

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN

**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE INUNDACIÓN POR EL RÍO
AMOJÚ EN LA PARTE BAJA DE LA CIUDAD DE JAÉN**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR: Mag. Sc. José Antonio Coronel Delgado

BACHILLER: Erikson Persy Mondragón Delgado

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2013

ÍNDICE

Contenido	Página
Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Índice de Tablas.....	iv
Índice de Figuras.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
Introducción.....	viii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	1
Antecedentes.....	1
Antecedentes Internacionales.....	1
Antecedentes Nacionales.....	2
Antecedentes Locales.....	3
Bases Teóricas.....	3
Análisis hidrológico de cuencas.....	3
Evaluación de la información hidrológica.....	4
Análisis estadístico de datos hidrológicos.....	4
Metodología para determinar el nivel de grado de peligrosidad.....	14
Criterios recomendados para determinar el nivel de la intensidad.....	15
Criterios recomendados para la evaluación de la frecuencia o tiempo de retorno de la inundación fluvial.....	16
Análisis de la vulnerabilidad ante peligros por inundaciones fluviales.....	17

Estimación del riesgo por inundaciones fluviales.....	39
Elaboración de mapas de peligro por inundaciones fluviales.....	42
Definición de términos básicos.....	43
CAPÍTULO II. MATERIALES Y METODOS.....	47
Ubicación geográfica.....	47
Tipo de la investigación.....	47
Materiales y equipos.....	48
Materiales.....	48
Equipos.....	48
Descripción de las variables.....	49
Diseño metodológico.....	50
Tratamiento y análisis de datos, y presentación de resultados.....	53
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
Resultados	65
Determinación del peligro de inundación.....	66
Determinación del grado de vulnerabilidad.....	67
Determinación del nivel de riesgo de inundación.....	74
Delimitación del mapa de peligro de inundación.....	75
Discusión.....	76
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	81

AGRADECIMIENTO

A la Municipalidad Provincial
de Jaén, por su participación
al responder a mis
inquietudes.

Al Proyecto Especial Jaén – San
Ignacio – Bagua, por su apoyo en la
facilidad de Información
Meteorológica.

Al Mag. Sc. José Antonio
Coronel Delgado, mi asesor por
su valorable ayuda y
colaboración desinteresada.

A Dios por darme los ánimos, las
fuerzas en los momentos más
difíciles, durante toda mi carrera
profesional.

DEDICATORIA

A mis padres Ulises Mondragón
Villena y Rosabel Delgado
Saavedra por su apoyo
incondicional durante toda mi
carrera profesional.

A mis queridos e inolvidables
hermanos Marcos y Sandro para que
les sirva de ejemplo y hagan suya la
tarea de superación.

A mi sobrina Kary Dahana, que le
sirva como guía en sus trabajos
futuros y sea usado como aporte
académico.

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Valor de CN utilizados para varios tipos de uso de la tierra.....	12
Tabla 2. Nivel de intensidad para inundaciones fluviales.....	15
Tabla 3. Rangos de intensidad para inundaciones fluviales.....	15
Tabla 4. Periodos de retorno según su categoría.....	16
Tabla 5. Rangos de frecuencia de inundaciones fluviales.....	16
Tabla 6. Matriz de peligro de inundación fluvial.....	17
Tabla 7. Niveles de peligrosidad ante inundaciones fluviales.....	17
Tabla 8. Tipos de vulnerabilidad ante inundaciones fluviales.....	19
Tabla 9. Localización de viviendas.....	20
Tabla 10. Material de construcción utilizada en viviendas.....	20
Tabla 11. Características geológicas, calidad y tipo de suelo.....	21
Tabla 12. Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.....	21
Tabla 13. Niveles de Vulnerabilidad.....	22
Tabla 14. Grado de Vulnerabilidad Física.....	23
Tabla 15. Explotación de los recursos naturales.....	24
Tabla 16. Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos.....	25
Tabla 17. Niveles de Vulnerabilidad	26
Tabla 18. Grado de Vulnerabilidad Ambiental – Ecológica.....	27
Tabla 19. Actividad económica.....	27
Tabla 20. Grado de escasez (servicios básicos).....	29
Tabla 21. Niveles de Vulnerabilidad	30
Tabla 22. Grado de Vulnerabilidad Económica	30

Tabla 23. Nivel de organización.....	31
Tabla 24. Grado y tipo de relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales	32
Tabla 25. Niveles de Vulnerabilidad	33
Tabla 26. Grado de Vulnerabilidad Social	34
Tabla 27. Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros.....	34
Tabla 28. Percepción local del riesgo.....	35
Tabla 29. Actitud frente al riesgo.....	36
Tabla 30. Niveles de Vulnerabilidad	37
Tabla 31. Grado de Vulnerabilidad Cultural – Ideológica.....	37
Tabla 32. Niveles de Vulnerabilidad.....	38
Tabla 33. Grado de Vulnerabilidad Total.....	39
Tabla 34. Cuadro matriz del riesgo de inundación fluvial.....	41
Tabla 35. Niveles de riesgo de inundación fluvial.....	42
Tabla 36. Operalización de las variables.....	49
Tabla 37. Distribución estadística que más se ajusta a la serie de datos.....	54
Tabla 38. Precipitaciones máximas en 24 horas para cada tiempo de retorno....	55
Tabla 39. Lluvia máxima, para 60 minutos.....	55
Tabla 40. Intensidades máximas en (mm/h), para cada tiempo de retorno (Tr)...	56
Tabla 41. Resultado del análisis de regresión.....	56
Tabla 42. Intensidades máximas en (mm/h), para 120 minutos.....	57
Tabla 43. Tormenta de diseño para un tiempo de retorno de 200 años.....	58
Tabla 44. Determinación del número adimensional de curva CNp.....	59
Tabla 45. Precipitación efectiva (Pe) para un tiempo de retorno de 200 años....	60

Tabla 46. Caudales de diseño por el principio de aditividad, para un tiempo de retorno de 200 años.....	62
Tabla 47. Caudales de diseño por el principio de aditividad, para un tiempo de retorno de 100 años.....	62
Tabla 48. Caudales de diseño por el principio de aditividad, para un tiempo de retorno de 50 años.....	63
Tabla 49. Caudales de diseño por el principio de aditividad, para un tiempo de retorno de 30 años.....	63
Tabla 50. Determinación del nivel de intensidad.....	65
Tabla 51. Determinación de la frecuencia de ocurrencia.....	66
Tabla 52. Determinación del peligro de inundación.....	66
Tabla 53. Rango de vulnerabilidad geológica, calidad y tipo de suelo.....	68
Tabla 54. Nivel de riesgo de inundación.....	74
Tabla 55. Características geológicas y geotécnicas de los Sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera.....	86
Tabla 56. Datos pluviométricos de estación Jaén.....	90
Tabla 57. Datos pluviométricos de estación Chontalí.....	91
Tabla 58. Datos pluviométricos de estación Pomahuaca.....	91
Tabla 59. Distribución normal de las precipitaciones máximas en 24 horas.....	92
Tabla 60. Distribución Log - Normal 2 parámetros de las precipitaciones máximas en 24 horas.....	93
Tabla 61. Distribución Log - Normal 3 parámetros de las precipitaciones máximas en 24 horas.....	94
Tabla 62. Parámetros para la distribución Log Gumbel.....	94
Tabla 63. Prueba de bondad de ajuste (KONMOGOROV - SMIRNOV) de las	

Distribuciones.....	95
Tabla 64. Cálculo de la regresión múltiple.....	96
Tabla 65. Tormenta de diseño para tiempos de retorno de 100, 50, 30 años.....	97
Tabla 66. Precipitaciones efectivas para tiempos de retorno de 100, 50, 30 años.....	97
Tabla 67. Tipos de suelo en la cuenca del río Amojú, de acuerdo a la lamina 02.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Hidrograma unitario sintético triangular.....	12
Figura 2. Distribución de las precipitaciones máximas diarias Estación Jaén.....	53
Figura 3. Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia para cada periodo de retorno.....	57
Figura 4. Resultado del cálculo del hidrograma unitario triangular, para 1cm.....	61
Figura 5. Grado de vulnerabilidad por localización de viviendas.....	67
Figura 6. Grado de vulnerabilidad por material de construcción utilizada en viviendas.....	67
Figura 7. Grado de vulnerabilidad por cumplimiento de normatividad técnica vigente de los procedimientos constructivos.....	68
Figura 8. Grado de vulnerabilidad de los recursos naturales.	69
Figura 9. Grado de vulnerabilidad por fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos.....	69
Figura 10. Grado de vulnerabilidad por actividad económica.	70
Figura 11. Grado de vulnerabilidad por grado de escasez (servicios básicos).....	70
Figura 12. Grado de vulnerabilidad por nivel de organización.....	71
Figura 13. Grado de vulnerabilidad por grado y tipo de relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales.....	71
Figura 14. Grado de vulnerabilidad por conocimiento sobre ocurrencias pasadas de peligros.....	72
Figura 15. Grado de vulnerabilidad por percepción local del riesgo.	72
Figura 16. Grado de vulnerabilidad por actitud frente al riesgo.....	73

Figura 17. Grado de vulnerabilidad por tipo.....	73
Figura 18. Grado de vulnerabilidad total.	74
Figura 19. Limitación de llanura de inundación.....	75
Figura 20. Vista lateral del puente Pakamuros.....	81
Figura 21. Levantamiento topográfico con teodolito marca topcon.....	82
Figura 22. Levantamiento altimétrico con nivel marca leica aguas abajo.....	82
Figura 23. Levantamiento altimétrico con nivel marca leica aguas abajo.....	83
Figura 24. Vista del río Amojú, 100 m. aguas abajo de inicio del área de estudio....	83
Figura 25. Encuesta a pobladores de vivienda sector San Camilo.....	87
Figura 26. Medición de distancias de viviendas cercanas a la ribera, datos de guía de observación, sector San Camilo.....	87
Figura 27. Encuesta a pobladores de vivienda sector La Pradera.....	88
Figura 28. Medición de distancias de viviendas cercanas a la ribera, datos de guía de observación, sector La Pradera.....	88
Figura 29. Encuesta a pobladores de vivienda sector Las Flores.....	89
Figura 30. Llenado de la guía de observación, según las características de los sectores de estudio.....	89
Figura 31. Nomograma de factor de reducción de área, en función del área de la cuenca y de su duración de.....	98
Figura 32. Modelación hidráulica del perfil del río Amojú, para un $Tr = 200$ años...100	
Figura 33. Vista 3d del río Amojú, en todo su tramo de estudio, para un $Tr = 200$ años.....	100
Figura 34. Sección más crítica del cauce para un $Tr = 200$ años.....	101
Figura 35. Propiedades de la sección más crítica para un $Tr = 200$ años.....	101

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el nivel de riesgo de inundación de la parte baja de la ciudad de Jaén. La recolección de datos se realizó entre enero y marzo del 2013, mediante encuestas realizadas a las viviendas que conforman la parte baja de la ciudad de Jaén, fichas técnicas e información recaudada del SENAMHI e instituciones locales. El procesamiento de datos se realizó en softwares y utilización de fórmulas empíricas y científicas. Para la determinación del peligro de inundación, se evaluó en función al estudio hidrológico, y modelación hidráulica del río Amojú, el resultado fue que la zona de estudio presentó un peligro de inundación **muy alto**. De igual manera la evaluación del grado de vulnerabilidad elaborado en base a las encuestas realizadas a las 96 viviendas concluyó que la zona de estudio presenta un grado de vulnerabilidad **alto**; el mapa de peligro de inundación descrito como llanura de inundación, obtenido en base a modelación hidráulica afectaría en gran parte a las viviendas de los sectores de estudio, especialmente aquellas viviendas colindantes a la ribera del río Amojú. Finalmente el riesgo de inundación en la parte baja de la ciudad de Jaén que abarca los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera obtenidos en base a la matriz de peligro y vulnerabilidad resulto ser **alto**.

Palabras claves. Riesgo, peligro, vulnerabilidad, matriz, modelación, estudio hidrológico, sectores.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the level of risk of flooding from the lower town of Jaen. Data collection was conducted between January and March 2013, using surveys of homes that make up the lower part of the city of Jaen, technical and information collected SENAMHI and institutions. Data processing was performed in software and use of scientific and empirical formulas. To determine the risk of flooding was evaluated according to the study hydrologic and hydraulic modeling of the river Amojú, the result was that the study area present a very high risk of flooding. Similarly, the vulnerability evaluation of prepared based on surveys of 96 homes found that the study area has a high vulnerability, the flood hazard map described as floodplain, obtained based on modeling hydraulic largely affect the homes of the study areas, especially those adjacent houses to Amojú riverbank. Finally, the risk of flooding in the lower part of the city of Jaen Spanning the San Camilo, Las Flores and La Pradera obtained based on threat and vulnerability matrix proved to be high.

Keywords. Risk, hazard, vulnerability, matrix modeling, hydrological study, sectors.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el riesgo de inundaciones por desborde de ríos ha aumentado a nivel internacional como consecuencia del aumento de precipitaciones fluviales y de una expansión urbana que ha venido creciendo rápidamente en forma desordenada. En muchos casos no se han tomado en cuenta las medidas preventivas adecuadas en el diseño de la infraestructura y en el desarrollo de la producción de bienes y servicios, así como en su ubicación, en el control de la calidad de la construcción o en su mantenimiento.

El río Amojú, recorre la cuenca de oeste a este y tienen su punto de origen en el bosque **Huamantanga**, el cual presenta características de neblina, tiene la capacidad para capturar el vapor de agua de la atmósfera, hacia manantiales y quebradas. Este río es la principal fuente de los pobladores de la ciudad de Jaén, además sus aguas son utilizadas por los agricultores para el riego de sus terrenos de cultivo. En tiempos de sequía el río presenta niveles bajos de flujo, mientras que en los meses de lluvia aumenta considerablemente, aumentando su nivel de riesgo de inundación.

La ciudad de Jaén en la zona urbana presenta una topografía ondulada, relieve accidentado, la ciudad ha sido dividida en dos partes por el río Amojú, por un lado la zona de Morro Solar, y por otro lado la zona urbana propiamente dicha de la ciudad de Jaén. Los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, que pertenecen a la zona urbana de la ciudad de Jaén están ubicados en una zona colindante a la ribera del río Amojú, generando de esta manera un alto índice de riesgo de inundación, de este modo el estudio de investigación estará basado en desarrollar los siguientes objetivos.

Objetivo general

Determinar el nivel de riesgo de inundación por el río Amojú en la parte baja de la ciudad de Jaén.

Objetivos Específicos

Determinar el nivel de peligro de inundación por el río Amojú en la parte baja de la ciudad de Jaén.

Determinar el grado de vulnerabilidad en la parte baja de la ciudad de Jaén.

Delimitar un mapa de llanura de inundación, como aporte al programa integral de microzonificación.

Los pobladores de la parte baja de la ciudad de Jaén, no tienen conocimiento suficiente del nivel de riesgo de inundación que se produciría al desbordarse el río Amojú producto de las grandes descargas hidráulicas; problema que antiguamente la zona céntrica presentaba, debido a que no contaba con obras de defensas ribereñas que disminuyan el riesgo de inundación; deficiencia que actualmente está sucediendo en la parte baja de la ciudad de Jaén; las grandes precipitaciones, las deficiencias constructivas y el desorden urbano han sido la fuente principal para que se produzca riesgo de inundación en estos sectores. La investigación obedece a una hipótesis que se fundamenta que el riesgo de inundación es los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera es alto.

El estudio de investigación que abarca las viviendas de los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera en una longitud de 1000 m. aguas abajo, a partir de la finalización de los muros de encauzamiento, tiene por finalidad producir conocimiento que pueda servir para la prevención y proyección de soluciones,

donde los beneficiarios directos son los pobladores y agricultores de los alrededores de la parte baja de la ciudad de Jaén. Finalmente el estudio sirvió para que las autoridades de turno de nuestra provincia y la región tengan en cuenta como se debe afrontar tal riesgo, evitando de esta manera un posible desastre con pérdidas de vidas humanas, económicas, geográficas sin soluciones algunas.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes internacionales.

En la actualidad existen investigaciones de estudios de inundación y prevención de inundaciones fluviales en Latino América, creando de este modo programas de prevención y mitigación frente a estos desastres naturales. Un estudio que ha abarcado los casos de inundaciones en Sud América y que nos permite comparar y obtener información, es denominado **Gestión de inundaciones urbanas**, donde el autor presenta casos de inundaciones fluviales en países como Brasil, Argentina y Centro América, a partir de estos casos nos permite encontrar el nivel de riesgo de inundación de una zona urbana utilizando mapas de peligro y vulnerabilidad (**Morelli 2006**).

Otro artículo de suma importancia que concuerda con la metodología propuesta por el **Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)**, donde expone que el riesgo de inundación está en relación directa del peligro y vulnerabilidad, variables que están en función de la intensidad, probabilidad de ocurrencia, características propias de la zona; además propone las metodologías para elaborar mapas de

peligro de inundación, según modelación hidráulica y brinda criterios básicos de análisis de riesgos (**Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales 2005**).

1.1.2. Antecedentes nacionales.

Choquehuanca (2012), realiza un estudio de evaluación de riesgo de inundación, basado en modelaciones, utilizando software como Argis, Hec –ras y sostiene que el riesgo de inundación, está en función del peligro, exposición y vulnerabilidad. Se refiere a la exposición en el contexto de las inundaciones sólo en la pregunta de si las personas o los bienes se encuentran físicamente en el camino de las aguas de inundación o no, finalmente complementa su estudio realizando un estudio de riesgo de inundación del río Vilcanota.

El Instituto Nacional De Defensa Civil (INDECI), viene elaborando manuales de manejos de desastres naturales en todo el país, nos muestra cómo se debe realizar la identificación del peligro y realiza un análisis básico de sus condiciones, nos permitirá obtener no solo un mapa del nivel de peligrosidad, sino, también un análisis de las vulnerabilidades mediante la identificación y caracterización de los elementos que se encuentran expuestos en una determinada área geográfica.

Estos manuales nos brindan la información necesaria para elaborar mapas de llanura de inundación, por medio de modelaciones hidráulicas y la utilización de software (**INDECI Lima 2011**).

1.1.3. Antecedentes locales.

En el distrito de Jaén, debido a sus características físicas y condiciones naturales, presenta gran ocurrencia de diversos peligros, que afectan a la población e infraestructura, situación que se ha incrementado en las últimas décadas, debido principalmente a la ocupación informal del territorio, que no sólo incrementa la condición de vulnerabilidad sino también contribuye a la generación de conflictos de uso en el territorio y nuevos peligros. En el año 2005 la ciudad de Jaén elaboró un **programa de prevención y medidas de seguridad ante desastres naturales**, documento que ha sido utilizado para mitigar los desastres naturales que aquejan a nuestra ciudad. Este documento nos muestra la manera de elaborar un mapa de peligro ante inundaciones fluviales, generadas por el desborde de un río o quebrada (**INDECI Jaén 2005**).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Análisis hidrológico de cuencas.

La hidrología está ligada al estudio de fenómenos naturales, de manera que los métodos que emplea no pueden ser rígidos, quedando algunas decisiones a criterio nuestro. La hidrología para el análisis de algunos fenómenos, hace uso de métodos estadísticos. La información sobre precipitaciones, temperatura, evaporación y otros datos, serán obtenidos del Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) (**Chereque 1991**).

1.2.2. Evaluación de la información hidrológica.

Dado que el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométricos como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, generalmente se utilizan métodos indirectos para la estimación del caudal de diseño.

La representatividad, calidad, extensión y consistencia de los datos es primordial para el inicio del estudio hidrológico, por ello, se recomienda contar con un mínimo de **25 años** de registro que permita a partir de esta información histórica la predicción de eventos futuros con el objetivo que los resultados sean confiables (**ICG 2011**).

1.2.3. Análisis estadístico de datos hidrológicos.

a. Modelos de distribución. El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes tiempos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. Recomendándose utilizar las siguientes distribuciones (**ICG 2011**).

a) Distribución Normal.

b) Distribución Log Normal 2 parámetros.

c) Distribución Log Normal 3 parámetros.

d) Distribución Log Gumbel.

a.1. Distribución Normal. La función densidad de probabilidad normal se define con la expresión:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2} \dots\dots\dots 1$$

Dónde

f (x) = función densidad normal de la variable x

X = variable independiente

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

a.2. Distribución Log Normal 2 parámetros. La función distribución de probabilidad se define con la siguiente expresión:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(\frac{-(x-\bar{X})^2}{2S^2}\right)} dx \dots\dots\dots 2$$

Dónde \bar{X} y **S** son los parámetros de la distribución.

Si la variable **x** de la distribución normal se reemplaza por una función $y=f(x)$, tal que $y=\log(x)$, la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada Log Normal, $N(Y, S_y)$. Los valores originales de la variable aleatoria **x**, deben ser transformados a $y = \log x$, de tal manera que la expresión 2 resultaría de la siguiente manera:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n \dots\dots\dots 3$$

Dónde \bar{Y} es la media de los datos de la muestra transformada, lo cual se expresaría con la siguiente expresión.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad \dots 4$$

Dónde S_y es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes expresiones:

$$C_s = a/s^3 y \quad \dots\dots 5$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Dónde C_s es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada (Monsalve 1995).

a.3 Distribución Log Normal 3 parámetros. La función densidad de x se expresa con la siguiente expresión:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0) \sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{S_y} \right)^2} \quad \dots\dots 6$$

Para $x > x_0$

Dónde:

X_0 : parámetro de posición

U_y : parámetro de escala o media

S_y^2 : parámetro de forma o varianza

a.4. Distribución Log Gumbel. La variable aleatoria reducida Log Gumbel, se define con la siguiente expresión:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{a} \quad \dots\dots 7$$

Dónde:

$$a = \frac{S}{S_n}, \quad \mu = \bar{x} - a * y_n \quad \dots\dots 8$$

Con lo cual, la función acumulada reducida Log Gumbel es definida con la siguiente expresión:

$$G(y) = 1 - e^{-e^{-y}} \quad G(y) = \frac{1}{Tr} \quad \dots 9$$

De la **expresión 9**, se puede expresar de la siguiente manera.

$$y = -\ln(-\ln(1 - Gy)) \quad \dots 10$$

b. Prueba de bondad de ajuste. La prueba de bondad de ajuste es una prueba de hipótesis que se usa para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida.

