

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
POR INUNDACIONES EN LA QUEBRADA EL LEÓN Y
PROPUESTA DE MEJORA CON FINES DE
PROTECCIÓN EN EL CENTRO POBLADO EL MILAGRO -
LA LIBERTAD, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Sergio Carlos Panduro Sisniegas

Erick German Medina Espinoza

Asesor:

Ms. Ing. Roxana Milagros Aguilar Villena

Trujillo - Perú

2021



TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE ECUACIONES.....	vii
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Realidad problemática.....	4
1.2. Formulación del problema.....	30
1.3. Justificación.....	31
1.3.1. Conveniencia.....	31
1.3.2. Relevancia Social.....	32
1.3.3. Implicancias ingenieriles.....	32
1.4. Objetivos.....	33
1.4.1. Objetivo general.....	33
1.4.2. Objetivos específicos.....	33
1.5. Hipótesis.....	33
1.5.1. Hipótesis general.....	33
1.5.2. Hipótesis específicas.....	33
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	35
2.1. Tipo de investigación.....	36
2.2. Variables Y Operacionalización.....	36
2.2.1. Variable independiente.....	36

2.2.2.	Variable dependiente	36
2.2.3.	VARIABLES INTERVINIENTES	36
2.3.	Operacionalización de variables	37
2.4.	Población y muestra.....	42
2.4.1.	Población	42
2.4.2.	Muestra	42
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	42
2.5.1.	Técnicas	42
2.5.2.	Instrumentos.	43
2.5.3.	Método de análisis de datos.....	44
2.6.	Validación y confiabilidad del ensayo	45
2.6.1.	Validación del instrumento.....	45
2.6.2.	Confiabilidad del ensayo	45
2.7.	Aspectos éticos	47
CAPÍTULO III. RESULTADOS		48
3.1.	Recopilación de la información	49
3.2.	Periodo de retorno.....	50
3.3.	Curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia)	51
3.4.	Realización de modelos digitales del terreno.....	52
3.5.	Pretratamiento de la información.....	55
3.6.	Procesado de la información mediante Archydro Tools o Hec-HMs Tools....	56
3.6.1.	Preprocesado del terreno en función de la red de drenaje	57
3.6.2.	Generación de “paredes” exteriores e interiores en la red.....	59
3.6.3.	Previsualización de sumideros (definición del umbral de superficie).....	59
3.6.4.	Evaluación de las características de los sumideros.	61
3.6.5.	Elección de los sumideros que se quiere sean considerados como tal	61

3.6.6.	Rellenado de los sumideros	61
3.6.7.	Elaboración del modelo de Dirección de Flujo	63
3.6.8.	Delimitación de la cuenca de drenaje	64
3.6.9.	Obtención de la red de drenaje	64
3.6.10.	Transformación de la red de drenaje a fichero vectorial	65
3.7.	Jerarquización de la red de drenaje	66
3.8.	Elaboración de los perfiles fluviales	66
3.9.	Cálculo del número de curva (CN)	67
3.10.	Tiempo de concentración	76
3.11.	Retención Potencial Máxima	78
3.12.	Precipitación efectiva	79
3.13.	Cálculo del caudal de diseño	79
3.14.	Diseño de área de inundación (Flow Area).....	81
3.15.	Delimitación de cabecera de microcuenca y desfogue.....	82
3.16.	Diagrama unitario adimensional SCS	82
3.17.	Diagrama unitario adimensional SCS para la microcuenca	84
3.18.	Simulación de inundación en Hec-RAS.....	87
3.19.	Análisis de vulnerabilidad	88
3.20.	Inundación real	93
3.21.	Estructura de defensa riverenseña	94
3.21.1.	Gaviones	95
3.21.2.	Muro de contención ErdoX	117
3.22.	Análisis de costos	126
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		129
4.1.	Discusión	130
4.2.	Conclusiones	135

