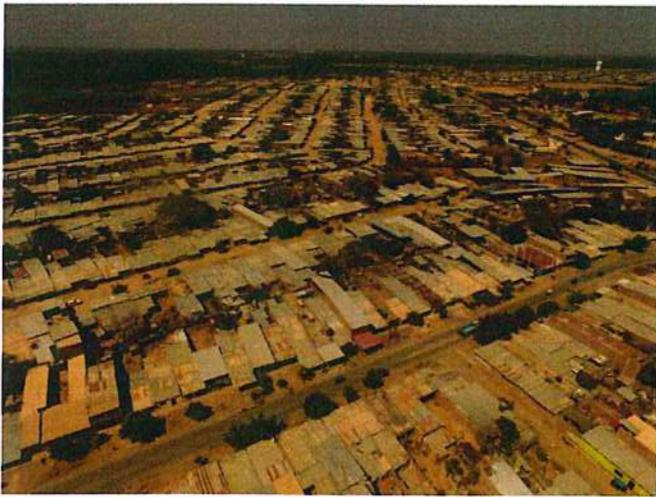


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6929

EVALUACIÓN DE PELIGROS POR INUNDACIÓN, ESCORRENTÍA EN EL SECTOR "C" DEL AA.HH. AMPLIACIÓN JESÚS MARÍA

Región Piura
Provincia Sullana
Distrito Sullana



SEPTIEMBRE
2019

CONTENIDO

RESUMEN.....	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	3
3. ASPECTOS GENERALES	4
3.1. Ubicación	4
3.2. Mapa de Elevaciones y Pendientes.....	5
3.3. Análisis multitemporal de imágenes satelitales.....	6
4. ASPECTO GEOLÓGICO	8
5. MORFOLOGÍA Y DRENAJE	8
5.1. Escorrentía directa	9
5.2. Análisis de direcciones de flujo.....	9
5.3. Red de Drenaje	11
6. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS	12
6.1. Inundaciones por escorrentía durante el Niño Costero	12
6.2. Zonas críticas por Inundación pluvial.....	15
6.1. Zonas de erosión y depositación	20
7. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS	23
7.1. Medidas no estructurales	23
7.2. Medidas estructurales	24
7.2.1. Alcantarillado pluvial	24
A. Estructuras de captación	24
B. Estructuras de conducción	24
C. Estructuras de conexión y mantenimiento	24
D. Estructuras de vertido o detención.....	25
E. Instalaciones complementarias.....	25
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES.....	26
REFERENCIAS	27

**EVALUACIÓN DE PELIGROS POR INUNDACIÓN,
ESCORRENTÍA EN EL SECTOR “C”
DEL AA.HH. AMPLIACIÓN JESÚS MARÍA
(Región Piura, Provincia y distrito de Sullana)**

RESUMEN

La zona de evaluación se ubica la norte del departamento de Piura en el distrito y provincia de Sullana, abarca 3 sectores conformados por las Urbanizaciones Villa La Paz y Pilar Nores y el Asentamiento Humano Ampliación Jesús María, específicamente el Sector “C” fue afectado por procesos de erosión e inundación durante las lluvias ocurridas en el “Niño Costero-2017” y recientemente en el periodo 2018 y 2019.

El Sector “C” del AA.HH. Ampliación Jesús María está conformado por las intersecciones de las calles Gonzales Prada, El Porvenir, Ricardo Palma y Ca. San Pablo y Miguel Grau; ubicadas sobre un relieve con escasas ondulaciones y pendientes menores a 2° cuyas elevaciones descienden con orientación preferencial sureste a noroeste y de este a oeste, por posición geográfica este sector recibe gran parte la escorrentía superficial proveniente de las partes altas de las urbanizaciones mencionadas líneas arriba ocurridas durante los periodos lluviosos.

La erosión causada por la escorrentía superficial erosiona suelos poco consolidados de origen eólico y aluvial que fueron utilizados como terrenos de cultivo factor que incrementó la erodabilidad de la superficie sobre la que se asienta la zona urbana evaluada. Se han identificado zonas de erosión de hasta 50 cm de profundidad denominadas como cárcavas o surcos; así como, procesos de depositación con alturas de entre 10 a 50 cm. La calle Gonzales Prada es una de las más afectadas por este tipo de proceso hidrológico.

El tirante de agua alcanza durante las inundaciones de tipo pluvial hasta 10 cm de altura, la cual fluye limitada al ancho de las calles o surcos que se forman afectando conexiones de agua y desagüe; además de, viviendas, locales e infraestructura colmatada.

Actualmente, la geodinámica de la zona se encuentra inactiva ya que está relacionada a la ocurrencia de los periodos lluviosos; sin embargo, los factores condicionantes tales como el relieve, la pendiente y el tipo de suelo tienen un estado permanente; conjuntamente con el factor antrópico que incrementa la susceptibilidad a este tipo de peligros geológicos e hidrometeorológicos.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los meses de enero a mayo del año 2017 el territorio peruano estuvo expuesto al denominado Niño Costero, fenómeno que se caracterizó por presentar intensas lluvias que superaron los índices normales registrados y que afectaron varias regiones al norte del país con la ocurrencia de deslizamientos e inundaciones. Además, la falta de planificación urbana, ordenamiento territorial y la ausencia de infraestructura de manejo de cuencas y drenaje urbano también ocasionaron inundaciones pluviales y zonas de intensa erosión en calles y avenidas por donde discurría el agua de escorrentía proveniente de las precipitaciones; procesos que se repitieron durante el periodo lluvioso del 2018 pero con menor intensidad.

Bajo este contexto, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) brinda apoyo a los gobiernos regionales y locales dando asistencia técnico científica a través de la Evaluación de Peligros Geológicos e Hidrometeorológicos de las zonas afectadas por dichos eventos.

La Municipalidad Provincial de Sullana a través del Oficio N° 072-2019-MPS/SG, solicitó la evaluación por peligros geológicos y ubicación de zonas críticas del Asentamiento Humano Ampliación Jesús María Sector "C".

El INGEMMET y la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico a través de la Oficina Descentralizada en Piura, realizó la inspección de campo a cargo del Ing. Cristhian Chiroque.

Previo a los trabajos, se recopilaron los antecedentes correspondientes a la zona de evaluación; además, se descargaron imágenes satelitales que sirvieron para elaborar la fotointerpretación de los eventos ocurridos durante los años 2017 y 2018.

Posteriormente, se realizaron los trabajos de campo que consistieron en la cartografía geológica, geomorfológica y geodinámica con el objetivo de identificar, delimitar y caracterizar los peligros a los que se encuentra expuesta el área urbana del Asentamiento Humano Jesús María.

Este informe contiene los detalles de la evaluación por inundaciones pluviales y zonas de erosión, alcanzando las conclusiones y recomendaciones que servirán como herramienta a las autoridades locales para tomar las medidas correctivas.

2. ANTECEDENTES

Se recopilaron todos los informes y reportes que contienen los aspectos geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 54 Serie A: Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes y Zarumilla 11-a, 11-b, 10-a, 10-b, 9-a, 9-b, 8-b, 8-c, 7-c. Se describen los principales rasgos geográficos de las Regiones Tumbes y Piura, además de las unidades morfo estructurales tales como la Repisa Costanera, el Borde Litoral y la Depresión Para-Andina. Desde el punto de vista estratigráfico la ciudad de Sullana está rodeada por las Formaciones Miramar y Chira deparadas por una discordancia, mientras que, el área de inspección se asienta sobre depósitos eólicos y aluviales. Cabe destacar que, esta información fue realizada a escala regional 1:100 000.
- En el informe técnico "Riesgo geológico en la región Piura" (Vílchez et al., 2013), se describe el aspecto geomorfológico de la zona de estudio como terrenos llanos (<1°), expuestos a inundaciones de tipo fluvial y pluvial.

- En la "Evaluación Geológica de las Zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Piura" (Vilchez et al., 2017), se identificaron 128 poblados afectados principalmente por inundación debido a las intensas precipitaciones ocurridas durante este fenómeno.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación

La zona de evaluación se ubica en el distrito de Sullana a 3 km al sur del centro de la ciudad (Plaza de Armas) específicamente, en el desvío de la carretera Sullana – Tambogrande. El área evaluar abarca un total de 26 has en donde se encuentran el AA.HH. Ampliación Jesús María y las Urbanizaciones Pilar Nores y Villa La Paz (figura 01).

Las coordenadas del área de inspección con referencia a la Institución Educativa 20527 "América" son WGS84-17S 536440E, 9457358N a 68 m.s.n.m aproximadamente. El principal acceso desde la ciudad de Piura hacia la zona de trabajo es a través de la doble vía asfaltada que parte del intercambio vial Piura-Paita-Sullana, el recorrido aproximado es de 35.5 Km con una duración de 40 minutos (cuadro 01).

