sistemas radiantes-receptores (N_ANTENAS): total de sistemas instalados en cada estructura, independientemente del operador propietario.

A partir de estos atributos, se construyó una clasificación orientada tanto a la caracterización de vulnerabilidad como a la valoración económica, codificada en el formato: COM_XX_H#, donde XX representa la abreviatura del tipo de soporte y H# la categoría de altura. En el caso de sistemas en cubiertas o DAS, se omite la variable de altura por no ser aplicable.

2.3.4.2 Valoración económica

La valoración económica de cada registro corresponde a la suma del valor de la estructura de soporte y del conjunto de sistemas radiantes-receptores. Para estimar el valor de las estructuras, se utilizaron los valores de referencia del Manual de Valores Unitarios por Tipología Constructiva del Ministerio de Hacienda de Costa Rica (2023), que establece costos para torres monopolo, ventadas y autosoportadas. En el caso de las torres temporales, se les asignó el mismo valor que las torres monopolo por su similitud estructural; y para los sistemas DAS y estructuras sobre cubiertas, no se asignó un valor económico a la estructura, ya que esta forma parte de edificaciones valoradas en el portafolio de edificaciones del cantón de Heredia.

La valoración de los sistemas radiantes-receptores se realizó mediante un precio unitario por sistema, incluyendo su costo de instalación, lo que permitió estimar el valor total asociado a cada torre o estructura. Se identificaron 303 sistemas radiantes-receptores distribuidos en 111 estructuras de



soporte, cuya localización se presenta en la

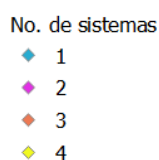


Figura 30. La valoración económica total asciende a ₡ 2 230 418 300.

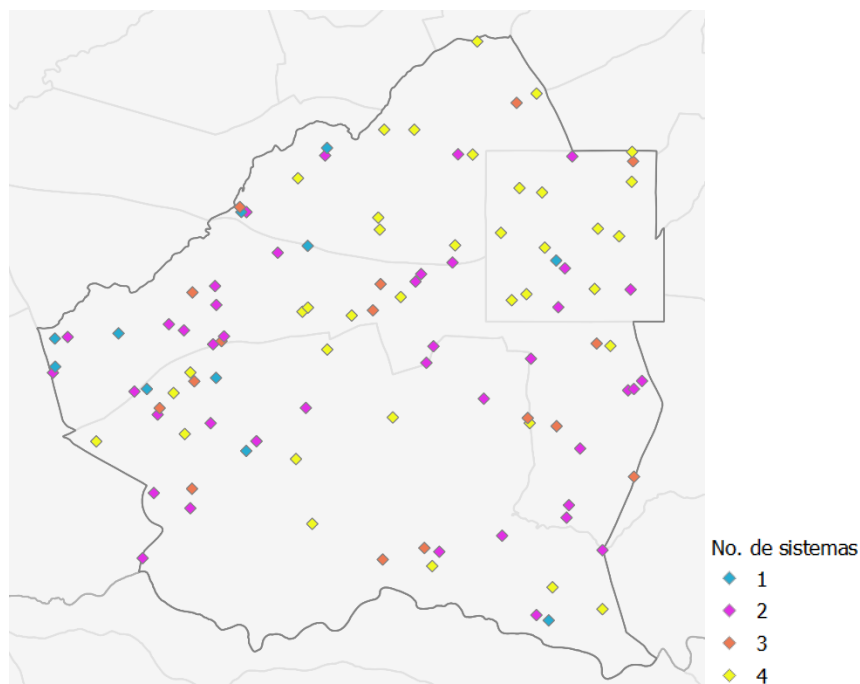


Figura 30. Localización de soportes de sistemas radiantes en Heredia – área urbana

2.3.5 Hidrocarburos

El sector de hidrocarburos considerado en el presente proyecto incluye las líneas de poliducto que atraviesan el área urbana del cantón de Heredia. La fuente de información utilizada fue la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), entidad que suministra tanto la geometría georreferenciada del trazado como el atributo correspondiente al diámetro de cada línea.

En el caso del cantón de Heredia, los poliductos que cruzan su territorio corresponden a la Línea 3 y la Línea 7 (tramo El Alto – La Garita), con diámetros de 150 mm y 300 mm respectivamente. Para la clasificación orientada hacia la asignación de vulnerabilidad, todos los tramos fueron clasificados iguales bajo el supuesto de que las líneas de poliducto siguen estándares uniformes de diseño y construcción, por lo que el diámetro no representa una variación significativa en su exposición estructural ante amenazas.

Para la valoración económica, se definieron valores unitarios por metro lineal diferenciados por tipo de línea, de acuerdo con su diámetro. La estimación se basó en los costos de inversión reportados para la construcción de las Líneas 6 y 7 en Costa Rica durante el año 2014. Los valores resultantes fueron:

- ₡ 323 100/m para líneas de 300 mm de diámetro.
- ₡ 290 200/m para líneas de 150 mm de diámetro.

La longitud total de las líneas dentro del cantón es de 12,22 km, lo que se traduce en una valoración económica total de ₡ 3 743 233 900. La Figura 31 presenta el trazado de las líneas de poliducto localizadas en el cantón de Heredia.

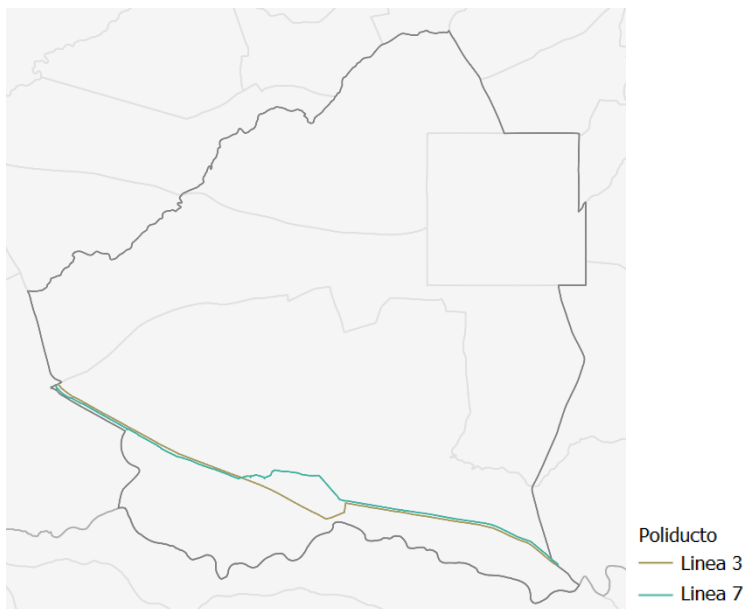


Figura 31. Trazado de los poliductos en Heredia – área urbana

2.3.6 Agua potable

El sector de agua potable comprende una multiplicidad de elementos que conforman el sistema de abastecimiento necesario para garantizar el suministro del recurso a la población. Al igual que el sistema de energía eléctrica, el agua potable debe entenderse como un servicio de carácter sistémico, en el cual la provisión puede iniciarse fuera de los límites administrativos del cantón de Heredia, pero aun así debe ser considerada dentro de la evaluación de riesgo del sector, dado su impacto directo sobre el territorio urbano.

Las fuentes de información utilizadas para la construcción del modelo de exposición del sector provienen de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y del proyecto GRAF 2024, el cual se basa en datos suministrados por la misma entidad. Para la identificación de elementos ubicados fuera del área administrativa del cantón, se analizó la interconexión de infraestructuras a través de las tuberías de conducción de la red de agua potable de la ESPH.

A continuación, se describe la forma en que se han considerado todas las partes del sistema de abastecimiento de agua potable en el cantón de Heredia dentro del presente estudio.

2.3.6.1 Fuentes de agua potable

El componente de fuentes de agua potable en este estudio representa las estructuras encargadas de la captación y potabilización del recurso hídrico, es decir, los sistemas de captación, desarenadores y planta de tratamiento de agua potable (PTAP). Esta suposición se adopta con base en la proximidad espacial habitual entre estas estructuras dentro de los sistemas de abastecimiento, y ante la limitación de información que permita localizar las plantas de tratamiento en las zonas de captación.

En este caso, los puntos identificados se ubican en la región montañosa al norte del área urbana de Heredia, fuera de los límites administrativos del cantón, pero corresponden a estructuras que abastecen de agua potable a su zona urbana.

La fuente de información utilizada en este caso fue el proyecto GRAF 2024, del cual se identificaron 28 fuentes de agua potable que abastecen a la población urbana del cantón de Heredia, sin embargo, la base de datos no contiene atributos específicos que permitan caracterizar los elementos en función de variables como el tipo de captación, las dimensiones de los desarenadores o el tamaño de las unidades de tratamiento. Considerando lo anterior, se definió una categoría única para todos los elementos, a la cual posteriormente se le asocia un modelo de vulnerabilidad tipo, construido desde un arquetipo que integra las tres estructuras mencionadas (captación, desarenadores y PTAP).

Dada la limitación de los atributos disponibles, para la estimación del valor económico se partió del cálculo del caudal requerido para abastecer a 250 000 personas, correspondiente a la población aproximada de los distritos urbanos del cantón de Heredia. Una vez estimado este caudal, se distribuyó de manera uniforme entre los 28 puntos identificados, asignando a cada fuente un caudal aproximado de 20 litros por segundo (lps).

A partir de este caudal por punto, se asumió que cada fuente cuenta con:

- un sistema de captación lateral,
- dos unidades de desarenadores, y
- una planta de tratamiento de agua potable con capacidad de tratamiento de hasta 40 lps.

Con estos supuestos técnicos, se consultaron costos de inversión en infraestructura de agua en países de Centroamérica y Latinoamérica, con el fin de estimar un valor unitario representativo para sistemas con capacidad de 20 lps. El valor unitario estimado en este caso es de \$ 159 250 000, lo que resulta en una valoración económica total del portafolio de \$ 4 459 000 000.

2.3.6.2 Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento tienen una importancia significativa en los sistemas de abastecimiento de agua potable y, por lo tanto, en el modelo de exposición. Estos elementos permiten regular el suministro ante variaciones en la demanda y garantizar la continuidad del servicio, ya que estas estructuras actúan como reservorios intermedios entre las etapas de tratamiento y la distribución final del recurso, facilitando un abastecimiento estable del agua potable.

La fuente de información utilizada para la localización y caracterización de los tanques de almacenamiento fue el proyecto GRAF 2024, que contiene una representación georreferenciada y atributos básicos de cada estructura.

En total, se identificaron 53 tanques de almacenamiento, cada uno con atributos geométricos y físicos tales como el volumen, la altura, la forma geométrica-estructural y el material de construcción del tanque. Para efectos de la definición de la vulnerabilidad, el atributo principal considerado fue el material de la estructura, dado que este determina el comportamiento de la infraestructura frente a diferentes amenazas.

Por otra parte, la valoración económica se realizó utilizando los valores unitarios por metro cúbico definidos en el propio proyecto GRAF 2024, los cuales se consideran adecuados y consistentes para los fines del presente estudio. Estos valores varían según el material constructivo y el volumen del tanque, estableciendo que, a mayores capacidades de almacenamiento, el costo unitario disminuye, reflejando el efecto de escala en los procesos constructivos. El resultado de la valoración económica total para los tanques de almacenamiento que sirven para el abastecimiento de agua potable al cantón de Heredia es de \$ 3 559 872 800.

2.3.6.3 Sistemas de bombeo

Los sistemas de bombeo tienen una importancia significativa en los sistemas de abastecimiento de agua potable y, por ende, en el modelo de exposición. Estos elementos permiten garantizar la continuidad del flujo en la red de conducción con el fin de compensar los efectos topográficos del terreno.

La fuente de información utilizada fue el proyecto GRAF 2024, del cual se identificaron 17 sistemas de bombeo que se encuentran conectados a la red de distribución e impulsión del cantón de Heredia, sin embargo, la base de datos no contiene atributos específicos que permitan caracterizar los sistemas como número de bombas o caudal bombeado. El único atributo es el campo "MATERIAL" el cual contiene la descripción: *"Conformadas por casetas en mampostería y concreto estructural y los elementos electromecánicos en su mayoría son de acero y de hierro"*. Considerando lo anterior, se definió una categoría única para todos los sistemas de bombeo, al cual se le asocia una curva de vulnerabilidad tipo, construida como un arquetipo que considera la vulnerabilidad de los equipos electromecánicos y la edificación en la cual se localizan los equipos.

Por otra parte, la valoración económica se realizó utilizando los valores unitarios por sistema de bombeo definidos en el propio proyecto GRAF 2024, los cuales se consideran adecuados y consistentes para los fines del presente estudio. El resultado de la valoración económica total para los sistemas de bombeo que sirven para el abastecimiento de agua potable al cantón de Heredia es de \$ 1 069 286 400. La Figura 32 presenta la localización de las fuentes de agua potable, los tanques de almacenamiento y los sistemas de bombeo que funcionan para el abastecimiento de agua potable del cantón de Heredia.

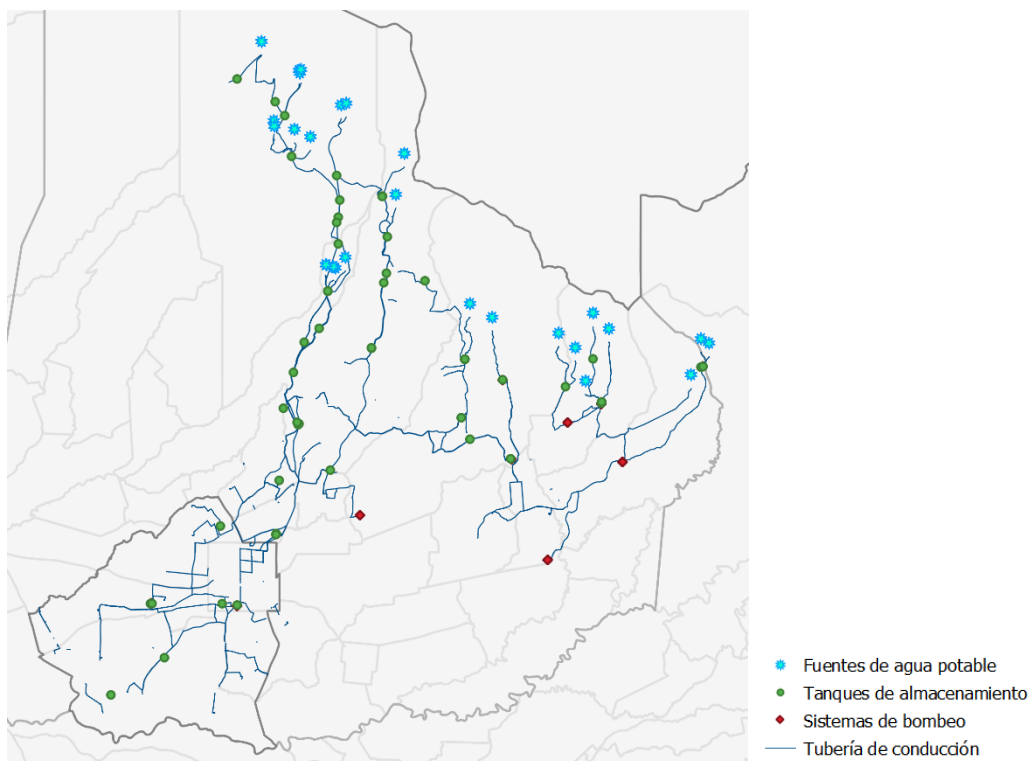


Figura 32. Elementos de abastecimiento de agua potable para Heredia – área urbana

2.3.6.4 Red de abastecimiento de agua potable

La red de abastecimiento corresponde al sistema de tuberías utilizado para transportar el agua potable desde las fuentes, tanques de almacenamiento y sistemas de bombeo hasta las edificaciones. En este caso, la fuente de información utilizada fue la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), cuya base de datos proporciona la cobertura más amplia de elementos en el área urbana del cantón, dado que se encuentra actualizada a 2024.

Para la conformación de este portafolio, se consideraron los siguientes aspectos derivados de los atributos de la base de datos:

- Las tuberías de distribución de agua potable se limitaron al ámbito administrativo del cantón de Heredia, mientras que las tuberías destinadas al transporte del recurso pueden extenderse más allá de estos límites, dado su carácter funcional dentro del sistema de abastecimiento.
- Los elementos geométricos que representan la red fueron segmentados en tramos de hasta 50 metros, con el fin de asegurar una adecuada resolución espacial para la evaluación del riesgo.

A partir de la información proporcionada por la ESPH, se definieron los siguientes atributos clave para la caracterización de la red:

- Clasificación funcional de la tubería (SUBTYPE): indica el rol que cumple cada tramo dentro del sistema, ya sea aducción, conducción, distribución, impulsión o limpieza.
- Diámetro de la tubería (DIÁMETRO).
- Material de fabricación (MATERIAL): clasificado conforme a las categorías descritas en la Tabla 7.

Tabla 7. Materiales de las tuberías de la red de abastecimiento de agua potable.

MATERIAL	Abrev.
Asbesto Cemento	AC
Acero	ACE
Concreto Reforzado	CR
Hierro Dúctil	HD
Hierro Fundido	HF
Hierro Galvanizado	HG
Hierro Negro	HN
Polietileno de Alta Densidad	PAD
Cloruro de Polivinilo	PVC

En este caso, el atributo utilizado para clasificar las tuberías de la red de abastecimiento es el material del elemento, al considerarse la variable más determinante para la evaluación de la vulnerabilidad frente a las amenazas identificadas en el presente proyecto.

Es importante señalar que algunos materiales presentes en la red no se utilizan actualmente, ya sea por sus riesgos para la salud pública, como en el caso del asbesto cemento, o por haber quedado obsoletos debido a baja competitividad técnica o comercial, como ocurre con el hierro negro. En estos casos, para efectos de valoración económica, se considera el material de reposición, es decir, el tipo de tubería comercialmente disponible que presenta propiedades físicas equivalentes. En el presente análisis, toda tubería de hierro se reemplaza por tubería de hierro dúctil, mientras que las tuberías de asbesto cemento se sustituyen por tuberías de PVC.

La valoración económica de la red de abastecimiento se estimó con base en valores unitarios por metro lineal, diferenciados según el diámetro y el material de cada tubería. Estos valores fueron definidos a partir de precios comerciales actualizados, e incluyen los costos asociados a las obras civiles necesarias para su sustitución. La Figura 33 presenta la red de abastecimiento considerada en este portafolio, la cual tiene una longitud total de 568.4 km, y su valoración económica total asciende a \$ 33 238 208 100.

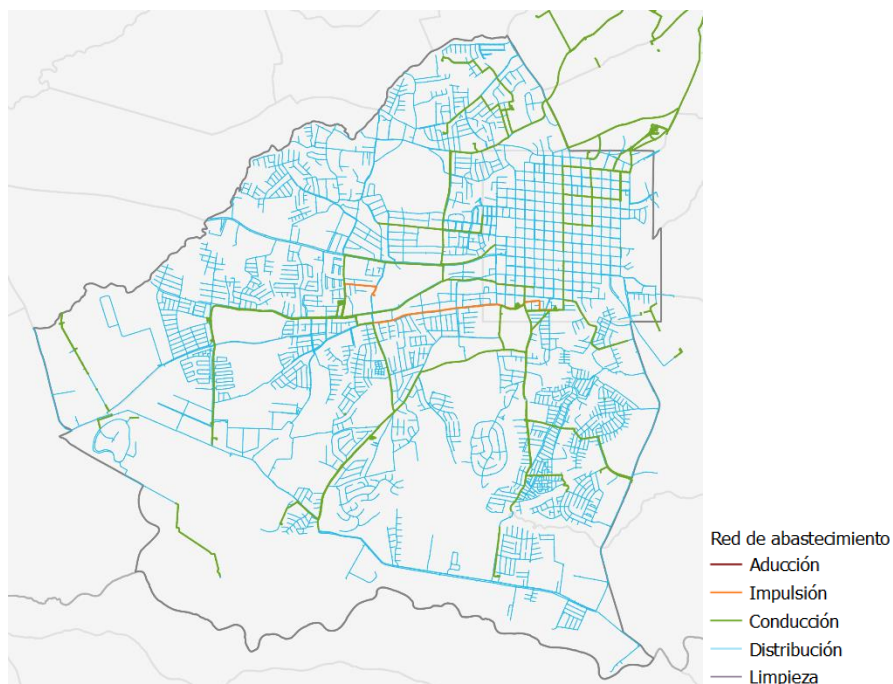


Figura 33. Red de agua potable de Heredia

2.3.6.5 Hidrantes

Los hidrantes se incluyen en el presente proyecto debido a su importancia operativa en la atención de emergencias, especialmente en el contexto de desastres naturales. Estos elementos permiten el acceso inmediato al recurso hídrico para labores de extinción de incendios, control de fugas y otras acciones prioritarias de respuesta. En este sentido, su incorporación dentro del modelo de exposición del sector agua potable es fundamental para garantizar una evaluación integral del sistema.

La fuente de información fue la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), que suministró una base de datos con una amplia cantidad de atributos técnicos. Entre ellos se encuentra el año de instalación, los diámetros de las tuberías madre del hidrante, marca, modelo, entre otros; sin embargo, se determinó que estos atributos no afectan significativamente la vulnerabilidad física del elemento frente a amenazas naturales, por lo que no se consideró en la clasificación del portafolio. De igual forma, se evaluó que ningún otro atributo disponible influye de forma sustantiva en la valoración económica o en la caracterización de riesgo, por lo que se optó por aplicar una clasificación única para todos los registros.

La valoración económica de los hidrantes se basó en un valor unitario por elemento, estimado en \$ 729 400, el cual incluye tanto el costo del elemento como los gastos asociados a su instalación o reposición. Con base en los 924 hidrantes identificados en el cantón de Heredia, se estimó una valoración económica total de \$ 673 965 600. La Figura 34 muestra la distribución espacial de los hidrantes en el área urbana del cantón.

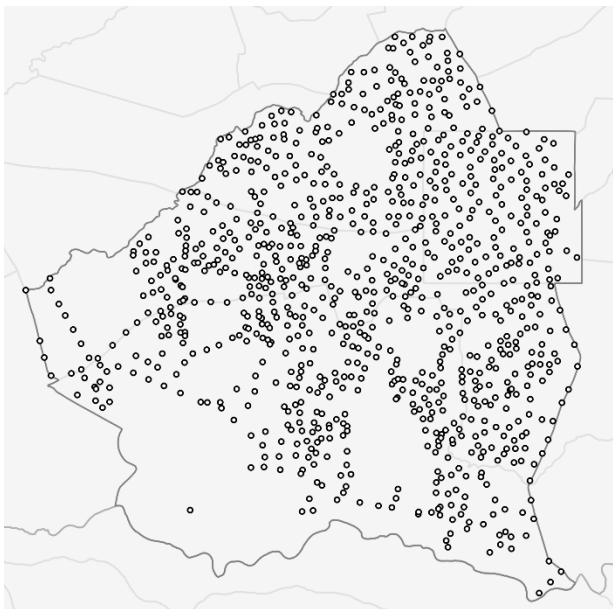


Figura 34. Hidrantes de Heredia – área urbana

2.3.7 Agua residual

El sector de agua residual en el presente proyecto está conformado por tres elementos que conforman el sistema sanitario necesario para la disposición adecuada del agua residual de la población. Los elementos por considerar son los *colectores* (tuberías de agua residual), los *pozos de registro* y las *plantas de tratamiento de agua residual* (PTAR).

Las fuentes de información utilizadas para la construcción del modelo de exposición del sector provienen de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y es complementada con información del proyecto GRAF 2024, el cual se basa en datos suministrados por la misma entidad.

A continuación, se describe la forma en que se han considerado los elementos que constituyen el sistema de disposición de agua residual en el cantón de Heredia.

2.3.7.1 Red de colectores

En el presente proyecto, la red de colectores se define como el conjunto de tuberías destinadas al transporte de aguas residuales desde las edificaciones hasta un punto de disposición final, ya sea un cuerpo de agua o una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

La fuente principal de información utilizada fue la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), cuya base de datos ofrece la cobertura más completa de elementos existentes, sin embargo, con el fin de fortalecer la representación espacial, se incorporaron también geometrías y atributos complementarios provenientes del proyecto GRAF 2024.

Es importante destacar que la cobertura de la red de colectores no abarca la totalidad del cantón, lo cual responde a dos factores principales:

1. Falta de actualización cartográfica en zonas con nuevos desarrollos urbanos, particularmente en el distrito de Ulloa, donde recientemente se han instalado colectores que aún no figuran en los registros oficiales disponibles. La constatación de esta situación se realizó mediante la validación cruzada con los datos del Censo de 2022 elaborado por el INEC, el cual indica el número de viviendas con conexión a la red de alcantarillado. Esta información revela una cobertura efectiva mayor a la que actualmente representa la base geoespacial de colectores de la ESPH, lo que evidencia la necesidad de actualizar los trazados.
2. La existencia de múltiples áreas del cantón que operan con sistemas individuales de disposición, principalmente pozos sépticos, lo cual implica que en dichos sectores no se dispone de una red de colectores centralizada.

A partir de la base de datos suministrada por la ESPH, se identificaron los siguientes atributos clave para la caracterización técnica de la red de colectores:

- Diámetro de la tubería (DIÁMETRO).
- Material de fabricación (MATERIAL): clasificado según las categorías de la Tabla 8.

Tabla 8. Materiales de las tuberías de la red de colectores de agua residual.

MATERIAL	Clasificación
PVC Liso	M1
PVC DPR	M1
Concreto	M2
Alcarraza	M3
Sin información	M4

En este caso, el atributo utilizado para clasificar las tuberías de la red de colectores es el material del elemento, al considerarse la variable más determinante para la evaluación de la vulnerabilidad frente a las amenazas contempladas en el presente proyecto.

Es importante señalar que las tuberías de alcarraza corresponden a un material que no se utiliza comercialmente, por lo que, para efectos de valoración económica, se define como material de reposición el PVC tipo DPR. Asimismo, en los registros sin información sobre el material, se asignó PVC DPR como material representativo, al ser el más común entre los colectores con datos completos.

La valoración económica de la red de colectores se estimó utilizando valores unitarios por metro lineal, diferenciados según el diámetro y el material de cada tubería. Estos valores fueron definidos con base en precios comerciales actualizados, e incluyen los costos asociados a las obras civiles necesarias para su sustitución. El portafolio consolidado de colectores contempla una longitud total de 160.3 km, con una valoración económica total de \$ 11 425 048 700.

2.3.7.2 Pozos de registro

Los pozos de registro son elementos verticales esenciales para el funcionamiento de la red de colectores de aguas residuales, ya que permiten tanto la interconexión de los diferentes tramos como el acceso para inspección y mantenimiento del sistema. Dado que estas redes transportan aguas con residuos sólidos en

suspensión, resulta necesario contar con accesos operativos en puntos estratégicos para facilitar intervenciones correctivas en caso de obstrucciones o afectaciones funcionales de los colectores.

La fuente de información utilizada fue la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), cuya base de datos proporciona la cobertura más amplia y detallada de pozos de registro, superando en completitud a la información disponible en el proyecto GRAF 2024.

A partir de la base de datos suministrada por la ESPH, se identificaron los siguientes atributos clave para la caracterización técnica y estructural de los pozos de registro:

- Profundidad del pozo (PROFUNDIDAD_M): reclasificada en rangos de 1.50 metros.
- Dimensiones en planta (DIAMETRO_POZO): en el caso de pozos circulares se registra el diámetro; para pozos rectangulares, se especifican dos dimensiones. Este atributo se refleja en el campo FORMA, con categorías: circular o rectangular.
- Material del pozo (MATERIAL_POZO): incluye las categorías concreto, PVC, ladrillo y otro (no identificado).

Con base en estos atributos, se construyó una clasificación técnica y económica orientada a la evaluación de vulnerabilidad y valoración del portafolio. Dicha clasificación se codifica en el siguiente formato: POZ_FX__M#_H#, donde: FX representa la forma del pozo (C: circular, R: rectangular), M# corresponde al material estructural y H# a la categoría de profundidad.

La valoración económica de los pozos de registro se realizó diferenciando los tipos de material y su comportamiento estructural:

- Para pozos de concreto y mampostería (ladrillo), la estimación se basó en el perímetro del pozo (calculado a partir de sus dimensiones en planta), la profundidad y el tipo de material, utilizando una valoración unitaria por metro cuadrado de superficie construida.
- Para pozos prefabricados de PVC, se definió un valor unitario por metro lineal de profundidad, derivado de precios comerciales, y diferenciado por el diámetro del pozo (comúnmente de 600 mm o 1200 mm).
- En los casos donde no se cuenta con información del material, se asignó concreto como valor de referencia, al ser el material predominante en los registros con información completa.

El portafolio incluye 2 317 pozos de registro, cuya valoración económica total asciende a \$ 1 955 178 000.

2.3.7.3 Plantas de tratamiento de agua residual

La incorporación de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el modelo de exposición del presente proyecto resulta fundamental, dado su rol crítico en la reducción de la carga física, química y biológica de las aguas residuales descargadas a los cuerpos receptores, tales como ríos y quebradas. Estas infraestructuras no solo permiten mejorar la calidad del recurso hídrico, sino que también contribuyen a la protección ambiental y a la salud pública, lo que justifica su inclusión en la evaluación del riesgo del sector de agua residual.

La fuente de información utilizada para la identificación y caracterización de las PTAR fue el proyecto GRAF 2024, el cual registra seis plantas de tratamiento localizadas dentro del perímetro urbano del cantón de Heredia. Como se observa en la Figura 35, estas instalaciones muestran una clara conexión con la red de

colectores del sistema de agua residual y están ubicadas en proximidad a cuerpos hídricos, por lo que su incorporación al modelo de exposición es técnicamente pertinente.

Dentro de los atributos disponibles en la base de datos del proyecto GRAF 2024, se identificó como relevante para la clasificación de vulnerabilidad el atributo TIPO_TRATAM, correspondiente al tipo de tratamiento que implementa cada planta. A partir de este atributo, se definen dos categorías principales:

- Tratamiento mediante tanques: corresponde a plantas que utilizan estructuras tipo tanque para realizar tratamiento primario con lodos activados.
- Tratamiento mediante lagunas de estabilización: corresponde a plantas que operan bajo un proceso aeróbico en lagunas, típicamente con menor grado de mecanización.

Esta diferenciación resulta útil tanto para la evaluación de vulnerabilidad ante amenazas como para el cálculo de los costos de reposición.

La valoración económica de las PTAR se tomó directamente de los valores definidos por el proyecto GRAF 2024, los cuales se consideraron consistentes con los criterios del presente estudio. Se estableció un valor unitario por planta, diferenciado según el tipo de tratamiento implementado, lo que permite representar adecuadamente los costos asociados a su reposición.

La valoración económica total de las seis plantas de tratamiento de aguas residuales identificadas en el cantón de Heredia asciende a \$ 162 500 000. La Figura 35 presenta la localización de los elementos del sistema de aguas residuales, incluyendo colectores, pozos de registro y plantas de tratamiento, permitiendo visualizar espacialmente la conformación del portafolio de este sector.

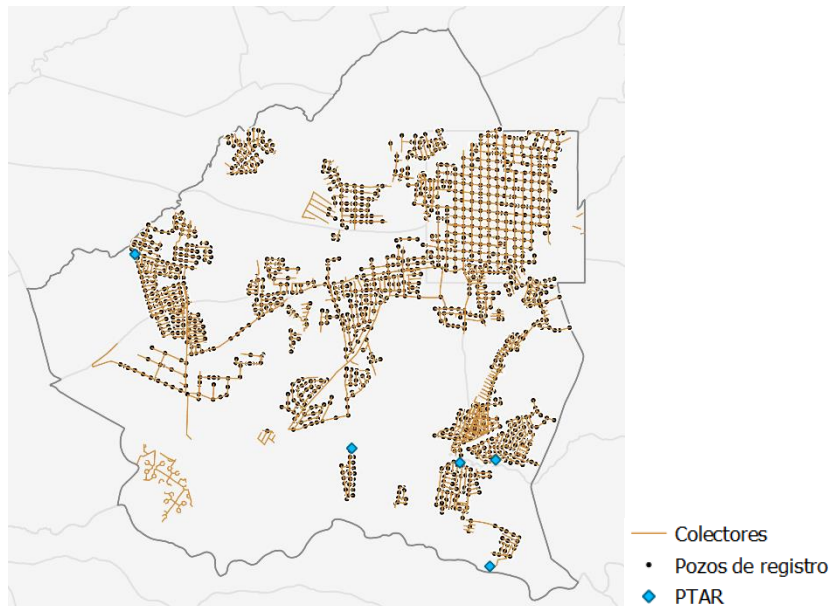


Figura 35. Sistema de agua residual del cantón de Heredia – área urbana

2.3.8 Resumen de la exposición de infraestructura en Heredia

Dada la muy extensa cantidad de sectores que componen el portafolio de infraestructura del cantón de Heredia, se presenta en esta sección un resumen general con el valor total estimado de reposición y el total de elementos individuales que componen cada sector considerado.

Tabla 9. Valoración económica y elementos de la exposición de infraestructura en el cantón de Heredia

Sector	Valoración económica (€)	Elementos
Carretero	119 590 241 400	340.5 km de vías
		12 puentes del orden nacional y 37 del orden cantonal
Férreo	986 648 800	4.9 km de vías férreas
Eléctrico	45 521 947 100	2 plantas de generación de energía (hidroeléctricas)
		6 subestaciones
		108 torres de transmisión de alta tensión
		48.7 km de circuitos de alta tensión (transmisión)
		2596 transformadores de media y baja tensión
		11814 postes de distribución
		1027.3 km de circuitos de media y baja tensión (distribución)
Telecomunicaciones	2 230 418 300	110 torres de telecomunicaciones
Hidrocarburos	3 743 233 900	12.2 km de poliducto
Agua potable	43 000 332 900	28 fuentes de agua potable
		53 tanques de almacenamiento
		17 sistemas de bombeo
		568.4 km de red de abastecimiento
		924 hidrantes
Agua residual	13 542 726 700	160.3 km de red de colectores
		2317 pozos de registro
		6 plantas de tratamiento de agua potable

2.4 Modelos de vulnerabilidad de infraestructura

Para la construcción de las funciones de vulnerabilidad de elementos de infraestructura, se adoptó un enfoque mixto. En los casos de elementos complejos, se utilizaron arquetipos de vulnerabilidad. Un arquetipo representa una estructura simplificada de un tipo de infraestructura, compuesta por subcomponentes —como edificaciones, equipos electromecánicos, estructuras de soporte o sistemas de control—, cada uno con propiedades técnicas y funciones específicas. A estos subcomponentes se les asignan funciones de vulnerabilidad individuales, que luego se integran en una curva compuesta, ponderada según su importancia relativa dentro del sistema.

No obstante, en el caso de elementos simples o estandarizados, como tuberías, postes, tanques de almacenamiento, torres de transmisión eléctrica, líneas férreas u otros elementos, se considera suficiente la asignación directa de una curva de vulnerabilidad. Estas curvas se asocian directamente al tipo de elemento en función de su material, geometría o condición estructural, sin necesidad de modelar un arquetipo compuesto.

La aplicación de este marco metodológico al caso del cantón de Heredia ha permitido caracterizar adecuadamente los portafolios de edificaciones e infraestructura crítica, asignando funciones de vulnerabilidad a cada elemento según su condición física, material predominante y relevancia funcional,

lo cual constituye la base para la estimación probabilista de pérdidas. Es importante aclarar que las funciones de vulnerabilidad asignadas permiten modelar la pérdida directa sobre el valor de reposición de los activos físicos de infraestructura únicamente. Es decir, no se incluye en la modelación de las pérdidas la interrupción en el servicio prestado por los sistemas de infraestructura. Esto debido a que un modelo que permita incorporar las variaciones en oferta y demanda de los servicios prestados, por cuenta de la ocurrencia de fenómenos de amenazas, se encuentra por fuera del alcance de esta consultoría.

2.4.1 Carretero

En el caso de las vías carreteras, se definieron 68 tipologías de clasificación dentro del portafolio de exposición, a las cuales se asignaron 3 funciones de vulnerabilidad sísmica y 8 funciones de vulnerabilidad por inundación, como se observa en la Tabla 10.

Las funciones de vulnerabilidad sísmica se basan en las curvas de fragilidad por deformación permanente de la superficie incluidas en el Manual Técnico del Modelo Sísmico HAZUS (FEMA, 2024). Por su parte, las funciones de vulnerabilidad por inundación fueron desarrolladas mediante la metodología de arquetipos, evaluando los daños potenciales en la carpeta asfáltica, así como en las estructuras de base y subbase, en función de la altura de la lámina de agua.

Tabla 10. Relación de tipologías de vías con curvas de vulnerabilidad

Clasificación	Longitud [m]	Sismo	Inundación
NP_R0_S1	874	EQ_HRD1	FL_R1_S1
NP_R0_S2	1104	EQ_HRD1	FL_R1_S2
NP_R0_S3	200	EQ_HRD1	FL_R1_S3
NP_R0_S4	25	EQ_HRD1	FL_R1_S4
NP_R1_S1	5088	EQ_HRD1	FL_R1_S1
NP_R1_S2	9093	EQ_HRD1	FL_R1_S2
NP_R1_S3	1176	EQ_HRD1	FL_R1_S3
NP_R1_S4	200	EQ_HRD1	FL_R1_S4
NS_R0_S1	1061	EQ_HRD1	FL_R1_S1
NS_R0_S2	1823	EQ_HRD1	FL_R1_S2
NS_R0_S3	950	EQ_HRD1	FL_R1_S3
NS_R0_S4	500	EQ_HRD1	FL_R1_S4
NS_R1_S1	7144	EQ_HRD1	FL_R1_S1
NS_R1_S2	10861	EQ_HRD1	FL_R1_S2
NS_R1_S3	3000	EQ_HRD1	FL_R1_S3
NS_R1_S4	1850	EQ_HRD1	FL_R1_S4
NT_R0_S1	280	EQ_HRD1	FL_R1_S1
NT_R0_S2	1009	EQ_HRD1	FL_R1_S2
NT_R0_S3	64	EQ_HRD1	FL_R1_S3
NT_R1_S1	2106	EQ_HRD1	FL_R1_S1
NT_R1_S2	3318	EQ_HRD1	FL_R1_S2
NT_R1_S3	128	EQ_HRD1	FL_R1_S3
NT_R1_S4	47	EQ_HRD1	FL_R1_S4
LP_R0_S1	4614	EQ_HRD2	FL_R1_S1

Clasificación	Longitud [m]	Sismo	Inundación
LP_R0_S2	10774	EQ_HRD2	FL_R1_S2
LP_R0_S3	1758	EQ_HRD2	FL_R1_S3
LP_R0_S4	211	EQ_HRD2	FL_R1_S4
LP_R1_S1	19622	EQ_HRD2	FL_R1_S1
LP_R1_S2	21059	EQ_HRD2	FL_R1_S2
LP_R1_S3	600	EQ_HRD2	FL_R1_S3
LS_R0_S1	13106	EQ_HRD2	FL_R1_S1
LS_R0_S2	11664	EQ_HRD2	FL_R1_S2
LS_R0_S3	271	EQ_HRD2	FL_R1_S3
LS_R1_S1	11229	EQ_HRD2	FL_R1_S1
LS_R1_S2	11874	EQ_HRD2	FL_R1_S2
LS_R1_S3	642	EQ_HRD2	FL_R1_S3
LT_R0_S1	25543	EQ_HRD2	FL_R1_S1
LT_R0_S2	40331	EQ_HRD2	FL_R1_S2
LT_R0_S3	3220	EQ_HRD2	FL_R1_S3
LT_R0_S4	523	EQ_HRD2	FL_R1_S4
LT_R1_S1	14459	EQ_HRD2	FL_R1_S1
LT_R1_S2	22778	EQ_HRD2	FL_R1_S2
LT_R1_S3	771	EQ_HRD2	FL_R1_S3
LT_R1_S4	125	EQ_HRD2	FL_R1_S4
LT_R3_S1	75	EQ_HRD2	FL_R1_S1
LT_R3_S2	469	EQ_HRD2	FL_R1_S2
LT_R3_S3	60	EQ_HRD2	FL_R1_S3
LTP_R0_S1	51	EQ_HRD2	FL_R1_S1
LTP_R0_S2	328	EQ_HRD2	FL_R1_S2
LTP_R0_S3	25	EQ_HRD2	FL_R1_S3
LTP_R1_S1	1122	EQ_HRD2	FL_R1_S1
LTP_R1_S2	1731	EQ_HRD2	FL_R1_S2
LTP_R1_S3	20	EQ_HRD2	FL_R1_S3
PR_R0_S1	4799	EQ_HRD2	FL_R1_S1
PR_R0_S2	20597	EQ_HRD2	FL_R1_S2
PR_R0_S3	4090	EQ_HRD2	FL_R1_S3
PR_R0_S4	157	EQ_HRD2	FL_R1_S4
PR_R1_S1	2026	EQ_HRD2	FL_R1_S1
PR_R1_S2	5725	EQ_HRD2	FL_R1_S2
PR_R1_S3	150	EQ_HRD2	FL_R1_S3
NC_R0_S1	1786	EQ_HRD3	FL_R3_S1
NC_R0_S2	14033	EQ_HRD3	FL_R3_S2
NC_R0_S3	10762	EQ_HRD3	FL_R3_S3
NC_R0_S4	3835	EQ_HRD3	FL_R3_S4
NC_R3_S1	175	EQ_HRD3	FL_R3_S1
NC_R3_S2	900	EQ_HRD3	FL_R3_S2
NC_R3_S3	475	EQ_HRD3	FL_R3_S3
NC_R3_S4	25	EQ_HRD3	FL_R3_S4

Las Tabla 11 y la Tabla 12 presentan una descripción resumen de los elementos vulnerables para las curvas sísmicas y de inundación, respectivamente. La Figura 36 y la Figura 37 presentan las curvas de vulnerabilidad sísmica y vulnerabilidad de inundación, respectivamente.

Tabla 11. Descripción de curvas de amenaza sísmica para vías

Curva	Descripción
EQ_HRD1	Vías nacionales
EQ_HRD2	Vías urbanas o locales
EQ_HRD3	Vías rurales

Tabla 12. Descripción de curvas de amenaza de inundación para vías

Curva	Descripción
FL_R1_S1	Pavimentada - Pendiente prom. terreno de 2.5%
FL_R1_S2	Pavimentada - Pendiente prom. terreno de 10.0%
FL_R1_S3	Pavimentada - Pendiente prom. terreno de 20.0%
FL_R1_S4	Pavimentada - Pendiente prom. terreno de 30.0%
FL_R3_S1	No pavimentada - Pendiente prom. terreno de 2.5%
FL_R3_S2	No pavimentada - Pendiente prom. terreno de 10.0%
FL_R3_S3	No pavimentada - Pendiente prom. terreno de 20.0%
FL_R3_S4	No pavimentada - Pendiente prom. terreno de 30.0%

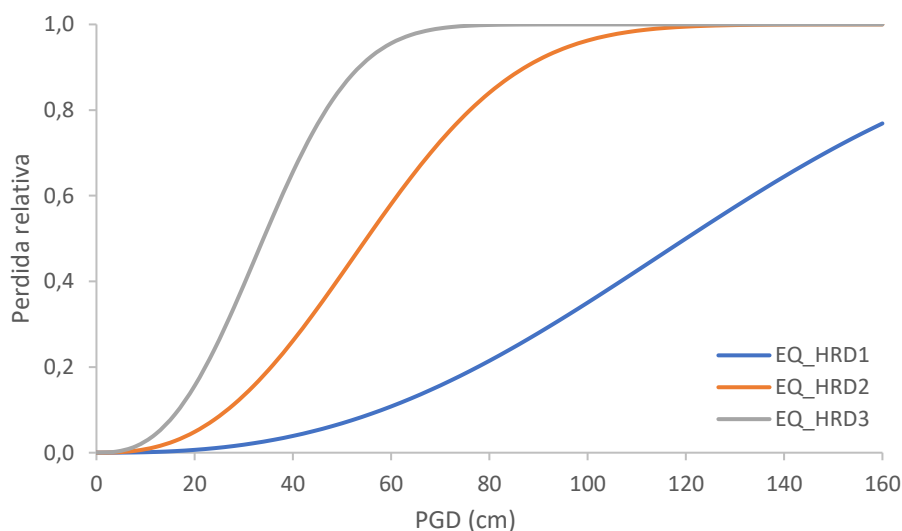


Figura 36. Curvas de vulnerabilidad sísmica para vías carreteras

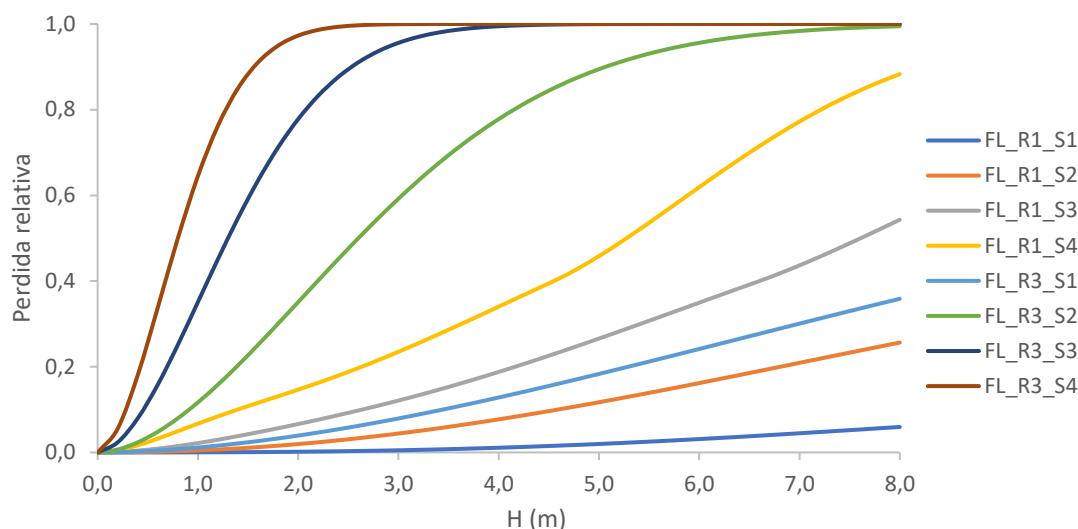


Figura 37. Curvas de vulnerabilidad ante inundación para vías carreteras

En el caso de los puentes de las carreteras, se definieron 34 tipologías de clasificación dentro del portafolio de exposición, a las cuales se asignaron 13 funciones de vulnerabilidad sísmica y 1 función de vulnerabilidad ante inundación, como se observa en la Tabla 13.

Las funciones de vulnerabilidad sísmica se basan en las curvas de fragilidad por aceleración espectral para un periodo de 0.1s incluidas en el Manual Técnico del Modelo Sísmico HAZUS (FEMA, 2024). Por otra parte, se define que los puentes no tienen una condición de vulnerabilidad ante la inundación, por lo que se asigna una curva de no daño a todas las tipologías de puentes definidas en la exposición. La Figura 38 presenta las curvas de vulnerabilidad sísmica para puentes.

Tabla 13. Relación de tipologías de puentes con curvas de vulnerabilidad

Clasificación	Puentes	Sismo	Inundación
C1_NC1_H0_ES0_MT0_AP0	1	EQ_HWB28_R	No-daño
C1_NC1_H0_ES11_MT1_AP0	1	EQ_HWB28_R	No-daño
C1_NC1_H0_ES11_MT2_AP0	1	EQ_HWB28_R	No-daño
C1_NC1_H0_ES11_MT4_AP0	2	EQ_HWB28_R	No-daño
C1_NC1_H0_ES2_MT3_AP0	1	EQ_HWB12	No-daño
C1_NC1_H0_ES4_MT2_AP0	2	EQ_HWB10	No-daño
C1_NC1_H0_ES7_MT2_AP0	1	EQ_HWB22	No-daño
C1_NC1_H1_ES0_MT0_AP0	3	EQ_HWB28_R	No-daño
C1_NC1_H1_ES22_MT1_AP1	3	EQ_HWB17	No-daño
C1_NC1_H1_ES2_MT3_AP1	2	EQ_HWB24	No-daño
C1_NC1_H1_ES2_MT3_AP3	1	EQ_HWB24	No-daño
C1_NC1_H1_ES2_MT3_AP4	2	EQ_HWB24	No-daño
C1_NC1_H2_ES0_MT0_AP0	2	EQ_HWB28_R	No-daño
C1_NC1_H2_ES10_MT3_AP1	1	EQ_HWB26	No-daño
C1_NC1_H2_ES10_MT3_AP4	1	EQ_HWB26	No-daño
C1_NC1_H2_ES22_MT1_AP1	5	EQ_HWB17	No-daño

Clasificación	Puentes	Sismo	Inundación
C1_NC1_H2_ES22_MT2_AP1	2	EQ_HWB10	No-daño
C1_NC1_H2_ES22_MT2_AP2	1	EQ_HWB11	No-daño
C1_NC1_H2_ES2_MT3_AP1	2	EQ_HWB12	No-daño
C1_NC1_H3_ES22_MT1_AP1	1	EQ_HWB15	No-daño
C1_NC1_H3_ES22_MT2_AP4	1	EQ_HWB16	No-daño
C2_NC1_H0_ES10_MT3_AP0	1	EQ_HWB28_F	No-daño
C2_NC1_H0_ES11_MT4_AP0	1	EQ_HWB28_R	No-daño
C2_NC1_H0_ES2_MT1_AP0	2	EQ_HWB17	No-daño
C2_NC1_H1_ES2_MT2_AP1	1	EQ_HWB10	No-daño
C2_NC1_H1_ES4_MT1_AP1	1	EQ_HWB17	No-daño
C2_NC1_H2_ES0_MT0_AP0	1	EQ_HWB28_R	No-daño
C2_NC1_H2_ES22_MT1_AP1	1	EQ_HWB17	No-daño
C2_NC1_H2_ES2_MT3_AP3	2	EQ_HWB14	No-daño
C2_NC1_H2_ES2_MT3_AP4	1	EQ_HWB14	No-daño
C2_NC1_H3_ES0_MT0_AP0	2	EQ_HWB28_R	No-daño
C3_NC1_H0_ES2_MT1_AP0	2	EQ_HWB17	No-daño
C3_NC2_H0_ES4_MT1_AP0	1	EQ_HWB17_NC2	No-daño
C4_NC3_H0_ES2_MT3_AP0	1	EQ_HWB12_NC3	No-daño

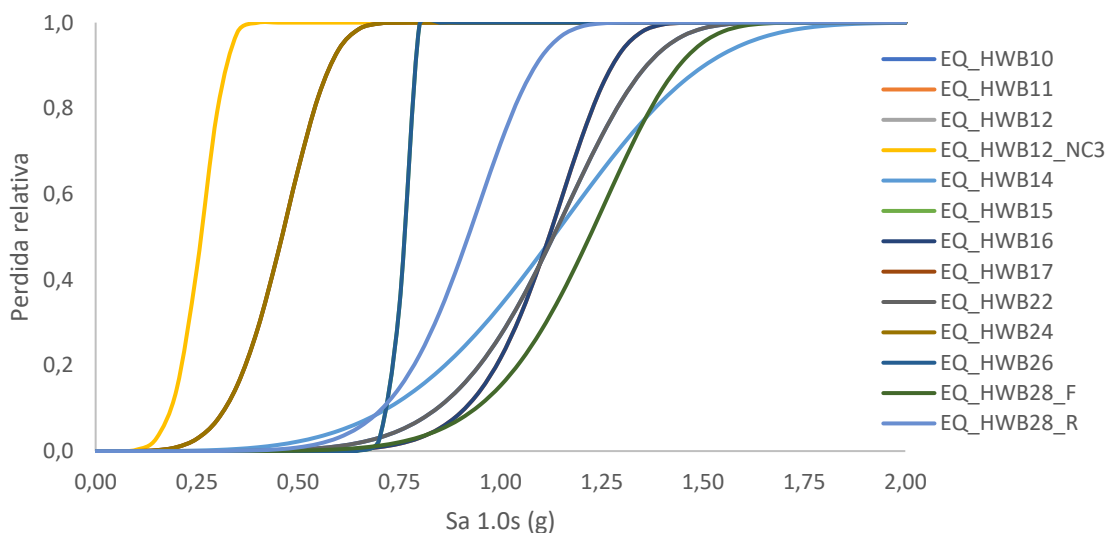


Figura 38. Curvas de vulnerabilidad sísmica para puentes

2.4.2 Férreo

En el portafolio del sector férreo se tienen 7 tipologías de clasificación dentro del portafolio de exposición, a las cuales se asignaron 3 funciones de vulnerabilidad sísmica y 6 funciones de vulnerabilidad por inundación, como se observa en la Tabla 14.