En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son la X^2 y la Kolmogorov – Smirnov, de las cuales solo se estudiara la Kolmogorov – Smirnov, por tratarse de un estudio específicamente hidrológico.

b.1. Prueba Kolmogorov – Smirnov. Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la distribución que más se ajuste a los datos.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia **D** entre la función de distribución de probabilidad observada **Fo (xm)** y la estimada **F (xm)**, mostrándose en la siguiente expresión.

$$D = Fo(x_m) - F(x_m) \quad \dots\dots 11$$

$$Fo(x_m) = m / (n+1) \quad \dots\dots 12$$

Donde **m** es el número de orden de dato **x_m** en una lista de mayor a menor y **n** es el número total de datos (**Aparicio 1992**).

c. **Curvas – Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)**. Son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el período de retorno (**ICG 2011**).

Chereque (1991), hace referencia a los estudios de **Frederich Bell (1969)**, dicho modelo generalizaba las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia a partir de datos recogidos principalmente en Estados Unidos. El argumento que se apoyó es el hecho de que las lluvias extremas se deben a tormentas tipo convectivo, las cuales poseen características similares en todas las regiones del mundo, dicho modelo responde a una expresión.

$$p_t^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50) p_{60}^{10} \quad \dots\dots\dots 13$$

Dónde:

t: Duración en minutos

T: Periodo de retorno en años

p_t^T : Precipitación caída en t minutos con periodo de retorno T años.

P_{60}^{10} : Precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años.

El modelo permite calcular la lluvia máxima asociada a un periodo de retorno y una duración de tormenta, usando como valor índice la lluvia de una hora de duración y 10 años de período de retorno.

El factor de P_{60}^{10} se determina por medio de modelos, pero investigaciones demuestran que la relación entre la lluvia máxima diaria para un tiempo de retorno de 10 años y la lluvia de una hora es constante e igual a **4.04 (chereque 1991 referencia a Espildora 1971)**.

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia, se calculan indirectamente, mediante la misma relación exponencial integradora de las tres variables involucradas mediante las siguientes expresiones (ICG 2011).

$$I = \frac{P}{t} \quad \text{y} \quad I = \frac{KT^m}{t^n} \quad \dots\dots\dots 14$$

Dónde:

K, m y n, son características de la zona de estudio y se obtienen mediante regresión múltiple.

I: Intensidad máxima (mm/h)

T: Periodo o tiempo de retorno en años

t: Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min).

P: Precipitación en mm.

Despejando la ecuación 14. Se obtiene.

$\log(I) = \log(K) + m * \log(T) - n * \log(t)$, que es equivalente a

$$y = a_0 + a_1 * X_1 + a_2 * X_2 .$$

Dónde 15

$$y = \log(I) \qquad a_0 = \log(K)$$

$$X_1 = \log(T) \qquad a_1 = m$$

$$X_2 = \log(t) \qquad a_2 = -n$$

d. Precipitación total y efectiva. El exceso de precipitación o precipitación efectiva (**Pe**), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo; después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial. Las gráficas de exceso de

precipitación vs. el tiempo o hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia - escorrentía. La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de intercepción y almacenamiento superficial (ICG 2011).

d.1. Método SCS para abstracciones. El ICG (2011), hace referencia a los estudios realizados por la **Soil Conservation Service (1972)**, dicho departamento desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Analiza la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa **Pe** es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación **P**; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca **Fa** es menor o igual a alguna retención potencial máxima **S**. Existe una cierta cantidad de precipitación **Ia** (abstracción inicial antes del encharcamiento) para lo cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es **P-Ia**.

La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia} \quad \dots\dots\dots 16$$

Del principio de continuidad

$$P = Pe + Ia + Fa \quad \dots\dots\dots 17$$

Combinando la **ecuación 16** y la **ecuación 17** se obtiene, la siguiente expresión.

$$Pe = \frac{[P - Ia]^2}{P - Ia + S} \quad \dots\dots\dots 18$$

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas se desarrolló una relación empírica, la cual se muestra en la siguiente expresión.

$$I_a = 0.2S \quad \dots\dots\dots 19$$

El uso de esta metodología exige la determinación del valor respectivo del **CN (número adimensional de curva o curva número)**, correspondiente al área específica en estudio, valor que debe ser obtenido mediante procesos de calibración. La calibración del parámetro **CN** se realiza con información de campo, de algunos eventos en el que se disponga de datos de precipitación y caudales resultantes, **el número curva y S** se relacionan por la siguiente expresión.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \dots\dots\dots 20$$

CN número de curva adimensional.

Los números de curva han sido tabulados por el **Soil Conservation Service** en base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos.

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Tabla 1. Valor de CN utilizados para varios tipos de uso de la tierra

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena	25	55	70	77

Fuente: ICG 2011

e. Estimación de caudales.

e.1. Hidrograma unitario triangular. Villón (2002), hace referencia al método usado por la **Soil Conservation Service**, la cual a pesar de su simplicidad proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma unitario, a continuación se presentan algunas expresiones en función a la **Figura 1**, para el cálculo del caudal pico.

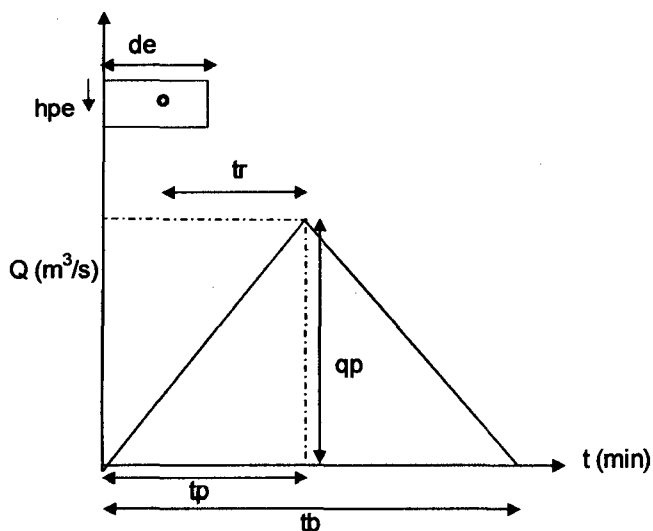


Figura 1. Hidrograma unitario triangular.

El tiempo de base "tb", puede aproximarse con la siguiente expresión:

$$t_b = 2.67t_p \quad \dots\dots\dots 21$$

El tiempo de retraso "tr", puede aproximarse con las siguientes expresiones:

$$t_r = 0.60t_c \quad \dots\dots\dots 22$$

$$t_c = 0.000325 * L^{0.77} * S^{-0.385} \quad \dots\dots 23$$

Dónde:

tc: Tiempo de concentración en hr.

L: Longitud del cauce principal, en m

S: Pendiente del cauce, en m/m

Como el área bajo el hidrograma unitario debe ser igual a la escorrentía, el caudal pico (qp), puede demostrarse con la siguiente expresión:

$$q_p = \frac{2.08 * h_{p_e} * A}{t_p} \quad \dots\dots\dots 24$$

A : Es el área de drenaje de la cuenca en Km².

tp : Es el tiempo de ocurrencia del pico en horas.

hp_e: Precipitación efectiva en cm.

El tiempo de ocurrencia del pico "tp", se puede expresar como:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r \quad \dots\dots\dots 25$$

Dónde:

$$d_e = 2\sqrt{t_c} \quad \text{Para cuencas grandes } A > 250 \text{ km}^2 \quad \dots\dots 26$$

$$d_e = t_c \quad \text{Para cuencas pequeñas} \quad \dots\dots\dots 27$$

de = duración de la lluvia (hr).

e.1.1. Principio de afinidad. Consiste en la construcción de hidrogramas proporcionales a cada precipitación efectiva (Sánchez 2012).

$$Hu = Pe * Qu \dots\dots\dots 28$$

Dónde:

Hu= Hidrograma unitario

Pe = Precipitación efectiva

Qu = Caudal unitario para cada hora, 0 y tb.

e.1.2. Principio de aditividad. Consiste en la suma de las ordenadas generadas por el principio de afinidad, donde el caudal de diseño es el máximo valor (Sánchez 2012).

$$Q_{\text{diseño}} = Pe_1 * Qu_n + Pe_2 * Qu_{n-1} + \dots\dots\dots Pe_n * Qu_1 \dots\dots\dots 29$$

1.2.4. Metodología para determinar el nivel de grado de peligrosidad.

La metodología utilizada, fue comparada de dos fuentes, donde se definió que el peligro está en función de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y de su intensidad, donde la intensidad se puede definir en función de la profundidad y la velocidad del agua, así como de la duración de las inundaciones, expresándose de la siguiente manera (INDECI Lima 2011, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales 2005).

$$\text{Peligro por inundación} = f (\text{Intensidad} \times \text{Probabilidad de ocurrencia}) \dots 30$$

Dónde:

Intensidad = f (profundidad de agua, duración, velocidad)

Probabilidad = f (precipitaciones, eventos desencadenantes (tormentas), cambios climáticos).

1.2.5. Criterios recomendados para determinar el nivel de la intensidad.

Las recomendaciones para evaluar la intensidad de las inundaciones son diferentes en dependencia del tipo de inundación. Para **inundaciones fluviales estáticas** se considera la profundidad o altura del flujo; mientras que para **inundaciones dinámicas fluviales** se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad del flujo (INDECI Lima 2011).

Tabla 2. Nivel de intensidad para inundaciones fluviales

Nivel de Intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)
Muy alta	$H > 1.5 \text{ m}$
Alta	$0.5 \text{ m} < H \leq 1.5 \text{ m}$
Media	$0.25 \text{ m} < H \leq 0.5 \text{ m}$
Baja	$H < 0.25 \text{ m}$

Fuente: INDECI Lima 2011

Tabla 3. Rangos de intensidad para inundaciones fluviales

Nivel de intensidad	Rangos
Muy alta	$0.75 < Ni \leq 1$
Alta	$0.50 < Ni \leq 0.75$
Media	$0.25 < Ni \leq 0.5$
Baja	$0 < Ni \leq 0.25$

Fuente: INDECI Lima 2011

Ni=Nivel de intensidad

1.2.6. Criterios recomendados para la evaluación de la frecuencia, o periodo de retorno de la inundación fluvial.

La frecuencia de inundaciones fluviales es interpretado como cada que tiempo se inunda una determinada zona. Esta ocurrencia dependerá esencialmente de la frecuencia de precipitaciones (INDECI Lima 2011).

Tabla 4. Periodos de retorno según su categoría

Nivel de frecuencia	Periodo de retorno en años (T)
Muy alta	$1 < T \leq 5$ años
Alta	$5 < T \leq 15$ años
Media	$15 < T \leq 50$ años
Baja	$50 < T \leq 200$ años

Fuente: INDECI Lima 2011

Tabla 5. Rangos de frecuencia de inundaciones fluviales

Frecuencia	Rangos
Muy alta	$0.75 < F \leq 1$
Alta	$0.50 < F \leq 0.75$
Media	$0.25 < F \leq 0.5$
Baja	$0 < F \leq 0.25$

Fuente: INDECI Lima 2011

F=Frecuencia

a. Determinación del nivel de peligrosidad. Con los valores obtenidos del nivel de intensidad y el nivel de frecuencia, se interrelaciona, por un lado (vertical) el nivel de intensidad y por otro lado (horizontal) el nivel de frecuencia en la

respectiva matriz. En la intersección de ambos valores, sobre el cuadro de referencia, se podrá estimar el peligro ante inundaciones fluviales. Este proceso se presenta en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Matriz de peligro de inundación fluvial

	Muy alto	Peligro medio 0.25	Peligro alto 0.50	Peligro muy alto 0.75	Peligro muy alto 1
Intensidad	Alto	Peligro bajo 0.19	Peligro medio 0.38	Peligro alto 0.56	Peligro muy alto 0.75
	Medio	Peligro bajo 0.13	Peligro medio 0.25	Peligro medio 0.38	Peligro alto 0.5
	Baja	Peligro bajo 0.06	Peligro bajo 0.13	Peligro bajo 0.19	Peligro medio 0.25
		Baja	Medio	alto	Muy alto
	Frecuencia (años)				

Fuente: INDECI Lima 2011

Tabla 7. Niveles de peligrosidad ante inundaciones fluviales

Nivel de peligrosidad	Rangos
Peligro muy alto	$0.75 < Np \leq 1$
Peligro alto	$0.50 < Np \leq 0.75$
Peligro medio	$0.25 < Np \leq 0.5$
Peligro bajo	$0 < Np \leq 0.25$

Fuente: INDECI Lima 2011

Np=Nivel de peligrosidad

1.2.7. Análisis de la vulnerabilidad ante peligros por inundaciones fluviales.

Para el análisis de la vulnerabilidad ante peligros por inundaciones, se propone considerar la siguiente metodología, basada en indicadores; a los diferentes tipos

de vulnerabilidad se le asignaran indicadores relacionados con las condiciones más comunes en donde se presentan este tipo de eventos. Sin embargo son referenciales y aleatorios, pudiendo ser mejorados o adecuados según las particularidades del área de estudio (INDECI Lima 2011).

a. Identificación de los elementos potencialmente vulnerables. Ante la posible ocurrencia de inundaciones fluviales, los elementos potencialmente vulnerables serán identificados a través del análisis de las vulnerabilidades, las variables e indicadores correspondientes a cada vulnerabilidad estarán asociadas a las actividades de vivienda, social, económica, ambiental y cultural.

b. Identificación y análisis de los indicadores para la determinación del grado de vulnerabilidad. Una vez identificados los elementos expuestos al peligro, se realiza el análisis de los diferentes tipos de vulnerabilidad, que de forma directa e indirecta se encuentran asociados ante la posible ocurrencia de una inundación; se procederá a identificar, evaluar y analizar los diversos indicadores que reflejarán el nivel de susceptibilidad, fragilidad y capacidades que caracterizan una determinada condición espacio - temporal de la vulnerabilidad territorial del área en estudio.

Este análisis, por tanto, permitirá obtener una visión holística de las causas, estado y capacidades de la población frente al peligro en un área de estudio determinada, los tipos de vulnerabilidad encontrados en el área de estudio se presentan en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Tipos de vulnerabilidad ante inundaciones fluviales

TIPOS DE VULNERABILIDADES	VARIABLES
b.1 VULNERABILIDAD FÍSICA	Localización de viviendas (*).
	Material de construcción utilizada en viviendas.
	Características geológicas, calidad y tipo de suelo.
	Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.
b.2 VULNERABILIDAD AMBIENTAL - ECOLÓGICA	Explotación de los recursos naturales
	Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos.
b.3 VULNERABILIDAD ECONÓMICA	Actividad económica.
	Grado de escasez (servicios básicos).
b.4 VULNERABILIDAD SOCIAL	Nivel de organización.
	Grado y tipo de relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales.
b.5 VULNERABILIDAD CULTURAL - IDEOLÓGICA	Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros.
	Percepción local del riesgo.
	Actitud frente al riesgo.

Fuente: INDECI Lima 2011

(*) Es necesario especificar la distancia, que existe de los elementos expuestos al peligro

b.1. Vulnerabilidad Física. Asociado a las siguientes características.

Tabla 9. Localización de viviendas

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Muy cercana 0.2 – 0 Km.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
Cercana 0.2 – 1 Km.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Medianamente cerca 1–5 Km.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Muy alejada > 5 Km.	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Tabla 10. Material de construcción utilizada en viviendas

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado inestable.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero).	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Tabla 11. Características geológicas, calidad y tipo de suelo

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freática alta, con turba, material inorgánico, etc.)	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas.	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Tabla 12. Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
Con normativa vigente sin cumplimiento.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Con normativa vigente medianamente cumplida.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Con normativa vigente estrictamente cumplida.	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

b.1.1. Determinación del grado de Vulnerabilidad Física. Se definen tres etapas.

Primera Etapa. Basado en cuatro características: Localización de viviendas, material de construcción utilizada en viviendas, características geológicas, calidad y tipo de suelo y cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos. Para cada variable se han establecido indicadores, los cuales tienen rangos de medición y grados de vulnerabilidad.

Los valores que se establecen para cada rango, estarán comprendidos entre 0 a 1, de acuerdo a la **Tabla 13**.

Tabla 13. Niveles de Vulnerabilidad

$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Segunda Etapa. Establecidos los valores de cada variable, se procederá a determinar el grado de **Vulnerabilidad Física**. Para ello, se calcula el promedio de las cuatro variables con base en la expresión.

$$VF = \frac{Lv + Cv + Cg + Cn}{4} \dots\dots\dots 31$$

Dónde:

VF = Vulnerabilidad Física

Lv = Localización de viviendas

Cv = Construcción utilizada en viviendas

Cg = Características geológicas, calidad y tipo de suelo

Cn= Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos.

Tercera Etapa. Obtenido los resultados a partir de la expresión 31, se considerará la siguiente estratificación.

Tabla 14. Grado de Vulnerabilidad Física

RANGO DE LA VULNERABILIDAD	GRADO
$0.75 < VF \leq 1$	Muy alta
$0.50 < VF \leq 0.75$	Alta
$0.25 < VF \leq 0.50$	Media
$0 < VF \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

VF= Vulnerabilidad Física

b.2. Vulnerabilidad Ambiental – Ecológica. Asociado a las siguientes características.

Tabla 15. Explotación de los recursos naturales

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Prácticas negligentes e intensas de degradación en el cauce y márgenes del río Amojú (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos, recursos forestales), entre otros considerados básicos propios del lugar en estudio).	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
Prácticas negligentes periódicas o estacionales de degradación de cauce y márgenes del río Amojú (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales).	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Prácticas de degradación del cauce y márgenes del río Amojú (deterioro en el consumo/uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales) sin asesoramiento técnico capacitado.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Prácticas de consumo/uso del cauce y márgenes del río Amojú (suelos y recursos forestales) con asesoramiento técnico capacitado bajos criterios de sostenibilidad.	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Tabla 16. Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a más del 50% de la población.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, afectando a más de la quinta parte de la población, (entre el 20% y 50% de la población).	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
El área de estudio presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicas, afectando a sectores focalizados de la población, (< 20%).	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
El área de estudio no presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales contaminantes y/o tóxicos, por lo que la población no se ve afectada.	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

b.2.1. Determinación del grado de Vulnerabilidad Ambiental - Ecológica. Se definen tres etapas.

Primera Etapa. Basado en dos características: Explotación de los recursos naturales y fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos. Para cada variable se han establecido indicadores, los cuales tienen rangos de medición y grados de vulnerabilidad.

Los valores que se establecen para cada rango, estarán comprendidos entre 0 a 1, de acuerdo a la **Tabla 17**.

Tabla 17. Niveles de Vulnerabilidad

$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Segunda Etapa. Establecidos los valores de cada variable, se procederá a determinar el grado de **Vulnerabilidad Ambiental - Ecológica**. Para ello, se calcula el promedio de las dos variables con base en la siguiente expresión.

$$VAE = \frac{Er + Fe}{2} \quad \dots\dots\dots 32$$

Dónde:

VAE = Vulnerabilidad Ambiental - Ecológica

Er = Explotación de recursos naturales

Fe = Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos

Tercera Etapa. Una vez obtenido los resultados a partir de la aplicación de la fórmula mostrada, se considerará la siguiente estratificación.

Tabla 18. Grado de Vulnerabilidad Ambiental – Ecológica

RANGO DE VULNERABILIDAD	GRADO
$0.75 < VAE \leq 1$	Muy alta
$0.50 < VAE \leq 0.75$	Alta
$0.25 < VAE \leq 0.50$	Media
$0 < VAE \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

VAE= Vulnerabilidad Ambiental – Ecológica

b.3. Vulnerabilidad Económica. Asociado a las siguientes características.

Tabla 19. Actividad económica

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
El sistema de producción se basa en una actividad primaria extractiva, sin tecnificación, sin ningún criterio de sostenibilidad. El sistema de producción bajo las condiciones en que se encuentran, no tiene oportunidades de insertarse a un mercado competitivo. Las actividades económicas realizadas por la población son poco rentables.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta

<p>El sistema de producción bajo las condiciones en que se encuentran, tiene muy poca posibilidad de insertarse a un mercado competitivo. Las actividades económicas realizadas por la población son poco rentables en su mayoría.</p>	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
<p>El sistema de producción cuenta con algunos puntos que presentan competitividad. Algunas actividades económicas realizadas por la población, presentan cierto nivel de rentabilidad. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas.</p>	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
<p>El sistema de producción del área en estudio se encuentra o presenta un proceso importante de inserción a la competitividad. Existen importantes inversiones productivas y económicas que dinamizan o empiezan a dinamizar el área en estudio. Se presenta un importante nivel de informalidad en las actividades económicas.</p>	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Tabla 20. Grado de escasez (servicios básicos)

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Los servicios básicos (agua, desagüe y luz), son no permanentes, no tienen un tratamiento de aguas servidas y agua potable.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
Los servicios básicos (agua, desagüe y luz), son poco permanentes, tienen un tratamiento inadecuado de aguas servidas y agua potable.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Los servicios básicos (agua, desagüe y luz), son permanentes, tienen un tratamiento esporádico de aguas servidas y agua potable.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Los servicios básicos (agua, desagüe y luz), son permanentes, tienen un adecuado tratamiento de aguas servidas, agua potable.	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

b.3.1. Determinación del grado de Vulnerabilidad Económica. Se definen tres etapas.

Primera Etapa. Basado en dos características: Actividad económica y grado de escasez (servicios básicos). Para cada variable se han establecido indicadores, los cuales tienen rangos de medición y grados de vulnerabilidad.

Los valores que se establecen para cada rango, estarán comprendidos entre 0 a 1, de acuerdo a la **Tabla 21**.

Tabla 21. Niveles de Vulnerabilidad

$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Segunda Etapa. Establecidos los valores de cada variable, se procederá a determinar el grado de **Vulnerabilidad Económica**. Para ello, se calcula el promedio de las dos variables con base en la siguiente expresión.

$$VE = \frac{De + Ge}{2} \quad \dots\dots 33$$

Dónde:

VE = Vulnerabilidad Económica

De= Actividad económica

Ge= Grado de escasez (servicios básicos)

Tercera Etapa. Obtenido el resultado, se considerará la siguiente estratificación:

Tabla 22. Grado de Vulnerabilidad Económica

RANGO DE VULNERABILIDAD	GRADO
$0.75 < VE \leq 1$	Muy alta
$0.50 < VE \leq 0.75$	Alta
$0.25 < VE \leq 0.50$	Media
$0 < VE \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

VE= Vulnerabilidad Económica

b.4. Vulnerabilidad Social. Asociado a las siguientes características.