4.3. Limitaciones.....	136
4.4. Recomendaciones	136
REFERENCIAS	137
ANEXOS	142

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: <i>Sumatoria de momentos actuantes</i>	22
Ecuación 2: <i>Sumatoria de momentos en centro de gravedad</i>	22
Ecuación 3: <i>Factor de seguridad por volteo</i>	22
Ecuación 4: <i>Fórmula de empuje de coeficiente activo</i>	22
Ecuación 5: <i>Muestreo aleatorio simple</i>	42
Ecuación 6: <i>De Riesgo</i>	43
Ecuación 7: <i>Cálculo de la magnitud de empuje</i>	45
Ecuación 8: <i>Coficiente de Alfa de Cronbach</i>	46
Ecuación 9: <i>Periodo de retorno</i>	50
Ecuación 10: <i>Cálculo del tiempo de concentración</i>	78
Ecuación 11: <i>Retención Potencial Máxima</i>	78
Ecuación 12: <i>Precipitación efectiva</i>	79
Ecuación 13: <i>Cálculo del caudal de diseño</i>	81
Ecuación 14: <i>Coficiente activo Coulomb</i>	96

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: <i>Curvas Intensidad – duración – frecuencia para distintos períodos de retorno</i>	52
Ilustración 2: <i>Proceso DEM Reconditioning</i>	58
Ilustración 3: <i>Building walls</i>	59
Ilustración 4: <i>Sink Prescreening</i>	60
Ilustración 5: <i>Sink Prescreening en pantalla de visualización</i>	60
Ilustración 6: <i>Fill Sinks</i>	62

Ilustración 7: <i>Relleno de sumidero de la zona de estudio</i>	62
Ilustración 8: <i>Dirección de flujo</i>	63
Ilustración 9: <i>Delimitación de la microcuenca</i>	64
Ilustración 10: <i>Red de drenaje de la microcuenca</i>	65
Ilustración 11: <i>Cálculo de CN por tipo de suelo y uso de suelo</i>	76
Ilustración 12: <i>Flow Area</i>	82
Ilustración 13: <i>Diagrama unitario adimensional SCS</i>	83
Ilustración 14: <i>Hidrograma Unitario Adimensional</i>	83
Ilustración 15: <i>Hidrograma Unitario Adimensional</i>	85
Ilustración 16: <i>Simulación de Inundación Hec-RAS</i>	87
Ilustración 17: <i>Ubicación satelital de secciones</i>	95
Ilustración 18: <i>Sección 1 – Lateral izquierdo</i>	99
Ilustración 19: <i>Sección 1 – Lateral derecho</i>	102
Ilustración 20: <i>Sección 2 – Lateral izquierdo</i>	107
Ilustración 21: <i>Sección 2 – Lateral derecho</i>	110
Ilustración 22: <i>Sección 3 – Lateral izquierdo</i>	115
Ilustración 23: <i>Sección 3 – Lateral derecho</i>	115
Ilustración 24: <i>Sección 1 – Lateral izquierdo</i>	118
Ilustración 25: <i>Sección 1 – Lateral derecho</i>	120
Ilustración 26: <i>Sección 2 – Lateral derecho</i>	122
Ilustración 27: <i>Sección 2 – Lateral derecho</i>	123
Ilustración 28: <i>Sección 3 – Lateral izquierdo</i>	125
Ilustración 29: <i>Sección 3 – Lateral derecho</i>	125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Nivel, descripción y valor de la vulnerabilidad</i>	21
Tabla 2: <i>Media y CV de los Ka para el suelo residual</i>	23
Tabla 3: <i>Operacionalización de variables</i>	37
Tabla 4: <i>Nivel de confiabilidad del coeficiente alfa de Cronbach</i>	46
Tabla 5: <i>Resumen del procesamiento de datos</i>	46
Tabla 6: <i>Estadísticos de fiabilidad</i>	47
Tabla 7: <i>Número de curva para condiciones medias de humedad</i>	68