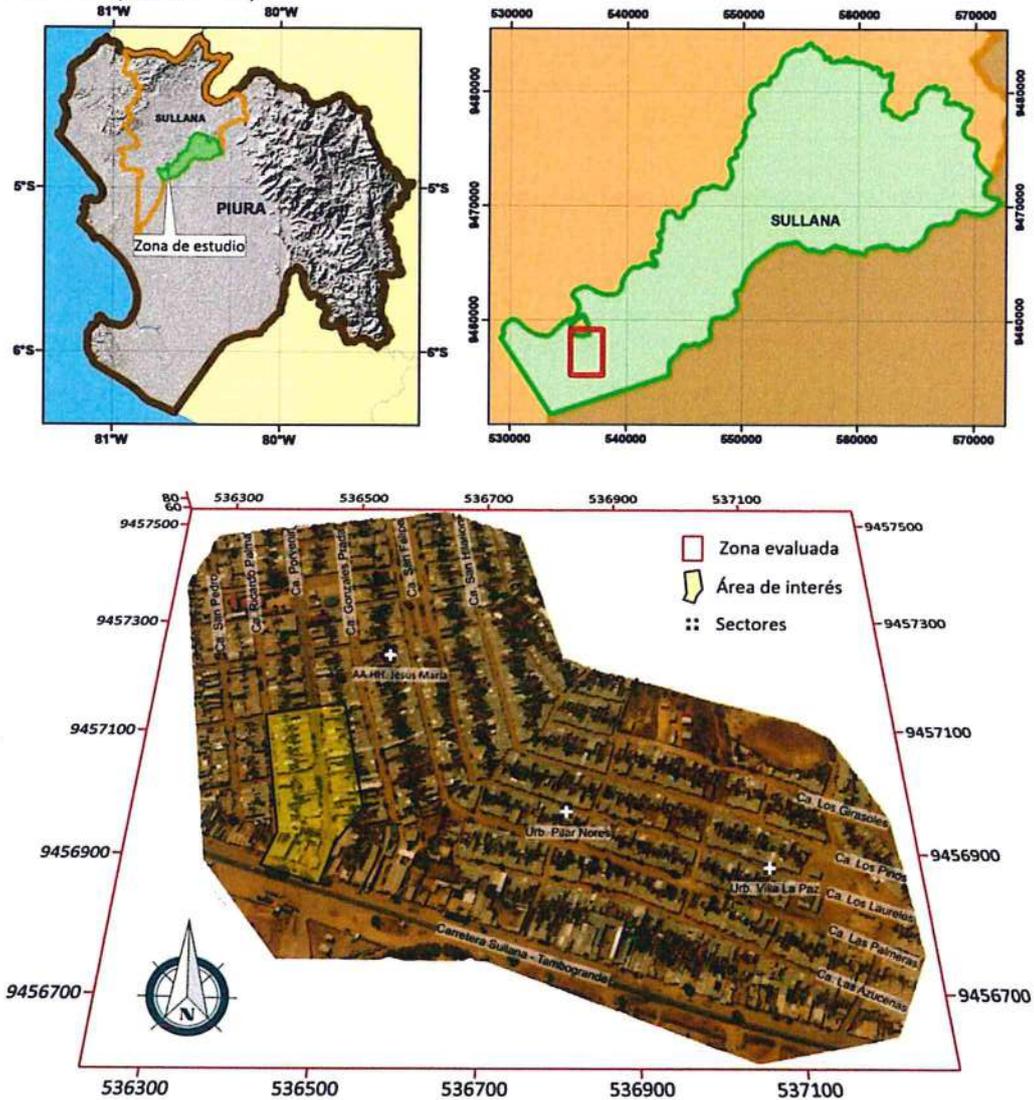


Figura 01. Mapa de ubicación del área de estudio y los sectores inspeccionados.

Ruta	Tramo	Tipo de Vía	Tiempo (horas)
Piura – Sullana	Intercambio vial Piura-Paita-Sullana	Asfaltada	40 min
Sullana - Tambogrande	Ovalo desvío hacia Tambogrande	Asfaltada	5 min

Cuadro 01. Itinerario de traslado a la zona de estudio.

3.2. Mapa de Elevaciones y Pendientes

Para el análisis del comportamiento del drenaje y morfología de la zona de estudio se elaboró el modelo digital de elevaciones y pendientes obtenidos del procesamiento de fotografías aéreas realizadas con drones.

Los sectores evaluados se encuentran entre los 54 m.s.n.m y 89 m.s.n.m; mientras que, el área de interés correspondiente al Sector “C” del AA.HH. Ampliación Jesús María se asienta sobre superficies con elevaciones que fluctúan entre 63 m y 65 m aproximadamente (figura 02).

La geomorfología de la zona de estudio tiene pendientes menores a 2° en una extensión total de 1130 m largo, desde el punto más alto ubicado en la Urb. Villa La Paz hasta el más bajo en el AA.HH. Jesús María (figura 03).

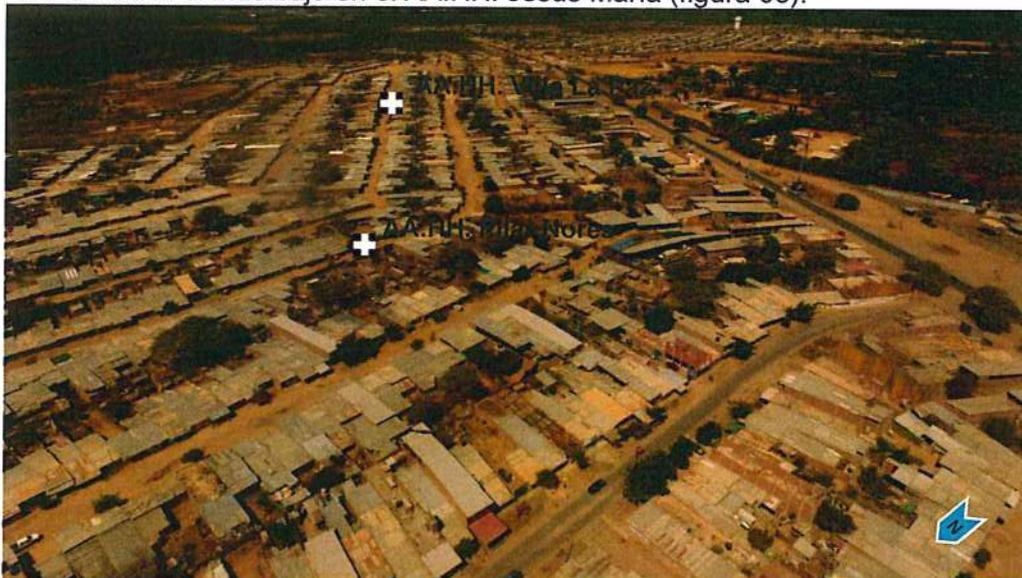


Figura 02. Vista aérea hacia el AA.HH. Villa La Paz y Pilar Nore ubicados sobre superficies con elevaciones mayores al AA.HH. Jesús María.

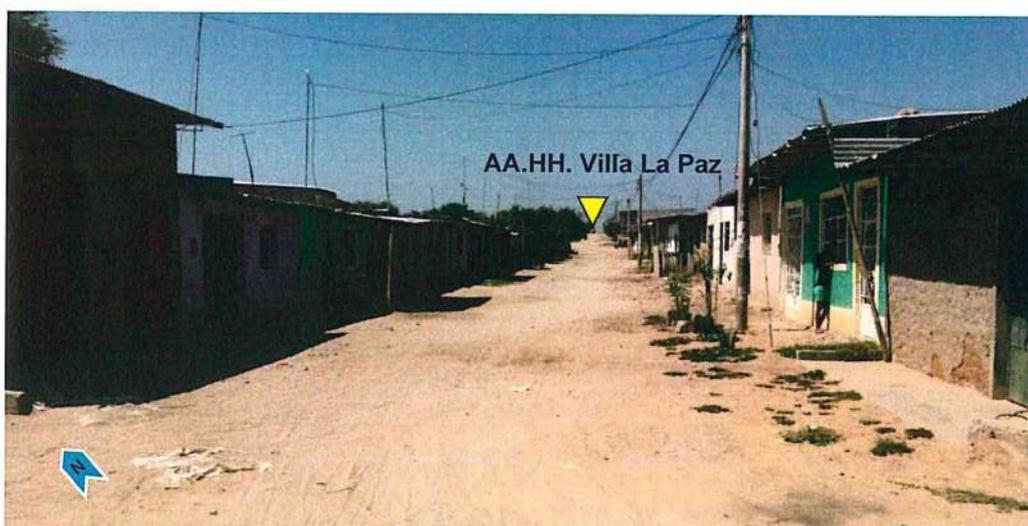


Figura 03. Av. Los Laureles, vista tomada desde el AA.HH. Pilar Nore hacia Villa La Paz.

En el área de inspección se han identificado zonas de declives poco observables a nivel del terreno, para caracterizar estos sectores se realizó el análisis de vectores de pendientes, encontrándose un descenso de elevaciones con una orientación preferencial de sureste a noroeste y de este a oeste lo que grafica las observaciones realizadas en el trabajo de cartografiado de campo (figuras 04 y 05).

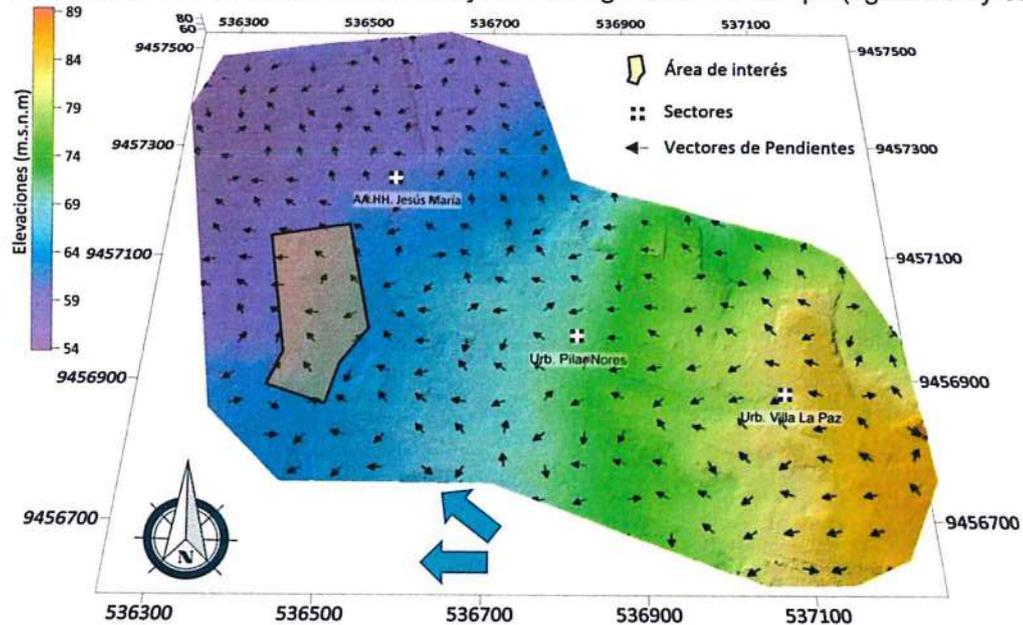


Figura 04. Mapa de elevaciones y vectores de pendientes de la zona de estudio.



Figura 05. Vista hacia la carretera Sullana-Tambogrande con una rasante a nivel superior a la zona urbana.

3.3. Análisis multitemporal de imágenes satelitales

Para este informe se ha descargado, georreferenciado y clasificado 06 imágenes satelitales de los servidores Landsat y Copernicus, que cubren la misma área pero que fueron capturadas en diferentes periodos o años, con esta técnica se realizó la detección de cambios con el objetivo de analizar como el área urbana de los sectores estudiados se ha expandido desde el año 2004 al presente (figura 06).

Mediante el análisis se determinó que, antes del año 2004 en la zona existían más de 25 has de áreas de cultivo (polígono amarillo) factor que influye en la erodabilidad de los suelos, en el 2010 el área disminuyó hasta llegar a 15 has, para el 2012 más de 300 viviendas aproximadamente habían ocupado gran parte de la zona.