Tabla 23. Nivel de organización

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
<p>La organización política o social de la población es nula o presenta altos niveles de corrupción en su clase dirigencial y desprestigio popular. Existen disputas internas.</p> <p>La participación de la población, en la generación de estrategias de desarrollo o gestión del territorio, es nula o muy aislada.</p>	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
<p>La organización política o social de la población es efímera o nunca funcionan. Existen disputas internas entre estas organizaciones. Presentan algunos casos de corrupción en su clase dirigencial.</p>	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
<p>Existe organización política o social de la población. No existen disputas internas entre estas organizaciones con normalidad. Presentan casos aislados de corrupción en su clase dirigencial.</p>	$0.25 < V \leq 0.50$	Media

Existe organización activa política o social de la población. Existen clases dirigenciales comprometidas con la prevención de riesgos, el desarrollo y la gestión eficiente de su territorio. Las organizaciones tienen funcionamiento todo el año pero en condiciones básicas o mejores.	$0 < V \leq 0.25$	Baja
---	-------------------	------

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Tabla 24. Grado y tipo de relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
No existe relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
Débil relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Existe una parcial relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Fuerte relación e integración entre las Instituciones y organizaciones locales.	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

b.4.1 Determinación del grado de Vulnerabilidad Social. Se definen tres etapas.

Primera Etapa. Basado en dos características: Organización social, grado y tipo de relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales. Para cada variable se han establecido indicadores, los cuales tienen rangos de medición y grados de vulnerabilidad.

Los valores que se establecen para cada rango se darán entre 0 a 1, de acuerdo a la **Tabla 25**.

Tabla 25. Niveles de Vulnerabilidad

$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

F Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Segunda Etapa. Establecidos los valores de cada variable, se procederá a determinar el grado de **Vulnerabilidad Social**. Para ello, se calcula el promedio de las dos variables con base en la expresión.

$$VS = \frac{Os + Gr}{2} \quad \dots\dots 34$$

Dónde:

VS = Vulnerabilidad Social

Os = Organización social

Gr = Grado y tipo de relación e Integración entre las Instituciones y Organizaciones locales

Tercera Etapa. Obtenido el resultado, se considerará la siguiente estratificación:

Tabla 26. Grado de Vulnerabilidad Social

RANGO DE VULNERABILIDAD	GRADO
$0.75 < VS \leq 1$	Muy alta
$0.50 < VS \leq 0.75$	Alta
$0.25 < VS \leq 0.50$	Media
$0 < VS \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

VS= Vulnerabilidad Social

b.5. Vulnerabilidad Cultural - Ideológica. Asociado a las siguientes características.

Tabla 27. Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Existe desconocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
Existe un escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media

Toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.	$0 < V \leq 0.25$	Baja
---	-------------------	------

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Tabla 28. Percepción local del riesgo

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
La mayoría de la población tiene una percepción irreal, místico – religioso sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
La minoría de la población tiene una percepción realista y más místico – religiosa sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
La mayoría de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
La población total tiene una percepción real sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Tabla 29. Actitud frente al riesgo

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población.	$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población.	$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo y afrontarlo para prevenirlo.	$0.25 < V \leq 0.50$	Media
Actitud previsor de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo.	$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

b.5.1. Determinación del grado de Vulnerabilidad Cultural - Ideológica. Se definen tres etapas.

Primera Etapa. Basado en tres características: Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de desastres, percepción local del riesgo y actitud frente al riesgo. Para cada variable se han establecido indicadores, los cuales tienen rangos de medición y grados de vulnerabilidad.

Los valores que se establecen para cada rango, estarán comprendidos entre 0 a 1, de acuerdo a la **Tabla 30**.

Tabla 30. Niveles de Vulnerabilidad

$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Segunda Etapa. Establecidos los valores de cada variable, se procederá a determinar el grado de Vulnerabilidad Cultural - Ideológica. Para ello, se calcula el promedio de las tres variables con base en la siguiente expresión:

$$VCI = \frac{Cc + PI + Ar}{3} \quad \dots\dots\dots 35$$

Dónde:

VCI = Vulnerabilidad Cultural - Ideológica

Cc = Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros

PI = Percepción local del riesgo

Ar = Actitud frente al riesgo

Tercera Etapa. Una vez obtenido los resultados a partir de la aplicación de la ecuación 35, se considerará la siguiente estratificación:

Tabla 31. Grado de Vulnerabilidad Cultural – Ideológica

RANGO DE VULNERABILIDAD	GRADO
$0.75 < VCI \leq 1$	Muy alta
$0.50 < VCI \leq 0.75$	Alta
$0.25 < VCI \leq 0.50$	Media
$0 < VCI \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

VCI= Vulnerabilidad Cultural – Ideológica

c. **Ponderación y estratificación de la Vulnerabilidad Total.** Se inicia culminado el proceso de identificación, evaluación y análisis de los diversos indicadores considerados para cada tipo de vulnerabilidad asociada ante la posible ocurrencia de inundación. Se procederá a ponderar los resultados obtenidos por cada uno de los tipos de vulnerabilidad, luego se realizara el proceso de ponderación y estratificación de la vulnerabilidad total. Para ello, consideramos las siguientes etapas:

Primera Etapa. Se han considerado los valores obtenidos por cinco (05) tipos de vulnerabilidades: Física, Ambiental - Ecológica, Económica, Social, Cultural - Ideológica. Los valores que se establecen para cada rango, estarán comprendidos entre 0 a 1, de acuerdo a la **Tabla 32.**

Tabla 32. Niveles de Vulnerabilidad

$0.75 < V \leq 1$	Muy alta
$0.50 < V \leq 0.75$	Alta
$0.25 < V \leq 0.50$	Media
$0 < V \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

V= Vulnerabilidad

Segunda Etapa. Establecidos los valores de los indicadores de cada tipo de vulnerabilidad, se procederá a determinar el grado de vulnerabilidad total ante el peligro por inundación. La vulnerabilidad total, se calculará en base al promedio de las vulnerabilidades, con base en la siguiente expresión.

$$VT = \frac{VF + VAE + VE + VS + VCI}{5} \dots\dots\dots 36$$

Dónde:

VT = Vulnerabilidad Total

VF = Vulnerabilidad Física

VAE = Vulnerabilidad Ambiental - Ecológica

VE = Vulnerabilidad Económica

VS = Vulnerabilidad Social

VCI = Vulnerabilidad Cultural - Ideológica

Tercera Etapa. Obtenido los resultados a partir de la aplicación de la fórmula mostrada, se considerará la siguiente estratificación:

Tabla 33. Grado de Vulnerabilidad Total

RANGO DE VULNERABILIDAD	GRADO
$0.75 < VT \leq 1$	Muy alta
$0.50 < VT \leq 0.75$	Alta
$0.25 < VT \leq 0.50$	Media
$0 < VT \leq 0.25$	Baja

Fuente: INDECI Lima 2011

VT= Vulnerabilidad Total

1.2.8. Estimación del riesgo por inundaciones fluviales.

Identificados y analizados los peligros a los que está expuesta el área de estudio, y realizado los respectivos análisis de vulnerabilidad, se procede a la conjunción de estos valores para calcular el nivel de riesgo del área en estudio. Es decir estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes

materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o tecnológico (inducido por el hombre).

El cálculo del riesgo corresponde a un análisis y combinación de datos teórico empíricos con respecto a la probabilidad de ocurrencia del peligro identificado, es decir, la interrelación de las condiciones espacio - temporales del área en estudio representado en las distintas dimensiones de vulnerabilidad territorial.

Existen diversos criterios o métodos para el cálculo del riesgo, por un lado, el analítico o matemático; y por otro, el descriptivo.

El criterio a considerar, se basa fundamentalmente en la aplicación probabilística de la siguiente ecuación.

$$R = f(P, V) \quad \dots\dots\dots 37$$

Dónde:

R = Riesgo

f = En función

P = Peligro

V = Vulnerabilidad

Esta ecuación es la referencia básica para la estimación del riesgo, donde cada una de las variables: **peligro (P)**, **vulnerabilidad (V)** y consecuentemente, el **riesgo (R)**, se expresan en términos de probabilidad.

Para estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad. Para tal efecto, se requiere que previamente se halla determinado los niveles de intensidad y frecuencia de un determinado peligro y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente.

Con los valores obtenidos del grado de peligrosidad y el nivel de vulnerabilidad total, se interrelaciona, por un lado (vertical), el nivel de peligrosidad; y por otro (horizontal) el grado de vulnerabilidad total en la respectiva matriz. En la intersección de ambos valores, sobre el cuadro de referencia, se podrá estimar el riesgo ante inundaciones fluviales (INDECI Lima 2011).

Tabla 34. Cuadro matriz del riesgo de inundación fluvial

Peligro muy alto 1	Riesgo medio 0.25	Riesgo alto 0.50	Riesgo muy alto 0.75	Riesgo muy alto 1
Peligro alto 0.75	Riesgo bajo 0.19	Riesgo medio 0.38	Riesgo alto 0.56	Riesgo muy alto 0.75
Peligro medio 0.5	Riesgo bajo 0.13	Riesgo medio 0.25	Riesgo medio 0.38	Riesgo alto 0.50
Peligro bajo 0.25	Riesgo bajo 0.06	Riesgo bajo 0.13	Riesgo bajo 0.19	Riesgo medio 0.25
	Vulnerabilidad baja 0.25	Vulnerabilidad media 0.5	Vulnerabilidad alta 0.75	Vulnerabilidad muy alta 1

Fuente: INDECI Lima 2011

Tabla 35. Niveles de riesgo de inundación fluvial

Nivel de Riesgo	Rangos
Riesgo muy alto	$0.75 < R \leq 1$
Riesgo alto	$0.50 < R \leq 0.75$
Riesgo medio	$0.25 < R \leq 0.5$
Riesgo bajo	$0 < R \leq 0.25$

Fuente: INDECI Lima 2011

R= Riesgo

1.2.9. Elaboración de mapas de peligro por inundaciones fluviales.

a. El Método geomorfológico integrado. El método geomorfológico integrado, es basado en criterios geomorfológicos e históricos, consiste en que la frecuencia de la inundación, depende de la altura o cota de las terrazas fluviales del río, se describe los siguientes pasos.

Paso 1: Recopilación de información. Recopilación de información con el fin de conocer la situación y características generales de la cuenca y del tramo de río así como datos de caudales y datos históricos.

Paso 2: Cartografía geomorfológica y de los datos históricos de inundaciones. Esta etapa tiene como objetivo realizar el levantamiento de los datos en el terreno y su cartografía.

Paso 3: Zonificación de las zonas inundables. En esta fase se realiza la correlación de toda la información recopilada y generada en el campo, con el fin de realizar la zonificación de áreas de amenazas por inundación en función de las alturas de agua y de su período de retorno o frecuencia **(INDECI Lima 2011)**.

b. El Método PRRAC. Se describen los siguientes pasos.

Paso 1: Modelación hidrológica. Un estudio de modelación hidrológica como el que se explica a continuación solo es necesario si no se dispone de datos de caudales para los cauces considerados. En caso de existir registros de caudales, los valores pico de caudal para diferentes periodos de retorno se pueden calcular utilizando el método de análisis estadístico.

Paso 2: Modelación hidráulica. Los caudales son simulados con el modelo hidrológico calibrado, se utilizan para modelar el HEC – RAS v.4.1 y aproximación en Autocad 2010, considerando las condiciones de flujo en el cauce considerados del área de estudio (INDECI Lima 2011).

1.3. Definición de términos básicos

Precipitaciones convectivas. Es llamado así cuando una masa de aire próxima a la superficie del terreno aumenta su temperatura, la densidad disminuye y la masa de aire trata de ascender hasta que es reemplazada por otra masa de aire más densa (Monsalve 1995).

Análisis de frecuencias. Es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia o probabilidad de ocurrencia de eventos pasados o futuros. El análisis de frecuencias de datos hidrológicos requiere que los datos sean homogéneos e independientes, además pueden ser llevados a cabo haciendo uso de alguna distribución estadística de probabilidad (Monsalve 1995).

Hietograma. Gráfico de forma escalonada como un histograma, que representa la variación de la intensidad expresada en mm/hora de la tormenta, en el transcurso

de la misma expresada en minutos u horas. Mediante el hietograma es muy fácil decir a qué hora la precipitación adquirió su máxima intensidad (**Villón 2002**).

Periodo de retorno. Es el periodo de tiempo promedio, en años, en que un determinado evento (en este caso caudal), es igualado o superado por lo menos una vez (**Monsalve 1995**).

Tiempo de retraso (t_r). Intervalo de tiempo comprendido entre los instantes que corresponden, respectivamente al centro de gravedad del hidrograma de la tormenta y al centro de gravedad del hidrograma (**Villón 2002**).

Tiempo pico (t_p). Tiempo que transcurre desde que se inicia el escurrimiento directo hasta el pico del hidrograma (**Villón 2002**).

Tiempo base (t_b). Intervalo comprendido entre el comienzo y el fin del escurrimiento directo (**Villón 2002**).

Duración de lluvia (de). Corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta. Aquí se define el periodo de duración, que es un determinado periodo de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta (**Villón 2002**).

Escorrentía. Es el agua proveniente de la precipitación, que circula sobre o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (**Villón 2002**).

Cuenca grande. Es aquella cuenca en la que predominan las características fisiográficas de la misma (pendiente, elevación, área, cauce). Una cuenca, para fines prácticos, es grande cuando tiene un área mayor a 250 km² (**Villón 2002**).

Cuenca pequeña. Es aquella cuenca que responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración, y en la cual las características físicas (tipo de suelo, vegetación) son más importantes que las del cauce. Se considera cuenca pequeña aquella cuya área varíe desde unas pocas hectáreas hasta un límite, para propósitos prácticos, se considera 250 km² (Villón 2002).

Hidrograma unitario. Es el hidrograma de escurrimiento debido a una precipitación con una altura en exceso h_{p_e} unitaria, repartida uniformemente en la cuenca, con una intensidad constante durante un periodo específico de tiempo de (Villón 2002).

Inundaciones dinámicas o rápidas. Se producen en ríos cuyas cuencas presentan fuertes pendientes, por efecto de las lluvias intensas. Las crecidas de los ríos son repentinas y de corta duración. Son las que producen los mayores daños en la población e infraestructura, debido a que el tiempo de reacción es casi nulo (INDECI Lima 2011).

Inundaciones estáticas o lentas. Generalmente se producen cuando las lluvias son persistentes y generalizadas, producen un aumento paulatino del caudal y del río hasta superar su capacidad máxima de transporte, por lo que el río se desborda, inundando áreas planas cercanas al mismo, a estas áreas se les denomina llanuras de Inundación (INDECI Lima 2011).

Inundaciones pluviales. Se produce por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de lluvias intensas o persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo

muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio periodo de tiempo sobre un suelo poco permeable. **(INDECI Lima 2011).**

Inundaciones fluviales. Causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos. Es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse, durante lo que se denomina crecida, consecuencia del exceso de lluvias **(INDECI Lima 2011).**

Peligro. Es la probabilidad de ocurrencia de un evento (sismos, deslizamientos, inundaciones, huracanes, tsunamis, erupciones volcánicas, etc.) potencialmente dañino, caracterizado por una cierta intensidad, dentro de un periodo dado y en un área determinada **(Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales 2005).**

Vulnerabilidad. Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser Física, Social, Cultural, Económica, Ambiental otros **(INDECI Lima 2011).**

Riesgo. Estimación o evaluación matemática de probables pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y la economía, para un periodo específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad **(INDECI Lima 2011).**

Llanura de inundación: Inundación periódica de las zonas planas aledañas a los ríos de manera natural **(Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales 2005).**

CAPÍTULO II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Ubicación geográfica

La zona donde se realizaron las investigaciones correspondió a los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, que pertenecen al distrito de Jaén, provincia de Jaén, región Cajamarca, se ubica en las coordenadas UTM 9368687.79 N, 743300.25 E.

2.2. Tipo de la investigación

La investigación realizada es del tipo **descriptivo**, ya que describe objetos (viviendas, estructuras, etc.), situaciones, eventos o fenómenos; se basa en describir o medir cada una de las variables independientemente.

2.3. Materiales y equipos

2.3.1. Materiales.

Los materiales para obtener la información principal se describen a continuación.

- Encuestas a la población de los sectores, de acuerdo a la muestra obtenida.
- Guía de observación de los sectores, identificando así sus características constructivas, localización, materiales de construcción.
- Ficha técnica de las características geológicas, calidad y tipo de suelo, del área estudiada.

2.3.2. Equipos.

Los equipos de uso directo que se utilizó para la obtención de datos de campo son:

- **GPS**
Marca : Garmin Datum WG84
- **Teodolito Electrónico**
Marca : Topcon modelo DT - 209
- **Nivel y mira topográfica**
Marca : Leica Modelo: NA – 720
- **Wincha**
Marca : Stanley - 50 m
- **Cámara fotográfica**
Marca : Sony

Descripción de las variables.

Tabla 36. Operalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Recolección de datos		
		Indicador	Fuente	Instrumentos
Nivel de peligro de inundación por el río Amojú en la parte baja de la ciudad de Jaén.	Características de la zona de estudio, aceptando que el peligro está en función de la probabilidad de ocurrencia de inundación y de su intensidad.	Probabilidad de ocurrencia de inundación.	Datos de SENAMHI, Campo	Aplicación de fórmulas empíricas y científicas
		Intensidad de lluvia.	Datos de SENAMHI, campo	Aplicación de fórmulas empíricas y científicas
Grado de vulnerabilidad en la parte baja de la ciudad de Jaén.	Características de los elementos potencialmente vulnerables, asociados a los tipos de vulnerabilidad.	Vulnerabilidad Física	Localización de viviendas	Guía de observación
			Material de construcción utilizada en viviendas	Guía de observación
			Características geológicas, calidad y tipo de suelo	Ficha técnica
			Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos	Guía de observación
			Explotación de los recursos naturales	Guía de encuesta
Ambiental - Ecológica	Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos	Guía de encuesta		

Vulnerabilidad Económica	Actividad Económica	Guía de encuesta
	Grado de escasez (servicios básicos)	Guía de encuesta
Vulnerabilidad Social	Nivel de organización	Guía de encuesta
	Grado y tipo de relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales	Guía de encuesta
	Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros	Guía de encuesta
Vulnerabilidad Cultural - Ideológica	Percepción local del riesgo	Guía de encuesta
	Actitud frente al riesgo	Guía de encuesta

2.4. Diseño metodológico

La cantidad de viviendas del área de estudio, ascendió aproximadamente a 505 viviendas, de las cuales se tomó una muestra de 96 viviendas a un nivel de confianza de 98% y un error estándar de 2%, **el tipo de muestra es probabilística simple**. Con respecto a la longitud del río, se tomó como criterio la zona urbana, que abarca un total de **1000 m.** aguas abajo, esta longitud fue tomada a partir de la finalización de los muros de encauzamiento.

La metodología que se empleó fue con herramientas tales como: modelación hidrológica, modelación hidráulica, datos históricos, fórmulas empíricas y científicas, procedimiento de cálculo probabilístico, y la elaboración de un mapa

de peligro que muestre la llanura de inundación. Esta información debe ser complementada con las características físicas del área de estudio.

Esta metodología requirió de un trabajo de campo, para verificar el estado de los inmuebles del primer frente de inundación, conteo de viviendas afectadas, realidad local, etc.

Con respecto a la información pluviométrica, se solicitó por medio de la Universidad Nacional de Cajamarca al **Proyecto Especial Jaén – San Ignacio – Bagua**, entidad que cuenta con datos brindados por el **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)**, estos datos fueron procesados utilizando las distribuciones estadísticas como Log Normal, Log Normal 2 parámetros, Log Normal 3 parámetros, y la distribución Log Gumbel. Finalmente se realizó la prueba de bondad de ajuste, donde se llegó a determinar la distribución que más se ajusta, la cual fue Log Gumbel; a partir de los datos procesados de la distribución ajustada, se pudo obtener la **frecuencia de inundación**, y también **las intensidades** para diferentes periodos de retorno $Tr = 30$ años, $Tr = 50$ años, $Tr = 100$ años, $Tr = 200$ años. Para el cálculo de las precipitaciones efectivas se utilizó el método de la SCS de abstracciones, obteniendo de esta manera la lluvia efectiva que se escurre en toda la cuenca estudiada.

Otros datos de suma importancia fueron aquellos brindados por la **Municipalidad Provincial de Jaén**, referidos a estudios locales hechos en el año 2005 por el **Instituto Nacional de Defensa Civil**, como un programa de medidas de mitigación ante desastres naturales. Los datos de cuenca que se obtuvieron de este estudio han sido utilizados para el cálculo del **caudal pico**, generado ante una máxima avenida, como se ha previsto que la lluvia no es uniforme, es decir la

intensidad no es la misma en cada punto de la cuenca, para ello se ha realizado un criterio de reducción de área, como se muestra en la **Figura 31**.

Para el cálculo del caudal pico se utilizó la metodología propuesta por **Villón (2002)**, quien realiza unas aproximaciones utilizando el método del **hidrograma unitario triangular**, para finalmente aplicar el principio de afinidad y aditividad para precisar más la información.

El procesamiento de la información topográfica se realizó en el software de AutoCAD Civil 3d -2011, logrando obtener las secciones transversales río abajo, cada 20 m. y un ancho de ribera de aproximadamente 30 m. Teniendo estos datos ya procesados, y utilizando el software de HEC – RAS V.4.1 se realizó la modelación hidráulica del río Amojú del área estudiada; con dicha modelación se obtuvo la profundidad del río, dato que ha sido tomado para el cálculo del **nivel de intensidad**.

Para la obtención del mapa de peligro que se describe como llanura de inundación, se realizó una modelación matemática de intersección de alturas en el software Autocad 2010, esta modelación consistió en tomar los datos procesados del software de HEC – RAS V.4.1. y realizar una intercepción en cada curva de nivel.