Tabla 8: <i>Re-clasificación de Tabla de uso de suelos</i>	69
Tabla 9: <i>Tipo de suelo de la microcuenca</i>	70
Tabla 10: <i>Interpolación de tipo de cobertura vegetal y tipo de suelo</i>	71
Tabla 11: <i>Clasificación de la agrupación de suelos</i>	72
Tabla 12: <i>Porcentaje de participación de uso de suelos</i>	73
Tabla 13: <i>Interpolación ente el porcentaje de participación y tipo de uso de suelo</i>	74
Tabla 14: <i>Cálculo de numero curva</i>	74
Tabla 15: <i>Porcentaje de participación de tipo de suelo según CN</i>	75
Tabla 16: <i>Cálculo de CN</i>	75
Tabla 17: <i>Cálculo del caudal diseño</i>	80
Tabla 18: <i>Hidrograma sintético adimensional</i>	84
Tabla 19: <i>Hidrograma de tormenta adimensional sintético</i>	86
Tabla 20: <i>Vulnerabilidad Física</i>	89
Tabla 21: <i>Vulnerabilidad Económica</i>	90
Tabla 22: <i>Vulnerabilidad Social</i>	91
Tabla 23: <i>Vulnerabilidad Ideológica – Cultural</i>	92
Tabla 24: <i>Resultados de Nivel de Vulnerabilidad</i>	93
Tabla 25: <i>Viviendas afectas por inundación</i>	94
Tabla 26: <i>Resultados Gaviones sección 1</i>	103
Tabla 27: <i>Resultados Gaviones sección 2</i>	111
Tabla 28: <i>Resultados Gaviones sección 3</i>	116
Tabla 29: <i>Resultados ErdoX sección 1</i>	120
Tabla 30: <i>Resultados ErdoX sección 2</i>	124
Tabla 31: <i>Resultados ErdoX sección 3</i>	126
Tabla 32: <i>Análisis de costos de estructuras</i>	127

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Centro Poblado El Milagro – Huanchaco – La Libertad con el objetivo principal de estimar la vulnerabilidad actual frente a inundaciones por desborde de la quebrada El León y su propuesta de mejora con fines de protección en el año 2020.

La metodología empleada es de tipo descriptivo con un muestreo probabilístico realizado con una población de 15 523 viviendas, utilizándose como técnica la observación e instrumento la guía de INDECI para la recolección de datos; finalmente para el análisis de datos se empleó diferentes softwares de modelamiento y simulación.

Entre los principales resultados de vulnerabilidad ante inundaciones en el Centro Poblado El Milagro, muestran que la vulnerabilidad física es 2.39, vulnerabilidad económica 2.20, vulnerabilidad social 2.78 y vulnerabilidad cultural-ideológico 2.27. Proponiéndose defensas ribereñas para la protección de la población siendo estos muros de contención con gaviones tipo A en dos series de diez unidades colocadas en forma piramidal y Sistema ErdoX con 3 unidades colocadas en serie.

Concluyendo que, la vulnerabilidad existente en el Centro Poblado El Milagro es de calificación media con una valoración de 2.40; con una propuesta de mejora con muros de contención realizados con gaviones tipo A y Sistema ErdoX con un costo total de S/ 164,475.11 y S/ 244,577.44 respectivamente.

Palabras clave: Inundación, vulnerabilidad, defensas ribereñas, ErdoX.

ABSTRACT

The following research takes place at the El Milagro Populated Center - Huanchaco - La Libertad with the main objective of estimating the current vulnerability for overflows of the El León stream and its proposed improvement for protection purposes in the year 2020.

The methodology used is descriptive with a probabilistic sampling carried out with a population of 15 523 dwellings, using the INDECI guide for data collection as a technique and instrument; finally, for the data analysis, different modeling and simulation software used.

Among the main results of vulnerability to floods in the El Milagro Populated Center, it shows that physical vulnerability is 2.39, economic vulnerability 2.20, social vulnerability 2.78, and cultural-ideological vulnerability 2.27. River defenses were proposed to protect the population, these retaining walls with type A gabions in two series of ten units placed in a pyramidal shape and the ErdoX System with 3 units placed in series.

Therefore, the existence of the vulnerability in the El Milagro Populated Center has a medium rating with a 2.40; with a proposal for improvement with retaining walls made with type A gabions and ErdoX System with a total cost of S/ 164,475.11 and S/244,577.44 respectively.