Cabe destacar que, en el año 2004 existía una acequia canal que irrigaba los terrenos de cultivo y que atravesaba la zona de manera transversal de norte a sur (línea azul/mayo 2004), la ocupación antrópica modificó el curso de este canal que, en aquel entonces captaba las aguas provenientes de la parte alta de lo que hoy es Urb. Villa La Paz.



Figura 06. Análisis multitemporal de imágenes satelitales desde el año 2004 al 2012.

Además, las imágenes satelitales se recopilaron con periodos próximos a las temporadas de lluvias, es así que, se cuenta con la imagen del mes de abril del año 2017 posterior a los eventos meteorológicos ocurridos durante el Niño Costero (figura 07), la cual ha sido utilizada para estudiar las zonas de erosión debido al agua de escorrentía que se produjo durante este fenómeno.



Figura 07. Imágenes satelitales de los servidores Landsat y Copernicus de los 2015 y 2017.

4. ASPECTO GEOLÓGICO

Según Palacios, O. et al 1994, la geología de la zona de estudio a escala 1:100 000 (figura 08), está representada por materiales Cuaternarios de tipo eólicos entre los que se puede reconocer depósitos antiguos y recientes; mientras que, 3.7 km al norte se distribuyen los depósitos aluviales recientes producto de la dinámica y evolución del río Chira en la Formación Miramar conformada por conglomerados y areniscas y la Formación Chira constituida por secuencias de arcillitas bentónicas.

Los depósitos eólicos antiguos sobre los que se asienta la zona urbana de los sectores AA.HH. Jesús María y las Urb. Villa La Paz y Pilar Norez fueron utilizados como terrenos de cultivos, estos son erosionados por la escorrentía en temporadas de lluvias y transportados desde las partes elevadas hasta las bajas.

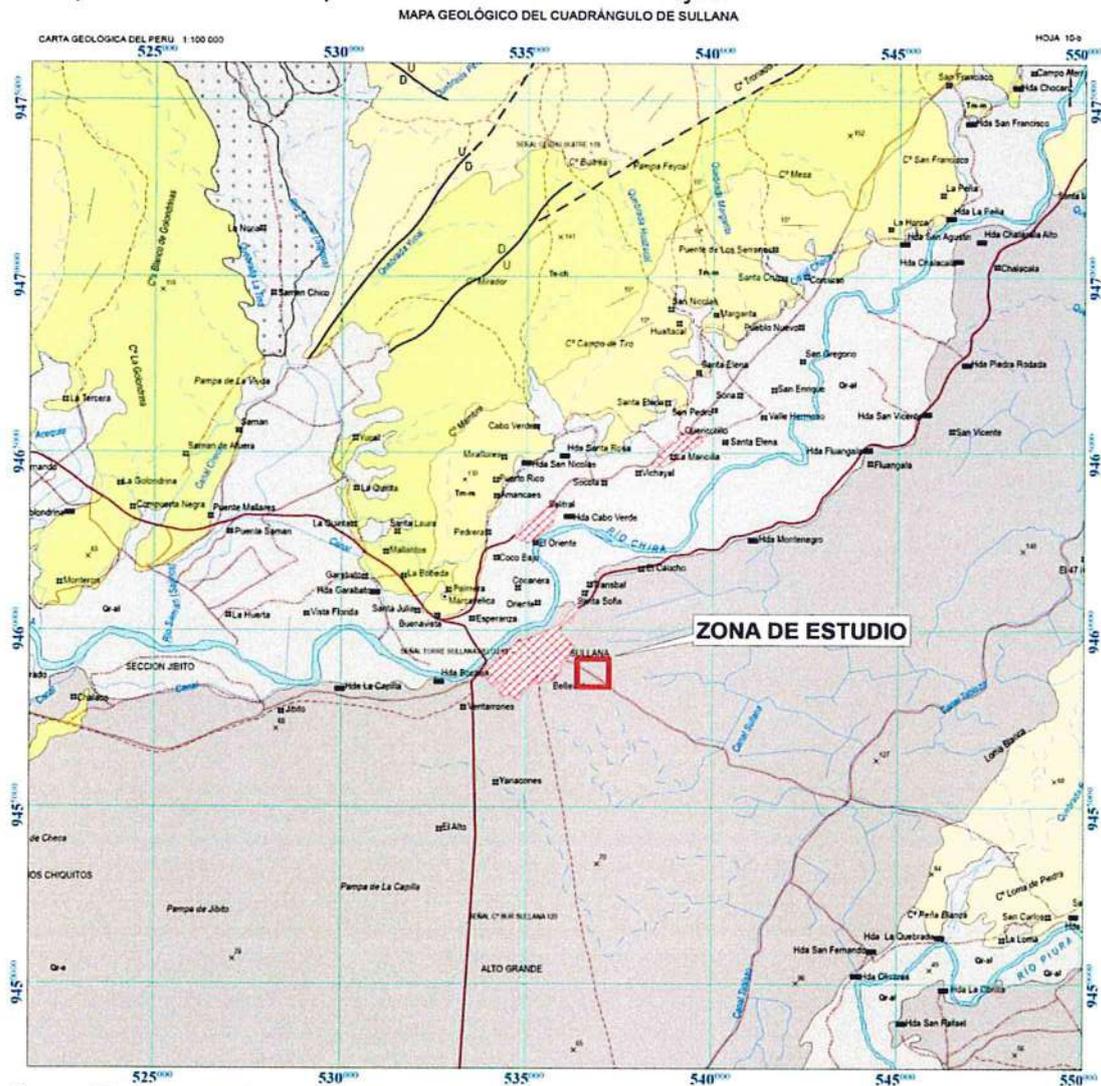


Figura 08. Mapa geológico del cuadrángulo de Sullana 10-b.

5. MORFOLOGÍA Y DRENAJE

Las inundaciones de tipo pluvial involucran un proceso denominado como escorrentía, esta ocurre cuando el flujo de agua proveniente de las precipitaciones, nieve u otras fuentes discurren sobre la superficie conformando uno de los componentes del ciclo del agua. El comportamiento de este flujo está relacionado a diversos factores, existiendo varios tipos de escorrentía dependiendo de la procedencia de esta.

5.1. Escorrentía directa

En la zona de evaluación se ha determinado una escorrentía de tipo superficial o directa, la cual es la precipitación que no se infiltra, llegando a la red de drenaje desplazándose sobre el terreno por acción de la gravedad, el flujo no se almacena o estanca en las depresiones del suelo y presenta bajo grado de evapotranspiración.

El proceso de la escorrentía se inicia cuando ocurre una precipitación (aguacero) y dependiendo de las características del terreno se define el comportamiento de la misma.

La primera lluvia es captada por la parte aérea de las plantas y luego satura el suelo, este aspecto resalta tomando en cuenta que en la zona no existe abundante vegetación debido a la ocupación de viviendas, concreto y asfalto de pistas y veredas (figura 09).

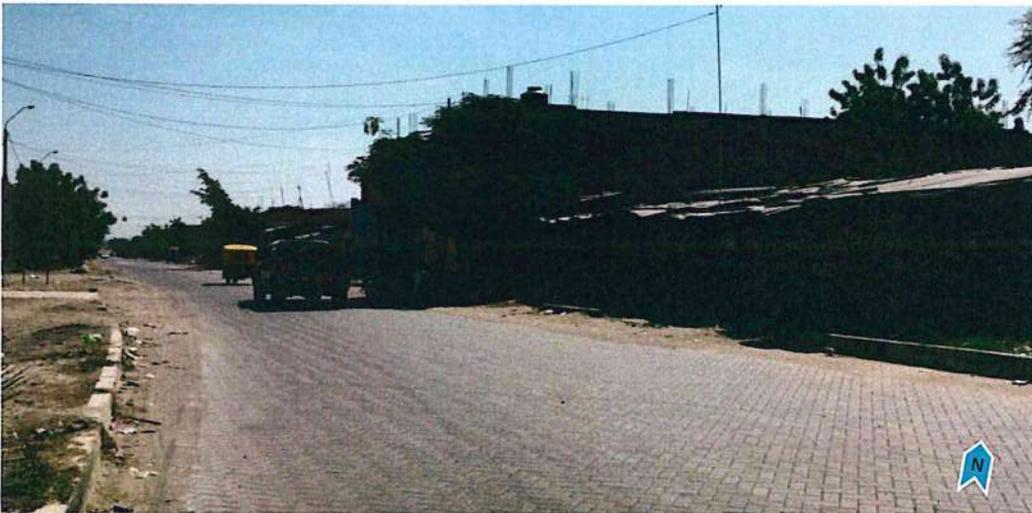


Figura 09. Av. El Porvenir con una pavimentación de tipo enladrillado por donde desciende la escorrentía de este a noroeste.

Cuando la capacidad de infiltración es inferior a la intensidad de la lluvia, el agua comenzará a moverse por la superficie del terreno. Se forma, entonces, una capa delgada de agua. Ésta se mueve por la acción de la gravedad según la pendiente del terreno y es frenada por las irregularidades del suelo y por la presencia de vegetación hasta incorporarse a la red de drenaje, donde se junta con los otros componentes que constituyen la escorrentía total.

5.2. Análisis de direcciones de flujo

Para ayudar a modelar como la escorrentía de la superficie contribuye a las inundaciones se usan los mapas de direcciones de flujo (flow direction maps), ésta herramienta calcula la dirección en que fluirá el agua usando la pendiente de la celda vecina tomando como punto de partida un modelo digital de terreno de la zona de evaluación (figura 10).

Para el análisis del AA.HH. Jesús María Sector "C" se amplió el área de estudio hasta las Urb. Villa La Paz y Pilar Nores para encontrar la fuente y procedencia de los flujos, se realizó el levantamiento fotogramétrico con drones para la obtención de los modelos digitales de superficie, terreno (MDS/MDT) y Ortofoto para su posterior procesamiento mediante software GIS.