La información de campo referido a las encuestas, guías de observación, y ficha técnica, fueron procesados en base a los tipos de vulnerabilidades existentes en la zona estudiada, las cuales asociados a sus propios niveles de vulnerabilidad nos resultó los grados de vulnerabilidad (**INDECI Lima 2011**).

El procesamiento de estos datos se realizó en el software Microsoft Excel 2010.

2.5. Tratamiento y análisis de datos, presentación de resultados

El tratamiento de datos hidrológicos, datos de encuesta, han sido analizados y procesados utilizando los modelos, y fórmulas empíricas desarrolladas en el **CAPÍTULO I**.

2.5.1. Tratamiento y análisis de datos hidrológicos.

El grafico muestra las máximas precipitaciones en 24 horas, en cada año, datos que serán evaluados con cada una de las distribuciones estadísticas.

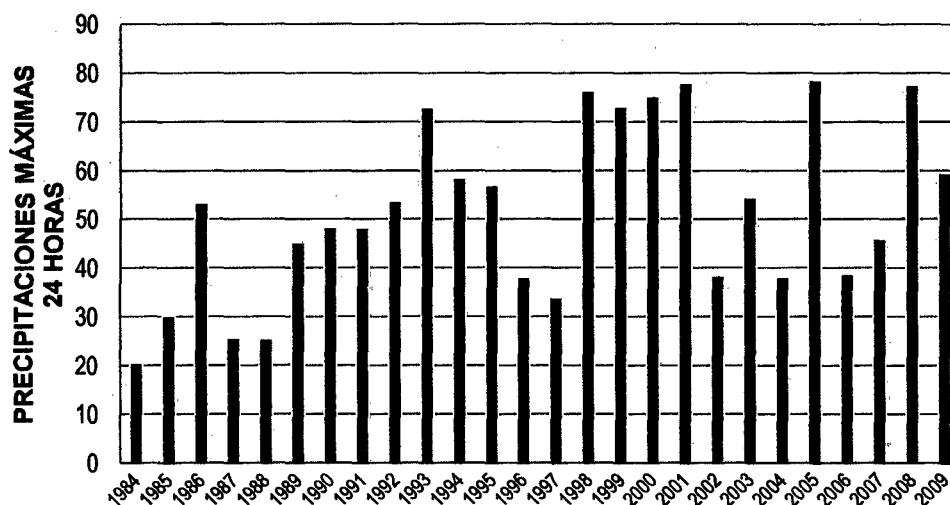


Figura 2. Distribución de las precipitaciones máximas diarias Estación Jaén.

La evaluación de los datos hidrológicos se realizaron para los periodos de retorno de **200, 100, 50 y 30 años**, de modo que el análisis de resultados se basara en el **caudal más crítico**, el cual corresponde a un **Tr = 200 años**, dicho caudal de diseño que ha sido determinado con base en el principio de afinidad y aditividad.

Tabla 37. Distribución estadística que más se ajusta a la serie de datos

Análisis de datos con distribución Log - Gumbel				
Var. Reducida				
AÑO	Preci.	Pre. Ordenados	$y = (x - u)/a$	Tr
1984	20.40	78.50	2.15	9.12
1985	30.10	77.94	2.12	8.83
1986	53.20	77.48	2.09	8.60
1987	25.60	76.25	2.02	8.03
1988	25.40	75.14	1.95	7.54
1989	45.20	73.06	1.82	6.71
1990	48.20	72.94	1.82	6.67
1991	48.21	59.48	1.00	3.26
1992	53.50	58.46	0.94	3.10
1993	72.94	56.98	0.85	2.88
1994	58.46	54.34	0.69	2.54
1995	56.98	53.50	0.64	2.45
1996	38.00	53.20	0.62	2.41
1997	33.94	48.21	0.32	1.94
1998	76.25	48.20	0.32	1.94
1999	73.06	45.90	0.18	1.77
2000	75.14	45.20	0.14	1.72
2001	77.94	38.70	-0.25	1.38
2002	38.37	38.37	-0.27	1.37
2003	54.34	38.10	-0.29	1.36
2004	38.10	38.00	-0.29	1.35
2005	78.50	33.94	-0.54	1.22
2006	38.70	30.10	-0.77	1.13
2007	45.90	25.60	-1.04	1.06
2008	77.48	25.40	-1.05	1.06
2009	59.48	20.40	-1.36	1.02

Número de elementos = 26

$Y_n = 0.532$

$S_n = 1.096$

$a = 16.55$

$u = 42.86$

Los valores de Y_n , S_n , son valores obtenidos de la **Tabla 62**. Parámetros Gumbel, mostrada en el **Anexo D**, el valor de a , u se obtuvieron aplicando la **ecuación 8**.

Tabla 38. Precipitaciones máximas en 24 horas para cada tiempo de retorno

Tr	Pexc.(1/Tr)	Pno exc.	Ln(1-1/Tr)	e(-y)	y=-(LN(e(-y)))	x=u+a*y
2	0.500	0.500	-0.693	0.693	0.367	48.93
5	0.200	0.800	-0.223	0.223	1.500	67.69
10	0.100	0.900	-0.105	0.105	2.250	80.12
20	0.050	0.950	-0.051	0.051	2.970	92.03
30	0.033	0.967	-0.034	0.034	3.384	98.89
50	0.020	0.980	-0.020	0.020	3.902	107.46
100	0.010	0.990	-0.010	0.010	4.600	119.02
200	0.005	0.995	-0.005	0.005	5.296	130.53

La **Tabla 38.** se determinó en relación con la distribución Log Gumbel, aplicando las **ecuaciones 9, 10.** El valor de x se determinó con la **ecuación 8.** donde estos valores son representados como **precipitaciones máximas en 24 horas** para cada **periodo o tiempo de retorno (Tr).**

Tabla 39. Lluvia máxima, para 60 minutos

Tr	P. Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	130.53	9.96	14.90	18.22	20.78	24.73	32.47
100	119.02	9.07	13.57	16.59	18.93	22.52	29.58
50	107.46	8.18	12.24	14.97	17.08	20.32	26.68
30	98.89	7.53	11.27	13.77	15.71	18.69	24.55
20	92.03	7.01	10.49	12.82	14.63	17.40	22.85
10	80.12	6.12	9.16	11.20	12.78	15.20	19.83
5	67.69	5.23	7.83	9.57	10.92	13.00	17.06
2	48.93	4.06	6.07	7.43	8.47	10.08	13.24

Las **precipitaciones máximas en 24 horas**, para cada tiempo de retorno (Tr), fueron analizadas usando como valor índice la lluvia de **60 minutos** de duración y **10 años de Periodo de retorno**, usando la **ecuación 13.** y usando como factor P_{60}^{10} igual a **19.83.**

Tabla 40. Intensidades máximas en (mm/h), para cada tiempo de retorno (Tr)

Tr	P. Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
200	130.53	119.50	89.40	72.90	62.40	49.50	32.50
100	119.02	108.80	81.40	66.40	56.80	45.00	29.60
50	107.46	98.20	73.50	59.90	51.20	40.60	26.70
30	98.89	90.30	67.60	55.10	47.10	37.40	24.50
20	92.03	84.10	62.90	51.30	43.90	34.80	22.90
10	80.12	73.40	55.00	44.80	38.30	30.40	19.80
5	67.69	62.80	47.00	38.30	32.80	26.00	17.10
2	48.93	48.70	36.40	29.70	25.40	20.20	13.20

Usando la **ecuación 14**, y la **Tabla 39**. nos permitió calcular las intensidades en una duración de **60 minutos**, valores que serán tomados para poder obtener los factores de **K, m, n** que nos permitirá obtener las curvas **IDF**.

Tabla 41. Resultado del análisis de regresión

Constante	1.9887675	Log K= 1.9888	K= 97.45
Error. estándar de est.Y	0.0835267		m= 0.196
R ²	0.8567577		n= 0.473
Núm. de observaciones	48		$I = 97.45 T^{0.196}$
Grado de libertad	45	Dónde:	$t^{0.473}$
Coeficiente(s) X	0.19582 -0.47279	T= años	
Error estándar de coef.	0.019324 0.0351975	t= minutos	

Usando la **ecuación 15**. y tomando las variables para obtener la regresión múltiple, donde los valores de "Y" fueron tomados como las intensidades de la **Tabla 40**. para todos los tiempos de retorno durante **60 minutos**; el valor de "X₁" fueron tomados los periodos de retorno, y el valor de "X₂" los valores de los tiempos de lluvias en minutos. Con estos valores se calculó los factores de **K, m, n**, los cuales usando la **ecuación 14**. se determinó las intensidades para **120 minutos** para los diferentes tiempos de retorno, como se muestra en la **Tabla 42**.

Tabla 42. Intensidades máximas en (mm/h), para 120 minutos

Duración (t) (minutos)	Tiempo de retorno (Tr) en años							
	2	5	10	20	30	50	100	200
5	52.15	62.40	71.47	81.86	88.63	97.95	112.19	128.50
10	37.58	44.96	51.50	58.99	63.86	70.58	80.84	92.59
20	27.08	32.40	37.11	42.50	46.02	50.86	58.25	66.72
30	22.35	26.75	30.64	35.09	37.99	41.99	48.09	55.08
40	19.51	23.35	26.74	30.63	33.16	36.65	41.97	48.08
50	17.56	21.01	24.06	27.56	29.84	32.98	37.77	43.26
60	16.11	19.27	22.08	25.28	27.37	30.25	34.65	39.69
70	14.98	17.92	20.52	23.51	25.45	28.13	32.22	36.90
80	14.06	16.82	19.27	22.07	23.89	26.41	30.25	34.64
90	13.30	15.91	18.22	20.87	22.60	24.98	28.61	32.77
100	12.65	15.14	17.34	19.86	21.50	23.76	27.22	31.17
110	12.09	14.47	16.58	18.98	20.55	22.72	26.02	29.80
120	11.61	13.89	15.91	18.22	19.73	21.80	24.97	28.60

Los valores de la tabla representan las intensidades de diseño, las cuales se utilizaron para determinar las curvas IDF.

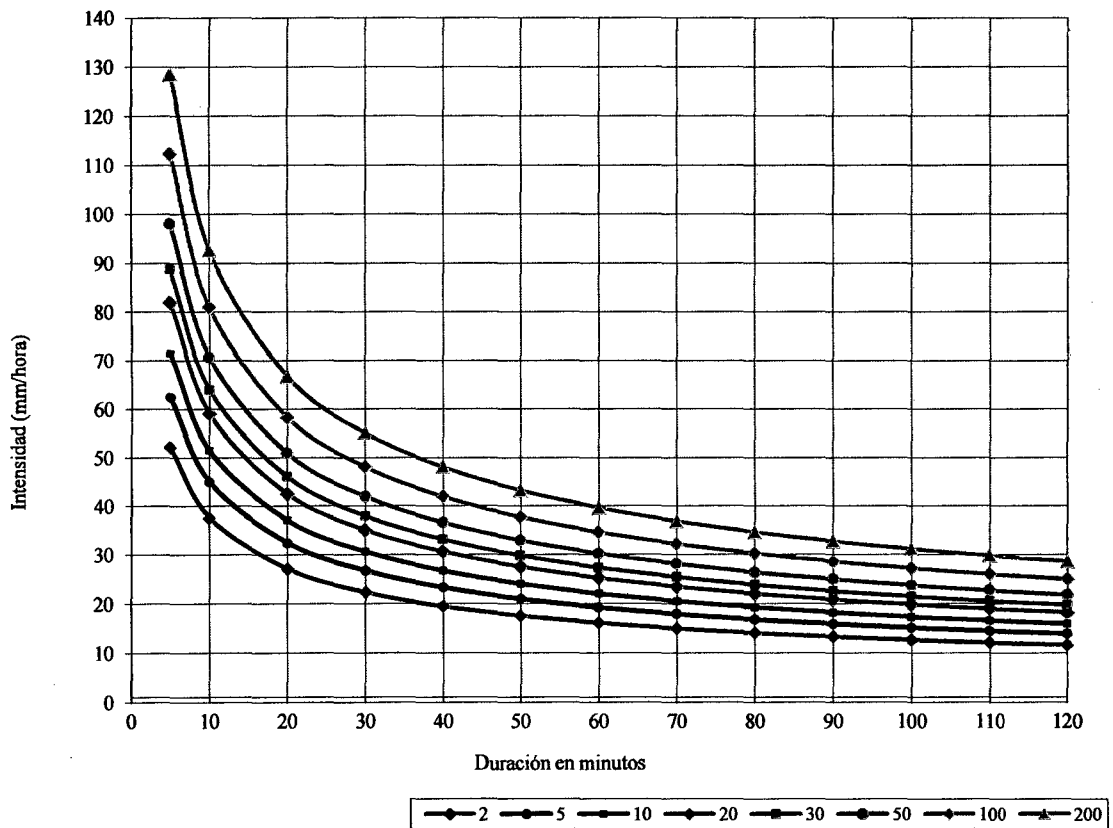


Figura 3. Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia para cada periodo de retorno

a. Determinación de la tormenta de diseño.

Las tormentas de diseño, se calcularon utilizando la **ecuación 14.** para un día de lluvia como se muestra en la Tabla 43. Las tormentas de diseño para los tiempos de retorno de **100, 50, 30** años se mostraron en el **Anexo D.**

Tabla 43. Tormenta de diseño para un tiempo de retorno de 200 años

Tiempo (min)	Intensidad (mm/hr)	Preci. acumulada (mm)	Prof. Incremental	Prof. Ordenada	Tiempo (min)		Precipitación
					de	a	
60	39.69	39.69	39.69	39.69	-	60	4.91
120	28.60	57.20	17.51	17.51	60	120	5.14
180	23.61	70.83	13.63	13.63	120	180	5.41
240	20.61	82.43	11.60	11.60	180	240	5.73
300	18.54	92.72	10.29	10.29	240	300	6.11
360	17.01	102.08	9.36	9.36	300	360	6.60
420	15.82	110.72	8.64	8.64	360	420	7.22
480	14.85	118.80	8.08	8.08	420	480	8.08
540	14.05	126.41	7.61	7.61	480	540	9.36
600	13.36	133.63	7.22	7.22	540	600	11.60
660	12.77	140.51	6.89	6.89	600	660	17.51
720	12.26	147.11	6.60	6.60	660	720	39.69
780	11.80	153.45	6.34	6.34	720	780	13.63
840	11.40	159.56	6.11	6.11	780	840	10.29
900	11.03	165.48	5.91	5.91	840	900	8.64
960	10.70	171.20	5.73	5.73	900	960	7.61
1020	10.40	176.76	5.56	5.56	960	1020	6.89
1080	10.12	182.17	5.41	5.41	1020	1080	6.34
1140	9.87	187.44	5.27	5.27	1080	1140	5.91
1200	9.63	192.58	5.14	5.14	1140	1200	5.56
1260	9.41	197.59	5.02	5.02	1200	1260	5.27
1320	9.20	202.50	4.91	4.91	1260	1320	5.02
1380	9.01	207.30	4.80	4.80	1320	1380	4.80
1440	8.83	212.01	4.70	4.70	1380	1440	4.70

b. Determinación de la precipitación efectiva.

Se determina con base en la tormenta de diseño, y a las características de la cuenca del río Amojú.

Datos de la cuenca del río Amojú.

Área de cuenca.....	129.42 km ²
Tierras cultivadas, sin tratamiento de conservación	15.00%
Tierras cultivadas, con tratamiento de conservación	10.00%
Pastizales en condiciones pobres.....	5.17%
Pastizales en condiciones óptimas.....	3.44%
Vegas de ríos en condiciones óptimas.....	8.51%
Bosques con cubierta pobre.....	18.20%
Bosques con cubierta buena.....	39.69%

La determinación de los datos de cuenca, se mostraran en el **Anexo D**, páginas 98, 99.

Grupos	B = 34%
Hidrológicos	C = 66%

Los grupos hidrológicos se determinaron con base en las características similares de la cuenca, para el grupo hidrológico **B**, se consideró tierras y pastizales, mientras que para el grupo hidrológico **C**, vegas y bosques. El valor de **CN_p**, ha sido determinado por la suma de los productos de ambos grupos hidrológicos, y el valor de “**S**” se determinó con base en la ecuación 20.

Tabla 44. Determinación del número adimensional de curva CN_p

Uso de suelo	Grupo hidrológico de suelo					
	0.34 * B			0.66 * C		
	%	CN	Prod.	%	CN	Prod.
Tierras cultivadas c/tratamie.	5.04	71	3.58	9.96	78	7.77
Tierras cultivadas s/tratamie.	3.36	81	2.72	6.64	88	5.84
Pastizales condiciones pobres	1.74	79	1.37	3.43	86	2.95
Pastizales condiciones optimas	1.16	61	0.71	2.29	74	1.69
Vegas de ríos	2.86	58	1.66	5.65	71	4.01
Bosques con cubierta pobre	6.12	66	4.04	12.08	77	9.30
Bosques con cubierta buena	13.34	55	7.34	26.35	70	18.44
		$\Sigma =$	21.41		$\Sigma =$	50.01
	CN_p = 71.42					
	S = 4 plg		S = 101.654 mm			

Tabla 45. Precipitación efectiva (Pe) para un tiempo de retorno de 200 años

Duración (hr)	Lluvia acum. Preci. (mm)	Pe acum. mm	Pe parcial en (cm)	Pe parcial Ordenada (mm)	Tiempo (mim)		Precipita ción
					de	a	
1	39.69	3.10	0.31	6.89	-	60	4.19
2	57.20	9.81	0.67	6.74	60	120	4.33
3	70.83	16.76	0.69	6.63	120	180	4.49
4	82.43	23.55	0.68	6.52	180	240	4.67
5	92.72	30.11	0.66	6.29	240	300	4.87
6	102.08	36.44	0.63	6.08	300	360	5.10
7	110.72	42.54	0.61	5.88	360	420	5.37
8	118.80	48.45	0.59	5.70	420	480	5.70
9	126.41	54.17	0.57	5.53	480	540	6.08
10	133.63	59.72	0.55	5.37	540	600	6.52
11	140.51	65.11	0.54	5.23	600	660	6.74
12	147.11	70.36	0.53	5.10	660	720	6.89
13	153.45	75.48	0.51	4.98	720	780	6.63
14	159.56	80.48	0.50	4.87	780	840	6.29
15	165.48	85.36	0.49	4.76	840	900	5.88
16	171.20	90.14	0.48	4.67	900	960	5.53
17	176.76	94.82	0.47	4.57	960	1020	5.23
18	182.17	99.40	0.46	4.49	1020	1080	4.98
19	187.44	103.90	0.45	4.41	1080	1140	4.76
20	192.58	108.32	0.44	4.33	1140	1200	4.57
21	197.59	112.66	0.43	4.26	1200	1260	4.41
22	202.50	116.92	0.43	4.19	1260	1320	4.26
23	207.30	121.12	0.42	4.12	1320	1380	4.12
24	212.01	125.25	0.41	3.01	1380	1440	3.01

Las precipitaciones efectivas son aquellas que no se retienen en la superficie, fueron determinadas con base en las Tablas 43, 44. y con la aplicación de la ecuación 18. se determinó las precipitaciones efectivas.

c. Determinación del caudal de diseño.

Para el cálculo del caudal pico, se aplicó las ecuaciones 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27., el análisis del caudal de diseño se ha realizado con la aplicación del principio de afinidad y aditividad de acuerdo a las ecuaciones 28, 29.

Datos de la cuenca del río Amojú.

Long cauce 25.02 km.
Cota max 2448 m
Cota min..... 713.82 m
Superficie..... 129.42 km²
Duración "de"..... 2.97 horas

$$t_c = 132.7 \text{ minutos}$$

$$t_c = 2.21 \text{ horas}$$

Tiempo pico (tp) **2.81 horas**
Tiempo base (tb) **7.52 horas**
Caudal punta (qp) **95.63 m³/seg.**

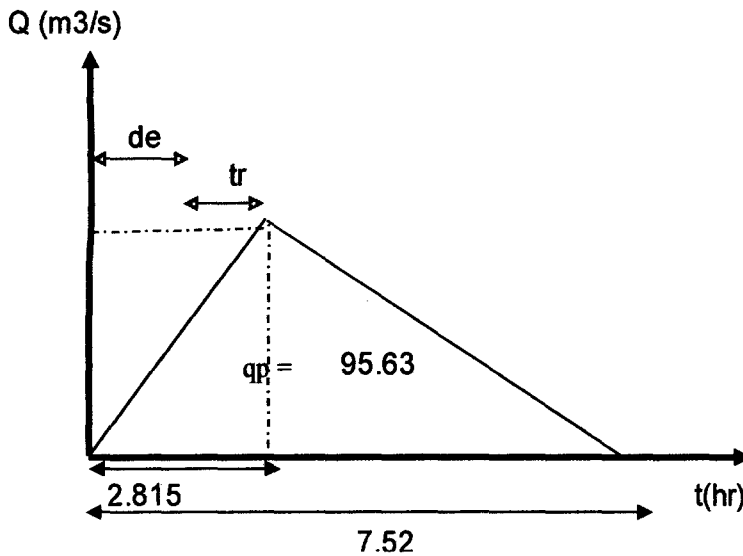


Figura 4. Resultado del cálculo del hidrograma unitario triangular, para 1cm.

El cálculo del caudal se determinó en relación con las características de la cuenca, además se planteó el criterio que en la cuenca la lluvia no se da con la misma intensidad, para ello se consideró un factor de reducción de área, en función a la **Figura 31**.

Tabla 46. Caudales de diseño por el principio de aditividad, para un tiempo de retorno de 200 años

T (horas)	H.U. (m3/s/c m)	PRECIPITACIONES EFECTIVAS POR INTERVALOS (cm)																				Q (m3/s)				
		0.31	0.67	0.69	0.68	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	0.54	0.53	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44		0.43	0.43	0.42	0.41
0	0.00	0.0																								0.0
1	34.01	10.5	0.00																							10.5
2	67.80	21.0	22.84	0.00																						43.8
2.81	95.63	29.6	45.53	23.63	0.00																					98.8
3	92.05	28.5	64.22	47.11	22.31	0.00																				162.2
4	71.08	22.0	61.82	66.45	44.48	22.31	0.00																			217.1
5	51.01	15.8	47.73	63.96	62.73	44.48	21.52	0.00																		256.2
6	30.30	9.4	34.26	49.39	60.38	62.73	42.89	20.77	0.00																	279.8
7	10.25	3.2	20.35	35.45	46.63	60.38	60.50	41.40	20.08	0.00																288.0
7.52	0.00	0.0	6.88	21.05	33.46	46.63	58.24	58.40	40.03	19.45	0.00															284.1
8		0.00	7.12	19.88	33.46	44.97	56.21	56.46	38.77	18.87	0.00															275.8

Tabla 47. Caudales de diseño por el principio de aditividad, para un tiempo de retorno de 100 años

T (horas)	H.U. (m3/s/c m)	PRECIPITACIONES EFECTIVAS POR INTERVALOS (cm)																				Q (m3/s)				
		0.18	0.49	0.54	0.54	0.53	0.51	0.50	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37		0.37	0.36	0.36	0.35
0	0.00	0.0																								0.0
1	34.01	6.0	0.00																							6.0
2	67.80	12.0	16.70	0.00																						28.7
2.81	95.63	16.9	33.29	18.22	0.00																					68.4
3	92.05	16.3	46.96	36.32	18.23	0.00																				117.8
4	71.08	12.6	45.20	51.23	36.34	17.86	0.00																			163.2
5	51.01	9.0	34.90	49.31	51.25	35.61	17.40	0.00																		197.5
6	30.30	5.4	25.05	38.08	49.33	50.23	34.69	16.92	0.00																	219.7
7	10.25	1.8	14.88	27.33	38.09	48.35	48.93	33.73	16.46	0.00																229.6
7.52	0.00	0.0	5.03	16.23	27.34	37.34	47.10	47.58	32.81	16.02	0.00															229.4
8		0.00	5.49	16.24	26.79	36.37	45.80	46.27	31.93	15.60	0.00															224.5

Tabla 48. Caudales de diseño por el principio de aditividad, para un tiempo de retorno de 50 años

T (horas)	H.U. (m3/s/c m)	PRECIPITACIONES EFECTIVAS POR INTERVALOS (cm)																							Q (m3/s)
		0.09	0.35	0.40	0.42	0.41	0.41	0.40	0.39	0.38	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30	
0	0.00	0.0																							0.0
1	34.01	3.0	0.00																						3.0
2	67.80	6.0	11.74	0.00																					17.7
2.81	95.63	8.4	23.40	13.74	0.00																				45.6
3	92.05	8.1	33.01	27.39	14.14	0.00																			82.7
4	71.08	6.3	31.78	38.63	28.19	14.10	0.00																		119.0
5	51.01	4.5	24.54	37.18	39.77	28.10	13.89	0.00																	148.0
6	30.30	2.7	17.61	28.71	38.28	39.64	27.69	13.63	0.00																168.2
7	10.25	0.9	10.46	20.60	29.56	38.16	39.06	27.16	13.34	0.00															179.2
7.52	0.00	0.0	3.54	12.24	21.21	29.46	37.60	38.31	26.59	13.05	0.00														182.0
8			0.00	4.14	12.60	21.14	29.03	36.88	37.51	26.02	12.78	0.00													180.1

Tabla 49. Caudales de diseño por el principio de aditividad, para un tiempo de retorno de 30 años

T (horas)	H.U. (m3/s/c m)	PRECIPITACIONES EFECTIVAS POR INTERVALOS (cm)																							Q (m3/s)
		0.05	0.26	0.32	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	
0	0.00	0.0																							0.0
1	34.01	1.6	0.00																						1.6
2	67.80	3.1	8.74	0.00																					11.8
2.81	95.63	4.4	17.43	10.96	0.00																				32.8
3	92.05	4.2	24.58	21.85	11.58	0.00																			62.2
4	71.08	3.2	23.66	30.82	23.08	11.71	0.00																		92.5
5	51.01	2.3	18.27	29.66	32.56	23.35	11.66	0.00																	117.8
6	30.30	1.4	13.11	22.91	31.34	32.94	23.24	11.52	0.00																136.4
7	10.25	0.5	7.79	16.44	24.20	31.70	32.78	22.96	11.34	0.00															147.7
7.52	0.00	0.0	2.63	9.76	17.37	24.48	31.55	32.38	22.61	11.15	0.00														151.9
8			0.00	3.30	10.32	17.57	24.36	31.17	31.88	22.22	10.95	0.00													151.8

2.5.2. Tratamiento y análisis de datos de encuesta.

Basado en relación con los tipos de vulnerabilidades descritas en el **CAPÍTULO I**, **página 19**, donde cada encuesta, guía de observación fue contabilizada y procesada, respecto a la ficha técnica fue elaborada con base en los estudios realizados por **INDECI Jaén 2005**; haciendo uso de las **ecuaciones 31, 32, 33, 34, 35** se determinó el grado de cada una de las vulnerabilidades, mostradas en el **CAPÍTULO III.**, y el **Anexo B**; la vulnerabilidad total fue determinada en relación con los tipos de vulnerabilidades, utilizando la **ecuación 36**, como se muestra en la **Figura 18**.

2.5.3. Presentación de resultados.

a. Para la variable peligro de inundación. Por la gran cantidad de datos pluviométricos, que se presentó en la investigación, **la presentación de resultados fue en tablas**, indicando que parte del procesamiento de los datos fueron incorporados en los anexos.

b. Para la variable Vulnerabilidad. Para su mejor apreciación, análisis y discusión, **los resultados fueron presentados en gráficos**.

c. Para la determinación del nivel de riesgo. El análisis del riesgo de inundación se basa en la determinación del peligro y vulnerabilidad, lo cual nos lleva a determinar una matriz de riesgos, de esta manera **la presentación de resultados fue en una tabla de matriz de riesgo de inundación**.

d. Para la delimitación del mapa de peligro de inundación del río Amojú, se utilizó los datos del estudio hidrológico, especialmente los caudales pico para cada tiempo de retorno, $Tr=200$ años, $Tr=100$ años, $Tr=50$ años, $Tr=30$ años, **los resultados se presentaron en una figura de llanura de inundación**.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Determinación del peligro de inundación.

El tirante máximo obtenido después de la modelación en el software de HEC – RAS V.4.1, para un $T_r = 200$ años fue de **3.20 m.**, que corresponde a la progresiva 0+320 m. como se muestra en la **Figura 35.**, además conociendo que el río Amojú está caracterizado por una inundación estática, de las **Tablas 2., 3.** Se determinó el nivel de intensidad.

Tabla 50. Determinación del nivel de intensidad

Descripción del cauce	Rango	Rango estimado	Nivel
Profundidad de río	$H > 1.5$ m.	3.20 m.	Muy alto
Tipo de inundación fluvial	Estática		
Nivel de intensidad		3.20 m. >1.50 m	Muy alto

Después de haber realizado el análisis estadístico de los datos pluviométrico y obtenido la distribución Log Gumbel que más se ajusta a los datos, de la **Tabla 37.** y tomando la máxima probabilidad de ocurrencia en función del periodo de retorno (T) de dicha distribución, de las **Tabla 4., 5.** Se determinó la frecuencia de

inundación, el cual se muestra en la **Tabla 51**. La frecuencia de ocurrencia describe el tiempo en que se podría dar una inundación fluvial, lo cual está en función de período de retorno.

Tabla 51. Determinación de la frecuencia de ocurrencia

Descripción del cauce	Rango	Rango estimado	Nivel
Tiempo de retorno	5 < T ≤ 15 años	9.12 años	Alto
Frecuencia de ocurrencia		10 años	Alto

El nivel de peligro de inundación se determinó en función de su intensidad y frecuencia de ocurrencia, donde se aplicó a los resultados obtenidos en las **Tabla 50., 51.**, en una matriz de doble entrada, **es necesario resaltar que serán tomados los máximos rangos en cada nivel, criterio que fue tomado por el Tesista**. De la **Tabla 6**. se determinó el peligro de inundación, en la **Tabla 7**. nos indica que el peligro está entre **nivel alto y muy alto**, de modo que se consideró que el peligro tendrá el máximo valor, como se muestra en la **Tabla 52**.

Tabla 52. Determinación del peligro de inundación

Descripción del evento	Rango	Rango estimado	Nivel
Nivel de intensidad	0.75 – 1.00	1.00	Muy alto
Frecuencia de ocurrencia	0.50 – 0.75	0.75	Alto
Nivel de peligro de inundación	0.75 – 1.00	1.00	Muy alto

3.1.2. Determinación del grado de vulnerabilidad.

a. Vulnerabilidad Física.

a.1. **Localización de viviendas.** Se constató que existe un alto índice de viviendas que no están ubicadas en zonas adecuadas, se puede apreciar que ninguna vivienda supera el grado de vulnerabilidad media, mostrada en la **Tabla 9., Figura 5. y Anexo B.**

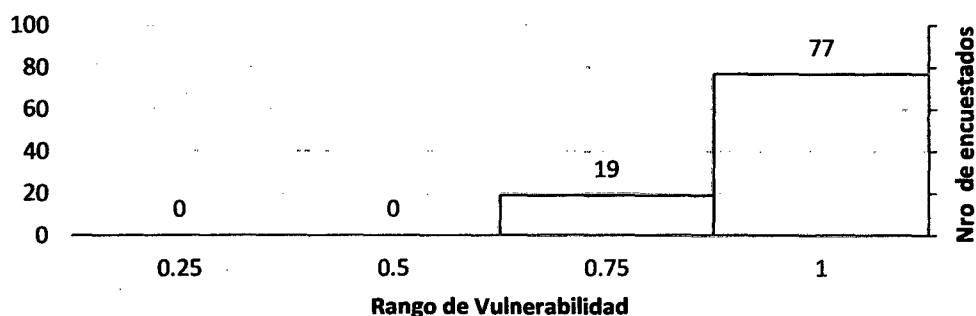


Figura 5. Grado de vulnerabilidad por localización de viviendas.

a.2. **Material de construcción utilizada en viviendas.** El material de construcción usado es variable, siendo las estructuras de concreto y acero sin adecuada técnica constructiva las más usadas, lo cual presentó un indicador de deficiencia en mano de obra, **Tabla 10., Figura 6. y Anexo B.**

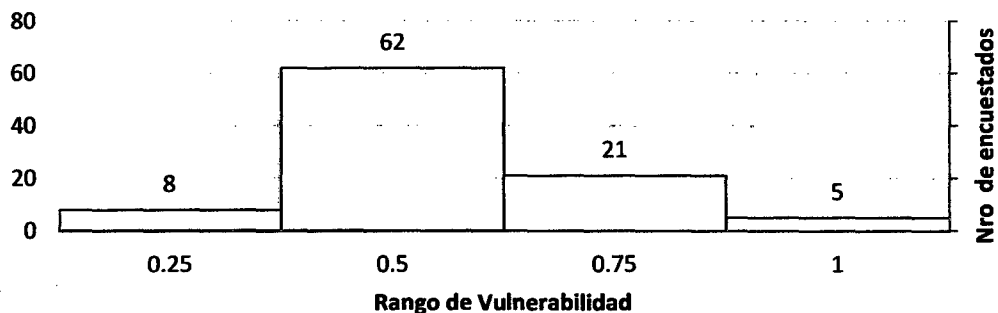


Figura 6. Grado de vulnerabilidad por material de construcción utilizada en viviendas.

a.3. Características geológicas, calidad y tipo de suelo. La clasificación de suelos en la zona estudiada resultó variable, **Tabla 55.** Sector II presenta una capacidad portante de entre 0.70 – 1.20 kg/cm², de la **Tabla 11.** Se constató que el grado de vulnerabilidad fue medio, como se muestra en la **Tabla 53.**

Tabla 53. Rango de vulnerabilidad geológica, calidad y tipo de suelo

INDICADORES	RANGO	GRADO DE VULNERABILIDAD
Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	$V \leq 0.50$	Media

a.4. Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos. Los procedimientos constructivos no fueron homogéneos en el área de estudio, predominando las estructuras con normatividad vigente medianamente cumplida, lo cual representaría un peligro para los pobladores de la zona que no tienen conocimiento del nivel de riesgo, **Tabla 12., Figura 7. y Anexo B.**

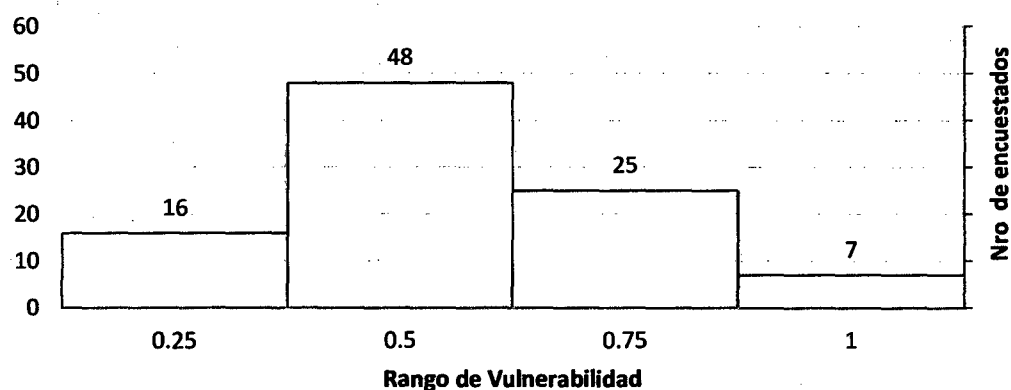


Figura 7. Grado de vulnerabilidad por cumplimiento de normatividad técnica vigente de los procedimientos constructivos.

b. Vulnerabilidad Ambiental – Ecológica.

b.1. Explotación de los recursos naturales. Se constató que en el área de estudio se presentó altos índices de degradaciones de cauce y márgenes del río Amojú, deterioro y uso indiscriminado de los suelos y recursos forestales, mientras que solo 13 viviendas opinaron que las prácticas de degradación son periódicas, **Tabla 15., Figura 8. y Anexo B.**

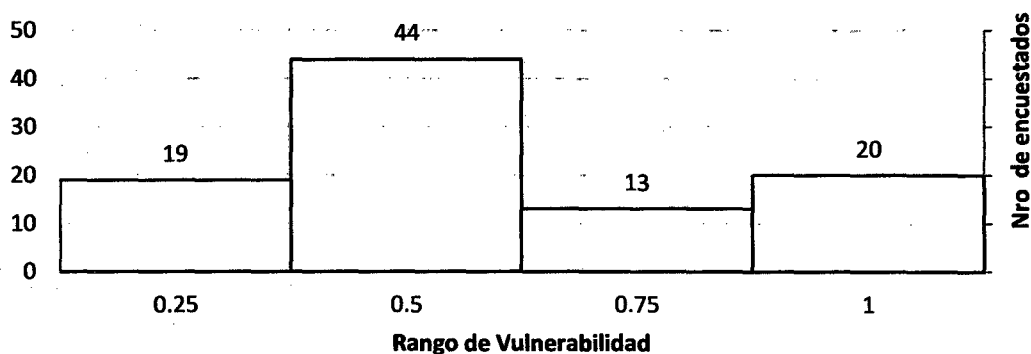


Figura 8. Grado de vulnerabilidad de los recursos naturales.

b.2. Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos. El área estudiada, presentó niveles medios de establecimientos que emiten sustancias o materiales tóxicos, lo cual afectó a los sectores vecinos, solo 19 viviendas opinaron que existe establecimientos que emiten sustancias tóxicas pero que no afectan a la población, **Tabla 16., Figura 9. y Anexo B.**

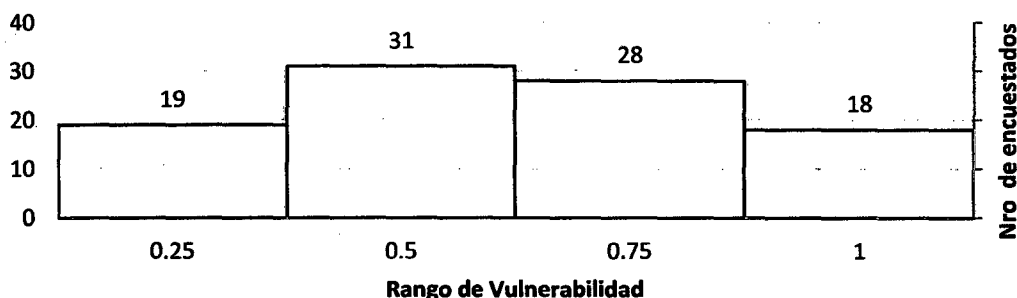


Figura 9. Grado de vulnerabilidad por fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos.

c. Vulnerabilidad Económica.

c.1. Actividad económica. El sistema de producción tiene muy poca posibilidad de insertarse a un mercado competitivo, además son poco rentables, solamente 20 viviendas opinaron que existen importantes inversiones productivas y económicas, **Tabla 19., Figura 10. y Anexo B.**

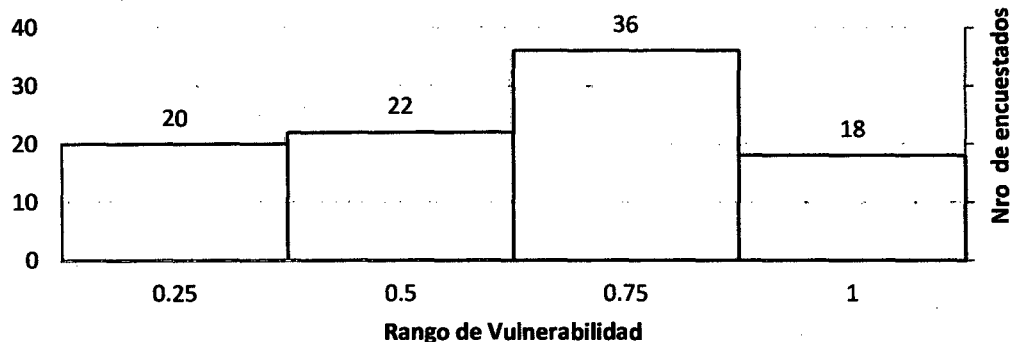


Figura 10. Grado de vulnerabilidad por actividad económica.

c.2. Grado de escasez (servicios básicos). Los servicios básicos presentes en el área de estudio presentaron una permanencia alta, es decir no tienen un tratamiento adecuado de aguas servidas y agua potable, donde solo 11 viviendas cuentan con los servicios básicos y tratamientos adecuados, **Tabla 20., Figura 11. y Anexo B.**

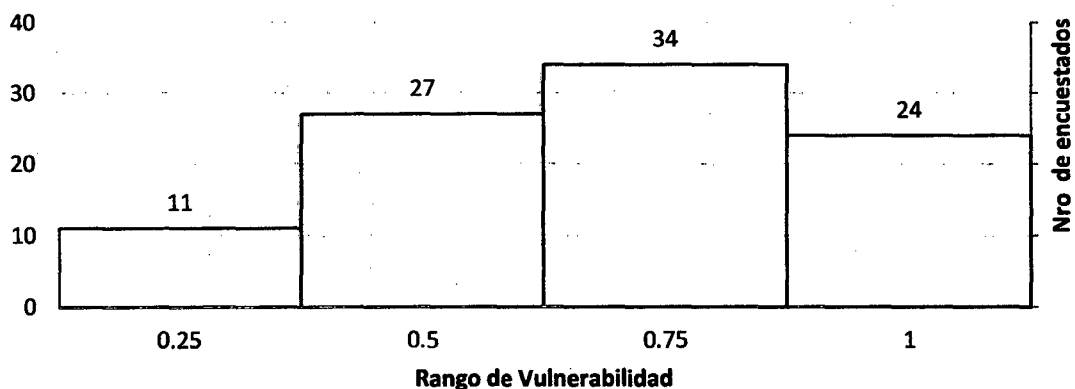


Figura 11. Grado de vulnerabilidad por grado de escasez (servicios básicos).

d. Vulnerabilidad Social.

d.1. Nivel de organización. El área de estudio, presentó una disputa interna entre organizaciones, además nunca funciona y presentan casos de corrupción, solo 24 viviendas opinaron que esto puede cambiar y convertirse en sectores activos de política de prevención de riesgos y gestión eficiente, **Tabla 23., Figura 12. y Anexo B.**

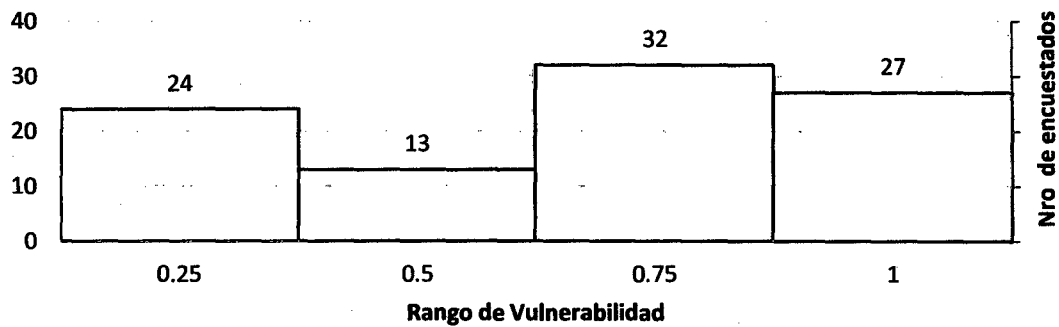


Figura 12. Grado de vulnerabilidad por nivel de organización.

d.2. Grado y tipo de relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales. Se constató que existe una pequeña relación e integración entre Instituciones y Organizaciones, mientras 31 viviendas opinaron que no existe relación alguna entre ambos miembros, **Figura 13., Tabla 24. y Anexo B.**

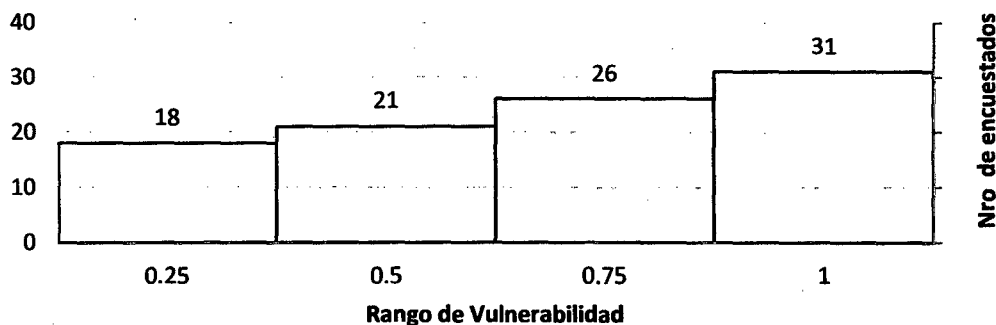


Figura 13. Grado de vulnerabilidad por grado y tipo de relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales.

e. Vulnerabilidad Cultural - Ideológica.

e.1. Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros. La población del área estudiada tuvieron un conocimiento amplio sobre las causas y consecuencias de los desastres, solamente 11 viviendas presentaron desconocieron del peligro de inundación, presentando un grado de vulnerabilidad muy alto, **Tabla 27., Figura 14. y Anexo B.**

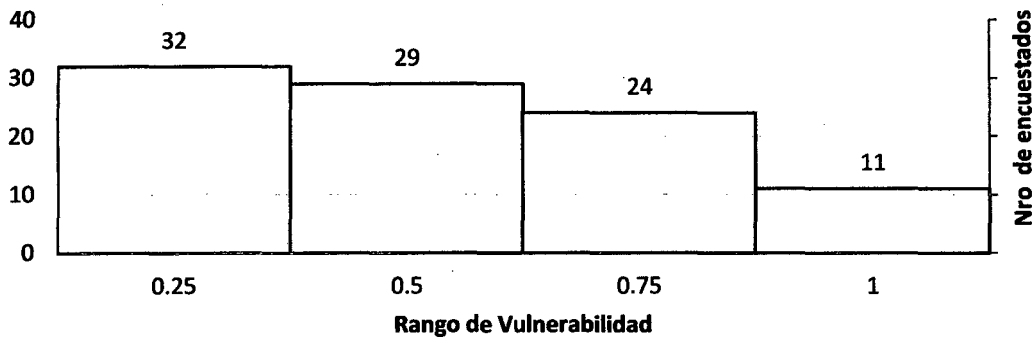


Figura 14. Grado de vulnerabilidad por conocimiento sobre ocurrencias pasadas de peligros.

e.2. Percepción local del riesgo. La población de los sectores en estudio, opinaron que tienen una percepción positiva ante la ocurrencia y consecuencia de un desastre, mientras que 18 viviendas presentaron un grado de vulnerabilidad muy alto **Tabla 28., Figura 15. y Anexo B.**

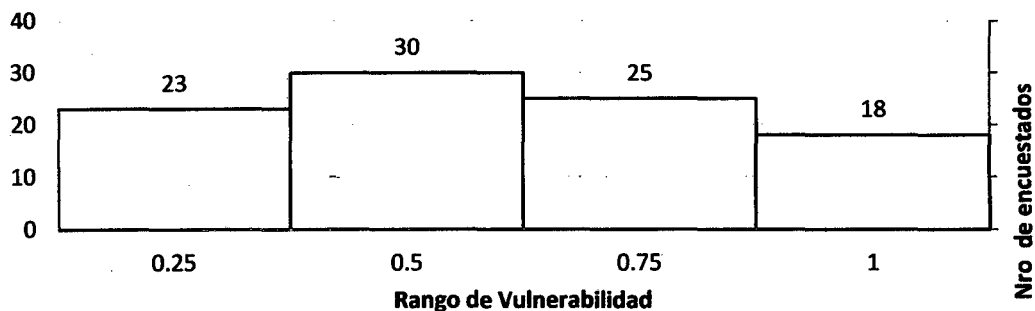


Figura 15. Grado de vulnerabilidad por percepción local del riesgo.

e.3. Actitud frente al riesgo. La población estudiada opino que están preparados para asumir, y prevenir el riesgo, de modo que las pérdidas sean menores al producirse alguna vez, solamente 15 viviendas tienen actitudes conformistas ante el desastre, presentando un grado de vulnerabilidad **muy alto**,

Tabla 29., Figura 16. y Anexo B.

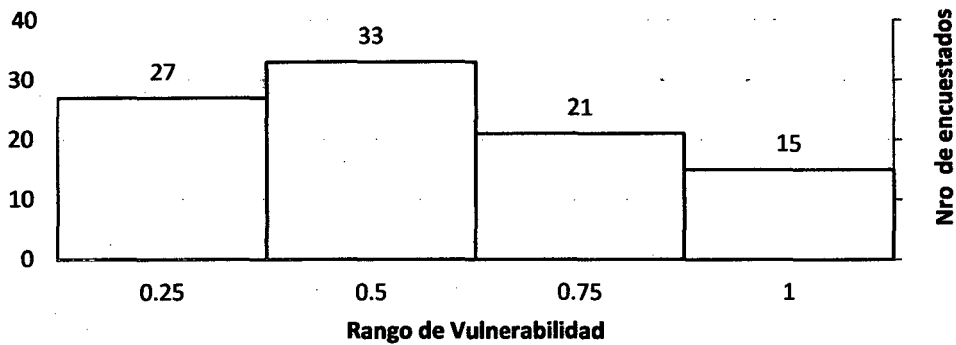


Figura 16. Grado de vulnerabilidad por actitud frente al riesgo.

f. Vulnerabilidades por tipo. La vulnerabilidad Social es la que predomina en la zona estudiada, con un grado de vulnerabilidad muy alto, mientras que la vulnerabilidad Cultural - Ideológica es la de menor presencia, con un grado de vulnerabilidad media, cada vulnerabilidad se calculó con base en las ecuaciones descritas en el **CAPÍTULO II. Ecuaciones 31, 32, 33, 34, 35, Tabla 32. y Figura 17.**

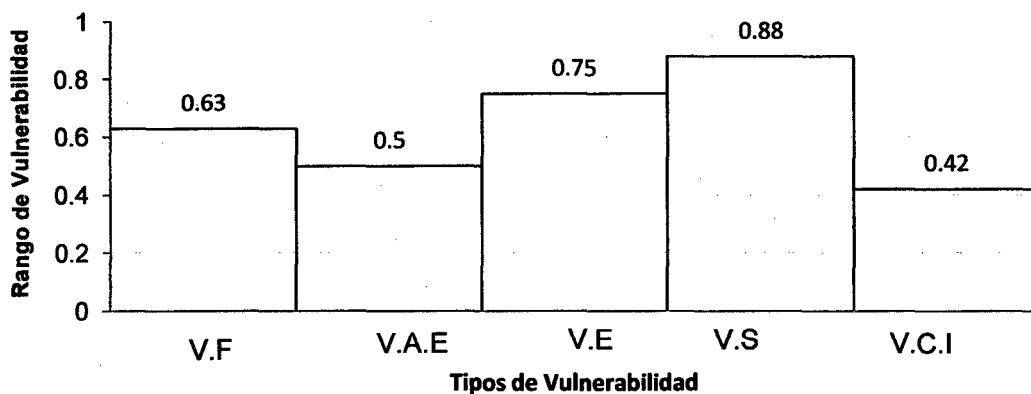


Figura 17. Grados de vulnerabilidades por tipo.

g. Vulnerabilidad Total. La zona estudiada, presentó un grado de vulnerabilidad alto, con base en la ecuación 36 y a la Tabla 33. Este valor se consideró en comparación a las características Físicas, Ambientales Ecológicas, Económicas y Socioculturales de la zona estudiada, como el valor obtenido pertenece a un solo grado de vulnerabilidad, se tomó su mismo valor, **Figura 18.**

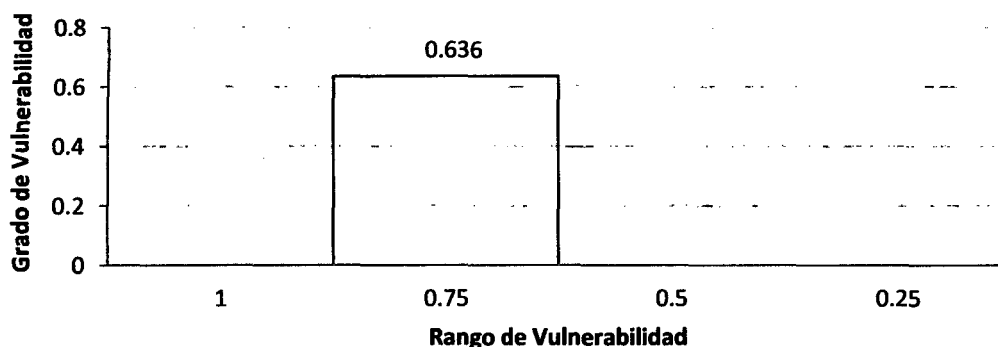


Figura 18. Grado de vulnerabilidad total.

3.1.3. Determinación del nivel de riesgo de inundación.

La combinación de datos entre el nivel de peligro de inundación y el grado de vulnerabilidad total se estimó el nivel de riesgo de inundación, con base en la ecuación 37, Tablas 34., 35, 52 y Figura 18.. De modo que las medidas de mitigación, prevención y proyección deberán realizarse en relación con este indicar resultante, **Tabla 54.**

Tabla 54. Nivel de riesgo de inundación

Descripción del evento	Rango	Rango calculado	Nivel
Nivel de peligro de inundación	0.75 – 1.00	1.00	Muy alto
Grado de vulnerabilidad	0.50 – 0.75	0.636	Alto
Nivel de riesgo de inundación		0.636	Alto

3.1.4. Delimitación del mapa de peligro de inundación.

Luego de haber realizado la delimitación del mapa de peligro de inundación que se describe como llanura de inundación, para diferentes periodos de retorno 200, 100, 50 y 30 años, además tomando como limite la llanura de inundación más crítica, la cual resultó para un $Tr = 200$ años, se obtuvo que 101 viviendas tienen un peligro de inundación muy alto, que representa el 20% de las viviendas, mientras que 258 viviendas están expuestas a un peligro de inundación alto, representando el 51% de viviendas, 81 viviendas presentan un peligro de inundación medio, que representa el 16% de las viviendas, y solo 65 viviendas presentan un peligro de inundación bajo, que representa el 13% de las viviendas. Se puede apreciar en la **Figura 19**. la llanura de inundación para un $Tr= 200$ años, que resulta ser aproximadamente dos veces más que la inundación para un $Tr=30$ años. La **Figura 19**. se detalla en el **Anexo F, Lamina 05**.

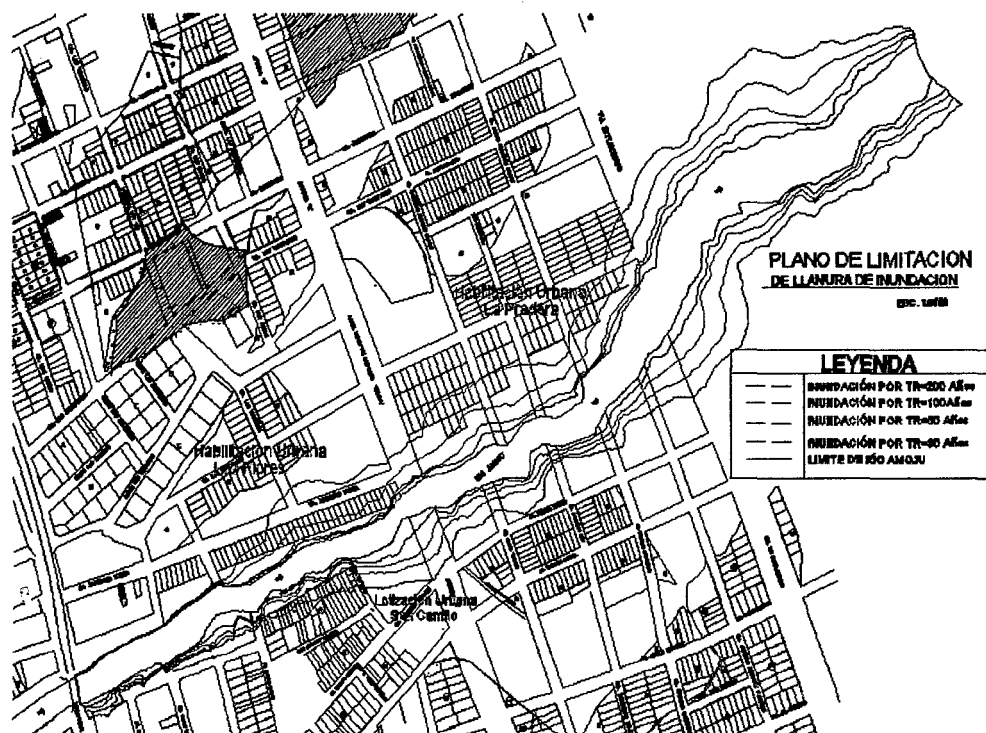


Figura 19. Limitación de llanura de inundación.

Luego de haber culminado con nuestro estudio **afirmamos que nuestra hipótesis planteada es aceptada, por lo que la parte baja de la ciudad Jaén, que conforma los sectores de San Camilo, las Flores y La Pradera, presentó un riesgo de inundación alto.**

3.2. Discusión

El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2005), realizó un estudio de peligro de inundación para el río Blanco ubicado al este del departamento de Matagalpa, Nicaragua; luego de evaluar su estudio para un $T_r=200$ años se encontró que el tirante máximo es de 3.00 m, caudal máximo $718 \text{ m}^3/\text{s}$ con lo cual el instituto Nicaragüense concluyó que s **peligro de inundación es alto.**

Según los estudios realizados en esta investigación el peligro de inundación con esos datos resultante sería **muy alto**, la razón es que el instituto Nicaragüense no hace referencia al tipo de inundación, no calcula la probabilidad de ocurrencia, la cual tiene que ser determinado con alguna distribución estadística, para luego poder realizar una matriz de peligro de inundación. El autor no determina la vulnerabilidad de la zona por lo cual será imposible determinar el riesgo de inundación. En el caso de nuestra investigación con el mismo tiempo de retorno, el tirante máximo fue de 3.20 m. con un caudal de $288 \text{ m}^3/\text{s}$, y una probabilidad de ocurrencia de 10 años, resulto un peligro de **inundación muy alto.**

En nuestro estudio de nivel de riesgo de inundación se usó algunos softwares para la modelación de resultados, **Choquehuanca (2012), realizó un estudio en el río Vilcanota ubicado en la región Cuzco, donde uso generalmente software**

para realizar su análisis de peligro de inundación, definió su tipo de inundación el cual fue dinámica, presentando de esta manera su **peligro el cual era entre bajo y alto**, mientras que para su **vulnerabilidad presentó un grado entre medio y alto**, finalmente concluyó que su **riesgo de inundación en el área urbana era medio**.

Si bien es cierto que los mapas de peligro, vulnerabilidad nos dan un alcance sobre los niveles de riesgo, pero hay que precisar que los softwares nos generan un nivel de riesgo total de una zona de estudio, mas no local, esto es porque los tipos de vulnerabilidad van asociados a las características generales de la zona. Al realizar un estudio de inundación dinámico se tiene que hacer uso de la velocidad, es así que el estudio del río Vilcanota presento una pendiente del cauce de 0.30%, mientras que en nuestro estudio la pendiente es de 1.86%, el caso es que la velocidad del rio es menor, lo cual generara un nivel de intensidad menor, es decir el peligro de inundación será menor.

En el año 2005 **INDECI** elaboró un estudio en la ciudad de Jaén, como un programa de medidas de mitigación ante desastres, este estudio abarco la zona de investigación, la metodología aplicada se basa en teorías y mapas de peligro, **donde resultó que el peligro de inundación era alto, por otro lado definieron que la vulnerabilidad de la zona presenta un nivel alto, mientras que el riesgo está entre alto y muy alto**, se puede apreciar que no ha existido un orden en la elaboración de este estudio, porque los resultados no definen el fin que se desea alcanzar, lo correcto fue que se debía haber elaborado mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo por tipo de desastres mas no unirlos todos en un solo estudio, lo cual no es correcto porque no se puede diferenciar el tipo de amenaza

que describe, por otro lado la vulnerabilidad no se mide en nivel sino en grado, la razón es porque en la zona existe un conjunto de vulnerabilidades asociadas a características propias del lugar. **Luego de haber hecho algunos análisis de peligro, vulnerabilidad y riesgo podemos afirmar que nuestra investigación es válida y será de apoyo para los estudios posteriores que se realicen en la zona estudiada.**

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

*El nivel de peligro de inundación en la parte baja de la ciudad de Jaén, que abarca los sectores de San Camilo, las Flores y La Pradera, fue **muy alto**.*

El grado de vulnerabilidad de la parte baja de la ciudad de Jaén, que abarca los sectores de San Camilo, las Flores y La Pradera, fue **alto**.

Se delimito el mapa de llanura de inundación, donde se pudo apreciar las viviendas de cada sector inundadas; obteniendo que 101 viviendas tienen un peligro de inundación muy alto, que representa el 20% de las viviendas, mientras que 258 viviendas están expuestas a un peligro de inundación alto, representando el 51% de viviendas, 81 viviendas presentan un peligro de inundación medio, que representa el 16% de las viviendas, y solo 65 viviendas presentan un peligro de inundación bajo, que representa el 13% de las viviendas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, F. 1992. **Fundamentos de hidrología de superficie**. Editorial Limusa S.A., México.
- Chereque, W. 1991. **Hidrología para estudiantes de ingeniería civil**. Pontificia Universidad Católica del Perú. CONCYTEC. Lima, Perú.
- Choquehuanca, N. 2012. **Evaluación de Riesgo de Inundaciones Basado Sobre GIS y Modelamiento Hidráulico (Hec-GeoRas)**. Disponible en la página webb. http://www.imefen.uni.edu.pe/PPTs/IMEFEN_Nestor.pdf.
- INDECI Jaén, 2005. **Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Jaén**. Editorial litigraf E.I.R.L., Lima, Perú.
- INDECI Lima, 2011. **Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales**. Editorial litigraf E.I.R.L., Lima, Perú.
- Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). 2011. **Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje para obras viales**. Editorial ICG., Lima, Perú.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. 2005. **Inundaciones Fluviales**. Editorial Ineter y Cosude., Managua, Nicaragua.
- Monsalve, G. 1995. **Hidrología en la Ingeniería**. Editorial tercer mundo editores., Santafé de Bogotá, Colombia.
- Morelli, C. 2006. **Gestión de Inundaciones Urbanas**. Editorial de la Secretaría., Porto Alegre, Brasil.
- Sánchez, J. 2012. **Hidrología Superficial III**. Universidad de Salamanca España. Dpto de Geología. Valencia, España.
- Villón, M. 2002. **Hidrología**. Editorial Villón., Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo A. Fotografías del estudio topográfico realizado en el cauce del río Amojú que abarca los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera



Figura 20. Vista lateral del puente Pakamuros, donde se tomó como referencia para la elaboración del estudio de investigación, el inicio de longitud de cauce se ubicó a 120 m. aguas abajo.



Figura 21. Levantamiento topográfico con teodolito marca topcon.



Figura 22. Levantamiento altimétrico con nivel marca leica aguas abajo.



Figura 23. Levantamiento altimétrico con nivel marca leica aguas abajo.



Figura 24. Vista del río Amojú, 100 m. aguas abajo de inicio del área de estudio

Anexo B. Formato de encuestas, guía de observación y ficha técnica.

ENCUESTA N° 1 VULNERABILIDAD AMBIENTAL - ECOLOGICA

Explotación de los recursos naturales

- *Cree usted que los pobladores de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera realizan practicas negligentes e intensas de degradación en el cauce.
- *Cree usted que los pobladores de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera realizan practicas negligentes periódicas o estacionales de degradación del cauce.
- *Cree usted que los pobladores de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera realizan practicas de degradación del cauce y márgenes del río
- *Cree usted que los pobladores de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera realizan practicas de consumo/uso del cause y márgenes del río u otro

Indicador
SI

20
13
44
19

Fuentes emisoras de sustancias o materiales peligrosos

- *Cree usted que los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales tóxicos que afecten a mas del 50% de la población.
- *Cree usted que los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales tóxicos que afecten entre 20% y 50% de la población.
- *Cree usted que los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales tóxicos que afecten menos de 20%.
- *Cree usted que los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera presenta equipamientos o establecimientos que emiten sustancias o materiales tóxicos que no afecten a la población.

Indicador
SI

18
28
31
19

ENCUESTA N° 2 VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Actividad Económica

- *Usted cree que el sistema de producción de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera se basa en una actividad primaria extractiva, sin tecnificación, sin ningún criterio.
- *Usted cree que el sistema de producción de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, tiene muy poca posibilidad de insertarse a un mercado competitivo.
- *Usted cree que el sistema de producción de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera cuenta con algunos puntos que presentan competitividad.
- *Usted cree que el sistema de producción de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera se encuentra o presenta un proceso importante de inserción a la competitividad

Indicador
SI

18
36
22
20

Grado de escasez (Servicios, básicos)

- *Usted cree que los servicios básicos (agua, desagüe y luz) en los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, son no permanentes, no tienen un tratamiento de aguas servidas y agua potable
- *Usted cree que los servicios básicos (agua, desagüe y luz) en los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, son poco permanentes, tienen un tratamiento inadecuado de aguas servidas y agua potable.
- *Usted cree que los servicios básicos (agua, desagüe y luz) en los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, son permanentes, tienen un tratamiento esporádico de aguas servidas y agua potable
- *Usted cree que los servicios básicos (agua, desagüe y luz) en los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, son permanentes, tienen un adecuado tratamiento de aguas servidas, agua potable.

Indicador
SI

24
34
27
11

ENCUESTA N° 3 VULNERABILIDAD SOCIAL

Nivel de Organización

- *Cree usted que la organización política o social en los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, es nula o presenta altos niveles de corrupción en su clase dirijencial
- *Cree usted que la organización política o social en los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, es efímera o nunca funcionan.
- *Cree usted que la organización política o social en los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, no existen disputas internas entre estas organizaciones.
- *Cree usted que en los sectores de San Camilo, Las Flores y La Pradera, existe organización activa política o social de la población.

Indicador
SI

27
32
13
24

Grado y tipo de Relación e Integración entre las Instituciones y Organizaciones locales

- * Usted cree que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, no existe relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales
- * Usted cree que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, existe una débil relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales
- * Usted cree que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera existe una parcial relación e integración entre las Instituciones y Organizaciones locales
- *Usted cree que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera existe una fuerte relación e integración entre las Instituciones y organizaciones locales

Indicador
SI

31
26
21
18

ENCUESTA N° 4 VULNERABILIDAD CULTURAL IDEOLÓGICA

Conocimiento colectivo sobre ocurrencia pasada de peligros

- * Cree usted que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, existe desconocimiento de toda la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.
- * Cree usted que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, existe un escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres.
- * Cree usted que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, la mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres.
- * Cree usted que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres.

Indicador

SI
11
24
29
32

Percepción local del riesgo

- * Cree usted que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, la mayoría de la población tiene una percepción irreal, místico – religioso sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.
- * Cree usted que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, la minoría de la población tiene una percepción realista y más místico – religiosa sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.
- * Cree usted que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, la mayoría de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.
- * Cree usted que en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, la población total tiene una percepción real sobre la ocurrencia y consecuencia de desastres.

Indicador

18
25
30
23

Actitud frente al riesgo

- * Usted cree que la población de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, tienen una actitud fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población.
- * Usted cree que la población de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, tienen una actitud escasamente previsor de la mayoría de la población.
- * Usted cree que la población de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, tienen una actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo y afrontarlo para prevenirlo.
- * Usted cree que la población de los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera, tienen una actitud previsor de toda la población implementando diversas medidas para prevenir el riesgo.

Indicador

SI
15
21
33
27

GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 1 VULNERABILIDAD FÍSICA

1.1. Localización de Viviendas *	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Muy cercana 0.2 – 0 Km.	77	
Cercana 0.2 – 1 Km.	19	
Medianamente cerca 1 – 5 Km.		
Muy alejada > 5 Km.		

(*) Es necesario especificar la distancia, que existe entre la ribera y las viviendas.

1.2. Material de Construcción utilizada en viviendas	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario	5	
Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales	21	
Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva.	62	
Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)	8	

1.4. Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente	7	
Con normativa vigente sin cumplimiento	25	
Con normativa vigente medianamente cumplidas	48	
Con normativa vigente estrictamente cumplidas	16	

Ficha técnica 1. Características geológicas, calidad y tipo de suelo

Los sectores San camilo, Las Flores y La Pradera presentan las siguientes características geológicas y tipos de suelos.

Tabla 55. Características geológicas y geotécnicas de los Sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera

Serie	Holoceno
Unidades Lito estratigráficas	Depósitos aluviales
Sector	II
Clasificación SUCS	SP,SP-SC, SP-SM, SM,SC
Descripción de los Suelos	Predominan los suelos pobremente graduados, arenas, arcillas limosas.
Cohesión de Suelos	0.10 y 0.16kg/cm ²
Licuaación de suelos	Si

Fuente: INDECI Jaén 2005

Geología. La ciudad de Jaén está flanqueada por afloramientos rocosos de areniscas, lutitas y conglomerados de color pardo rojizos, perteneciendo probablemente a la formación Bellavista, aflorante en la margen derecha del valle Jaén, desde fila alta hasta la confluencia de la ciudad de Bellavista y el río Marañón, asignándole a estas formaciones rocosas al tercio superior de la Era Cenozoica (INDECI Jaén 2005).

Sector II

Corresponde a material donde predominan las arcillas y arenas, la expansibilidad por cambios de humedad es baja y se le clasifica como suelo de baja plasticidad.

(INDECI Jaén 2005), propone que el sector II, pertenezca a un suelo con una capacidad portante media, que varía entre 0.70 – 1.20 kg/cm².

Anexo C. Recolección de datos, realizando encuestas a las viviendas, y llenado de guía de observación en los sectores San Camilo, Las Flores y La Pradera.



Figura 25. Encuesta a pobladores de vivienda sector San Camilo.



Figura 26. Medición de distancias de viviendas cercanas a la ribera, datos de guía de observación, sector San Camilo.



Figura 27. Encuesta a pobladores de vivienda sector La Pradera.



Figura 28. Medición de distancias de viviendas cercanas a la ribera, datos de guía de observación, sector La Pradera.



Figura 29. Encuesta a pobladores de vivienda sector Las Flores.

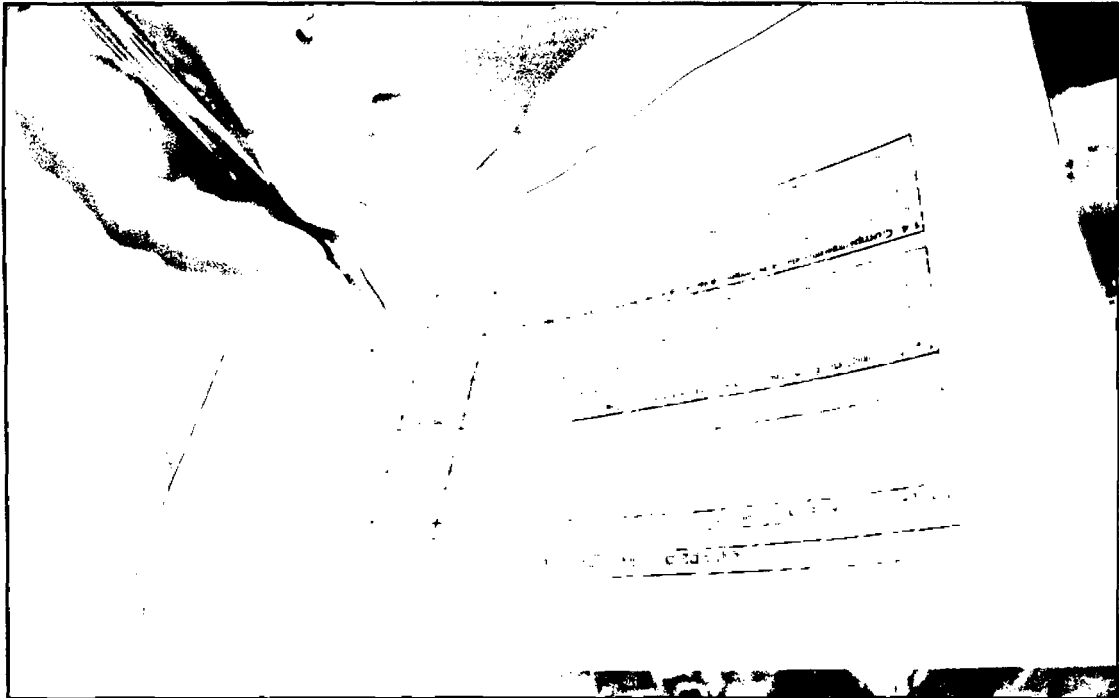


Figura 30. Llenado de la guía de observación, según las características de los sectores de estudio.

Anexo D. Procesamiento de datos hidrológicos.

Tabla 56. Datos pluviométricos de estación Jaén

SENAMHI
OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMATIVA

ESTACIÓN : JAÉN / CP - 252/DRE - 02

Lat. 05°40'36"

PARÁMETRO : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)

Long. 78°46'27"

UBICACIÓN: CAJAMARCA - JAÉN - JAÉN

Altitud 654 msnm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1984	15.20	20.40	18.00	16.00	12.50	17.30	4.50	6.20	12.90	19.50	20.30	16.30
1985	30.10	5.30	17.20	15.20	3.20	4.90	2.50	18.30	15.60	9.30	12.50	25.60
1986	5.10	18.50	45.20	53.20	12.60	41.20	3.60	5.80	23.10	15.40	11.00	15.20
1987	14.00	17.50	11.60	25.30	5.60	4.70	6.50	20.40	25.60	18.20	16.00	9.80
1988	18.10	16.30	15.60	14.80	20.10	19.50	17.60	25.40	8.60	13.60	15.90	12.20
1989	6.10	14.20	13.80	17.10	36.50	45.20	32.10	11.30	9.20	18.10	15.60	9.00
1990	41.30	25.30	18.60	27.90	41.30	48.20	35.80	30.90	26.50	24.80	9.80	15.10
1991	13.03	17.86	11.20	26.98	15.75	7.66	5.77	7.87	26.10	7.34	48.21	40.36
1992	3.75	20.49	15.03	35.91	18.48	4.36	3.55	6.09	28.67	36.61	53.50	19.59
1993	7.87	62.56	45.19	11.78	18.82	7.73	4.67	36.10	72.94	24.81	38.85	30.44
1994	14.70	58.46	35.44	57.94	13.87	12.24	6.56	4.75	48.20	7.54	17.39	14.06
1995	4.94	25.51	23.81	22.74	10.18	4.60	10.26	56.98	7.81	9.52	41.22	36.00
1996	7.90	25.70	18.00	11.20	16.50	14.70	0.50	6.70	13.70	19.80	18.40	38.00
1997	11.00	16.70	14.40	30.00	9.66	4.24	7.41	11.97	13.34	23.74	31.61	33.94
1998	26.59	76.25	41.16	37.27	31.44	18.50	3.10	21.82	23.25	29.68	35.65	15.39
1999	24.97	73.06	17.34	16.95	20.36	17.86	5.91	6.16	27.57	24.92	23.13	44.23
2000	7.10	70.45	49.15	39.80	67.99	18.06	8.18	75.14	40.81	3.61	10.89	18.02
2001	33.88	32.71	26.26	22.64	14.83	3.29	7.08	77.94	61.48	10.96	75.31	17.95
2002	7.26	31.63	38.37	18.24	27.04	4.05	12.70	1.26	8.14	25.28	34.01	29.71
2003	6.93	54.34	15.18	15.46	17.14	28.03	8.93	2.30	11.12	15.67	37.01	17.92
2004	7.50	6.80	19.70	30.60	38.10	18.00	2.40	7.20	17.00	19.40	18.20	12.00
2005	6.50	42.00	36.20	31.00	10.20	18.30	1.90	14.50	18.70	27.90	78.50	31.50
2006	18.50	38.70	23.00	9.40	13.50	26.50	1.30	8.50	5.60	11.70	15.50	16.00
2007	7.60	27.00	32.50	29.00	29.30	13.00	27.20	7.50	7.20	45.90	38.90	22.60
2008	17.00	37.20	63.70	10.20	15.80	26.90	17.40	3.40	9.93	24.57	77.48	9.96
2009	21.47	54.12	29.48	13.67	22.19	8.30	8.30	14.64	14.52	20.23	59.48	23.59
SUMA	378.40	889.04	695.10	640.28	542.96	437.32	245.71	489.11	577.59	508.07	854.34	574.46
PROM.	14.55	34.19	26.73	24.63	20.88	16.82	9.45	18.81	22.21	19.54	32.86	22.09
MAX	41.30	76.25	63.70	57.94	67.99	48.20	35.80	77.94	72.94	45.90	78.50	44.23

Fuente: Proyecto Especial Jaén – San Ignacio – Bagua – SENAMHI.

La estación Jaén, presentó algunos datos incompletos, los cuales se completó con dos estaciones pluviométricas cercanas, como se muestra en las Tablas 57. , 58.

Tabla 57. Datos pluviométricos de estación Chontalí

**SENAMHI
OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMATIVA**

ESTACIÓN : CHONTALÍ/000250/DRE - 02 Lat. 05°38' "S"
 PARÁMETRO : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm) Long. 79°5' "W"
 UBICACION: CAJAMARCA - JAÉN - CHONTALÍ Altitud 1627 mm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1989	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1990	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1991	64.2	24.4	18	16.4	22.8	6	10.8	10.6	11.8	2.8	16.9	32.2
1992	13	22.2	31	74.8	14	6.7	6.5	8.2	12	36.4	30.2	20.4
1993	16.8	22.6	28.4	22.4	14.6	16.4	8.4	4.2	8.8	36.8	20.2	38.2
1994	48.4	17.4	32.2	26.8	19	26.6	12	6.4	22.7	19	13	24.2
1995	28.8	8.8	22.6	12.8	16.2	10.2	16	10.1	8	8.8	46.8	44.2
1996	38.4	27	38.8	28.6	26.2	5.3	6.2	10	22.4	40.8	32	9.6
1997	47	20.2	12.3	50.4	15.8	9.4	10.4	6.6	20	22.8	29.8	35
1998	24.5	32.8	25.6	51.3	35.1	22.4	5.8	4	11	36.2	34.7	19.8
1999	23.8	43	24.4	25.5	21	29	9.3	8.3	16.2	51.6	27.2	42.3
2000	11.6	34.3	92.5	30.6	31.2	24.6	12.8	6	27	8.5	6.7	24.2
2001	70.5	13.3	21.7	31.9	13.3	4.7	11	6.6	30	13.4	43.3	20.5
2002	27.2	18.2	17.4	24.7	21.5	6	20.3	1.7	15.3	28.8	29	19.9
2003	30.9	24.6	22.6	32	23.9	30.5	10.8	3.1	9.2	48	28.7	22.2
2004	46.6	7.8	33.1	62.2	17.8	12.3	7.8	5.6	15.5	50.3	20.3	24.8
2005	34.4	47.3	41.9	66.3	25.8	15	4.3	5.8	29.1	23.8	32.6	33.3
2006	25.8	24.6	44.2	42	15.7	34.1	5.3	3.2	3.5	28	45.6	21.9
2007	17.2	10.7	34.8	28.7	20.7	22.7	13.3	10.8	4.6	37.9	51.6	20.8
2008	20.8	66.2	25.1	31.4	11.4	12.2	11.9	6.9	15	36.9	69.5	11.5
2009	49.5	20.2	48.2	42	27.4	17.3	15.2	10.2	12.4	22.3	20.2	25.8
SUMA	124	90.4	154	189.2	80	84.1	30.7	25.4	52.7	140	150.1	100.8
PROM.	31.00	22.60	38.50	47.30	20.00	21.03	7.68	6.35	13.18	35.00	37.53	25.20

Tabla 58. Datos pluviométricos de estación Pomahuaca

**SENAMHI
OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMATIVA**

ESTACIÓN : EL LIMÓN / 000241 / DRE - 02 Lat. 05°55' "S"
 PARÁMETRO : PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm) Long. 79°19' "W"
 UBICACIÓN: CAJAMARCA - JAÉN - POMAHUACA Altitud 1080 mm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1989	29.2	12.2	11.1	29.1	19.6	4	0	0	22	20.9	0	12.5
1990	22.1	8.6	7.8	19.1	5.8	0.3	0.7	0	0	50.7	23.7	5.6
1991	3.7	1.5	8.1	31.7	2.9	5.9	0	0	7.5	8.9	5.6	22.7
1992	2.3	4	6.6	22.6	11	1.6	0.2	0	8.4	32.5	21.9	9.4
1993	7.2	30	60.3	8.2	11	0.4	0.5	1.4	25	15.6	16.4	12.4
1994	9.6	29.5	41.1	71.2	3.2	0.3	0.4	0	13.7	0.6	6.2	3.5
1995	0.4	12.4	21	27.1	1	0	4.7	2.1	1.5	8.8	10.1	15
1996	2	37.4	21.3	40.3	8.6	0	0	0.4	10.4	45.4	2.8	1.4
1997	4.6	21.6	10.1	5.1	0.7	0	5.1	0.3	1.5	21.5	9.5	16.4
1998	31.6	34.5	55.1	33.2	12	10	0	0.8	6.6	22.8	10.4	6.1
1999	29.5	28.5	14.7	14.3	8.8	5.7	2.6	0	7.3	7.9	5.4	22.5
2000	7.3	30.3	27.1	44.4	52.6	8.3	3.7	3	10.3	0.6	4.3	6.8
2001	31.4	15.1	31.8	19.9	7.6	1.4	3.3	3.1	17.3	8.4	30.6	8
2002	4	12.5	55.4	16.4	15.5	1.6	5.1	0	0.4	20.5	11.1	18
2003	2.7	24.1	12.1	9.8	3.7	17	8.7	0	2.5	6.9	12.9	7.4
2004	12	5.9	2.7	9.6	18.4	5.5	2	0	6.2	9.9	5.6	15.2
2005	1.8	13.1	43	13.6	3.3	0.6	0	0.4	2	29.6	2.8	13
2006	3.5	13.8	21.3	18.8	21.4	36.3	41.7	0	0.3	1.5	12.3	2
2007	10.7	2.8	29.2	28	4.6	2.7	1.4	0.4	0.3	33.2	22.5	4
2008	14.1	63.8	15.1	16	8.9	5.3	3.9	4.9	1.1	15.2	24.3	4.4
2009	18.8	25.7	20.8	3.6	6.9	0.6	0.5	0.3	3.2	16.8	28.2	10.9
SUMA	28	35.6	96.2	70	47.7	45.1	45.1	0.8	8.8	74.2	43.2	34.2
PROM.	7.00	8.90	24.05	17.50	11.93	11.28	11.28	0.20	2.20	18.55	10.80	8.55

Fuente: Proyecto Especial Jaén – San Ignacio – Bagua – SENAMHI.

S/D = Sin Dato

Tabla 59. Distribución Normal de las precipitaciones máximas en 24 horas

AÑO	PRECIPITACIÓN	P. ORDENADOS	F(x)	f(x)
1984	20.40	78.50	0.930	0.007
1985	30.10	77.94	0.926	0.008
1986	53.20	77.48	0.923	0.008
1987	25.60	76.25	0.912	0.009
1988	25.40	75.14	0.902	0.010
1989	45.20	73.06	0.881	0.011
1990	48.20	72.94	0.879	0.011
1991	48.21	59.48	0.667	0.020
1992	53.50	58.46	0.646	0.020
1993	72.94	56.98	0.615	0.021
1994	58.46	54.34	0.559	0.022
1995	56.98	53.50	0.540	0.022
1996	38.00	53.20	0.534	0.022
1997	33.94	48.21	0.424	0.022
1998	76.25	48.20	0.424	0.022
1999	73.06	45.90	0.375	0.021
2000	75.14	45.20	0.361	0.021
2001	77.94	38.70	0.237	0.017
2002	38.37	38.37	0.232	0.017
2003	54.34	38.10	0.227	0.017
2004	38.10	38.00	0.226	0.017
2005	78.50	33.94	0.164	0.014
2006	38.70	30.10	0.117	0.011
2007	45.90	25.60	0.075	0.008
2008	77.48	25.40	0.074	0.008
2009	59.48	20.40	0.042	0.005

Media **51.67**
Des.Est **18.15**

Tabla 60. Distribución Log Normal 2 parámetros de las precipitaciones máximas en 24 horas

AÑO	Preci.	Pre.ORDENADOS	y = ln (x)	F(x)	f(x)
1984	20.40	78.50	4.363	0.896	0.469
1985	30.10	77.94	4.356	0.893	0.480
1986	53.20	77.48	4.350	0.890	0.489
1987	25.60	76.25	4.334	0.882	0.515
1988	25.40	75.14	4.319	0.874	0.538
1989	45.20	73.06	4.291	0.858	0.583
1990	48.20	72.94	4.290	0.857	0.586
1991	48.21	59.48	4.086	0.705	0.897
1992	53.50	58.46	4.068	0.689	0.918
1993	72.94	56.98	4.043	0.665	0.946
1994	58.46	54.34	3.995	0.619	0.990
1995	56.98	53.50	3.980	0.604	1.001
1996	38.00	53.20	3.974	0.598	1.005
1997	33.94	48.21	3.876	0.497	1.036
1998	76.25	48.20	3.875	0.497	1.036
1999	73.06	45.90	3.826	0.446	1.027
2000	75.14	45.20	3.811	0.431	1.021
2001	77.94	38.70	3.656	0.281	0.877
2002	38.37	38.37	3.647	0.274	0.865
2003	54.34	38.10	3.640	0.268	0.856
2004	38.10	38.00	3.638	0.266	0.852
2005	78.50	33.94	3.525	0.179	0.679
2006	38.70	30.10	3.405	0.109	0.486
2007	45.90	25.60	3.243	0.049	0.265
2008	77.48	25.40	3.235	0.047	0.256
2009	59.48	20.40	3.016	0.012	0.084

Media = 51.67
Desv.stand = 18.15

Tabla 61. Distribución Log Normal 3 parámetros de las precipitaciones máximas en 24 horas

AÑO	Precip.	Pre. ORDENADOS	$y = \ln(x-a)$	F(x)	f(x)
1984	20.40	78.50	5.342	0.923	1.451
1985	30.10	77.94	5.340	0.919	1.507
1986	53.20	77.48	5.337	0.915	1.554
1987	25.60	76.25	5.332	0.906	1.683
1988	25.40	75.14	5.326	0.896	1.804
1989	45.20	73.06	5.316	0.877	2.040
1990	48.20	72.94	5.315	0.875	2.054
1991	48.21	59.48	5.247	0.680	3.577
1992	53.50	58.46	5.242	0.661	3.663
1993	72.94	56.98	5.234	0.631	3.773
1994	58.46	54.34	5.219	0.577	3.917
1995	56.98	53.50	5.215	0.559	3.947
1996	38.00	53.20	5.213	0.552	3.956
1997	33.94	48.21	5.186	0.443	3.950
1998	76.25	48.20	5.186	0.443	3.950
1999	73.06	45.90	5.173	0.392	3.844
2000	75.14	45.20	5.169	0.377	3.799
2001	77.94	38.70	5.131	0.245	3.144
2002	38.37	38.37	5.129	0.239	3.101
2003	54.34	38.10	5.128	0.234	3.065
2004	38.10	38.00	5.127	0.232	3.052
2005	78.50	33.94	5.103	0.164	2.478
2006	38.70	30.10	5.079	0.113	1.913
2007	45.90	25.60	5.050	0.067	1.301
2008	77.48	25.40	5.049	0.066	1.277
2009	59.48	20.40	5.017	0.033	0.740

Tabla 62. Parámetros para la distribución Log Gumbel

Media reducida Yn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5230	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									

Desviación típica reducida Sn

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.2260	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.3880
40	1.1413	1.1430	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Tabla 63. Prueba de bondad de ajuste (KONMOGOROV - SMIRNOV) de las distribuciones