Keywords: Flood, vulnerability, riparian defenses, ErdoX.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria. (2013). *Evaluación probabilística de la peligrosidad y la vulnerabilidad frente a desastres naturales basados en proyecciones de cambio climático aplicado al Área Metropolitana de Trujillo (Perú)*. Trujillo.
- actualidad.rt.com*. (9 de julio de 2012). Obtenido de <https://actualidad.rt.com/actualidad/view/48797-Las-inundaciones-mas-devastadoras-del-siglo-XXI>
- agencias.abc.es*. (4 de abril de 2014). Obtenido de <https://agencias.abc.es/agencias/noticia.asp?noticia=1387234>
- Arévalo, M. (2017). Análisis de la vulnerabilidad físico estructural y funcional en edificaciones públicas y privadas ante el riesgo de inundaciones generadas por el desborde de la quebrada serrano en el sector urbano de la ciudad de Saposoa.
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Generación del mapa temático Curva Número*. Lima.
- bvsde.paho.org*. (s.f.). Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/cursodesastres/diplomado/curso1/tema1.html>
- Cajigal Molina, E., & Maldonado González, A. L. (2019). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. Un ejercicio emergente ante el cambio climático. *Economía, sociedad y territorio*, 19(61), 543 - 574. Obtenido de <https://doi.org/10.22136/est20191342>
- Carrera Aguilar, S. (2017). *Análisis del peligro por fenómenos de remoción en masa en los taludes de un tramo de la quebrada Shanshayacu, zona Quitumbe, Distrito Metropolitano de Quito*. Ecuador .
- Carrera, J., Méndez, W., & Rivas, L. (2013). Modelaje hidrológico de escenarios para eventos de inundaciones en la planicie de desborde del río Patanemo, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de Investigación*, 37(80), 245-268. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142013000300012&lng=es&tlng=

- Cartaya, S., & Mantuano-Eduarte, R. (2016). Identificación de zonas en riesgo de inundación mediante la simulación hidráulica en un segmento del Río Pescadillo, Manabí, Ecuador. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142016000300009&lng=es&tlng=es
- Centro Nacional de Estimación, P. y. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales, dirección de gestión de procesos, Lima, Perú.*
- Cercedo, F. (2019). Evaluación de riesgo originado por inundaciones fluviales en el centro poblado de Sausal - Distrito de Luyando.
- civil, I. N. (2005). *Mapa de peligros y plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Chosica. lima.*
- Córdova Gutierrez, D., Paredes Méndez, D., & Alulema del Salto, R. A. (2017). Determinación del parámetro hidrológico número de curva en la cuenca de la quebrada El Batán, usando sistemas de información geográfica y percepción remota. *FIGEMPA*, 2(8), 29 - 39.
- De Jesús, O., Gutiérrez, Y., & Rodríguez, J. (2011). Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta. *Prospect*, 9(2), 93 - 102.
- Díaz, J., López, A., Yanes, A., Dorta, P., & Máyer, P. (2020). Propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad local por inundación en áreas turísticas costera de clima árido: aplicación al litoral de Arona y Adeje (So de Tenerife). *Cuadernos de Geografía*, 87 - 106.
- Dos Santos Franco, V., Barreiros de Souza, E., & Meiguins de Lima, A. M. (2018). Floods and social vulnerability: Study on the Xingu River in Altamira/PA. *Ambiente & Sociedade*, 21. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0157r3vu1811ao>
- ecoexploratorio.org. (s.f.). *ecoexploratorio.org*. Obtenido de <https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/inundaciones/que-son-las-inundaciones/>
- El Correo. (28 de Febrero de 2019). Obtenido de El Correo: <https://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/otra-vez-limpian-cauce-de-la-quebrada-el-leon-873293/>
- elcomercio.pe*. (15 de marzo de 2017). Obtenido de <https://elcomercio.pe/peru/la-libertad/libertad-lluvias-e-inundaciones-dejan-6-643-damnificados-145089>