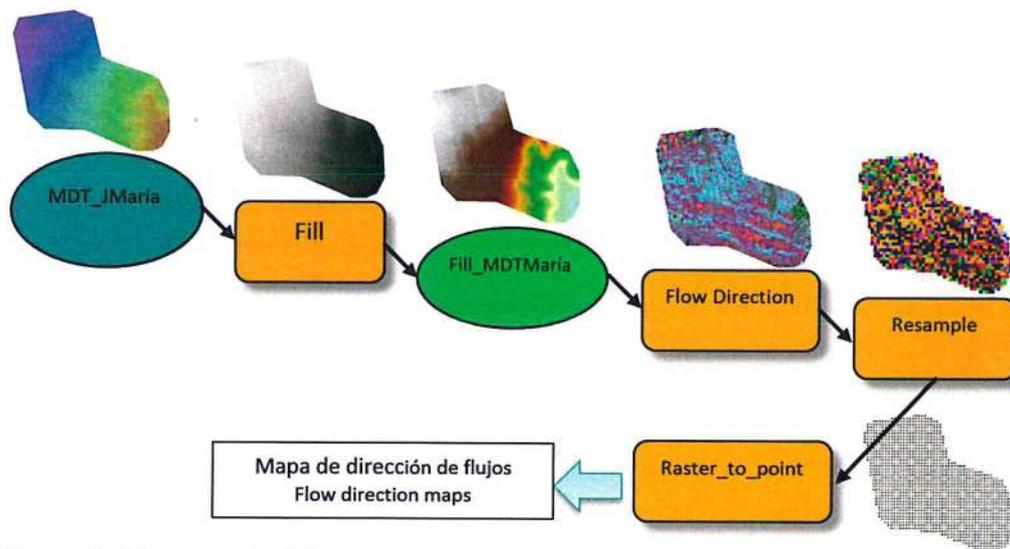


Figura 10. Diagrama de flujo en ModelBuilder para la obtención de las direcciones de flujo en Arcmap de la zona de evaluación.

Basándonos en la dirección del descenso más pronunciado de cada celda, medimos la dirección del flujo, la diferencia del valor z y la pendiente se calculan entre celdas vecinas. En una celda de cuadrícula dada, el agua puede fluir a una o más de sus ocho celdas adyacentes (figura 11). La pendiente es el último factor de cómo fluye el agua en este modelo.

Utilizamos un modelo de punto de fluidez para mostrar cómo y en qué dirección viaja el agua. Las ocho celdas adyacentes en el modelo de punto de fluidez tienen un valor que expresa la forma en que cae el agua. Por tanto, cada celda tiene 8 posibles celdas de escurrimiento por donde se determinará la mayor cantidad o porcentaje de escurrimiento.

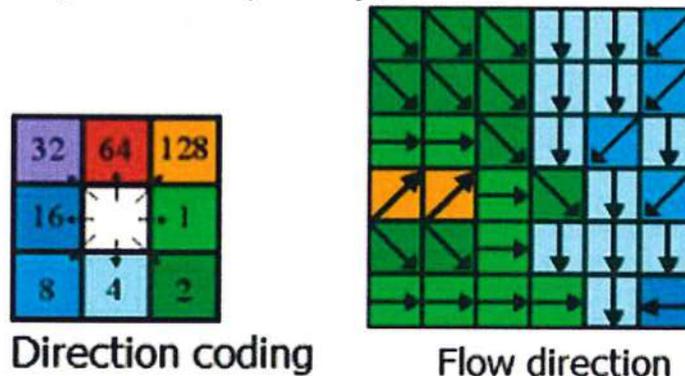


Figura 11. Graficas de direcciones de flujo por celdas.

Una vez obtenidos los vectores en base al análisis celda por celda, se depuraron las celdas que representaban área urbana tales como viviendas, locales deportivos, centros de salud, etc.; en donde la representación del punto de fluidez no es concordante con las observaciones, de esta forma se analizaron los puntos o celdas que representaban solo el terreno.

El análisis e interpretación de las direcciones de flujos del AA.HH. Jesús María, delimitan zonas de escurrimiento y concentración de flujo también cartografiada durante los trabajos de campo. Las calles donde se han identificado zonas de intensa escurrimiento en donde la erosión sobre la superficie es fuerte son: Gonzales Prada, Las Palmeras, Los Laureles y San Felipe, (figura 12).

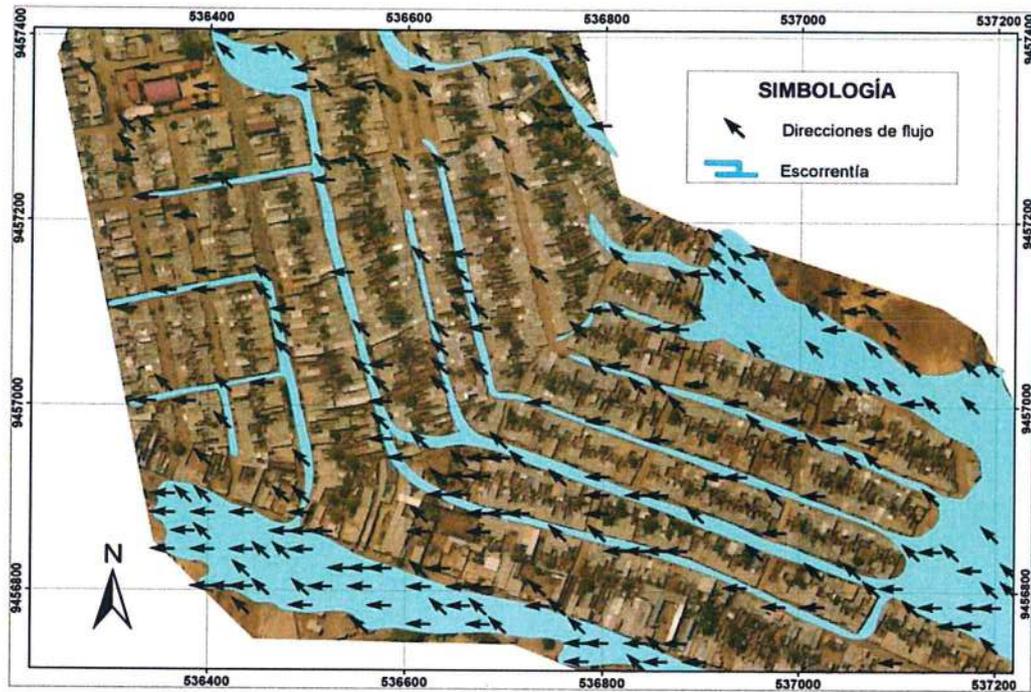


Figura 12. Mapa de direcciones de flujo y escorrentía directa.

5.3. Red de Drenaje

El tipo de drenaje de la zona de estudio es controlado principalmente por la pendiente que presenta la superficie la cual no supera los 2° , el segundo factor es la actividad antrópica debido a la ocupación de viviendas, tomando en cuenta que hace 15 a 20 años atrás, los suelos sobre los cuales se asientan las áreas urbanas del AA.HH. Jesús María, Urb. Villa La Paz y Pilar Nores eran terrenos de cultivo con presencia de vegetación. Se ha determinado que el drenaje de la zona es de tipo anastomosado o trenzado típico de llanuras de inundación con alta sedimentación, pero moderado o bajo caudal, esta característica se manifiesta en temporada de lluvias dejando cauces y surcos que son limitados al ancho de las calles debido a la presencia de las viviendas. Cabe destacar que, en la zona existe el canal vía San Felipe que capta las aguas provenientes de la parte alta de la Urb. Villa La Paz y fluyen por las calles Las Palmeras, Los Laureles y Los Pinos (figura 13).

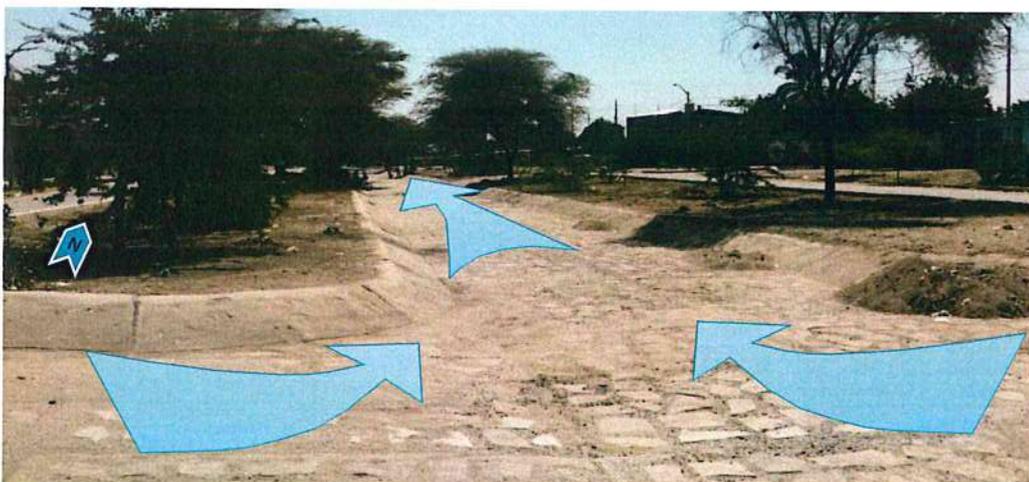


Figura 13. Canal vía San Felipe que drena el agua de escorrentía de norte a sur hasta llegar a la Av. Circunvalación 9 de Octubre.

6. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos tales como los movimientos en masa detonados por sismos o precipitaciones y los peligros hidrometeorológicos tales como las inundaciones fluviales y pluviales se han inventariado en el estudio de "Riesgos Geológicos en la Región Piura" (Vilchez et al., 2013), en donde se indica que Piura presenta un 28% de ocurrencia de peligros por inundaciones presentes en la cuenca baja de los ríos Piura y Chira. Recientemente, se realizó la "Evaluación Geológica de las Zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Piura" (Vilchez et al., 2017), en donde se identificaron 128 poblados afectados principalmente por inundación debido a las intensas precipitaciones ocurridas durante este fenómeno.

6.1. Inundaciones por escorrentía durante el Niño Costero

La Región Piura está expuesta a fuertes precipitaciones durante los meses de enero a marzo. Esta condición climática cambia cuando ocurre el fenómeno "El Niño", donde las lluvias se producen en toda la región, incluyendo la zona costera, el último evento ocurrió en los años 1997-1998, el cual causó cuantiosas pérdidas económicas, principalmente por inundaciones fluviales, erosión de riberas y activación de quebradas. Después de 19 años, se presentó un evento excepcional denominado "Niño Costero"; percibido en la primera quincena del mes de enero como "Niño Costero débil"; pero a inicios del mes de marzo se declara la ocurrencia de un "Niño Costero moderado" acompañado con fuertes lluvias en las zonas medias y bajas de las regiones Tumbes, Piura y Lambayeque, declinando su actividad a fines de abril. En Piura se registraron 18 996 damnificados, 225 492 afectados y 2 250 viviendas colapsadas.