DATOS	Probabilidad de excedencia F(x)					Diferencia Delta D			
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Normal	LN2	LN3	Gumbel
1	0.0370	0.0696	0.1040	0.0774	0.1097	0.0326	0.0670	0.0404	0.0726
2	0.0741	0.0738	0.1074	0.0814	0.1132	0.0002	0.0333	0.0073	0.0391
3	0.1111	0.0775	0.1103	0.0848	0.1162	0.0337	0.0008	0.0263	0.0051
4	0.1481	0.0878	0.1183	0.0944	0.1246	0.0604	0.0298	0.0538	0.0235
5	0.1852	0.0979	0.1260	0.1038	0.1326	0.0873	0.0592	0.0814	0.0525
6	0.2222	0.1192	0.1418	0.1233	0.1490	0.1030	0.0805	0.0989	0.0732
7	0.2593	0.1206	0.1427	0.1245	0.1500	0.1387	0.1165	0.1347	0.1092
8	0.2963	0.3334	0.2952	0.3199	0.3068	0.0371	0.0011	0.0236	0.0105
9	0.3333	0.3541	0.3109	0.3394	0.3228	0.0208	0.0224	0.0061	0.0106
10	0.3704	0.3849	0.3348	0.3687	0.3470	0.0145	0.0356	0.0017	0.0233
11	0.4074	0.4415	0.3808	0.4233	0.3934	0.0341	0.0266	0.0159	0.0140
12	0.4444	0.4598	0.3963	0.4412	0.4090	0.0154	0.0481	0.0033	0.0355
13	0.4815	0.4664	0.4019	0.4476	0.4146	0.0151	0.0795	0.0339	0.0668
14	0.5185	0.5756	0.5030	0.5572	0.5152	0.0571	0.0155	0.0387	0.0034
15	0.5556	0.5758	0.5032	0.5574	0.5154	0.0202	0.0523	0.0019	0.0402
16	0.5926	0.6247	0.5537	0.6080	0.5650	0.0321	0.0388	0.0154	0.0276
17	0.6296	0.6393	0.5695	0.6232	0.5803	0.0096	0.0601	0.0065	0.0493
18	0.6667	0.7626	0.7185	0.7552	0.7236	0.0959	0.0518	0.0885	0.0569
19	0.7037	0.7682	0.7260	0.7613	0.7306	0.0645	0.0223	0.0576	0.0269
20	0.7407	0.7727	0.7320	0.7662	0.7364	0.0320	0.0087	0.0255	0.0044
21	0.7778	0.7744	0.7343	0.7680	0.7385	0.0034	0.0435	0.0098	0.0393
22	0.8148	0.8357	0.8211	0.8356	0.8199	0.0209	0.0062	0.0207	0.0051
23	0.8519	0.8827	0.8909	0.8874	0.8849	0.0309	0.0391	0.0355	0.0330
24	0.8889	0.9246	0.9507	0.9328	0.9414	0.0357	0.0618	0.0439	0.0525
25	0.9259	0.9261	0.9528	0.9345	0.9434	0.0002	0.0269	0.0085	0.0175
26	0.9630	0.9576	0.9875	0.9668	0.9794	0.0054	0.0246	0.0039	0.0165

0.1387	0.1165	0.1347	0.1092
Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
0.2667			

Como todas las estaciones son menores a 0.2667 se obtara por tomar la menor de todas ellas, entonces se opto por tomar 0.1092 que es la distribucion de **LOG GUMBEL**

Tabla 64. Cálculo de la regresión múltiple

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.92889885
Coefficiente de determinación R ²	0.86285308
R ² ajustado	0.85675766
Error típico	0.08352669
Observaciones	48

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	1.9752126	0.987606297	141.55764	3.861E-20
Residuos	45	0.3139519	0.006976708		
Total	47	2.2891644			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	1.98876746	0.0521881	38.10765306	6.8044E-36	1.8836552	2.0938798	1.8836552	2.0938798
Variable X 1	0.19581816	0.019324	10.13343416	3.4276E-13	0.1568977	0.2347386	0.1568977	0.2347386
Variable X 2	-0.47278574	0.0351975	-13.4323785	2.3636E-17	-0.543677	-0.401894	-0.543677	-0.401894

Tabla 65. Tormenta de diseño para tiempos de retorno de 100, 50, 30 años

Para Tr = 100 años																								
Tiempo (min)	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200	1260	1320	1380	1440
Intensidad (mm/hr)	34.65	24.97	20.61	17.99	16.19	14.85	13.81	12.96	12.26	11.67	11.15	10.70	10.31	9.95	9.63	9.34	9.08	8.84	8.61	8.41	8.21	8.04	7.87	7.71
Preci. acumulada (mm)	34.65	49.94	61.84	71.97	80.95	89.12	96.67	103.72	110.36	116.67	122.68	128.44	133.97	139.31	144.47	149.47	154.33	159.05	163.65	168.13	172.51	176.80	180.99	185.10
Prof. Incremental	34.65	15.29	11.90	10.13	8.98	8.17	7.55	7.05	6.64	6.30	6.01	5.76	5.54	5.34	5.16	5.00	4.85	4.72	4.60	4.49	4.38	4.28	4.19	4.11

Para Tr = 50 años																								
Tiempo (min)	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200	1260	1320	1380	1440
Intensidad (mm/hr)	30.25	21.80	18.00	15.71	14.14	12.97	12.06	11.32	10.71	10.19	9.74	9.34	9.00	8.69	8.41	8.16	7.93	7.71	7.52	7.34	7.17	7.02	6.87	6.73
Preci. acumulada (mm)	30.25	43.60	53.99	62.83	70.68	77.81	84.40	90.55	96.36	101.86	107.11	112.14	116.97	121.63	126.14	130.50	134.74	138.86	142.88	146.79	150.62	154.36	158.02	161.60
Prof. Incremental	30.25	13.35	10.39	8.84	7.84	7.13	6.59	6.16	5.80	5.50	5.25	5.03	4.83	4.66	4.51	4.37	4.24	4.12	4.02	3.92	3.82	3.74	3.66	3.59

Para Tr = 30 años																								
Tiempo (min)	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1020	1080	1140	1200	1260	1320	1380	1440
Intensidad (mm/hr)	27.37	19.73	16.28	14.21	12.79	11.73	10.91	10.24	9.69	9.22	8.81	8.46	8.14	7.86	7.61	7.38	7.17	6.98	6.80	6.64	6.49	6.35	6.22	6.09
Preci. acumulada (mm)	27.37	39.45	48.85	56.85	63.95	70.40	76.36	81.93	87.18	92.16	96.91	101.46	105.84	110.05	114.13	118.08	121.91	125.64	129.28	132.82	136.28	139.67	142.98	146.22
Prof. Incremental	27.37	12.08	9.40	8.00	7.10	6.45	5.96	5.57	5.25	4.98	4.75	4.55	4.37	4.22	4.08	3.95	3.84	3.73	3.63	3.54	3.46	3.38	3.31	3.24

Tabla 66. Precipitaciones efectivas para tiempos de retorno de 100, 50, 30 años

Para Tr = 100 años																								
Tiempo (hr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lluvia acumulada mm	34.65	49.94	61.84	71.97	80.95	89.12	96.67	103.72	110.36	116.67	122.68	128.44	133.97	139.31	144.47	149.47	154.33	159.05	163.65	168.13	172.51	176.80	180.99	185.10
Pre. Efec. Acumulada	1.77	6.68	12.04	17.40	22.65	27.76	32.74	37.58	42.29	46.87	51.35	55.72	59.99	64.16	68.25	72.26	76.19	80.05	83.85	87.57	91.24	94.85	98.40	101.90
Pre. Efec. Parcial	0.18	0.49	0.54	0.54	0.53	0.51	0.50	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.35

Para Tr = 50 años																								
Tiempo (hr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lluvia acumulada mm	30.25	43.60	53.99	62.83	70.68	77.81	84.40	90.55	96.36	101.86	107.11	112.14	116.97	121.63	126.14	130.50	134.74	138.86	142.88	146.79	150.62	154.36	158.02	161.60
Pre. Efec. Acumulada	0.88	4.33	8.37	12.53	16.68	20.76	24.77	28.69	32.53	36.29	39.96	43.57	47.10	50.56	53.96	57.30	60.58	63.81	66.98	70.11	73.19	76.22	79.21	82.16
Pre. Efec. Parcial	0.09	0.35	0.40	0.42	0.41	0.41	0.40	0.39	0.38	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30	0.29

Para Tr = 30 años																								
Tiempo (hr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lluvia acumulada mm	27.37	39.45	48.85	56.85	63.95	70.40	76.36	81.93	87.18	92.16	96.91	101.46	105.84	110.05	114.13	118.08	121.91	125.64	129.28	132.82	136.28	139.67	142.98	146.22
Pre. Efec. Acumulada	0.46	3.03	6.25	9.65	13.10	16.53	19.91	23.25	26.52	29.74	32.90	36.01	39.06	42.06	45.01	47.92	50.77	53.59	56.36	59.09	61.78	64.44	67.06	69.65
Pre. Efec. Parcial	0.05	0.26	0.32	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26

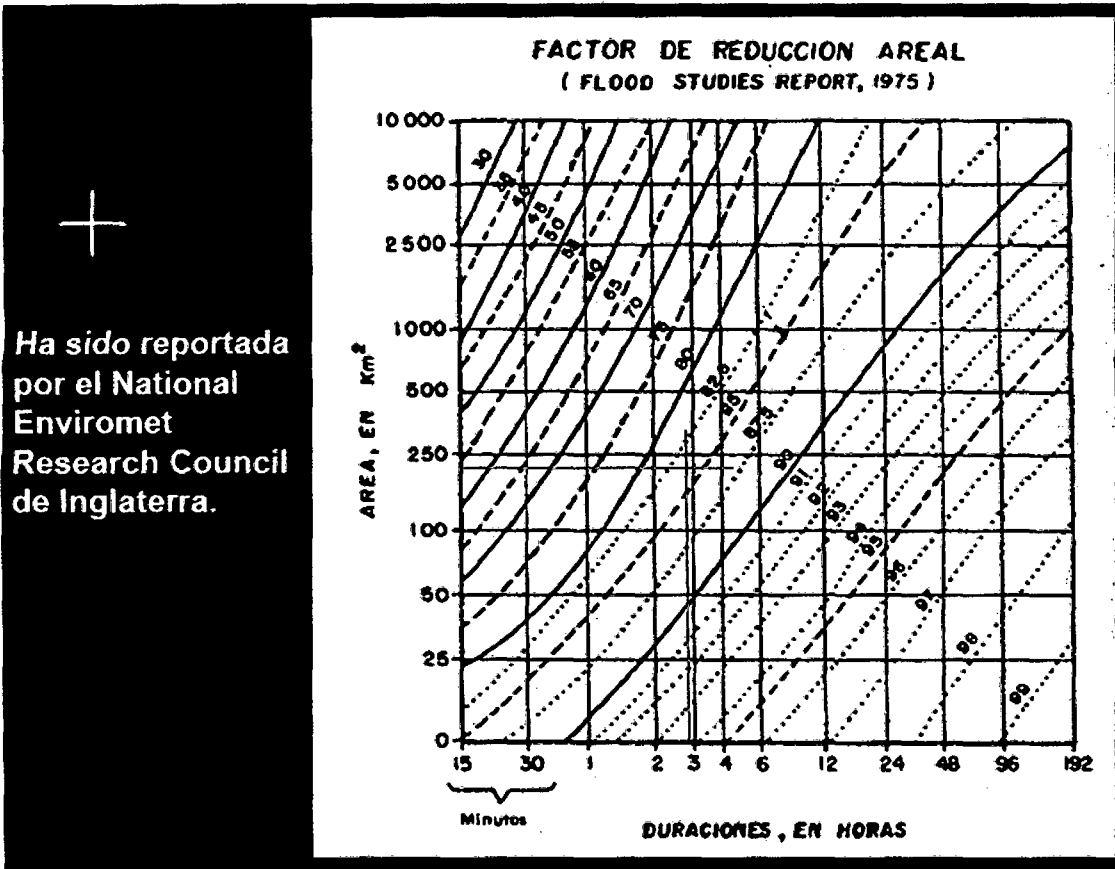


Figura 31. Nomograma de factor de reducción de área, en función del área de la cuenca y de su duración de.

$A = 156872035.9 \text{ m}^2$

F.red. Area = 0.825

Área reduci = 129419429.60 m^2 = Área reducida, aplicando el nomograma de la figura 30.

Tabla 67. Tipos de suelo en la cuenca del río Amojú, de acuerdo a la lamina 02

Item	Cod. suelo	Desc. suelo	Origen	Desc. pendi	Profundad. Efectiva	Drenaje	Textura	Permeab.	Fertilidad
1	T	Andosol	Montañas intrusivas formadas sobre un cuerpo plutonico que presenta dioritas y tonalitas	Superficie empinada	Superficial	Algo excesivo	Media	Moderada	Media
2	B-L	Cambisol-Leptosol	Montañas intrusivas formadas sobre plagioclasas, cuarzo, ortoclasa y biotita en placas distribuidas irregularmente	Superficie empinada	Superficial	Algo excesivo	Media	Moderada	Media
3	B-R	Cambisol-Regosol	Montañas sedimentarias formadas sobre una caliza arcillosa, grisácea	Superficie empinada	Superficial	Algo excesivo	Media	Moderada	Media
4	T-X	Andosol-Xerosol	Colinas extrusivas formadas sobre una secuencia gruesa de derrames y piroclasticos andesiticos	Superficie empinada	Superficial	Algo excesivo	Media	Moderada	Media
5	J	Fluvisol	Fluvial	Inundable	Muy profundo	Imperfecto	Media	Moderada	Media

Fuente: Municipalidad Provincial de Jaén.

Anexo E. Modelación del río utilizando el software HEC – RAS 4.1.

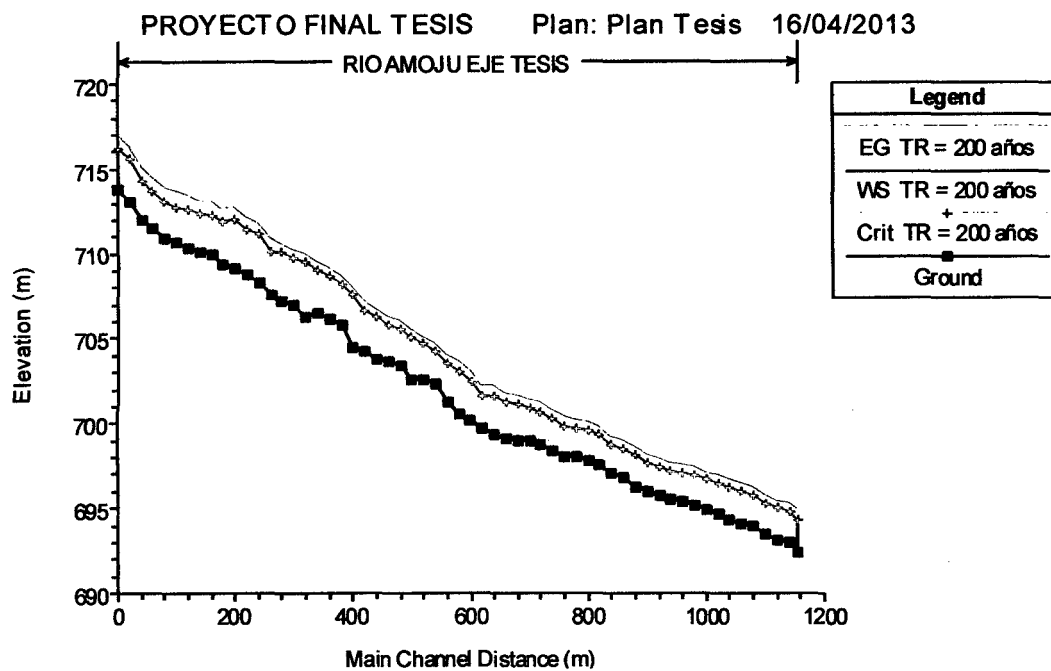


Figura 32. Modelación hidráulica del perfil del río Amojú, para un $Tr = 200$ años.

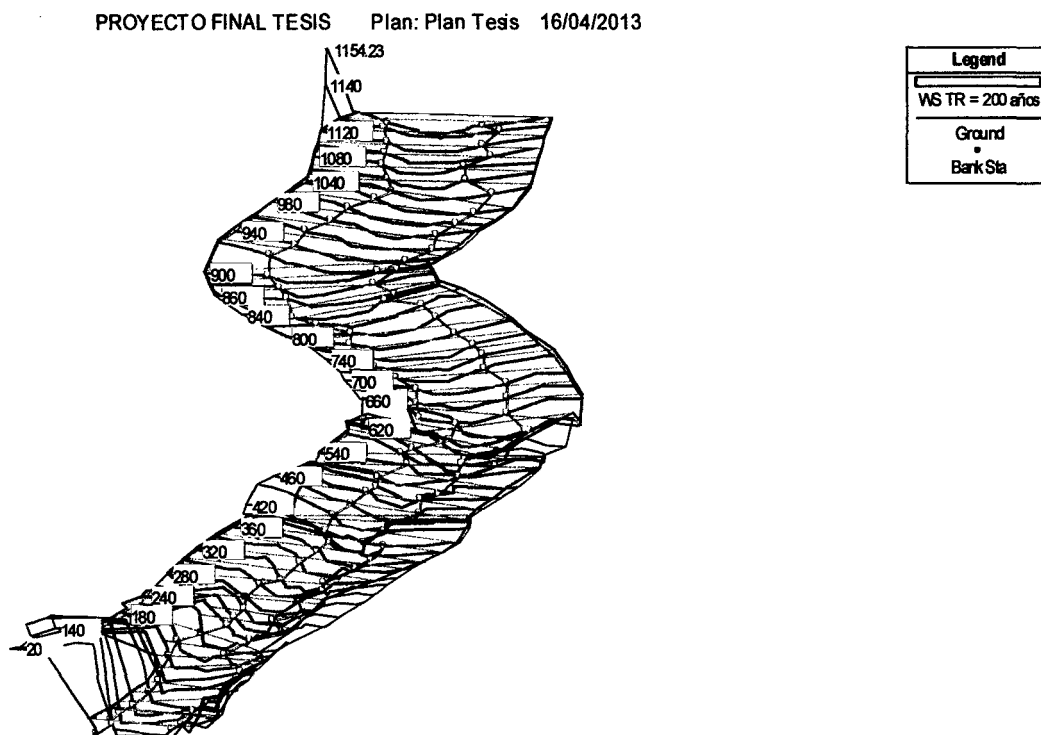


Figura 33. Vista 3d del río Amojú, en todo su tramo de estudio, para un $Tr = 200$ años.

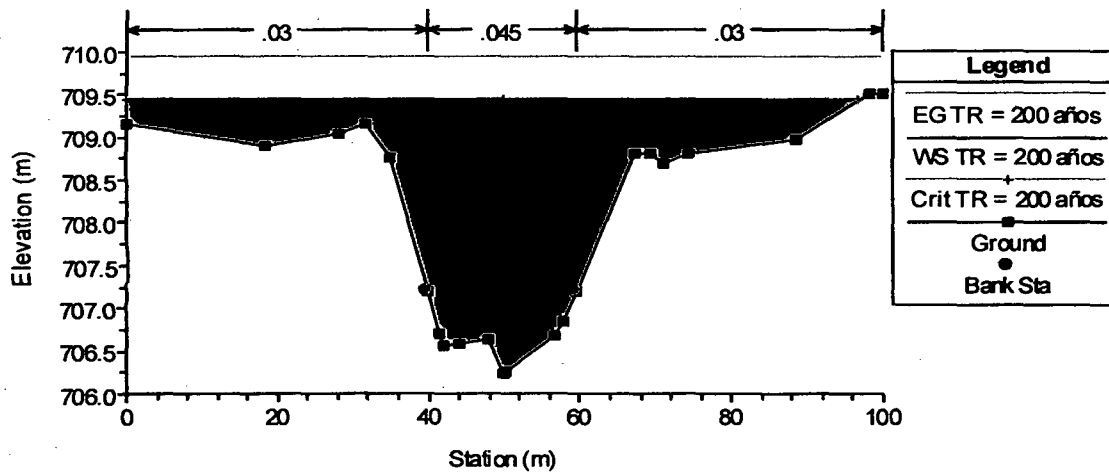


Figura 34. Sección más Crítica del cauce para un Tr = 200 años.

Cross Section Output					
File Type Options Help					
River:	RIO AMOJU	Profile:	TR = 200 años		
Reach:	EJE TESIS	RS:	320	Plan:	PLAN
Plan: PLAN RIO AMOJU EJE TESIS RS: 320 Profile: TR = 200 años					
E.G. Elev (m)	709.92	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.48	Wt. n-Val.	0.030	0.045	0.030
W.S. Elev (m)	709.44	Reach Len. (m)	20.26	20.00	20.89
Crit W.S. (m)	709.44	Flow Area (m2)	22.49	56.44	25.57
E.G. Slope (m/m)	0.006172	Area (m2)	22.49	56.44	25.57
Q Total (m3/s)	288.00	Flow (m3/s)	39.97	196.15	51.88
Top Width (m)	96.89	Top Width (m)	39.70	19.90	37.29
Vel Total (m/s)	2.76	Avg. Vel. (m/s)	1.78	3.48	2.03
Max Chl Dpth (m)	3.20	Hydr. Depth (m)	0.57	2.84	0.69
Conv. Total (m3/s)	3665.7	Conv. (m3/s)	508.7	2496.7	660.4
Length Wtd. (m)	20.17	Wetted Per. (m)	40.25	20.09	37.48
Min Ch El (m)	706.24	Shear (N/m2)	33.83	170.01	41.29
Alpha	1.24	Stream Power (N/m s)	4787.79	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.14	Cum Volume (1000 m3)	2.48	19.73	3.74
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	4.71	9.25	5.27
Errors, Warnings and Notes					
Warning:	The energy equation could not be balanced within the specified number of iterations. The program used critical depth for the water surface and continued on with the calculations.				
Warning:	The cross-section end points had to be extended vertically for the computed water surface.				
Warning:	The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m) between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.				

Figura 35. Propiedades de la sección más crítica para un Tr = 200 años.

Anexo F. Planos.

Lamina 01. Plano topográfico de la cuenca del río Amojú, en curvas cada 50 m.

Lamina 02. Plano de la clasificación de suelos de la cuenca del río Amojú.

Lamina 03. Plano topográfico de planta cada 0.5 m. y perfil del río Amojú, correspondiente a la zona de investigación.

Lamina 04. Plano de secciones transversales del río Amojú, correspondiente a la zona de estudio.

Lamina 05. Plano de llanura de inundación de la zona de estudio, correspondiente a los tiempos de retorno igual a 200 años, 100 años, 50 años, 30 años.

Lamina 06. Plano de ubicación, describe el recorrido que se debe realizar para llegar al punto de inicio de la investigación. Donde el punto inicial es la plaza central de Jaén y el punto final la zona de estudio.