- García, W., Suárez, Y., & Herbas, E. (2017). Estela. Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia). *Acta Nova*, 8(2), 165-185. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892017000200002&lng=es&tlng=es
- Gonzalez, S. (2001). *Gestión del riesgo por inundaciones en la ciudad de Buenos Aires Situación actual y alternativa*. Argentina.
- Hernández, R., Barrios, H., & Ramírez, A. (2017). Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(3), 5-25. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v8n3/2007-2422-tca-8-03-00005.pdf>
- inundaciones, e. u. (21 de marzo de 2019). *elcomercio.pe*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/mundo/eeuu/estados-unidos-riesgo-inundaciones-precedentes-nebraska-iowa-dakota-missouri-noticia-619009>
- López Martínez, F. (2020). Análisis y evolución de la cartografía de zonas inundables en España, desde un marco jurídico de referencia nacional a uno europeo. *EURE*, 46(139), 277 - 284. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0250->
- Lopez S., J. (2005). Estrategias de mitigación y control de inundaciones y aludes torrenciales en el Estado Vargas y en el Valle de Caracas: Situación actual y perspectivas futuras. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 20(4), 61-73. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652005000400006&lng=es&tlng=es.
- López, A., Díaz, J., Yanes, A., Dorta, P., & Máyer, P. (2020). Propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad local por inundación en áreas turísticas costeras de clima árido: Aplicación al litoral de Arona y Adeje (SO de Tenerife). *Cuadernos de geografía*, 104, 87-106. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7492148>
- Lozano, O. (2008). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos*. Cusco: PREDES.
- Marcelo, C., Adrián, G., & Zimmermann, E. (2013). Pronóstico de niveles para alerta de crecidas en el Gran Rosario, Santa Fe, Argentina. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*,

- 34(2), 88-102. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382013000200008&lng=es&tlng=es
- Martínez Navarro , E. (2011). Ética profesional de los profesores. *Un profesional excelente combina técnica y ética: Emilio Martínez*.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones. (2014). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima.
- Morales-Vallejo, P. (2007). *Estadística aplicada a las Ciencias sociales: La fiabilidad de los tests y escalas*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas. Obtenido de “<http://www.upcomillas.es/personal/peter/estadisticabasica/Fiabilidad.pdf>”
- National Resources Conservation Service. (2015). *National Engineering Handbook Hydrology*.
- Pérez Moales, A., Gil Guirado, S., & Olcina, J. (2016). La información catastral como herramienta para el análisis de la exposición al peligro de inundaciones en el litoral mediterráneo español. *EURE*, 42(127), 231 - 256. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000300010>
- Perozo, M., & Marrero, N. (2011). *Estimación del riesgo de inundación en urbanismos y zonas agrícolas ubicadas en la planicie del Río Coro, Estado Falcón, Venezuela*. . Venezuela.
- Quincho, G. (2015). Gestión de Inundación por caudales máximos en la Subcuenca Baja de la Quebrada del Río Huaycoloro - Río Rimac. *Revista ECIPerú*, 88-95.
- Rivelli, F. R., & Flores, E. M. (2009). Protección de Márgenes en el Río Grande, Tramo las quebradas Trancas - Tilcara. *Cuarto Simposio Regional sobre hidráulica de ríos* (págs. 91-92). Salta: Rios .
- Rivera, L., Solís, H., Jiménez, F., & Faustino, J. (2004). Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. *Recursos Naturales y Ambiente/no. 43:125-131*.
- Rubio, H. y. (2015). *Vulnerabilidad en sistemas de agua potable y alcantarillado ante inundaciones en el distrito de Trujillo. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo*.
- SINADECI. (s.f.). *SINADECI, Decreto Ley N° 19338*.

SINADECI, R. d. (s.f.). *Decreto Supremo N° 005-88-SGMD*.

Tascón, L. (2017). Análisis metodológico para la estimación de la vulnerabilidad por inundaciones. Ejemplo de aplicación en el municipio de Ponferrada (León, España).
Obtenido de <https://buleria.unileon.es/handle/10612/7045>

Vera, J., & Albarracín, A. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 109 - 136.
doi:<http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2309>