Una de las ciudades más impactadas fue Sullana, en donde los principales canales vías rebasaron la capacidad de drenaje, causando inundaciones pluviales y dejando daños en viviendas, centros comerciales, puestos de salud, etc. Además, hacia las periferias, la activación de quebradas y antiguos canales también afectaron zonas urbanas de varios sectores, entre ellos los evaluados en este informe.

A continuación, se adjuntan y describen screenshot de videos y fotos tomadas en las Urb. Villa La Paz y Pilar Nores y el AA.HH. Jesús María, durante el mes de marzo del 2017:

La calle Gonzales Prada es uno de los puntos más críticos afectados por escorrentía superficial en donde el tirante de agua llegó hasta 10 cm (figura 14).



Figura 14. Los pobladores del AA.HH. Jesús María debieron de llenar sacos con arena para formar una barrera ante el paso del agua que alcanzó hasta 10 cm.

En la intercepción de las calles Gonzales Prada y José Olaya una cuadra antes del Sáenz Peña en donde se ubica el Local Comunal y la loza deportiva también fue afectada por el flujo que desciende de la parte alta de la Urb. Pilar Nores (figura 15).



Figura 15. Calle Gonzales Prada el ancho de la escorrentía llegó a 13 m, ocupando casi el total de la calle.

La intensidad de las lluvias registradas durante el Niño Costero afectó algunas estructuras como paredes de ladrillo y cemento que quedaron debilitadas, solo quedando las columnas de fierro armado (figura 16).



Figura 16. Las lluvias afectaron construcciones como paredes; además, la escorrentía erosionó y transportó gran cantidad de materiales.

Los sacos de arena de hasta 15 cm de espesor colocados para evitar el ingreso de agua a las viviendas fueron rebasados por la altura del flujo que llegó hasta 20 cm en algunos puntos (figuras 17 y 18).

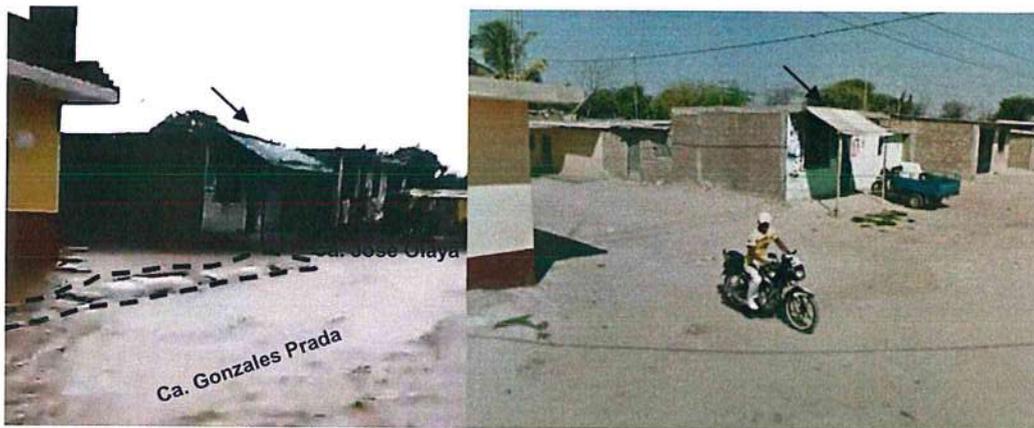


Figura 17. Intersección de las Calles Gonzales Prada y José Olaya.

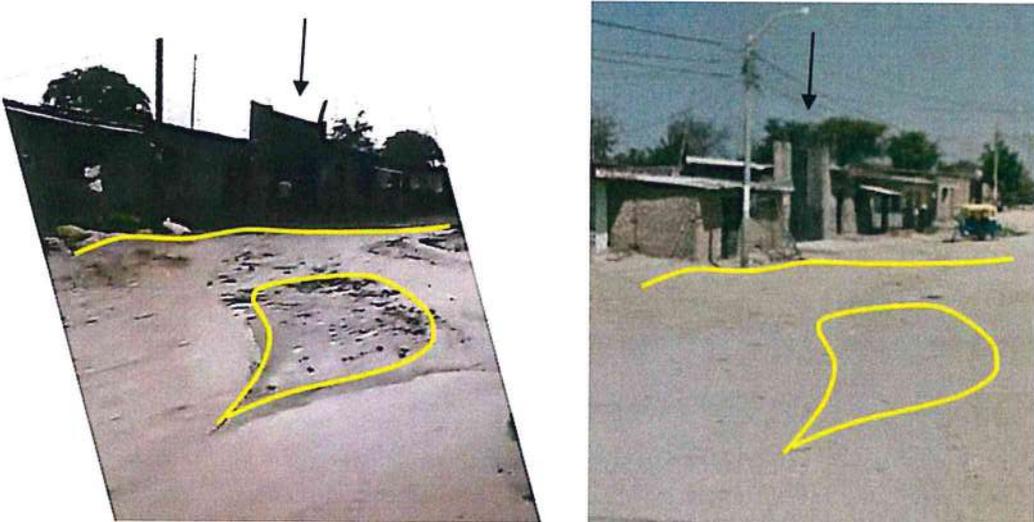


Figura 18. El flujo de la escorrentía formó zonas de erosión que bordeaban las viviendas.

La calle Gonzales Prada fue afectada por procesos erosivos debido al paso del agua de escorrentía que dejó surcos de más 40 cm de profundidad (figuras 19 y 20).



Figura 19. Imagen tomada en el mes de marzo del 2017 (izquierda), las cárcavas fueron rellenadas con materiales antrópicos (derecha).



Figura 20. Zonas de fuerte erosión debido al agua de escorrentía que luego fue depositada en las calles Sáenz Peña y 13 de Diciembre.

6.2. Zonas críticas por Inundación pluvial

Se define inundación como la sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que es habitual en una zona determinada (MJI, 1995).

Las inundaciones pluviales ocurren cuando la escorrentía superficial o directa proveniente de precipitaciones de moderada a fuerte intensidad discurre o se acumula en zonas bajas ocupadas por áreas urbanas mal planificadas y sin un adecuado plan de manejo de cuencas y drenaje.

En la zona de evaluación correspondiente al AA.HH. Jesús María y las Urb. Villa La Paz y Pilar Nores se han identificado puntos de inundación pluvial los cuales corresponden con una cartografía basada en la toma de puntos GPS, análisis de imágenes satelitales y registros fotográficos (figura 28):

- A. El agua de escorrentía proviene principalmente de la Av. El Porvenir que ingresa desde la carretera asfaltada Sullana – Tambogrande y llega hasta las calles José Olaya y Miguel Grau (figura 21).

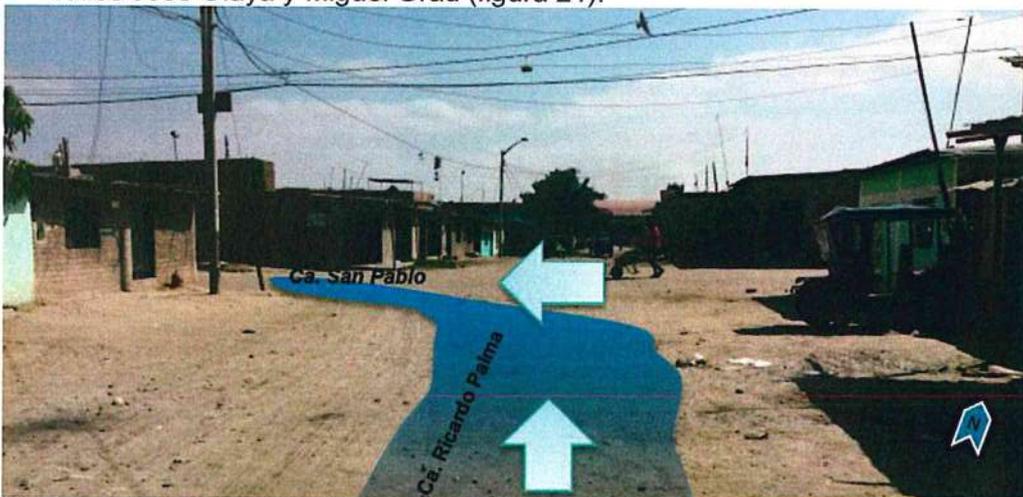


Figura 21. Calles Ricardo Palma y transversal San Pablo.

- B. Av. El Porvenir y Carretera Sullana Tambogrande, la carpeta asfáltica se eleva a 1m sobre el terreno natural, lo que origina que la escorrentía descienda hasta la calle El Porvenir con dirección norte (figura 22).



Figura 22. Av. El Porvenir ingreso desde la carretera Sullana Tambogrande.

- C. Loza deportiva y Local Comunal, en esta zona se llegan a depositar gran cantidad de sedimentos que transportan las inundaciones, según manifiestan los pobladores durante el Niño Costero el lodo llegó hasta 10 cm de espesor (figura 23).

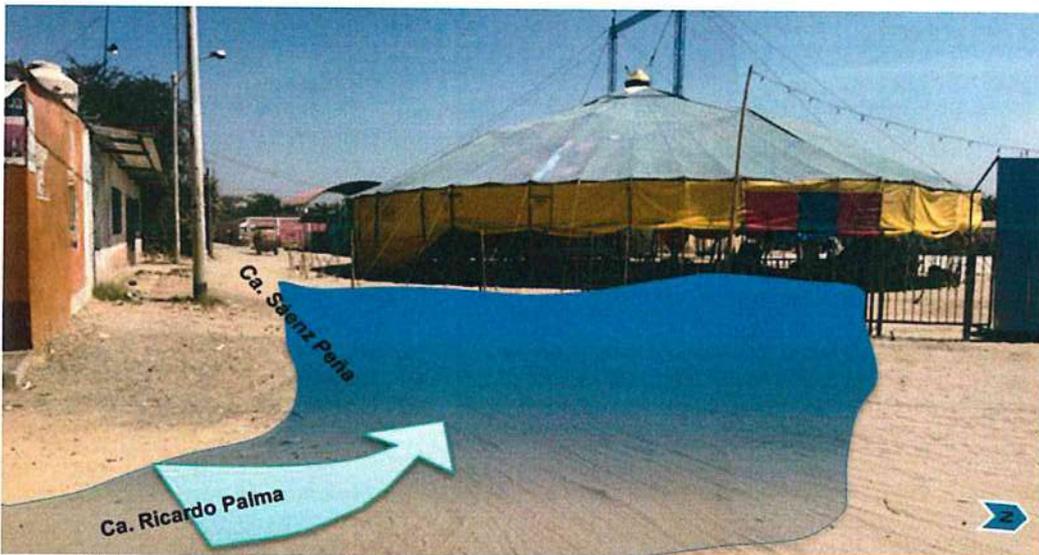


Figura 23. Loza deportiva, los flujos de agua transportan sedimentos que luego se depositan en la loza deportiva.