Tabla 14. Relación de tipologías férreas con curvas de vulnerabilidad

Clasificación	Longitud [m]	Sismo	Inundación
FR_ASF_S2	110	EQ_HRD2	FL_R1_S1
FR_BLT_S1	1341	EQ_RWY1	FL_R4_S1
FR_BLT_S2	1253	EQ_RWY1	FL_R4_S2
FR_BLT_S3	50	EQ_RWY1	FL_R4_S3
FR_CRO_S1	1255	EQ_HRD1	FL_R1_S1
FR_CRO_S2	812	EQ_HRD1	FL_R1_S2
FR_PTE	34	EQ_HWB28_R	No daño

La Figura 39 presenta las curvas de vulnerabilidad sísmica para los tramos férreos diferentes a los puentes, dado que la intensidad de la amenaza es PGD⁷ (en cm). En el caso del puente, se asignó la curva EQ_HWB28_R que se presenta en la Figura 38. La Figura 40 presenta las curvas de vulnerabilidad ante inundación para los tramos férreos.

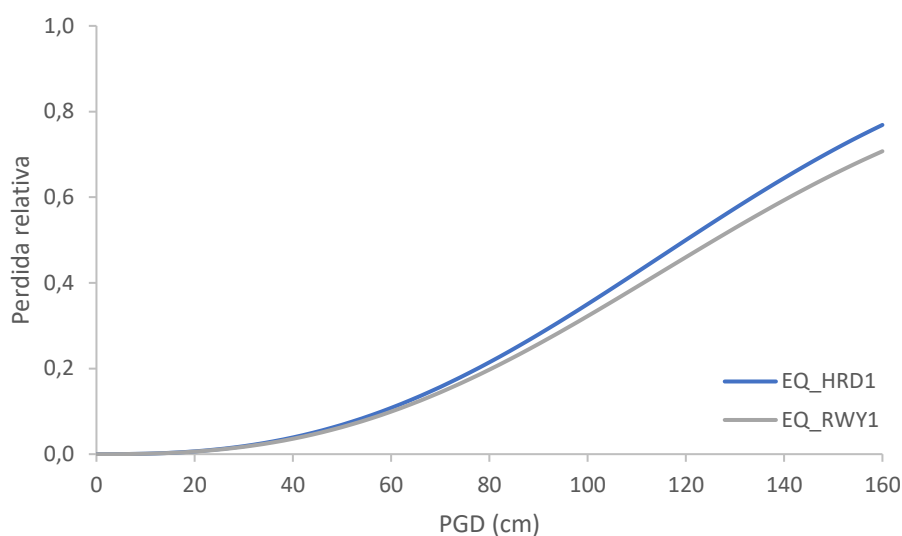


Figura 39. Curvas de vulnerabilidad sísmica para vías férreas

⁷ PGD es el desplazamiento máximo del terreno (Peak Ground Displacement)

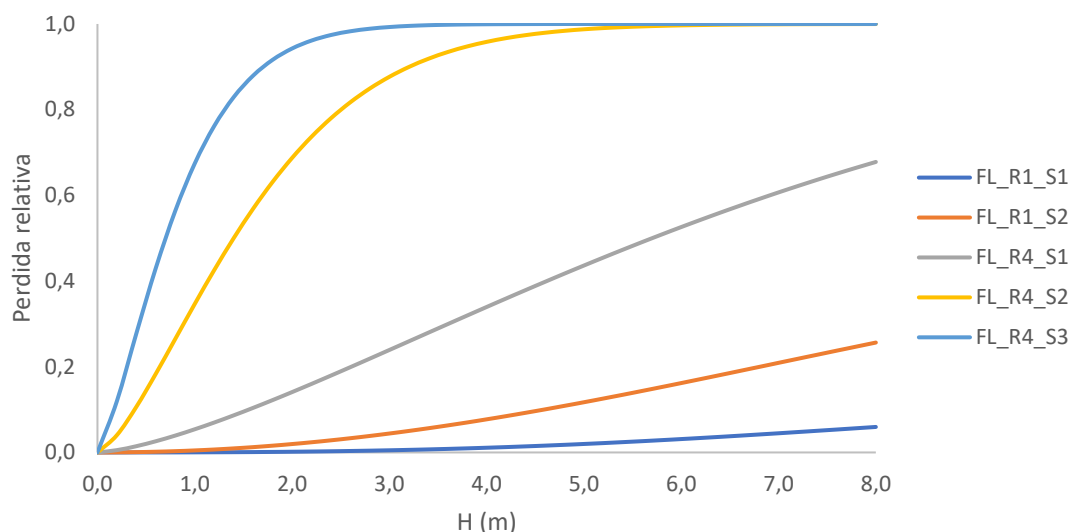


Figura 40. Curvas de vulnerabilidad ante inundación para vías férreas

2.4.3 Eléctrico

El sector eléctrico cuenta con 65 tipologías de clasificación dentro del portafolio de exposición, a las cuales se asignaron 59 funciones de vulnerabilidad sísmica y 4 funciones de vulnerabilidad ante inundación, como se observa en la Tabla 15.

Las funciones de vulnerabilidad sísmica de la mayoría de los elementos del portafolio se derivan de las curvas de fragilidad por aceleración pico del suelo (PGA) incluidas en el Manual Técnico del Modelo Sísmico HAZUS (FEMA, 2024). Los elementos que tienen una multiplicidad de componentes como es el caso de las hidroeléctricas de embalse o las subestaciones utilizan una curva de vulnerabilidad construida a partir de la metodología de arquetipos, con el propósito de capturar el efecto de la amenaza en los múltiples componentes del elemento expuesto.

Tabla 15. Relación de tipologías del sector eléctrico con curvas de vulnerabilidad

Subsector	Clasificación	Sismo	Inundación
Generación	HID-EMB	EQ_HID-EMB*	FL_HID-EMB*
Transmisión	SUBSTAT	EQ_HV-SUB	FL_SUBSTA*
	TL_CABLE	EQ_LTCAB	No daño
	LT_1C	EQ_LT1	No daño
	LT_2C	EQ_LT2	No daño
	LT_3C	EQ_LT2	No daño
	LT_4C	EQ_LT2	No daño
Distribución	TR_PED	EQ_TR-PED	FL_TR-PED
	TR_AER	EQ_DL-UMB	No daño
	DL_MT_SUB	No daño	No daño
	DL_MT_AER	EQ_DL-UMB	No daño
	DL_BT_SUB	No daño	No daño
	DL_BT_AER	EQ_DL-UMB	No daño

Subsector	Clasificación	Sismo	Inundación
	POSTE_C1_H1_STA	EQ_POLE_C1_H1_STA	No daño
	POSTE_C1_H1_STB	EQ_POLE_C1_H1_STB	No daño
	POSTE_C1_H2_STA	EQ_POLE_C1_H2_STA	No daño
	POSTE_C1_H2_STB	EQ_POLE_C1_H2_STB	No daño
	POSTE_C1_H2_STC	EQ_POLE_C1_H2_STC	No daño
	POSTE_C1_H3_STA	EQ_POLE_C1_H3_STA	No daño
	POSTE_C1_H3_STB	EQ_POLE_C1_H3_STB	No daño
	POSTE_C1_H3_STC	EQ_POLE_C1_H3_STC	No daño
	POSTE_C1_H4_STA	EQ_POLE_C1_H4_STA	No daño
	POSTE_C1_H4_STB	EQ_POLE_C1_H4_STB	No daño
	POSTE_C1_H4_STC	EQ_POLE_C1_H4_STC	No daño
	POSTE_C1_H5_STA	EQ_POLE_C1_H5_STA	No daño
	POSTE_C1_H5_STB	EQ_POLE_C1_H5_STB	No daño
	POSTE_C1_H5_STC	EQ_POLE_C1_H5_STC	No daño
	POSTE_C2_H3_STA	EQ_POLE_C2_H3_STA	No daño
	POSTE_C2_H3_STB	EQ_POLE_C2_H3_STB	No daño
	POSTE_C2_H4_STA	EQ_POLE_C2_H4_STA	No daño
	POSTE_C2_H4_STB	EQ_POLE_C2_H4_STB	No daño
	POSTE_C2_H5_STA	EQ_POLE_C2_H5_STA	No daño
	POSTE_C2_H5_STB	EQ_POLE_C2_H5_STB	No daño
	POSTE_M1_H2_STA	EQ_POLE_M1_H2_STA	No daño
	POSTE_M1_H2_STB	EQ_POLE_M1_H2_STB	No daño
	POSTE_M1_H2_STC	EQ_POLE_M1_H2_STC	No daño
	POSTE_M1_H3_STA	EQ_POLE_M1_H3_STA	No daño
	POSTE_M1_H3_STB	EQ_POLE_M1_H3_STB	No daño
	POSTE_M1_H3_STC	EQ_POLE_M1_H3_STC	No daño
	POSTE_M1_H4_STA	EQ_POLE_M1_H4_STA	No daño
	POSTE_M1_H4_STC	EQ_POLE_M1_H4_STC	No daño
	POSTE_M1_H5_STA	EQ_POLE_M1_H5_STA	No daño
	POSTE_M2_H1_STA	EQ_POLE_M2_H1_STA	No daño
	POSTE_M2_H2_STA	EQ_POLE_M2_H2_STA	No daño
	POSTE_M2_H2_STB	EQ_POLE_M2_H2_STB	No daño
	POSTE_M2_H2_STC	EQ_POLE_M2_H2_STC	No daño
	POSTE_M2_H3_STA	EQ_POLE_M2_H3_STA	No daño
	POSTE_M2_H3_STB	EQ_POLE_M2_H3_STB	No daño
	POSTE_M2_H3_STC	EQ_POLE_M2_H3_STC	No daño
	POSTE_M2_H4_STA	EQ_POLE_M2_H4_STA	No daño
	POSTE_M2_H4_STB	EQ_POLE_M2_H4_STB	No daño
	POSTE_M2_H4_STC	EQ_POLE_M2_H4_STC	No daño
	POSTE_M2_H5_STA	EQ_POLE_M2_H5_STA	No daño
	POSTE_M2_H5_STC	EQ_POLE_M2_H5_STC	No daño
	POSTE_W1_H2_STA	EQ_POLE_W1_H2_STA	No daño
	POSTE_W1_H2_STB	EQ_POLE_W1_H2_STB	No daño
	POSTE_W1_H2_STC	EQ_POLE_W1_H2_STC	No daño
	POSTE_W1_H3_STA	EQ_POLE_W1_H3_STA	No daño

Subsector	Clasificación	Sismo	Inundación
	POSTE_W1_H3_STB	EQ_POLE_W1_H3_STB	No daño
	POSTE_W1_H3_STC	EQ_POLE_W1_H3_STC	No daño
	POSTE_W1_H4_STA	EQ_POLE_W1_H4_STA	No daño
	POSTE_W1_H4_STB	EQ_POLE_W1_H4_STB	No daño
	POSTE_W1_H4_STC	EQ_POLE_W1_H4_STC	No daño
	POSTE_W1_H5_STC	EQ_POLE_W1_H5_STC	No daño
	POSTE_W2_H4_STA	EQ_POLE_W2_H4_STA	No daño

*Funciones construidas bajo la metodología de arquetipos para la estimación de curvas de vulnerabilidad

La Figura 41 presenta las curvas de vulnerabilidad sísmica para los elementos del sector, a excepción de los postes de distribución de energía eléctrica. La Figura 42 presenta las curvas de vulnerabilidad de las 52 tipologías de postes de distribución de energía presentes en el cantón de Heredia. La Figura 43 presenta las curvas de vulnerabilidad por inundación.

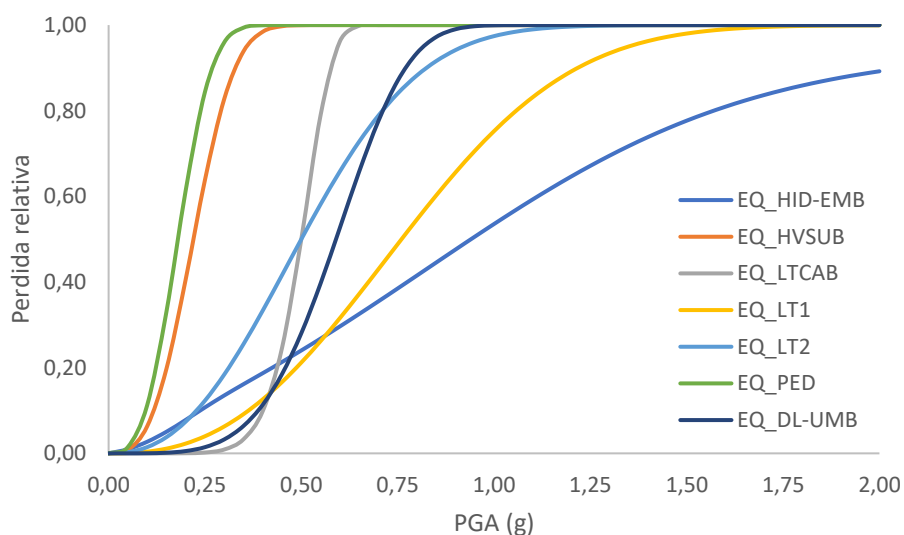


Figura 41. Curvas de vulnerabilidad sísmica para elementos de la red de distribución de energía.

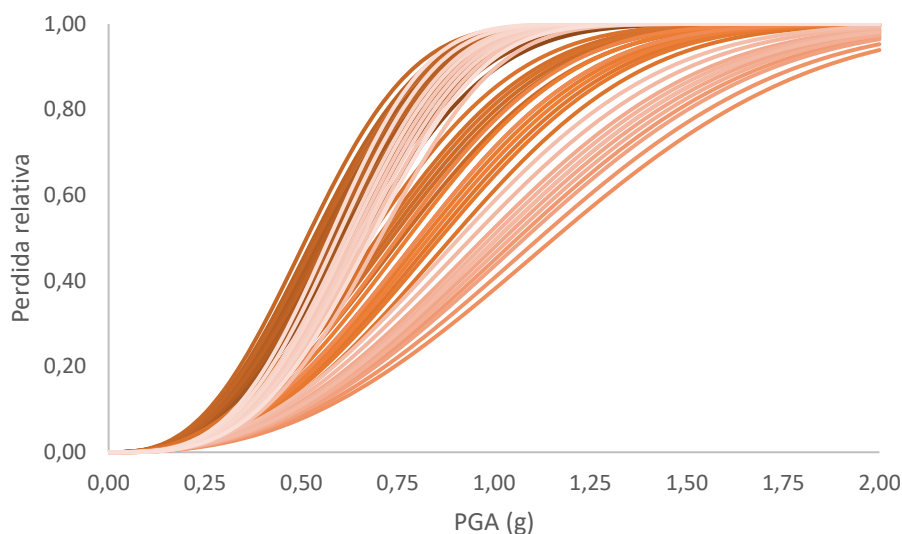


Figura 42. Curvas de vulnerabilidad sísmica para postes de la red de distribución de energía.

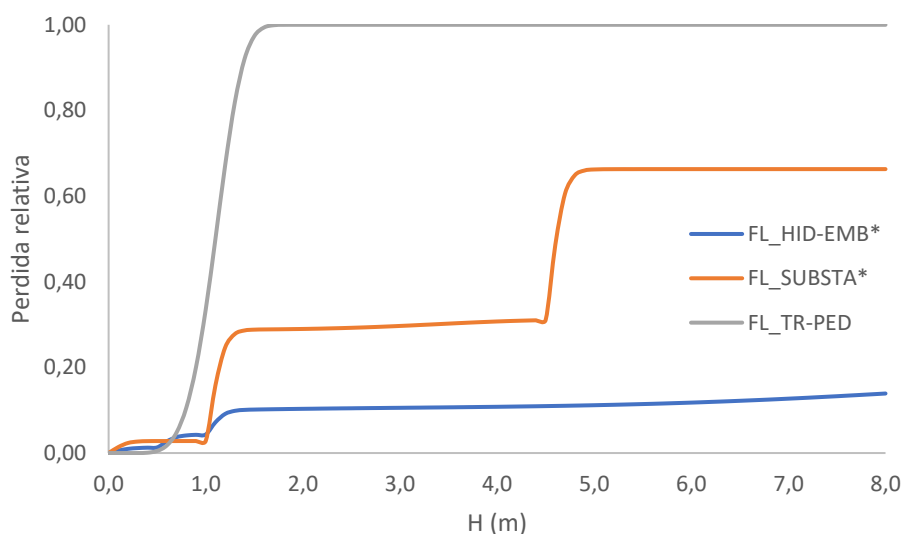


Figura 43. Curvas de vulnerabilidad ante inundación para elementos del portafolio del sector energía.

2.4.4 Telecomunicaciones

El sector de telecomunicaciones cuenta con 10 tipologías de clasificación dentro del portafolio de exposición, a las cuales se asignaron 7 funciones de vulnerabilidad sísmica, tal como se presenta en la Tabla 16.

En el caso de la vulnerabilidad por inundación, se asignaron curvas de no daño, considerando que las estructuras metálicas de soporte de las antenas no son susceptibles a daños por inundación, y que los componentes electrónicos sensibles, como las antenas o las unidades de radiofrecuencia (RF) de los

sistemas radiantes, se encuentran ubicados a alturas superiores a los 8.0 metros, fuera del alcance de las alturas de lámina de agua.

Tabla 16. Relación de tipologías de torres de telecomunicaciones con curvas de vulnerabilidad

Clasificación	Torres	Sísmica	Inundación
COM_CU	18	Edificación	No daño
COM_TA_H2	21	EQ_WLS2_H2	No daño
COM_TA_H3	6	EQ_WLS2_H3	No daño
COM_TA_H4	3	EQ_WLS2_H4	No daño
COM_TA_H5	1	EQ_WLS2_H5	No daño
COM_TM_H1	4	EQ_WLS1_H1	No daño
COM_TM_H2	37	EQ_WLS1_H2	No daño
COM_TM_H3	8	EQ_WLS1_H3	No daño
COM_TV_H1	1	EQ_WLS1_H1	No daño
COM_TV_H2	11	EQ_WLS1_H2	No daño

Las funciones de vulnerabilidad sísmica asignadas a los elementos del portafolio se derivan de las curvas de fragilidad basadas en la aceleración pico del suelo (PGA), tal como se establece en el Manual Técnico del Modelo Sísmico HAZUS (FEMA, 2024).

Para los elementos clasificados como “COM_CU”, correspondientes a sistemas radiantes-receptores ubicados en cubiertas, se asignaron funciones de vulnerabilidad binarias, las cuales consideran como umbral de daño la aceleración sísmica asociada a un 85 % de afectación estructural en la edificación de soporte. Este enfoque permite reflejar la dependencia funcional del sistema radiante respecto al desempeño de la estructura donde se encuentra instalado.

La Figura 44 presenta las siete curvas de vulnerabilidad sísmica utilizadas en este portafolio.

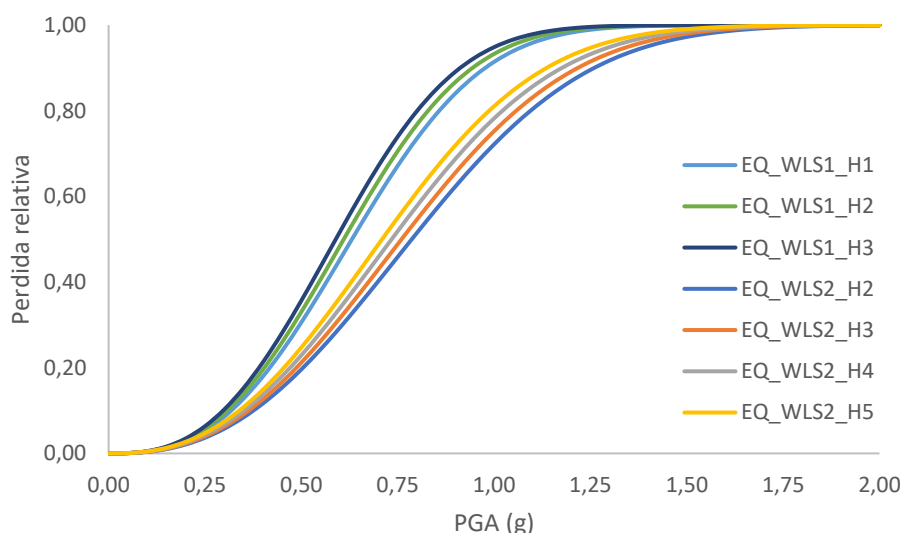


Figura 44. Curvas de vulnerabilidad sísmica para torres de telecomunicaciones

2.4.5 Hidrocarburos

El sector de hidrocarburos cuenta con una sola tipología referente al poliducto que pasa por el cantón de Heredia. En este caso, se asigna la curva de vulnerabilidad de tuberías enterradas presentada en Manual Técnico del Modelo Sísmico HAZUS (FEMA, 2024). Por otra parte, se asigna una curva de no daño para la vulnerabilidad ante inundaciones dado que las laminas de agua no afectan la tubería que se encuentra enterrada a más de 1.50 metros de profundidad.

La Figura 45 presenta la función de vulnerabilidad sísmica asignada a las tuberías del poliducto.

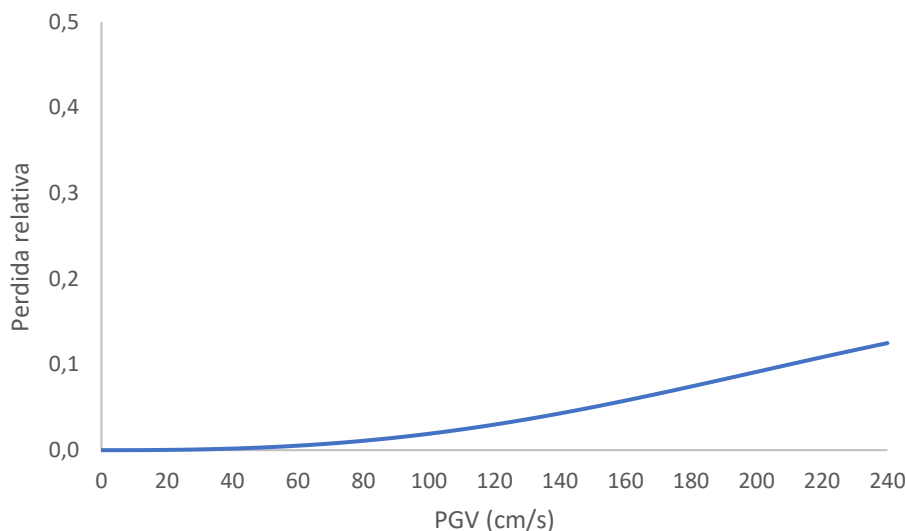


Figura 45. Curva de vulnerabilidad sísmica para tubería enterrada

2.4.6 Agua potable

El sector de agua potable cuenta con 16 tipologías de clasificación de los elementos, a las cuales se asignaron 6 funciones de vulnerabilidad sísmica y 3 funciones de vulnerabilidad ante inundación, tal como se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17. Relación de tipologías de los elementos del sector agua potable con curvas de vulnerabilidad

Clasificación	Sismo	Inundación
AP_FUENTE	EQ_AP-FUENTE*	FL_AP-FUENTE*
AP_TANQ_MC	EQ_PSTGC	No daño
AP_TANQ_MH	EQ_PSTGS	No daño
AP_TANQ_MO	EQ_PSTGC	No daño
AP_SIST-BOM	EQ_PPPS	FL_PPPS
TUB_AP_AC	EQ_PIPE	No daño
TUB_AP_ACE	EQ_PIPE	No daño
TUB_AP_CR	EQ_PIPE	No daño
TUB_AP_HD	EQ_PIPE	No daño
TUB_AP_HF	EQ_PIPE	No daño

TUB_AP_HG	EQ_PIPE	No daño
TUB_AP_HN	EQ_PIPE	No daño
TUB_AP_Otro	EQ_PIPE	No daño
TUB_AP_PAD	EQ_PIPE	No daño
TUB_AP_PVC	EQ_PIPE	No daño
AP_HDRT	No daño	No daño

*Funciones construidas bajo la metodología de arquetipos para la estimación de curvas de vulnerabilidad

La Figura 46 presenta las curvas de vulnerabilidad sísmica de las tipologías evaluadas a partir de la aceleración máxima del terreno (PGA).

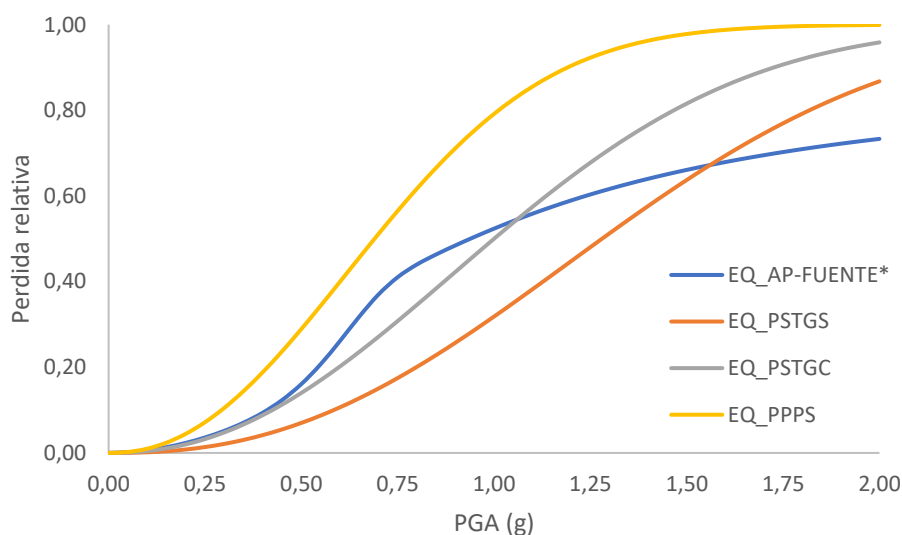


Figura 46. Curvas de vulnerabilidad sísmicas para el sector de agua potable

La función de vulnerabilidad sísmica de la tubería es la misma utilizada para el poliducto, por lo que la función considerada se puede observar en la Figura 45. La Figura 47 presenta las dos curvas (diferentes a la curva de no daño) relacionadas en el sector de agua potable para el cantón de Heredia.

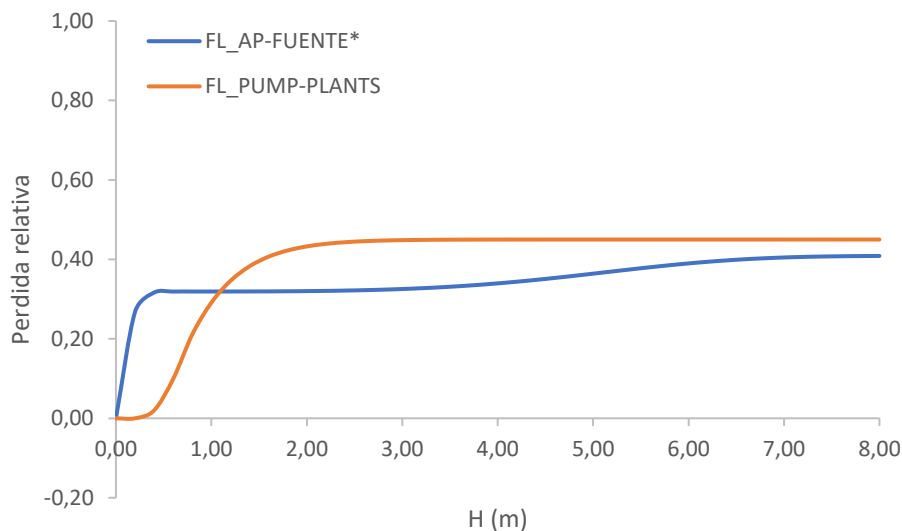


Figura 47. Curvas de vulnerabilidad ante inundación para el sector de agua potable

2.4.7 Agua residual

El sector de agua residual cuenta con 22 tipologías de clasificación de los elementos, a las cuales se asignaron 14 funciones de vulnerabilidad sísmica y 2 funciones de vulnerabilidad ante inundación (una de no daño), tal como se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18. Relación de tipologías de los elementos del sector agua residual con curvas de vulnerabilidad

Clasificación	Sismo	Inundación
TUB_AR_M1	EQ_PIPE	No daño
TUB_AR_M2	EQ_PIPE	No daño
TUB_AR_M3	EQ_PIPE	No daño
TUB_AR_M4	EQ_PIPE	No daño
POZ_FC_M1_H0	EQ_PZ_M1-H0	No daño
POZ_FC_M1_H1	EQ_PZ_M1-H1	No daño
POZ_FC_M1_H2	EQ_PZ_M1-H2	No daño
POZ_FC_M1_H3	EQ_PZ_M1-H3	No daño
POZ_FC_M2_H0	EQ_PZ_M2-H0	No daño
POZ_FC_M2_H1	EQ_PZ_M2-H1	No daño
POZ_FC_M2_H2	EQ_PZ_M2-H2	No daño
POZ_FC_M2_H4	EQ_PZ_M2-H4	No daño
POZ_FC_M3_H0	EQ_PZ_M3-H0	No daño
POZ_FC_M3_H1	EQ_PZ_M3-H1	No daño
POZ_FC_M3_H2	EQ_PZ_M3-H2	No daño
POZ_FR_M1_H0	EQ_PZ_M1-H0	No daño
POZ_FR_M1_H1	EQ_PZ_M1-H1	No daño
POZ_FR_M2_H0	EQ_PZ_M2-H0	No daño
POZ_FR_M3_H0	EQ_PZ_M3-H0	No daño
POZ_FR_M3_H1	EQ_PZ_M3-H1	No daño

Clasificación	Sismo	Inundación
PTAR_T1	EQ_PSTGC	FL_PTAR1*
PTAR_T2	EQ_PWTS	No daño

La Figura 48 presenta las curvas de vulnerabilidad sísmica de las tipologías evaluadas a partir de la aceleración máxima del terreno (PGA). La función de vulnerabilidad de las tuberías que se encuentra en función de la PGV se presenta a la Figura 45.

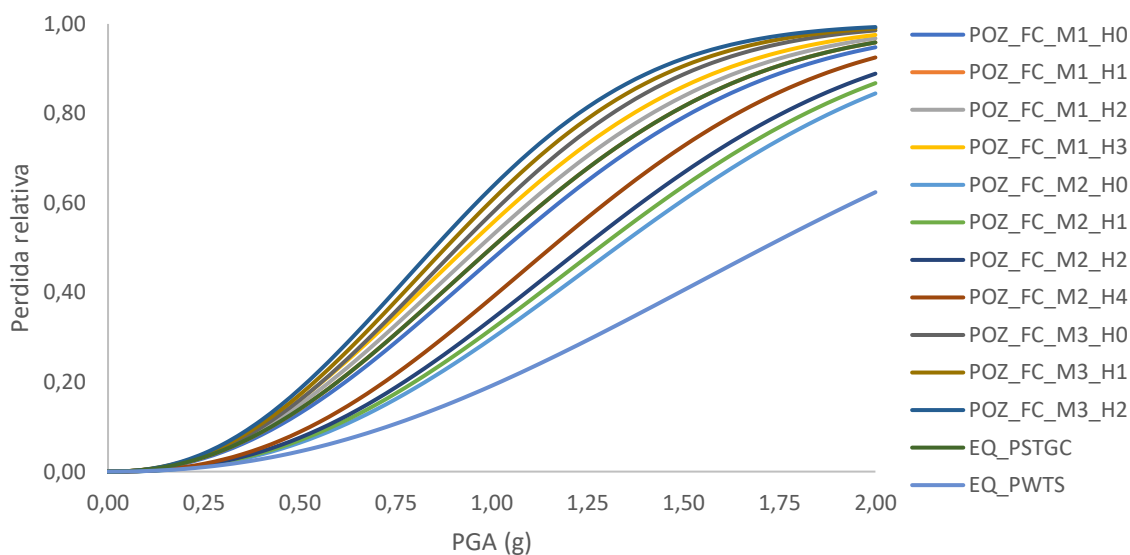


Figura 48. Curvas de vulnerabilidad sísmicas para el sector de agua residual

La Figura 49 presenta la curva de vulnerabilidad ante inundación para la planta de tratamiento de agua residual – tipo 1.

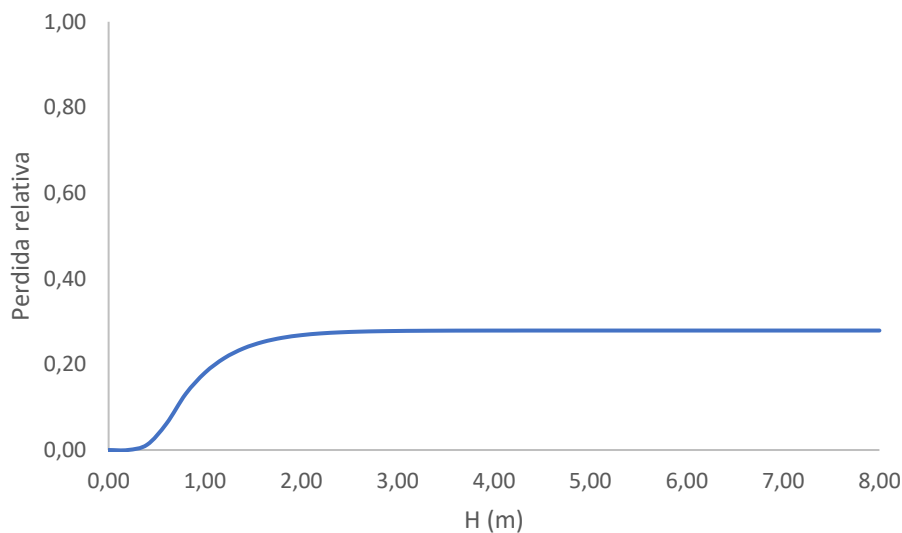


Figura 49. Curva de vulnerabilidad ante inundación para una planta de tratamiento

3 PROYECTO OPERACIONAL 1: EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y CLIMÁTICO EN INFRAESTRUCTURA VIAL – RUTA NACIONAL 2 AUTOPISTA PANAMERICANA (RN2)

Este proyecto consiste en la evaluación del riesgo en infraestructura vial, en particular la ruta RN2 (Autopista Panamericana), ante múltiples amenazas, incluyendo: sismo, inundación, erupciones volcánicas y deslizamientos.

3.1 Modelos de exposición

El portafolio de la Ruta Nacional No. 2 se elabora a partir de información georreferenciada que incluye representación geométrica vectorial (tipo punto o línea) y atributos que permiten la caracterización de los elementos. Cada portafolio contiene, como mínimo, una geometría georreferenciada, una estimación del valor económico de reposición del elemento y una clasificación que permite su asociación con la función de vulnerabilidad correspondiente.

En el presente proyecto, los componentes considerados son las vías y puentes localizados a lo largo del trazado de la ruta. Para la caracterización de cada componente, se utiliza como fuente principal la información publicada por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), entidad académica adscrita a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, que cumple funciones de investigación aplicada y monitoreo técnico de la red vial nacional.

A continuación, se presentan los portafolios elaborados para la Ruta Nacional No. 2. En cada caso se describen los atributos disponibles para la caracterización de los elementos expuestos y el procedimiento realizado para la conformación de cada portafolio. Así mismo, se ha desarrollado un sistema de codificación para todos los elementos de infraestructura considerados en este trabajo. Si bien en cada sección se explica la codificación, se ha agregado un directorio general de códigos en el Anexo A.2 como referencia.

3.1.1 Vía

El portafolio de vías se compone de las secciones viales pertenecientes a la Red Vial Nacional (RVN) de Costa Rica, representadas en formato vectorial tipo polilínea. Estas geometrías provienen de la base de datos espacial oficial publicada por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). Dicha base incluye una variedad de atributos técnicos que resultan clave tanto para la definición de la vulnerabilidad física como para la estimación de la valoración económica de los segmentos viales.

A continuación, se describen los principales atributos utilizados, las categorías que los componen y su rol dentro del modelo de exposición:

- Pendiente natural del terreno (TERRENO): Este atributo clasifica la inclinación del terreno sobre el cual se asienta la vía, en las siguientes categorías:
 - Llano [1]: pendiente entre 0 % y 5 %
 - Algo ondulado [2]: pendiente entre 6 % y 14 %

- Muy ondulado [3]: pendiente entre 15 % y 25 %
- Montañoso [4]: pendiente superior al 25 %

La pendiente natural del terreno corresponde a la pendiente de la sección transversal de la vía, calculada en un ancho de buffer alrededor del lineamiento que corresponde con el derecho de vía de la sección.

La clasificación presentada permite diferenciar los perfiles viales entre zonas planas y montañosas, lo cual incide directamente en la selección de tipologías estructurales asociadas. Por ejemplo, en terrenos con mayor pendiente se considera la presencia de rellenos, taludes de corte o estructuras de contención, aspectos que influyen tanto en la vulnerabilidad física como en la valoración económica de la vía (ver Figura 50).

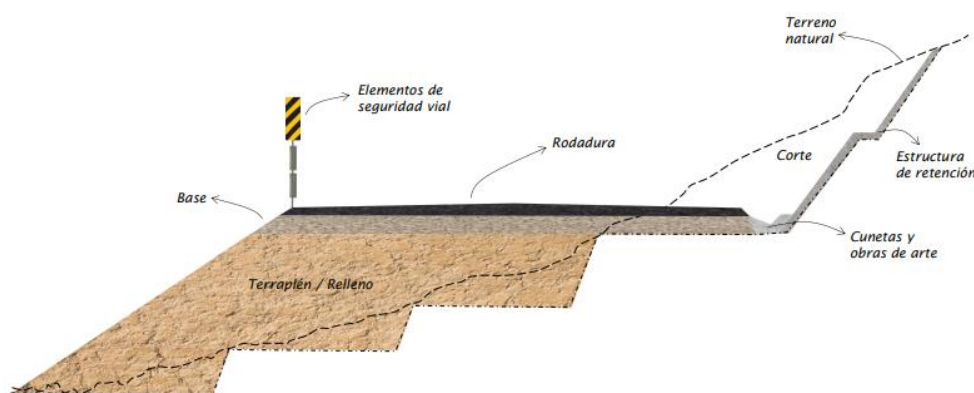


Figura 50. Sección transversal de una vía en perfil montañoso

- Superficie de rodadura (SUPERFICIE): Define el tipo de material presente en la capa superior de circulación vehicular. Aunque la mayoría de los segmentos en el área de estudio presentan asfalto, se identificaron dos tramos con superficie de hormigón, lo que modifica el costo unitario de reposición.
- Ancho de la superficie pavimentada (ANCHO_SUP): Permite calcular con mayor precisión el área de intervención en cada sección transversal, incidiendo directamente en el cálculo del valor económico del segmento vial.
- Ancho del espaldón (ANCHO_ESP): Aunque no está destinado a la circulación directa, el espaldón forma parte integral del perfil vial y posee la misma estructura de pavimento que la rodadura. Por tanto, debe considerarse en el cálculo de dimensiones y costos.

Si bien la base de datos contiene otros atributos adicionales —como la pendiente del alineamiento, la visibilidad o el estado de la señalización—, estos no se consideran relevantes en esta fase del modelo, orientada a la estimación de vulnerabilidad estructural y valoración económica directa de la infraestructura.

En el presente proyecto, los segmentos viales originales fueron subdivididos en tramos de longitud máxima de 25.0 metros, con el objetivo de lograr una representación más precisa de la exposición en el marco de

la evaluación del riesgo. Como parte de este procedimiento, se recalculó la pendiente para cada nuevo tramo generado y se reclasificó dicho atributo conforme a las categorías definidas previamente.

Con base en los atributos técnicos descritos —tipo de superficie de rodadura y pendiente natural del terreno—, se construyó una tipología de clasificación vial bajo el formato: RN_R#_S#, donde RN hace referencia a Ruta Nacional, R# representa la categoría de superficie de rodadura y S# corresponde a la categoría de pendiente natural.

3.1.1.1 Valoración económica

Para la estimación del valor económico de reposición de los segmentos viales, se tomaron como referencia los informes del LanammeUCR correspondientes a los años 2016 y 2017 (LanammeUCR. 2016 a, b, c; LanammeUCR. 2017 a, b, c), en los cuales se calcularon valores patrimoniales basados en estructuras de pavimento tipo utilizadas en la red vial cantonal.

Partiendo de dichos valores, y considerando un aumento en los espesores de la subbase, base y capa de rodadura asfáltica, se definió un valor unitario ajustado para los pavimentos correspondientes a la Red Vial Nacional. El valor resultante fue de \$97 100 por metro cuadrado, cálculo que se realiza en función del ancho del perfil vial y la longitud de cada tramo.

Adicionalmente, se aplicaron factores de ajuste por pendiente del terreno, dada su incidencia en actividades de estabilización (como cortes y rellenos) y en el incremento de espesores estructurales, particularmente en la subbase, necesarios para garantizar el alineamiento vertical de la vía.

Como resultado de este proceso, la valoración económica total de los 355,3 km de vía analizados se estima en \$304 447 125 000. La Figura 51 muestra la red vial clasificada por la pendiente del terreno natural.

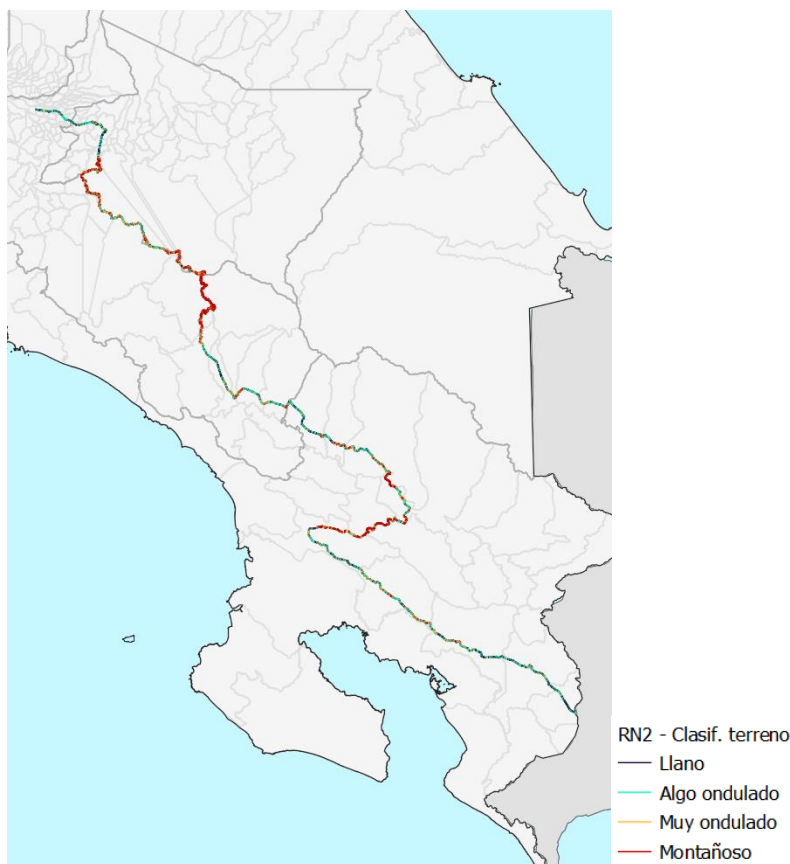


Figura 51. Mapa de las vías de la RN2

3.1.2 Puentes

El portafolio de puentes se compone de los elementos identificados en la base de datos denominada Puentes de la Red Vial Nacional, elaborada por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR). Esta base incluye una variedad de atributos geométricos, estructurales y constructivos que son clave para la caracterización de la vulnerabilidad física y, en algunos casos, para la estimación de su valoración económica.

En el caso de la Ruta Nacional N.º 2, se identificaron 65 puentes que se presentan en la Figura 52, los cuales cuentan con una multiplicidad de atributos relevantes para su clasificación estructural.



Figura 52. Localización de puentes de la RVN en la RN2

A continuación, se describen los principales atributos utilizados, sus categorías y la importancia que tienen dentro del modelo de exposición:

- Longitud total (LARGO_TOTA) y ancho total (ANCHO_TOTA) del puente: Son atributos geométricos fundamentales para la estimación del valor económico, permitiendo calcular el área total del tablero del puente y establecer un valor de reposición por metro cuadrado.
- Clase de claro (CLASE_CAR): Corresponde a la clasificación del claro máximo del puente (es decir, el tramo de mayor luz sin apoyo intermedio). Las categorías son:
 - Menor que 15m [1]
 - Entre 15 m y 35 m [2]
 - Entre 35 m y 50 m [3]
 - Entre 50 m y 100 m [4]

Este atributo se considera altamente relevante para la evaluación de vulnerabilidad sísmica, ya que la longitud del claro influye directamente en el comportamiento estructural ante cargas dinámicas.

- Número de claros (NUM_CLARO): En combinación con la clase de claro, permite entender la complejidad estructural y el esquema resistente del puente debido a su configuración geométrica.
- Continuidad estructural (CONT_ESTRU): Indica si los tramos del puente son continuos o simplemente apoyados. Las categorías registradas son:
 - Continua (un tramo).
 - Continua
 - Simplemente apoyada

La continuidad incide en la distribución de esfuerzos y, por tanto, en la vulnerabilidad estructural.

- Material de la estructura (MATERIAL_P): Describe el material predominante en la estructura del puente, fundamental tanto para la vulnerabilidad física (por las diferencias en comportamiento mecánico) como para la valoración económica. Las categorías identificadas son:
 - Concreto preesforzado [1]
 - Concreto reforzado [2]
 - Acero [3]
- Tipo de superestructura (TIPOSUPER): Representa el tipo de sistema estructural que soporta el tablero del puente. Las categorías presentes en la ruta son:
 - Losa [1]
 - Viga múltiple [2]
 - Viga Te [4]
 - Marco rígido [7]
 - Cercha paso inferior [10]

Este atributo tiene relación directa con la rigidez estructural y el desempeño del puente frente a eventos extremos.

- Estado físico de la superestructura (SUP_ESTR) y de la subestructura (SUB_ESTR): Ambos atributos son calificados de 1 a 5, donde 1 indica que no se requiere intervención y 5 que se necesita una intervención mayor. A partir de la suma de ambos, se deriva un indicador compuesto de estado de la estructura, con las siguientes categorías:
 - Sin información [0]
 - Bueno [B], suma entre 1 y 4
 - Regular [R], suma entre 5 y 7
 - Malo [M], suma entre 8 y 10

Aunque la base de datos incluye otros atributos técnicos que permitirían una caracterización más detallada de cada puente, se optó por no incorporarlos en este modelo. Esto se debe a que una clasificación demasiado específica aumentaría la heterogeneidad sin generar mejoras significativas en la representación de la vulnerabilidad. Además, el objetivo del presente proyecto no es realizar una evaluación individualizada, sino construir una representación robusta del portafolio agregado, capturando las principales variables que condicionan su comportamiento ante amenazas.

Con base en los atributos seleccionados, se construyó una tipología estructural codificada bajo el siguiente formato:

C#_NC#_CT#_MT#_ES##_EST-X, donde:

- C#: Clasificación del claro máximo
- NC#: Número de claros
- CT#: Tipo de continuidad estructural
- MT#: Material del puente
- ES##: Tipo de superestructura
- EST-X: Estado combinado de la estructura (subestructura + superestructura)

3.1.2.1 Valoración económica

Para la estimación del valor económico de reposición de los puentes, se tomaron como referencia los informes del LanammeUCR de los años 2016 y 2017, en los cuales se establecen valores unitarios por metro cuadrado para puentes construidos en concreto y en acero. A valor presente, dichos valores unitarios ascienden a \$1 757 000/m² para puentes de concreto y \$1 952 000/m² para puentes de acero.

Con base en estos valores, la valoración económica de cada puente se calculó considerando tanto el material estructural como las dimensiones geométricas de longitud y ancho de cada estructura.

Como resultado, la valoración económica total de los 65 puentes localizados en la Ruta Nacional N.º 2 se estima en \$66 788 258 800.

3.2 Modelos de vulnerabilidad

Esta sección presenta el análisis de vulnerabilidad física de los elementos de infraestructura incluidos en el modelo de exposición correspondiente a la Ruta Nacional N.º 2. La evaluación de vulnerabilidad constituye un insumo esencial para la estimación del riesgo, al permitir identificar el grado de afectación esperado en los distintos componentes del sistema ante la ocurrencia de amenazas naturales como sismos e inundaciones.

El procedimiento adoptado parte de la clasificación técnica de los elementos expuestos, utilizando atributos físicos, geométricos y estructurales derivados de las bases de datos oficiales, en particular la generada por el LanammeUCR. Estas clasificaciones permiten agrupar los elementos en tipologías estructurales con características homogéneas, sobre las cuales es posible asociar funciones de vulnerabilidad específicas.

La asignación de curvas de vulnerabilidad se realiza conforme a dos enfoques metodológicos:

- Curvas de fragilidad técnicas provenientes del Manual del Modelo Sísmico HAZUS (FEMA, 2024), ajustadas a las condiciones locales.
- Funciones derivadas de arquetipos estructurales, elaboradas con base en parámetros de daño esperados para tipologías representativas.

En las secciones siguientes se detallan las categorías de clasificación utilizadas para cada portafolio (vías y puentes), así como las curvas de vulnerabilidad asignadas a cada tipología estructural, para cada amenaza a considerar en el proyecto.

Los deslizamientos y lahares son considerados en esta consultoría, como eventos de muy alta energía local, por lo cual se aplica un modelo de vulnerabilidad binaria, es decir, en cuanto el evento alcanza el elemento expuesto, se causa el 100% de la pérdida de su valor de reposición. Por lo tanto, no se incluyen funciones de vulnerabilidad para estas dos amenazas.

En materia de inundaciones, el alcance de esta consultoría corresponde a inundaciones fluviales y pluviales, con los enfoques de modelación descritos en el Informe de Inicio (sección 6.3). Por lo tanto, las avenidas torrenciales, que no corresponden a fenómenos de desbordamiento de ríos, no se encuentran incluidas en el alcance de la modelación.

3.2.1 Vía

El portafolio de vías de la Ruta Nacional N.º 2 cuenta con cuatro tipologías de clasificación de los elementos, a las cuales se asignó una función de vulnerabilidad sísmica, cuatro funciones de vulnerabilidad ante inundación y una función de vulnerabilidad ante ceniza volcánica, tal como se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19. Relación de tipologías de las vías de la RN2 con funciones de vulnerabilidad

Clasificación	Longitud (km)	Sismo	Inundación	Volcán - ceniza
RN_R1_S1	59.6	EQ_HRD1	FL_R1_S1	ASH_RD
RN_R1_S2	118.7	EQ_HRD1	FL_R1_S2	ASH_RD
RN_R1_S3	65.7	EQ_HRD1	FL_R1_S3	ASH_RD
RN_R1_S4	111.3	EQ_HRD1	FL_R1_S4	ASH_RD

La función de vulnerabilidad asignada para la amenaza sísmica corresponde a una curva de vías nacionales, construida a partir de los parámetros de curvas de fragilidad del Manual del Modelo Sísmico HAZUS. Los valores de daño empleados en esta función se basan en el límite superior de los rangos sugeridos por la FHWA (2006), adoptando valores de 3% para daño ligero, 15% para daño moderado y 40% para daño severo. Esta selección busca representar condiciones conservadoras del comportamiento estructural de la red vial nacional frente a eventos sísmicos.

Las curvas de vulnerabilidad ante inundación, por su parte, se elaboraron a partir de arquetipos viales que representan diferentes rangos de pendiente del terreno, definidos según la clasificación de LanammeUCR. Cada arquetipo integra las curvas de vulnerabilidad de los elementos que componen la vía —como la carpeta asfáltica, la base y la subrasante—, cuyas funciones analíticas fueron estimadas a partir de cálculos de pérdida de material bajo condiciones de flujo superficial e infiltración específicas para cada tipo de pendiente. De esta forma, las curvas resultantes reflejan la variación esperada en la magnitud del daño en función de la pendiente del terreno y la intensidad de la inundación.

En el caso de la amenaza por ceniza volcánica, la función de vulnerabilidad utilizada corresponde a una curva asociada a pérdidas de operabilidad de las vías en función del espesor acumulado de ceniza sobre la superficie de rodadura. Esta función permite estimar la reducción progresiva en la funcionalidad del corredor vial conforme aumenta la acumulación de material volcánico.

La Figura 53 presenta la función de vulnerabilidad sísmica asignada para las vías.

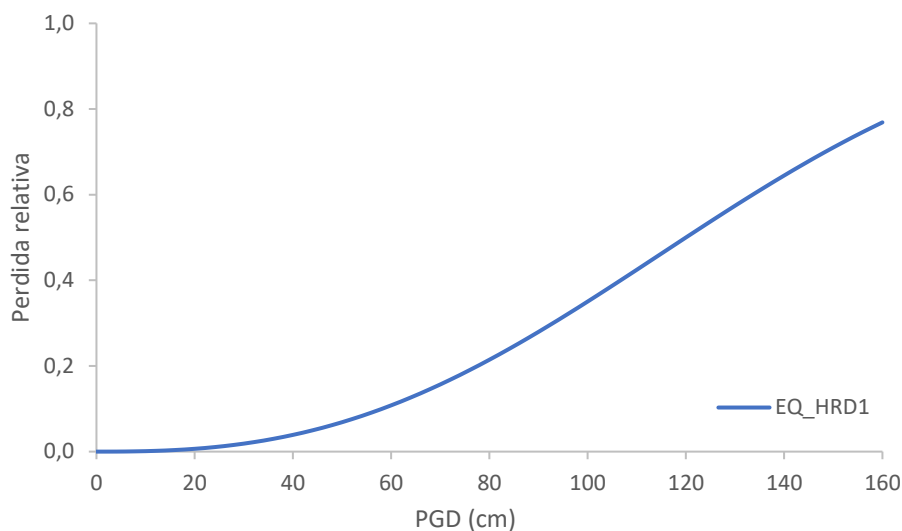


Figura 53. Curva de vulnerabilidad sísmica para una vía nacional

La Figura 54 presenta la función de vulnerabilidad ante inundación asignada para cada tipología de vía.