- D. La calle Gonzales Prada ha sido cerrada por varias viviendas que antes del año 2004 no existían según el análisis multitemporal realizado en base a imágenes satelitales, los flujos provenientes de la calle los Girasoles ingresan a las viviendas en su mayoría de material rustico (adobe, esteras, etc.) (figura 24).

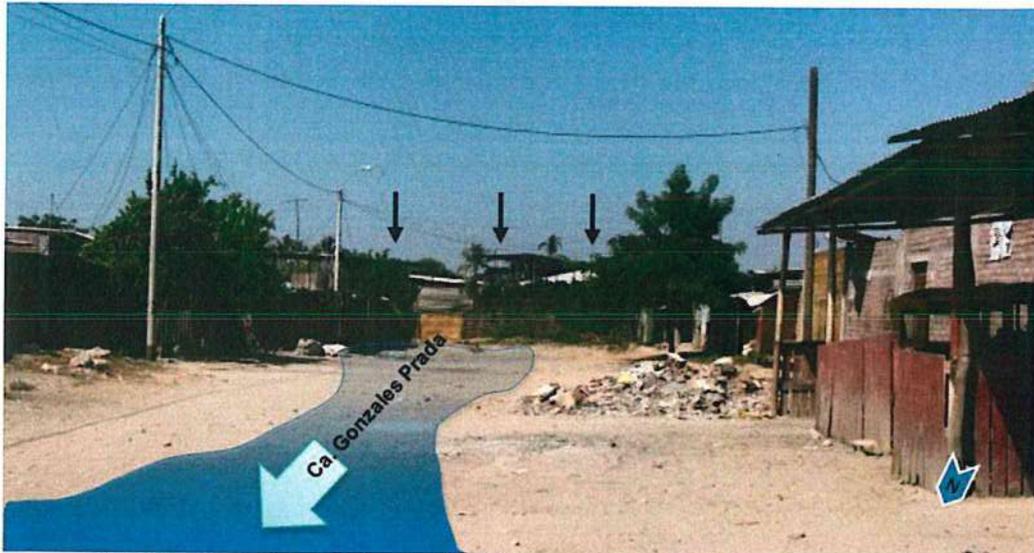


Figura 24. Calle Gonzales Prada por donde ingresan los flujos de agua proveniente de la Urb. Pilar Nores.

- E. El área urbana de la Urb. Villa La Paz se ubica sobre relieves elevados a comparación de la Urb. Pilar Nores y AA.HH. Jesús María, la calle Los Girasoles es la principal vía por donde fluye el agua de escorrentía hasta llegar a la calle San Felipe, la escorrentía llega hasta la calle Gonzales Prada inundando varias viviendas que ocuparon terrenos por donde pasaban cauces o cursos de agua antiguos (figura 25).



Figura 25. Intercepción de las calles Los Girasoles y San Felipe.

- F. Canal vía San Felipe principal recolector de aguas superficiales que parte desde la calle José Olaya, inicialmente esta infraestructura estuvo proyectada para que llegue hasta la calle Los Girasoles (líneas punteadas amarillas), sin embargo, el trazo fue ocupado por pobladores lo que imposibilitó seguir con la construcción del dren (figuras 26 y 27).

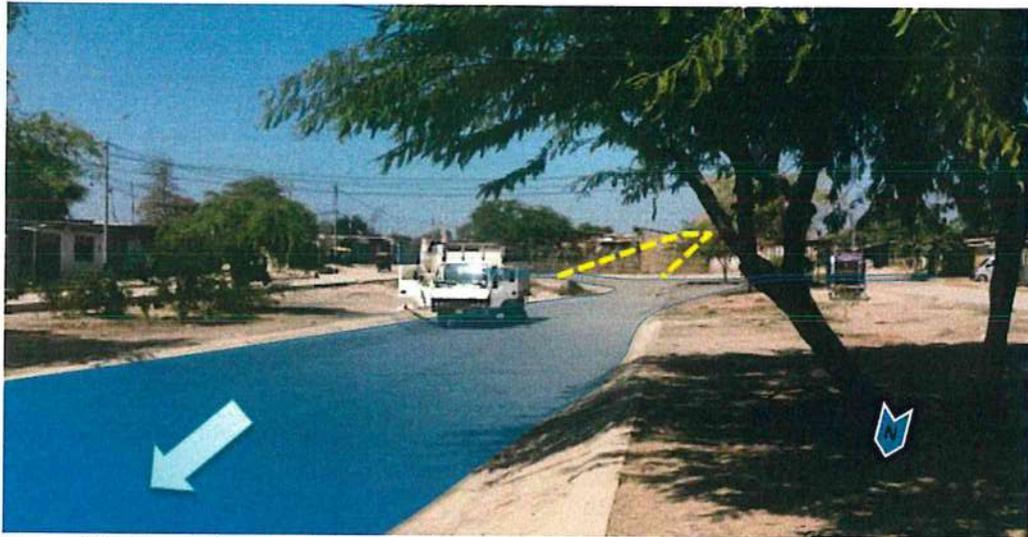


Figura 26. Canal vía San Felipe.

Las viviendas que ocupan el terreno donde se proyectaba el canal vía también son afectadas por la escorrentía que de manera natural pasaba por los terrenos de cultivo utilizados hasta hace 15 años atrás.

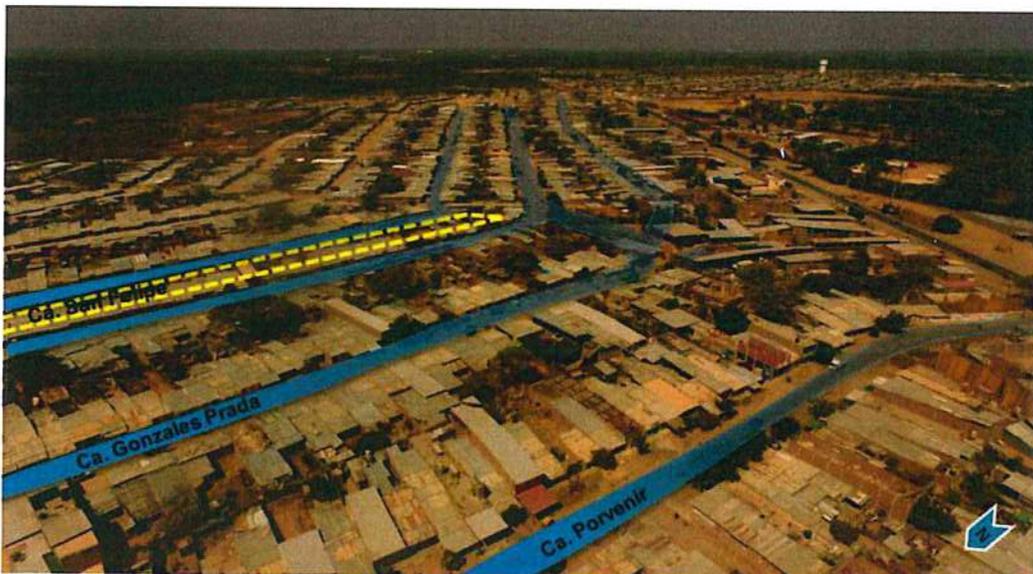


Figura 27. Vista aérea tomada de oeste a este, observando hacia la Urb. Villa La Paz desde donde proviene la escorrentía.

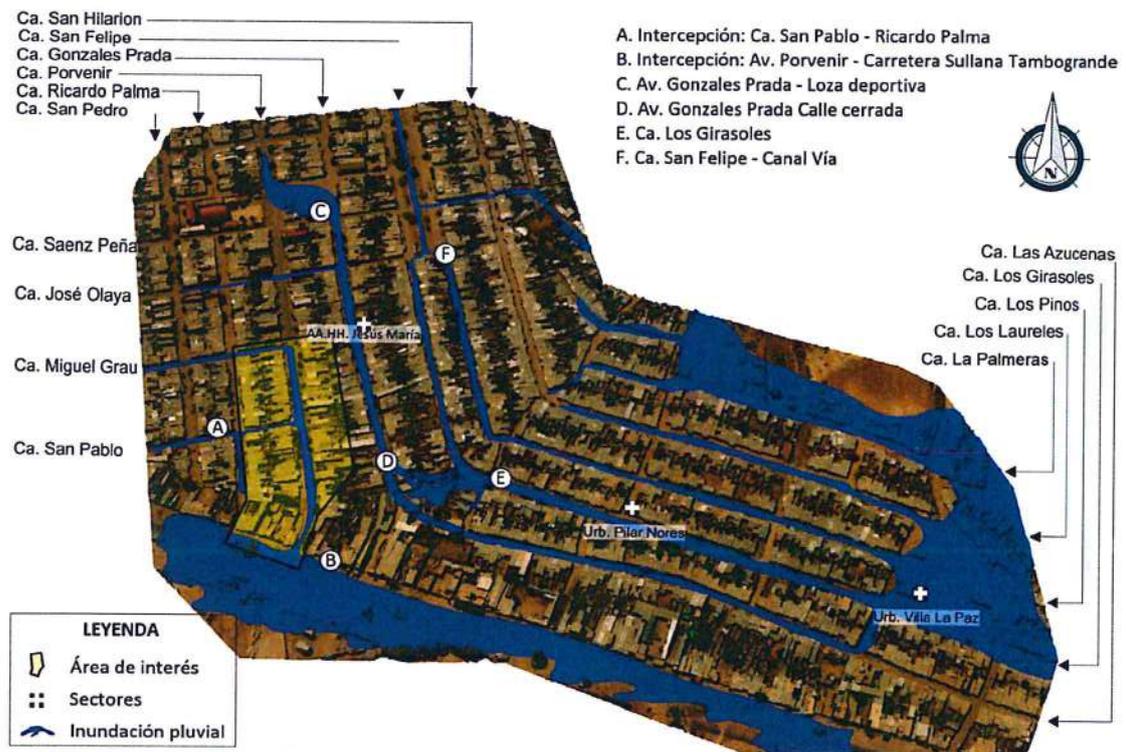


Figura 28. Mapa de inundación pluvial de la zona de evaluación.

6.1. Zonas de erosión y depositación

La erosión consiste en la pérdida gradual de los materiales que constituyen el suelo, los componentes tales como las gravas, arenas, limos o arcillas son arrancadas desde su fuente, en el proceso son transportados, disgregados y depositados formando nuevas superficies. Estos procesos se caracterizan por ser relativamente lentos e intermitentes y su recurrencia guarda relación con la meteorología de la zona. Por lo contrario, como consecuencia de un manejo inadecuado del suelo, la erosión sobre terrenos agrícolas puede ser más intensa. Además, la degradación del suelo por los agentes erosivos se considera como progresiva e irreversible ya que, por una parte, la masa de suelo perdida suele ser irrecuperable y, por otra, el tiempo requerido para que se forme un nuevo suelo es extremadamente largo (Morgan, 1997).

Teniendo en cuenta los factores y características estudiadas de la superficie sobre la cual se asientan las Urb. Villa La Paz y Pilar Nores y el AA.HH. Jesús María y habiendo determinado que antes del año 2004 gran parte de esta área fue ocupada como terrenos agrícolas, se ha identificado zonas de intensa erosión a través de una imagen satelital tomada en el mes de abril del 2017, durante el fenómeno del Niño Costero (figuras 29 y 30).

La erosión también se asocia a procesos de depositación, mientras que, en las superficies más altas la erosión disminuye o desgasta los suelos, en las superficies bajas ocurre el proceso inverso en la cual se depositan los materiales y sedimentos creando nuevos suelos.

En los trabajos de campo se han identificado una de las zonas en donde se observan indicios de sedimentación de materiales provenientes de las calles Las Azucenas y Los Girasoles que vienen desde la parte alta de la Urb. Villa La Paz y descienden hasta la Urb. Pilar Nores para luego llegar finalmente hasta el Asentamiento Humano Jesús María.



Figura 29. Imagen Landsat de la zona de estudio tomada durante el Niño Costero.

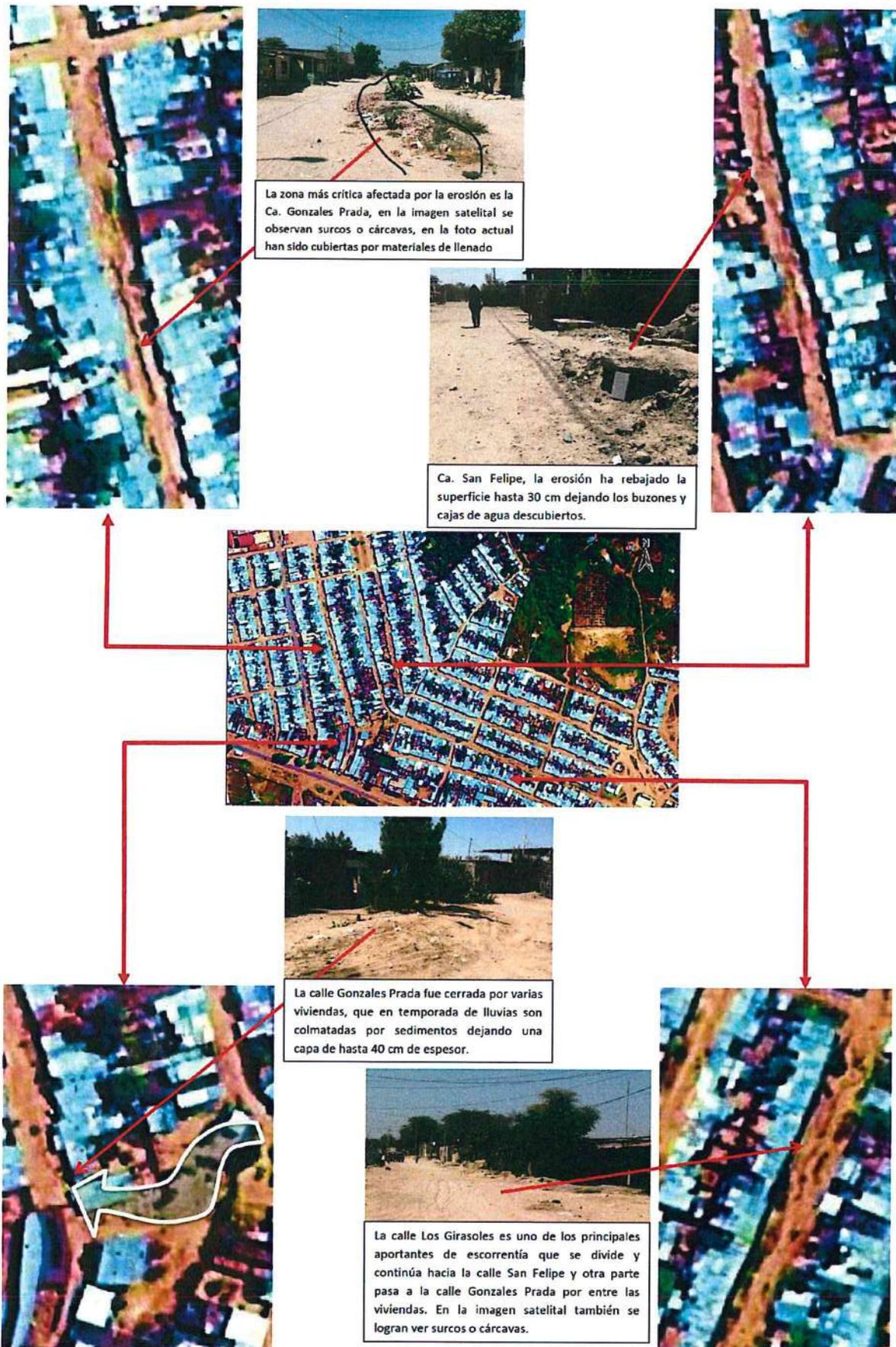


Figura 30. ZONAS DE EROSIÓN. Imagen satelital Landsat abril 2017, en donde se observan zonas de intensa erosión denominados como surcos o cárcavas.

Debido a la sedimentación de los materiales, las veredas o bermas ya no presentan sardinel ya que el espesor de los depósitos alcanzó entre 10, 30 y 50 cm. Estas características se acentúan en la mayoría de las viviendas de la calle Gonzales Prada hasta llegar a la calle Sáenz Peña (figuras 31 y 32).

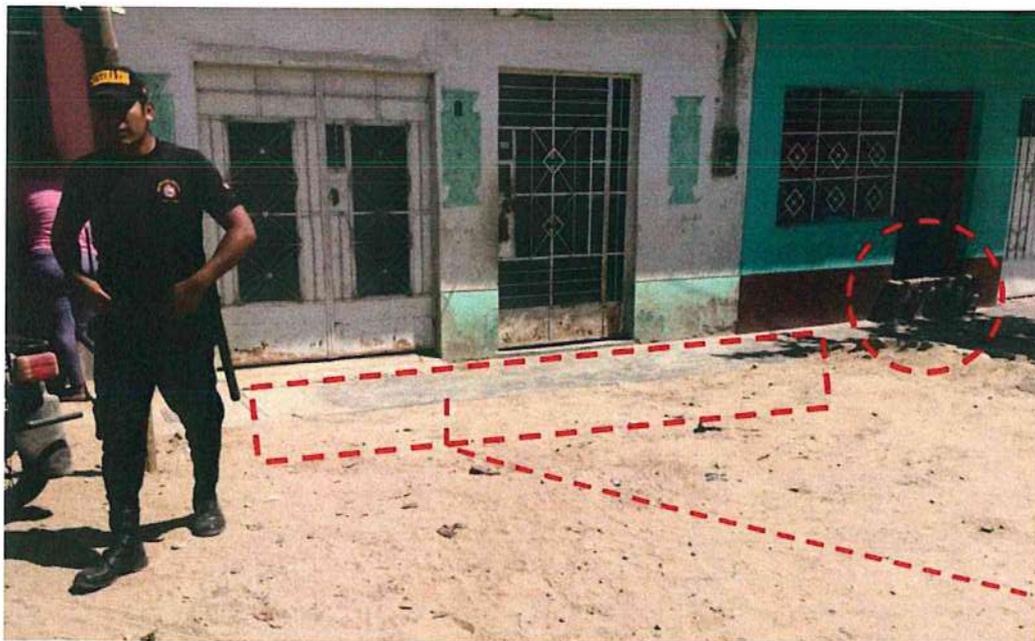


Figura 31. Viviendas ubicadas en la calle Gonzales Prada, veredas sin sardinel.

Como medida de prevención los pobladores han construido muros de ladrillo y concreto de 40 cm en las entradas de las puertas y garajes para evitar el ingreso del agua en temporada de lluvias.



Figura 32. Intercepción de las calles Gonzales Prada y José Olaya.

La sedimentación de arenas ha llegado en algunos puntos hasta 50 cm de altura dejando a las viviendas sin acceso a la calle, los sacos de arena colocados como medida de prevención funcionaron como barreras y detuvieron el avance de los materiales (figura 33).



Figura 33. El piso o nivel de la vivienda ha quedado 50 cm por debajo de la superficie de la calle.

7. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

A continuación, se describen algunas propuestas generales para el manejo y mitigación de zonas afectadas por inundaciones pluviales debido a escorrentía, estas medidas no estructurales y estructurales se enmarcan en proyectos de drenaje pluvial urbano que tienen por objetivo la recolección, conducción y disposición final del agua de lluvia.

7.1. Medidas no estructurales

En los últimos años han comenzado a emplearse las medidas denominadas no estructurales. Éstas, a diferencia de las estructurales, no actúan sobre la avenida en sí, alterando sus características hidrológicas o hidráulicas, sino que modifican la susceptibilidad de la zona inundable frente a los daños por inundación. Esas medidas se pueden clasificar en los siguientes grupos (MIMAM, 1.998a):

- Modificación de la susceptibilidad al daño de las estructuras existentes: instalación de cierres y uso de materiales resistentes al agua, relocalización o protección de las propiedades de valor dentro de los edificios, localización de edificios y sus contenidos fuera de un área susceptible de daños por inundaciones.
- Control del futuro desarrollo en la zona inundable: zonificación de la llanura de inundación y restricciones a los usos del suelo, seguro frente a inundaciones.
- Mejora de la respuesta frente a las inundaciones mediante mecanismos de previsión: instalación de sistemas de previsión de avenidas y aviso con un plan de evacuación apropiado.

Las posibles acciones no estructurales complementan las medidas estructurales por encima del umbral de protección, teniendo una gran efectividad y en general un costo económico mucho más bajo.