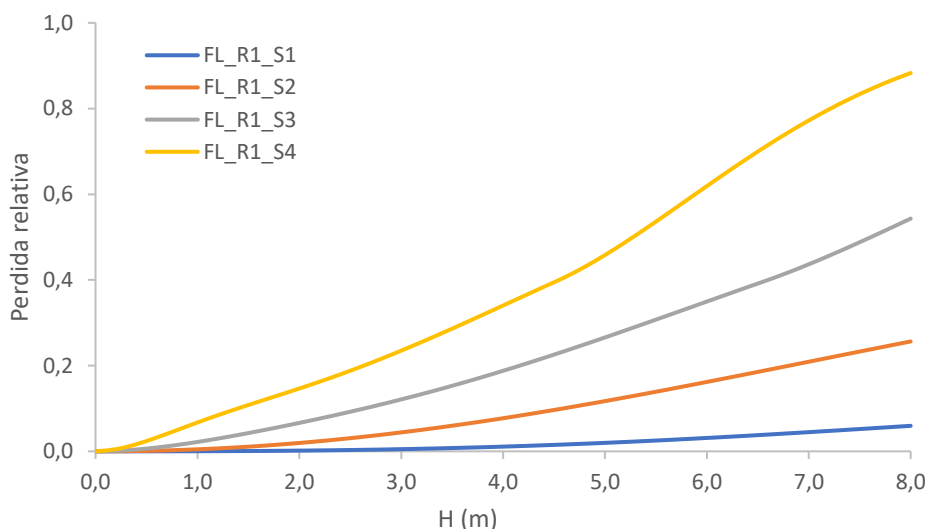


Figura 54. Curvas de vulnerabilidad ante inundación para tipologías de vías pavimentadas

Dado que la caída de ceniza volcánica no genera típicamente daño estructural directo en la superficie de rodadura o en la estructura del pavimento, su impacto principal se manifiesta en términos de pérdida de operabilidad. En este sentido, la metodología adoptada en el presente estudio se basa en un enfoque patrimonial relativo, el cual permite cuantificar las pérdidas económicas como una proporción del valor de reposición del tramo vial, en función del tiempo de cierre inducido por la acumulación de ceniza.

Para ello, se establece una relación entre el espesor acumulado de ceniza volcánica y el tiempo estimado de interrupción operativa de la vía, considerando condiciones estándar de respuesta institucional y operatividad. Posteriormente, el tiempo de cierre se traduce en una pérdida patrimonial relativa, proporcional al valor económico total del tramo, asumiendo una vida útil de 20 años (equivalentes a 7300 días). La pérdida relativa se calcula con la siguiente fórmula (Cardona et. al. 2021):

$$Perdida\ relativa = \frac{Dias\ de\ cierre}{7300\ dias}$$

La relación de los días de cierre, la intensidad y el tiempo de cierre se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. Relación de espesor de ceniza con tiempos de cierre

Espesor (cm)	Categoría	Espesor de la categoría (cm)	Impacto operativo en la vía	Tiempo de cierre (días)
0 a 1	Leve	0.5	Sin afectación	0.00
1 a 5	Moderada	2.5	Reducción de la velocidad, limpieza menor	0.25
5 a 10	Alta	7.5	Cierre temporal parcial (de horas a 1 día)	1.00
> 10	Severa - muy alta	15.0	Cierre total prolongado (1 día a varios días)	3.00

Este enfoque permite mantener la consistencia con la estructura del modelo de exposición y facilita la integración de este efecto en las funciones de vulnerabilidad utilizadas para la estimación del riesgo. La Figura 55 presenta la curva de vulnerabilidad de la vía ante caída de ceniza volcánica.

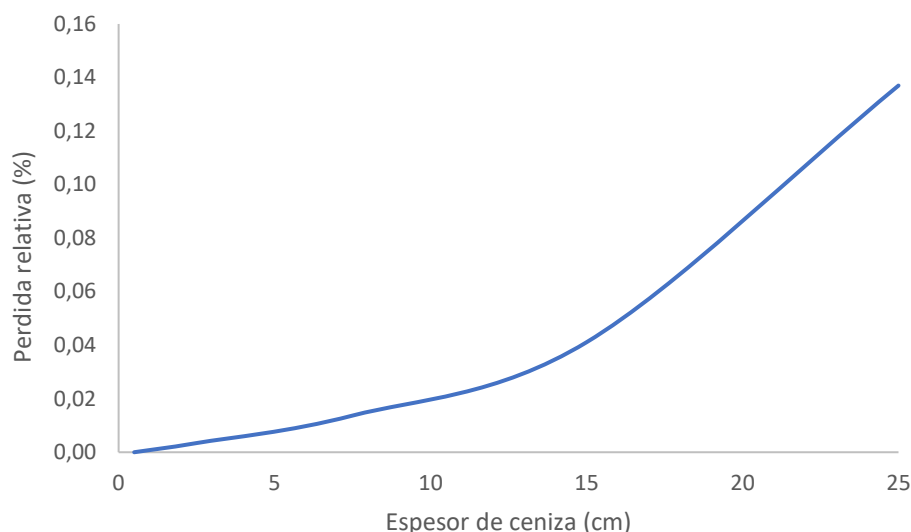


Figura 55. Curva de vulnerabilidad ante caída de ceniza volcánica para vías

3.2.2 Puentes

El portafolio de puentes de la Ruta Nacional N.º 2 comprende 37 tipologías de clasificación, a las cuales se asignaron 25 funciones de vulnerabilidad sísmica, como se presenta en la Tabla 22. Las funciones de vulnerabilidad sísmica se basan en las curvas de fragilidad por aceleración espectral para un periodo de 0.1s incluidas en el Manual Técnico del Modelo Sísmico HAZUS (FEMA, 2024). Las tipologías de puentes son las definidas para el modelo de exposición (ver sección 3.1.2).

En lo que se refiere a la inundación, conviene hacer una salvedad importante. Desde el punto de vista de la amenaza, se incluye dentro del alcance del proyecto GRMA Costa Rica únicamente lo relacionado con inundación lenta por desbordamiento de ríos. Es decir, que otros fenómenos, y en particular los flujos torrenciales, no están incluidos en el alcance de este trabajo. La modelación de flujos torrenciales requiere de elementos adicionales de modelación, no incluidos en el enfoque metodológico de este trabajo, y que tienen que ver con aspectos como el caudal de mezcla causado por lluvias torrenciales en cuencas, la reología de ese caudal de mezcla y su hidráulica, así como su impacto en estructuras fundamentales como los puentes, en donde el fenómeno de socavación local de pilas contribuye de forma significativa al impacto final causado. Abordar un fenómeno de esta naturaleza requiere de un enfoque metodológico especial y muy diferente al adoptado en este trabajo.

Frente al alcance de modelación de inundación acotado en este trabajo, conviene en seguida diferenciar entre daño físico directo y daño operacional a los puentes, siguiendo un enfoque similar al implementado para los tramos viales y presentado en la sección 3.2.1. No se prevé que la inundación lenta por desbordamientos de ríos genere daños en los puentes, por lo cual se le asignó una función de no daño en lo que se refiere a la pérdida directa.

La pérdida operacional, que se refiere a las posibles interrupciones en el servicio del puente por causa de la inundación en el segmento vial, se aborda con un enfoque como el presentado anteriormente para los tramos viales por ceniza volcánica, es decir, se basa en asumir tiempos de interrupción en el servicio. En

este enfoque, el tiempo de cierre se traduce en una pérdida patrimonial relativa, proporcional al valor económico total del puente, asumiendo una vida útil de 20 años (equivalentes a 7300 días). La relación de los días de cierre, la intensidad de la inundación y el tiempo de cierre se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Relación entre profundidad de inundación con tiempos de cierre de puentes

Altura de inundación por encima del nivel de tablero (m)	Impacto operativo en la vía	Tiempo de cierre (días)	Pérdida relativa (%)
0 a 0.1	Reducción menor en la velocidad de flujo	0.00	0
0.1 a 0.3	Reducción moderada en la velocidad de flujo	0.25	0.003
0.3 a 0.5	Cierre temporal parcial (de horas a 1 día)	0.5	0.007
> 0.5	Cierre total prolongado (más de un día)	2.00	0.03

En cuanto a la ceniza volcánica, no se estima que los puentes sean vulnerables a la acumulación de depósitos desde el punto de vista físico, por lo que los posibles efectos se limitan a pérdida en la funcionalidad, la cual se considera de la misma manera que para portafolio de vías al estar vinculados principalmente con la pérdida de operabilidad de los tramos carreteros.

La Tabla 22 presenta las funciones de vulnerabilidad asignadas para cada tipología, según el tipo de amenaza.

Tabla 22. Relación de tipologías de los puentes de la RN2 con funciones de vulnerabilidad

Clasificación	Puentes	Sismo	Inundación	Volcán - ceniza
C1_NC1_CT1_MT2_ES04_EST-B	1	EQ_HWB10_B	Operacional	Operacional viales
C1_NC1_CT1_MT2_ES04_EST-R	3	EQ_HWB10_R	Operacional	Operacional viales
C1_NC1_CT1_MT2_ES07_EST-R	3	EQ_HWB22_R	Operacional	Operacional viales
C1_NC3_CT2_MT2_ES01_EST-B	1	EQ_HWB10_NC3_B	Operacional	Operacional viales
C1_NC3_CT2_MT2_ES01_EST-R	3	EQ_HWB10_NC3_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC1_CT0_MT3_ES02_EST-R	1	EQ_HWB14_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC1_CT1_MT1_ES04_EST-R	4	EQ_HWB17_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC1_CT1_MT2_ES04_EST-R	1	EQ_HWB10_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC1_CT1_MT3_ES02_EST-B	1	EQ_HWB12_B	Operacional	Operacional viales
C2_NC2_CT0_MT1_ES02_EST-B	2	EQ_HWB19_B	Operacional	Operacional viales
C2_NC2_CT0_MT1_ES02_EST-R	2	EQ_HWB19_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC2_CT0_MT3_ES02_EST-O	1	EQ_HWB14_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC2_CT0_MT3_ES02_EST-B	1	EQ_HWB14_B	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT0_MT2_ES02_EST-R	2	EQ_HWB11_NC3_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT0_MT2_ES04_EST-B	1	EQ_HWB11_NC3_B	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT0_MT2_ES04_EST-R	4	EQ_HWB11_NC3_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT0_MT3_ES02_EST-B	2	EQ_HWB14_NC3_B	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT0_MT3_ES02_EST-R	5	EQ_HWB14_NC3_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT2_MT2_ES04_EST-B	1	EQ_HWB10_NC3_B	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT2_MT2_ES04_EST-R	5	EQ_HWB10_NC3_R	Operacional	Operacional viales

Clasificación	Puentes	Sismo	Inundación	Volcán - ceniza
C2_NC3_CT2_MT2_ES07_EST-B	2	EQ_HWB22_NC3_B	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT2_MT3_ES02_EST-B	1	EQ_HWB12_NC3_B	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT2_MT3_ES02_EST-M	1	EQ_HWB12_NC3_M	Operacional	Operacional viales
C2_NC3_CT2_MT3_ES02_EST-R	1	EQ_HWB12_NC3_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC4_CT0_MT2_ES04_EST-R	1	EQ_HWB11_NC4_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC4_CT0_MT3_ES02_EST-B	1	EQ_HWB14_NC4_B	Operacional	Operacional viales
C2_NC4_CT0_MT3_ES02_EST-R	3	EQ_HWB14_NC4_R	Operacional	Operacional viales
C2_NC4_CT2_MT3_ES02_EST-R	1	EQ_HWB12_NC4_R	Operacional	Operacional viales
C3_NC1_CT0_MT1_ES02_EST-B	1	EQ_HWB19_B	Operacional	Operacional viales
C3_NC1_CT1_MT1_ES02_EST-B	1	EQ_HWB17_B	Operacional	Operacional viales
C3_NC2_CT0_MT3_ES10_EST-R	1	EQ_HWB28	Operacional	Operacional viales
C3_NC3_CT0_MT3_ES10_EST-M	1	EQ_HWB28	Operacional	Operacional viales
C3_NC3_CT0_MT3_ES10_EST-R	2	EQ_HWB28	Operacional	Operacional viales
C4_NC1_CT0_MT1_ES02_EST-R	1	EQ_HWB19_R	Operacional	Operacional viales
C4_NC3_CT0_MT3_ES10_EST-M	1	EQ_HWB28	Operacional	Operacional viales
C4_NC3_CT2_MT3_ES10_EST-R	1	EQ_HWB28	Operacional	Operacional viales
C4_NC4_CT2_MT3_ES10_EST-M	1	EQ_HWB28	Operacional	Operacional viales

La Figura 56 presenta las 25 funciones de vulnerabilidad sísmica asignadas a puentes.

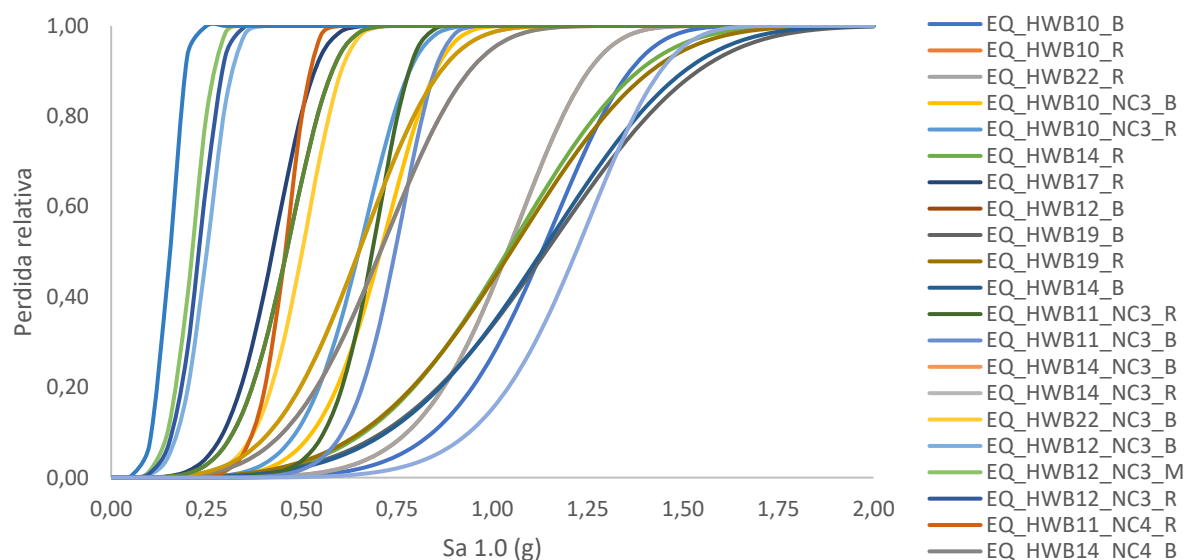


Figura 56. Curvas de vulnerabilidad sísmica para tipologías de puentes⁸

⁸ S_a 1.0 corresponde a la aceleración espectral para periodo fundamental de vibración de 1 segundo.

4 PROYECTO OPERACIONAL 2: RIESGO DE INUNDACIÓN Y SEQUÍA PARA PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS

Este proyecto consiste en la evaluación del riesgo climático, considerando inundación, lluvias intensas y sequía, en el portafolio nacional de *café*, *caña de azúcar* y *ganadería vacuna en pastoreo extensivo*, principalmente orientado a pequeños y medianos productores, en particular aquellos que implementan prácticas NAMA. No obstante, se modela, como valor agregado, todo el portafolio nacional de los productos mencionados, con el fin de visualizar el contraste entre productores NAMA y productores no-NAMA, tal y como se acordó directamente con el Grupo Técnico de Trabajo de este proyecto.

4.1 Modelos de exposición

Para establecer las características de cada portafolio con fines de modelación del riesgo, se recopilaron y analizaron datos oficiales y no oficiales sobre zonas productivas, tipos de producto, rendimiento y producción media anual. El *Producto 1* (Informe de inicio – sección 4) de esta consultoría incluye una colección de fuentes de información consultadas. En esta sección se señalan las fuentes de donde han sido extraídos los datos para la conformación de los modelos.

En general, los modelos de exposición para los sistemas productivos incluidos en este proyecto pueden resumirse en tres capas principales:

- *Capa de suelo*: la cual contiene los parámetros que definen el suelo desde el punto de vista agronómico. Es un insumo requerido para la modelación del riesgo en cultivos y ganadería extensiva.
- *Capa de cultivos*: la cual contiene los parámetros de desarrollo y productividad de cultivos. En este caso específicamente de café y caña de azúcar.
- *Capa de ganadería*: la cual contiene, por una parte, la distribución y características de las pasturas y, por otra parte, la distribución de animales por rebaño, según edad y condición fisiológica.

4.1.1 Capa de suelo

Con el fin de caracterizar las propiedades físicas relevantes para el análisis de riesgo del territorio costarricense, se asignaron texturas dominantes a cada uno de los órdenes de suelo presentes en el país, utilizando como base el *Mapa de Suelos de Costa Rica* a escala 1:200,000, desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en conjunto con el MINAE y el CATIE (MAG-MINAE-CATIE, 2002). Este mapa clasifica los suelos del país según el sistema *Soil Taxonomy* del USDA, lo cual permite vincular cada unidad cartográfica con características físicas bien documentadas en la literatura científica.

La asignación de texturas se realizó tomando como referencia las propiedades típicas asociadas a cada orden de suelo, según descripciones pedológicas ampliamente aceptadas. Estas propiedades incluyen el desarrollo de horizontes, el contenido de arcilla, la permeabilidad, y el grado de evolución del perfil del suelo. La Figura 57 presenta el mapa de suelos por órdenes.

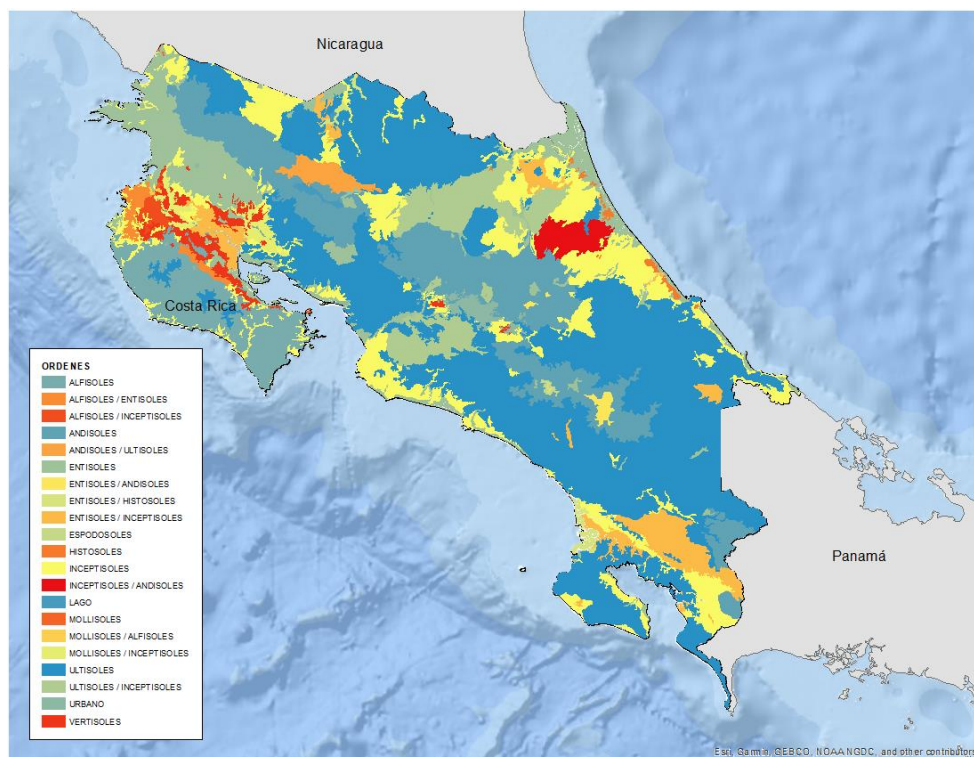


Figura 57. Mapa de ordenes de suelos (MAG-MINAE-CATIE, 2002)

A continuación, se presenta un resumen de los criterios empleados para definir las texturas:

- *Alfisoles y Ultisoles*: presentan horizontes B bien desarrollados con acumulación de arcilla, lo que se traduce en texturas franco arcillosas o arcillo limosas, y una permeabilidad media a baja (Soil Survey Staff, 2014; Brady & Weil, 2016).
- *Entisoles*: suelos jóvenes con poco desarrollo de horizontes diagnósticos, generalmente asociados a materiales aluviales o coluviales, tienden a tener texturas arenosas o franco arenosas (Soil Survey Staff, 2014; Buol et al., 2011).
- *Inceptisoles*: suelos de desarrollo intermedio, típicamente con texturas francas y buena capacidad de infiltración (Brady & Weil, 2016).
- *Andisoles*: comunes en zonas volcánicas, con alta porosidad y baja densidad aparente, presentan texturas francas o franco arenosas, con alta capacidad de retención de agua (FAO, 1998; Brady & Weil, 2016).
- *Mollisoles*: suelos ricos en materia orgánica, típicamente con estructura granular estable y texturas franco limosas (Buol et al., 2011).
- *Vertisoles*: caracterizados por alto contenido de arcilla expansiva (e.g. montmorillonita), lo cual determina una textura arcillosa y una permeabilidad muy limitada (Soil Survey Staff, 2014).
- *Histosoles*: suelos orgánicos saturados, comúnmente con texturas limosas debido a la acumulación de materia orgánica en ambientes mal drenados (FAO, 1998).
- *Espodosoles*: presentes en zonas arenosas con podzolización, asociados a texturas franco arenosas (Soil Survey Staff, 2014).

- *Zonas urbanas y cuerpos de agua:* se consideraron como superficies impermeables, en línea con prácticas estándar en modelación hidrológica y clasificación de grupos hidrológicos (Brady & Weil, 2016).

La asignación presentada anteriormente se resume en la tabla a continuación.

Tabla 23. Resumen de asignación de texturas a órdenes del suelo.

Orden del suelo	Textura asignada
ALFISOLES	Franco arcilloso
ALFISOLES / ENTISOLES	Franco arcillo arenoso
ALFISOLES / INCEPTISOLES	Franco
ANDISOLES	Franco
ANDISOLES / ULTISOLES	Franco arcilloso
ENTISOLES	Franco arenoso
ENTISOLES / ANDISOLES	Franco arenoso
ENTISOLES / HISTOSOLES	Limoso
ENTISOLES / INCEPTISOLES	Franco
ESPODOSOLES	Franco arenoso
HISTOSOLES	Limoso
INCEPTISOLES	Franco
INCEPTISOLES / ANDISOLES	Franco
LAGO	Impermeable
MOLLISOLES	Franco limoso
MOLLISOLES / ALFISOLES	Franco arcilloso
MOLLISOLES / INCEPTISOLES	Franco
ULTISOLES	Franco arcilloso
ULTISOLES / INCEPTISOLES	Franco arcillo limoso
URBANO	Impermeable
VERTISOLES	Arcilla

La definición de texturas en base a órdenes de suelo permite integrar de manera coherente las propiedades texturales al análisis de grupos hidrológicos y procesos de escorrentía, facilitando su uso en la modelación de la respuesta al agua. La Figura 58 presenta las texturas asignadas a nivel nacional, mientras que la Tabla 24 presenta los parámetros para la modelación del suelo, asociados a cada tipo de textura.

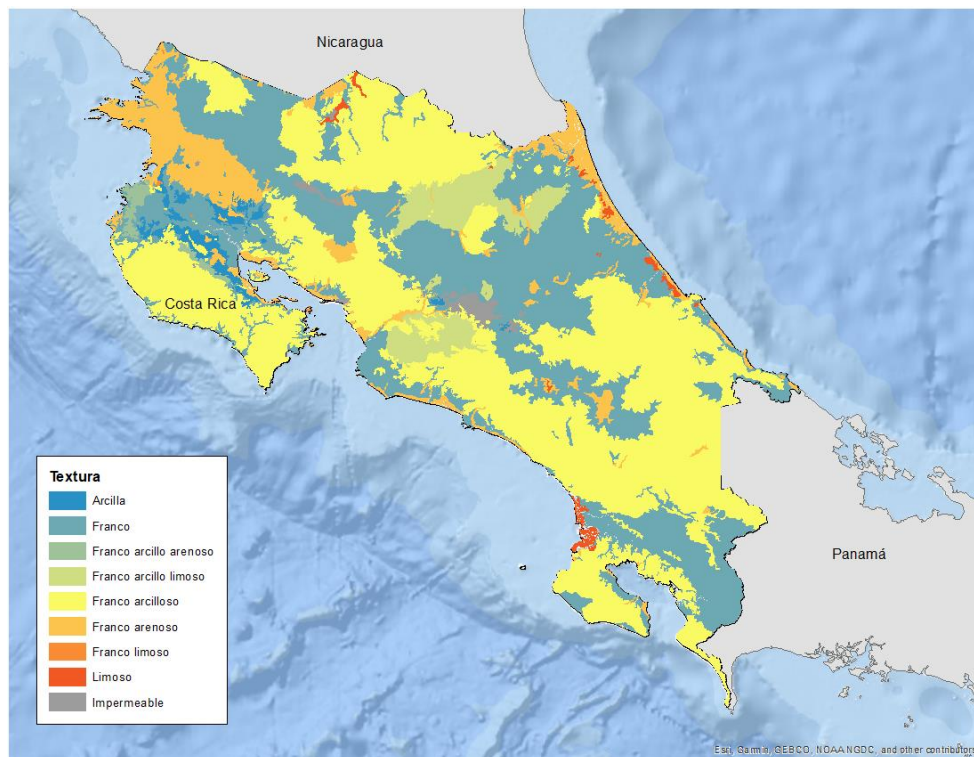


Figura 58. Mapa de textura del suelo asignada (Elaboración propia).

Tabla 24. Parámetros empleados en la modelación según la textura del suelo (Tomado de Raes et al. 2011)

Textura	TXT	SAT ⁹ [%vol]	FC [%vol]	PWP [%vol]	TAW [%vol]	Ksat [mm/d]	Grupo
Arena	0	36	13	6	70	3000	A
Arenoso franco	1	38	16	8	80	2200	A
Franco arenoso	2	41	22	10	120	1200	A
Franco	3	46	31	15	160	500	B
Franco limoso	4	46	33	13	200	575	B
Limoso	5	43	33	9	240	500	B
Franco arcillo arenoso	6	47	32	20	120	225	C
Franco arcilloso	7	50	39	23	160	125	C
Franco arcillo limoso	8	52	44	23	210	150	C
Arcillo arenoso	9	50	39	27	120	35	D
Arcillo limoso	10	54	50	32	180	100	D
Arcilla	11	55	54	39	150	35	D
Impermeable	12	0.5	0.3	0.1	2	0	D

⁹ SAT: Saturación. FC: Capacidad de campo. PWP: Punto de marchitamiento permanente. TAW: Total de agua disponible. Ksat: Conductividad hidráulica del suelo saturado. Grupo: Grupo de clasificación hidrológica. Para mayores detalles sobre la participación de cada parámetro en el método de cálculo, se invita al lector a consultar el Informe de inicio de esta consultoría, sección 9.4.

Agua	-1	0.5	0.3	0.1	2	0	D
------	----	-----	-----	-----	---	---	---

4.1.2 Capa de cultivos

La capa de cultivos muestra la distribución espacial de los cultivos agrícolas considerados (café y caña de azúcar) y agrupa las unidades productivas sobre las que se evalúa el riesgo. Para su elaboración se utilizó la distribución del área sembrada por provincia y cantón, según el VI Censo Nacional Agropecuario (INEC, 2014), así como los datos nacionales más recientes de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA, 2023). Además, se consideraron los rangos de altitud en los que se desarrolla cada cultivo (EOSDA, 2025), y la distribución de la cobertura agrícola del país (SNIT, 2017; SNIT, 2018; Vargas, M. 2020).

De esta manera se conforma un conjunto de *unidades de tierra cultivada* que dan cuenta de la distribución espacial del portafolio completo. Cada unidad se define como a partir de un polígono en el mapa de cobertura agrícola, y se le asigna un suelo según su ubicación geográfica. La Figura 59 muestra la distribución espacial de los polígonos que conforman el modelo de exposición de cada producto considerado.

El cultivo de café se extiende por todo el territorio en 64 cantones, con un área sembrada de 74,000 ha. Por su parte, la caña de azúcar ocupa 59 cantones, con 56,619 ha sembradas para el año 2023¹⁰ (ENA, 2023). De acuerdo con el Censo Agropecuario (INEC, 2014), en el año 2014 el 89.4% del área cafetera y el 96.5% de la superficie cañera se encontraban en edad de producción. Estos datos permiten estimar un porcentaje del área total que se asume se encuentra actualmente en producción.

¹⁰ Temporada del 1 de enero al 31 de diciembre.

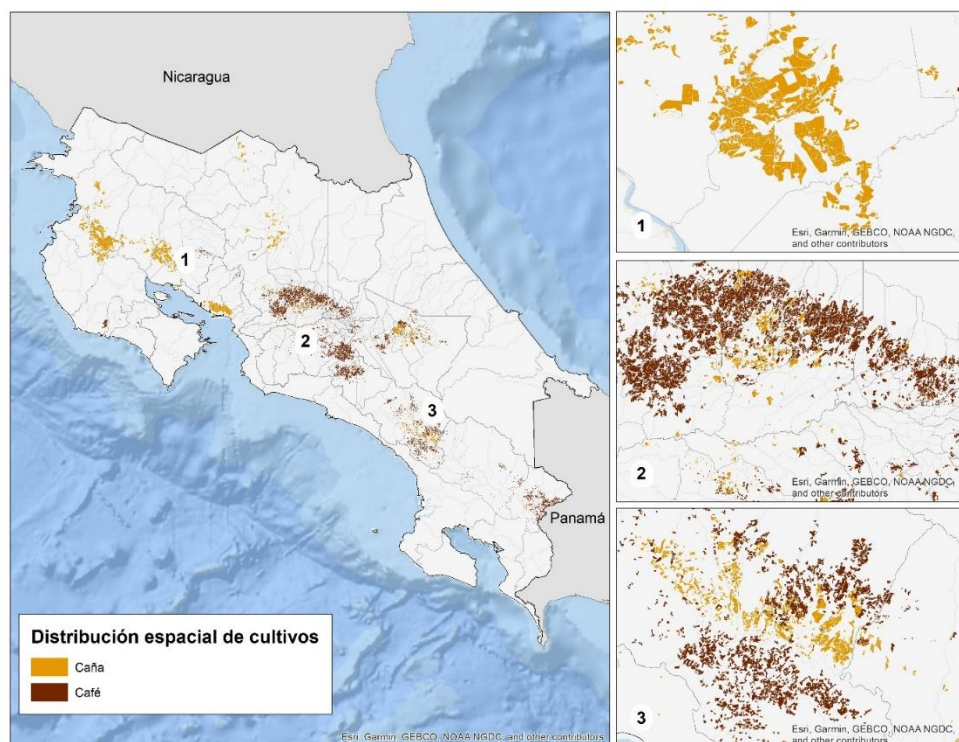


Figura 59. Distribución espacial de caña y café (Información extraída de SNIT, 2018; Vargas, 2020)

Según LAICA (2022), en Costa Rica hay 7,078 productores de caña, de los cuales el 97,7 % son pequeños o medianos. Al no contar con la ubicación precisa de cada uno, se llevó a cabo un análisis espacial basado en los polígonos de cultivo y en el área sembrada, preservando así la correspondencia entre productor y superficie total. Como resultado, se obtuvo un conjunto de datos georreferenciados que representa aproximadamente 7,000 unidades productivas. En la Figura 60 se presenta el área sembrada de caña, mientras que la Figura 61 se presenta la distribución espacial de los productores, clasificados por tamaño (MAG, 2013); pequeño (< 25ha), mediano (25-75 ha) y grande (>75 ha).

De forma análoga, ICAFE (2024) registra en Costa Rica 25,549 productores de café, de los cuales el 84,8 % entregan menos de 100 fanegas, lo que evidencia una alta concentración de pequeños productores (ICAFE, 2023). Para el portafolio de café se emplearon datos georreferenciados que representan cerca de 25,000 unidades productivas. La Figura 62 ilustra el área sembrada con café y la Figura 63 muestra la ubicación de los productores de café, también clasificados en tres categorías (MAG, 2013): pequeño (< 15ha), mediano (15-50 ha) y grande (>50 ha).

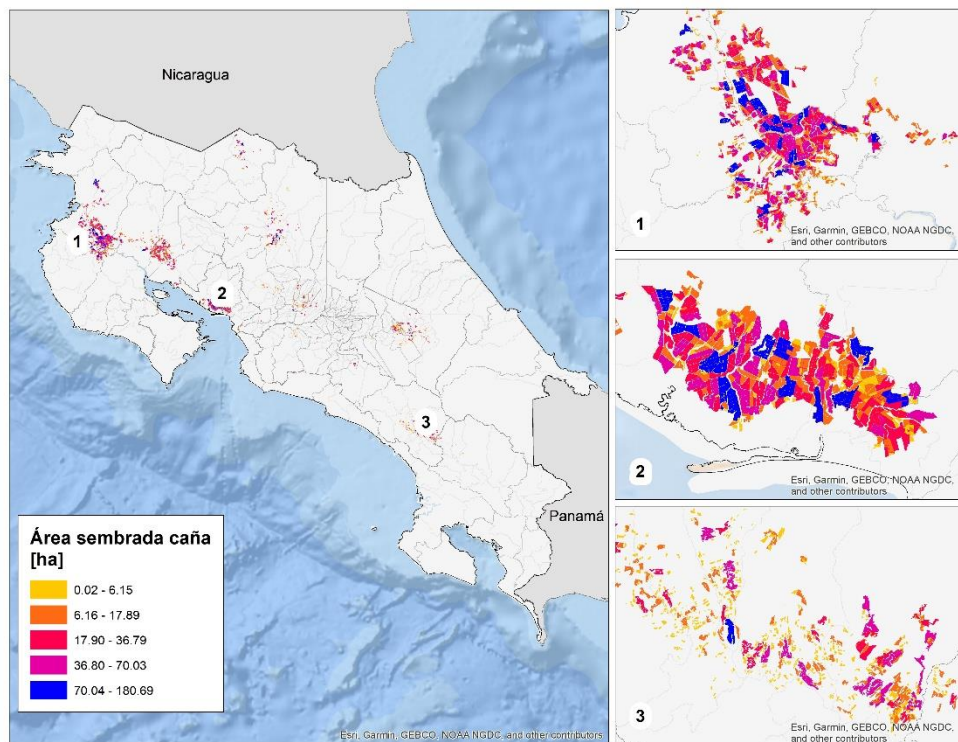


Figura 60. Distribución de unidades cultivadas de caña (Elaboración propia a partir de Vargas, 2020)

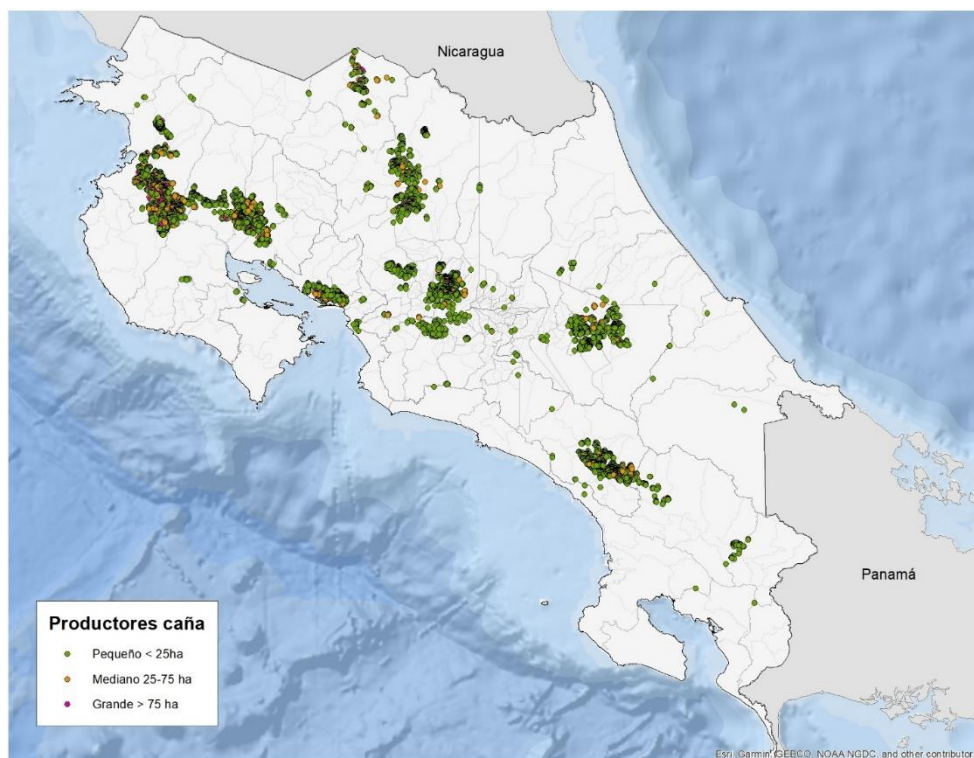


Figura 61. Productores de caña (Elaboración propia a partir de Vargas, 2020)

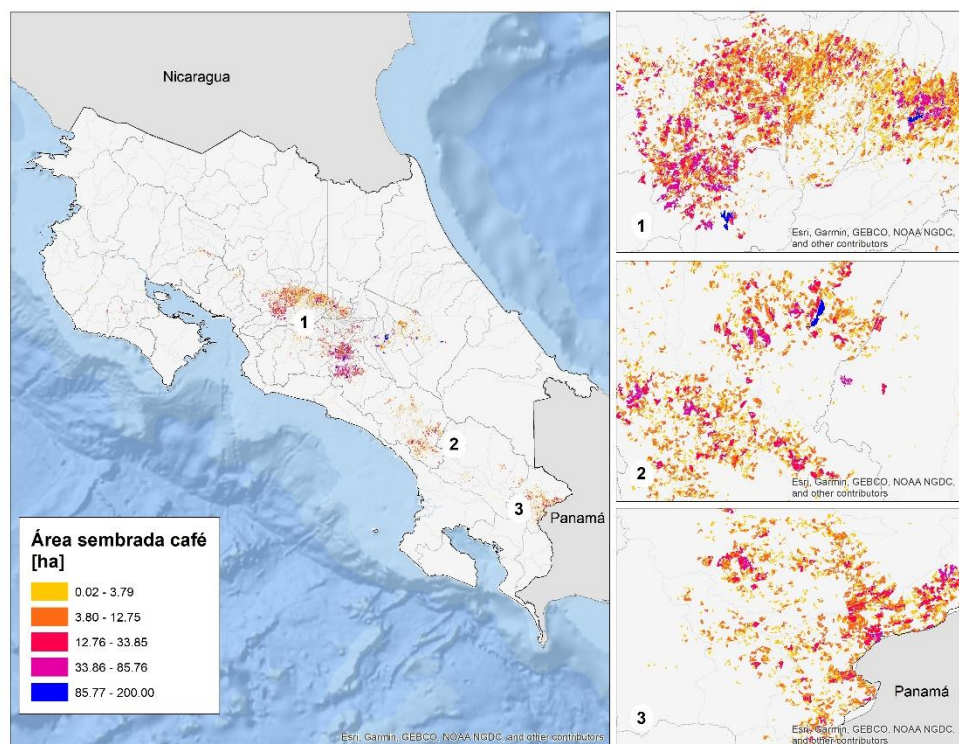


Figura 62. Distribución de unidades cultivadas de café (Elaboración propia a partir de SNIT, 2018; Vargas, 2020).

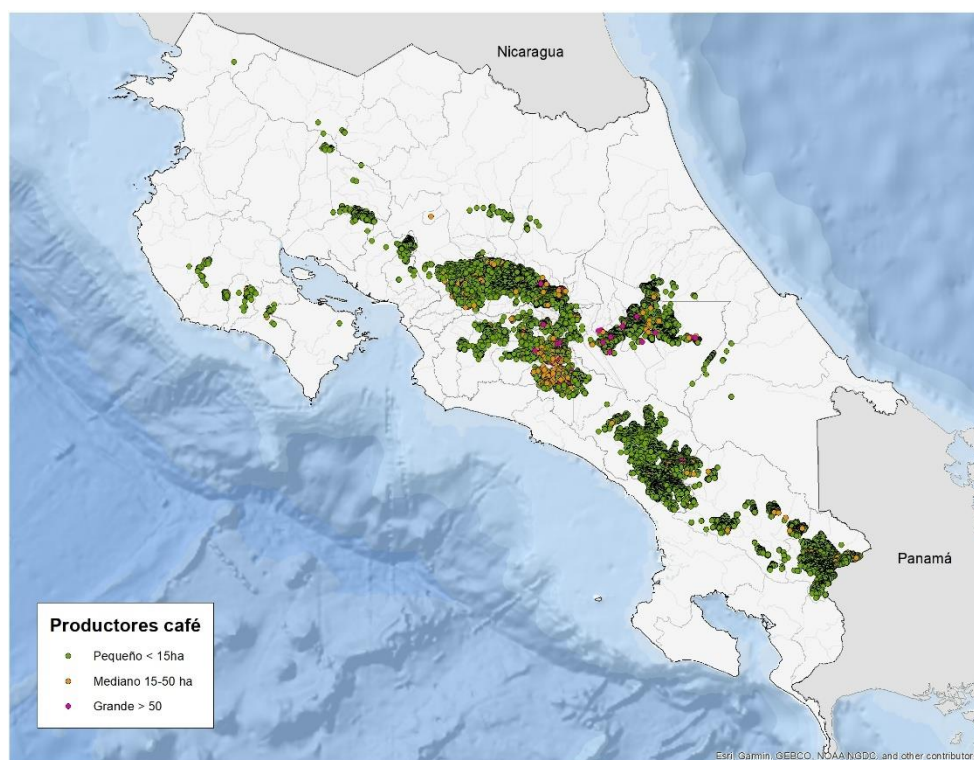


Figura 63. Productores de café (Elaboración propia a partir de SNIT, 2018; Vargas, 2020)

4.1.2.1 Rendimiento y costo de producción

Los productos agrícolas seleccionados son valorados de acuerdo con los precios de producción reportados (ICAFE & UEEM, 2025; SEPSA, 2025). Los costos de producción incluyen tanto los costos directos como indirectos para generar el producto agrícola.

Los costos de producción agrícola del café incluyen el costo del paquete tecnológico (mano de obra e insumos), los costos directos como la cosecha y el transporte, así como otros costos indirectos, entre los que se encuentran el agotamiento del cultivo, la depreciación, el mantenimiento y los gastos administrativos (ver Anexo A.3). En la Tabla 25 se presenta el costo total de producción en colones (CRC) para diferentes rendimientos de café.

Tabla 25. Rendimiento y costo de producción del café para el 2025 (Información extraída de ICAFE & UEEM, 2025).

Rendimiento fan/ha	Costo total de producción CRC/fan
22.4	104,599.43
30.5	85,802.83
37.4	78,569.99
40	78,288.22

Los costos de producción de la caña de azúcar incluyen las labores mecanizadas o contratadas, las labores manuales (que abarcan las cargas sociales y los seguros laborales), los insumos, y otros costos como el transporte de insumos, la administración y los imprevistos (Ver Anexo A.3). En la Tabla 26 se presenta el rendimiento y el costo total de producción para la caña de azúcar.

Tabla 26. Rendimiento y costo de producción de la caña para el 2025 (Información extraída de SEPSA, 2025).

Rendimiento TCH ¹¹	Costo total de producción CRC/ton
65	25,663.22
60	15,864.75
50	18,298.71
40	21,549.62
30	27,234.50

4.1.2.2 Estacionalidad del cultivo

Para modelar la vulnerabilidad de los cultivos, es esencial disponer de datos de estacionalidad específicos para cada región y cultivo. La estacionalidad, entendida como el número de días calendario que abarca el ciclo de desarrollo, permite definir sus fases (desde la siembra hasta la madurez. Estos datos se utilizan para relacionar la evolución diaria de la planta con las series de precipitación y temperatura, y así evaluar posibles reducciones en el rendimiento por déficit o exceso hídrico.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) realizó en 2018 un estudio que identifica prácticas agrícolas para mitigar el impacto de eventos adversos en cultivos prioritarios de Costa

¹¹ Tonelada de caña por hectárea

Rica, como café y caña de azúcar. Dentro de ese proyecto, resulta especialmente valiosa la especificación de las fases del ciclo fenológico por región productiva, que incluye las variedades empleadas, la fecha de siembra y la duración total del ciclo y de cada etapa. Los cultivos de café y caña de azúcar son cultivos permanentes o perennes.

En la Figura 64 se ilustra el ajuste realizado en los meses e intervalos de duración de cada fase en la región productiva Brunca. En esta figura se observa cómo el ciclo de la caña de azúcar se distribuye a lo largo del año, considerando las condiciones climáticas de la región. Se identifican cuatro fases principales, iniciando con la fase de germinación o retoñamiento (fase 1) y finalizando con la fase de maduración de la planta (fase 4), cuya duración está influenciada por la variedad del cultivo y las condiciones edafoclimáticas locales. Además, se destaca la influencia de la época lluviosa (de abril a noviembre) en las primeras tres fases del cultivo, mientras que la época seca (de diciembre a marzo) favorece la maduración. Estas fases fueron adaptadas por el CATIE con base en la consulta con expertos y revisión de literatura.

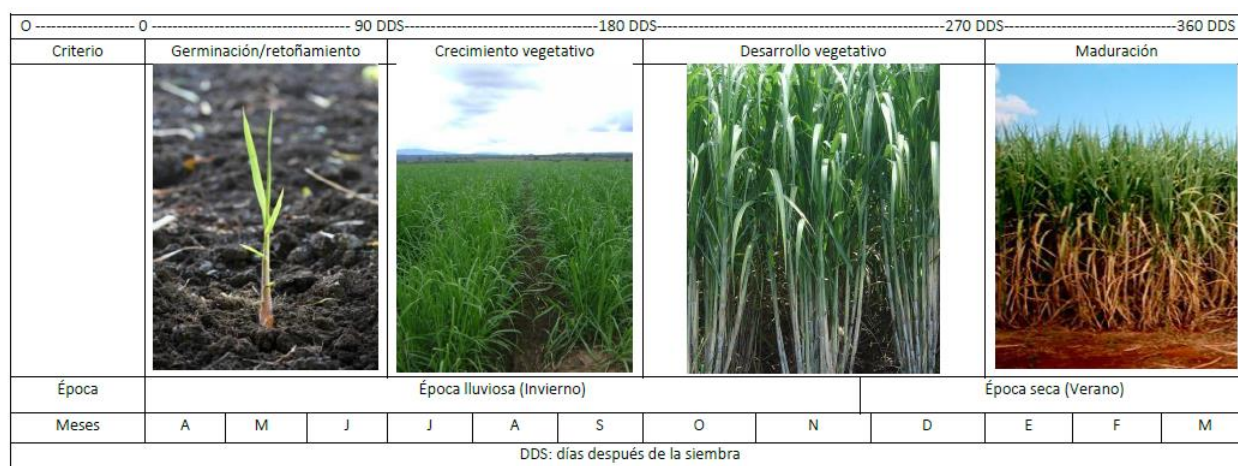


Figura 64. Fases del ciclo fenológico del cultivo de caña de azúcar en la región productiva Brunca (CATIE, 2018)

De manera similar, el cultivo del café presenta un ciclo fenológico bien definido, aunque con una duración más extensa debido a las particularidades de su desarrollo. A manera de ejemplo, en la Figura 65 se ilustra el ajuste realizado en los meses e intervalos de duración de cada fase en la región productiva de Turrialba. Se observa cómo el ciclo fenológico del café se desarrolla a lo largo de un período aproximado de dos años, influenciado por las condiciones climáticas de la región. El ciclo del café se divide en seis fases principales, iniciando con la selección y preparación de la semilla (fase 0) y culminando con el reposo y defoliación natural de la planta (fase 6), siendo su duración variable según la variedad y las condiciones edafoclimáticas locales.

0-----6 meses-----0												-----2 años-----0																
0 Fase			1 Fase						2 Fase			3 Fase			4 Fase			5 Fase			6 Fase							
																												
Selección y preparación de semilla			Crecimiento Vegetativo						Reposo de Yema y caída de hojas / revestimiento de botones florales			Floración principal más 2 y 4 floraciones			Llenados de fruto/granos			Maduración / Cosecha			Reposo / Defoliación natural							
Germinación y Almacigo			Crecimiento en altura y formación de bandolas primarias						Inducción y desarrollo de yemas generativas y seriales			Formación de botones florales y floración			Frutos/granos muy pequeños			Frutas/granos maduras			Auto poda de los arbustos							
Época			Época seca (Verano)			Época lluviosa (Invierno)			Época seca (Verano)						Época lluviosa (Invierno)						Época seca (Verano)							
Meses			F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F

Fuente: elaboración a partir de consultas a expertos

Figura 65. Fases del ciclo fenológico del cultivo de café, en la región productiva de Los Santos (CATIE, 2018).

4.1.3 Capa de ganadería

El modelo de riesgo de ganadería extensiva de vacunos implementado se compone de dos submodelos: el asociado a las pasturas, en el cual se simula el desarrollo del pasto siguiendo los mismos preceptos que para productos agrícolas, y el asociado al ganado, en el cual se determinan la demanda y oferta de alimento para los animales en una unidad productiva. Por lo tanto, la capa de ganadería del modelo de exposición cuenta con dos subcomponentes: *pastos* y *cabezas de ganado*.

4.1.3.1 Pastos

En este estudio se consideran que las áreas con pastos se pueden asimilar a cultivos herbáceos permanentes. Ahora bien, no se considera que los pastos sigan una definición fenológica como la definida para cultivos permanentes, ya que en este caso los que se busca es maximizar la producción de materia seca y no la producción de un fruto o tubérculo. Por lo tanto, el parámetro de desarrollo a modelar corresponde a la biomasa total, de la cual se determina la materia seca como una fracción de esta.

El portafolio de exposición de ganadería considera los pastos naturales del país. La Figura 66 presenta la distribución geográfica de pastos en Costa Rica, con base en la información disponible en el SNIT (2017). Costa Rica cuenta con 1,523,048 ha de pasto natural.

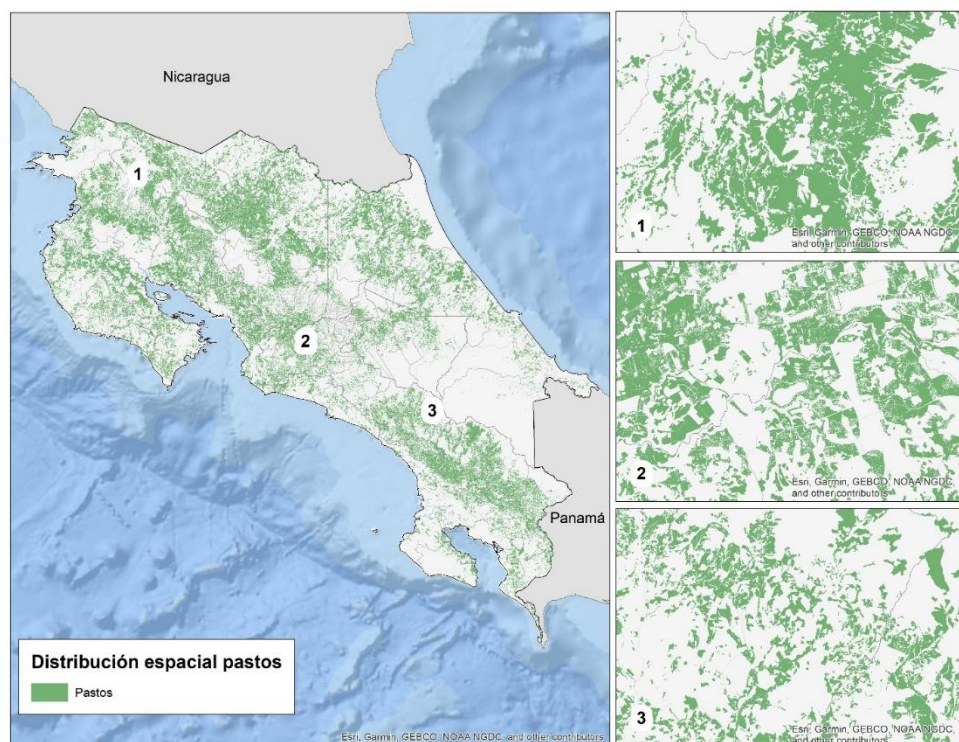


Figura 66. Distribución espacial de pasturas (Información obtenida de SNIT, 2017).

4.1.3.2 Cabezas de ganado vacuno

Las cabezas de ganado existentes en el país se distribuyen sobre el portafolio de pastos naturales. Se consideró únicamente el ganado vacuno en pastoreo extensivo. La información se obtuvo de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA, 2023), la cual indica las cabezas de ganado por sexo, según propósito para el año 2023. Del total de animales a nivel nacional el 27,8% son machos y el 72,2% son hembras. La Tabla 27 muestra los totales nacionales. Adicionalmente, se muestra la distribución del ganado según propósito (carne, leche, doble propósito¹²), sexo (machos, hembras) y edad en la Tabla 28 , Tabla 29 y Tabla 30

Tabla 27. Total ganado vacuno por sexo, según propósito (ENA, 2023)

Propósito	Total	Sexo	
		Machos	Hembras
Total	1,510,563	420,620	1,089,943
Carne	901,299	325,247	576,052
Leche	284,904	16,505	268,399
Doble propósito	322,599	77,107	245,492
Trabajo	1,761	1,761	

¹² Producción de leche y el aprovechamiento de carne para la venta o autoconsumo.

Tabla 28. Total de ganado vacuno de carne por sexo, según edad (ENA, 2023).

Edad	Total	Sexo	
		Machos	Hembras
Total	901,299	325,247	576,052
< 1 año	207,177	104,928	102,249
1 – 2 años	280,810	142,039	138,771
>2 años	413,312	78,280	335,032

Tabla 29. Total de ganado vacuno de leche por sexo, según edad (ENA, 2023).

Edad	Total	Sexo	
		Machos	Hembras
Total	284,904	16,505	268,399
< 1 año	60,499	9,432	51,067
1 – 2 años	50,875	3,412	47,463
>2 años	173,530	3,661	169,869

Tabla 30. Total de ganado vacuno de doble propósito por sexo, según edad (ENA, 2023).

Edad	Total	Sexo	
		Machos	Hembras
Total	322,599	77,107	245,492
< 1 año	99,012	49,867	49,145
1 – 2 años	69,405	18,220	51,185
>2 años	154,182	9,020	145,162

Según CCAFS (2015) y INEC (2014), en Costa Rica existen más de 37,000 productores ganaderos. Para el desarrollo del modelo de ganadería, el portafolio representa aproximadamente 38,000 unidades productivas, lo que permite una cobertura cercana a los valores reportados.

La Figura 67 muestra la extensión territorial asociada a estos productores, la Figura 68 presenta su ubicación geográfica, clasificada según el tamaño del hato ganadero para cada productor, finalmente la Figura 69 muestra la clasificación de los productores ganaderos en tres categorías (MAG, 2013): pequeño (< 75ha), mediano (75-200 ha) y grande (>200 ha).

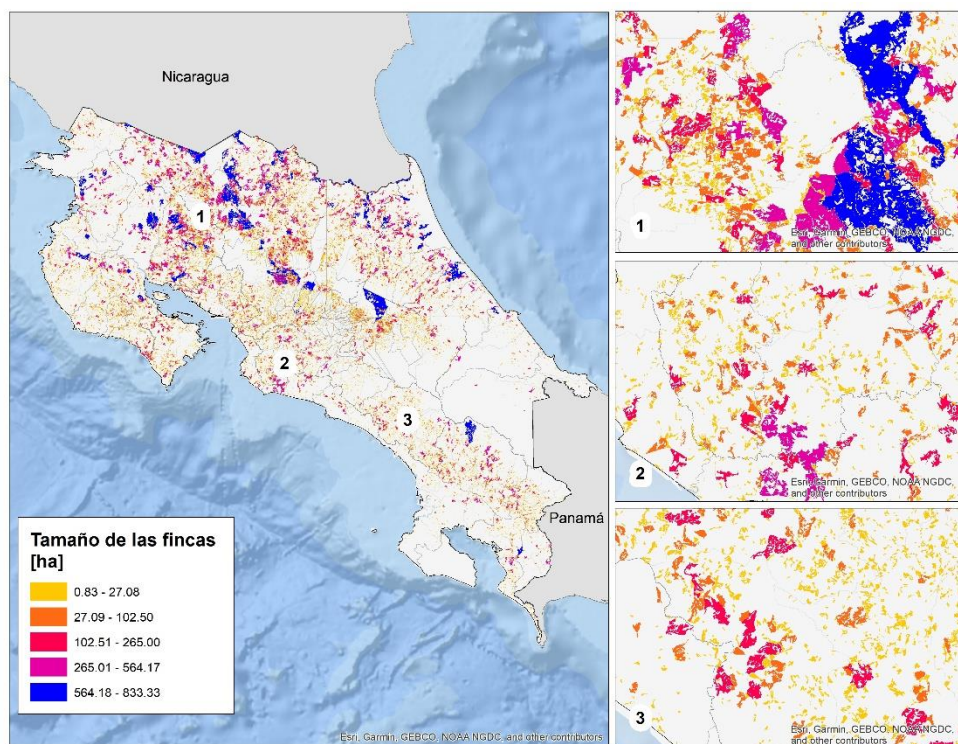


Figura 67. Extensión territorial productores ganaderos.

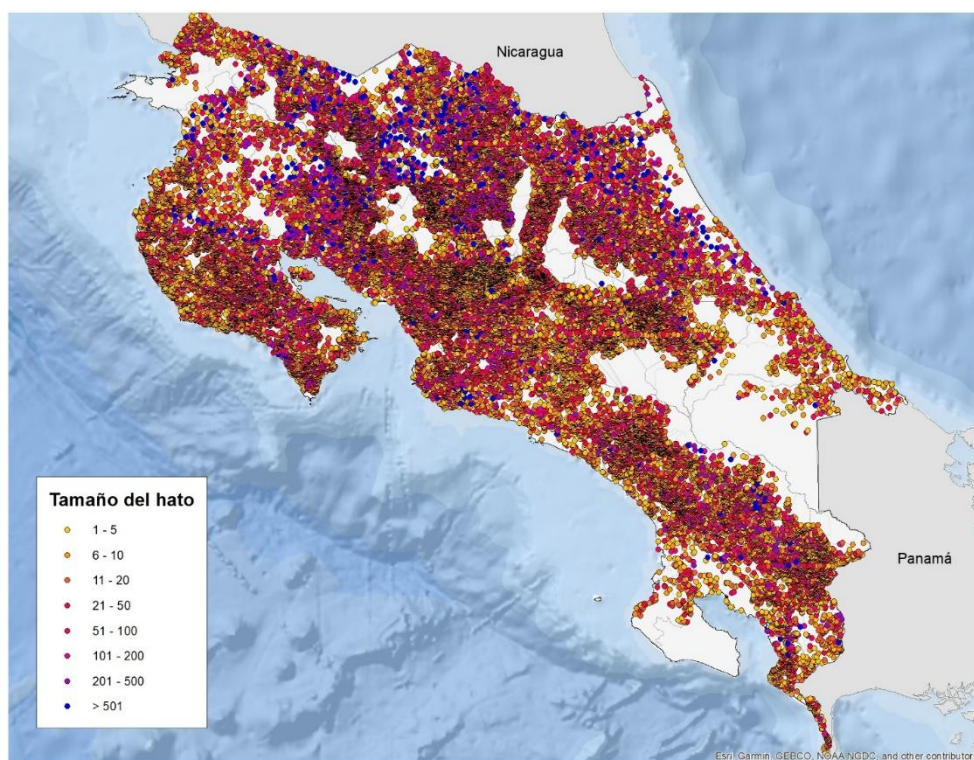


Figura 68. Tamaño del hato ganadero.

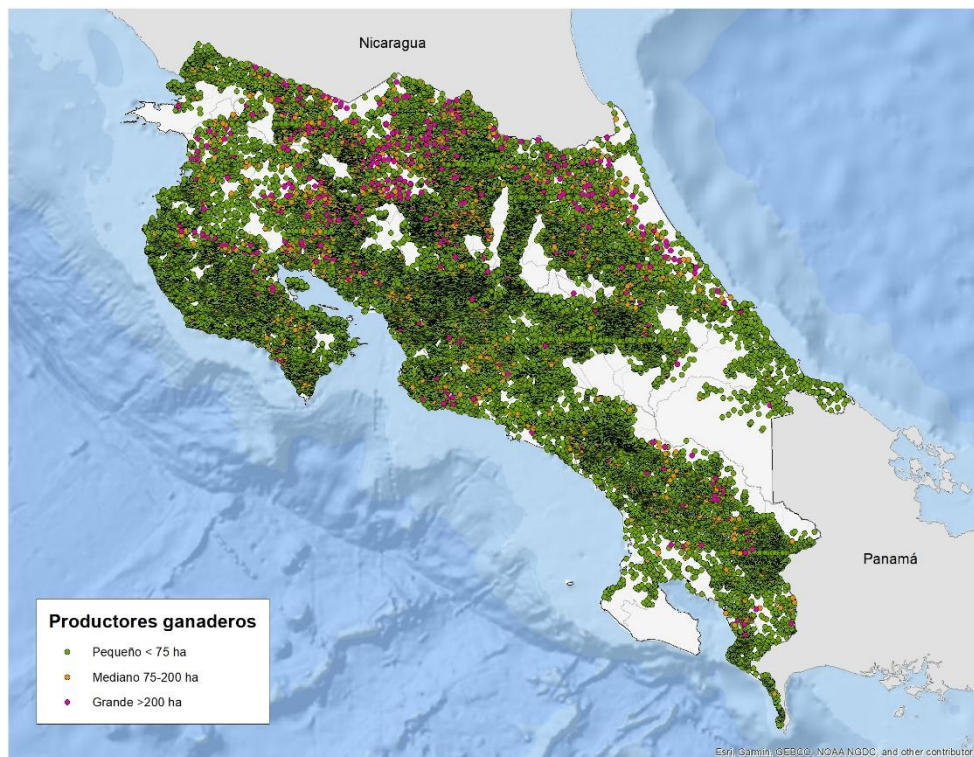


Figura 69. Productores ganaderos

El ganado vacuno fue valorado a partir de la información estadística obtenida de la Corporación Ganadera (CORFOGA, 2025), la cual menciona que hay un precio promedio de canal de 2,567 CRC/kg de animal vivo. La Figura 70 presenta los precios promedio de subasta diferenciados por sexo (machos y hembras), expresados en colones corrientes por kilogramo. Una descripción más detallada de estos precios se encuentra disponible en el Anexo 3 (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

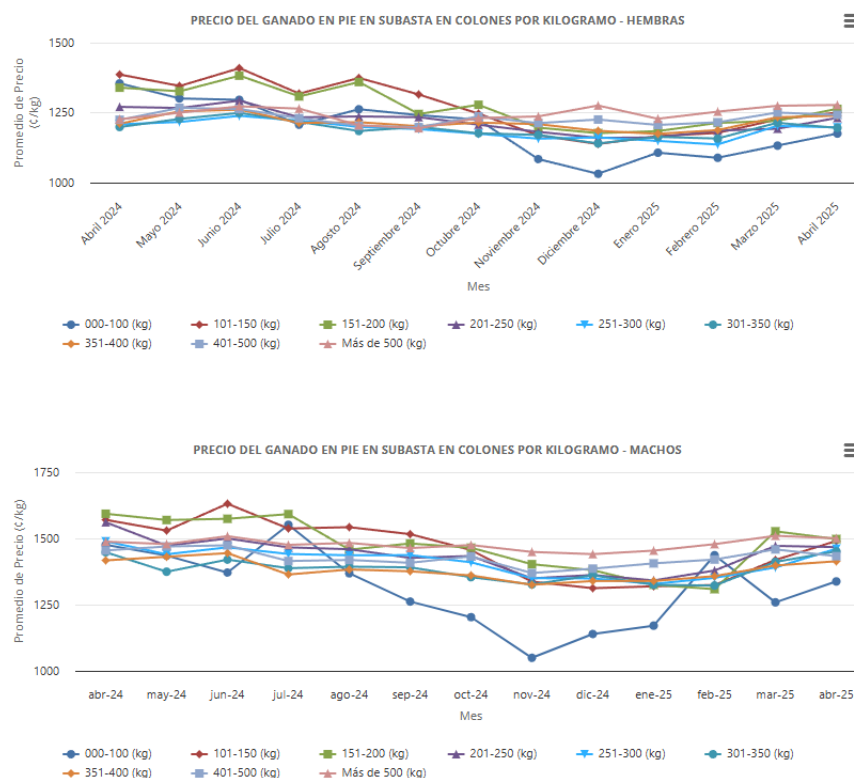


Figura 70. Precio canal en colones por kilogramo. Tomado de CORFOGA, 2025.

4.1.4 Fincas y parcelas NAMA.

Costa Rica ha avanzado significativamente en la implementación de Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAs) en el sector agropecuario a través de programas de actividades y acciones previstas para implementar y realizar de manera sistemática y articulada (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, 2025).

La primer NAMA agrícola fue desarrollada para el cultivo de café, iniciando en 2011 con el objetivo de reducir los gases de efecto invernadero (GEI) y mejorar la eficiencia productiva. Actualmente, esta iniciativa se encuentra en una fase de consolidación y expansión, enfocada en ampliar su alcance hacia poblaciones vulnerables, incluyendo mujeres, jóvenes y productores indígenas.

Por su parte, la NAMA ganadería inició su fase piloto en 2014 y actualmente se encuentra en su segunda fase de escalamiento (2023-2026). Esta etapa busca implementar a mayor escala prácticas como pastoreo racional, sistemas silvopastoriles, bioinsumos, uso de energía solar y biodigestores, apoyada por sistemas de monitoreo (MRV¹³) y asistencia técnica descentralizada.

En cuanto a la NAMA de caña de azúcar, actualmente se encuentra en su fase piloto de implementación, diseñada con base a las experiencias previas de café y ganadería. Esta fase incluye la validación de prácticas

¹³ Monitoreo, Reporte y Verificación

sostenibles en 35 fincas piloto distribuidas en seis regiones cañeras del país, con enfoque en mitigación, resiliencia climática y sostenibilidad productiva.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica proporcionó información para tener una visión general de la primera fase de las NAMA correspondiente a la identificación de las Fincas Piloto (FP) y el establecimiento de Parcelas Piloto (PP).

En el caso del sector ganadero, el MAG aportó la siguiente información:

- Información básica de las fincas NAMA incluyendo ID, dirección, ubicación, latitud, longitud, rubro, entre otros.
- Áreas de pasturas en hectáreas por especie según región.
- Estructura general de superficie y composición del hato ganadero dentro de las fincas NAMA.

En cuanto al sector cafetalero, el MAG facilitó información relevante sobre la implementación de la NAMA café, la cual incluye:

- Lista de parcelas demostrativas en NAMA café potenciales para el sistema de MRV (sin ubicación geográfica).
- Informe técnico de avances del escalamiento de la NAMA café.
- La Línea Base NAMA café de Costa Rica.
- Formulario para NAMA café junto con las actividades a implementar.

A partir de esta información y el informe NAMA Caña de Azúcar Costa Rica elaborado por LAICA, se asignaron ubicaciones aproximadas de las fincas y parcelas piloto, utilizando como referencia los niveles distritales o cantonales. Se ubicaron 514 fincas ganaderas, 35 fincas piloto para caña y 23 parcelas cafeteras. La Figura 71, presenta la distribución geográfica estimada de las fincas piloto correspondientes a las NAMA ganadería y caña de azúcar, así como las parcelas demostrativas de café.

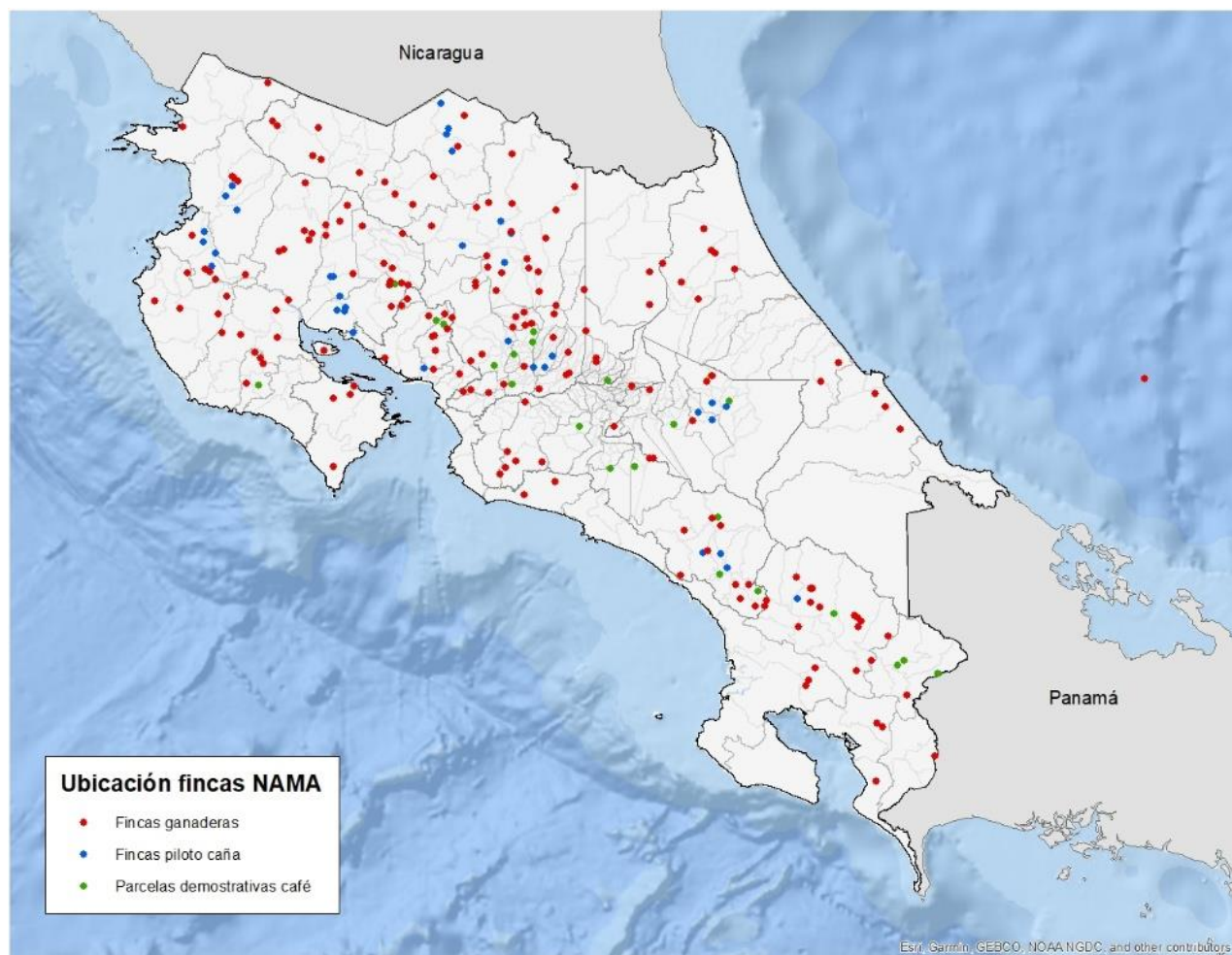


Figura 71. Ubicación fincas NAMA

4.2 Modelos de vulnerabilidad

La modelación de la vulnerabilidad en cultivos se realiza en este trabajo siguiendo la metodología de cálculo de rendimientos definida por la FAO¹⁴. La vulnerabilidad se define en términos de la pérdida de rendimiento que sufre el cultivo durante un período productivo afectado por un periodo seco o por anegamiento del terreno. Por su parte, la vulnerabilidad en la ganadería se cuantifica en función de la capacidad de las pasturas de proveer el contenido calórico suficiente como para mantener la producción derivada de los animales, midiendo la capacidad de carga animal de un territorio y sus variaciones por efectos de los peligros simulados.

La definición de los parámetros de los modelos de vulnerabilidad, así como su variación ante las amenazas calculadas, es decir, como se captura dinámicamente el impacto de las amenazas consideradas, se presenta con detalle en el Informe de inicio (secciones 9.5 y 9.6).

¹⁴ Modelo AquaCrop de la FAO. Ver (Raes et al. 2011)

4.2.1 Cultivos de café y caña de azúcar

A partir de rigurosa revisión bibliográfica, se definen los valores de las variables características del modelo de respuesta al agua para los cultivos de café y caña de azúcar. La caracterización se enfocó en aspectos fenológicos, morfológicos y de manejo agronómico, tales como el ciclo de cultivo, profundidad de enraizamiento, cobertura del dosel, coeficientes de cultivo, sensibilidad al estrés y productividad hídrica.

La Tabla 31 presenta una descripción de los parámetros que caracterizan el modelo de respuesta al agua. Este modelo permite simular el desarrollo de cada cultivo bajo condiciones aproximadas a las reales en Costa Rica, diferenciando entre zonas climáticas y sistemas de producción típicos del país.

Tabla 31. Descripción de variables del modelo de respuesta al agua

Variable	Descripción	Unidad
CropType	Tipo de cultivo: '1' - Vegetales de hoja, '2' - Raíz/tubérculo, '3' - Fruto/grano	[-]
CalendarType	Determinación del ciclo de crecimiento: '1' - Días calendario, '2' - Grados diarios acumulados de crecimiento (GDD)	[-]
SwitchGDD	Convertir días calendario a GDD ('0': No; '1': Si)	[-]
PlantingDate	Fecha de siembra	(dd/mm)
HarvestDate	Último día de cosecha	(dd/mm)
Emergence	Tiempo desde la siembra hasta la germinación	días o GDD
MaxRooting	Tiempo desde la siembra hasta alcanzar la mayor profundidad de la raíz	días o GDD
Senescence	Tiempo desde la siembra hasta la senescencia	días o GDD
Maturity	Tiempo desde la siembra hasta la madurez	días o GDD
Hlstart	Tiempo desde la siembra hasta la formación del rendimiento	días o GDD
Flowering	Duración de la floración (-999 para cultivos que no sean frutos/granos)	días o GDD
YldForm	Duración de la formación del rendimiento	días o GDD
GDDmethod	Método utilizado para el cálculo del GDD: '1': $T_{avg} = (T_x + T_n) / 2$; '2': $T_{avg} = (T * x + T * n) / 2$; '3': $T_{avg} = (T * x + T_n) / 2$	[-]
Tbase	Temperatura base por debajo de la cual el cultivo deja de desarrollarse	[°C]
Tupp	Umbral superior de temperatura sobre la cual el cultivo deja de desarrollarse	[°C]
PolHeatStress	Polinización afectada por estrés por calor (0: No; 1: Si)	[-]
Tmax_up	Temperatura máxima del aire sobre la cual la polinización comienza a fallar	[°C]
Tmax_lo	Temperatura máxima del aire en la cual la polinización falla completamente	[°C]
PolColdStress	Polinización afectada por estrés por frío (0: No; 1: Si)	[-]
Tmin_up	Temperatura máxima del aire debajo de la cual la polinización comienza a fallar	[°C]
Tmin_lo	Temperatura del aire debajo de la cual la polinización falla completamente	[°C]
BioTempStress	Producción de biomasa afectada por estrés por temperatura (0: No; 1: Si)	[-]
GDD_up	GDD mínimos requeridos para la producción total de biomasa	[°C/día]
GDD_lo	GDD en la cual no se produce la producción de biomasa	[°C/día]
fshape_b	Factor de forma describiendo la reducción en la producción de biomasa por insuficientes GDD	[-]
PctZmin	Porcentaje inicial de la profundidad mínima efectiva de la raíz	[%]
Zmin	Profundidad mínima efectiva de la raíz	[m]
Zmax	Profundidad máxima de la raíz	[m]
fshape_r	Factor de forma describiendo la expansión de la raíz	[-]

Variable	Descripción	Unidad
fshape_ex	Factor de forma describiendo los efectos de estrés hídrico en la expansión de la raíz	[-]
SxTopQ	Máxima extracción de agua en la zona superior de la raíz	[m³/m³/día]
SxBotQ	Máxima extracción de agua en la zona inferior de la raíz	[m³/m³/día]
a_Tr	Parámetro que describe el efecto del decrecimiento del dosel en la capacidad de transpiración/fotosíntesis de la planta	[-]
SeedSize	Superficie de suelo cubierta por una planta al 90% de germinación	[cm²]
PlantPop	Número de plantas por hectárea	[Plantas/ha]
CCmin	Fracción del dosel mínima para asegurar la formación de la cosecha	[fracción del dosel]
CCx	Cobertura máxima del dosel	[fracción de cobertura del suelo]
CDC	Coeficiente de decrecimiento de la cobertura	[fracción por día/GDD]
CGC	Coeficiente de crecimiento de la cobertura	[fracción por día/GDD]
Kcb	Coeficiente del cultivo cuando el crecimiento del dosel está completo, pero antes de la senescencia	[-]
fage	Coeficiente de disminución del cultivo debido a la edad	[%/día]
WP	Productividad hídrica normalizada para ET0 y CO2	[g/m²]
WPY	Ajuste a productividad hídrica normalizada por ET0 y CO2 durante formación de cosecha	[% de WP]
fsink	Evaluación de la capacidad de absorción y respuesta al CO2 de cada cultivo. Cereales (Maíz, Arroz, Trigo, Girasol, Sorgo): entre 0 y 0.2 Legumbres (Soja, Frijol): entre 0.2 y 0.4 No determinados (tomate, quinoa): entre 0.4 y 0.6 Raíces y tubérculos (Papa, Remolacha): entre 0.6 y 0.8	[-]
bsted	Ajuste de la productividad hídrica por CO2, dado por Steduto et al. 2007	[-]
bface	Ajuste de WP según ensayos en laboratorio (FACE experiments)	[-]
HI0	Índice de cosecha de referencia	[-]
HIini	Índice de cosecha inicial	[-]
dHI_pre	Incremento posible del índice de cosecha debido al estrés hídrico antes de la floración	[%]
a_HI	Coeficiente que describe el impacto positivo en HI por cierre de los estomas durante la formación de la cosecha	[-]
b_HI	Coeficiente que describe el impacto negativo en HI por cierre de los estomas durante la formación de la cosecha	[-]
dHI0	Incremento máximo permitido del índice de cosecha sobre la referencia	[-]
Determinant	Producción del cultivo asociada a floración ('0': Indeterminado, '1': Determinado)	[-]
exc	Exceso de frutas potenciales	[%]
MaxFlowPct	Porcentaje del periodo de florecencia total en el que el pico de flores ocurre	[%]
p_up1	Umbral superior de agotamiento del agua del suelo para los efectos del estrés hídrico en la expansión del dosel afectado	[0 - 1]
p_up2	Umbral superior de agotamiento del agua en el suelo para efectos de estrés hídrico en el control estomático del dosel	[0 - 1]
p_up3	Umbral superior de agotamiento del agua para los efectos del estrés hídrico en la senescencia del dosel	[0 - 1]
p_up4	Umbral superior de agotamiento del agua en el suelo para los efectos del estrés hídrico en la polinización del dosel	[0 - 1]
p_lo1	Umbral inferior de agotamiento del agua del suelo para los efectos del estrés hídrico en la expansión del dosel afectado	[0 - 1]
p_lo2	Umbral inferior de agotamiento del agua en el suelo para efectos de estrés hídrico en el control estomático del dosel	[0 - 1]
p_lo3	Umbral inferior de agotamiento del agua para los efectos del estrés hídrico en la senescencia del dosel	[0 - 1]
p_lo4	Umbral inferior de agotamiento del agua en el suelo para los efectos del estrés hídrico en la polinización del dosel	[0-1]
fshape_w1	Factor de forma describiendo los efectos del estrés hídrico en la expansión del dosel	[-]

Variable	Descripción	Unidad
fshape_w2	Factor de forma describiendo los efectos del estrés hídrico en el control estomático	[-]
fshape_w3	Factor de forma describiendo los efectos del estrés hídrico en la senescencia del dosel	[-]
fshape_w4	Factor de forma describiendo los efectos del estrés hídrico en la polinización	[-]
ETadj	Ajuste al umbral de estrés hídrico dependiendo de la ET0 diaria (0: 'No', 1: 'Si')	[-]
Aer	Volumen debajo de la saturación en la cual comienza el estrés debido al déficit por aireación	[%]
LagAer	Número de días para considerar estrés por falta de aireación	días
beta	Reducción del umbral inferior de disponibilidad de agua en suelo cuando la senescencia inicia por estrés hídrico	[%]
GermThr	Proporción del agua disponible total necesaria en la zona radicular para que el cultivo germine	[0 - 1]

La parametrización del cultivo de café se basó en estudios experimentales realizados en cafetales de altura media en Costa Rica, particularmente en las regiones de Valle Central y zonas montañosas entre 900 y 1600 m s. n. m. Se consideró el tipo de cultivo como frutal (CropType = 3), con un calendario basado en días (CalendarType = 1), lo cual refleja adecuadamente los ciclos anuales estacionales del cultivo.

El calendario de simulación se fijó desde el 15 de agosto (siembra o brotación del nuevo ciclo) hasta el 10 de julio del siguiente año (cosecha), cubriendo el ciclo anual característico del grano de café en zonas con una estación seca definida y una floración principal tras las primeras lluvias (ICO, 2020; ICAFE, 2018).

Los valores de desarrollo fenológico (Emergence = 6 días, MaxRooting = 55 días, Senescence = 300 días, Maturity = 330 días) se ajustaron con base en el desarrollo fisiológico del cultivo desde la floración hasta la maduración del fruto (Vaast et al., 2005; Carr, 2012). El índice de cosecha (HI0 = 0.1) representa el porcentaje de biomasa que corresponde al grano, mientras que Hlini = 0.01 considera el inicio bajo de acumulación de rendimiento. Se utilizaron valores típicos para *café arábica* cultivado bajo sombra parcial, como Kcb = 1.05, CGC = 0.012 y CDC = 0.01, lo cual refleja un crecimiento inicial lento, pero con cobertura densa al alcanzar la madurez.

La productividad hídrica (WP = 18 g/m²) se basó en reportes de rendimiento de café bajo manejo óptimo en condiciones tropicales húmedas con precipitaciones adecuadas (Carr, 2012; Pérez & Romero, 2016). La profundidad de enraizamiento (Zmax = 2 m) se seleccionó considerando la exploración profunda de raíces en cafetales bien desarrollados en suelos francos profundos.

Finalmente, se utilizaron umbrales estándar para estrés hídrico y térmico, mientras que la densidad de siembra (PlantPop = 4000 plantas/ha) refleja el espaciamiento típico de sistemas tradicionales de producción en Costa Rica (ICAFE, 2018). El valor SeedSize = 15 cm² fue asumido para representar el área cubierta por una plántula de café establecida.

Con relación a la caña de azúcar, se simuló como un cultivo de raíz/tallo con alto potencial de biomasa (CropType = 2), utilizando días calendario (CalendarType = 1) con un ciclo desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre, que refleja el crecimiento continuo de la caña durante un año completo en condiciones tropicales.

El desarrollo fenológico se parametrizó con Emergence = 30 días, MaxRooting = 150 días, Maturity = 360 días, lo que representa el lento pero constante crecimiento vegetativo del cultivo. La senescencia fue ajustada a Senescence = 330 días, permitiendo una ligera pérdida de hojas antes del corte. Se asignaron

valores de $H_{10} = 0.35$ y $WP = 20 \text{ g/m}^2$ basados en estudios agronómicos de producción bajo riego o condiciones óptimas (Inman-Bamber & Muchow, 2000; FAO, 2021).

El coeficiente de cultivo $K_{cb} = 1.25$ y los valores de $CGC = 0.12$ y $CDC = 0.012$ reflejan la alta tasa de crecimiento de biomasa aérea en climas cálidos. La profundidad máxima de raíces se estimó en $Z_{max} = 2 \text{ m}$, mientras que la extracción de agua se ajustó con $Sx_{TopQ} = 0.048$ y $Sx_{BotQ} = 0.012$, de acuerdo con el comportamiento radicular de variedades utilizadas en Costa Rica.

La densidad de plantación ($PlantPop = 12000 \text{ plantas/ha}$) refleja el número de yemas activas sembradas por hectárea, y el área de semilla ($SeedSize = 15 \text{ cm}^2$) fue asumida como área foliar inicial representativa. Se incluyeron respuestas al estrés hídrico con umbrales adaptados para reflejar la tolerancia moderada de la caña a la sequía en etapas tempranas (Singels & Donaldson, 2000).

La Tabla 32, presenta los valores asignados a los parámetros del modelo de cada producto agrícola (ver sus descripciones en la Tabla 31).

Tabla 32. Valores asignados a parámetros de los modelos de respuesta al agua de los cultivos de café y caña de azúcar

Variable	Café	Caña de azúcar	Unidad
CropType	3	2	[-]
CalendarType	1	1	[-]
SwitchGDD	0	0	[-]
PlantingDate	15/08	01/01	(dd/mm)
HarvestDate	10/07	31/12	(dd/mm)
Emergence	6	30	días
MaxRooting	55	150	días
Senescence	300	330	días
Maturity	330	360	días
Hlstart	80	120	días
Flowering	30	0	días
YldForm	230	180	días
GDDmethod	2	2	[-]
Tbase	12	15	[°C]
Tupp	30	35	[°C]
PolHeatStress	0	0	[-]
Tmax_up	0	0	[°C]
Tmax_lo	0	0	[°C]
PolColdStress	0	0	[-]
Tmin_up	0	0	[°C]
Tmin_lo	0	0	[°C]
BioTempStress	0	0	[-]
GDD_up	0	0	[°C/día]
GDD_lo	0	0	[°C/día]
fshape_b	13.8	13.8	[-]
PctZmin	70	70	[%]
Zmin	0.3	0.3	[m]
Zmax	2	2	[m]
fshape_r	1.3	15	[-]

Variable	Café	Caña de azúcar	Unidad
fshape_ex	-6	-6	[-]
SxTopQ	0.024	0.048	[m³/m³/día]
SxBotQ	0.006	0.012	[m³/m³/día]
a_Tr	1	1	[-]
SeedSize	15	15	[cm²]
PlantPop	4000	12000	[Plantas/ha]
CCmin	0.07	0.05	[fracción del dosel]
CCx	0.95	0.95	[fracción de cobertura del suelo]
CDC	0.01	0.012	[fracción por día/GDD]
CGC	0.012	0.12	[fracción por día/GDD]
Kcb	1.05	1.25	[-]
fage	0.15	0.15	[%/día]
WP	18	20	[g/m²]
WPpy	100	100	[% de WP]
fsink	0.5	0.7	[-]
bsted	0.000138	0.000138	[-]
bface	0.001165	0.001165	[-]
HI0	0.1	0.35	[-]
HIini	0.01	0.01	[-]
dHI_pre	10	2	[%]
a_HI	10	-	[-]
b_HI	8	10	[-]
dHI0	15	5	[-]
Determinant	1	0	[-]
exc	50	-	[%]
MaxFlowPct	33.33	33.33	[%]
p_up1	0.25	0.2	[0 - 1]
p_up2	0.5	0.6	[0 - 1]
p_up3	0.85	0.7	[0 - 1]
p_up4	0.9	0.8	[0 - 1]
p_lo1	0.55	0.6	[0 - 1]
p_lo2	1	1	[0 - 1]
p_lo3	1	1	[0 - 1]
p_lo4	1	1	[0-1]
fshape_w1	3	3	[-]
fshape_w2	3	3	[-]
fshape_w3	3	3	[-]
fshape_w4	1	1	[-]
ETadj	1	1	[-]
Aer	5	5	[%]
LagAer	3	3	días
beta	12	12	[%]
GermThr	0.2	0.2	[0 - 1]

4.2.2 Pasturas para ganadería extensiva

Para la simulación del desarrollo de pastos destinados a ganadería en Costa Rica, se realizó una parametrización detallada basada en literatura científica y técnica. Esta parametrización consideró tanto las condiciones edafoclimáticas del trópico húmedo costarricense como las características agronómicas de especies de pasto comúnmente utilizadas en sistemas ganaderos, como *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum* (pasto Mombasa), *Paspalum notatum* y otras especies adaptadas al pastoreo continuo.

Las condiciones edafoclimáticas se establecen por ubicación, según el modelo de suelos considerado, así como las simulaciones meteorológicas generadas a partir de la información histórica disponible. De esta manera se intenta representar el clima y suelo de cada ubicación, lo mejor posible dada la escala del modelo.

Los valores asignados los parámetros del modelo de respuesta al agua, se seleccionaron con base en las recomendaciones establecidas por la FAO (2021), complementadas por estudios específicos en pastos tropicales y forrajes. Se empleó el enfoque de días calendario (*CalendarType* = 1) debido a su mayor aplicabilidad práctica en zonas tropicales donde las temperaturas se mantienen relativamente constantes durante el año (Steduto et al., 2009).

El ciclo simulado se establece entre mayo y septiembre, coincidiendo con el inicio y pico de la estación lluviosa en Costa Rica, lo que permite una rápida cobertura vegetal y producción de biomasa (Méndez et al., 2015). Parámetros fenológicos como *Emergence*, *MaxRooting*, *Maturity* y *Senescence* fueron definidos considerando los tiempos promedio de establecimiento, crecimiento y corte en pastos tropicales (CIRAD, 2018; Embrapa, 2020).

La cobertura del dosel (*CCx*) se fijó en 0.95, lo que refleja el potencial de estos cultivos para cubrir completamente el suelo en condiciones óptimas. La densidad de plantas (*PlantPop* = 200000) fue estimada considerando la cobertura basal de gramíneas tropicales rastreras y cespitosas (González & Gómez, 2014). Los coeficientes de crecimiento y declinación del dosel (*CGC* y *CDC*) se establecieron en 0.12 y 0.15, respectivamente, en concordancia con las tasas observadas bajo manejo intensivo.

La productividad hídrica ($WP = 15 \text{ g/m}^2$) se encuentra dentro del rango reportado para pastos de corte bajo condiciones tropicales húmedas, mientras que el índice de cosecha ($HIO = 0.9$) representa el alto porcentaje de biomasa utilizable en sistemas de pastoreo o corte directo (Pérez & Romero, 2016). Se asumió además que el cultivo es indeterminado (*Determinant* = 0), permitiendo múltiples cortes por año, aunque en esta simulación se consideró un único ciclo de establecimiento. El valor *Determinant* = 0 en la simulación indica que el pasto puede seguir creciendo de manera continua a lo largo del ciclo de cultivo, lo que es adecuado para modelar situaciones de pastoreo continuo. Esto permite realizar múltiples cortes a lo largo del ciclo, simulando así el uso repetido del pasto por parte del ganado. Sin embargo, dado que se desea evaluar la disponibilidad continua de pasto durante todo el año, se lleva a cabo una serie de simulaciones ajustando las fechas de siembra de forma escalonada, es decir, se modifican las fechas de siembra y cosecha para realizar varias simulaciones. De esta manera, se puede determinar la cantidad de materia seca disponible para la ganadería durante todos los meses del año, asegurando que el pasto esté disponible de forma continua sin interrupciones.

Las respuestas del cultivo al estrés hídrico y térmico, tanto para expansión radicular como para desarrollo del dosel, fueron modeladas con valores estándar ajustados por instituciones como CIRAD (2018) y Embrapa (2020). Se incluyó el efecto del estrés por temperatura en la biomasa (BioTempStress = 1) y los umbrales de temperatura (Tbase = 10°C, Tupp = 40°C) fueron establecidos según el rango óptimo de crecimiento de estas especies.

El modelo parametrizado como se indica, permite simular el crecimiento, desarrollo y productividad de pastos tropicales bajo condiciones de campo en Costa Rica. La Tabla 33 recopila los valores del modelo de respuesta al agua de pastos.

Tabla 33. Valores asignados a parámetros del modelo de respuesta al agua de pastos

Variable	Pastos	Unidad
CropType	3	[-]
CalendarType	1	[-]
SwitchGDD	0	[-]
PlantingDate	01/05	(dd/mm)
HarvestDate	30/09	(dd/mm)
Emergence	10	días
MaxRooting	45	días
Senescence	60	días
Maturity	75	días
Hlstart	20	días
Flowering	0	días
YldForm	55	días
GDDmethod	2	[-]
Tbase	10	[°C]
Tupp	40	[°C]
PolHeatStress	0	[-]
Tmax_up	0	[°C]
Tmax_lo	0	[°C]
PolColdStress	0	[-]
Tmin_up	0	[°C]
Tmin_lo	0	[°C]
BioTempStress	1	[-]
GDD_up	8	[°C/día]
GDD_lo	2	[°C/día]
fshape_b	10	[-]
PctZmin	60	[%]
Zmin	0.3	[m]
Zmax	1.2	[m]
fshape_r	12	[-]
fshape_ex	-5	[-]
SxTopQ	0.05	[m³/m³/día]
SxBotQ	0.015	[m³/m³/día]
a_Tr	1	[-]
SeedSize	10	[cm²]
PlantPop	200000	[Plantas/ha]

Variable	Pastos	Unidad
CCmin	0.05	[fracción del dosel]
CCx	0.95	[fracción de cobertura del suelo]
CDC	0.15	[fracción por día/GDD]
CGC	0.12	[fracción por día/GDD]
Kcb	1.0	[-]
fage	0.2	[%/día]
WP	15	[g/m2]
WP _y	20	[% de WP]
fsink	0.3	[-]
bsted	0.000138	[-]
bface	0.001165	[-]
HI0	0.9	[-]
HI _{ini}	0.02	[-]
dHI _{pre}	5	[%]
a _{HI}	-8	[-]
b _{HI}	-8	[-]
dHI0	5	[-]
Determinant	0	[-]
exc	20	[%]
MaxFlowPct	33.33	[%]
p _{up1}	0.25	[0 - 1]
p _{up2}	0.5	[0 - 1]
p _{up3}	0.8	[0 - 1]
p _{up4}	0.8	[0 - 1]
p _{lo1}	0.5	[0 - 1]
p _{lo2}	1	[0 - 1]
p _{lo3}	1	[0 - 1]
p _{lo4}	1	[0-1]
fshape _{w1}	3	[-]
fshape _{w2}	3	[-]
fshape _{w3}	3	[-]
fshape _{w4}	1	[-]
ETadj	1	[-]
Aer	5	[%]
LagAer	3	días
beta	10	[%]
GermThr	0.25	[0 - 1]

4.2.3 Aporte nutricional de las pasturas

En la modelación del riesgo, se debe simular el desarrollo del pasto para establecer el contenido de materia seca que puede aportar cada unidad de pastura para alimentar al ganado. El Informe de inicio de esta consultoría (sección 9.6), contiene en detalle el enfoque metodológico para la modelación del aporte nutricional de las pasturas, y el requerimiento por parte de los animales que las consumen.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA, 2006), un bovino requiere diariamente entre el 7 % y el 10 % de su peso corporal en forraje verde para mantener una alimentación adecuada. Estos valores varían de acuerdo con la especie de pasto en consideración. Martínez (2018) presenta la composición bromatológica de 31 especies de pastos utilizados para alimentar animales en Costa Rica, para entre 3 y 4 edades de corta diferentes. Los pastos que estudió Martínez (2018) se encuentran distribuidos por todo Costa Rica, en el trópico seco, el trópico húmedo y las zonas de alta producción lechera del país. La Tabla 34 presenta un ejemplo de la información reportada por Martínez (2018).

Tabla 34. Composición nutricional del pasto *Brachiaria sp.* en pastoreo en Costa Rica de edad de corta menor a 20 días. Valores expresados en porcentaje de materia seca. Tomado de Martines (2018)

Nutriente	Muestras	Máximo	Mínimo	Promedio	Coefficiente Variación
Materia seca (% biomasa)	12	31.40	12.00	20.07	27.74
Proteína cruda	4	12.68	5.69	9.20	42.86
Extracto etéreo	3	3.33	1.80	2.77	30.50
Ceniza	3	10.33	5.40	8.62	32.39
Fibra detergente neutro tratada con amilasa	3	63.85	44.12	57.18	19.78
Fibra detergente ácido	3	37.20	31.37	35.06	9.16
Lignina detergente ácido	3	3.38	3.00	3.22	6.16
Digestibilidad in vitro de la materia seca	1	61.30	61.30	61.30	0

5 PROYECTO OPERACIONAL 3: EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN Y RIESGO DE PEQUEÑOS Y MEDIANOS HOTELES Y HOSTALES DEL PROGRAMA FU-TURISMO

El turismo es uno de los principales motores de la economía costarricense, contribuyendo de forma importante a la producción económica y a la generación empleo. Este proyecto pretende evaluar el riesgo de desastres para este sector, enfocándose en instalaciones hoteleras de pequeños y medianos empresarios principalmente¹⁵, ante inundaciones fluviales y costeras, así como terremotos y tsunamis.

La infraestructura hotelera se compone principalmente de edificios, por lo cual este modelo de exposición y vulnerabilidad contiene en su totalidad edificaciones. El impacto en el sector asociado a posibles daños o pérdidas en elementos de infraestructura relacionados, o de los cuales depende la actividad hotelera (e.g. red eléctrica, red vial, agua potable, etc.), impactos causados a sectores aledaños (restaurantes, cafés) así como afectaciones al personal hotelero y a los propios turistas, será incluido en una fase posterior y por medio de una evaluación holística del riesgo para la construcción de un sistema de indicadores. Esto fue acordado directamente con el Grupo Técnico de Trabajo de este proyecto. Por lo tanto, en este producto se incluye exclusivamente lo relacionado con la conformación de los modelos de exposición y vulnerabilidad de las edificaciones hoteleras.

5.1 Modelo de exposición

Para la construcción del modelo de exposición de edificaciones del sector turismo se consultaron diferentes fuentes de información tanto de fuentes oficiales como bases de datos globales de consulta abierta. A continuación, se describen las fuentes consultadas según el atributo a caracterizar.

5.1.1 Ubicación geográfica

5.1.1.1 Cartografía - Edificaciones

En el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) se encuentra publicada la cobertura de edificaciones y construcciones a nivel país, que contiene como atributo descriptivo la “categoría” de la edificación, en esta categoría se especifican las edificaciones que corresponden al sector de uso hotelero como se observa en la Figura 72.

La cobertura de edificaciones contiene un total de 4,609 registros de huellas de edificaciones clasificadas como *hotel*, sobre estas huellas fue necesario realizar un proceso de depuración¹⁶ debido a que en muchos casos varios registros de huellas corresponden a un mismo hotel o la huella de la edificación está capturando construcciones aledañas al hotel que no pertenecen a la categoría, como se observa en la Figura 72.

¹⁵ No obstante, se acordó con el GTT de este proyecto, incluir el portafolio hotelero completo como valor agregado.

¹⁶ Este fue un proceso de observación individual de cada polígono.

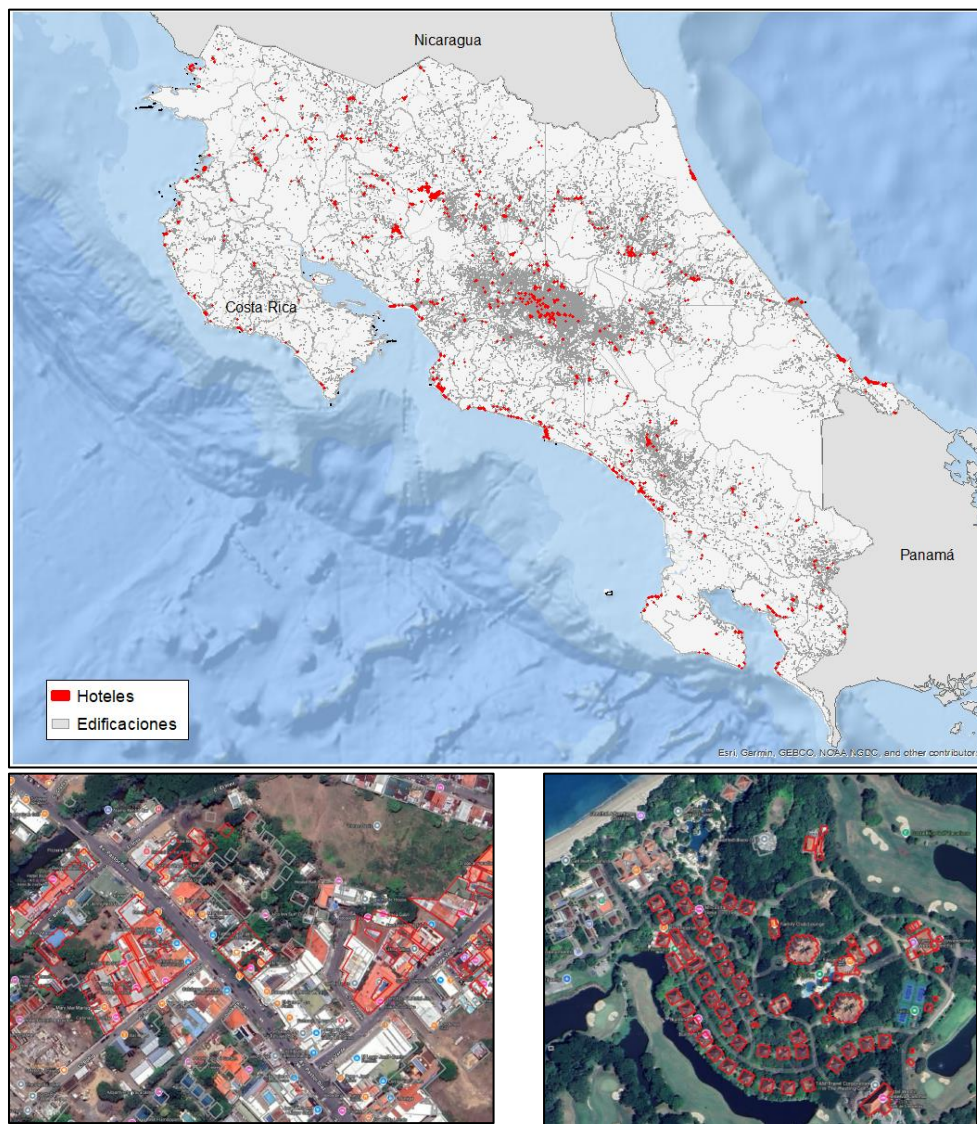


Figura 72. Cartografía edificaciones (Categoría Hotel) - SNIT

5.1.1.2 Esencial Costa Rica

Esencial Costa Rica, la marca cuyo objetivo es promover la imagen del país a nivel internacional incentivando el turismo sostenible, proporciona en su página web información sobre alojamientos en Costa Rica con características como ubicación geográfica, número de habitaciones, una calificación dada en número de estrellas y las comodidades con las que cuenta el alojamiento. En esta página fue posible consultar información para un total de 569 hoteles, con la distribución espacial en el país que se muestra en la Figura 73.

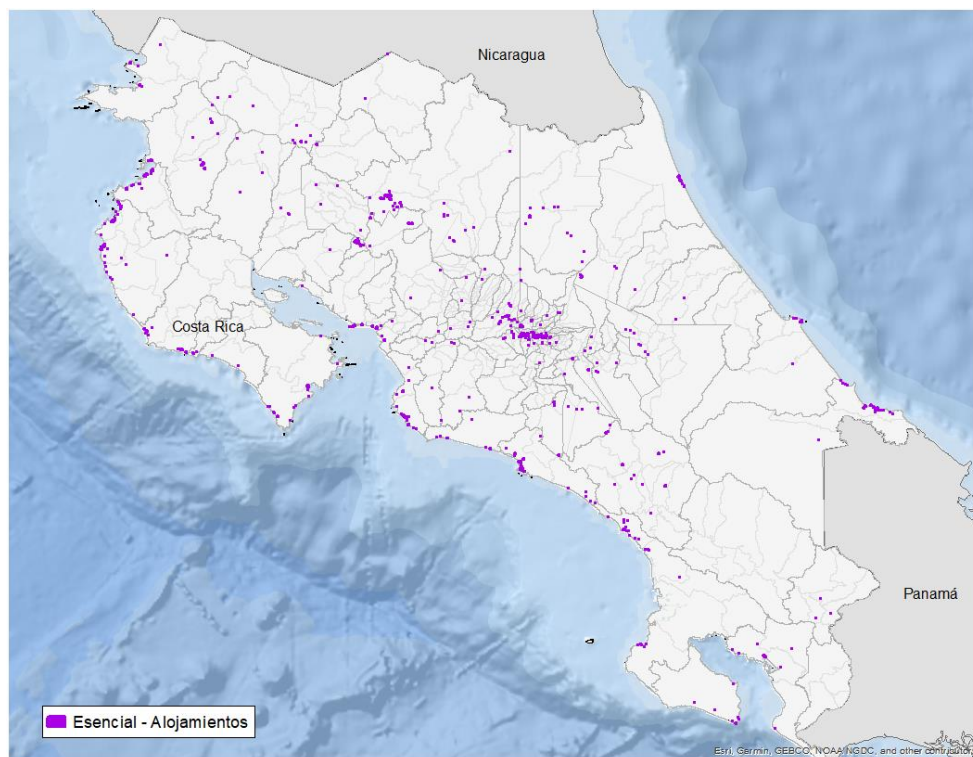


Figura 73. Hoteles página web Esencial Costa Rica

5.1.1.3 Google Maps

Google Maps combina imágenes satelitales del terreno con la superposición de capas, como puntos de referencia, información detallada de lugares y puntos de interés, convirtiéndose en una herramienta especialmente útil para la consulta de la localización de lugares o servicios de interés. Google utiliza una combinación de fuentes oficiales, datos automatizados (contenido web, registros públicos, señales de dispositivos) y contribuciones de usuarios para crear etiquetas de lugares en sus mapas y servicios. Adicionalmente, los usuarios pueden contribuir proporcionando reseñas, calificaciones y fotos que ayudan a complementar y verificar la información en los mapas.

Como se observa en la Figura 74, en el mapa híbrido de Google Maps una categoría de los lugares de interés etiquetados corresponde a los lugares de alojamiento identificados con la etiqueta , estos lugares etiquetados además de la localización proporcionan información de calificación de los alojamientos según número de estrellas y reseñas de los visitantes.

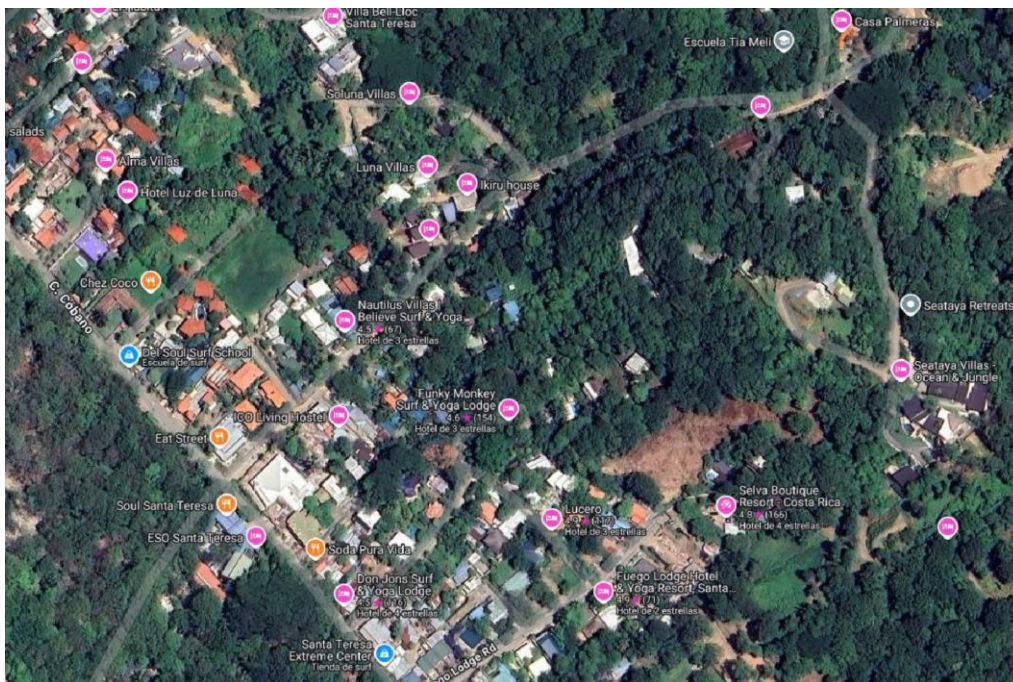


Figura 74. Detalle etiquetas de lugares de alojamiento – Google maps

En la consulta realizada sobre estas capas de Google se obtuvo información de localización para 1,478 lugares de alojamiento con su correspondiente calificación según el número de estrellas y con una calificación según las reseñas de los visitantes. En la Figura 75 se muestra la distribución espacial en el país de lugares de alojamiento obtenidos de Google Maps.

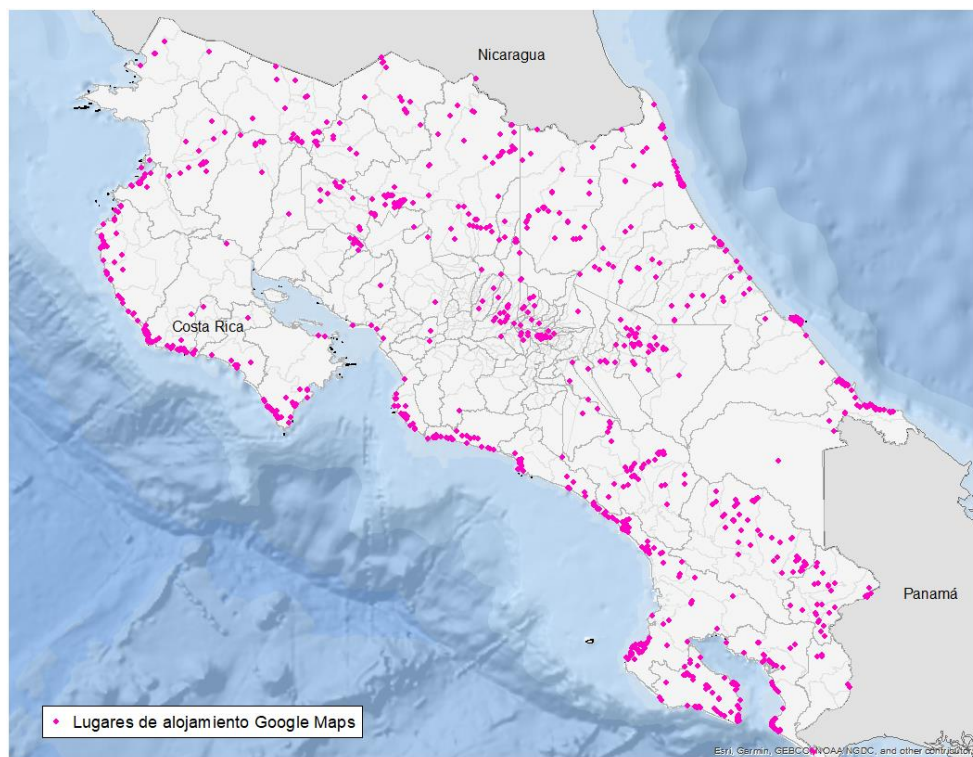


Figura 75. Lugares de alojamiento – Google maps

5.1.1.4 Ubicaciones finales en el modelo

Para determinar la ubicación georreferenciada de los hoteles, se combinó la información consultada en Esencial Costa Rica con la información de lugares de alojamiento de Google Maps, obteniendo una base de exposición con las coordenadas geográficas del centroide de los hoteles. Finalmente, se realizó una superposición espacial de esta base de puntos con la cobertura de edificaciones de categoría hotel, para obtener las ubicaciones de los hoteles en forma de polígono mediante la huella de la edificación asociada. En la Figura 76 se observa la base de datos conformada. En la Figura 77 se ilustra con mayor nivel de detalle la base de hoteles conformada a partir de las diferentes fuentes.

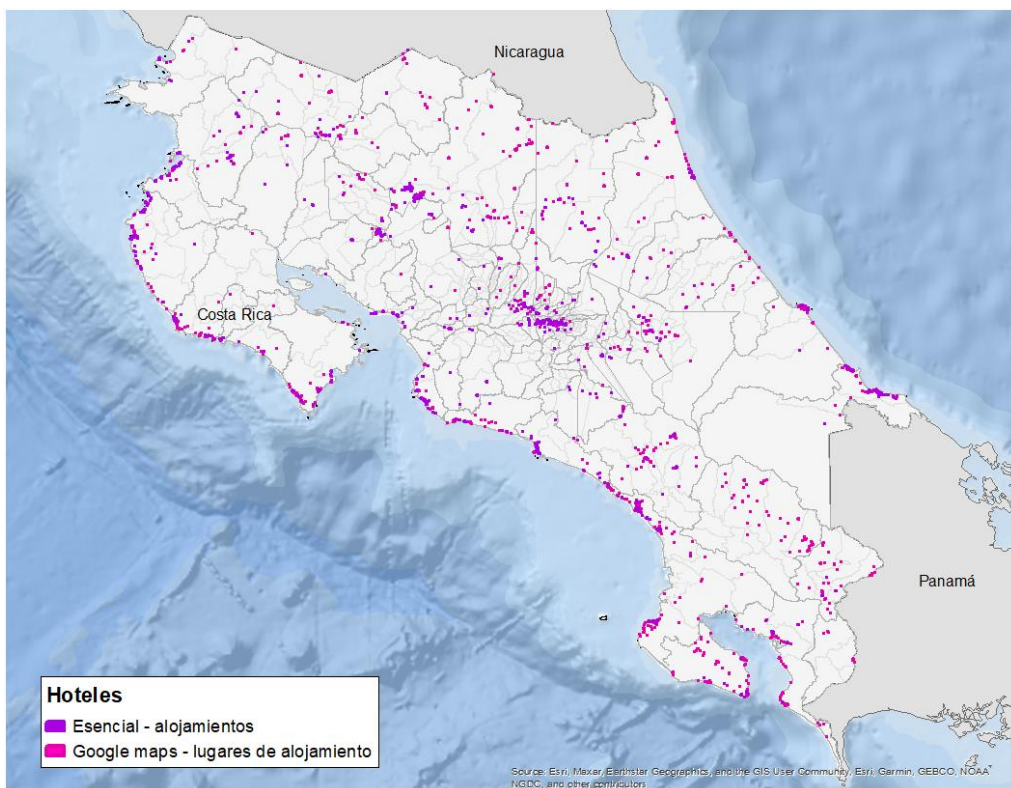


Figura 76. Base de datos georreferenciada de Hoteles Costa Rica



Figura 77. Detalle base de datos georreferenciada de Hoteles Costa Rica

5.1.2 Clasificación hotelera

5.1.2.1 Clasificación de hospedajes según inscripción en el ICT

De acuerdo con la estadística publicada por el Instituto Costarricense de Turismo - ICT¹⁷, se estima que la oferta de hospedaje disponible del país (para el año 2024) es de 3,068 hospedajes, sin incluir diversas formas de alojamiento, como las casas, apartamentos y cabañas (denominados como alquiler vacacional).

La oferta de hospedaje disponible es segmentada por el ICT en hospedajes inscritos en el ICT y no inscritos en el ICT. Los establecimientos inscritos en el ICT son los que cuentan con Declaratoria Turística o Contrato Turístico o CST (Certificación de Sostenibilidad Turística), estos son reconocimientos que otorga el ICT a las empresas que lo soliciten, no tiene costo y deben cumplir con requisitos técnicos, económicos y legales. Por otra parte, los establecimientos no inscritos en el ICT son aquellos que no tienen declaratoria turística (no se incluye alquiler vacacional).

En 2024 se estima la oferta en:

- Inscritos en el ICT: 766 establecimientos, que representan 29,490 habitaciones. 38.5 hab/estab.
- No inscritos en el ICT: 2,303 establecimientos, que representan 26,616 habitaciones. 11.6 hab/estab.

La Figura 78 presenta la distribución por Unidad de Planeamiento Turístico de las habitaciones y establecimientos en Costa Rica (inscritos y no inscritos en el ICT).

OFERTA TOTAL DE HOSPEDAJE SEGÚN UNIDAD DE PLANEAMIENTO 2024					
Unidad de Planeamiento Turístico (UPT)	Cantidad		Hab/Estab	Distribución porcentual	
	Habitaciones	Establecimientos		Habitaciones	Establecimientos
Total	56 106	3 068	18,3	100,0	100,0
Caribe	5 055	381	13,3	9,0	12,4
Guanacaste	14 626	628	23,3	26,1	20,5
Llanuras del Norte	5 478	313	17,5	9,8	10,2
Pacífico Medio	6 570	365	18,0	11,7	11,9
Pacífico Sur	5 461	466	11,7	9,7	15,2
Puntarenas	5 840	419	13,9	10,4	13,7
Valle Central	13 076	496	26,4	23,3	16,2

Nota: *Estimación del total de establecimientos turísticos en el país, no se incluye alquiler vacacional.

Fuente: ICT, Sistema de Planta Turística cierre 2024.

Figura 78. Oferta total de hospedaje según unidad de planeamiento - ITC

Declaratoria turística (inscritos en el ICT)

De acuerdo con el ICT, la declaratoria turística es un reconocimiento, que otorga el Instituto Costarricense de Turismo, a todas aquellas empresas del ramo que voluntariamente lo soliciten. Para ello, deben cumplir

¹⁷ <https://www.ict.go.cr/es/administrar-estadistica/cifras-tur%C3%ADsticas/oferta-de-hospedaje/2865-oferta-hospedaje-2003-2024/file.html>

con requisitos técnicos, económicos y legales señalados en el Reglamento de las Empresas y Actividades Turísticas. Con estos requisitos se busca garantizar la legalidad de la actividad turística y alcanzar uno de los principales objetivos del departamento: lograr la más alta calidad del producto turístico costarricense.

Los beneficios de la declaración turística incluyen:

- Ser incluida en los listados oficiales del ICT (y sitio web)
- Recibir capacitación por parte del ICT
- Requisito obligatorio para obtener el contrato turístico.
- Obtener categorización
- Acceso a promoción por medio de página Web www.visitecostarica.com (Esencial Costa Rica).
- Participación en ferias turísticas internacionales.
- Posibilidad de participación en Campañas Cooperativas Internacionales con agencias de viajes mayoristas y líneas aéreas.
- Posibilidad de participación en Campañas en zonas específicas, en coordinación con hoteleros locales con el fin de ofrecer descuentos especiales al turista.
- Posibilidad de distribuir material en los Centros de Información Turística del ICT.
- Optar por la obtención de la Marca País.

Para su obtención, el ICT exige los siguientes requisitos técnicos y económicos:

1. Indicar de forma clara y precisa en qué consiste la actividad, operación que realiza y descripción de la infraestructura detallando: cantidad de habitaciones por tipo, equipamiento de las habitaciones, recepción, lobby, sala de estar, servicios sanitarios públicos y para personas con discapacidad, piscinas, bodegas, área de empleados, gimnasio, spa, estacionamiento, bar, restaurante, etc.
2. Asimismo, deberá indicar la cantidad de empleos directos y la inversión; valor del terreno, infraestructura, mobiliario y equipo o el monto de alquiler cuando corresponda.
3. Aportar original y copia; o bien copia certificada por un abogado, del permiso sanitario de funcionamiento y de la patente comercial, ambos referidos al establecimiento comercial objeto de la solicitud.
4. Estar al día con la CCSS, FODESAF y el impuesto a las sociedades cuando corresponda, y con las obligaciones tributarias ante el Ministerio de Hacienda.
5. Para poder optar por la Declaratoria Turística la actividad de hospedaje, deberán obtener y mantener una calificación mínima del 20% (equivalente a una estrella), de acuerdo con las Herramientas de Evaluación disponibles para esta modalidad de prestadores de servicios que se encuentran contenidas en el Anexo Único el cual es parte integral de este Reglamento.

El hospedaje que no cuenta con registro en el ICT (definido como no inscrito en el ICT) puede deberse al incumplimiento de los requisitos previamente mencionados o a la falta de interés por parte del operador turístico en obtenerlo.

Hospedaje no tradicional

El hospedaje no tradicional es una modalidad de alojamiento turístico que consiste en el alquiler temporal de una vivienda o parte de ella, con fines turísticos, por un período mínimo de 24 horas y hasta un máximo de un año, sin que se presten servicios típicos de hotel (como recepción 24 horas, limpieza diaria, restaurante, etc.). El gobierno de Costa Rica expidió la Ley 9742 de 2019 con el objetivo de regular la actividad turística de alojamiento no convencional y la intermediación mediante plataformas digitales, estableciendo condiciones claras tanto para anfitriones como para plataformas, y garantizando la protección del usuario final. Sus principales características incluyen:

- Puede ser ofrecido por personas físicas o jurídicas (no necesariamente empresas turísticas).
- Incluye propiedades como casas, apartamentos, bungalows, habitaciones dentro de viviendas familiares.
- Se ofrece generalmente a través de plataformas digitales como Airbnb, Vrbo, Booking, entre otras.
- No requiere estar categorizado como hotel, hostel o cabinas, pero sí debe registrarse ante el Instituto Costarricense de Turismo (ICT).

La Tabla 35 presenta un resumen de las principales diferencias entre hospedaje tradicional (contabilizado en la oferta del ICT) y no tradicional.

Tabla 35. Diferencias entre hospedaje tradicional y no tradicional

Hospedaje Tradicional	Hospedaje No Tradicional
Hoteles, hostales, cabinas	Viviendas, apartamentos, cuartos alquilados
Regulado históricamente	Regulado recientemente (desde 2019)
Servicios hoteleros incluidos	Servicios limitados, a conveniencia del anfitrión
Requiere permisos turísticos	Requiere registro como actividad turística ante ICT
Comercial a gran escala	Usualmente por pequeños propietarios o familias

5.1.2.2 Clasificación de hospedajes según el número de estrellas

Según el Manual de clasificación hotelera para Costa Rica del Instituto Costarricense de Turismo¹⁸, la hotelería en el país se clasifica de acuerdo con la gama de servicios que el establecimiento ofrece al huésped, las categorías definidas se describen a continuación.

- **Servicio completo:** Tienden a ser hoteles situados en zonas de ciudad o de veraneo, son establecimientos a menudo de múltiples pisos, que cuentan con restaurante de carácter formal y ofrecen facilidades recreativas. Prestan servicio de camarera, las habitaciones ofrecen comodidades como teléfono, televisor, baño privado.
- **Servicio limitado:** son de menor tamaño que los de servicio completo, de ambiente informal, pueden contar con servicio de comedor. Las habitaciones y baños pueden ofrecer solamente lo esencial y el énfasis se da a la atención personal del huésped. Tienden a ser albergues, lodges, bed and breakfasts, pensiones, casas de huéspedes. Los lodges o albergues generalmente están

¹⁸ <https://www.ict.go.cr/es/root-documentos-no-apagar/legislaci%C3%B3n-de-empresas/manuales/577-manual-de-clasificaci%C3%B3n-hoteler%C3%A1/file.html>

ubicados en zonas rurales o montañosas, en muchos casos en las proximidades a parques nacionales y tienden a presentar unas instalaciones simples o rústicas de ambiente informal.

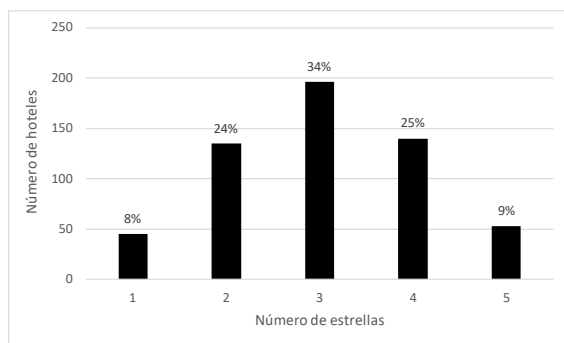
- **Servicio mínimo:** el tamaño de los establecimientos varía desde pequeños, de un solo nivel, o con múltiples pisos. Se espera que los huéspedes sean autosuficientes, por lo general no disponen de comedores o restaurantes, pueden estar ubicados en zonas urbanas o áreas de veraneo. Comprenden apartamentos, condominios y cabinas que pueden ser lujosos o sumamente sencillos.

De acuerdo con las anteriores categorías, para los establecimientos de servicio completo y de servicio limitado se asigna el número de estrellas según la gama de servicios que ofrecen al huésped como se muestra en la Tabla 36. Para los establecimientos de servicio mínimo se realiza la misma clasificación sin llegar a alcanzar el máximo número de estrellas dadas las limitaciones en los servicios que ofrecen. No se toma en cuenta el número de habitaciones de un establecimiento, ni su nombre, ni su tamaño a la hora de asignarle su clasificación.

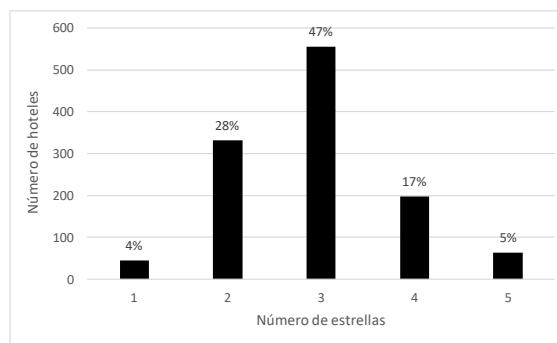
Tabla 36. Clasificación de número de estrellas según el servicio. Tomado del Manual de clasificación hotelera - ICT

Servicio	Número de estrellas
Lo mejor disponible	5
Excelentes instalaciones y amplia gama de servicios	4
Muy buenas instalaciones y variedad de servicios	3
Excede los requisitos mínimos	2
Cumple con los requisitos mínimos de limpieza y confort	1

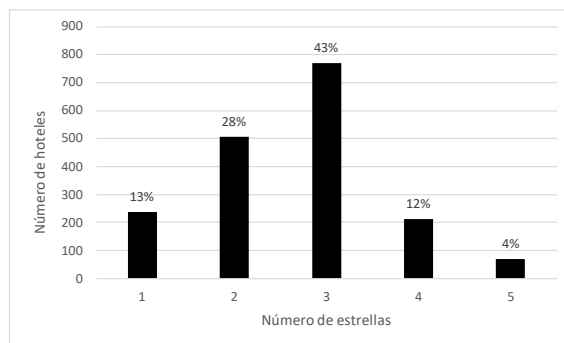
Para clasificar los hoteles según el número de estrellas, partimos de la clasificación dada en la página web de Esencial para los hoteles promocionados por esta iniciativa (Ver su distribución en la Figura 79 (a)). De la misma forma, se tiene en cuenta la categoría dada en número de estrellas y las reseñas para los lugares de alojamiento etiquetados en Google Maps (Ver su distribución en la Figura 79 (b)). Por último, con base en la clasificación por número de estrellas otorgada a los hoteles en las plataformas Esencial Costa Rica y Google Maps, la caracterización descrita en el Manual de clasificación hotelera para Costa Rica y la Clasificación de hospedajes según inscripción en el ICT, se asignó una clasificación de número de estrellas a cada uno de los hoteles incluidos en la base de exposición construida, la distribución obtenida se muestra en la Figura 79 (c).



(a) Esencial Costa Rica



(b) Google Maps



(c) Base de exposición de hoteles

Figura 79. Distribución de calificación según número de estrellas

En la Figura 80 se ilustra la distribución geográfica de la calificación según número de estrellas para los hoteles incluidos modelo de exposición.

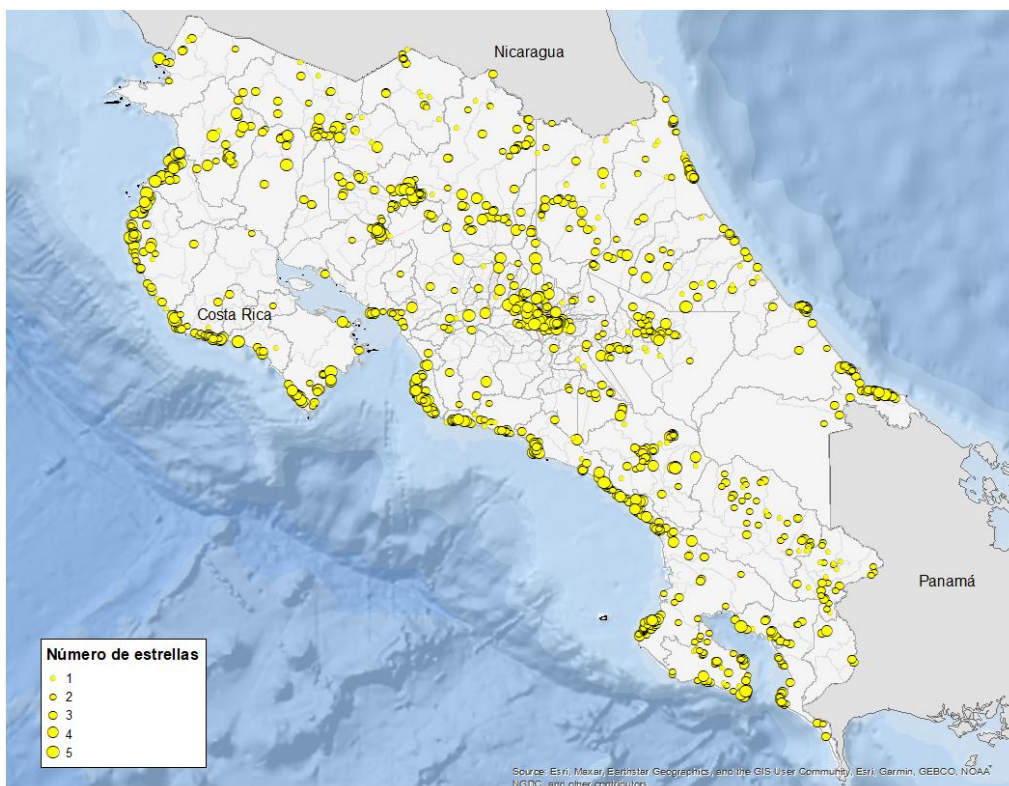


Figura 80. Distribución geográfica de calificación según número de estrellas

5.1.3 Número de pisos

Para determinar el número de pisos de las edificaciones del sector turístico, se consultó el conjunto de datos espaciales ráster GHS-BUILT-H (Pesaresi, M.; Politis, P. 2023) del programa Copernicus, que ofrece

servicios de información espacial global de forma abierta y gratuita. El conjunto de datos GHS-BUILT-H representa la distribución espacial de las alturas de las edificaciones, derivada de la combinación y filtrado de modelos digitales de elevación globales (DEM) y de imágenes satelitales.

Para estimar la altura de los hoteles, se realizó una intersección espacial entre el conjunto de datos ráster GHS-BUILT-H y las huellas de edificaciones clasificadas como hoteles. A partir de esta operación espacial, se extrajo el valor de altura (en metros) asociado a cada hotel. Posteriormente, dicha altura se dividió por un valor estándar de 3 metros por piso, con el fin de estimar el número de niveles por edificación.

En la Figura 81 se muestra la distribución de altura en metros de las edificaciones consultada para Costa Rica y que puede ser empleada para determinar el número de pisos de las edificaciones cuando no se cuenta con otras fuentes de información. En la Figura 82 se muestra la distribución de número de pisos obtenida en el sector hotelero en Costa Rica.

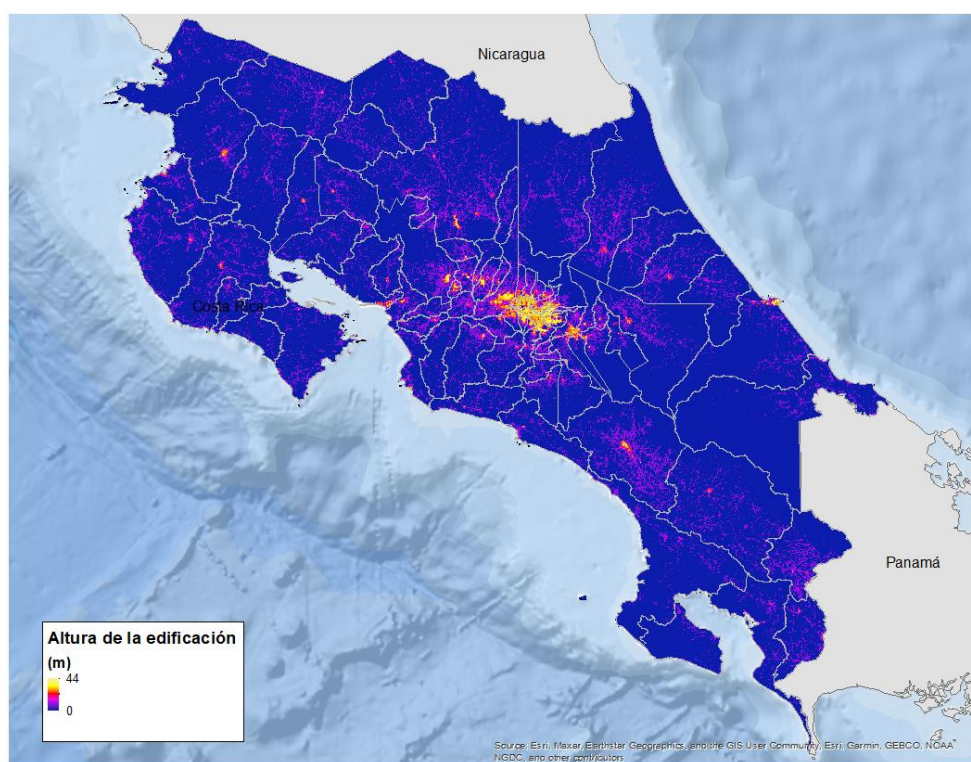


Figura 81. Altura de la edificación - GHS-BUILT-H

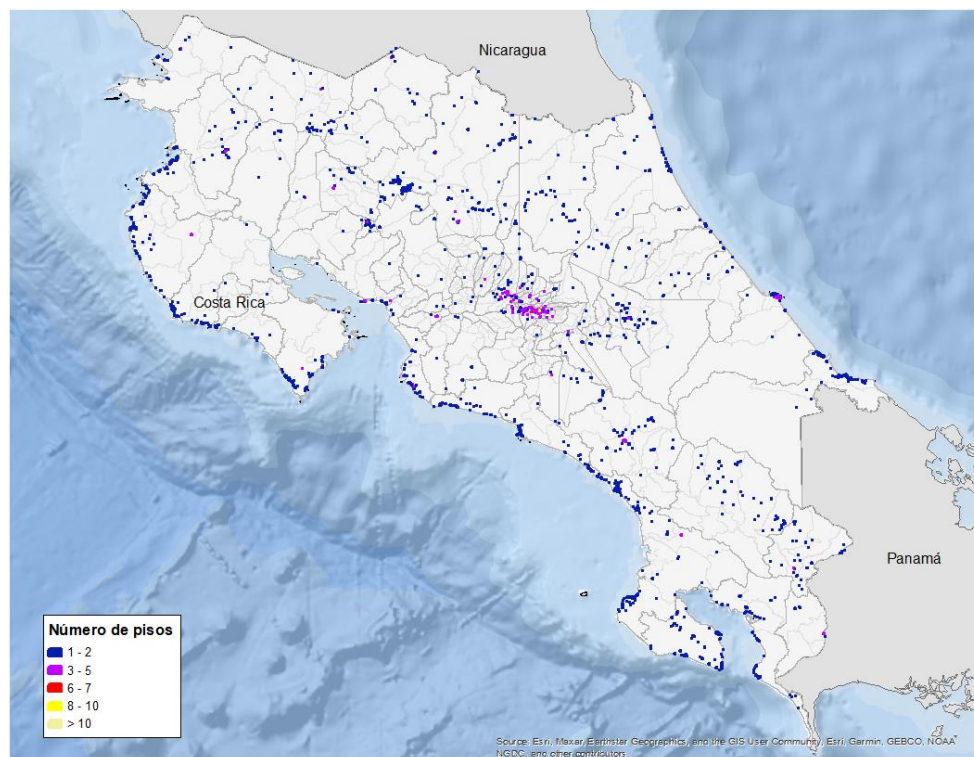


Figura 82. Número de pisos en el sector hoteles

5.1.4 Valoración económica

Para estimar la valoración económica de los hoteles, se consultó el Manual de valores base unitarios por tipología constructiva, herramienta desarrollada por el Órgano de Normalización Técnica del Ministerio de Hacienda de Costa Rica, con el objetivo de determinar el costo de reposición de las construcciones, instalaciones y obras complementarias con fines fiscales. En este manual se tipifican las construcciones de los hoteles de acuerdo con la caracterización indicada en la Tabla 37.

Tabla 37. Caracterización construcciones Hoteles en el Manual de valores base unitarios por tipología constructiva

Tipo hotel	Estructura	Descripción	Valor (€/m²)
HT01	Mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos	Edificios de diseño sencillo, con una recepción y el resto en dormitorios. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. No posee jardines ni ascensor. Hoteles de una a tres plantas. Generalmente, la primera se destina a uso comercial.	690,000
HT02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado y/o perfiles metálicos	Edificios con diseños sencillos. Cuenta con recepción, vestíbulo y un restaurante sencillo. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. Jardines sencillos. No posee ascensor. Hoteles de una a tres plantas.	745,000
HT03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado y/o perfiles metálicos	Presentan vestíbulo, recepción, restaurante y salas de conferencia, acabados con puertas de buena calidad, enchapes en baños hasta 1,50 m en porcelanato y puertas de madera. Red de agua fría y caliente con bomba eléctrica. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. Jardines cuidados, señalamiento y focos en buen estado y localizados en zonas agradables de la ciudad y sin peligro. Ascensor. Hoteles de una a tres plantas.	820,000

Tipo hotel	Estructura	Descripción	Valor (c/m²)
HT04	Columnas y vigas de concreto armado o prefabricado y/o perfiles metálicos	Presentan vestíbulo y recepción, salas de conferencias, bar, uno o dos restaurantes con acabados de buena calidad. Tiendas de artesanías y regalos; puede también ofrecer salón de belleza y barbería. Aislante de ruidos. Buenas vistas desde habitaciones y áreas públicas. Red de agua fría y caliente con bomba eléctrica, para una adecuada distribución de aguas, sistema contra incendio, sistema de aire acondicionado, planta eléctrica de emergencia. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. Jardines cuidados meticulosamente, señalamiento claro y completo, focos en buen estado, localizados en zonas agradables de la ciudad, sin peligro ni ruido. Ascensores. Hoteles de varias plantas.	865,000
HT05	Columnas y vigas de concreto armado coladas en sitio o prefabricadas y/o perfiles metálicos	Diseños elegantes y lujosos. Amplias ventanas marcos de aluminio reflectivo y vidrio insulado, salas de estar, de conferencias, restaurantes, amplio vestíbulo, bares, gimnasios, renta de autos, tiendas de ropa, joyería, artesanía y regalos; puede también ofrecer salón de belleza y barbería, casino. Pasillos de acceso a los dormitorios amplios, alfombrados. Excelente ventilación e iluminación tanto artificial como natural, aislantes de ruidos. Buenas vistas desde habitaciones y áreas públicas. Red de agua fría y caliente con bomba eléctrica, aire acondicionado, sistema contra incendio, planta eléctrica de emergencia. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. Jardines cuidados meticulosamente, señalamiento claro y completo, focos en buen estado, localizados en zonas agradables, sin peligro ni ruido. Varios ascensores y ascensores de servicio. Hoteles de varias plantas.	1,080,000

Teniendo en cuenta las características de los hoteles como servicios prestados, áreas construidas en planta aproximadas y número de pisos, se realizó la valoración económica calculando el área construida total (área en planta por el número de pisos) y multiplicando por el valor unitario de la tipología correspondiente.

5.2 Modelo de vulnerabilidad

Para clasificar la vulnerabilidad de las edificaciones del sector hotelero se tiene en cuenta la clasificación de estructura reportada en el Manual de valores base unitarios por tipología constructiva (Ver Tabla 37). En esta clasificación, aunque se categorizan cinco tipos de hoteles, desde el punto de vista estructural se divide en dos grupos:

- Mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos
- Columnas y vigas de concreto armado o prefabricado y/o perfiles metálicos.

En términos de los contenidos, se tomó en consideración el Manual de clasificación hotelera para Costa Rica, para determinar los posibles contenidos de la edificación y su caracterización de acuerdo con el nivel de servicio y calificación en número de estrellas que presta el establecimiento. En la Tabla 38 se presenta esta información orientando la prestación de los servicios en el mobiliario y contenidos físicos del establecimiento.

Tabla 38. Clasificación de los hoteles según el Manual de clasificación hotelera para Costa Rica

Servicio/Calificación estrellas	1	2	3	4	5
Servicio completo					
Arquitectura y Jardinería/Áreas Verdes	Sencillas	Sencillas	Buenas condiciones	Extremadamente bien mantenida	Impecablemente mantenidos
Vestíbulo y espacios públicos	Modesto mobiliario de recepción	Modesto mobiliario de recepción	Buenas condiciones del mobiliario	Buenas condiciones del mobiliario, tiendas de artículo, ascensores	Mobiliario elegante y lujoso, tiendas de artículos, ascensores

Servicio/Calificación estrellas	1	2	3	4	5
Habitaciones	Pocos muebles, mobiliario en buenas condiciones	Pocos muebles, mobiliario en buenas condiciones	Mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor	Mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor, medio mecánico de ventilación	Mobiliario como nuevo, teléfono, televisor, medio mecánico de ventilación
Cuarto de baño	Privado, cómodo para una persona	Privado, cómodo para una persona	Privado, cómodo para una persona	Privado, excelentes condiciones, cómodo para una persona	Privado, confortable para dos personas
Equipo recreativo	No aplica	Al menos un servicio recreativo	Al menos dos tipos de servicio recreativo	Al menos tres tipos de servicio recreativo	Al menos cuatro tipos de servicio recreativo
Comedores o restaurantes	Comedor de servicio	Comedor de servicio	Comedor de servicio y restaurante	Dos tipos de comedores, restaurante	Varios tipos de comedores, restaurantes de lujo
Servicio para huéspedes	Lavandería, servicios de negocios	Lavandería, servicios de negocios	Lavandería, servicios de negocios	Lavandería, servicios de negocios	Lavandería, servicios de negocios
Servicio limitado					
Arquitectura y Jardinería/Áreas Verdes	Sencillas	Sencillas	Buenas condiciones	Extremadamente bien mantenida	Impecablemente mantenidos
Vestíbulo y espacios públicos	Modesto mobiliario de recepción	Modesto mobiliario de recepción	Buenas condiciones del mobiliario	Buenas condiciones del mobiliario, tiendas de artículo, ascensores	Mobiliario elegante y lujoso, tiendas de artículos, ascensores
Habitaciones	Pocos muebles, mobiliario en buenas condiciones	Pocos muebles, mobiliario en buenas condiciones	Mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor	Mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor, medio mecánico de ventilación	Mobiliario como nuevo, teléfono, televisor, medio mecánico de ventilación
Cuarto de baño	Privado, cómodo para una persona	Privado, cómodo para una persona	Privado, cómodo para una persona	Privado, excelentes condiciones, cómodo para una persona	Privado, confortable para dos personas
Equipo recreativo	No aplica	Al menos un servicio recreativo	Al menos dos tipos de servicio recreativo	Al menos tres tipos de servicio recreativo	Al menos cuatro tipos de servicio recreativo
Comedores o restaurantes	Comedor de servicio	Comedor de servicio	Comedor de servicio	Comedor de servicio	Comedor de servicio
Servicio para huéspedes	Lavandería, servicios de negocios	Lavandería, servicios de negocios	Lavandería, servicios de negocios	Lavandería, servicios de negocios	Lavandería, servicios de negocios
Servicio mínimo					
Arquitectura y Jardinería/Áreas Verdes	Sencillas	Sencillas	Buenas condiciones	Extremadamente bien mantenida	
Vestíbulo y espacios públicos	Modesto mobiliario de recepción	Modesto mobiliario de recepción	Buenas condiciones del mobiliario	Buenas condiciones del mobiliario, tiendas de artículo, ascensores	
Unidades (apartamento, habitaciones, suites, etc.)	Pocos muebles, mobiliario en buenas condiciones	Pocos muebles, mobiliario en buenas condiciones	Mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor	Mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor, medio mecánico de ventilación	
Cuarto de baño	Comunal, cómodo para una persona	Comunal, cómodo para una persona	Comunal, cómodo para una persona	Comunal, cómodo para una persona	
Áreas comunes	No aplica	No aplica	Sala común, televisión	Sala común, televisión	
Comedores o restaurantes	No aplica	Refrigerador, fregadero, cafetera	Refrigerador, fregadero, cafetera	Refrigerador, fregadero, cafetera	

Por otra parte, en el Manual de valores base unitarios por tipología constructiva, para las construcciones de hoteles, se reportan cinco tipos de hoteles que se agrupan en dos tipos de estructura como se indica en la Tabla 39.

Tabla 39. Descripción de las estructuras de las construcciones tipo hotel

Tipo hotel	Estructura	Descripción
HT01	Mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos	Edificios de diseño sencillo, con una recepción y el resto en dormitorios. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. No posee jardines ni ascensor. Hoteles de una a tres plantas. Generalmente, la primera se destina a uso comercial.
HT02	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado y/o perfiles metálicos	Edificios con diseños sencillos. Cuenta con recepción, vestíbulo y un restaurante sencillo. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. Jardines sencillos. No posee ascensor. Hoteles de una a tres plantas.
HT03	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado y/o perfiles metálicos	Presentan vestíbulo, recepción, restaurante y salas de conferencia, acabados con puertas de buena calidad, enchapes en baños hasta 1,50 m en porcelanato y puertas de madera. Red de agua fría y caliente con bomba eléctrica. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. Jardines cuidados, señalamiento y focos en buen estado y localizados en zonas agradables de la ciudad y sin peligro. Ascensor. Hoteles de una a tres plantas.
HT04	Columnas y vigas de concreto armado o prefabricado y/o perfiles metálicos	Presentan vestíbulo y recepción, salas de conferencias, bar, uno o dos restaurantes con acabados de buena calidad. Tiendas de artesanías y regalos; puede también ofrecer salón de belleza y barbería. Aislante de ruidos. Buenas vistas desde habitaciones y áreas públicas. Red de agua fría y caliente con bomba eléctrica, para una adecuada distribución de aguas, sistema contra incendio, sistema de aire acondicionado, planta eléctrica de emergencia. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. Jardines cuidados meticulosamente, señalamiento claro y completo, focos en buen estado, localizados en zonas agradables de la ciudad, sin peligro ni ruido. Ascensores. Hoteles de varias plantas.
HT05	Columnas y vigas de concreto armado coladas en sitio o prefabricadas y/o perfiles metálicos	Diseños elegantes y lujosos. Amplias ventanas marcos de aluminio reflectivo y vidrio insulado, salas de estar, de conferencias, restaurantes, amplio vestíbulo, bares, gimnasios, renta de autos, tiendas de ropa, joyería, artesanía y regalos; puede también ofrecer salón de belleza y barbería, casino. Pasillos de acceso a los dormitorios amplios, alfombrados. Excelente ventilación e iluminación tanto artificial como natural, aislantes de ruidos. Buenas vistas desde habitaciones y áreas públicas. Red de agua fría y caliente con bomba eléctrica, aire acondicionado, sistema contra incendio, planta eléctrica de emergencia. Todos los pasillos con detectores de fuego y extintores. Jardines cuidados meticulosamente, señalamiento claro y completo, focos en buen estado, localizados en zonas agradables, sin peligro ni ruido. Varios ascensores y ascensores de servicio. Hoteles de varias plantas.

De forma complementaria, en el Manual de clasificación hotelera para Costa Rica se categoriza la planta física del establecimiento de acuerdo con la gama de servicios que ofrece al huésped. Con base en la caracterización y clasificación de los hoteles según estas fuentes de información, se construyó la clasificación mostrada en la Tabla 40, la cual categoriza los hoteles según el tipo de estructura, el número de estrellas y la gama de servicios que presta, orientando la prestación de estos servicios en el mobiliario y contenidos físicos del establecimiento.

Tabla 40. Clasificación de los hoteles según tipo de estructura, número de estrellas y servicios prestados

Tipo Estructura	Clasificación número de estrellas	Servicios
A - Mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos	1	Arquitectura sencilla Mobiliario modesto en vestíbulo y espacios públicos Habitaciones con mobiliario en buenas condiciones, pocos muebles Cuarto de baño privado o compartido Comedor de servicio limitado o no se presta Servicios para huéspedes limitados
	2	Arquitectura sencilla Mobiliario modesto en vestíbulo y espacios públicos Habitaciones con mobiliario en buenas condiciones, pocos muebles Cuarto de baño privado Al menos un servicio recreativo Comedor de servicio Servicios para huéspedes
	3	Arquitectura en buenas condiciones Mobiliario de vestíbulo y espacios públicos en buenas condiciones Habitaciones con mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor Cuarto de baño privado Al menos dos tipos de servicio recreativo Comedor de servicio y restaurante Servicios para huéspedes
	4	Arquitectura extremadamente bien mantenida Mobiliario de vestíbulo y espacios públicos en muy buenas condiciones, tiendas de artículos Habitaciones con mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor, medio mecánico de ventilación Cuarto de baño privado en excelentes condiciones Al menos tres tipos de servicio recreativo Dos tipos de comedores de servicio y restaurante Servicios para huéspedes
	5	Arquitectura con impecable mantenimiento Mobiliario de vestíbulo y espacios públicos elegante y lujosos, tiendas de artículos Habitaciones con mobiliario como nuevo, teléfono, televisor, medio mecánico de ventilación Cuarto de baño privado, confortable, para dos personas Al menos cuatro tipos de servicio recreativo Varios tipos de comedores y restaurantes de lujo Servicios para huéspedes
B - Columnas y vigas de concreto armado o prefabricado y/o perfiles metálicos	1	Arquitectura sencilla Mobiliario modesto en vestíbulo y espacios públicos Habitaciones con mobiliario en buenas condiciones, pocos muebles Cuarto de baño privado Comedor de servicio limitado o no se presta Servicios para huéspedes limitados
	2	Arquitectura sencilla Mobiliario modesto en vestíbulo y espacios públicos Habitaciones con mobiliario en buenas condiciones, pocos muebles Cuarto de baño privado Al menos un servicio recreativo Comedor de servicio Servicios para huéspedes
	3	Arquitectura en buenas condiciones Mobiliario de vestíbulo y espacios públicos en buenas condiciones Habitaciones con mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor Cuarto de baño privado Al menos dos tipos de servicio recreativo Comedor de servicio y restaurante Servicios para huéspedes
	4	Arquitectura extremadamente bien mantenida Mobiliario de vestíbulo y espacios públicos en muy buenas condiciones, ascensor, tiendas de artículos Habitaciones con mobiliario en muy buenas condiciones, teléfono, televisor, medio mecánico de ventilación Cuarto de baño privado en excelentes condiciones Al menos tres tipos de servicio recreativo

Tipo Estructura	Clasificación número de estrellas	Servicios
		Dos tipos de comedores de servicio y restaurante Servicios para huéspedes
	5	Arquitectura con impecable mantenimiento Mobiliario de vestíbulo y espacios públicos elegante y lujosos, ascensor, tiendas de artículos Habitaciones con mobiliario como nuevo, teléfono, televisor, medio mecánico de ventilación Cuarto de baño privado, confortable, para dos personas Al menos cuatro tipos de servicio recreativo Varios tipos de comedores y restaurantes de lujo Servicios para huéspedes

Para caracterizar la vulnerabilidad de los hoteles, se definen modelos de arquetipos de acuerdo con la planta física del hotel y los servicios que presta. La definición del arquetipo radica entonces en la relación de precio entre lo que corresponde a la edificación (es decir, la construcción del establecimiento) y su equipamiento (mobiliario, instalaciones y contenidos en general).

Para la determinación de las relaciones de precios, el valor base por metro cuadrado de la construcción del hotel (estructura) se tomó del valor reportado para vivienda de alta calidad, de acuerdo con el Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva de Costa Rica. En particular, se consideró la tipología VC05, con un valor de \$485.000/m² para construcciones de mampostería, y la tipología VC06, con un valor de \$545.000/m² para construcciones de concreto.

Para estimar el valor de los contenidos, se restó el valor base de la construcción (según la tipología VC05 o VC06, según correspondiera) del valor por metro cuadrado reportado en el Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva de Costa Rica, para el tipo de edificación hotelera, el cual incluye tanto la edificación como los contenidos.

En la Tabla 41 se indica la clasificación por arquetipos de los hoteles, según la estructura, el número de estrellas y los servicios prestados.

Tabla 41. Relación de precios entre construcción y equipamiento para los arquetipos

Estructura	Número de estrellas	Arquetipo	Porcentaje construcción	Porcentaje mobiliario - servicio
A - Mampostería integral, prefabricado o perfiles metálicos	1	Hoteles_A1_2	70%	30%
	2			
	3	Hoteles_A3	63%	37%
	4	Hoteles_A4	60%	40%
	5	Hoteles_A5	47%	53%
B - Columnas y vigas de concreto armado o prefabricado y/o perfiles metálicos	1	Hoteles_B1_2	73%	27%
	2			
	3	Hoteles_B3	66%	34%
	4	Hoteles_B4	63%	37%
	5	Hoteles_B5	50%	50%

La Figura 84 a Figura 86 muestran las funciones de vulnerabilidad obtenidas para los arquetipos considerados del sector hoteles, ante inundaciones, sismo e inundaciones costeras y tsunami.

Con el fin de facilitar la comprensión del procedimiento para la asignación de funciones de vulnerabilidad, la Figura 83 presenta un diagrama de flujo del procedimiento implementado. Al finalizar el procedimiento presentado en la Figura 83, se adiciona la característica número de pisos de forma individual para determinar la curva de vulnerabilidad correspondiente.

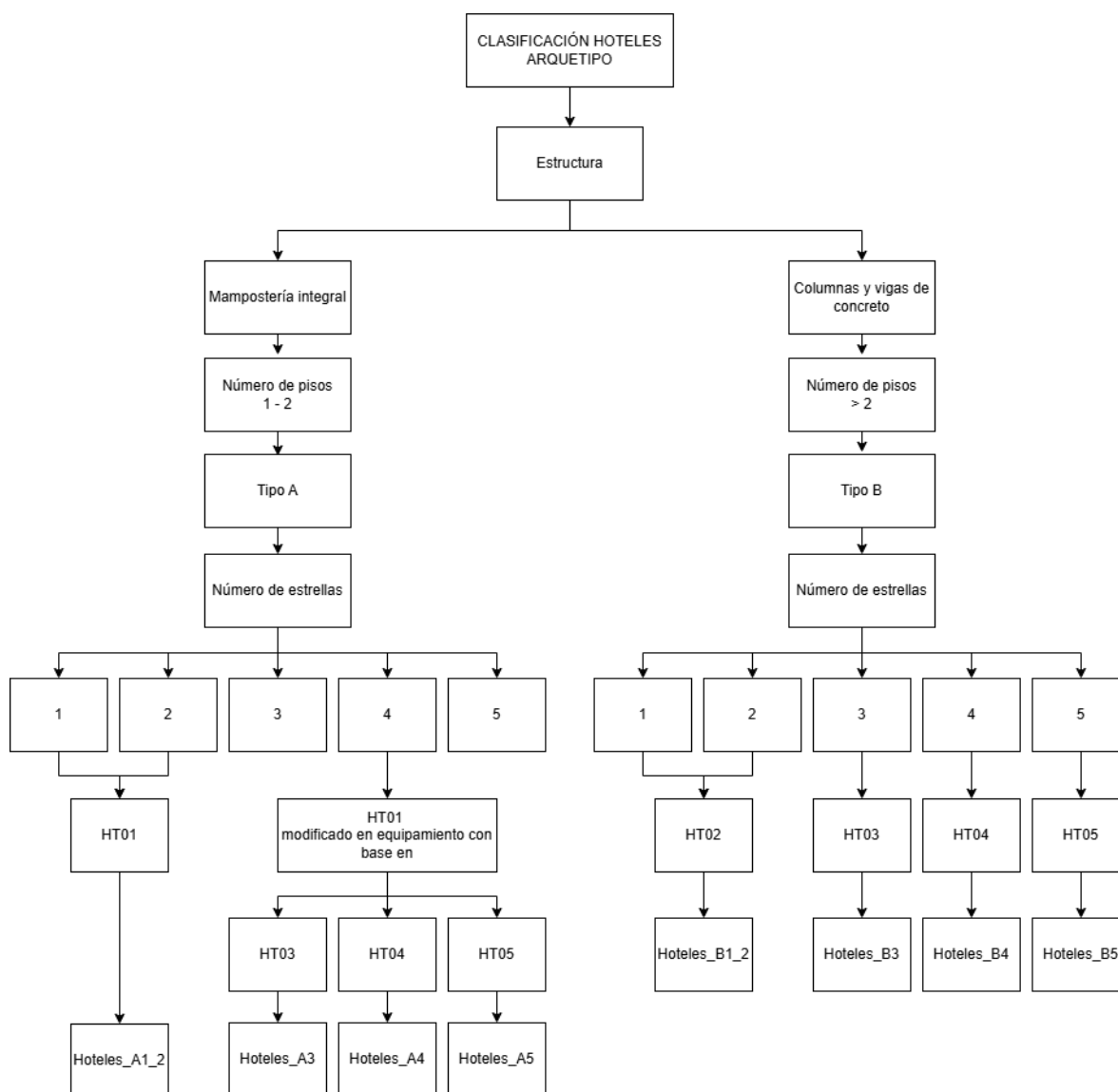


Figura 83. Diagrama de flujo para la asignación de modelos de vulnerabilidad a los hoteles

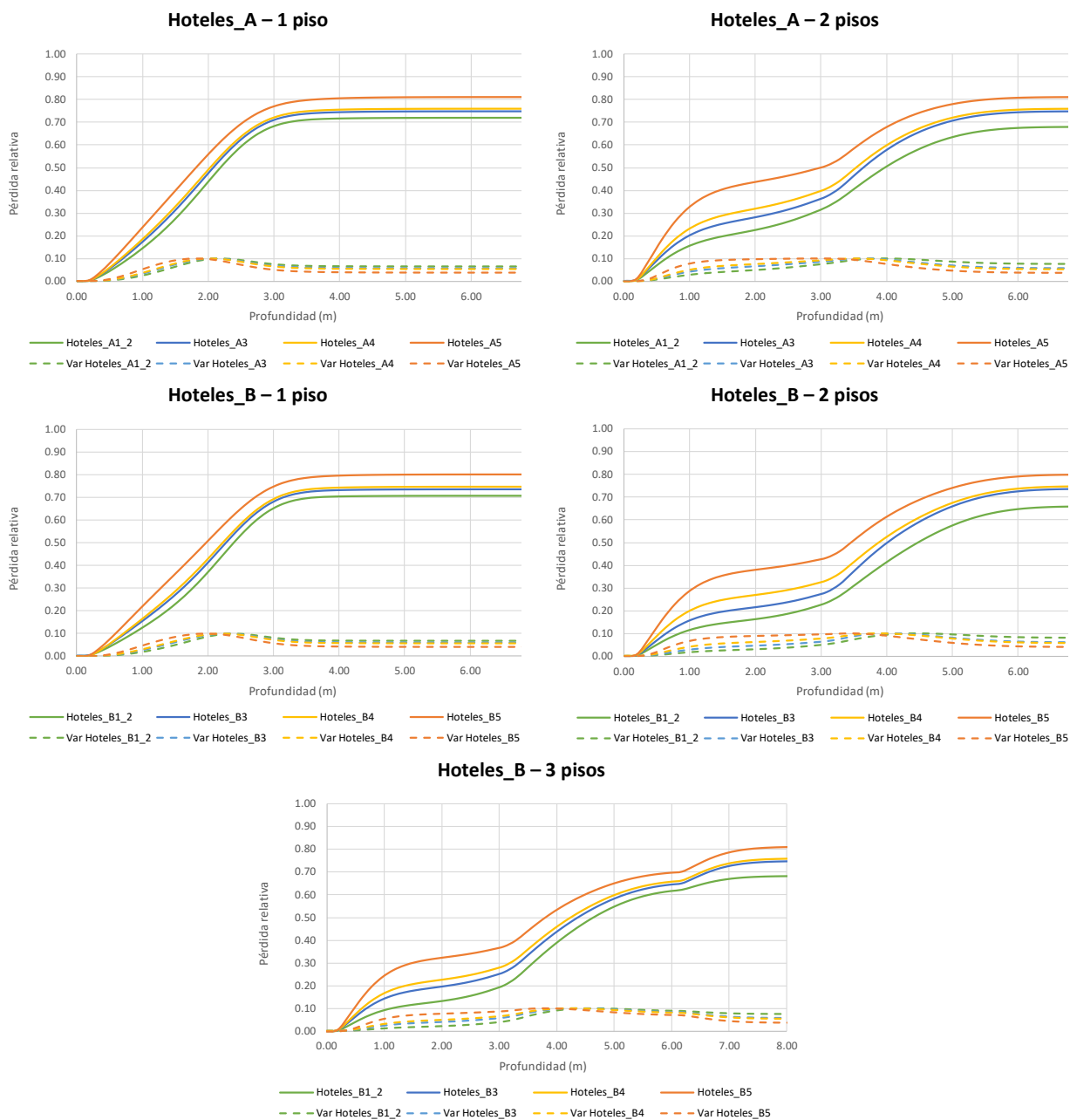


Figura 84. Funciones de vulnerabilidad de arquetipos de hoteles ante inundaciones

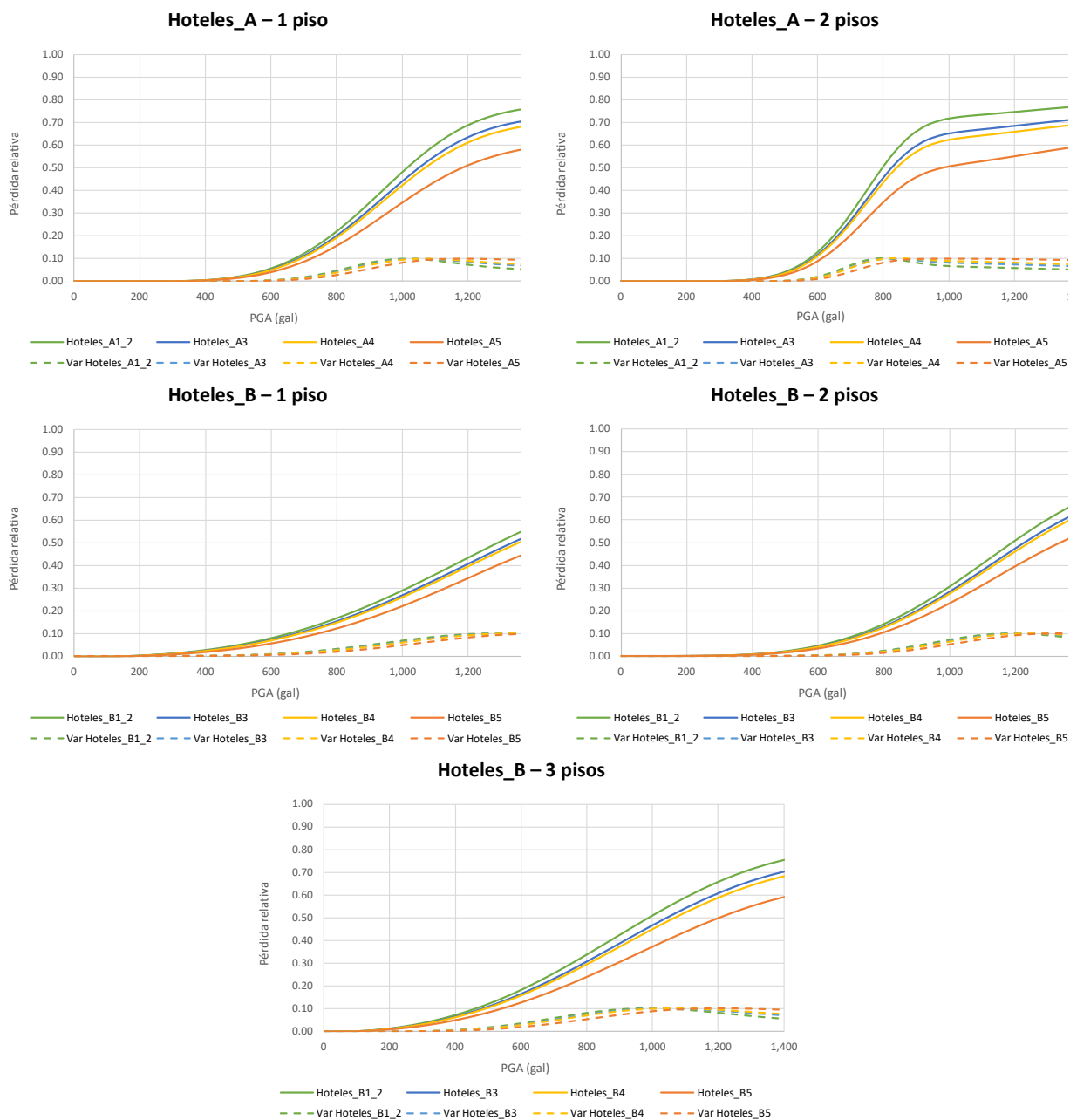


Figura 85. Funciones de vulnerabilidad de arquetipos de hoteles ante sismos

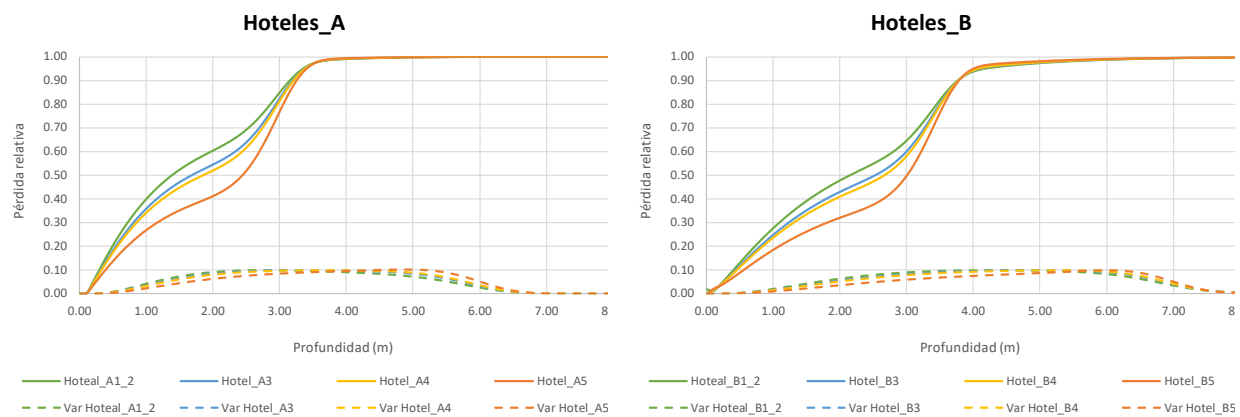


Figura 86. Funciones de vulnerabilidad de arquetipos de hoteles ante inundaciones costeras y tsunamis

6 PROGRAMA DE DESARROLLO DE CAPACIDADES

Como parte del proceso de fortalecimiento de capacidades en el marco de esta consultoría, se encuentra en desarrollo el *Curso de Modelación Probabilista del Riesgo de Desastres*, el cual incluye contenido con énfasis en el entendimiento y construcción de modelos de vulnerabilidad y su aplicación en las evaluaciones de riesgo. Este componente busca mejorar el conocimiento técnico necesario para incorporar adecuadamente estos insumos en la modelación del riesgo de desastres.

El objetivo principal del curso es proporcionar a los participantes los fundamentos científicos necesarios para comprender y ejecutar la modelación del riesgo, así como interpretar sus resultados. Al finalizar el proceso formativo, los participantes estarán en capacidad de realizar evaluaciones de riesgo ante amenazas naturales utilizando herramientas avanzadas del sistema CAPRA-ROBOT. Este proceso formativo ha sido dirigido a profesionales, especialistas e investigadores vinculados al Grupo Técnico de Trabajo del programa GRMA – Costa Rica, así como a funcionarios de otras entidades interesadas con formación en disciplinas como ciencias de la tierra, ingeniería, matemáticas, física, econometría o análisis financiero/actuarial.

El curso, de modalidad asincrónica, inició formalmente el 18 de marzo de 2025 con el *Módulo 1*, el cual aborda los fundamentos generales de la evaluación probabilista del riesgo. Una vez completado este módulo, los participantes continuaron con el *Módulo 2*, enfocado en la modelación de amenazas naturales y la evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos. El curso dedica un apartado importante al análisis de la exposición y la vulnerabilidad como componentes esenciales de la evaluación de riesgo.

En el desarrollo del *Módulo 2*, iniciado el 13 de mayo de 2025, se permite a cada participante seleccionar la amenaza de interés entre las consideradas en el proyecto GRMA. Es decir, el módulo proporciona materiales teóricos y prácticos sobre la modelación de amenaza y vulnerabilidad para todas las amenazas cubiertas por el proyecto, permitiendo así una formación especializada y contextualizada a las necesidades de los participantes. Esto incluye, por supuesto, actividades de capacitación en modelos de daño y vulnerabilidad sísmica, por flujos de gravedad, por viento huracanado y marea de tormenta, y ante inundaciones, así como respuesta y capacidad de carga ganadera ante extremos meteorológicos e inundaciones.

En el caso de la exposición, se abordan los requerimientos mínimos para conformar una base de datos de elementos expuestos, tales como la geolocalización, caracterización y valoración económica. Además, se incluyen consideraciones relevantes para la modelación de exposición en los sectores agrícola y pecuario.

En el caso de la vulnerabilidad, se estudia la vulnerabilidad física de los elementos expuestos frente a distintas amenazas. Los participantes aprenden a construir funciones de vulnerabilidad, así como a aplicar conceptos de vulnerabilidad binaria en amenazas como deslizamientos. Estas sesiones combinan teoría con prácticas asistidas mediante software especializado.

Las sesiones teóricas están acompañadas de sesiones hands-on, donde el participante aprende el manejo del software especializado Vulnerability Studio para la modelación de las funciones de vulnerabilidad asociadas a los diferentes tipos estructurales según la amenaza en estudio. Vulnerability Studio es una herramienta que permite modelar la vulnerabilidad de los elementos expuestos mediante funciones matemáticas que relacionan la intensidad de la amenaza con el impacto físico directo. Implementa varios

métodos para la creación de funciones de vulnerabilidad adaptadas a diferentes tipos de amenazas, permitiendo estimar funciones de probabilidad de pérdidas para distintos niveles de intensidad.

La *Tabla 42* presenta en detalle los temas tratados en las unidades relacionadas con vulnerabilidad para cada tipo de amenaza.

Tabla 42. Temario de las unidades de vulnerabilidad

Amenaza	Temas
Todas	Modelos de daño: Funciones de fragilidad y vulnerabilidad • Curvas de fragilidad • Curvas de vulnerabilidad • Vulnerabilidad binaria (deslizamientos)
Sismo	• Comportamiento estructural ante cargas laterales cíclicas • Comportamiento de estructuras sensibles a la aceleración máxima • Comportamiento de estructuras sensibles a la deriva de entrepiso
Ciclón tropical (viento huracanado e inundación por marea de tormenta)	• Efectos del viento en las estructuras • Cargas por presiones en edificaciones • Cargas de viento cíclicas en edificios altos • Vulnerabilidad al campo de viento • Vulnerabilidad por impacto de escombros • Vulnerabilidad a la inundación por marea
Volcán (flujos de gravedad)	• Eventos de alta energía local • Vulnerabilidad binaria • Resistencia de cubiertas a depósitos de ceniza volcánica
Deslizamientos	• Umbrales lluvia-deslizamiento • Deslizamientos detonados por lluvias intensas • Deslizamientos detonados por terremotos
Sequía / Inundación	• Elementos expuestos del sector agrícola y características • Características del suelo requeridas para la modelación de la vulnerabilidad • Modelo de respuesta al agua de los cultivos

	• Balance hídrico • Desarrollo del cultivo • Producción de biomasa • Rendimiento
--	---

A continuación, se hace una relación del número de participantes inscritos en cada amenaza y las instituciones a las que pertenecen. Cabe resaltar que los participantes pueden inscribirse en más de una amenaza, de acuerdo con sus intereses.

Tabla 43. Número de participantes e instituciones, según amenaza

Amenaza	Participantes e Instituciones
Sismo	19 participantes • Aseguradora Sagicor Costa Rica S.A. • Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias • Escuela de Geología, Universidad de Costa Rica • Instituto Nacional de Seguros • Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica • MNK Seguros • Municipalidad Heredia • Seguros LAFISE Costa Rica S.A. • Superintendencia General de Seguros
Ciclones tropicales	21 participantes • ASSA Compañía de Seguros • Banco Central de Costa Rica • Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias • GIZ (Futurismo) • Instituto Meteorológico Nacional (IMN) • Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica

	• Ministerio de Agricultura y Ganadería • Municipalidad Heredia • Seguros LAFISE Costa Rica S.A. • Superintendencia General de Seguros
Volcán	15 participantes • Aseguradora Sagicor Costa Rica S.A. • Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias • Escuela de Geología, Universidad de Costa Rica • Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica • Ministerio de Agricultura y Ganadería • Municipalidad Heredia • Superintendencia General de Seguros
Deslizamientos	26 participantes • Banco Central de Costa Rica • Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias • Escuela de Geología, Universidad de Costa Rica • GIZ (Futurismo) • Instituto Meteorológico Nacional (IMN) • Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica • Ministerio de Agricultura y Ganadería • Municipalidad Heredia • Superintendencia General de Seguros
Sequía	18 participantes • ASSA Compañía de Seguros • Banco Central de Costa Rica • Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias

	• GIZ (Futurismo) • Instituto Meteorológico Nacional (IMN) • Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica • Ministerio de Agricultura y Ganadería • Superintendencia General de Seguros
Inundación	25 participantes • ASSA Compañía de Seguros • Banco Central de Costa Rica • Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias • GIZ (Futurismo) • Instituto Meteorológico Nacional (IMN) • Instituto Nacional de Seguros • Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica • Ministerio de Agricultura y Ganadería • MNK Seguros • Municipalidad Heredia • Seguros LAFISE Costa Rica S.A. • Superintendencia General de Seguros

Se han realizado dos reuniones con los grupos técnicos de trabajo con el fin de socializar los avances y la metodología de la consultoría. En estos espacios se han discutido los principales retos asociados al progreso de la modelación, así como las fuentes de información disponibles y las brechas identificadas. Además, los grupos técnicos han brindado retroalimentación al consultor sobre sus expectativas en relación con los productos y resultados esperados, y se han revisado de manera conjunta los pasos a seguir para garantizar el cumplimiento del cronograma y los objetivos planteados.

Adicionalmente, se ha generado un dataset centralizado en el cual se encuentran disponibles todos los productos generados hasta el momento, lo que permite su consulta y revisión por parte de los grupos de trabajo y de cualquier otro interesado. Este repositorio facilita la transparencia del proceso, promueve la colaboración técnica y garantiza que la información se encuentre accesible para apoyar el seguimiento del avance de la consultoría.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Cardona, O.D., Bernal, G.A., Villegas, C.P., Molina, J.F., Herrera, S.A., Marulanda, M.C., Rincón, D.F., Grajales, S., Marulanda, P.M., Gonzalez D., Maskrey, A. (2023). Multi-hazard Disaster Risk Model of Infrastructure and Buildings at the Global Level. Background Report, INGENIAR: Risk Intelligence for the CDRI Flagship Report.
- Cardona et. al (2022). Modelación de la vulnerabilidad. Producto 5 en: Estudios detallados de riesgo por corrientes de densidad piroclástica, flujos de lodo, flujos de escombros volcánicos y caída de piroclastos en los municipios del área de influencia del volcán Galeras. Preparado para Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. INGENIAR Risk Intelligence Ltda. Bogotá
- Carr, M. K. V. (2012). The water relations and irrigation requirements of coffee. *Experimental Agriculture*, 48(3), 397–412. <https://doi.org/10.1017/S0014479712000371>
- CIRAD. (2018). Guide d'utilisation du modèle AquaCrop pour cultures fourragères tropicales. Montpellier, France: CIRAD Forages Unit.
- Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). (2015). Próximos pasos del NAMA Ganadería en Costa Rica: Síntesis de las consultas con actores y evaluación rápida de su estado actual.
- Dirección General de Tributación, Órgano de Normalización Técnica. (2023). Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva. Ministerio de Hacienda de Costa Rica.Embrapa. (2020). Manual de manejo de pastagens: Modelagem com AquaCrop. Brasília: EMBRAPA Gado de Corte.
- ERN-AL (2008). Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura. Informe técnico ERN-CAPRA-T1-5. Preparado para Banco Mundial, BID y UNDRR. CAPRA Nicaragua y Costa Rica. Consorcio ERN-AL: INGENIAR – ITEC – ERN – CIMNE.
- FAO. (2021). AquaCrop: Model parameterization and calibration: Guidelines. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 179.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2024). Hazus Earthquake Model Technical Manual (Version 6.1). Washington, D.C.: U.S. Department of Homeland Security. <https://www.fema.gov>
- González, H., & Gómez, M. (2014). Manejo del pasto Mombasa y sus implicaciones en la productividad ganadera. *Revista Agropecuaria de América Central*, 10(2), 13–21.
- GRAF (2024)– Costa Rica. Global Risk Assessment Framework. UNDRR y CNE.
- ICAFFE. (2018). Manual para la producción sostenible de café. San José, Costa Rica: Instituto del Café de Costa Rica.
- ICO. (2020). World coffee production report. London: International Coffee Organization.
- Inman-Bamber, N. G., & Muchow, R. C. (2000). A growth model for sugarcane based on a simple carbon balance and thermal time. *Field Crops Research*, 66(2), 179–196. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00073-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00073-5)

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2014). VI Censo Nacional Agropecuario 2014: Resultados generales. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.inec.cr/censos/censo-agropecuario-2014>
- LanammeUCR. (2016a). Unidad de Puentes. Información de inventario para puentes de la Red Vial Nacional de Costa Rica (Informe LM-PI-UP-02-2016). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR. (2016b). Unidad de Gestión Municipal. Diagnóstico de la red vial cantonal del distrito de Mercedes, cantón de Heredia (Informe LM-PI-GM-INF-03-16). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR. (2016c). Unidad de Gestión Municipal. Diagnóstico de la red vial cantonal del distrito de San Francisco, cantón de Heredia (Informe LM-PI-GM-INF-08-16). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR. (2017a). Unidad de Gestión Municipal. Diagnóstico de la red vial cantonal del distrito de Varablanca, cantón de Heredia (Informe LM-PI-GM-INF-09-17). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR. (2017b). Unidad de Gestión Municipal. Diagnóstico de la red vial cantonal del distrito de Ulloa, cantón de Heredia (Informe LM-PI-GM-INF-10-17). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR. (2017c). Unidad de Gestión Municipal. Diagnóstico de la red vial cantonal del distrito central de Heredia (Informe LM-PI-GM-INF-11-17). Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- Méndez, J. E., Villanueva, D., & Araya, C. (2015). Producción y calidad del forraje en pasturas tropicales de uso ganadero en Costa Rica. *Revista Pastos y Forrajes*, 38(1), 45–54.
- Pérez, H., & Romero, M. (2016). Evaluación de la productividad y uso eficiente del agua en pasturas de *Brachiaria spp.* en condiciones tropicales. *Revista Agroecosistemas*, 4(2), 22–35.
- Pesaresi, M.; Politis, P. (2023):GHS-BUILT-H R2023A - GHS building height, derived from AW3D30, SRTM30, and Sentinel2 composite (2018).European Commission, Joint Research Centre (JRC)
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., & Fereres, E. (2018). AquaCrop—Benchmarks and Applications. FAO.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., & Fereres, E. (2011). FAO cropwater productivity model to simulate yield response to water AquaCrop. In *Reference Manual of AQUACROP*
- Singels, A., & Donaldson, R. A. (2000). A simple model to estimate biomass of sugarcane grown under variable water conditions. *Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association*, 74, 169–172.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Raes, D., & Fereres, E. (2009). AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy Journal*, 101(3), 426–437. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0139s>

- Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J. J., Guyot, B., & Génard, M. (2005). Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(13), 197–204.
- Vargas Alzate, Y. F. (2013). Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.5821/dissertation-2117-94966>

A.1 FUENTES ALTERNATIVAS DE INFORMACIÓN PARA OTROS CANTONES

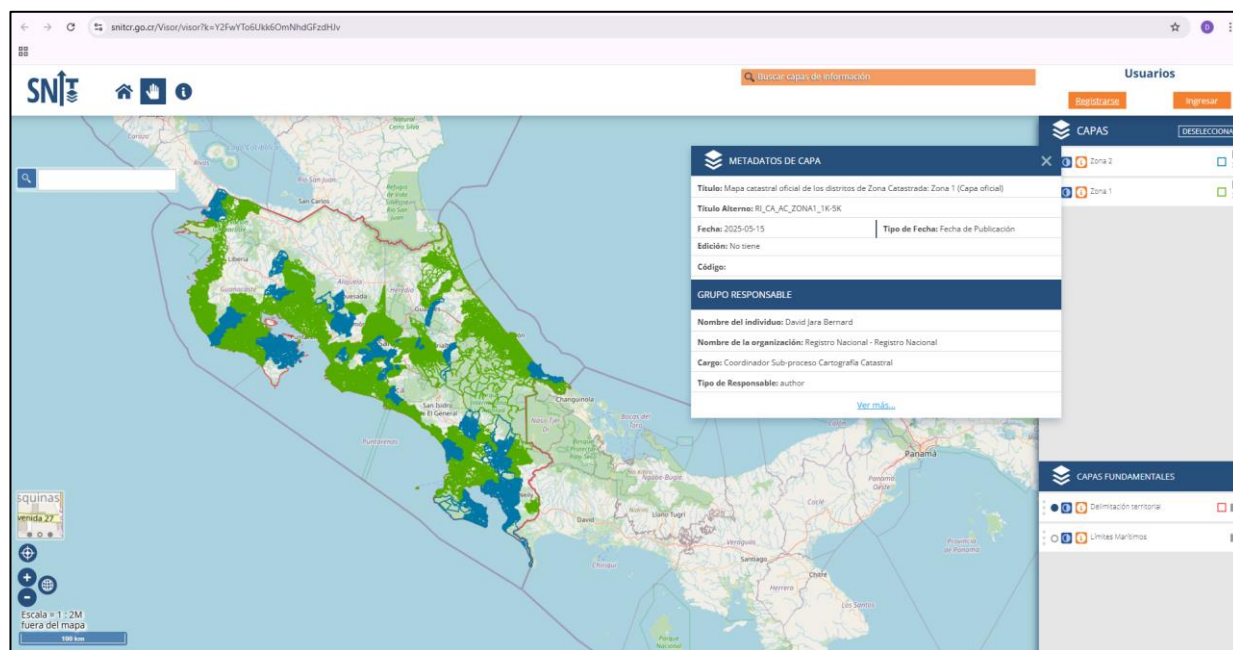
Como se presenta en las secciones 2.1 y 2.2 de este informe, se cuenta con gran cantidad de datos disponibles para la creación de un modelo de exposición de edificaciones e infraestructura para el cantón de Heredia, la mayoría de ellos con la calidad suficiente requerida. Dado que esta es una ventaja propia del cantón de Heredia, que no necesariamente se comparte por otros cantones en Costa Rica, se listan acá algunas fuentes de información alternativas que sirven de referencia para futuros procesos de modelación en los cuales quiera replicarse el trabajo de modelación del riesgo en otros cantones del país.

A.1.1 Ubicación geográfica general de edificaciones

Para los casos en los que no se cuenta con información catastral, a continuación, se describen otras fuentes de información oficial y globales que pueden ser consultadas de forma pública y que disponen la información para descarga como bases de datos georreferenciadas.

Mapa catastral en el Sistema Nacional de Información Territorial – SNIT

En la plataforma del SNIT se encuentra publicado el mapa catastral de Costa Rica, el cual es de carácter oficial y contiene información sobre la ubicación, identificación y linderos de las parcelas para la mayor parte del país. En la Figura 87 se muestra el mapa catastral en el visor del SNIT.



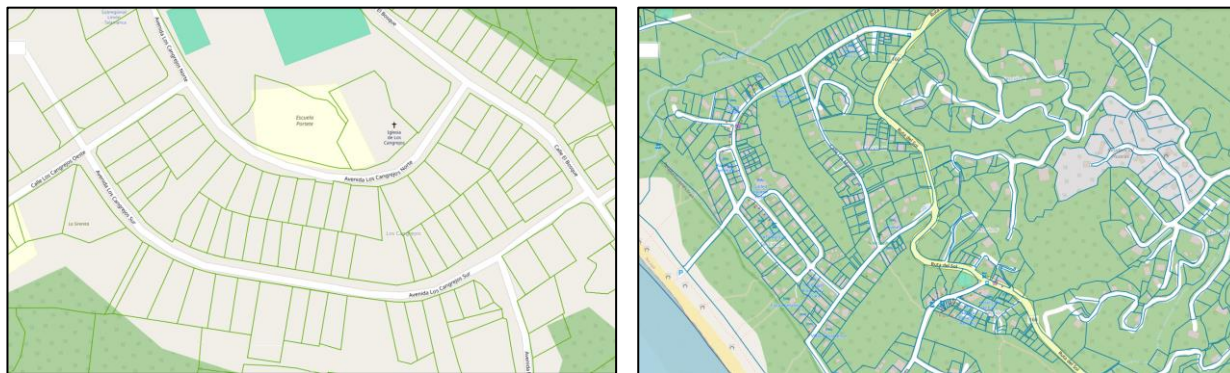


Figura 87. Mapa catastral – SNIT¹⁹

Cartografía edificaciones

Entre la cartografía del Instituto Geográfico Nacional consultada a través del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) se encuentra la cobertura de edificaciones y construcciones para todo el país obtenida a partir de ortoimágenes entre los años 2015 a 2018. Como se observa en la Figura 88, la cobertura representa bloques de edificaciones contiguas que pueden contener en un mismo bloque edificaciones con diferente propietario, número de pisos, sector de uso, sistema estructural, entre otros.

Es así como para obtener la ubicación y delimitación de las edificaciones, se hace necesario combinar la geometría de la cartografía de edificaciones, que nos da cuenta de las áreas construidas sin incluir el área del terreno, con la geometría del mapa catastral que nos proporciona la delimitación de las parcelas para caracterizar las edificaciones de forma independiente.

¹⁹ <https://www.snitcr.go.cr/Visor/visor?k=Y2FwYTo6Ukk6OmNhdGFzdHJv>

https://www.snitcr.go.cr/ico_servicios_ogc_info?k=bm9kbzo6Mjk=&nombre=Registro%20Inmobiliario

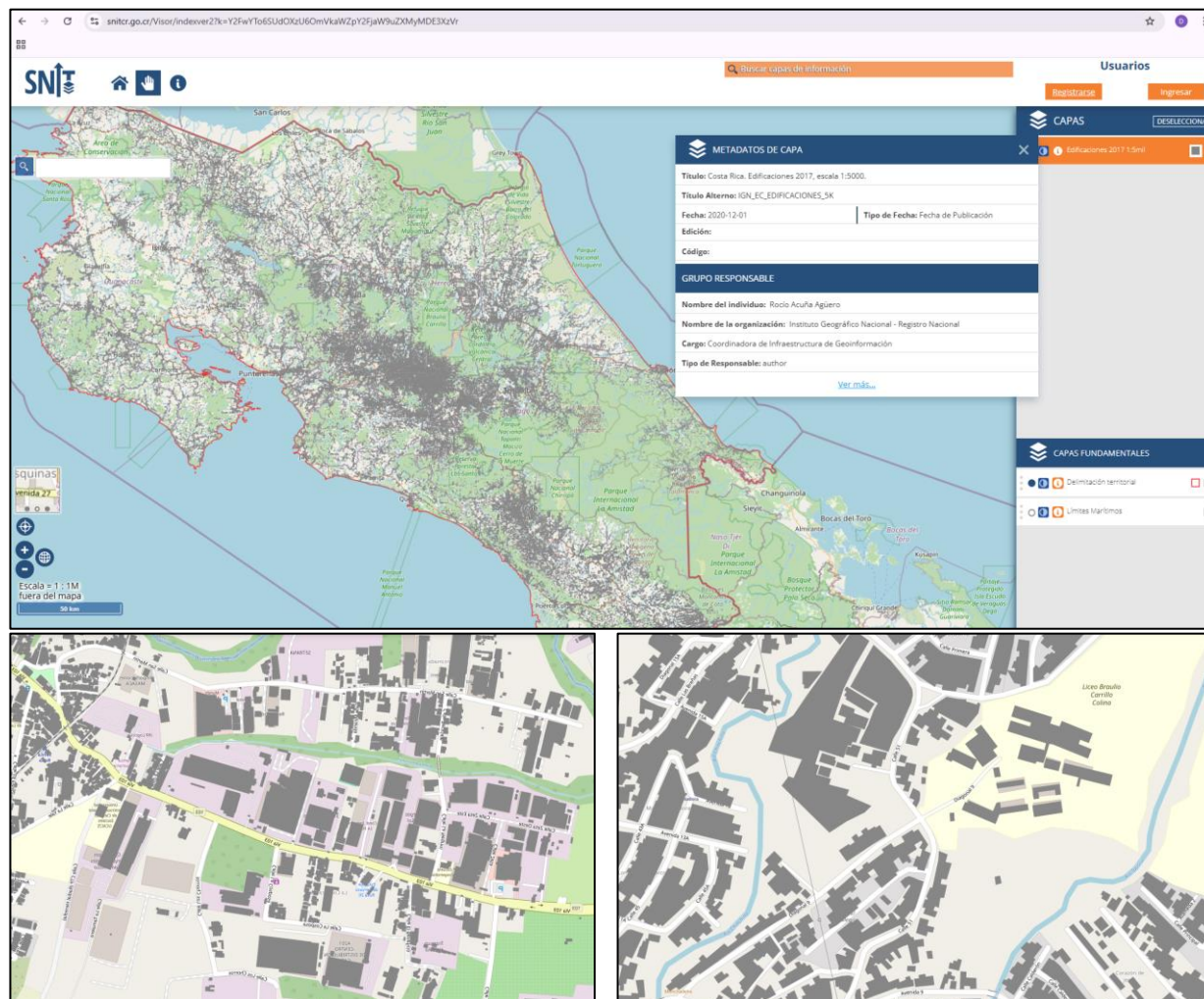


Figura 88. Cartografía edificaciones - SNIT²⁰

Google Research Open Buildings

Cuando no se cuenta con información oficial sobre la georreferenciación de las edificaciones, existen bases de datos globales de consulta y descarga abierta como Google Research Open Buildings. Este conjunto de datos abierto de huellas de edificios, contiene los contornos de los edificios derivados de un modelo de aprendizaje profundo, entrenado para determinar las huellas de los edificios a partir de imágenes satelitales de alta resolución. Cada edificio de este conjunto de datos incluye el polígono georreferenciado que describe su huella en el terreno, el índice de confianza que indica la seguridad de su detección y el área construida en planta aproximada. La Figura 89 ilustra la información descargada para Costa Rica,

²⁰https://www.snitcr.go.cr/Metadatos/full_metadata2?k=Y2FwYW1ldGFkYXRvczo6Y2FwYT06SudOXzU6OmVkaWZpY2FjaW9uZXMyMDE3XzVr



Figura 89. Open Buildings – Google Research

A. 1.2 Edificaciones críticas

Para determinar la ubicación geográfica de las edificaciones públicas que deben prestar continuidad en los servicios críticos después de la ocurrencia de un desastre en todo el país se encuentra disponible la cobertura de edificaciones y construcciones publicada en la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial – SNIT. Esta capa de huellas de edificaciones contiene el atributo descriptivo

“Categoría” que permite discretizar las edificaciones según el sector de uso, el cual permite identificar edificaciones como hospitales y centros de salud, Cruz Roja, Estaciones de policía, estaciones d bomberos, edificios gubernamentales, entre otros, como se observa en la Figura 90.

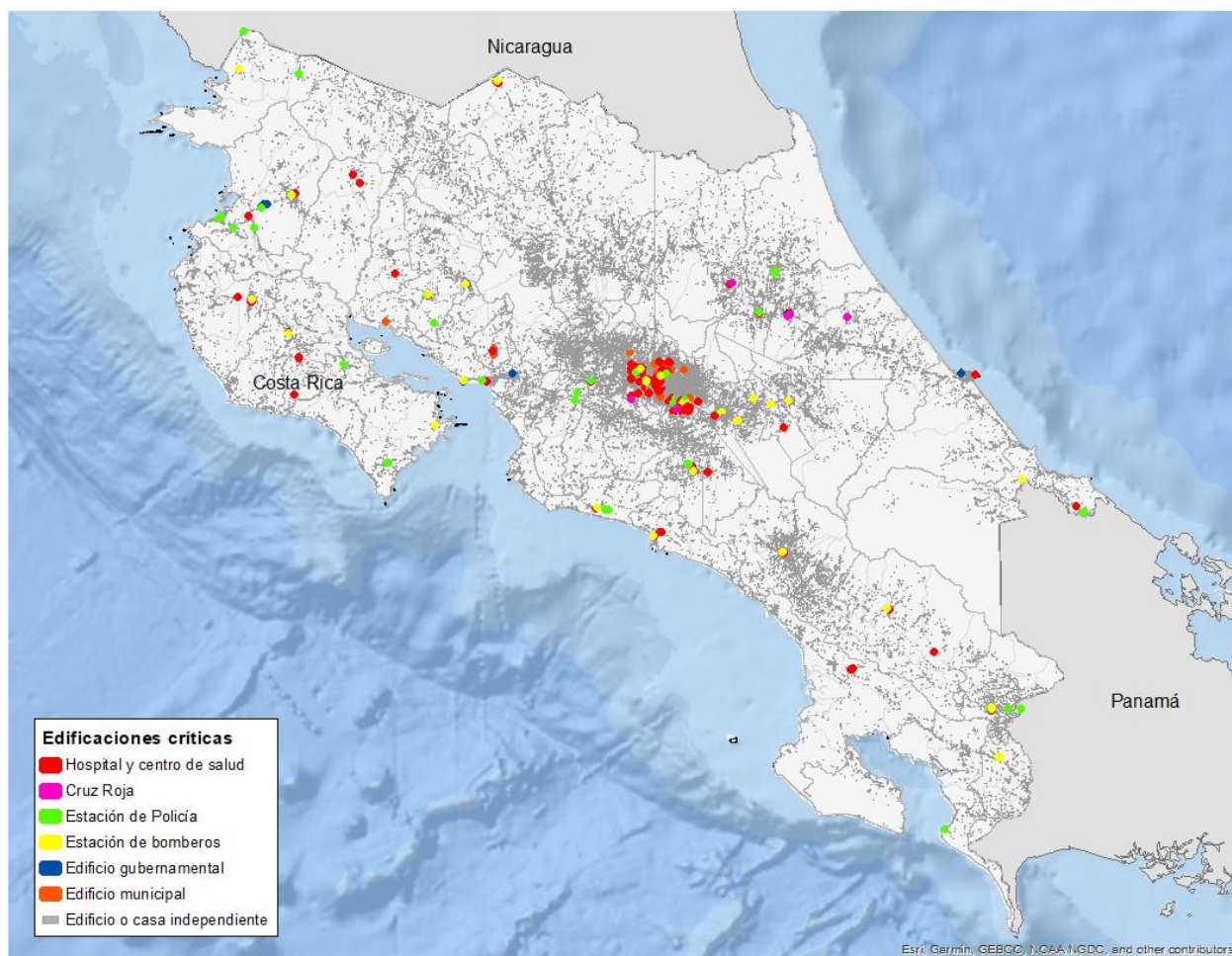


Figura 90. Edificaciones críticas – Costa Rica

A. 1.3 Edificaciones educativas

La capa de datos abiertos del SIGMEP contiene información de centros educativos para todo el país, información que puede ser complementada con la cobertura de edificaciones del SNIT mencionada en los numerales anteriores, para identificar los centros educativos en cualquier parte del país (Ver Figura 91).

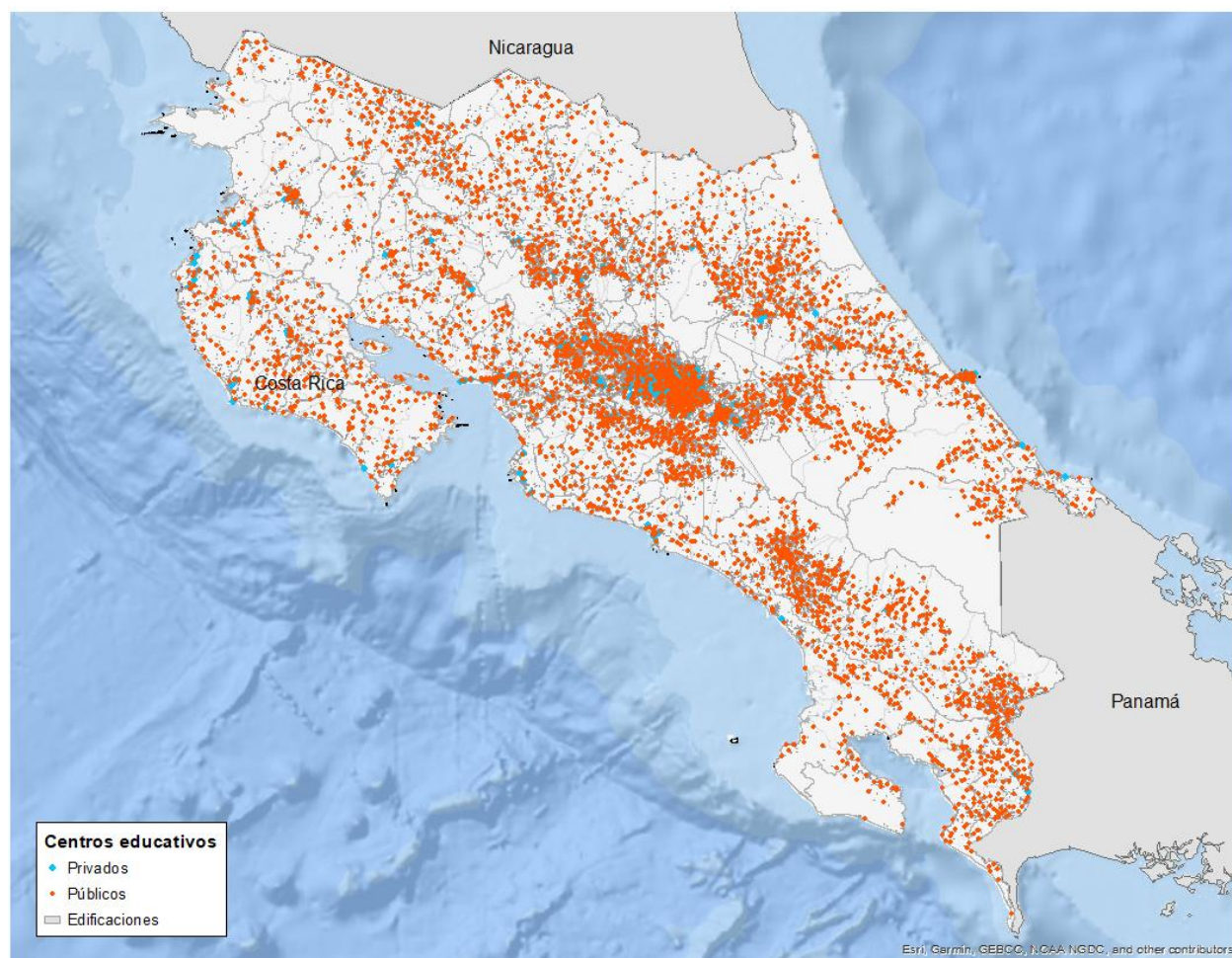


Figura 91. Establecimientos educativos Costa Rica - SIGMEP

A. 1.4 Número de pisos

Copernicus es un programa de observación de la tierra de la Unión Europea, que ofrece servicios de información espacial global de forma abierta y gratuita. Esta información se basa en la observación de la tierra por satélite y en datos in-situ, con el fin de describir la presencia humana en el planeta.

Entre la información reportada es posible consultar el conjunto de datos espaciales ráster GHS-BUILT-H (Pesaresi, M.; Politis, P. 2023) que representa la distribución espacial de las alturas de las edificaciones, derivada de la combinación y filtrado de modelos digitales de elevación globales (DEM) y de imágenes satelitales mediante técnicas de regresión lineal.

En la Figura 92 se muestra la distribución de altura en metros de las edificaciones consultada para Costa Rica y que puede ser empleada para determinar el número de pisos de las edificaciones cuando no se cuenta con otras fuentes de información.

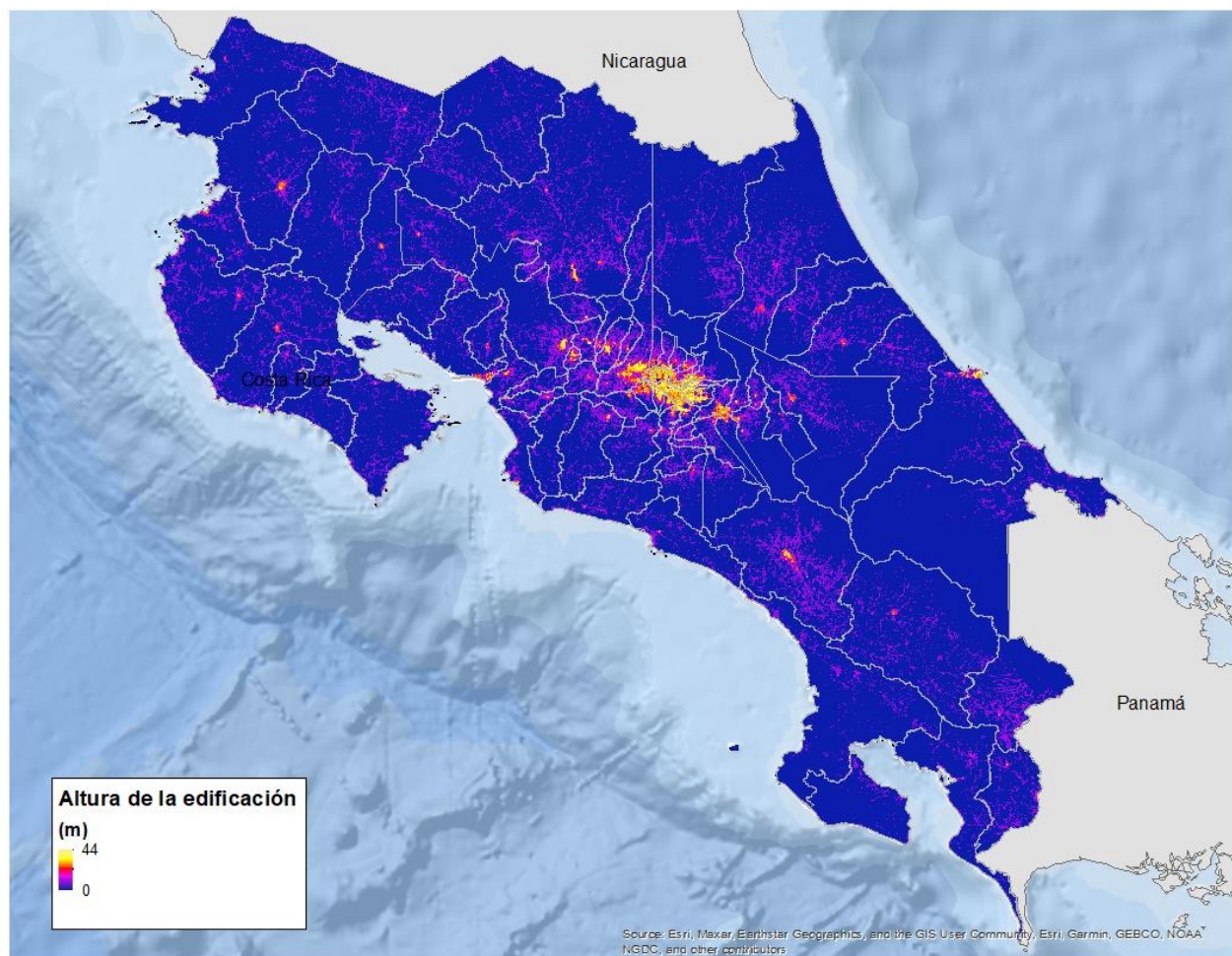


Figura 92. Altura de la edificación - GHS-BUILT-H

A. 1.5 Sector de uso

Como fuente alternativa para identificar los sectores de uso en Costa Rica, se encuentra disponible el atributo “categoría” en la capa Cartografía Edificaciones publicada por el SNIT, este atributo clasifica de manera detallada el uso de las edificaciones en todo el país, como se observa en la Figura 93.

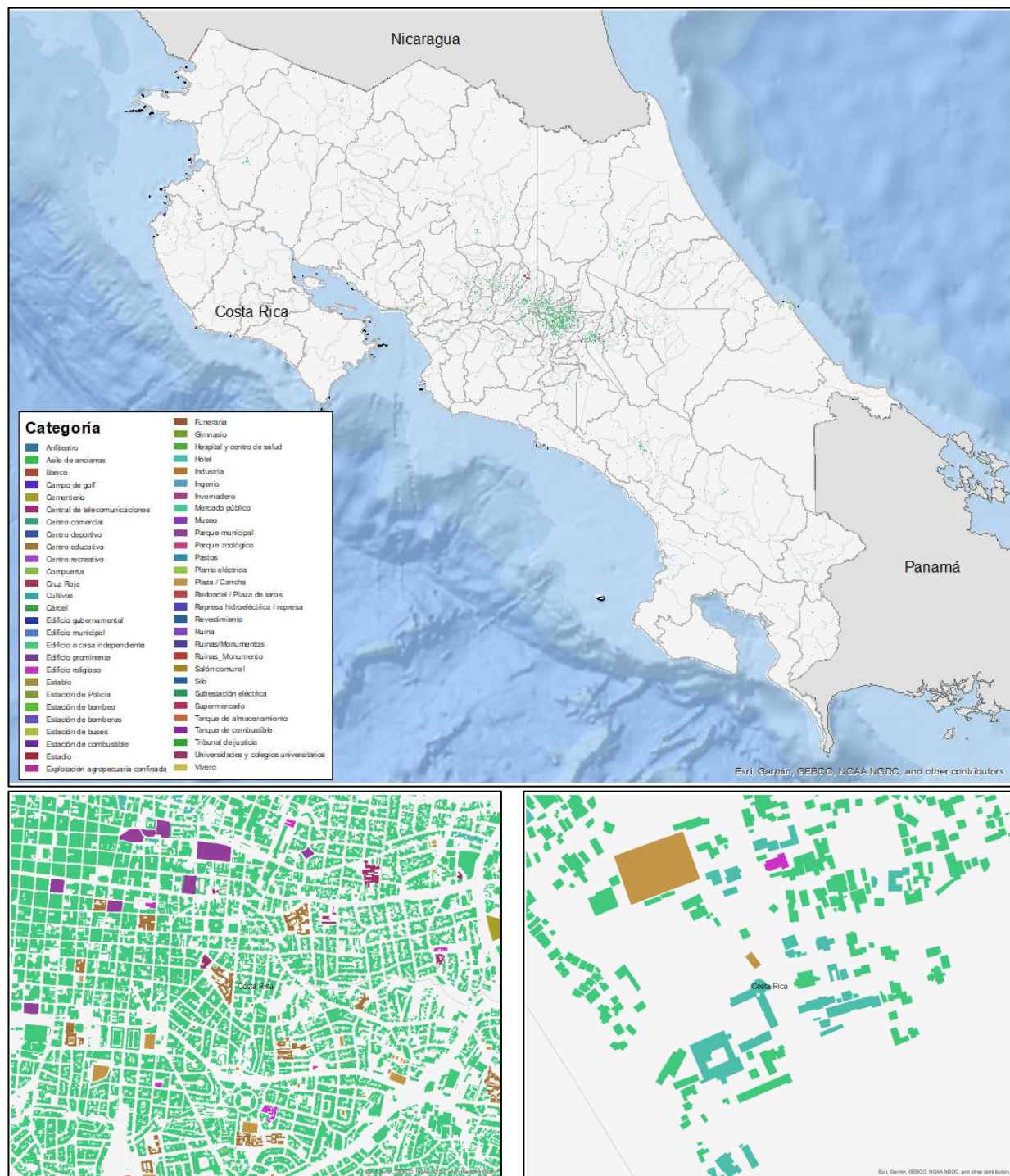


Figura 93. Categoría (Sector de uso)

A. 1.6 Tipología de edificaciones

Una importante fuente de información para clasificar la vulnerabilidad de las construcciones en el país es la capa Cartografía Edificaciones publicada por el SNIT, debido a que contiene el atributo categoría que permitirá discriminar las construcciones según su uso y, con el apoyo de la caracterización proporcionada

en el Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva para las construcciones, es posible asignar una tipología a cada una de las construcciones de acuerdo con la categoría y otras variables como el número de pisos y área construida.

De forma complementaria, entre las fuentes que se pueden consultar de forma pública, que contienen información sobre las características de las edificaciones, se encuentra el censo nacional de población y vivienda del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC. En los sistemas de consulta del INEC se presenta información sobre materiales predominantes en paredes, en cubiertas, sobre estado físico de la vivienda, entre otras variables. Esta información se presenta en diferentes niveles de desagregación hasta el nivel de unidad geoestadística mínima que puede llegar a representar la desagregación a nivel de manzana en las zonas urbanas especialmente. Esta información puede proporcionar una aproximación a la distribución geográfica de las variables (material pared, material cubierta, estado) incluso hasta el nivel de desagregación de manzana. En la Tabla 44 se presenta una muestra de la información disponible en el INEC sobre la distribución de material predominante en paredes exteriores consultada en este caso por región.

Tabla 44. Material predominante en paredes exteriores - INEC

Material predominante en las paredes exteriores (número de viviendas)									
Región	block o ladrillo	zócalo (cemento-madera, cemento-fibro cemento)	madera	prefabricado o baldosas	fibrolit, Ricalit (lámina de fibrocemento)	fibras naturales (bambú, caña, chonta)	material de desecho	Otro (Zinc, adobe)	Total
Central	502,322	46,984	82,014	80,067	26,800	178	1,143	15,983	755,491
Chorotega	52,464	12,328	12,007	11,201	2,539	4	239	1,802	92,584
Pacífico Cent	36,916	11,933	6,899	10,163	3,747	-	199	1,833	71,690
Brunca	32,129	24,025	15,957	17,325	3,342	116	164	920	93,978
Huetar Atlán	50,863	15,264	23,597	12,802	4,958	510	164	1,158	109,316
Huetar Norte	36,187	17,997	20,059	10,271	3,071	-	219	1,101	88,905
Total	710,881	128,531	160,533	141,829	44,457	808	2,128	22,797	1,211,964

A. 2 DIRECTORIO DE CÓDIGOS DE CLASIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

Sector	Portafolio	Codificación	Código	Atributo	Valor	Descripción
Carretero	Segmento vial	XX_R#_S#	XX	Jerarquía	NP	Vía nacional primaria
					NS	Vía nacional secundaria
					NT	Vía nacional travesía
					LP	Vía local primaria
					LS	Vía local secundaria
					LT	Vía local terciaria
					LTP	Vía local terciaria privada
					NC	No clasificada (en Heredia corresponde a vías rurales)
			R#	Superficie de rodadura	0	Sin información
					1	Pavimentada
					2	Superficie con mejoramiento
					3	Sin pavimentar
			S#	Pendiente del terreno	1	Pendiente (transv. a la sección vial) entre 0% a 5%
					2	Pendiente (transv. a la sección vial) entre 6% a 14%
					3	Pendiente (transv. a la sección vial) entre 15% a 25%
					4	Pendiente (transv. a la sección vial) mayor a 25%
Carretero	Puentes Vehiculares	C#_NC#_H#_E S##_MT#_AP#	C#	Largo del puente	1	Longitud del puente menor que 15 m
					2	Longitud del puente entre 15 m y 35 m
					3	Longitud del puente entre 35 m y 50 m
					4	Longitud del puente entre 50 m y 100 m
					5	Longitud del puente mayor a 100 m
			NC#	Numero de claros	[1 - 3]	Numero de claros del puente (en Heredia hasta 3)
			H#	Galibo	0	Sin información
					1	De 0 a 3 m
					2	De 3 a 6 m
					3	De 6 a 9 m
			ES##	Tipo de superestructura (Codigo NBI)	0	Sin información
					2	Viga múltiple
					4	Viga Te o Doble Te
					7	Marco o portico
					10	Cercha superior
					11	Arco inferior
					22	Viga canal
			MT##	Material -predominante- de la estructura	1	Concreto preesforzado
					2	Concreto reforzado
					3	Acero
					4	Mampostería

Sector	Portafolio	Codificación	Código	Atributo	Valor	Descripción
			AP#	Apoyos	1	Rígidos
					2	Rígido - Expansivo
					3	Fijos
					4	Expansivos
Ferreo	Corredor ferreo	FR_XXX_S#	XXX	Tipo de tramo	ASF	Tramo con superficie en asfalto
					BLT	Tramo con superficie en balasto
					CRO	Tramo con superficie en concreto reforzado
					PTE	Puente
			S#	Pendiente del terreno	1	Pendiente (transv. al alineam. ferreo) entre 0% a 5%
					2	Pendiente (transv. al alineam. ferreo) entre 6% a 14%
					3	Pendiente (transv. al alineam. ferreo) entre 15% a 25%
Eléctrico	Generación	HID-EMB	-	Tipo de central de generación eléctrica	-	Hidroeléctrica de embalse
Eléctrico	Transmisión (TL) - Línea	TL_CABLE	-	Elemento de línea de transmisión (TL)	CABLE	Circuito -trifásico- de alta tensión
Eléctrico	Transmisión (TL) - Torre	TL_#C	#C	Circuitos de la línea de transmisión (TL)	[1-4]	Número de circuitos en la torre
Eléctrico	Subestación	SUBSTAT	-	-	-	Subestación del sistema eléctrico
Eléctrico	Distribución (DL) - Línea	DL_XT_XXX	XT	Tensión de línea de distribución (DL)	BT	Línea de baja tensión
					MT	Línea de media tensión
			XXX	Instalación de la línea de distribución	AER	Línea aérea
					SUB	Línea subterránea
Eléctrico	Distribución (DL) - Poste	POSTE_X#_H#_STX	X	Material del elemento	C	Concreto
					M	Metal (tipicamente acero)
					W	Madera
			#	Tipo de soporte	1	Apoyado auxiliar concables
					2	Autosoportado
			H#	Clasificación de altura	1	Altura del poste entre 3 m a 6 m
					2	Altura del poste entre 6 m a 9 m
					3	Altura del poste entre 9 m a 12 m
					4	Altura del poste entre 12 m a 15 m
					5	Altura del poste entre 15 m a 18 m
			STX	Estado del elemento	A	Poste con menos del 50% de vida útil consumida
					B	Poste entre 50% a 100% de la vida útil consumida
					C	Poste con más del 100% de vida útil consumida (vida útil superada)
Eléctrico	Distribución (DL) - Transformador	TR_XXX	XXX	Instalación del transformador	AER	Transformador aereo (instalado en poste)
					PED	Transformador de pedestal
Telecomunicaciones	Antenas	COM_XX_HX	XX	Tipo de estructura de soporte	CU	En cubierta o sistemas DAS (Sistema de antena distribuida)

Sector	Portafolio	Codificación	Código	Atributo	Valor	Descripción
					TM	Torre monopolo o torre temporal
					TA	Torre autosoportada
					TV	Torre ventada
			HX	Clasificación de altura	1	Torres con altura de hasta 15 m
					2	Torres con altura entre 15 m a 30 m
					3	Torres con altura entre 30 m a 45 m
					4	Torres con altura entre 45 m a 60 m
Hidrocarburos	Poliducto	POLIDUCTO	-	-	-	Línea de poliducto
Agua potable	Fuentes	AP_FUENTE	-	-	-	Estructuras de captación y tratamiento de agua potable
Agua potable	Tanque de almacenamiento	AP_TANQUE_MX	MX	Material del tanque	C	Tanque en concreto reforzado
					H	Tanque en hierro o acero
					O	Tanque en otro material
Agua potable	Sistema de bombeo	SIST_BOMBEO	-	-	-	Sistema de reimpulsión de agua potable
Agua potable	Red de abastecimiento	TUB_AP_XXX	XXX	Material de la tubería	AC	Asbesto Cemento
					ACE	Acero
					CR	Concreto Reforzado
					HD	Hierro Dúctil
					HF	Hierro Fundido
					HG	Hierro Galvanizado
					HN	Hierro Negro
					PAD	Polietileno de Alta Densidad
					PVC	Cloruro de Polivinilo
Agua potable	Hidrantes	HIDRANTE	-	-	-	Hidrante de columna, de hierro fundido
Agua residual	Red de colectores	TUB_AR_M#	M#	Material de la tubería	1	Cloruro de Polivinilo (PVC) Liso o DPR
					2	Concreto
					3	Alcarraza (arcilla)
					4	Sin información
Agua residual	Pozos de registro	POZ_FX_M#_H#	FX	Forma del pozo	C	Circular
					R	Rectangular
			M#	Material del pozo	1	Concreto
					2	Cloruro de Polivinilo (PVC)
					3	Ladrillo
			H#	Clasificación de altura (profundidad)	0	Profundidad del pozo de hasta 1.5 m
					1	Profundidad del pozo de 1.5 m a 3.0 m
					2	Profundidad del pozo de 3.0 m a 4.5 m
					3	Profundidad del pozo de 4.5 m a 6.0 m
Agua residual	Plantas de tratamiento de agua residual	PTAR_T#	T#	Tipo de planta de tratamiento	1	Tratamiento de lodos activados (tanques de concreto)
					2	Lagunas de estabilización (excavadas en tierra y con geosintéticos)

A.3 COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRICULTURA

A.3.1 Costos de Producción Café

A continuación, se presentan las tablas oficiales de costos de producción agrícola del café fruta, elaboradas con base en la tecnología empleada por los productores, según lo establecido por el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) y la Unidad de Estudios Económicos y Mercado (UEEM) (2025).

Estructura de Costos de Producción Agrícola de Café Fruta
Estudio de Campo^a - Fincas de 20 a 26 fan^b/ha
Cosecha 2024-2025 (abr-mar)

Productividad: 22.4 fan/ha

Rubro / Descripción	Costos Directos		Costos Indirectos	Acumulado Total
	Labores	Materiales		
Poda	53,919.26	-	-	53,919.26
Deshija	70,980.27	-	-	70,980.27
Arreglo de sombra	67,600.26	-	-	67,600.26
Reposición de plantas	16,739.11	41,249.42	-	57,988.53
Aplicación de abonos	34,604.90	247,957.75	-	282,562.65
Aplicación de fertilizantes	18,187.69	63,022.22	-	81,209.91
Atomizaciones	85,627.00	192,128.50	-	277,755.50
Control manual-malezas	101,078.48	-	-	101,078.48
Aplicación de herbicidas	37,984.91	8,959.38	-	46,944.29
Control de plagas	37,341.10	4,302.71	-	41,643.80
Mantenim.de finca	24,947.72	-	-	24,947.72
Cargas sociales	246,780.30	-	-	246,780.30
Costo del Paquete Tecnológico:				
CRC/ha	795,790.99	557,619.98	0.00	1,353,410.97
CRC/fan	35,526.38	24,893.75	0.00	60,420.13
USD ^c /fan	69.17	48.47	0.00	117.64
Cosecha café fruta	647,621.41	-	-	647,621.41
Transporte general	-	-	63,961.11	63,961.11
Costo Directo + Transporte:				
CRC/ha	1,443,412.39	557,619.98	63,961.11	2,064,993.49
CRC/fan	64,438.05	24,893.75	2,855.41	92,187.21
USD ^c /fan	125.46	48.47	5.56	179.49
Agotamiento de Cultivo	-	-	101,603.31	101,603.31
Depreciación	-	-	25,471.20	25,471.20
Mantenimiento	-	-	105,118.31	105,118.31
Gastos administrat.	-	-	45,841.01	45,841.01
Otros Costos Indirectos:				
CRC/ha	0.00	0.00	278,033.82	278,033.82
CRC/fan	0.00	0.00	12,412.22	12,412.22
USD ^c /fan	0.00	0.00	24.17	24.17
Costo Total de Producción Agrícola:				
CRC/ha	1,443,412.39	557,619.98	341,994.94	2,343,027.32
CRC/fan	64,438.05	24,893.75	15,267.63	104,599.43
USD ^c /fan	125.46	48.47	29.73	203.66

a/ La base técnica de esta estructura de costos es el ECPAC0910.

b/ Fanega: unidad de volumen que corresponde 400 L o dos dobles hectolitros (2 Dhl).

c/ Tipo de Cambio Promedio de la Cosecha [BCCR]- CRC/USD: 513.60

Fuente: Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE).

Estructura de Costos de Producción Agrícola de Café Fruta. Fincas de 20 a 26 fan/ha. Cosecha 2024-2025 (abr-mar). Información tomada textualmente de ICAFE & UEEM (2025).

Estructura de Costos de Producción Agrícola de Café Fruta
Estudio de Campo^a - Fincas de 26 a 34 fan^b/ha
Cosecha 2024-2025 (abr-mar)

Productividad (fan/ha): 30.5

Rubro de Costo	Coeficiente Técnico	Unidad Técnica	Costo Unitario	Unidad Costo	Costo Total			Porc.
					(CRC/ha)	(CRC/fan)	(USD ^c /fan)	
1 Mano-Obra:					750,763.82	24,615.21	47.94	28.7%
Labores de cultivo	321.8	hh/ha	1,609.53	CRC/hh	517,946.75	16,981.86	33.08	19.8%
Cargas sociales	44.95%	Porc.	723.48	CRC/hh	232,817.07	7,633.35	14.87	8.9%
2 Insumos:					584,631.39	19,168.24	37.33	22.3%
Almácigo (resiem/repobl)	152	ptas/ha	286.45	CRC/pta	43,541.05	1,427.58	2.78	1.7%
Fórmula completa	635.1	kg/ha	387.70	CRC/kg	246,230.95	8,073.15	15.72	9.4%
Fórmula nitrogenada	221.0	kg/ha	282.30	CRC/kg	62,388.01	2,045.51	3.98	2.4%
Corrector de acidez	676.1	kg/ha	85.86	CRC/kg	58,050.85	1,903.31	3.71	2.2%
Fungicida (triazol)	1.037	L-ha	30,131.33	CRC/L	31,246.19	1,024.47	2.00	1.2%
Fungicida (estrobilurina)	0.304	(L-kg)/ha	124,983.74	CRC/(L-kg)	37,995.06	1,245.74	2.43	1.5%
Fungicida (cobre)	0.773	kg/ha	18,722.49	CRC/kg	14,472.48	474.51	0.92	0.6%
Foliar (zinc)	2.251	(L-kg)/ha	6,785.67	CRC/(L-kg)	15,274.54	500.80	0.98	0.6%
Foliar (boro)	2.018	(L-kg)/ha	6,372.29	CRC/(L-kg)	12,859.28	421.62	0.82	0.5%
Foliar (general)	3.330	L/ha	7,072.90	CRC/L	23,552.76	772.22	1.50	0.9%
Coadyuvantes	2.602	L/ha	8,246.05	CRC/L	21,456.22	703.48	1.37	0.8%
Herbicida (glifosato)	3.299	L/ha	3,346.80	CRC/L	11,041.09	362.00	0.71	0.4%
Herbicida (paraquat)	1.912	L/ha	2,227.65	CRC/L	4,259.27	139.65	0.27	0.2%
Difusores	6.0	und/ha	50.50	CRC/und	303.00	9.93	0.02	0.0%
Insecticida	0.161	kg/ha	12,177.87	CRC/kg	1,960.64	64.28	0.13	0.1%
Costo Paquete Tecnológico (CRC):					1,335,395.21	43,783.45	85.28	51.0%
3 Cosecha:					881,805.94	28,911.67	56.31	33.7%
Recolección café fruta	30.5	fan/ha	28,911.67	CRC/fan	881,805.94	28,911.67	56.31	33.7%
4 Transporte:					79,750.00	2,614.75	5.09	3.0%
Transp. (fertiliz. y cal)	1,532.2	kg/ha	14.92	CRC/kg	22,852.76	749.27	1.46	0.9%
Transporte (almácigo)	152	ptas/ha	26.96	CRC/pta	4,098.24	134.37	0.26	0.2%
Transporte café fruta	30.5	fan/ha	1,731.11	CRC/fan	52,799.00	1,731.11	3.37	2.0%
Costos Directos + Transporte (CRC)					2,296,951.14	75,309.87	146.68	87.8%
5 Otros costos indirectos:					320,035.16	10,492.96	20.44	12.2%
Agotamiento de Cultivo				CRC/ha	143,604.64	4,708.35	9.17	5.5%
Depreciación:				CRC/ha	25,471.20	835.12	1.63	1.0%
Construcciones				CRC/ha	11,196.10	367.09	0.71	0.4%
Equipo agrícola				CRC/ha	14,275.10	468.04	0.91	0.5%
Mantenimiento				CRC/ha	105,118.31	3,446.50	6.71	4.0%
Construcciones				CRC/ha	10,255.62	336.25	0.65	0.4%
Medios de transporte				CRC/ha	90,935.28	2,981.48	5.81	3.5%
Equipo agrícola				CRC/ha	3,297.55	108.12	0.21	0.1%
Herramientas agrícolas				CRC/ha	629.85	20.65	0.04	0.0%
Gastos administrativos				CRC/ha	45,841.01	1,502.98	2.93	1.8%
Costo Total de Producción Agrícola de Café (CRC)					2,616,986.30	85,802.83	167.12	100.0%

a/ La base técnica de esta estructura de costos es el Estudio de Costos de Producción Agrícola de Café 2009-2010 (ECPAC0910).

b/ Fanega: unidad de volumen que corresponde 400 L o dos dobles hectolitros (2 Dh).

c/ Tipo de Cambio Promedio de la Cosecha [BCCR]- CRC/USD: 513.43

Fuente: Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE).

Estructura de Costos de Producción Agrícola de Café Fruta. Fincas de 26 a 34 fan/ha. Cosecha 2024-2025 (abr-mar). Información tomada textualmente de ICAFE & UEEM (2025).

Estructura de Costos de Producción Agrícola de Café Fruta
Estudio de Campo^a - Fincas de 34 a 40 fan^b/ha
Cosecha 2024-2025 (abr-mar)

Productividad (fan/ha): 37.4

Rubro de Costo	Coeficiente Técnico	Unidad Técnica	Costo Unitario	Unidad Costo	Costo Total			Porc.
					(CRC/ha)	(CRC/fan)	(USD ^c /fan)	
1 Mano-Obra:					733,266.22	19,606.05	38.23	25.0%
Labores de cultivo	314.3	hh/ha	1,609.53	CRC/hh	505,875.28	13,526.08	26.37	17.2%
Cargas sociales	44.95%	Porc.	723.48	CRC/hh	227,390.94	6,079.97	11.86	7.7%
2 Insumos:					675,460.70	18,060.45	35.22	23.0%
Almácigo (resiem/repobl)	141	ptas/ha	286.45	CRC/pta	40,390.06	1,079.95	2.11	1.4%
Fórmula completa	742.6	kg/ha	387.70	CRC/kg	287,906.02	7,698.02	15.01	9.8%
Fórmula nitrogenada	245.2	kg/ha	282.30	CRC/kg	69,219.96	1,850.80	3.61	2.4%
Corrector de acidez	683.6	kg/ha	85.86	CRC/kg	58,693.90	1,569.36	3.06	2.0%
Fungicida (triazol)	1.548	L/ha	30,131.33	CRC/L	46,643.30	1,247.15	2.43	1.6%
Fungicida (estrobilurina)	0.453	(L-kg)/ha	124,983.74	CRC/(L-kg)	56,617.63	1,513.84	2.95	1.9%
Fungicida (cobre)	1.153	kg/ha	18,722.49	CRC/kg	21,587.03	577.19	1.13	0.7%
Foliar (zinc)	2.011	(L-kg)/ha	6,785.67	CRC/(L-kg)	13,645.98	364.87	0.71	0.5%
Foliar (boro)	1.649	(L-kg)/ha	6,372.29	CRC/(L-kg)	10,507.91	280.96	0.55	0.4%
Foliar (general)	3.618	L/ha	7,072.90	CRC/L	25,589.75	684.22	1.33	0.9%
Coadyuvantes	3.336	L/ha	8,246.05	CRC/L	27,508.82	735.53	1.43	0.9%
Herbicida (glifosato)	2.279	L/ha	3,346.80	CRC/L	7,627.36	203.94	0.40	0.3%
Herbicida (paraquat)	1.917	L/ha	2,227.65	CRC/L	4,270.41	114.18	0.22	0.1%
Difusores	9.0	und/ha	50.50	CRC/und	454.50	12.15	0.02	0.0%
Insecticida	0.394	kg/ha	12,177.87	CRC/kg	4,798.08	128.29	0.25	0.2%
Costo Paquete Tecnológico (CRC):					1,408,726.92	37,666.50	73.44	47.9%
3 Cosecha:					1,081,296.46	28,911.67	56.37	36.8%
Recolección café fruta	37.4	fan/ha	28,911.67	CRC/fan	1,081,296.46	28,911.67	56.37	36.8%
4 Transporte:					93,474.28	2,499.31	4.87	3.2%
Transp. (abonos y cal)	1,671.4	kg/ha	14.92	CRC/kg	24,928.93	666.55	1.30	0.8%
Transporte (almácigo)	141	ptas/ha	26.96	CRC/pta	3,801.66	101.65	0.20	0.1%
Transporte café fruta	37.4	fan/ha	1,731.11	CRC/fan	64,743.69	1,731.11	3.38	2.2%
Costos Directos + Transporte (CRC)					2,583,497.65	69,077.48	134.69	87.9%
5 Otros costos indirectos:					355,019.84	9,492.51	18.51	12.1%
Agotamiento de Cultivo				CRC/ha	178,589.32	4,775.12	9.31	6.1%
Depreciación:				CRC/ha	25,471.20	681.05	1.33	0.9%
Construcciones				CRC/ha	11,196.10	299.36	0.58	0.4%
Equipo agrícola				CRC/ha	14,275.10	381.69	0.74	0.5%
Mantenimiento				CRC/ha	105,118.31	2,810.65	5.48	3.6%
Construcciones				CRC/ha	10,255.62	274.21	0.53	0.3%
Medios de transporte				CRC/ha	90,935.28	2,431.42	4.74	3.1%
Equipo agrícola				CRC/ha	3,297.55	88.17	0.17	0.1%
Herramientas agrícolas				CRC/ha	629.85	16.84	0.03	0.0%
Gastos administrativos				CRC/ha	45,841.01	1,225.70	2.39	1.6%
Costo Total de Producción Agrícola de Café (CRC)					2,938,517.49	78,569.99	153.20	100.0%

a/ La base técnica de esta estructura de costos es el Estudio de Costos de Producción Agrícola de Café 2009-2010 (ECPAC0910).

b/ Fanega: unidad de volumen que corresponde 400 L o dos doubles hectolitros (2 Dhl).

c/ Tipo de Cambio Promedio de la Cosecha [BCCR]- CRC/USD: 512.86

Fuente: Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE).

Estructura de Costos de Producción Agrícola de Café Fruta. Fincas de 34 a 40 fan/ha. Cosecha 2024-2025 (abr-mar). Información tomada textualmente de ICAFE & UEEM (2025).

Estructura de Costos de Producción Agrícola de Café Fruta

Recomendación Técnica Nacional^a - Fincas de 40 a 70 fan^b/ha

Cosecha 2024-2025 (abr-mar)

Productividad (fan/ha):		40.0						
Rubro de Costo	Coeficiente Técnico	Unidad Técnica	Costo Unitario	Unidad Costo	Costo Total			Porc.
					(CRC/ha)	(CRC/fan)	(USD ^c /fan)	
1 Mano-Obra:					794,624.48	19,865.61	38.79	25.4%
Labores de cultivo	340.6	hh/ha	1,609.53	CRC/hh	548,205.92	13,705.15	26.76	17.5%
Cargas sociales	44.95%	Porc.	723.48	CRC/hh	246,418.56	6,160.46	12.03	7.9%
2 Insumos:					714,998.65	17,874.97	34.90	22.8%
Almácigo (resiemb/repobl)	0	ptas/ha	286.45	CRC/pta	0.00	0.00	0.00	0.0%
Fórmula completa	765.0	kg/ha	387.70	CRC/kg	296,593.73	7,414.84	14.48	9.5%
Fórmula nitrogenada	225.0	kg/ha	282.30	CRC/kg	63,517.20	1,587.93	3.10	2.0%
Corrector de acidez	900.0	kg/ha	85.86	CRC/kg	77,275.20	1,931.88	3.77	2.5%
Fungicida (triazol)	2.286	L/ha	30,132.53	CRC/L	68,882.96	1,722.07	3.36	2.2%
Fungicida (estrobilurina)	0.686	kg/ha	124,434.17	CRC/L	85,361.84	2,134.05	4.17	2.7%
Fungicida (cobres)	2.000	(kg-L)/ha	18,593.57	CRC/(kg-L)	37,187.14	929.68	1.82	1.2%
Bioinsumo (Funibiol)	0.571	L/ha	11,565.50	CRC/L	6,603.90	165.10	0.32	0.2%
Coadyuv.(Surfactante)	3.380	L/ha	11,337.96	CRC/L	38,322.30	958.06	1.87	1.2%
Herbicida (glifosato)	6.000	L/ha	3,375.78	CRC/L	20,254.68	506.37	0.99	0.6%
Herbicida (glufosinato)	0.000	L/ha	8,635.38	CRC/L	0.00	0.00	0.00	0.0%
Coadyuv.(Regulador pH)	0.624	(L-kg)/ha	6,331.23	CRC/(kg-L)	3,950.69	98.77	0.19	0.1%
Difusores (Broca)	0.0	und/ha	50.50	CRC/und	0.00	0.00	0.00	0.0%
Insecticida (Broca)	1.40	L/ha	12,177.87	CRC/kg	17,049.02	426.23	0.83	0.5%
Costo Paquete Tecnológico (CRC):					1,509,623.13	37,740.58	73.69	48.2%
3 Cosecha:					1,156,466.80	28,911.67	56.45	36.9%
Recolección café fruta	40.0	fan/ha	28,911.67	CRC/fan	1,156,466.80	28,911.67	56.45	36.9%
4 Transporte:					97,433.94	2,435.85	4.76	3.1%
Transp. (fertiliz. y cal)	1,890.0	kg/ha	14.92	CRC/kg	28,189.35	704.73	1.38	0.9%
Transporte (almácigo)	0	ptas/ha	26.96	CRC/pta	0.00	0.00	0.00	0.0%
Transporte café fruta	40.0	fan/ha	1,731.11	CRC/fan	69,244.59	1,731.11	3.38	2.2%
Costos Directos + Transporte (CRC)					2,763,523.87	69,088.10	134.89	88.2%
5 Otros costos indirectos:					368,004.85	9,200.12	17.96	11.8%
Agotamiento de Cultivo				CRC/ha	191,574.33	4,789.36	9.35	6.1%
Depreciación:				CRC/ha	25,471.20	636.78	1.24	0.8%
Construcciones				CRC/ha	11,196.10	279.90	0.55	0.4%
Equipo agrícola				CRC/ha	14,275.10	356.88	0.70	0.5%
Mantenimiento				CRC/ha	105,118.31	2,627.96	5.13	3.4%
Construcciones				CRC/ha	10,255.62	256.39	0.50	0.3%
Medios de transporte				CRC/ha	90,935.28	2,273.38	4.44	2.9%
Equipo agrícola				CRC/ha	3,297.55	82.44	0.16	0.1%
Herramientas agrícolas				CRC/ha	629.85	15.75	0.03	0.0%
Gastos administrativos				CRC/ha	45,841.01	1,146.03	2.24	1.5%
Costo Total de Producción Agrícola de Café (CRC)					3,131,528.72	78,288.22	152.86	100.0%

a/ La base técnica de esta estructura de costos son las recomendaciones técnicas establecidas por ICAFE para asistencia del cultivo.

b/ Fanega: unidad de volumen correspondiente a 400 L o dos dobles hectolitros (2 Dhl).

c/ Tipo de Cambio Promedio de la Cosecha (BCCR)- CRC/USD: 512.17

Fuente: Instituto del Café de Costa Rica (ICAPE).

Estructura de Costos de Producción Agrícola de Café Fruta. Fincas de 40 a 70 fan/ha. Cosecha 2024-2025 (abr-mar). Información tomada textualmente de ICAFE & UEEM (2025).

A. 3.2 Costos de Producción Caña

Se presenta el modelo de costos para el cultivo de caña de azúcar, elaborado por la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA, 2025). Las tablas muestran el costo de producción en función del rendimiento del cultivo.

Actividad: CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i>)		Corte: 1	
Unidad de Costeo: Hectáreas			
Sistema: Convencional secano	Rendimiento: 65	Unidad de Costo: ton	
Ubicación: Región Pacífico Central	Ciclo de Costeo: 12	Medida de ciclo: Meses	
Elaborado por: Sepsa con apoyo de DIECA y la Dirección de la Región Pacífico Central	Tipo de Cambio: \$501,15	Fecha Actualización: 26/03/2025	

LABORES MECANIZADAS / CONTRATADAS									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Roturar (Rastra pesada)	Preparación de terreno		ha	1,00	\$31 900,00	\$31 900,00	\$63,65	1,91%
2	Subsolada (1 pasada)	Preparación de terreno		ha	1,00	\$33 000,00	\$33 000,00	\$65,85	1,98%
3	Rastrea (afinadora)	Preparación de terreno		ha	1,00	\$26 400,00	\$26 400,00	\$52,68	1,58%
4	Surcado y abonada	Preparación de terreno		ha	1,00	\$19 800,00	\$19 800,00	\$39,51	1,19%
5	Tapa mecánica siembra	Labores contratadas		hora máquina	1,00	\$18 700,00	\$18 700,00	\$37,31	1,12%
6	Carga de la caña	Labores contratadas		t	65,00	\$1 680,00	\$109 200,00	\$217,90	6,55%
7	Acarreo cosecha e insumos	Labores contratadas		t	65,00	\$2 815,00	\$182 975,00	\$365,11	10,97%
Total labores mecanizadas:							\$421 975,00	\$842,01	25,30%

LABORES MANUALES									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Descarga de semilla (Cargadora)	Labores de presiembra		hora hombre	16,00	\$1 529,62	\$24 473,90	\$48,84	1,47%
2	Corta, riega, pica y etapa (1,5 m)	Labores de presiembra		hora hombre	81,00	\$1 529,62	\$123 899,12	\$247,23	7,43%
3	Control de malezas (Preemergente)	Labores culturales		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42	0,73%
4	Primer fertilización	Fertilización manual		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42	0,73%
5	Segunda fertilización	Fertilización manual		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42	0,73%
6	Aplicación mecánica	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42	0,73%
7	Aplicación Rodenticida	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	4,00	\$1 529,62	\$6 118,48	\$12,21	0,37%
8	Corta manual (Caña quemada)	Cosecha manual		hora hombre	170,00	\$1 529,62	\$260 035,19	\$518,88	15,59%
9	Rondas y quema del cañal	Cosecha manual		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42	0,73%
10	Mantenimiento de rondas y caminos	Mantenimiento de fincas		hora hombre	16,00	\$1 529,62	\$24 473,90	\$48,84	1,47%
Subtotal mano de obra directa:							\$500 185,33	\$998,08	29,99%
Cargas Sociales y seguros laborales:							\$0,00	43,50%	
Total labores manuales:							\$717 749,28	\$1 432,20	43,03%

INSUMOS (*)									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Semilla	Semilla		t	12,00	\$20 000,00	\$240 000,00	\$478,90	14,39%
2	Fertilizante 11-52-0	Fertilizantes		saco	4,00	\$17 495,00	\$69 980,00	\$139,64	4,20%
3	Fertilizante Urea 46 %	Fertilizantes	1	saco	8,00	\$18 511,00	\$148 088,00	\$295,50	8,88%
4	Ametrina, Terbutrina,	Herbicida		l	4,00	\$2 545,00	\$10 180,00	\$20,31	0,61%
5	Diuron	Herbicida		kg	1,00	\$3 213,00	\$3 213,00	\$6,41	0,19%
6	2,4-D, Picloram,	Herbicida	1	gl	0,30	\$14 028,00	\$4 208,40	\$8,40	0,25%
7	Coadyuvante	Coadyuvantes y adherentes		kg	0,25	\$2 009,00	\$502,25	\$1,00	0,03%
8	Coumatetralyl	Rodenticida		kg	1,50	\$5 300,00	\$9 450,00	\$18,86	0,57%
Total insumos:							\$485 621,65	\$969,01	29,11%

OTROS									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Análisis suelo	Análisis de suelos	2	global	1,00	\$8 000,32	\$8 000,32	\$15,96	0,48%
2	Supervisión (administración)	Gastos administrativos		global	1,00	\$10 481,90	\$10 481,90	\$20,92	0,63%
Subtotal otros costos:							\$18 482,22	\$36,88	1,11%
Imprevistos: 5,00%							\$24 281,08	\$48,45	1,46%
Total otros costos:							\$42 763,30	\$85,33	2,56%

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				Costo Total	Costo Total (US)	%
				\$1 668 109,23	\$3 328,56	100,00%
				Costo Unitario:	\$25 663,22	\$51,21 /ton

SUPUESTOS Y ANOTACIONES	
1	Precio según III sondeo de insumos agropecuarios, Sepsa diciembre 2024
2	Se recomienda realizar un análisis de suelo antes de iniciar la siembra para validar el estado nutricional del suelo y realizar año por medio.
3	

Modelo costos de producción caña de azúcar para un rendimiento de 65. Información tomada textualmente de SEPSA (2025).

Actividad: CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)
Unidad de Costo: Hectáreas

Corte: 2

Sistema: Convencional seco
Ubicación: Región Pacífico Central
Elaborado por: Sepsa con apoyo de DIECA y la Dirección de la Región Pacífico Central

Rendimiento: 60
Ciclo de Costeo: 12
Tipo de Cambio: \$501,15

Unidad de Costo: ton
Medida de ciclo: Meses
Fecha Actualización: 26/03/2025

LABORES MECANIZADAS / CONTRATADAS								
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)
1	Carga de la caña	Labores contratadas	t		60,00	\$1 680,00	\$100 800,00	\$201,14
2	Acarreo cosecha e insumos	Labores contratadas	t		60,00	\$2 815,00	\$168 900,00	\$337,02
Total labores mecanizadas:							\$269 700,00	\$538,16

LABORES MANUALES								
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)
1	Control de malezas (Preemergente)	Labores culturales		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42
2	Aplicación fertilizante	Fertilización manual		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42
3	Aplicación mecánica	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42
4	Aplicación Rodenticida	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	4,00	\$1 529,62	\$6 118,48	\$12,21
5	Corta manual (Caña quemada)	Cosecha manual		hora hombre	170,00	\$1 529,62	\$260 035,19	\$518,88
6	Rondas y quema del cañal	Cosecha manual		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42
7	Mantenimiento de rondas y caminos	Mantenimiento de fincas		hora hombre	16,00	\$1 529,62	\$24 473,90	\$48,84
Subtotal mano de obra directa:							\$339 575,36	\$677,59
Cargas Sociales y seguros laborales:							\$0,00	\$294,73
Total labores manuales:							\$487 279,32	\$972,32

INSUMOS (*)								
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)
1	Fertilizante Urea 46 %	Fertilizantes	1	saco	8,00	\$18 511,00	\$148 088,00	\$295,50
2	Ametrina, Terbutrina,	Herbicida		L	4,00	\$2 545,00	\$10 180,00	\$20,31
3	Diurón	Herbicida		kg	1,00	\$3 213,00	\$3 213,00	\$6,41
4	2,4-D, Picloram,	Herbicida	1	gl	0,30	\$14 028,00	\$4 208,40	\$8,40
5	Coadyuvante	Coadyuvantes y adherentes		kg	0,25	\$2 009,00	\$502,25	\$1,00
6	Coumatetralyl	Rodenticida		kg	1,50	\$6 300,00	\$9 450,00	\$18,86
Total insumos:							\$175 641,65	\$350,48

OTROS								
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)
1	Supervisión (administración)	Gastos administrativos		global	1,00	\$10 481,90	\$10 481,90	\$20,92
Subtotal otros costos:							\$10 481,90	\$20,92
Imprevistos: 5,00%							\$8 782,08	\$17,52
Total otros costos:							\$19 263,98	\$38,44

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				Costo Total	Costo Total (US)	%
				\$951 884,96	\$1 899,40	100,00%
				Costo Unitario:	\$15 864,75	\$31,66 /ton

SUPUESTOS Y ANOTACIONES								
1	Precio según III sondeo de insumos agropecuarios, Sepsa diciembre 2024							
2								
3								

Modelo costos de producción caña de azúcar para un rendimiento de 60. Información tomada textualmente de SEPSA (2025).

Actividad: CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum)
Unidad de Costeo: Hectáreas

Corte: 3

Sistema: Convencional seco
Ubicación: Región Pacífico Central
Elaborado por: Sepsa con apoyo de DIECA y la Dirección de la Región Pacífico Central

Rendimiento: 50
Ciclo de Costeo: 12
Tipo de Cambio: \$501,15

Unidad de Costo: ton
Medida de ciclo: Meses
Fecha Actualización: 26/03/2025

LABORES MECANIZADAS / CONTRATADAS									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Carga de la caña	Labores contratadas		t	50,00	\$1 680,00	\$84 000,00	\$167,61	9,18%
2	Acarreo cosecha e insumos	Labores contratadas		t	50,00	\$2 815,00	\$140 750,00	\$280,85	15,38%
Total labores mecanizadas:							\$224 750,00	\$448,47	24,56%

LABORES MANUALES										
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%	
1	Control de malezas (Preemergente)	Labores culturales		hora hombre	8,00	€1 529,62	€12 236,95	\$24,42	1,34%	
2	Aplicación fertilizante	Fertilización manual		hora hombre	8,00	€1 529,62	€12 236,95	\$24,42	1,34%	
3	Aplicación mecánica	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	8,00	€1 529,62	€12 236,95	\$24,42	1,34%	
4	Aplicación Rodenticida	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	4,00	€1 529,62	€6 118,48	\$12,21	0,67%	
5	Corta manual (Caña quemada)	Cosecha manual		hora hombre	170,00	€1 529,62	€260 035,19	\$518,88	28,42%	
6	Rondas y quema del cañal	Cosecha manual		hora hombre	8,00	€1 529,62	€12 236,95	\$24,42	1,34%	
7	Mantenimiento de rondas y caminos	Mantenimiento de fincas		hora hombre	16,00	€1 529,62	€24 473,90	\$48,84	2,67%	
Subtotal mano de obra directa:							€339 575,36	\$677,59	37,11%	
Cargas Sociales y seguros laborales:						€0,00	43,50%	€147 703,96	\$294,73	16,14%
Total labores manuales:							€487 279,32	\$972,32	53,26%	

INSUMOS (*)									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Fertilizante Urea 46 %	Fertilizantes	1	saco	8,00	\$18 511,00	\$148 088,00	\$295,50	16,19%
2	Ametrina, Terbutrina,	Herbicida		L	4,00	\$2 545,00	\$10 180,00	\$20,31	1,11%
3	Diurón	Herbicida		kg	1,00	\$3 213,00	\$3 213,00	\$6,41	0,35%
4	2,4-D, Picloram,	Herbicida	1	g	0,30	\$14 028,00	\$4 208,40	\$8,40	0,46%
5	Coadyuvante	Coadyuvantes y adherentes		kg	0,25	\$2 009,00	\$502,25	\$1,00	0,05%
6	Coumatetralyl	Rodenticida		kg	1,50	\$6 300,00	\$9 450,00	\$18,86	1,03%
Total insumos:							\$175 641,65	\$350,48	19,20%

OTROS									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Análisis suelo	Análisis de suelos	2	global	1,00	\$8 000,32	\$8 000,32	\$15,96	0,87%
2	Supervisión (administración)	Gastos administrativos		global	1,00	\$10 481,90	\$10 481,90	\$20,92	1,15%
Subtotal otros costos:							\$18 482,22	\$36,88	2,02%
Imprevistos: 5,00%							\$8 782,08	\$17,52	0,96%
Total otros costos:							\$27 264,30	\$54,40	2,98%

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							Costo Total	Costo Total (US)	%
							\$914 935,28	\$1 825,67	100,00%
							Costo Unitario:	\$18 298,71	#(DIV/01) /ton

SUPUESTOS Y ANOTACIONES									
1	Precio según III sondeo de insumos agropecuarios, Sepsa diciembre 2024								
2	Se recomienda realizar un análisis de suelo antes de iniciar la siembra para validar el estado nutricional del suelo y realizar año por medio.								
3									

Modelo costos de producción caña de azúcar para un rendimiento de 50. Información tomada textualmente de SEPSA (2025).

Actividad: CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum)

Corte: 4

Unidad de Costeo: Hectáreas

Sistema: Convencional seco
Ubicación: Región Pacífico Central
Elaborado por: Sepsa con apoyo de DIECA y la Dirección de la Región Pacífico Central

Rendimiento: 40
Ciclo de Costeo: 12
Tipo de Cambio: \$501,15
Unidad de Costo: ton
Medida de ciclo: Meses
Fecha Actualización: 26/03/2025

LABORES MECANIZADAS / CONTRATADAS								
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)
1	Carga de la caña	Labores contratadas		t	40,00	\$1 680,00	\$67 200,00	\$134,09
2	Acarreo cosecha e insumos	Labores contratadas		t	40,00	\$2 815,00	\$112 600,00	\$224,68
Total labores mecanizadas:							\$179 800,00	\$358,77

LABORES MANUALES								
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)
1	Control de malezas (Preemergente)	Labores culturales		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42
2	Aplicación fertilizante	Fertilización manual		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42
3	Aplicación mecánica	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42
4	Aplicación Rodenticida	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	4,00	\$1 529,62	\$6 118,48	\$12,21
5	Corta manual (Caña quemada)	Cosecha manual		hora hombre	170,00	\$1 529,62	\$260 035,19	\$518,88
6	Rondas y quema del cañal	Cosecha manual		hora hombre	8,00	\$1 529,62	\$12 236,95	\$24,42
7	Mantenimiento de rondas y caminos	Mantenimiento de fincas		hora hombre	16,00	\$1 529,62	\$24 473,90	\$48,84
Subtotal mano de obra directa:							\$339 575,36	\$677,59
Cargas Sociales y seguros laborales:							\$0,00	\$0,00
Total labores manuales:							\$487 279,32	\$974,52

INSUMOS (*)								
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)
1	Fertilizante Urea 46 %	Fertilizantes	1	saco	8,00	\$18 511,00	\$148 088,00	\$295,50
2	Ametrina, Terbutrina,	Herbicida		L	4,00	\$2 545,00	\$10 180,00	\$20,31
3	Diurón	Herbicida		kg	1,00	\$3 213,00	\$3 213,00	\$6,41
4	2,4-D, Picloram,	Herbicida	1	gl	0,30	\$14 028,00	\$4 208,40	\$8,40
5	Coadyuvante	Coadyuvantes y adherentes		kg	0,25	\$2 009,00	\$502,25	\$1,00
6	Coumatetralyl	Rodenticida		kg	1,50	\$6 300,00	\$9 450,00	\$18,86
Total insumos:							\$175 641,65	\$350,48

OTROS								
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)
1	Supervisión (administración)	Gastos administrativos		global	1,00	\$10 481,90	\$10 481,90	\$20,92
Subtotal otros costos:							\$10 481,90	\$20,92
Imprevistos: 5,00%							\$524,09	\$1,05
Total otros costos:							\$11 005,99	\$21,97

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				Costo Total	Costo Total (US)	%
				\$861 984,96	\$1 720,01	100,00%
				Costo Unitario:	\$21 549,62	\$43,00 /ton

SUPUESTOS Y ANOTACIONES								
1	Precio según III sondeo de insumos agropecuarios, Sepsa diciembre 2024							
2								
3								

Modelo costos de producción caña de azúcar para un rendimiento de 40. Información tomada textualmente de SEPSA (2025).

Actividad: CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum)

Corte: 5

Unidad de Costeo: Hectáreas

Sistema: Convencional seco
Ubicación: Región Pacífico Central
Elaborado por: Sepsa con apoyo de DIECA y la Dirección de la Región Pacífico Central

Rendimiento: 30
Ciclo de Costeo: 12
Tipo de Cambio: \$501,15
Unidad de Costo: ton
Medida de ciclo: Meses
Fecha Actualización: 26/03/2025

LABORES MECANIZADAS / CONTRATADAS									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Carga de la caña	Labores contratadas	t		30,00	\$1 680,00	\$50 400,00	\$100,57	6,17%
2	Acarreo cosecha e insumos	Labores contratadas	t		30,00	\$2 815,00	\$84 450,00	\$168,51	10,34%
Total labores mecanizadas:							\$134 850,00	\$269,08	16,50%

LABORES MANUALES										
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%	
1	Control de malezas (Preemergente)	Labores culturales		hora hombre	8,00	€1 529,62	€12 236,95	\$24,42	1,50%	
2	Aplicación fertilizante	Fertilización manual		hora hombre	8,00	€1 529,62	€12 236,95	\$24,42	1,50%	
3	Aplicación mecánica	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	8,00	€1 529,62	€12 236,95	\$24,42	1,50%	
4	Aplicación Rodenticida	Control de plagas y enfermedades		hora hombre	4,00	€1 529,62	€6 118,48	\$12,21	0,75%	
5	Corta manual (Caña quemada)	Cosecha manual		hora hombre	170,00	€1 529,62	€260 035,19	\$518,88	31,83%	
6	Rondas y quema del cañal	Cosecha manual		hora hombre	8,00	€1 529,62	€12 236,95	\$24,42	1,50%	
7	Mantenimiento de rondas y caminos	Mantenimiento de fincas		hora hombre	16,00	€1 529,62	€24 473,90	\$48,84	3,00%	
Subtotal mano de obra directa:							€339 575,36	\$677,59	41,56%	
Cargas Sociales y seguros laborales:						€0,00	43,50%	€147 703,96	\$294,73	18,08%
Total labores manuales:							€487 279,32	\$972,32	\$9,64%	

INSUMOS (*)									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Fertilizante Urea 46 %	Fertilizantes	1	saco	8,00	\$18 511,00	\$148 088,00	\$295,50	18,13%
2	Ametrina, Terbutrina,	Herbicida		L	4,00	\$2 545,00	\$10 180,00	\$20,31	1,25%
3	Diurón	Herbicida		kg	1,00	\$3 213,00	\$3 213,00	\$6,41	0,39%
4	2,4-D, Picloram,	Herbicida	1	gl	0,30	\$14 028,00	\$4 208,40	\$8,40	0,52%
5	Coadyuvante	Coadyuvantes y adherentes		kg	0,25	\$2 009,00	\$502,25	\$1,00	0,06%
6	Coumatetralyl	Rodenticida		kg	1,50	\$6 300,00	\$9 450,00	\$18,86	1,16%
Total insumos:							\$175 641,65	\$350,48	21,50%

OTROS									
#	Tarea/Insumos	Categoría	Notas	Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Costo Total (US)	%
1	Supervisión (administración)	Gastos administrativos		global	1,00	\$10 481,90	\$10 481,90	\$20,92	1,28%
Subtotal otros costos:							\$10 481,90	\$20,92	1,28%
Imprevistos: 5,00%							\$8 782,08	\$17,52	1,07%
Total otros costos:							\$19 263,98	\$38,44	2,36%

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							Costo Total	Costo Total (US)	%
							\$817 034,96	\$1 630,32	100,00%
							Costo Unitario:	\$27 234,50	\$54,34 /ton

SUPUESTOS Y ANOTACIONES									
#									
1	Precio según III sondeo de insumos agropecuarios, Sepsa diciembre 2024								
2									
3									

Modelo costos de producción caña de azúcar para un rendimiento de 30. Información tomada textualmente de SEPSA (2025).

A. 4 COSTOS DE GANADERÍA

Precio promedio en subasta del ganado en pie, categoría hembras [CRC/kg]. Información extraída de CORFOGA (2025).

Mes	000-100 (kg)	101-150 (kg)	151-200 (kg)	201-250 (kg)	251-300 (kg)	301-350 (kg)	351-400 (kg)	401-500 (kg)	> 500 (kg)
Abril 2024	1354.44	1386.04	1339.32	1270.63	1208.35	1198.86	1210.95	1224.55	1226.67
Mayo 2024	1300.71	1345.32	1326.47	1266.67	1216.83	1227.82	1254.91	1267.16	1249.92
Junio 2024	1295.85	1408.98	1382.23	1293.09	1238.72	1249.23	1260.72	1262.98	1272.57
Julio 2024	1206.86	1317.95	1308.11	1233.26	1221.63	1217.03	1213.07	1230.19	1264.37
Agosto 2024	1262.26	1374.02	1359.42	1236.56	1198.99	1184.41	1215.87	1202.96	1204.98
Septiembre 2024	1241.12	1315.08	1245.2	1233.87	1191.39	1199.2	1201.7	1198.15	1194.28
Octubre 2024	1225.02	1246.44	1278.14	1206.92	1174.64	1176.26	1214.55	1236.66	1230.78
Noviembre 2024	1084.1	1169	1196.45	1181.62	1157.09	1170.61	1208.9	1212.65	1236.6
Diciembre 2024	1031.52	1138.13	1176.9	1159.85	1161.69	1139.9	1185.09	1225.46	1275.54
Enero 2025	1106.97	1166.27	1184.06	1161.57	1149.17	1163.52	1174.29	1206.09	1228.2
Febrero 2025	1088.83	1177.51	1213.32	1185.72	1136.24	1157.68	1187.58	1215.54	1253.52
Marzo 2025	1132.17	1225.63	1220.7	1192.52	1202.75	1213.79	1233.66	1250.32	1274.52
Abril 2025	1175.31	1250.1	1263.42	1231.24	1197.48	1195.74	1239.16	1242.31	1277.52

Precio promedio en subasta del ganado en pie, categoría machos [CRC/kg]. Información extraída de CORFOGA (2025).

Mes	000-100 (kg)	101-150 (kg)	151-200 (kg)	201-250 (kg)	251-300 (kg)	301-350 (kg)	351-400 (kg)	401-500 (kg)	> 500 (kg)
abr-24	1475.98	1570.07	1592.97	1560.83	1488.92	1447.77	1416.95	1454.52	1487.77
may-24	1435.01	1529.47	1569.37	1472.41	1440.08	1374.21	1430.72	1469.48	1478.42
jun-24	1371.17	1630.73	1573.98	1499.69	1466.27	1419.92	1444.32	1473.92	1508.51
jul-24	1551.18	1537.29	1591.62	1466.07	1441.12	1387.47	1363.73	1414.6	1475.6
ago-24	1368.12	1542.37	1457.64	1459.12	1436.31	1393.28	1382.61	1418.55	1482.9
sep-24	1261.64	1516.06	1480.72	1426.48	1436.87	1390.85	1375.76	1407.91	1463.37
oct-24	1202.76	1455.92	1464.81	1433.51	1409.79	1353.51	1360.19	1432.1	1474.9
nov-24	1049.2	1336.76	1402.59	1349.14	1349.73	1326.07	1324.89	1369.15	1448.93
dic-24	1139.12	1312.09	1380	1361.92	1348.92	1360.87	1339.1	1385.8	1440.62
ene-25	1170.73	1319.18	1325	1341.31	1328	1325.02	1339.19	1405.72	1453.87
feb-25	1436.45	1324.17	1308.43	1378.77	1351.06	1321.85	1357.47	1420.25	1478.26
mar-25	1258.66	1418.71	1526.73	1471.8	1390.19	1411.28	1397.71	1458.47	1509.74
abr-25	1337.47	1490.22	1497.51	1467.07	1461.15	1450.96	1413.57	1432.8	1500.5

A.5 LISTADO DE FUNCIONES DE VULNERABILIDAD Y FUENTES DE INFORMACIÓN

A continuación, se presentan el nombre, descripción, fuente, forma funcional y medida de intensidad de la amenaza a la cual está indexado cada modelo de vulnerabilidad. No se incluyen los modelos de vulnerabilidad del Proyecto Operacional 2 de agricultura, debido a que estos no siguen funciones de vulnerabilidad, y se encuentran totalmente definidos en la sección 4.2 de este documento.

A.5.1 Proyecto Estratégico: Heredia

Sismo

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
Edificaciones	Edificaciones	EQ_S_1	Acero estructural - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.23s	gal
		EQ_S_2	Acero estructural - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.37s	gal
		EQ_S_3	Acero estructural - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.50s	gal
		EQ_S_8	Acero estructural - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 1.0s	gal
		EQ_A_1	Adobe - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_B_1	Bahareque - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_B_2	Bahareque - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_CB_A_1	Bloques de concreto - categoría alta - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_CB_A_2	Bloques de concreto - categoría alta - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.13s	gal
		EQ_CB_A_3	Bloques de concreto - categoría alta - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.17s	gal
		EQ_CB_A_4	Bloques de concreto - categoría alta - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.21s	gal
		EQ_CB_A_5	Bloques de concreto - categoría alta - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.25s	gal
		EQ_CB_B_1	Bloques de concreto - categoría baja - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_CB_M_1	Bloques de concreto - categoría media - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_CB_M_2	Bloques de concreto - categoría media - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.14s	gal
		EQ_CB_M_3	Bloques de concreto - categoría media - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.18s	gal
		EQ_CB_M_4	Bloques de concreto - categoría media - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.49s	gal
		EQ_CB_M_5	Bloques de concreto - categoría media - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.26s	gal
		EQ_C_1	Concreto armado - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.23s	gal
		EQ_C_2	Concreto armado - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.37s	gal
		EQ_C_3	Concreto armado - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.49s	gal
		EQ_C_4	Concreto armado - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.60s	gal
		EQ_C_5	Concreto armado - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.70s	gal
		EQ_C_6	Concreto armado - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.80s	gal
		EQ_C_7	Concreto armado - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.88s	gal
		EQ_C_8	Concreto armado - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.97s	gal
		EQ_C_9	Concreto armado - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 1.05s	gal

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
		EQ_W	Madera	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_PRE_1	Prefabricado - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.23s	gal
		EQ_PRE_2	Prefabricado - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.38s	gal
		EQ_PRE_3	Prefabricado - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.50s	gal
		EQ_PRE_4	Prefabricado - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.62s	gal
		EQ_PRE_5	Prefabricado - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.72s	gal
		EQ_PRE_6	Prefabricado - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.82s	gal
		EQ_PRE_7	Prefabricado - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.91s	gal
		EQ_PRE_8	Prefabricado - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 1.00s	gal
		EQ_PRE_9	Prefabricado - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 1.10s	gal
	Hospitales	EQ_HS_CB_A1_1	Bloques de concreto - Arquetipo1 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_HS_CB_A1_2	Bloques de concreto - Arquetipo1 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_HS_C_A2_1	Concreto armado - Arquetipo2 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.23s	gal
		EQ_HS_C_A2_2	Concreto armado - Arquetipo2 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.37s	gal
		EQ_HS_C_A3_1	Concreto armado - Arquetipo3 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.23s	gal
		EQ_HS_C_A3_2	Concreto armado - Arquetipo3 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.37s	gal
		EQ_HS_C_A3_3	Concreto armado - Arquetipo3 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.49s	gal
		EQ_HS_C_A3_4	Concreto armado - Arquetipo3 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.60s	gal

Inundación

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
Edificaciones	Edificaciones	FL_S_1	Acero estructural - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_S_2	Acero estructural - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_S_3	Acero estructural - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_S_8	Acero estructural - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_A_1	Adobe - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_B_1	Bahareque - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_B_2	Bahareque - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_A_1	Bloques de concreto - alto - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_A_2	Bloques de concreto - alto - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_A_3	Bloques de concreto - alto - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_A_4	Bloques de concreto - alto - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_A_5	Bloques de concreto - alto - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_B_1	Bloques de concreto - bajo - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_M_1	Bloques de concreto - medio - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_M_2	Bloques de concreto - medio - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
		FL_CB_M_3	Bloques de concreto - medio - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_M_4	Bloques de concreto - medio - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_CB_M_5	Bloques de concreto - medio - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_C_1	Concreto armado - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_C_2	Concreto armado - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_C_3	Concreto armado - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_C_4	Concreto armado - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_C_5	Concreto armado - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_C_6	Concreto armado - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_C_7	Concreto armado - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_C_8	Concreto armado - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_C_9	Concreto armado - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_W	Madera	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_PRE_1	Prefabricado - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_PRE_2	Prefabricado - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_PRE_3	Prefabricado - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_PRE_4	Prefabricado - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_PRE_5	Prefabricado - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_PRE_6	Prefabricado - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_PRE_7	Prefabricado - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_PRE_8	Prefabricado - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_PRE_9	Prefabricado - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
	Hospitales	FL_HS_CB_A1_1	Bloques de concreto - Arquetipo1 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_HS_CB_A1_2	Bloques de concreto - Arquetipo1 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_HS_C_A2_1	Concreto armado - Arquetipo2 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_HS_C_A2_2	Concreto armado - Arquetipo2 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_HS_C_A3_1	Concreto armado - Arquetipo3 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_HS_C_A3_2	Concreto armado - Arquetipo3 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_HS_C_A3_3	Concreto armado - Arquetipo3 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_HS_C_A3_4	Concreto armado - Arquetipo3 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m

A. 5.2 Proyecto Operacional 1: Ruta Nacional RN2

Sismo

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
Carretero	Segmento Vial	EQ_RN_S2	Vías nacional - sin estructuras de contención	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGD	cm

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
		EQ_RN_S3	Vías nacional - reconfiguración de taludes	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGD	cm
		EQ_RN_S4	Vías nacional - estructuras de contención y reconfiguración de taludes	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGD	cm
	Puentes	EQ_HWB1_NC3	Puente HWB1 - 3 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB1_NC4	Puente HWB1 - 4 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB5_NC3	Puente HWB5 - 3 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB5_NC4	Puente HWB5 - 4 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB10	Puente HWB10	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB10_NC3	Puente HWB10 - 3 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB10_SK15	Puente HWB10 - sesgo: 15° (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB10_SK30	Puente HWB10 - sesgo: 30° (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB11	Puente HWB11	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB12	Puente HWB12	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB12_NC2	Puente HWB12 - 2 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB12_NC2_SK19	Puente HWB12 - 2 claros y sesgo 19° (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB12_NC3	Puente HWB12 - 3 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB12_NC3_SK15	Puente HWB12 - 3 claros y sesgo 15° (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB12_NC4	Puente HWB12 - 4 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB12_NC4_SK55	Puente HWB12 - 4 claros y sesgo 55° (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB15	Puente HWB15	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB15_NC3	Puente HWB15 - 3 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB15_NC4	Puente HWB15 - 4 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB17	Puente HWB17	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB17_NC2	Puente HWB17 - 2 claros (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB17_NC2_SK40	Puente HWB17 - 2 claros y sesgo: 40° (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB17_SK40	Puente HWB17 - sesgo: 40° (HAZUS)	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB23	Puente HWB23	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g
		EQ_HWB28	Puente HWB28	HAZUS EQ Model 6.1	ATC-13	Sa - 1.0s	g

Inundación

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
Carretero	Segmento Vial	FL_RN_S2	Vías nacional - pendiente max 14%	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_RN_S3	Vías nacional - pendiente max 25%	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_RN_S4	Vías nacional - pendiente mayor a 25%	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
	Puentes	FL_BRIDGE	Puentes - operación limitada	INGENIAR	No paramétrica	Altura	m

Ceniza volcánica

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
Carretero	Segmento Vial y Puentes	ASH_RD	Vías - operación limitada	INGENIAR	No paramétrica	Espesor	cm

A. 5.3 Proyecto Operacional 3: Fu-Turismo

Sismo

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
Hotelero	Hoteles	EQ_H_CB_A1_2_1	Bloques de concreto - Tipo A1_2 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_H_CB_A3_1	Bloques de concreto - Tipo A3 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_H_CB_A4_1	Bloques de concreto - Tipo A4 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_H_CB_A5_1	Bloques de concreto - Tipo A5 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	PGA	gal
		EQ_H_CB_A1_2_2	Bloques de concreto - Tipo A1_2 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.13s	gal
		EQ_H_CB_A3_2	Bloques de concreto - Tipo A3 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.13s	gal
		EQ_H_CB_A4_2	Bloques de concreto - Tipo A4 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.13s	gal
		EQ_H_CB_A5_2	Bloques de concreto - Tipo A5 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.13s	gal
		EQ_H_C_B1_2_1	Concreto armado - Tipo B1_2 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.23s	gal
		EQ_H_C_B3_1	Concreto armado - Tipo B3 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.23s	gal
		EQ_H_C_B4_1	Concreto armado - Tipo B4 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.23s	gal
		EQ_H_C_B5_1	Concreto armado - Tipo B5 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.23s	gal
		EQ_H_C_B1_2_2	Concreto armado - Tipo B1_2 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.37s	gal
		EQ_H_C_B3_2	Concreto armado - Tipo B3 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.37s	gal
		EQ_H_C_B4_2	Concreto armado - Tipo B4 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.37s	gal
		EQ_H_C_B5_2	Concreto armado - Tipo B5 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.37s	gal
		EQ_H_C_B1_2_3	Concreto armado - Tipo B1_2 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.49s	gal
		EQ_H_C_B3_3	Concreto armado - Tipo B3 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.49s	gal
		EQ_H_C_B4_3	Concreto armado - Tipo B4 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.49s	gal
		EQ_H_C_B5_3	Concreto armado - Tipo B5 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.49s	gal
		EQ_H_C_B1_2_4	Concreto armado - Tipo B1_2 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.60s	gal
		EQ_H_C_B3_4	Concreto armado - Tipo B3 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.60s	gal
		EQ_H_C_B4_4	Concreto armado - Tipo B4 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.60s	gal
		EQ_H_C_B5_4	Concreto armado - Tipo B5 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.60s	gal
		EQ_H_C_B1_2_5	Concreto armado - Tipo B1_2 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.70s	gal
		EQ_H_C_B3_5	Concreto armado - Tipo B3 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.70s	gal
		EQ_H_C_B4_5	Concreto armado - Tipo B4 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.70s	gal
		EQ_H_C_B5_5	Concreto armado - Tipo B5 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.70s	gal

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
		EQ_H_C_B1_2_6	Concreto armado - Tipo B1_2 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.79s	gal
		EQ_H_C_B3_6	Concreto armado - Tipo B3 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.79s	gal
		EQ_H_C_B4_6	Concreto armado - Tipo B4 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.79s	gal
		EQ_H_C_B5_6	Concreto armado - Tipo B5 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.79s	gal
		EQ_H_C_B1_2_7	Concreto armado - Tipo B1_2 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.88s	gal
		EQ_H_C_B3_7	Concreto armado - Tipo B3 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.88s	gal
		EQ_H_C_B4_7	Concreto armado - Tipo B4 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.88s	gal
		EQ_H_C_B5_7	Concreto armado - Tipo B5 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.88s	gal
		EQ_H_C_B1_2_8	Concreto armado - Tipo B1_2 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.97s	gal
		EQ_H_C_B3_8	Concreto armado - Tipo B3 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.97s	gal
		EQ_H_C_B4_8	Concreto armado - Tipo B4 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.97s	gal
		EQ_H_C_B5_8	Concreto armado - Tipo B5 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.97s	gal
		EQ_H_C_B1_2_9	Concreto armado - Tipo B1_2 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.69s	gal
		EQ_H_C_B3_9	Concreto armado - Tipo B3 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.69s	gal
		EQ_H_C_B4_9	Concreto armado - Tipo B4 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.69s	gal
		EQ_H_C_B5_9	Concreto armado - Tipo B5 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.69s	gal
		EQ_H_C_B1_2_10	Concreto armado - Tipo B1_2 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.74s	gal
		EQ_H_C_B3_10	Concreto armado - Tipo B3 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.74s	gal
		EQ_H_C_B4_10	Concreto armado - Tipo B4 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.74s	gal
		EQ_H_C_B5_10	Concreto armado - Tipo B5 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.74s	gal
		EQ_H_C_B1_2_11	Concreto armado - Tipo B1_2 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.79s	gal
		EQ_H_C_B3_11	Concreto armado - Tipo B3 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.79s	gal
		EQ_H_C_B4_11	Concreto armado - Tipo B4 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.79s	gal
		EQ_H_C_B5_11	Concreto armado - Tipo B5 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.79s	gal
		EQ_H_C_B1_2_12	Concreto armado - Tipo B1_2 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.84s	gal
		EQ_H_C_B3_12	Concreto armado - Tipo B3 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.84s	gal
		EQ_H_C_B4_12	Concreto armado - Tipo B4 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.84s	gal
		EQ_H_C_B5_12	Concreto armado - Tipo B5 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Sa - 0.84s	gal

Inundación

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
Hotelero	Hoteles	FL_H_CB_A1_2_1	Bloques de concreto - Tipo A1_2 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_CB_A3_1	Bloques de concreto - Tipo A3 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_CB_A4_1	Bloques de concreto - Tipo A4 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_CB_A5_1	Bloques de concreto - Tipo A5 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_CB_A1_2_2	Bloques de concreto - Tipo A1_2 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
		FL_H_CB_A3_2	Bloques de concreto - Tipo A3 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_CB_A4_2	Bloques de concreto - Tipo A4 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_CB_A5_2	Bloques de concreto - Tipo A5 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_1	Concreto armado - Tipo B1_2 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_1	Concreto armado - Tipo B3 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_1	Concreto armado - Tipo B4 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_1	Concreto armado - Tipo B5 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_2	Concreto armado - Tipo B1_2 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_2	Concreto armado - Tipo B3 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_2	Concreto armado - Tipo B4 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_2	Concreto armado - Tipo B5 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_3	Concreto armado - Tipo B1_2 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_3	Concreto armado - Tipo B3 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_3	Concreto armado - Tipo B4 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_3	Concreto armado - Tipo B5 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_4	Concreto armado - Tipo B1_2 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_4	Concreto armado - Tipo B3 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_4	Concreto armado - Tipo B4 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_4	Concreto armado - Tipo B5 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_5	Concreto armado - Tipo B1_2 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_5	Concreto armado - Tipo B3 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_5	Concreto armado - Tipo B4 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_5	Concreto armado - Tipo B5 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_6	Concreto armado - Tipo B1_2 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_6	Concreto armado - Tipo B3 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_6	Concreto armado - Tipo B4 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_6	Concreto armado - Tipo B5 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_7	Concreto armado - Tipo B1_2 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_7	Concreto armado - Tipo B3 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_7	Concreto armado - Tipo B4 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_7	Concreto armado - Tipo B5 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_8	Concreto armado - Tipo B1_2 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_8	Concreto armado - Tipo B3 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_8	Concreto armado - Tipo B4 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_8	Concreto armado - Tipo B5 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_9	Concreto armado - Tipo B1_2 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_9	Concreto armado - Tipo B3 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_9	Concreto armado - Tipo B4 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_9	Concreto armado - Tipo B5 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
		FL_H_C_B1_2_10	Concreto armado - Tipo B1_2 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_10	Concreto armado - Tipo B3 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_10	Concreto armado - Tipo B4 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_10	Concreto armado - Tipo B5 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_11	Concreto armado - Tipo B1_2 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_11	Concreto armado - Tipo B3 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_11	Concreto armado - Tipo B4 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_11	Concreto armado - Tipo B5 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B1_2_12	Concreto armado - Tipo B1_2 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B3_12	Concreto armado - Tipo B3 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B4_12	Concreto armado - Tipo B4 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		FL_H_C_B5_12	Concreto armado - Tipo B5 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m

Inundación costera

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
Hotelero	Hoteles	CFL_H_CB_A1_2_1	Bloques de concreto - Tipo A1_2 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_CB_A3_1	Bloques de concreto - Tipo A3 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_CB_A4_1	Bloques de concreto - Tipo A4 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_CB_A5_1	Bloques de concreto - Tipo A5 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_CB_A1_2_2	Bloques de concreto - Tipo A1_2 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_CB_A3_2	Bloques de concreto - Tipo A3 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_CB_A4_2	Bloques de concreto - Tipo A4 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_CB_A5_2	Bloques de concreto - Tipo A5 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_1	Concreto armado - Tipo B1_2 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_1	Concreto armado - Tipo B3 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_1	Concreto armado - Tipo B4 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_1	Concreto armado - Tipo B5 - 1 piso	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_2	Concreto armado - Tipo B1_2 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_2	Concreto armado - Tipo B3 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_2	Concreto armado - Tipo B4 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_2	Concreto armado - Tipo B5 - 2 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_3	Concreto armado - Tipo B1_2 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_3	Concreto armado - Tipo B3 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_3	Concreto armado - Tipo B4 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_3	Concreto armado - Tipo B5 - 3 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_4	Concreto armado - Tipo B1_2 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m

Sector	Portafolio	Curva	Descripción	Fuente	Tipo de función	Intensidad	Unidad
		CFL_H_C_B3_4	Concreto armado - Tipo B3 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_4	Concreto armado - Tipo B4 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_4	Concreto armado - Tipo B5 - 4 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_5	Concreto armado - Tipo B1_2 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_5	Concreto armado - Tipo B3 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_5	Concreto armado - Tipo B4 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_5	Concreto armado - Tipo B5 - 5 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_6	Concreto armado - Tipo B1_2 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_6	Concreto armado - Tipo B3 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_6	Concreto armado - Tipo B4 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_6	Concreto armado - Tipo B5 - 6 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_7	Concreto armado - Tipo B1_2 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_7	Concreto armado - Tipo B3 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_7	Concreto armado - Tipo B4 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_7	Concreto armado - Tipo B5 - 7 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_8	Concreto armado - Tipo B1_2 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_8	Concreto armado - Tipo B3 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_8	Concreto armado - Tipo B4 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_8	Concreto armado - Tipo B5 - 8 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_9	Concreto armado - Tipo B1_2 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_9	Concreto armado - Tipo B3 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_9	Concreto armado - Tipo B4 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_9	Concreto armado - Tipo B5 - 9 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_10	Concreto armado - Tipo B1_2 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_10	Concreto armado - Tipo B3 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_10	Concreto armado - Tipo B4 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_10	Concreto armado - Tipo B5 - 10 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_11	Concreto armado - Tipo B1_2 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_11	Concreto armado - Tipo B3 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_11	Concreto armado - Tipo B4 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_11	Concreto armado - Tipo B5 - 11 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B1_2_12	Concreto armado - Tipo B1_2 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B3_12	Concreto armado - Tipo B3 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B4_12	Concreto armado - Tipo B4 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m
		CFL_H_C_B5_12	Concreto armado - Tipo B5 - 12 pisos	INGENIAR	Arquetipo - No paramétrica	Altura	m

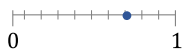
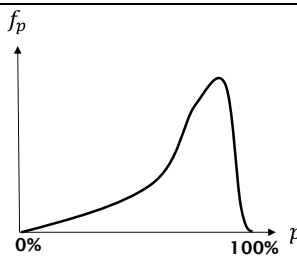
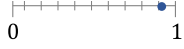
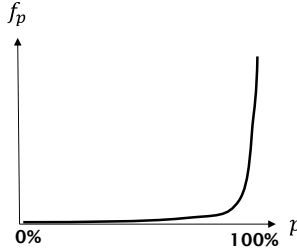
A. 6 LIMITACIONES EN EL USO Y DESARROLLO DE MODELOS DE VULNERABILIDAD

Los modelos de vulnerabilidad son representaciones matemáticas de la manera como se causan los daños y pérdidas en los elementos expuestos cuando se someten a fenómenos naturales adversos que causan una determinada intensidad en su ubicación. Dentro del universo de posibles maneras para modelar la vulnerabilidad, las funciones de vulnerabilidad resaltan como el método más apropiado para dar cuenta de las consecuencias en términos de pérdidas económicas, en el marco de una modelación de riesgo catastrófico.

En modelación del riesgo catastrófico las pérdidas se tratan como variables aleatorias. Esto permite considerar directamente en los cálculos la incertidumbre inherente a los montos de pérdida causados por uno u otro evento de un peligro que pueda manifestarse. Para generalizar, la pérdida puede definirse como una variable en el intervalo de 0 a 1, es decir, desde cero hasta el 100% del valor expuesto del elemento (i.e., su valor de reposición). El modelo de probabilidad más ampliamente usado para describir la pérdida relativa corresponde a la distribución *Beta*, propuesta por Anne Kiremidjian y otros autores en el desarrollo del documento ATC-13 y su comentario ATC-13-1 (ATC, 1985, 2002). La Tabla 45 ilustra las formas que toma de la distribución Beta ante diferentes combinaciones de valor esperado y varianza para la pérdida.

Tabla 45. Ilustración de la variación de la distribución Beta ante eventos de diferente nivel de intensidad.

Descripción	Momentos de probabilidad	Distribución Beta
<i>Evento de muy baja intensidad:</i> Se espera un valor bajo de pérdida con una dispersión baja. Es decir, si la intensidad es muy baja se sabe que la pérdida será baja sin mucha variabilidad. La distribución exhibe un comportamiento exponencial negativo, con un rápido decrecimiento. Es decir que la mayor densidad de probabilidad se concentra cerca de pérdida cero, como es de esperarse ante un intensidad muy baja.	$E(p)$ $Var(p)$	
<i>Evento de intensidad baja:</i> Aumenta el valor esperado de la pérdida y también aumenta su varianza (es decir, la pérdida es más incierta). La distribución es más ancha, centrada más a la derecha, pero aún sesgada hacia pérdidas bajas.	$E(p)$ $Var(p)$	
<i>Evento de intensidad intermedia:</i> El valor esperado de la pérdida es mucho mayor y la varianza es también la mayor posible. La distribución es ahora simétrica, con forma de campana, y lo más ancha posible, indicando que nos encontramos en el punto de mayor variabilidad posible para la pérdida.	$E(p)$ $Var(p)$	

Descripción	Momentos de probabilidad	Distribución Beta
<i>Evento de intensidad alta:</i> El valor esperado de la pérdida aumenta pero su varianza disminuye debido a que ante altas intensidades es cada vez menos incierto un nivel de daño elevado. La distribución empieza a sesgarse a la derecha hacia valores grandes de pérdida, con algo de densidad en pérdidas bajas, pero muy concentrada hacia grandes daños.	$E(p)$  $Var(p)$ 	
<i>Evento de muy alta intensidad:</i> El valor esperado de la pérdida es muy alto y su varianza pequeña debido a que no existe mucha incertidumbre acerca del nivel de daño para una intensidad muy alta. La distribución adquiere una forma de función exponencial, con un rápido crecimiento en los valores de densidad, indicando que es casi seguro que las pérdidas sean muy elevadas.	$E(p)$  $Var(p)$ 	

Las funciones de vulnerabilidad son una representación matemática de la vulnerabilidad física. Se compone de dos funciones diferentes: una función que describe la variación del valor esperado de la pérdida con la intensidad del fenómeno y otra que describe la variación de la varianza. Es decir, agrupa en un solo objeto matemático la variación de la pérdida como función de la intensidad del fenómeno. La Figura 94 muestra una ilustración de una función de vulnerabilidad típica, compuesta por las dos funciones que la definen: $E(p)$ que es el valor esperado de la pérdida y $Var(p)$ que es su varianza. Se trata siempre de pérdidas relativas (i.e., p existe solamente en el intervalo 0-1).

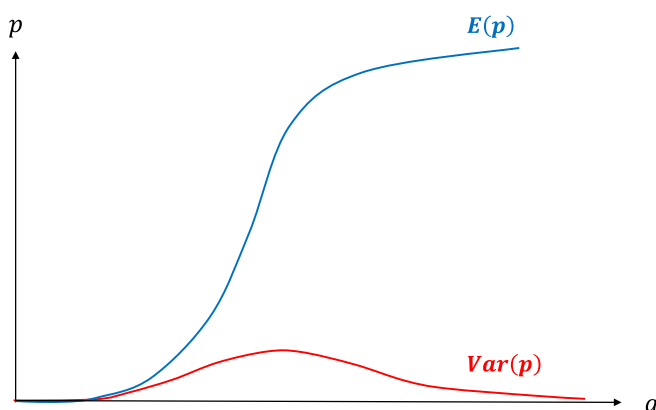


Figura 94. Ilustración de una función de vulnerabilidad

La forma de las funciones de valor esperado y varianza no es totalmente libre. En general debe cumplirse lo ilustrado en la Tabla 45, es decir, la función de valor esperado es necesariamente creciente, mientras que la función de varianza debe ser primero creciente y después decreciente para dar cuenta de forma apropiada de su variabilidad esperada con la intensidad del fenómeno.

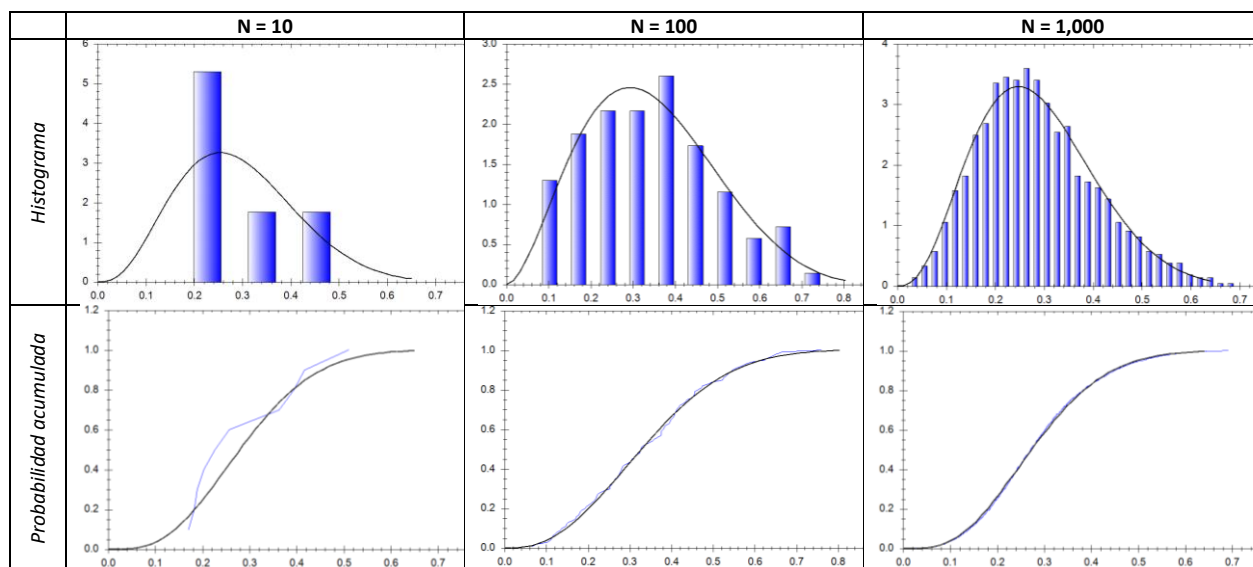
La Tabla 45 ilustra de manera muy clara, como la distribución de probabilidad de la pérdida cambia para cada posible valor de intensidad del fenómeno de amenaza. Es decir, si se quisiera generar un proceso de

validación estadística del modelo de probabilidad, sería necesario realizar un análisis independiente para un número amplio de valores de intensidad, que cubran todo el dominio de posibilidades de forma razonable. Dicha validación, no es más que un proceso estadístico de bondad de ajuste, con el cual es posible establecer si un conjunto de datos efectivamente se distribuye según lo indica un modelo de probabilidad.

Los métodos de bondad de ajuste verifican la capacidad de un modelo de probabilidad de describir una colección de datos, mediante la aplicación de una prueba de hipótesis. El resultado es una probabilidad que la hipótesis planteada se cumpla. Dicha probabilidad se predefine, por medio de la definición de un nivel de significancia de la prueba, que no es más que el complemento de la probabilidad de que la hipótesis sea cierta. Es común en estadística establecer niveles de significancia del 5% o inferiores. Los métodos de bondad de ajuste más usados a nivel internacional pueden categorizarse en dos tipos: aquellos que verifican el ajuste por medio del *histograma* de los datos, y aquellos que lo hacen por medio de una *función acumulada de probabilidad*.

La validación estadística de un modelo de probabilidad de la pérdida requiere entonces de un número importante de datos, en cada nivel de intensidad. Un número amplio de datos para la validación permite mejores aproximaciones al modelo de probabilidad real que describe los datos. Del mismo modo, un bajo número de datos impide la verificación estadística. La Tabla 46 ilustra el proceso de ajuste de una distribución Beta para 3 conjuntos aleatorios de datos, mediante los dos enfoques principales de ajuste previamente mencionados. Los conjuntos de datos tienen, respectivamente, 10, 100 y 1,000 valores observados.

Tabla 46. Ilustración del impacto del número de datos en la aplicación de métodos estadísticos de bondad de ajuste.



Como puede observarse, el ajuste de un modelo de probabilidad Beta para describir la pérdida, requeriría de un número importante de datos, posiblemente más de 100 observaciones por nivel de intensidad, e idealmente del orden de 1,000 observaciones por nivel de intensidad. En la práctica, esto se traduce en contar con entre 100 y 1,000 registros independientes de daño y pérdida en inmuebles o infraestructura

de una misma categoría, por cada nivel de intensidad. Por ejemplo, si se trata de un problema de vulnerabilidad ante inundaciones de edificaciones de madera de 1 piso de construcción informal, y se quisiera validar la vulnerabilidad de esas edificaciones para inundaciones de 1 m de altura sobre el nivel del terreno, se necesitarían entre 100 y 1,000 datos de pérdidas relativas registradas para ese tipo de edificaciones con esa altura de inundación. Si además se quiere validar estadísticamente una función de vulnerabilidad completa para esas edificaciones, sería necesario contar con ese número de datos para múltiples valores de intensidad, por ejemplo 0.1, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5, 2.0 y 3.0 metros de altura de inundación²¹. Es decir, en este ejemplo, un total de por lo menos 700 datos, e idealmente, 7,000 datos de pérdida a diferentes alturas de inundación para ese tipo de construcción únicamente. Dado que los portafolio de edificaciones contienen elementos en una amplia diversidad de tipos constructivos, las necesidades de información estadística crecen de forma muy significativa si se desea validar todas las funciones de vulnerabilidad en un modelo de riesgo por inundación. Esa situación sigue creciendo de forma crítica al incluir diferentes sectores del ambiente construido, y diferentes amenazas, en particular aquellas con frecuencias de ocurrencia muchísimo menores, como los terremotos o las erupciones volcánicas.

El ejemplo planteado anteriormente es ilustrativo de una situación ampliamente generalizada. No se cuenta con información suficiente sobre daños y pérdidas causadas en eventos históricos que permitan realizar un proceso de validación a la pérdida con base en estimaciones estadísticas. Este no es un problema exclusivo del riesgo de desastres en Costa Rica, sino una condición de base que se cumple en cualquier contexto y para cualquier amenaza en cualquier lugar del mundo.

Debido a esta realidad, la absoluta mayoría de los modelos de vulnerabilidad disponibles en la literatura están basados en simulaciones computacionales de la respuesta de los bienes inmuebles a las intensidades de amenaza, y en una muy menor proporción, en estudios sobre inmuebles reales o de escala reducida en condiciones de laboratorio. Estas son las únicas vías razonables para la obtención de una base estadística apropiada y suficiente, que permita definir el modelo de probabilidad de la pérdida como función de la intensidad de amenaza.

A modo de ejemplo, la Figura 95 muestra el resultado del trabajo de simulación del daño y pérdida por terremoto en edificaciones de pórticos en concreto reforzado de 7 pisos de altura, realizado por Vargas (2013) como parte de su investigación de tesis doctoral. En este trabajo, Vargas establece un arquetipo de modelación estructural para el cual aplica una metodología de modelación conocida como Análisis Dinámico Incremental (IDA por sus siglas en inglés), y que consiste en encontrar el nivel de daño que se causa en un modelo estructural del arquetipo definido, por medio de la modelación no lineal de su respuesta contra el tiempo ante el movimiento sísmico en la base impuesto por una amplia colección de acelerogramas de movimiento fuerte con intensidades incrementales (ver Vargas 2013). En la Figura 95, se incluyen los resultados, en términos de pares intensidad-pérdida, para las 24,000 simulaciones no lineales realizadas por Vargas, en un trabajo de investigación de 4 años. A partir de estos resultados, Vargas planteó una única función de vulnerabilidad sísmica para el arquetipo estructural mencionado.

²¹ Estos 7 valores de intensidad de inundación se presentan como un ejemplo y no constituyen un estándar.

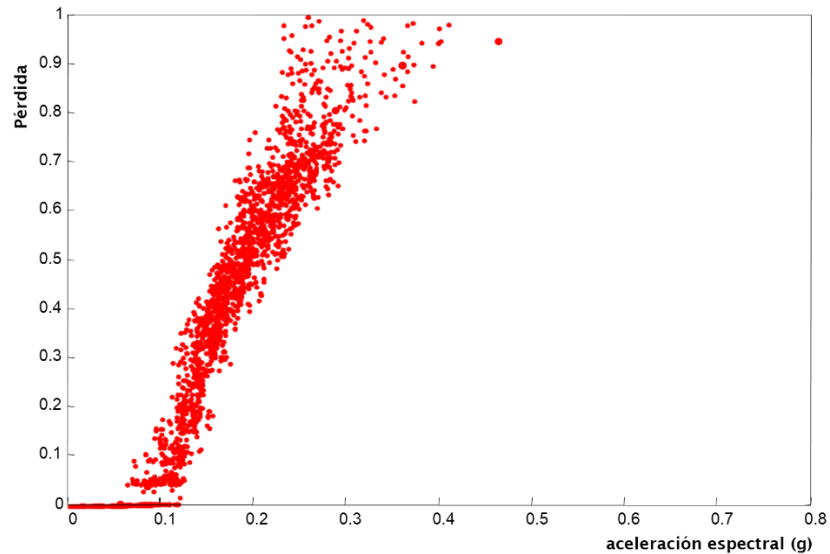


Figura 95. 24,000 pares intensidad-pérdida modelados por Vargas (2013) para un arquetipo estructural.

Lo anterior es un ejemplo de lo que implica el desarrollo de modelos de vulnerabilidad nuevos. Como puede observarse, se trata de una actividad altísimamente demandante, que se limita al ámbito académico y de investigación a nivel internacional. Evidentemente, el uso de uno u otro modelo de vulnerabilidad dentro de la oferta existente en la literatura, en aplicaciones prácticas de modelación del riesgo catastrófico, es una decisión de modelación que no puede ser validada ni con datos locales, ni con registros a nivel mundial, pues no existe dicha información. Es más, el proceso de construcción de estas funciones es mucho más riguroso de lo que podría ser el procedimiento de verificación. Esto significa que los modelos de vulnerabilidad ya se encuentran validados por sus propios autores, en base a la mejor información posible, que corresponde a aquella generada de forma sintética por medio de simulaciones computacionales o a nivel de laboratorio.

A.7 DATASET DE MODELOS DE EXPOSICIÓN Y VULNERABILIDAD

Como parte de los productos incluidos en este entregable, se estableció un repositorio web (Drive) para alojar los modelos del Proyecto Estratégico y de los Proyectos Operacionales 1, 2 y 3 para Costa Rica. Este repositorio compila los entregables 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 5a, 6a, 7a, 8a y 8b, correspondientes a los conjuntos de datos geoespaciales para modelos de exposición y vulnerabilidad.

A continuación, se presenta la lista de los archivos que componen este conjunto de datos.

El enlace para acceder al dataset es:

<https://1drv.ms/f/c/9f6f548dad075343/lgCGf6yf9s0HT54pSOBjr9ANAFRG4NLwY3k4cWA2Eky7McE?e=4ghig3>

A.7.1 Proyecto Estratégico: Demostración de Métodos de Evaluación de Riesgo para Infraestructura Crítica en Heredia

Modelo de exposición de edificaciones

Este directorio contiene los archivos correspondientes a los conjuntos de datos de edificaciones del cantón de Heredia.

File	Format
Edificaciones_Heredia_CR-SIRGAS	.shp
Edificaciones_Heredia_WGS84	.shp
Exposicion_Heredia	.csv

Los archivos en formato *.shp contienen los campos identificadores de cada una de las edificaciones del cantón de Heredia. Todas las capas están proyectadas en los sistemas de coordenadas CRTM05 y WGS 84.

El archivo en formato *.csv contiene los campos requeridos para el archivo de exposición, necesarios para la evaluación del riesgo.

Modelo de vulnerabilidad de edificaciones

Este directorio contiene los archivos correspondientes a la vulnerabilidad de edificaciones del cantón de Heredia, incluyendo las curvas de vulnerabilidad para las amenazas de inundación y sismo.

Este directorio contiene los siguientes archivos:

Curvas de inundación

File	Format
FL_A_1	.csv .fvu
FL_C_1	.csv .fvu
FL_C_2	.csv .fvu
FL_C_3	.csv .fvu

File	Format	
FL_C_4	.csv	.fvu
FL_C_5	.csv	.fvu
FL_C_6	.csv	.fvu
FL_C_7	.csv	.fvu
FL_C_8	.csv	.fvu
FL_C_9	.csv	.fvu
FL_CB_1	.csv	.fvu
FL_CB_2	.csv	.fvu
FL_CB_3	.csv	.fvu
FL_CB_4	.csv	.fvu
FL_CB_5	.csv	.fvu
FL_HS_ARQ_1	.csv	.fvu
FL_HS_ARQ_2	.csv	.fvu
FL_HS_ARQ_3	.csv	.fvu
FL_HS_ARQ_4	.csv	.fvu
FL_HS_ARQ_5	.csv	.fvu
FL_HS_ARQ_6	.csv	.fvu
FL_W_1	.csv	.fvu
FL_W_2	.csv	.fvu
Vul_inunda_Heredia	.dat	

Curvas Sismo

File	Format	
EQ_A_1	.csv	.fvu
EQ_B_1	.csv	.fvu
EQ_B_2	.csv	.fvu
EQ_C_1	.csv	.fvu
EQ_C_2	.csv	.fvu
EQ_C_3	.csv	.fvu
EQ_C_4	.csv	.fvu
EQ_C_5	.csv	.fvu
EQ_C_6	.csv	.fvu
EQ_C_7	.csv	.fvu
EQ_C_8	.csv	.fvu
EQ_C_9	.csv	.fvu
EQ_CB_A_1	.csv	.fvu
EQ_CB_A_2	.csv	.fvu
EQ_CB_A_3	.csv	.fvu
EQ_CB_A_4	.csv	.fvu
EQ_CB_A_5	.csv	.fvu
EQ_CB_B_1	.csv	.fvu
EQ_CB_M_1	.csv	.fvu
EQ_CB_M_2	.csv	.fvu
EQ_CB_M_3	.csv	.fvu

File	Format	
EQ_CB_M_4	.csv	.fvu
EQ_CB_M_5	.csv	.fvu
EQ_HS_ARQ_1	.csv	.fvu
EQ_HS_ARQ_2	.csv	.fvu
EQ_HS_ARQ_3	.csv	.fvu
EQ_HS_ARQ_4	.csv	.fvu
EQ_HS_ARQ_5	.csv	.fvu
EQ_HS_ARQ_6	.csv	.fvu
EQ_PRE_1	.csv	.fvu
EQ_PRE_2	.csv	.fvu
EQ_PRE_3	.csv	.fvu
EQ_PRE_4	.csv	.fvu
EQ_PRE_5	.csv	.fvu
EQ_PRE_6	.csv	.fvu
EQ_PRE_7	.csv	.fvu
EQ_PRE_8	.csv	.fvu
EQ_PRE_9	.csv	.fvu
EQ_S_1	.csv	.fvu
EQ_S_2	.csv	.fvu
EQ_S_3	.csv	.fvu
EQ_S_8	.csv	.fvu
EQ_W	.csv	.fvu
Vul_sismo_Heredia	.dat	

Los archivos en formato *.fvu son archivos de texto con un formato específico adaptado a la plataforma CAPRA-GIS y a su motor de cálculo RiskOne. Estos archivos permiten integrar modelos de vulnerabilidad para estimar cómo los elementos expuestos pueden sufrir daños físicos frente a la ocurrencia de amenazas naturales. El archivo *.fvu almacena la función de vulnerabilidad organizando los valores que definen la curva línea a línea (punto a punto).

Los archivos en formato *.dat son archivos de texto plano con extensión *.dat que pueden ser visualizados y editados en cualquier editor de texto. Se recomienda el uso del programa FileCAT, que proporciona herramientas de gestión de la información para todo el conjunto de programas CAPRA. Estos archivos *.dat contienen y organizan la librería de funciones de vulnerabilidad asociadas a una amenaza específica.

Modelos de exposición de infraestructura

Este directorio contiene los archivos correspondientes a la exposición de infraestructura del cantón de Heredia, incluyendo la red vial, el sector ferroviario, el sector de energía eléctrica, el sector de telecomunicaciones, el sector de hidrocarburos, el sistema de agua potable y el sistema de aguas residuales.

Este directorio contiene los siguientes archivos:

Red Vial

File	Format
Puentes_CRTM05	.shp
Puentes_WGS84	.shp
Vias_CRTM05	.shp
Vias_WGS84	.shp

Sector Ferroviario

File	Format
Ferreo_CRTM05	.shp
Ferreo_WGS84	.shp

Sector de energía eléctrica

File	Format
Electrico_Distribucion_Circuitos_CRTM05	.shp
Electrico_Distribucion_Circuitos_WGS84	.shp
Electrico_Distribucion_Postes_CRTM05	.shp
Electrico_Distribucion_Postes_WGS84	.shp
Electrico_Distribucion_Transformadores_CRTM05	.shp
Electrico_Distribucion_Transformadores_WGS84	.shp
Electrico_Generacion_CRTM05	.shp
Electrico_Generacion_WGS84	.shp
Electrico_Transmision_Circuitos_CRTM05	.shp
Electrico_Transmision_Circuitos_WGS84	.shp
Electrico_Transmision_Subestaciones_CRTM05	.shp
Electrico_Transmision_Subestaciones_WGS84	.shp
Electrico_Transmision_Torres_CRTM05	.shp
Electrico_Transmision_Torres_WGS84	.shp

Sector de telecomunicaciones

File	Format
Antenas_CRTM05	.shp
Antenas_WGS84	.shp

Sector de hidrocarburos

File	Format
Poliducto_CRTM05	.shp
Poliducto_WGS84	.shp

Acueducto

File	Format
Acueducto_Fuentes_CRTM05	.shp
Acueducto_Fuentes_WGS84	.shp
Acueducto_Hidrantes_CRTM05	.shp
Acueducto_Hidrantes_WGS84	.shp
Acueducto_Sist-Bombeo_CRTM05	.shp
Acueducto_Sist-Bombeo_WGS84	.shp
Acueducto_Tanques_CRTM05	.shp
Acueducto_Tanques_WGS84	.shp
Acueducto_Tuberias_CRTM05	.shp
Acueducto_Tuberias_WGS84	.shp

Alcantarillado

File	Format
Alcantarillado_Coletores_CRTM05	.shp
Alcantarillado_Coletores_WGS84	.shp
Alcantarillado_Pozos_CRTM05	.shp
Alcantarillado_Pozos_WGS84	.shp
Alcantarillado_PTAR_CRTM05	.shp
Alcantarillado_PTAR_WGS84	.shp

Los archivos *.shp utilizados en este proyecto se encuentran en formato vectorial (punto o línea) y requieren un Sistema de Información Geográfica (SIG) para su visualización.

Modelos de vulnerabilidad de infraestructura

Este directorio contiene los archivos correspondientes a la vulnerabilidad de infraestructura del cantón de Heredia, incluyendo las curvas de vulnerabilidad para las amenazas de inundación y sismo.

Este directorio contiene los siguientes archivos:

Curvas de inundación

File	Format	
FL_AP_FUENTE	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_0	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_1	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_2	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_3	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_4	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_5	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_6	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_7	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_8	.csv	.fvu
FL_HID-EMB	.csv	.fvu
FL_No-damage	.csv	.fvu

File	Format	
FL_PPPS	.csv	.fvu
FL_PTAR1	.csv	.fvu
FL_PTAR1_mod	.csv	.fvu
FL_R1_S1	.csv	.fvu
FL_R1_S2	.csv	.fvu
FL_R1_S3	.csv	.fvu
FL_R1_S4	.csv	.fvu
FL_R3_S1	.csv	.fvu
FL_R3_S2	.csv	.fvu
FL_R3_S3	.csv	.fvu
FL_R3_S4	.csv	.fvu
FL_R4_S1	.csv	.fvu
FL_R4_S2	.csv	.fvu
FL_R4_S3	.csv	.fvu
FL_R4_S4	.csv	.fvu
FL_SUBSTA	.csv	.fvu
FL_TR-PED	.csv	.fvu
FL_WLS	.csv	.fvu
Vul_FL_Acueducto	.dat	
Vul_FL_Alcantarillado	.dat	
Vul_FL_Carretero	.dat	
Vul_FL_Electrico	.dat	
Vul_FL_Ferreo	.dat	
Vul_FL_Poliducto	.dat	
Vul_FL_Telecom	.dat	

Curvas de sismo

File	Format	
EQ_AP_FUENTE	.csv	.fvu
EQ_DL-UM	.csv	.fvu
EQ_Edif-Telecom	.csv	.fvu
EQ_HID-EMB	.csv	.fvu
EQ_HRD1	.csv	.fvu
EQ_HRD2	.csv	.fvu
EQ_HRD3	.csv	.fvu
EQ_HV-SUB	.csv	.fvu
EQ_HWB10	.csv	.fvu
EQ_HWB12_NC3	.csv	.fvu
EQ_HWB15	.csv	.fvu
EQ_HWB16	.csv	.fvu
EQ_HWB22	.csv	.fvu
EQ_HWB22_NC2	.csv	.fvu
EQ_HWB26	.csv	.fvu
EQ_HWB28	.csv	.fvu

File	Format	
EQ_HWB3	.csv	.fvu
EQ_LT1	.csv	.fvu
EQ_LT2	.csv	.fvu
EQ_LTCAB-UMB	.csv	.fvu
EQ_No-damage	.csv	.fvu
EQ_PIPE	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H1_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H1_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H1_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H2_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H2_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H2_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H3_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H3_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H3_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H4_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H4_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H4_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H5_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H5_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C1_H5_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H1_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H1_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H1_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H2_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H2_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H2_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H3_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H3_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H3_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H4_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H4_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H4_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H5_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H5_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_C2_H5_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H1_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H1_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H1_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H2_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H2_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H2_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H3_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H3_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H3_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H4_STA	.csv	.fvu

File	Format	
EQ_POLE_M1_H4_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H4_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H5_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H5_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M1_H5_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H1_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H1_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H1_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H2_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H2_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H2_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H3_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H3_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H3_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H4_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H4_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H4_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H5_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H5_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_M2_H5_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H1_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H1_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H1_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H2_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H2_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H2_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H3_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H3_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H3_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H4_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H4_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H4_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H5_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H5_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_W1_H5_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H1_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H1_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H1_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H2_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H2_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H2_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H3_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H3_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H3_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H4_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H4_STB	.csv	.fvu

File	Format	
EQ_POLE_W2_H4_STC	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H5_STA	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H5_STB	.csv	.fvu
EQ_POLE_W2_H5_STC	.csv	.fvu
EQ_PPPS	.csv	.fvu
EQ_PSTGC	.csv	.fvu
EQ_PSTGS	.csv	.fvu
EQ_PWTS	.csv	.fvu
EQ_PZ_M1_H0	.csv	.fvu
EQ_PZ_M1_H1	.csv	.fvu
EQ_PZ_M1_H2	.csv	.fvu
EQ_PZ_M1_H3	.csv	.fvu
EQ_PZ_M1_H4	.csv	.fvu
EQ_PZ_M2_H0	.csv	.fvu
EQ_PZ_M2_H1	.csv	.fvu
EQ_PZ_M2_H2	.csv	.fvu
EQ_PZ_M2_H3	.csv	.fvu
EQ_PZ_M2_H4	.csv	.fvu
EQ_PZ_M3_H0	.csv	.fvu
EQ_PZ_M3_H1	.csv	.fvu
EQ_PZ_M3_H2	.csv	.fvu
EQ_PZ_M3_H3	.csv	.fvu
EQ_RWY1	.csv	.fvu
EQ_TR-PED	.csv	.fvu
EQ_WLS1_H1	.csv	.fvu
EQ_WLS1_H2	.csv	.fvu
EQ_WLS1_H3	.csv	.fvu
EQ_WLS2_H1	.csv	.fvu
EQ_WLS2_H2	.csv	.fvu
EQ_WLS2_H3	.csv	.fvu
EQ_WLS2_H4	.csv	.fvu
EQ_WLS2_H5	.csv	.fvu
Vul_EQ_Acueducto	.dat	
Vul_EQ_Alcantarillado	.dat	
Vul_EQ_Carretero	.dat	
Vul_EQ_Electrico	.dat	
Vul_EQ_Ferreo	.dat	
Vul_EQ_Poliducto	.dat	
Vul_EQ_Telecom	.dat	

A. 7.2 Proyecto Operacional 1: Evaluación del Riesgo de Desastres y Cambio Climático Para Infraestructura Vial – Ruta Nacional 2 Carretera Panamericana (RN2)

Modelos de exposición

Este directorio contiene los archivos correspondientes a los modelos de exposición para la Ruta Nacional 2 (RN2).

File	Format
Puentes_CRTM05	.shp
Puentes_WGS84	.shp
Via_CRTM05	.shp
Via_WGS84	.shp

Modelos de Vulnerabilidad

Este directorio contiene los archivos correspondientes a la vulnerabilidad de infraestructura para la RN2, incluyendo las curvas de vulnerabilidad para inundación, sismo y ceniza volcánica.

Curvas de inundación

File	Format	
FL_BRIDGE	.csv	.fvu
FL_BRIDGE_3	.csv	.fvu
FL_RN_S2	.csv	.fvu
FL_RN_S3	.csv	.fvu
FL_RN_S4	.csv	.fvu
Vul_FL_RN2	.dat	

Curvas de sismo

File	Format	
EQ_HWB1_NC3	.csv	.fvu
EQ_HWB1_NC4	.csv	.fvu
EQ_HWB10	.csv	.fvu
EQ_HWB10_NC3	.csv	.fvu
EQ_HWB10_SK30	.csv	.fvu
EQ_HWB11	.csv	.fvu
EQ_HWB12	.csv	.fvu
EQ_HWB12_NC2	.csv	.fvu
EQ_HWB12_NC2_SK19	.csv	.fvu
EQ_HWB12_NC3	.csv	.fvu
EQ_HWB12_NC3_SK15	.csv	.fvu
EQ_HWB12_NC4	.csv	.fvu
EQ_HWB12_NC4_SK55	.csv	.fvu
EQ_HWB15	.csv	.fvu
EQ_HWB15_NC3	.csv	.fvu

File	Format	
EQ_HWB15_NC4	.csv	.fvu
EQ_HWB17	.csv	.fvu
EQ_HWB17_NC2	.csv	.fvu
EQ_HWB17_NC2_SK40	.csv	.fvu
EQ_HWB17_SK40	.csv	.fvu
EQ_HWB23	.csv	.fvu
EQ_HWB28	.csv	.fvu
EQ_HWB5_NC3	.csv	.fvu
EQ_HWB5_NC4	.csv	.fvu
EQ_RN_S2	.csv	.fvu
EQ_RN_S3	.csv	.fvu
EQ_RN_S4	.csv	.fvu
Vul_EQ_RN2	.dat	

Curvas de Ceniza Volcánica

File	Format	
ASH_RD	.csv	.fvu
Vul_ASH_RN2	.dat	

A. 7.3 Proyecto Operacional 2: Riesgo de Inundación y Sequía Para Productores Agrícolas de Pequeña y Mediana Escala

Modelos de exposición

Este directorio contiene los archivos correspondientes a los modelos de exposición para productores agrícolas de pequeña y mediana escala, incluyendo café, caña de azúcar y ganadería.

Café

File	Format
Cafe_puntos_CRTM05	.shp
Cafe_puntos_WGS84	.shp

Caña

File	Format
Cana_puntos_CRTM05	.shp
Cana_puntos_WGS84	.shp

Ganadería

File	Format
Ganaderia_puntos_CRTM05	.shp

Ganaderia_puntos_WGS84	.shp
------------------------	------

Los archivos *.shp utilizados en este proyecto se encuentran en formato vectorial (punto) y requieren un Sistema de Información Geográfica (SIG) para su visualización.

Modelos de vulnerabilidad

Este directorio contiene los archivos correspondientes a la vulnerabilidad de productores agrícolas de pequeña y mediana escala, incluyendo curvas de inundación, modelos de respuesta al agua y textura del suelo.

Curvas de inundación

File	Format	
FL_D_3	.csv	.fvu
FL_D_4	.csv	.fvu
FL_D_5	.csv	.fvu
FL_D_6	.csv	.fvu
FL_D_7	.csv	.fvu
FL_D_8	.csv	.fvu
Vul_FL_Cultivos	.dat	

Modelos de respuesta del agua

File	Format
Cafe	.txt
cazucar	.txt
Pastos	.txt

Los archivos *.txt presentan los parámetros que caracterizan el modelo de respuesta al agua para cada producto.

Textura del suelo

File	Format
suelo	.shp

A. 7.4 Proyecto Operacional 3: Evaluación de la Exposición y el Riesgo de Hoteles y Hostales Pequeños y Medianos bajo el Programa Fu-Turismo

Modelos de exposición

Este directorio contiene los archivos correspondientes a la caracterización de la exposición de hoteles.

File	Format
Hoteles_CR-SIRGAS	.shp

File	Format
Hoteles_WGS84	.shp

Modelos de Vulnerabilidad

Este directorio contiene los archivos correspondientes a la vulnerabilidad de infraestructura para los hoteles, incluyendo las curvas de inundación, inundación costera y sismo.

Curvas de inundación

File	Format	
FL_H_C_B1_2_1	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_10	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_11	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_12	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_2	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_3	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_4	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_5	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_6	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_7	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_8	.csv	.fvu
FL_H_C_B1_2_9	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_1	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_10	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_11	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_12	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_2	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_3	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_4	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_5	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_6	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_7	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_8	.csv	.fvu
FL_H_C_B3_9	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_1	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_10	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_11	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_12	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_2	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_3	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_4	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_5	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_6	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_7	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_8	.csv	.fvu
FL_H_C_B4_9	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_1	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_10	.csv	.fvu

File	Format	
FL_H_C_B5_11	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_12	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_2	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_3	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_4	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_5	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_6	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_7	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_8	.csv	.fvu
FL_H_C_B5_9	.csv	.fvu
FL_H_CB_A1_2_1	.csv	.fvu
FL_H_CB_A1_2_2	.csv	.fvu
FL_H_CB_A3_1	.csv	.fvu
FL_H_CB_A3_2	.csv	.fvu
FL_H_CB_A4_1	.csv	.fvu
FL_H_CB_A4_2	.csv	.fvu
FL_H_CB_A5_1	.csv	.fvu
FL_H_CB_A5_2	.csv	.fvu
Vul_FL	.dat	

Curvas de inundación costera

File	Format	
CFL_H_C_B1_2_1	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_10	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_11	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_12	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_2	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_3	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_4	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_5	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_6	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_7	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_8	.csv	.fvu
CFL_H_C_B1_2_9	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_1	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_10	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_11	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_12	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_2	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_3	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_4	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_5	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_6	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_7	.csv	.fvu

File	Format	
CFL_H_C_B3_8	.csv	.fvu
CFL_H_C_B3_9	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_1	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_10	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_11	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_12	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_2	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_3	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_4	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_5	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_6	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_7	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_8	.csv	.fvu
CFL_H_C_B4_9	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_1	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_10	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_11	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_12	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_2	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_3	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_4	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_5	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_6	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_7	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_8	.csv	.fvu
CFL_H_C_B5_9	.csv	.fvu
CFL_H_CB_A1_2_1	.csv	.fvu
CFL_H_CB_A1_2_2	.csv	.fvu
CFL_H_CB_A3_1	.csv	.fvu
CFL_H_CB_A3_2	.csv	.fvu
CFL_H_CB_A4_1	.csv	.fvu
CFL_H_CB_A4_2	.csv	.fvu
CFL_H_CB_A5_1	.csv	.fvu
CFL_H_CB_A5_2	.csv	.fvu
Vul_CFL	.dat	

Curvas de sismo

File	Format	
EQ_H_C_B_10	.csv	.fvu
EQ_H_C_B_11	.csv	.fvu
EQ_H_C_B_12	.csv	.fvu
EQ_H_C_B_3	.csv	.fvu
EQ_H_C_B_4	.csv	.fvu
EQ_H_C_B_5	.csv	.fvu
EQ_H_C_B_6	.csv	.fvu
EQ_H_C_B_7	.csv	.fvu
EQ_H_C_B_8	.csv	.fvu
EQ_H_C_B_9	.csv	.fvu
EQ_H_CB_A_1	.csv	.fvu
EQ_H_CB_A_2	.csv	.fvu
Vul_EQ	.dat	

A. 7.5 Metadatos RDLS

Este directorio contiene los metadatos siguiendo el estándar Risk Data Library, proporcionando información estructurada para describir, organizar y asegurar la consistencia de los conjuntos de datos utilizados en el proyecto.

File	Format
Exp_Agriculture	.json
Exp_Heredia_Buildings	.json
Exp_Heredia_Infrastructure	.json
Exp_RN2	.json
Exp_Tourism	.json
Vul_Agriculture	.json
Vul_Heredia_Infraestructure	.json
Vul_RN2	.json
Vul_Tourism	.json

El archivo *.json puede contener información relacionada con amenaza, exposición, vulnerabilidad o pérdidas, dependiendo del tipo de datos representados dentro del proyecto.