7.2. Medidas estructurales

7.2.1. Alcantarillado pluvial

La ocupación urbana mal planificada ocasiona que los volúmenes de agua de lluvias que discurren superficialmente se incrementen debido a la impermeabilidad del concreto, pavimento o asfalto.

El alcantarillado pluvial o red de drenaje pluvial es un sistema de tuberías, sumideros e instalaciones que permiten el rápido transporte de aguas de lluvias hacia zonas más bajas en donde el impacto por daños es nulo o bajo. Los componentes principales de un sistema de alcantarillado se agrupan según la función para la cual son empleados. Así, un sistema de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, se integra de las siguientes partes:

A. Estructuras de captación

Tienen la función de recolectar las aguas superficiales, entre ellos tenemos: los sumideros, bocas de tormenta, alcantarillas, etc. (figura 34).



Figura 34. Sumideros y bocas de tormenta. Fuente: Magtel.es (2016).

B. Estructuras de conducción

Transportan el agua recolectada hacia sitios de tratamiento o vertido, según sea la finalidad se puede agregar valor para reutilizar el agua en riego de cultivos (figura 35).

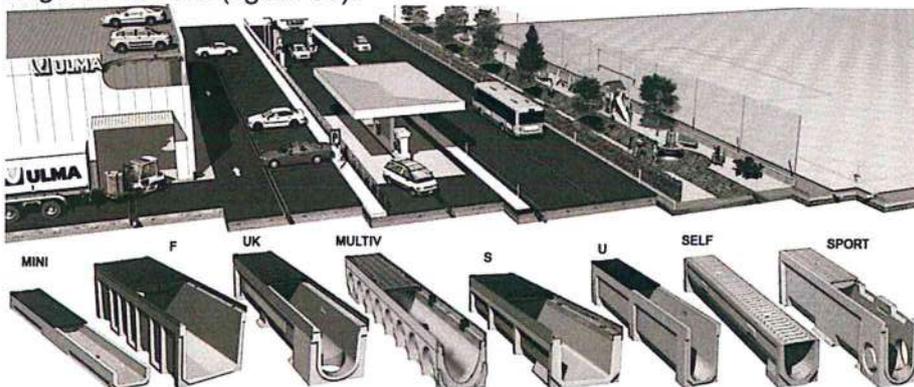


Figura 35. Tuberías y canales subterráneos. Fuente: Ulmaarchitectural.com (2019).

C. Estructuras de conexión y mantenimiento

Facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de alcantarillado, además es posible hacer varias conexiones posteriores para regular el caudal de entrada o salida (figura 36).

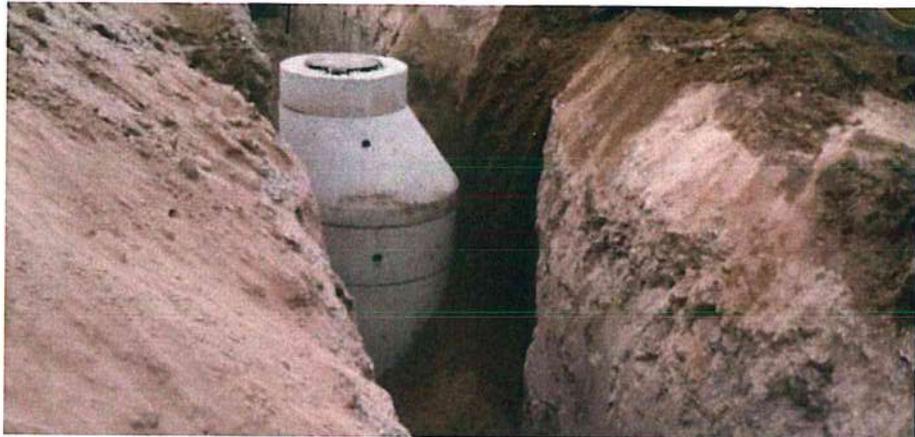


Figura 36. Pozos de registro o cámara de inspección. Fuente: Jibe.com.mx (2019).

D. Estructuras de vertido o detención

Son estructuras que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, funcionan como depósitos transitorios o finales del agua de lluvia (figura 37).



Figura 37. Estacionamientos permeables doble función, estos almacenan agua a través de tuberías y pueden ser estacionamientos o estaciones solares en épocas de sequía. Fuente: Sudsostenible.com (2016).

E. Instalaciones complementarias

Entre las estructuras o instalaciones se tienen las plantas de bombeo, plantas de tratamiento, válvulas de regulación y/o detención, disipadores de energía, etc. (figura 38).



Figura 38. Válvulas de regulación para distribución de agua a vertederos finales. Fuente: xylem.com (2019).

CONCLUSIONES

- a. La Urbanización Villa La Paz se ubica al este entre 89 y 79 m de altitud; mientras que, la Urb. Pilar Nores se distribuye sobre superficies con elevaciones entre 79 y 69 m s.n.m. La zona de interés denominada como Asentamiento Humano Jesús María Sector "C" se encuentra entre 63 y 65 m s.n.m.; constituyendo las zonas más bajas en donde se depositan los materiales provenientes de las partes más altas.
- b. La zona de inspección presenta una superficie con pendiente menor a 2° configurando una llanura de inundación con escasas ondulaciones o accidentes geográficos. Los declives o descensos de pendientes tienen una orientación preferencial de sureste a noroeste y de este a oeste, factor que determina la escorrentía superficial hacia el sector de interés.
- c. Los suelos donde se asientan las zonas urbanas del AA.HH. Jesús María, Urb. Villa La Paz y Pilar Nores fueron terrenos de cultivo, que antes del año 2004 llegaron a cubrir hasta 25 has. Para el año 2015 la zona se había consolidado con más de 300 viviendas que llegaron a cubrir más de la mitad del área inicial.
- d. La geología de la zona de estudio está conformada por depósitos eólicos antiguos que fueron utilizados como terrenos de cultivo, factor que influye en la erodabilidad de los materiales y sedimentos en temporada de lluvias.
- e. Se determinó que la superficie de las zonas urbanas evaluadas es afectada por una escorrentía de tipo directa o superficial, con baja capacidad de infiltración y baja captación aérea debido a la escasa vegetación.
- f. Se identificó peligros geológicos por una fuerte erosión debido a la escorrentía que fluye a través de las calles de la zona evaluada y que deja surcos (cárcavas) de hasta 50 cm de profundidad afectando las instalaciones de agua y desagüe. Además, la inundación pluvial alcanza tirantes de agua de hasta 20 cm de altura que ingresa a las viviendas arrastrando materiales provenientes de la parte alta de la Urb. Villa La Paz y Pilar Nores.
- g. Las calles donde se identificaron zonas críticas de intensa escorrentía en donde la erosión sobre la superficie es fuerte son: Ca. Gonzales Prada, Las Palmeras, Los Laureles y San Felipe intersección con José Olaya. El análisis de direcciones de flujos ayudo a complementar el mapeo realizado en campo determinando los puntos de mayor concentración de flujos por escorrentía.
- h. La zona de depositación de sedimentos conformados principalmente por arenas, gravillas y gravas se encuentra en la intersección de las calles San Felipe y Gonzales Prada con las calles Las Azucenas y Los Girasoles, encontrándose espesores de 10 a 50 cm principalmente en la calle Gonzales Prada.

RECOMENDACIONES

- a. Se deben implementar programas de prevención, estos deben contemplar la formación de brigadas y equipos de trabajo antes del inicio de la temporada de lluvias, los equipos deben estar enlazados con las oficinas de INDECI Local para la revisión de avisos meteorológicos para tomar las siguientes medidas preventivas tales como: colocación de barreras en calles y viviendas mediante sacos de arena, zanjas o canales temporales revestidos para la evacuación del agua de escorrentía.

- b. Los sistemas de alerta temprana también son herramientas eficientes frente a inundaciones, sirven para dar aviso a las poblaciones sobre la ocurrencia de eventos meteorológicos repentinos donde el tiempo de reacción es reducido, pero son útiles para la evacuación de zonas urbanas.
- c. A largo plazo, los peligros geohidrológicos evaluados en las Urb. Villa La Paz y Pilar Nores y el AA.HH. Jesús María requieren de un proyecto integral que tome en cuenta los siguientes estudios: topografía, hidrología, tipos de suelos, hidráulica, impacto ambiental, etc.; para el diseño de un sistema de drenaje pluvial regido por la Norma OS.060 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- d. Para los estudios planteados se deben tomar en cuenta los peligros geológicos y geohidrológicos evaluados en el presente informe para tomar las medidas correctivas frente a la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos como el Niño Costero.

REFERENCIAS

- a. Clasificación por sistema en Canales de Drenaje [figura]. (2019). Recuperado de <http://www.ulmaarchitectural.com/es/canales-de-drenaje/>
- b. Depósitos superficiales de detención [figura]. (2016). Recuperado de <http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/depositos-superficiales-de-detencion/>
- c. Instalación y Mejoramiento del Sistema Integral de Drenaje Pluvial” en el distrito de Cerro Colorado en Arequipa [figura]. (2016). Recuperado de <https://www.magtel.es/projects/sistema-drenaje-pluvial/>
- d. MEJI, (1995). Directriz básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones. Resol. 1 enero. BOE, 38.
- e. MIMAM, 1998a. “Síntesis de las Avenidas del río Júcar en su llanura de inundación. Análisis de la situación actual y líneas de actuación”. Incluido en el Convenio de colaboración entre la DGOHCA y CEDEX. Septiembre de 1998.
- f. Morgan, R.P.C. (1997). Erosión y conservación del suelo. Mundi Prensa. Madrid. 343 pp.
- g. Obras de Infraestructura y Urbanización [figura]. (2019). Recuperado de <http://www.jibe.com.mx/urbanizacion.asp>
- h. Palacios, O. (1994). Geología de los cuadrángulos de Paíta, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zoritos, Tumbes y Zarumilla. Bol. Inst. Geol. Min. Met. INGEMMET N° 54, Serie A.
- i. Prevención de inundaciones [figura]. (2019). Recuperado de <https://www.xylem.com/es-es/industries-applications/municipal-water--wastewater/stormwater--flooding/flood-prevention>
- j. Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013). Riesgo geológico en la región Piura. Boletín N° 52 serie C: Geodinámica e ingeniería geológica.
- k. Vilchez, M., Sosa, S. & Jaimes, S. (2017). “Evaluación Geológica de las Zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Piura”.



Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET