

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COLAPSO DEL  
SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES  
MURO, JAÉN 2019”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autor (es) : Bach. Victor Valerio Capa Paredes  
Bach. José Alejandro Mego Alarcón.**

**Asesor (es) : Ing. Juan Alberto Olano Guzmán.**

**JAÉN – PERÚ, OCTUBRE, 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COLAPSO DEL  
SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES  
MURO, JAÉN 2019”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autor (es) : Bach. Victor Valerio Capa Paredes  
Bach. José Alejandro Mego Alarcón.**

**Asesor (es) : Ing. Juan Alberto Olano Guzmán.**

**JAÉN – PERÚ, OCTUBRE, 2019**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 15 de Nov del año 19, siendo las 13:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. MARCO ANTONIO AGUIRRE CAMACHO

Secretario: ING. JOSE ANTONIO CORONEL DELGADO

Vocal: ING. CESAR JESUS DIAZ CORONEL, para evaluar la Sustentación de:

- ( ) Trabajo de Investigación
- (  ) Tesis
- ( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

Factores que intervienen en el colapso del sistema de drenaje de la Av. Mesones Muro, Jaén 2019.

presentado por Estudiante /Egresado o Bachiller VICTOR VALERIO CAPA PAREDES Y JOSE ALEJANDRO MEGO ALARCON de la Carrera Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la Universidad Nacional de Jaén.


Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

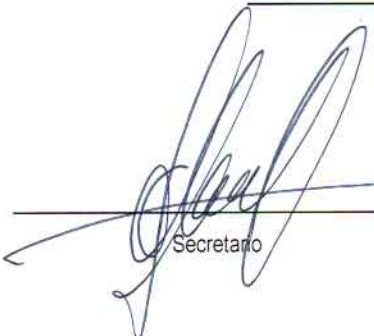
- (  ) Aprobar
- ( ) Desaprobar
- ( ) Unanimidad
- (  ) Mayoría

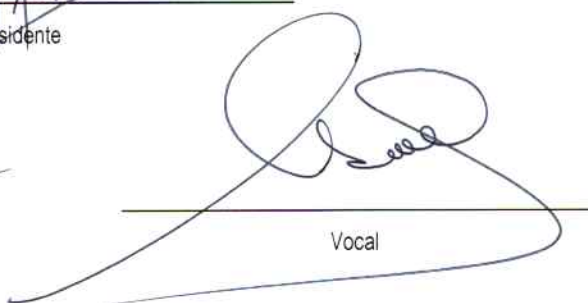
Con la siguiente mención:

- |                |            |               |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )           |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )           |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( <u>14</u> ) |
| d) Regular     | 13         | ( )           |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )           |

Siendo las 14:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Planteamiento del Problema</b> .....	2
<b>1.2. Justificación de la Investigación</b> .....	3
<b>1.3. Formulación de la Hipótesis</b> .....	3
<b>1.4. Antecedentes de la Investigación</b> .....	4
<b>1.4.1. A Nivel Internacional</b> .....	4
<b>1.4.2. A Nivel Nacional</b> .....	6
<b>1.4.3. A Nivel Local</b> .....	7
<b>1.5. Bases Teóricas</b> .....	7
<b>1.5.1. Intensidad y duración de lluvias</b> .....	8
<b>1.5.2. Área de Drenaje</b> .....	10
<b>1.5.3. Determinación de la tormenta de diseño</b> .....	11
<b>1.5.4. Tiempo de concentración</b> .....	11
<b>1.5.5. Periodo de retorno</b> .....	12
<b>1.5.6. Coeficiente de escorrentía “C”</b> .....	13
<b>1.5.7. SWMM (Storm Water Management Model)</b> .....	14
<b>1.6. Términos Básicos</b> .....	23
<b>1.6.1. Drenaje superficial:</b> .....	23
<b>1.6.2. Drenaje urbano mayor:</b> .....	23
<b>1.6.3. Drenaje urbano menor:</b> .....	24
<b>1.6.4. Hidráulica:</b> .....	24
<b>1.6.5. Hidrología:</b> .....	24
<b>1.6.6. Intensidad:</b> .....	24
<b>1.6.7. Precipitación:</b> .....	25
<b>1.6.8. Cuenca hidrológica:</b> .....	25
<b>1.6.9. Escorrentía:</b> .....	26
<b>1.6.10. Sedimentación:</b> .....	26
<b>II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	27
<b>2.1. Objetivo General</b> .....	27
<b>2.2. Objetivos Específicos</b> .....	27
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	28
<b>3.1. Ubicación Del Área de Estudio</b> .....	28
<b>3.2. Fuentes de información</b> .....	29



3.2.1.	Primarias.....	29
3.2.2.	Secundarias.....	29
3.3.	Tipo de investigación.....	29
3.3.1.	Según su enfoque.....	29
3.3.2.	Según su alcance.....	29
3.3.3.	Según su diseño.....	29
3.3.4.	Línea de investigación.....	29
3.3.5.	Variables.....	30
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.4.1.	Técnicas.....	30
3.4.2.	Instrumentos.....	30
3.4.3.	Recolección de los datos.....	31
3.4.4.	Procesamiento de la información.....	31
3.5.	Procedimiento de la investigación.....	31
3.5.1.	Esquema de la investigación.....	31
3.5.2.	Trabajo de campo.....	33
IV.	RESULTADOS.....	50
4.1.	Factores que intervienen en el colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro. 51	
4.1.1.	Precipitaciones máximas.....	51
4.1.2.	Crecimiento poblacional.....	51
4.1.3.	Crecimiento urbano desordenado.....	52
4.1.4.	Impermeabilización de los suelos.....	52
4.1.5.	Sedimentos (contaminación de la escorrentía).....	52
4.1.6.	Diseño convencional de los sistemas de drenajes existentes.....	52
4.1.7.	Topografía accidentada de las cuencas de cabecera.....	79
V.	DISCUSIÓN.....	80
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
6.1.	Conclusiones.....	83
6.2.	Recomendaciones.....	86
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	AGRADECIMIENTO.....	89
	DEDICATORIA.....	90
	ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA N° 1:</b> COEFICIENTES DE DURACIÓN LLUVIAS ENTRE UNA HORA Y 48 HORAS. ....	10
<b>TABLA N° 2:</b> FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	12
<b>TABLA N° 3:</b> COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA MÉTODO RACIONAL.....	13
<b>TABLA N° 4:</b> PARÁMETROS HIDROLÓGICOS DEL SWMM.....	16
<b>TABLA N° 5:</b> TIPOS DE DIVISORES. ....	17
<b>TABLA N° 6:</b> DIFERENTES SECCIONES TRANSVERSALES DE CONDUCTOS DISPONIBLES. ....	19
<b>TABLA N° 7:</b> VALORES TÍPICO DE ALMACENAMIENTO EN DEPRESIÓN. ....	21
<b>TABLA N° 8:</b> COEFICIENTE N DE MANNING PARA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL. ....	22
<b>TABLA N° 9:</b> VALORES DEL COEFICIENTE N DE MANNING PARA FLUJO EN CANALES ABIERTOS.....	22
<b>TABLA N° 10:</b> VALORES DE CURVAS NÚMERO PARA ÁREAS URBANAS .....	23
<b>TABLA N° 11:</b> COORDENADAS DE UBICACIÓN UTM DEL TRAMO CRÍTICO....	33
<b>TABLA N° 12:</b> PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS. ESTACIÓN JAÉN. ....	37
<b>TABLA N° 13:</b> ANÁLISIS PROBABILÍSTICO.....	38
<b>TABLA N° 14:</b> TORMENTA DE DISEÑO EN 24 HORAS. ....	39
<b>TABLA N° 15:</b> INTENSIDADES MÁXIMAS (MM/H). ESTACIÓN JAÉN.....	39
<b>TABLA N° 16:</b> TRANSPOSICIÓN DE INTENSIDADES A LA CUENCA URBANA (MM/HR). ....	40
<b>TABLA N° 17:</b> PARES DE DATOS X; Y.....	41
<b>TABLA N° 18:</b> AJUSTE DE PARES DE DATOS.....	42
<b>TABLA N° 19:</b> TABLA PARA EL HIETOGRAMA DE DISEÑO.....	42
<b>TABLA N° 20:</b> FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COLAPSO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES MURO. ....	51
<b>TABLA N° 21:</b> CAUDALES PICOS, CONSIDERANDO LAS CUENCAS DE CABECERA Y LA CUENCA URBANA.....	80
<b>TABLA N° 22:</b> CAUDAL DE INUNDACIÓN, EN CADA PUNTO CRÍTICO ENCONTRADO. ....	80

<b>TABLA N° 23:</b> CAUDALES PICOS, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA. .....	81
<b>TABLA N° 24:</b> CAUDAL DE INUNDACIÓN, CONSIDERANDO LA CUENCA URBANA.....	81
<b>TABLA N° 25:</b> SECCIONES EXISTENTES DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES MURO. ....	84
<b>TABLA N° 26:</b> BASE DE DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	101

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>GRÁFICA N° 1:</b> CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA. CUENCA URBANA.....	41
<b>GRÁFICA N° 2:</b> GRÁFICO HIETOGRAMA DE DISEÑO. ....	43
<b>GRÁFICA N° 3:</b> PERFIL DEL VOLUMEN DE ESCORRENTÍA ACUMULADA EN EL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES MURO DE LA CUADRA 3 A LA CUADRA 11.....	53
<b>GRÁFICA N° 4:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO A. ....	54
<b>GRÁFICA N° 5:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO B. ....	55
<b>GRÁFICA N° 6:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO C. ....	56
<b>GRÁFICA N° 7:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO D. ....	57
<b>GRÁFICA N° 8:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO E. ....	58
<b>GRÁFICA N° 9:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO F. ....	59
<b>GRÁFICA N° 10:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO G.....	60
<b>GRÁFICA N° 11:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO H.....	61
<b>GRÁFICA N° 12:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO I. ....	62
<b>GRÁFICA N° 13:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO J. ....	63
<b>GRÁFICA N° 14:</b> GRÁFICO DE LA INUNDACIÓN (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO CRÍTICO N°1. ....	64
<b>GRÁFICA N° 15:</b> GRÁFICO DE LA INUNDACIÓN (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO CRÍTICO N°2. ....	65

<b>GRÁFICA N° 16:</b> GRÁFICO DE LA INUNDACIÓN (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO CRÍTICO N°3. ....	66
<b>GRÁFICA N° 17:</b> GRÁFICO DE LA INUNDACIÓN (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO CRÍTICO N°4. ....	67
<b>GRÁFICA N° 18:</b> PERFIL DEL VOLUMEN DE ESCORRENTÍA ACUMULADA EN EL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES MURO DE LA CUADRA 3 A LA CUADRA 11, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA. ....	68
<b>GRÁFICA N° 19:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO A, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA. ....	69
<b>GRÁFICA N° 20:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO B, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA.....	70
<b>GRÁFICA N° 21:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO C, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA.....	71
<b>GRÁFICA N° 22:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO D, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA. ....	72
<b>GRÁFICA N° 23:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO E, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA.....	73
<b>GRÁFICA N° 24:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO F, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA. ....	74
<b>GRÁFICA N° 25:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO G, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA. ....	75
<b>GRÁFICA N° 26:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO H, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA. ....	76
<b>GRÁFICA N° 27:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO I, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA. ....	77
<b>GRÁFICA N° 28:</b> GRÁFICO DE APORTE TOTAL (L/S) – TIEMPO (H) DEL PUNTO J, CONSIDERANDO SOLO LA CUENCA URBANA. ....	78
<b>GRÁFICA N° 29:</b> GRÁFICO DE PUNTOS CRÍTICOS QUE SOBREPASAN LA CAPACIDAD DE DESAGÜE. ....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 1:</b> EJEMPLO DE LOS COMPONENTES FÍSICOS EMPLEADOS EN EL MODELO DE UN SISTEMA DE DRENAJE. ....	14
<b>FIGURA N° 2:</b> MAPA DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	28
<b>FIGURA N° 3:</b> ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	32
<b>FIGURA N° 4:</b> INUNDACIÓN DE LA AVENIDA ENTRE LAS CALLES LA MARINA Y CRUZ DE CHALPÓN. ....	33
<b>FIGURA N° 5:</b> UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO DE LA CUENCA URBANA. ....	34
<b>FIGURA N° 6:</b> DIRECCIÓN DE FLUJO DEL ÁREA EN ESTUDIO. ....	35
<b>FIGURA N° 7:</b> SIMULACIÓN DE LLUVIA. ....	44
<b>FIGURA N° 8:</b> PARÁMETROS DEL PLUVIÓMETRO. ....	44
<b>FIGURA N° 9:</b> EDITOR PARA INGRESAR LOS VALORES DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO. ....	45
<b>FIGURA N° 10:</b> TRAZADO DE LAS SUBCUENCAS DE CADA MANZANA DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	45
<b>FIGURA N° 11:</b> VENTANA DE PARÁMETROS PARA LA SUBCUENCA.....	46
<b>FIGURA N° 12:</b> NODOS O INTERCEPCIÓN DE LAS CALLES.....	46
<b>FIGURA N° 13:</b> VENTANA DEL COMANDO CONEXIÓN.....	47
<b>FIGURA N° 14:</b> CONDUCTOS DE LAS CALLES. ....	47
<b>FIGURA N° 15:</b> VENTANA PARA EDITAR LA GEOMETRÍA DEL CONDUCTO. ..	48
<b>FIGURA N° 16:</b> VENTANA EDITOR DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTO.....	48
<b>FIGURA N° 17:</b> SIMBOLOGÍA Y TERMINOLOGÍA DE COMANDOS DEL SWMM. ....	49
<b>FIGURA N° 18:</b> DELIMITACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO (CUENCAS URBANAS Y DE CABECERA.).....	50
<b>FIGURA N° 19:</b> COLAPSO DEL SISTEMA DE DRENAJE, E INUNDACIÓN DE LA CALLE LA MARINA, A CAUSA DE LAS FUERTES PRECIPITACIONES. ....	93
<b>FIGURA N° 20 :</b> COLAPSO DEL SISTEMA DE DRENAJE, E INUNDACIÓN DE LA AVENIDA MESONES MURO, A CAUSA DE LAS FUERTES PRECIPITACIONES. ....	93

<b>FIGURA N° 21:</b> EL COLAPSO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES MURO AFECTA AL TRÁNSITO VEHICULAR. ....	93
<b>FIGURA N° 22:</b> RESTOS DE SEDIMENTOS QUE BAJARON DE LA PARTE ALTA Y QUE SE DEPOSITARON EN LA AVENIDA MESONES MURO A CAUSA DE LAS FUERTES PRECIPITACIONES. ....	94
<b>FIGURA N° 23:</b> EQUIPO – TRÍPODE PARA ESTACIÓN TOTAL. ....	94
<b>FIGURA N° 24:</b> EQUIPO - ESTACIÓN TOTAL.....	94
<b>FIGURA N° 25:</b> EQUIPO – GPS.....	95
<b>FIGURA N° 26:</b> EQUIPO – MIRA TOPOGRÁFICA. ....	95
<b>FIGURA N° 27:</b> EQUIPO – ECLÍMETRO. ....	95
<b>FIGURA N° 28:</b> WINCHA DE MANO.....	95
<b>FIGURA N° 29:</b> LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA AVENIDA MESONES MURO, HACIENDO USO DE ESTACIÓN TOTAL.....	95
<b>FIGURA N° 30:</b> IDENTIFICACIÓN, RECORRIDO Y TOMA DE PUNTOS DEL CANAL EXISTENTE USANDO UN GPS.....	96
<b>FIGURA N° 31:</b> RECORRIDO E IDENTIFICACIÓN EN CAMPO DE LAS DIRECCIONES DE FLUJO DE LAS CALLES, DEL ÁREA EN ESTUDIO. ....	96
<b>FIGURA N° 32:</b> IDENTIFICACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA DE CABECERA N°1, Y SU DESEMBOCADURA ENTRE LAS CALLES MARÍA PARADO DE BELLIDO Y LUIS CASTILLO CABALLERO. ..	97
<b>FIGURA N° 33:</b> DESEMBOCADURA DE LA SUBCUENCA N°1, LA CUAL APORTA CAUDAL AL SISTEMA DE DRENAJE EN ÉPOCAS DE MÁXIMAS PRECIPITACIONES .....	97
<b>FIGURA N° 34:</b> DESEMBOCADURA DE LAS AGUAS RECOLECTADAS EN EL SISTEMA DRENAJE, LAS CUALES TERMINAN EN CALLES DE LA PARTE BAJA.....	97
<b>FIGURA N° 35:</b> CALIBRACIÓN EN CAMPO Y AFORO DE CAUDAL DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN LA CALLE JUNÍN CUADRA N°1 Y LA AVENIDA MESONES MURO .....	98
<b>FIGURA N° 36:</b> IDENTIFICACIÓN DE LAS DIRECCIONES DE FLUJO DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL ÁREA EN ESTUDIO. ....	98



## **RESUMEN**

La presencia de máximas precipitaciones en Jaén, así como el crecimiento desordenado del casco poblacional, sumado a la falta de capacidad de desagüe de los sistemas de drenaje en la ciudad; traen como consecuencia problemas de inundación. En tal sentido recurrimos a la siguiente pregunta: ¿El colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro, causa la inundación de la vía ya antes mencionada cuando existen precipitaciones máximas? La finalidad es determinar los factores que intervienen en el colapso del sistema de drenaje e inundación de la avenida Mesones Muro, dado que la hipótesis de la investigación está orientada a que el sistema de drenaje de la avenida en estudio colapsa y se inunda cada vez que ocurren precipitaciones extraordinarias según la época del año. En cuanto a la metodología se realizó un estudio de tipo aplicativo con un alcance explicativo, y un diseño no experimental. En cuanto a los resultados, se obtuvo que entre los factores influyentes en el colapso del sistema de drenaje están las precipitaciones máximas, crecimiento poblacional, crecimiento urbano desordenado, impermeabilización de los suelos, sedimentos (contaminación de la escorrentía), diseño convencional de los sistemas de drenajes existentes, topografía accidentada de las cuencas de cabecera.

**Palabras claves:** sistema de drenaje, colapso, inundación, precipitaciones extraordinarias.

## **ABSTRACT**

The presence of maximum rainfall in Jaen, as well as the disorderly growth of the population center, added to the lack of drainage capacity of the drainage systems in the city; they result in flood problems. In this sense we resort to the following question: ¿Does the collapse of the drainage system of the Mesones Muro avenue cause the flooding of the road already mentioned when there is maximum rainfall? The purpose is to determine the factors involved in the collapse of the drainage and flood system of Mesones Muro Avenue, given that the research hypothesis is oriented towards the drainage system of the avenue under study collapses and is flooded every time extraordinary rainfall occurs according to the time of the year. Regarding the methodology, an application-type study with an explanatory scope and a non-experimental design was carried out. Regarding the results, it was obtained that among the influential factors in the collapse of the drainage system are maximum rainfall, population growth, disorderly urban growth, soil waterproofing, sediments (runoff contamination), conventional system design of existing drains, rugged topography of the headwaters.

**Keywords:** drainage system, collapse, flood, extraordinary rainfall.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La red de drenaje de aguas pluviales se define como el sistema que permite el rápido desalojo de las aguas de la lluvia para evitar posibles molestias, e incluso daños materiales y humanos debido a su acumulación del escurrimiento superficial generado por la lluvia. Durante el tiempo, la historia de algunas grandes ciudades se podría reescribir a través de las de sus sistemas de drenaje. Roma, París, Barcelona, e incluso algunas ciudades de Latinoamérica han sido ejemplos de urbanismo y ordenación del tejido urbano en algunas épocas de la historia.

Valentín, (2007) En los últimos años, sin género de duda ha crecido el interés hacia los problemas asociados al drenaje urbano en nuestro país y el resto de países del mundo. Las redes de alcantarillado para la evacuación de las aguas pluviales, son uno de los entramados más complejos y a la vez desconocidos, entre todas las infraestructuras del tejido urbano.

Existen otros servicios públicos como el abastecimiento de agua potable, redes viarias, redes de alumbrado, entre otros; y que al estar en contacto más directo con la población resultan más justificables las inversiones que a ellos se destinan. Sin embargo, el drenaje de la ciudad por donde se evacuan las aguas pluviales es por el contrario un patrimonio oculto, enterrado, en definitiva, otra ciudad invisible debajo de la ciudad visible, que solo nos muestra de vez en cuando sus enfermedades cuando una precipitación extraordinaria (aguacero) supera su capacidad de desagüe. (Valentín, 2007)

## **1.1. Planteamiento del Problema**

La ciudad de Jaén es una Provincia del Departamento de Cajamarca, ubicado a una altitud de 729 m.s.n.m. en lo cual en los últimos años se ha desarrollado notablemente y de forma rápida en los aspectos económicos, sociales y crecimiento poblacional. Jaén debido a su ubicación geográfica, se encuentra en ceja de Selva, la ciudad tiene un clima tropical por lo que en algunas épocas del año llega a alcanzar precipitaciones máximas de hasta 63.8 mm según datos obtenidos del SENAMHI en los últimos años.

Según el INDECI en el año 2017 entre Enero y Marzo se produjeron grandes inundaciones que azotaron la región norte del país causado por el fenómeno del niño costero donde fueron declaradas en estado de emergencia 14 de las 24 regiones del Perú, y se registró un total de 165 fallecidos y desaparecidos y más de 1,640.000 damnificados y afectados, también en 11 regiones se perdieron 30, 154.000 hectáreas de cultivos, sobre todo de arroz, banano orgánico y limón, que afectaron a 88, 676 agricultores. El cálculo del daño económico fue entre US\$ 3,030 millones (1.5% del PBI 2016).

Los principales peligros que amenazan a la ciudad de Jaén están relacionados con las precipitaciones pluviales, asociadas a las pendientes fuertes del terreno presentes en la ciudad, hacen que los caudales se incrementen muy rápidamente, aumentando su carácter destructivo a medida que las aguas bajan a niveles inferiores.

Las máximas precipitaciones que se dan en la ciudad de Jaén conllevan a que los sistemas de drenaje colapsen y se vuelvan intransitables las principales vías de acceso en la ciudad, por ejemplo, en la avenida Mesones Muro de la cuadra 6 a la cuadra 11, estas calles presentan problemas de drenaje superficial debido al colapso de las estructuras de drenaje longitudinal.

Es común experimentar estos problemas de colapso en el sistema de drenaje, los cuales generan inundaciones, sin embargo, estos problemas se deben a muchos factores, por lo que nuestra investigación se centrará en identificar los factores que intervienen en el colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro, Jaén-Cajamarca-Perú 2019. Por distintas causas (factores) el sistema de drenaje en la avenida Mesones Muro presenta colapso en los periodos de máximas precipitaciones.

Por lo anterior se plantea indagar, identificar y evaluar los diferentes factores que intervienen en el problema ya antes mencionado. Por lo cual se busca obtener recomendaciones y formas de acción que logren con la solución del problema de colapso en la avenida.

*Por el contexto ya antes mencionado, llegamos a la siguiente interrogante:*

¿El colapso del sistema de drenaje de la Av. Mesones Muro, causa la inundación de la vía cuando existen precipitaciones máximas?

## **1.2. Justificación de la Investigación**

En la ciudad de Jaén cada vez que existen precipitaciones extraordinarias, colapsan los sistemas de drenaje e inundan las calles, trayendo consigo problemas como la obstaculización del tránsito vehicular y peatonal; además afectan a las viviendas aledañas. Por lo tanto, motiva a investigar los factores causantes del colapso de los sistemas de drenaje para poder dar una solución social. Dicho colapso del sistema de drenaje afectará tanto las bases como las rasantes de los pavimentos, además de traer malestar en los vecinos por la pérdida de demanda de los clientes en sus negocios debido a la intransitabilidad de la zona generando en ellos pérdidas económicas.

El presente trabajo de investigación pretende describir la situación actual en cuanto a las actuaciones que se mencionaron, además servirá a proyectistas, consultores y entidades públicas y privadas, debido a que se proporcionará información real, como una base de datos de los factores que determinan el colapso de los sistemas de drenaje en la ciudad de Jaén.

## **1.3. Formulación de la Hipótesis**

El sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro colapsa y se inunda cada vez que ocurren precipitaciones máximas.

## **1.4. Antecedentes de la Investigación**

### **1.4.1. A Nivel Internacional**

(Dolz & Gómez, 1994) realizaron una investigación denominada “Problemática del Drenaje de Aguas Pluviales En Zonas Urbanas y del Estudio Hidráulico de las Redes de Colectores” donde su principal síntesis es el análisis del problema existente en los sistemas de drenaje pluvial en zonas urbanas donde rápidamente existe crecimiento demográfico. También estudiaron las consecuencias que reinciden sobre el drenaje, con un proceso urbanizador no respetuoso con la hidrología de las cuencas naturales preexistentes. Asimismo, se analiza de una forma conceptual la problemática que presenta la modelación numérica de los diferentes procesos involucrados en el drenaje urbano, especialmente en el comportamiento hidráulico de las redes colectoras llegando a las siguientes conclusiones:

- El desarrollo urbano altera de una forma notable la hidrología de las cuencas donde tiene lugar. En particular, se disminuye la capacidad de desagüe de la red de drenaje de aguas pluviales y se incrementa los caudales extremos y el volumen de escorrentía estos fenómenos están muy presentes en diferentes zonas de España y en particular en el litoral mediterráneo donde, además de una urbanización intensiva no respetuosa con la hidrología, se presentan con relativa frecuencia precipitaciones de elevada intensidad causando inundaciones.
- Para resolver estos problemas se requiere de una voluntad política para potenciar la presencia de la hidrología como herramienta de la planificación del territorio y para arbitrar soluciones a los problemas existentes. Normalmente la única solución para resolver los problemas de drenaje en ciudades densamente pobladas es el incremento de la capacidad de desagüe del sistema de drenaje.

(Domingos, 2015) En su tesis “Estrategia para el Diseño de Redes de Drenaje Pluvial, empleando la modelación matemática, para su aplicación en la ciudad de Luanda” menciona acerca de la posibilidad de combinar los modelos digitales de elevación de escalas adecuadas, los cuales fueron obtenidos a partir de datos de diferentes fuentes que al ser vinculados a los modelos de simulación hidrológica – hidráulicos ante la presencia de intensas lluvias, nos permite tener un mejor percepción de los escurrimientos y con eso dar una mejor respuesta a los diseños de redes de drenaje pluvial a partir de la aplicación de las

herramientas de modelación matemática para ser aplicada en la ciudad de Luanda, capital de la República de Angola. En la cual llegan a las siguientes conclusiones:

- Seleccionando adecuadamente las herramientas de simulación hidrológica e hidráulica, vinculadas a los modelos digitales de terreno deberán componer como un antecedente para un buen diagnóstico, diseño y revisión de proyectos de redes de drenaje pluvial.
- La simulación de los escurrimientos por las calles de Marçal, con herramientas de simulación hidrológica – hidráulica, permitió determinar niveles de profundidad y velocidades de circulación, que conducen a establecer criterios de peligros por intensas lluvias.

(Cubides & Santos, 2018) En su artículo “Control de Escorrentías urbanas mediante sistemas urbanos de drenaje sostenible” publicado en el buscador virtual SciELO hablaron acerca del manejo eficiente del recurso hídrico y el medio ambiente, el control de las escorrentías superficiales es una área de estudio de gran importancia en el desarrollo de las ciudades, pues su crecimiento exponencial y el aumento de zonas duras no permeables hacen que el transporte de escorrentía toma tiempos mayores consecuentemente generando implicaciones ambientales y económicas importantes que conllevan a implementación de estructuras que den mayor holgura para el respectivo transporte. Cuando no es posible el control mediante estos elementos, se presentan fenómenos de inundación que afectan la calidad de vida de la población y se deben generar planes de emergencia para mitigar estos riesgos. Para ello plantean la implementación de Sistemas de Drenajes Urbanos Sostenibles (SUDS), entre los cuales destacan:

- Pozo o zanjas de infiltración: permitirán aminorar, amortiguar y mejorar la calidad de vertido de los caudales picos de tormenta.

Según (Vallina, et al, 2018) en su artículo científico nos dice que, en los últimos años, se ha desarrollado una tendencia denominada Diseño Urbano Sensible al Agua (DUSA), que mediante el uso de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), ha cambiado el paradigma de la gestión del agua de lluvia, poniéndola de nuevo en valor. Este artículo introduce las bases de este cambio de paradigma a través del diseño de calles verdes, al



mismo tiempo que muestra una propuesta desarrollada, de rehabilitación hidrológico-urbanística de dos grandes áreas de la ciudad de Oviedo, cuantificando el impacto de la aplicación de estas técnicas en la hidrología de esta histórica ciudad española. Para ello plantean como solución la implementación de sistemas de drenaje sostenible alternativos como los sistemas de drenaje urbano sostenibles (SUDS), permitiendo así llegar:

- Aminorar los caudales picos, disminuyendo el riesgo de que se presenten fenómenos de inundación.
- Mejorar el paisaje urbano y ofrecer un mejor servicio al ciudadano.
- Reducir el número de descarga directa a la red.
- Reducir volumen y frecuencia de escorrentía desde áreas urbanizadas hacia causes naturales o redes de alcantarillado, para reproducir el drenaje natural y reducir el riesgo de inundación.
- Mejorar la calidad del agua procedente de las escorrentías, eliminando los contaminantes de fuentes difusas.
- Mejorar el flujo subterráneo hacia los cursos naturales mediante infiltración.

#### **1.4.2. A Nivel Nacional**

Según (Yañez, E., 2014) en su tesis “Eficiencia del sistema de drenaje Pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa” nos habla acerca de la evaluación del estado actual del diseño hidráulico y de las competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en Av. Angamos y Jr. Santa Rosa”, siendo su principal finalidad determinar las causas que determinan la ineficiencia del sistema de drenaje, ya que en tiempos de alta precipitación de lluvias, los niveles de estas alcanzan índices elevados lo que causan serios problemas a la población Cajamarquina por ineficiencia del sistema de drenaje pluvial, propiciando la sobrecarga pluvial e inundaciones topográficamente bajas y erosiones en los cursos de agua por el incremento de la velocidad de escorrentía. Se concluyó que:

- Al desarrollar un buen estudio hidrológico para determinar los caudales de diseño y ejecutar un software especializado para sistema de drenaje pluvial se puede disminuir los sistemas de drenaje ineficientes en Cajamarca aplicando las tecnologías que están disponibles en la actualidad.

### **1.4.3. A Nivel Local**

En la ciudad de Jaén no se encontró ningún antecedente similar al Presente proyecto.

### **1.5. Bases Teóricas**

En su libro “Alcantarillado y drenaje pluvial” menciona que tanto la recolección de las aguas servidas como la red de alcantarillado para recolectar las aguas de lluvia y conducir las hasta los canales de quebradas existentes en la zona misma, deben trabajar en un sistema separado. Por ello las viviendas y edificaciones del sector se deben proyectar y construir con sus instalaciones sanitarias de forma que permita conducir sus aguas de lluvias provenientes de techos y patios interiores para ser descargadas libremente a las calles, donde serán recolectadas en sumideros convenientemente ubicados. (Govea, 1995)

Las aguas pluviales, provenientes de los techos y patios de las edificaciones, sumadas a las que reciben las calles directamente, constituirán un problema para la comunidad, que a veces toman proporciones económicas de cierta consideración, por lo cual es preciso determinar la magnitud de estos caudales que se van acumulando en calles y avenidas, y cuyo incremento progresivo en el sentido de la pendiente de las calles llegaría a constituir serios problemas, que el proyectista debe evitar mediante un diseño eficiente. (Govea, 1995)

Para lograr un buen diseño deben tomarse en cuenta todas las variables que pueden intervenir en la determinación de un gasto acumulado de aguas de lluvia, y que puede crear inconvenientes a la comunidad; sin embargo, no deja de reconocerse que ello resulta difícil de evaluar, y que aun con la mejor información disponible, existirán criterios económicos que privarán para limitar los proyectos a un determinado rango de probabilidad de ocurrencia de daños. En general, podemos considerar cinco factores importantes, para efectos de diseño de un sistema de recolección de aguas de lluvia: características de la zona, curvas de pavimentos (sección transversal del pavimento), intensidad – duración y frecuencia de las lluvias, tiempo de concentración de las aguas de escorrentía a un determinado punto, estimación del caudal. (Govea, 1995).

## **1.5.1. Intensidad y duración de lluvias**

### **1.5.1.1. Intensidad de lluvia (I).**

La intensidad de una lluvia se define como el volumen de agua que precipita por unidad de tiempo y generalmente se expresa en mm/h, mm/min, mm/s/ha o lt/s/ha. En el diseño de alcantarillados generalmente se utiliza la unidad lt/s/ha, sin embargo, muchas estaciones pluviográficas reportan sus datos en mm/h, por lo cual conviene tener presente el factor de conversión:  $1 \text{ mm/h} = 2.78 \text{ lt/s/ha}$ . (Govea, 1995)

La intensidad de la lluvia depende de la duración de esta, existiendo generalmente una relación inversa entre ellas.

Según la norma OS.060 (Drenaje Pluvial Urbano) del Reglamento Nacional de Edificaciones, la intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto de sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto, y cuyo periodo de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje.

Es decir que para determinarla usando la curva intensidad – duración – frecuencia (IDF) aplicable a la zona urbana del estudio, se usa una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, y la frecuencia igual al recíproco del periodo de retorno del diseño de la obra de drenaje. La ruta de un flujo hasta un punto del sistema de drenaje está constituida por:

- La parte donde el flujo fluye superficialmente desde el punto más remoto del terreno hasta su punto de ingreso al sistema de ductos y/o canalizaciones.
- La parte donde el flujo fluye dentro del sistema de ductos y/o canalizaciones desde la entrada en el hasta el punto de interés.

En correspondencia a las partes en que discurre el flujo, enunciadas en el párrafo anterior, el tiempo de concentración a lo largo de una ruta hasta un punto del sistema de drenaje es la suma de:

- El mismo tiempo de ingreso al sistema de ductos y canalizaciones,  $t_0$ .

- El tiempo del flujo dentro de alcantarillas y canalizaciones desde la entrada hasta el punto  $t_f$ . Siendo el tiempo de concentración a lo largo de una ruta hasta el punto de interés es la suma de:  $t_c = t_0 + t_f$

### 1.5.1.2. Duración.

La duración de la lluvia es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser del total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos. La lluvia según su duración puede denominarse como corta, cuando la duración es menor de 120 minutos, y larga, cuando es mayor de 120 minutos.

El tiempo de duración que debe considerarse para la determinación de la intensidad de lluvia, no será inferior a 5 minutos. En cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales. (Govea, 1995)

### 1.5.1.3. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{Td}$$

Donde:

- “P” es la profundidad de lluvia (mm)
- “Td” es la duración, dada usualmente en horas.

Las curvas intensidad – duración – frecuencia 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 periodo de retorno. (MTC, 2016)

(MTC, 2016) En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográficas con que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta

con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas multiplicada por un coeficiente de duración, en la tabla N°1 se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse, con criterio y cautela para el cálculo de la intensidad, cuando no se disponga de mejor información.

**Tabla N° 1:** Coeficientes de duración lluvias entre una hora y 48 horas.

<b>DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS</b>	<b>COEFICIENTE</b>
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

*Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras  
Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*

### **1.5.2. Área de Drenaje**

Según la Norma OS.060 (Drenaje Pluvial Urbano) del Reglamento Nacional de Edificaciones, debe determinarse el tamaño y la forma de la cuenca o subcuenca bajo consideración utilizando mapas topográficos actualizados. Los intervalos entre las curvas de nivel deben ser lo suficiente para poder distinguir la dirección del flujo superficial.

Deben medirse el área de drenaje que contribuye al sistema que se está diseñando y las subáreas de drenaje que contribuyen a cada uno de los puntos de ingreso a los ductos y canalizaciones del sistema de drenaje.

El esquema de la divisoria del drenaje debe seguir las fronteras reales de la cuenca, y de ninguna manera las fronteras comerciales de los terrenos que se utilizan en el diseño de los alcantarillados de desagües.

Al trazar la divisoria del drenaje deberán atenderse la influencia de las pendientes de los pavimentos, la localización de conductos subterráneos y parques pavimentados y no pavimentados, la calidad de pastos, céspedes y demás características introducidas por la urbanización.

### **1.5.3. Determinación de la tormenta de diseño**

MTC, (2016) Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño, conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de este se calculan utilizando procedimientos de lluvia – escorrentía y tránsito de caudales.

Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta. Las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación de una zona o pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación en regiones adyacentes. Su aplicación va desde el uso de valores puntuales de precipitación en el método racional para determinar los caudales picos en alcantarillados de aguas lluvias y alcantarillas de carreteras, hasta el uso de hietograma de tormenta como las entradas para el análisis de lluvia – escorrentía en embalses de detención de aguas urbanas. (MTC, 2016)

### **1.5.4. Tiempo de concentración**

(MTC, 2016) Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de

concentración  $t_c$ . El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área. Las ecuaciones para calcular el tiempo de concentración se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla N° 2:** Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA $t_c$ (MIN)	OBSERVACIONES
KIRPICH	$t_c = 0.01947 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$ <p>L= longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m).</p> <p>S= pendiente promedio de la cuenca (m/m)</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar $t_c$ por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
CALIFORNIA A CULVERTS PRACTICE	$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ <p>L= longitud del curso de agua más largo (m).</p> <p>H= diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m)</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.

*Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras  
Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*

### 1.5.5. Periodo de retorno.

Según la Norma OS.060 (Drenaje Pluvial Urbano) del Reglamento Nacional de Edificaciones, el sistema menor de drenaje deberá ser diseñado para un periodo de retorno entre 2 y 10 años. El periodo de retorno está en función de la importancia económica de la urbanización, correspondiendo 2 años a pueblos pequeños. El sistema mayor de drenaje deberá ser diseñado para el periodo de retorno de 25 años. El diseñador podrá proponer periodos de retorno mayores a los mencionados según su criterio le indique que hay merito



para postular un mayor margen de seguridad debido al valor económico o estratégico de la propiedad a proteger.

### 1.5.6. Coeficiente de escorrentía “C”

(Govea, 1995) El escurrimiento del agua es reducido por la evaporación, almacenamiento en depresiones, humedecimiento de los suelos antes de que pueda escurrir el agua, e infiltración del agua llovida en la tierra. Todas estas pérdidas decrecen en magnitud con la duración de las lluvias. Como consecuencia, el valor del coeficiente “C” es afectado por la duración de las tormentas. El valor de “C” siempre es menor que la unidad, y se aproxima a uno, solo cuando el área drenada es sumamente impermeable y las lluvias son de larga duración. La relación entre el coeficiente “C” y la duración de las lluvias ha sido expresada por medio de las siguientes relaciones:

**Tabla N° 3:** Coeficientes de escorrentía método racional.

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques,etc)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Libro de Hidrología aplicada - Ven Te Chow

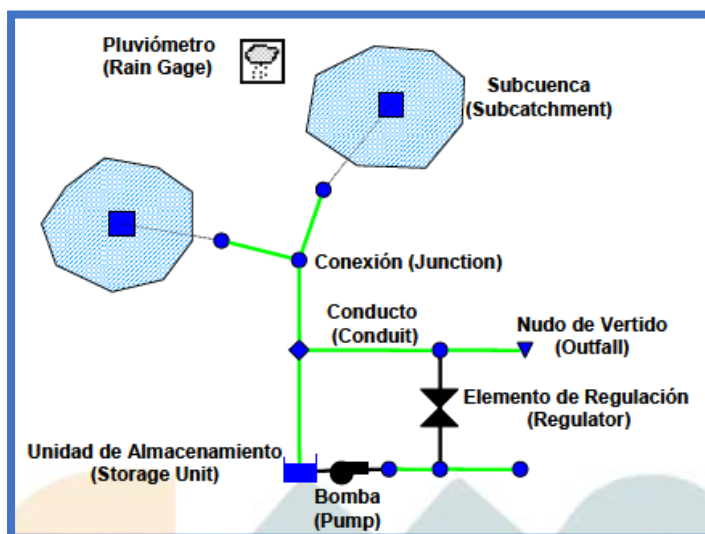
## 1.5.7. SWMM (Storm Water Management Model).

### 1.5.7.1. ¿Qué es el SWMM?

(Sally C. Gutierrez (Acting Director), 2005) En el Manual de Usuario del SWMM, el Storm Water Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales) de la EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El módulo de la escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera escorrentía. El módulo de transporte o hidráulico de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Asimismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad de agua de escorrentía de cada cuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la calidad del agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

### 1.5.7.2. Componentes físicos (Visual Objects).

En la figura N°1, representa los componentes físicos que pueden presentarse en un sistema de drenaje de aguas pluviales. Estos componentes u objetos pueden representarse dentro del mapa SWMM.



**Figura N° 1:** Ejemplo de los Componentes Físicos empleados en el modelo de un sistema de drenaje.

**a) Pluviómetros (Rain Gages).**

Los pluviómetros (Rain Gages) suministran los datos de entrada de las precipitaciones que ocurren sobre una o varias de las cuencas definidas en el área de estudio. Los datos de lluvia pueden ser definidos por el usuario mediante series temporales de datos o provenir de un archivo externo al programa. En la actualidad SWMM dispone de diferentes formatos de archivos de datos de lluvia, así como un formato estándar definido por el usuario. Las propiedades principales de entrada de un pluviómetro son:

- Tipo de datos de lluvia (por ejemplo, intensidad de lluvia, vol. o vol. acumulado).
- Intervalo de tiempo de los datos (por ejemplo, cada hora, cada 15 minutos, etc.).
- Origen de los datos de lluvia (especificando si es una serie temporal o un archivo externo).
- Nombre del origen de datos de lluvia.

**b) Cuencas (Subcatchments).**

Las cuencas son unidades hidrológicas de terreno cuya topografía y elementos del sistema de drenaje conducen la escorrentía directamente hacia un punto de descarga. El usuario del programa es el encargado de dividir el área de estudio en el número adecuado de cuencas e identificar el punto de salida (outlet) de cada una de ellas. Los puntos de salida (outlet) de cada una de las cuencas pueden ser bien nudos del sistema de drenaje o bien otras cuencas.

Las cuencas pueden dividirse en subáreas permeables y subáreas impermeables. La escorrentía superficial puede infiltrarse en la parte superior del terreno de las subáreas permeables, pero no a través de las subáreas impermeables. Las áreas impermeables pueden dividirse a su vez en dos subáreas: una que contiene el almacenamiento en depresión y otra que no lo contempla.

El flujo de escorrentía desde una subárea de la cuenca puede fluir hasta otra subárea o por el contrario dos subáreas pueden drenar directamente hacia la salida de la cuenca.

**Tabla N° 4: Parámetros hidrológicos del SWMM**

<b>Ancho</b>	Anchura característica del flujo debido a la escorrentía superficial (m o pies).
<b>Pendiente (%)</b>	Pendiente media de la cuenca, en %
<b>Área impermeable (%)</b>	Porcentaje de cuenca cuyo suelo es impermeable.
<b>N impermeable</b>	Coefficiente de Manning para el flujo superficial sobre el área impermeable de la cuenca.
<b>N permeable</b>	Coefficiente de Manning para el flujo superficial sobre el área impermeable de la cuenca.
<b>Almacenamiento de Depresión Impermeable</b>	Altura de almacenamiento en depresión sobre el área impermeable de la cuenca (milímetros o pulgadas).
<b>Almacenamiento de Depresión Permeable</b>	Altura de almacenamiento en depresión sobre el área impermeable de la cuenca (milímetros o pulgadas).
<b>% área impermeable sin almacenamiento de depresión</b>	Porcentaje de suelo impermeable que no presenta almacenamiento en depresión.
<b>Flujo entre sub-áreas</b>	Selección del sentido del flujo interno entre las áreas impermeables y permeables de la cuenca: <b>IMPERV:</b> escorrentía desde el área permeable hacia la impermeable. <b>PERV:</b> escorrentía desde el área impermeable hacia la permeable. <b>OUTLET:</b> escorrentía desde ambas áreas directamente hacia la descarga.
<b>% escorrentía transportada</b>	Porcentaje de escorrentía transportado entre las distintas áreas.
<b>Infiltración</b>	Pulsar el botón (o presionar la tecla intro) para editar los parámetros de infiltración de la cuenca.

**Fuente:** Manual del SWMM.

**c) Nudos de conexión.**

Las conexiones son nudos del sistema de drenaje donde se conectan diferentes líneas entre sí. Físicamente pueden representar la confluencia de canales superficiales naturales, pozos de registro (manholes) del sistema de drenaje, o elementos de conexión de tuberías. Los aportes externos de caudal entran en el sistema a través de las conexiones. El exceso de agua en un nudo se traduce en un flujo parcialmente presurizado mientras las conexiones conectadas se encuentran en carga. Este exceso de agua puede perderse completamente del sistema o por el contrario estancarse en la parte superior para posteriormente volver a entrar de nuevo en la conexión. Los parámetros principales de entrada de una conexión son:

- Cota de fondo o fondo del pozo que puede encontrarse en la conexión.
- Profundidad del pozo.
- Área superficial del área estancada cuando se produce un fenómeno de inundación.  
Es un parámetro opcional de entrada.
- Datos de aportes externos de caudal. Es también otro parámetro opcional.

**d) Nudos de vertido (Outfall Nodes).**

Los nudos de vertido son nudos terminales del sistema de drenaje utilizados para definir las condiciones de contorno finales aguas abajo del sistema en el caso de utilizar el modelo de flujo de la Onda Dinámica (Dynamic Wave). Para otros tipos de flujo, los nudos de vertido se comportan como conexiones. Una restricción del modelo es que solo es posible conectar una línea con un Nudo de Vertido. Los parámetros de entrada principales de un Nudo de Vertido son:

- La cota de fondo.
- La descripción del tipo y estado de la condición de contorno.
- La presencia de una válvula de compuerta (flat valve) para prevenir el flujo inverso desde el Nudo de Vertido.

**e) Divisores de flujo.**

Los divisores de flujo son nudos del sistema de transporte utilizados para dividir el flujo en dos conductos de salida de modo definido por el usuario. Estos divisores de caudal tan solo pueden tener dos conductos en la descarga de los mismos. Se encuentran activos tan solo cuando se analiza el fenómeno mediante el modelo de la Onda Cinemática (Kinematic Wave) y se tratan como simples nudos cuando se emplea el modelo de la Onda Dinámica (Dynamic Wave). Existen cuatro tipos de divisores, definido cada uno de ellos a partir del modo en que se reparten los caudales de entrada:

**Tabla N° 5:** Tipos de divisores.

<b>DIVISORES</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>Divisor de Corte (Cutoff Divider)</b>	Deriva todos los caudales de entrada por encima de un determinado valor de corte especificado.
<b>Divisor de Exceso (Overflow Divider)</b>	Deriva todos los caudales de entrada por encima de la capacidad del caudal del conducto no derivado.
<b>Divisor Tabular (Tabular Divider)</b>	Utiliza una tabla definida por el usuario para expresar la relación entre el caudal derivado en función del caudal total de entrada.
<b>Aliviadero (Weir Divider)</b>	Utiliza la ecuación característica de un aliviadero para derivar el caudal de entrada.

**f) Sistemas de almacenamiento.**

Los sistemas de almacenamiento con nudos del sistema de drenaje con la capacidad para almacenar determinados volúmenes de agua. Físicamente pueden representar desde sistemas de almacenamiento pequeños como reducidas cuencas hasta sistemas grandes como lagos. Las propiedades volumétricas de un sistema de almacenamiento se representan como una tabla o una función que indica la superficie de almacenamiento en función de la altura del mismo. Los principales parámetros de entrada de un sistema de almacenamiento son:

- La cota de fondo.
- La altura máxima del mismo.
- La tabla de datos que relaciona la altura del sistema de almacenamiento con la superficie del mismo.
- La proporción de evaporación que se produce en el sistema de almacenamiento.
- Superficie de almacenamiento del agua estancada cuando se produce inundación. Es un parámetro opcional que depende de si se encuentran activada o no la opción Allow Ponding (Permitir Inundación).
- Los datos de aportes externos de caudal. Es otro dato opcional.

**g) Conductos.**

Los conductos son tuberías o canales por los que se desplaza el agua desde un nudo a otro del sistema de transporte. Es posible seleccionar la sección transversal las distintas variedades de geometrías abiertas y cerradas definidas en el programa. Asimismo, el programa permite también definir áreas de sección transversal irregular permitiendo representar con ello cauces naturales.

SWMM emplea la ecuación de Manning para establecer la relación entre el caudal que circula por el conducto (Q), la sección del mismo (A), su radio hidráulico (Rh), y la pendiente (S) tanto para canales abiertos como para conductos cerrados parcialmente llenos. En unidades anglosajonas la ecuación de Manning se escribe:






















$$Q = \frac{1.49}{n} AR_n^{2/3} \sqrt{s}$$

Asimismo, dicha ecuación en unidades del Sistema Internacional se expresa como:

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{2/3} \sqrt{s}$$

Los principales parámetros de entrada para las conducciones son:

- Nombres de los nudos de entrada y salida.
- Alturas del conducto respecto de la cota de fondo de los nudos inicial y final.
- Longitud del conducto
- Coeficiente de Manning.
- Geometría de la sección transversal del conducto.
- Coeficiente de pérdidas tanto para la entrada como para la salida del conducto.
- Presencia de una válvula de compuesta para prevenir el flujo inverso.

Nombre	Parámetros	Forma	Nombre	Parámetros	Forma
Circular	Profundidad		Circular Relleno	Profundidad, profundidad del relleno	
Rectangular Cerrado	Profundidad, ancho		Rectangular Abierto	Profundidad, ancho	
Trapezoidal	Profundidad, ancho en la parte superior, pendiente lateral		Triangular	Profundidad, ancho en la parte superior	
Elipse Horizontal	Profundidad		Elipse Vertical	Profundidad	
Arco	Profundidad		Parabólica	Profundidad, ancho en la parte superior	
Potencial	Profundidad, Ancho en la parte superior, exponente		Rectangular - Triangular	Profundidad, ancho	
Rectangular Redondeada	Profundidad, ancho		Cesta de mano modificada	Profundidad, ancho	
Huevo	Profundidad		Huella de caballo	Profundidad	
Gótico	Profundidad		Catenaria	Profundidad	
Semielíptica	Profundidad		Cesta de mano	Profundidad	
Semicircular	Profundidad				

**Tabla N° 6:** Diferentes secciones transversales de conductos disponibles.



## **h) Bombas.**

Las bombas son líneas elementos incluidos en el sistema de drenaje para elevar el agua. Se representan en el programa como un tipo de líneas con curva característica. La curva de la bomba describe la relación que existe entre el caudal en la bomba y las condiciones de contorno en los nudos de entrada y salida de la misma. Los principales parámetros de entrada de una bomba son:

- Nombres de los nudos de entrada y salida.
- Nombre de la curva que representa el comportamiento de la bomba.
- Estado inicial (en marcha o parada) de la bomba.

## **i) Reguladores de Caudal (Flow Regulators).**

Los reguladores de caudal son estructuras y dispositivos utilizados para controlar y derivar los caudales dentro del sistema de transporte. Físicamente se emplean para:

- Control de las emisiones desde las unidades de almacenamiento.
- Prevención de fenómenos de entrada en carga inaceptables de conductos.
- Derivación de caudales para su tratamiento en los sistemas de intercepción.

Los elementos reguladores de caudal que puede modelar SWMM son los siguientes:

- Orificios (orifices).
- Vertederos (Weirs).
- Descargas (Outlets).

Los principales parámetros de entrada de un orificio son:

- Nombre de los nudos de entrada y salida del orificio.
- Configuración, definiendo si el orificio se encuentra en la parte superior o en un lateral.
- Forma del orificio, indicando si es circular o rectangular.

- Altura del orificio sobre la cota de fondo del nudo.
- Coeficiente de descarga del orificio.

Los principales parámetros de entrada y salida del vertedero.

- Nombre de los nudos de entrada y salida del vertedero.
- Forma y geometría del vertedero.
- Altura de la cresta del vertedero sobre la cota el fondo del nudo de entrada.
- Coeficiente de descarga.

Los principales parámetros de una descarga son:

- Nombre de los nudos de entrada y salida de la descarga.
- Altura sobre la cota de fondo del nudo de entrada.
- Función o tabla que relaciona la relación entre la altura y el caudal descargado por el vertedero.

#### **j) Rótulos del mapa (Mapa Labels).**

Las etiquetas del mapa son texto de tipo opcional que pueden añadirse al mapa de trabajo de SWMM para poder identificar los objetos o regiones del mapa. Las etiquetas pueden dibujarse mediante cualquiera de las fuentes de Windows. Editarlas libremente y arrastrarlas a cualquier posición del mapa.

#### **1.5.7.3. Parámetros para modelamiento en SWMM.**

Para el modelamiento usando el software SWMM, se usó los siguientes parámetros:

**Tabla N° 7:** Valores típico de almacenamiento en depresión.

Superficie impermeable	1.25 - 2.50 mm
Césped y hierba	2.50 - 5.00 mm
Pastos y prados	~ 5.00 mm
Lecho forestal	~ 7.50 mm

**Tabla N° 8:** Coeficiente n de Manning para Escorrentía Superficial.

<b>Superficie</b>	<b>n</b>
Asfalto liso	0.011
Hormigón liso	0.012
Revestimiento de hormigón basto	0.013
Madera pulida	0.014
Ladrillo con mortero de cemento	0.014
Arcilla vitrificada	0.015
Fundición de hierro	0.015
Tuberías de metal corrugado	0.024
Superficie de escombrera	0.024
Terreno improductivo (libre de residuos)	0.050
Terreno cultivado	
Cubierta de residuos < 20%	0.060
Cubierta de residuos > 20%	0.170
Pasto natural	0.130
Hierba	
Corta, pradera	0.150
Densa	0.240
Hierba Bermuda	0.410
Bosque	
Con cubierta ligera de arbustos	0.400
Con cubierta densa de arbustos	0.800

**Tabla N° 9:** Valores del Coeficiente n de Manning para flujo en Canales Abiertos.

<b>Material del conducto</b>	<b>n</b>
Canales revestidos:	
De asfalto	0.013 - 0.017
De ladrillo	0.012 - 0.018
De hormigón	0.011 - 0.020
De escombros	0.020 - 0,035
De vegetación	0.030 - 0.040
Excavado o en zanja:	
En tierra, recto y uniforme	0.020 - 0.030
En tierra, con curvas o no uniforme	0.025 - 0.040
En roca	0.030 - 0.045
Sin mantenimiento	0.050 - 0.140
Canales o cauces naturales:	
Sección más o menos regular	0.030 - 0.070
Sección irregular con charcos	0.040 - 0.100

**Tabla N° 10:** Valores de curvas número para áreas urbanas

Cobertura superficie	%imp.	Grupo de suelo (*)			
		A	B	C	D
<b>Desarrollado</b>					
Permeables					
Prados y parques					
Pasto < 50%		68	79	86	89
Pasto 50% - 75%		49	69	79	84
Pastos > 75%		39	61	74	80
Impermeables					
Calles y caminos					
Pavimentados		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89
<b>Distritos urbanos</b>					
Comercial	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residencial					
Sitios 500 m2 o menor	65	77	85	90	92
Sitios 1000 m2	38	61	75	83	87
Sitios 2000 m2	25	54	70	80	85
Sitios 5000 m2	20	51	68	79	84
Sitios 10000 m2	12	46	65	77	82
<b>Áreas en desarrollo</b>		77	86	91	94

A: arenas y arenas limosas. B: Limos.  
C: Limos arcillosos con algo de arena. D: Arcillas y limos.

## 1.6. Términos Básicos

### 1.6.1. Drenaje superficial:

Es el drenaje de agua sobre la superficie del terreno sin un cauce definido, que corre en todas las direcciones. El drenaje superficial, viaja por la superficie del terreno hacia los cauces durante y después de ocurrida la precipitación y está determinado por las propiedades hidrofísicas de los suelos, según (Gámez Morales, 2009).

### 1.6.2. Drenaje urbano mayor:

Sistema de drenaje pluvial que evacua caudales que se presentan con poca frecuencia y que además de utilizar el sistema de drenaje menor (alcantarillado pluvial), utiliza las pistas delimitadas por los sardinales, de las veredas, como canales de evacuación.

### **1.6.3. Drenaje urbano menor:**

Sistema de alcantarillado pluvial que evacua caudales que se presentan con una frecuencia de 2 a 10 años.

### **1.6.4. Hidráulica:**

El significado etimológico de la palabra hidráulica es “conducción del agua”; sin embargo, la hidráulica se define como el estudio del comportamiento del agua y de otros líquidos ya sea en reposo o en movimiento. La hidráulica se enfoca en el diseño y operación de obras civiles, los estudios hidráulicos comprenden el diseño de las estructuras mayores y menores con una capacidad apropiada utilizando los caudales generados en el estudio hidrológico.

### **1.6.5. Hidrología:**

Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre. La hidrología proporciona al ingeniero métodos para resolver los problemas prácticos que se presentan en el diseño y la operación de las estructuras hidráulicas. (Villón Béjar, 2002)

### **1.6.6. Intensidad:**

Es la cantidad total de agua caída por unidad de tiempo y se mide en mm/hora. Lo que interesa particularmente de cada tormenta es la intensidad máxima que se haya presentado. Es decir, la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. Cuando la intensidad excede de la tasa máxima de infiltración del suelo, se genera escorrentía superficial. (Gómez Morales, 2009).

La intensidad se define como el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo se mide en mm/h también en lts/s/ha (Norma OS 060, 20006)

### **1.6.7. Precipitación:**

(Govea, 1995) Se engloba dentro del término precipitación a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, tanto bajo la forma líquida como sólida (nieve, granizo). Estos diversos tipos de precipitación son normalmente medidos si efectuar su discriminación por medio de su equivalente en agua.

La precipitación es de origen de todas las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, se constituyen en problemas básicos para la hidrología. (Govea, 1995)

El hidrólogo necesita considerar la precipitación en relación con los límites geográficos naturales del terreno donde incide, o sea, las cuencas de los cauces hídricos superficiales. En ellas tratara de dar solución cuantitativa a la ecuación del balance hidrológico. (Fundamentos de Hidrología, Aparicio F, 1989)

En el Perú, la precipitación es registrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), mediante su red de estaciones meteorológicas distribuidas en todo el territorio peruano.

### **1.6.8. Cuenca hidrológica:**

La cuenca de drenaje de una corriente es el área de terreno donde las aguas caídas de precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso tiene una cuenca bien definida por cada punto de recorrido. (Villón Béjar, 2002)

Según Aparicio, (1997) en su libro “Fundamento de la Hidrología de superficie” define a una cuenca hidrológica como la unidad básica del estudio de la hidrología. Es decir, es una zona de la superficie terrestre en donde si fuera impermeable las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

#### **1.6.9. Escorrentía:**

Se define como 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.

#### **1.6.10. Sedimentación:**

Es una operación de fases fluido-sólido en la que las partículas sólidas se separan del fluido debido a que, por su mayor densidad, tienden a sedimentar debido a la gravedad. El fluido puede ser un líquido o gas.

## **II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. Objetivo General**

- Determinar y describir los factores que intervienen en el colapso del sistema de drenaje e inundación de la avenida Mesones Muro de la cuadra 6 a la cuadra 11, en la ciudad de Jaén – Cajamarca – Perú 2019.

### **2.2. Objetivos Específicos**

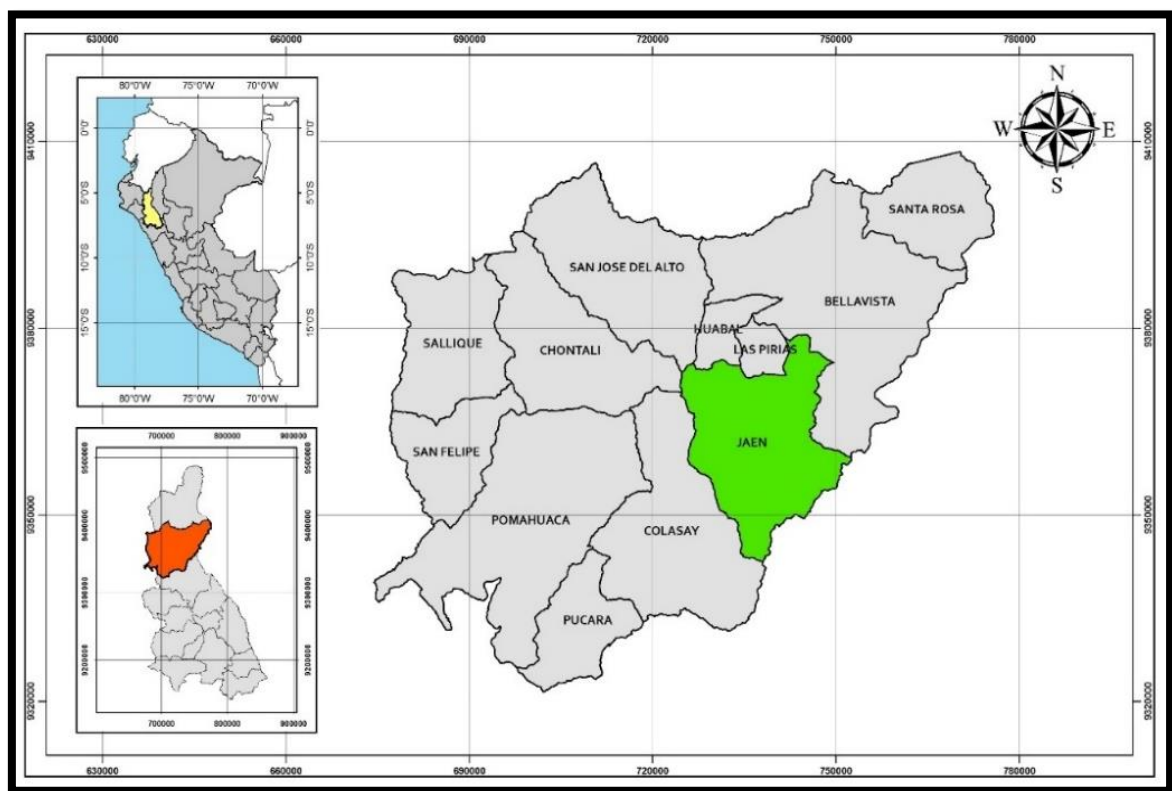
- Identificar y delimitar las áreas de aportes que interceptan al eje de la avenida Mesones Muro.
- Determinar los caudales de diseño que influyen en el análisis del sistema de drenaje.
- Con el caudal de diseño calculado verificar la capacidad del sistema de drenaje actual de la avenida Mesones Muro de la cuadra 6 a la cuadra 11.
- Evaluar la capacidad del sistema de drenaje actual de la avenida Mesones Muro de la cuadra 6 a la cuadra 11



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación Del Área de Estudio

La zona en estudio de este trabajo de investigación se realizó en la avenida Mesones de la cuadra 6 a la cuadra 11, en la ciudad de Jaén, Provincia de Jaén, Región Cajamarca.



**Figura N° 2:** Mapa de ubicación y localización de la zona en estudio

*Fuente: Elaboración propia.*

- Distrito : Jaén.
- Latitud : 05°42'26.2".
- Longitud : 78°48'28.3".
- Altitud : 729.00 m.s.n.m

### **3.2. Fuentes de información**

#### **3.2.1. Primarias**

- Base de datos del levantamiento topográfico.
- Plano catastral.
- Cartas nacionales.

#### **3.2.2. Secundarias**

- Artículos científicos.
- Libros.
- Tesis de posgrado.
- Diagnóstico del sistema de drenaje.

### **3.3. Tipo de investigación**

#### **3.3.1. Según su enfoque**

Es aplicada porque la investigación, está orientada a lograr un nuevo conocimiento, destinado a dar soluciones en problemas prácticos.

#### **3.3.2. Según su alcance**

Tiene un alcance explicativo, porque la investigación, explicará el porqué del colapso en el sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro.

#### **3.3.3. Según su diseño**

No experimental porque para algunos datos que se utilizarán en la investigación bastará con ser obtenidos en fuentes estadísticas más no con experimentos.

#### **3.3.4. Línea de investigación**

Ingeniería hidráulica, hidrología y saneamiento.

### **3.3.5. Variables**

#### **3.3.5.1. Dependientes**

- Colapso.
- Inundación.

#### **3.3.5.2. Independientes**

- Precipitaciones máximas.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas**

- La observación: A través de las visitas en campo de la Avenida Mesones Muro, la topografía de la avenida que implicó conocer las pendientes y desniveles, a través del GOOGLE EARTH para la delimitación del área que intercepta a la avenida y el Plano Catastral 2016 de la ciudad de Jaén.
- Análisis Documental: Se buscó información en el SENAMHI para obtener datos de Precipitaciones y se estimó el caudal de diseño, y con los planos de buzones de la EPS – Marañón se encontró la cota de terreno, para después hallar la pendiente (desnivel) de las calles del área en estudio.

#### **3.4.2. Instrumentos**

- Equipos: Los equipos que se utilizaron, para el adecuado desarrollo del proyecto y que ameritaron la investigación, son los siguientes:
  - Estación total.
  - Trípode para estación total.
  - Mira topográfica.
  - GPS.
- Herramientas:

Entre las herramientas que ameritan la investigación para el adecuado desarrollo del proyecto, destacan algunos softwares:

- AUTOCAD
- CIVIL 3D
- EXCEL
- HEC – HMS 4.0
- SWMM
- HIDROESTA 2
- WORD
- GOOGLE EARTH
- PLANOS DE LA EPS - MARAÑON

### **3.4.3. Recolección de los datos**

Fuente primaria: serán aquellos que serán registrados en los datos obtenidos en campo, como el levantamiento topográfico, el reconocimiento de las direcciones de flujo de cada calle, la identificación de algunos parámetros y áreas de aporte.

Fuente secundaria: información citada de diferente bibliografía como libros, artículos, monografías y otras fuentes de información relacionadas con estudios de inundaciones y de sistemas de drenajes de aguas pluviales.

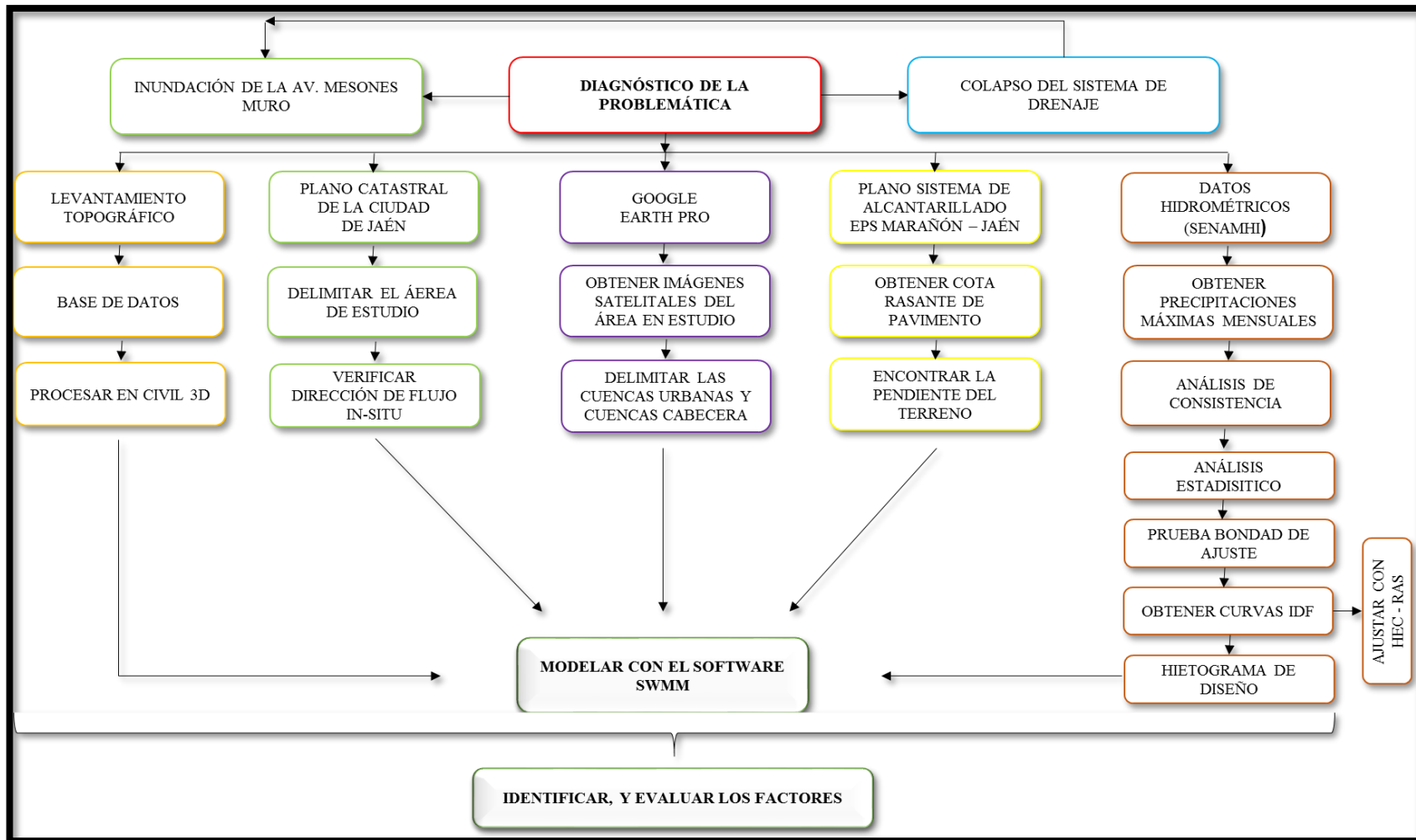
### **3.4.4. Procesamiento de la información**

Para el análisis se usará la aplicación de algunos softwares como Excel, Civil 3D, AutoCAD, HEC – HMS 4.0, SWMM; manuales de hidrología, hidráulica y drenaje.

La hipótesis o contrastación de hipótesis se valorará con la identificación de los factores que intervienen en el colapso de sistema de drenaje de aguas pluviales y en la inundación de la avenida Mesones Muro. Los datos obtenidos durante la investigación se analizarán con la simulación del colapso y la inundación del área en estudio usando el software SWMM.

## **3.5. Procedimiento de la investigación**

### **3.5.1. Esquema de la investigación**



**Figura N° 3:**Esquema del procedimiento de la investigación

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.5.2. Trabajo de campo

#### 3.5.2.1. Diagnóstico de la problemática.

Se realizó un diagnóstico de la problemática existente en la avenida Mesones Muro de la cuadra 6 a la cuadra 11, el cual viene aquejando a la población de Jaén desde hace mucho tiempo. Se logró observar que cada vez que existen precipitaciones máximas el sistema de drenaje colapsa y trae como consecuencia la inundación de la avenida Mesones Muro como se puede observar en las siguientes imágenes:



**Figura N° 4:** Inundación de la avenida entre las calles La Marina y Cruz de Chalpón.

*Fuente: Elaboración propia.*

Identificado la problemática, se realizó la visita al lugar donde viene sucediendo el colapso del sistema de drenaje; el cual produce la inundación de la avenida Mesones Muro. Cuyas coordenadas de ubicación del tramo crítico son las siguientes:

**Tabla N° 11:** Coordenadas de ubicación UTM del tramo crítico.

Ubicación	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
Av. Mesones Muro intercepción con calle la Marina	743255.883	9367633.536
Av. Mesones Muro intercepción con calle Cruz de Chalpón.	743307.241	9367649.158

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura N° 5:** Ubicación del área en estudio de la cuenca urbana.  
*Fuente: Elaboración propia*

### 3.5.2.2. Levantamiento topográfico e identificación del área en estudio.

Con el tramo crítico que se identificó, se delimitó un área de aporte, hacia el sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro. Además, con la ayuda de un técnico en topografía se realizó el levantamiento topográfico de la zona en estudio (avenida Mesones Muro y calles aledañas), con el fin de obtener curvas de nivel, perfiles longitudinales, secciones, pendientes, geometría del drenaje, y la ubicación de los sumideros. Con el levantamiento topográfico se obtuvo una base de datos, la cual lo encontramos en la sección de anexos en la **tabla N°29**. Esta tabla nos ayudará en el desarrollo de la investigación.

Se realizó también un recorrido por las diferentes calles del área en estudio, con el fin de identificar las diferentes cuencas de cabecera que aportan escorrentía superficial a la cuenca urbana, así como las diferentes áreas (sean impermeables o permeables), y las direcciones de flujo alimentadores, producidas por las precipitaciones máximas, las cuales durante su recorrido interceptan y descargan en el sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro. Dichas direcciones de flujo se dibujaron en el **Plano Catastral 2016** de la ciudad de Jaén., como se puede observar en la imagen siguiente:



**Figura N° 6:** Dirección de flujo del área en estudio.  
*Fuente: Plano Catastral Jaén – 2016.*



Los datos de la **tabla N°29**, obtenidos del levantamiento topográfico; se procesaron mediante el software CIVIL 3D, el cual se realizó en gabinete. Con esto, como ya antes se mencionó se encontraron curvas de nivel, perfiles longitudinales, pendientes, geometría del drenaje, y la ubicación de los sumideros, de la avenida Mesones Muro de la cuadra 6 a la 11.

El objetivo del levantamiento topográfico, fue buscar algunos datos que puedan servir para trabajar una simulación de la inundación del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro mediante el software SWWM.

### **3.5.2.3. Análisis metodológico.**

Para el cálculo hidrológico, se requirió información sobre precipitaciones diarias sin procesar, dicha información fue obtenida visitando la página del SENAMHI, en la sección de datos hidrométricos. Esta información fue útil, ya que, nos sirvió para identificar las precipitaciones dadas en los últimos años.

Luego de obtener información pluviométrica de precipitaciones máximas en 24 horas (mm) de la estación meteorológica que se encuentran dentro de área de la cuenca en estudio, se procedió a calcular la precipitación máxima de cada año, seguidamente se realizó el análisis estadístico de los datos históricos obtenidos (precipitaciones máximas en 24 horas, de cada año) con las funciones de distribución de probabilidad teóricas recomendadas por el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje:

- a. Distribución Normal.
- b. Distribución Log Normal 2 parámetros.
- c. Distribución Log Normal 3 parámetros.
- d. Distribución Gumbel.

Se realizó la prueba de bondad de ajuste por medio de un Análisis Probabilístico; dicho análisis sirvió para comprobar la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permitió elegir la más representativa, es decir la de menor ajuste.

De esta manera por criterio se eligió la función Gumbel; obteniendo mediante un proceso estadístico las precipitaciones máximas para un periodo de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100 y 200 años.

Dichas precipitaciones sirvieron para construir las curvas IDF, según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, para duraciones según lo especificado en la tabla N°1, y los diferentes periodos de retorno anteriormente mencionados.

### 3.5.2.4. Análisis hidrológico.

La información sobre las precipitaciones registradas en 24 horas en la zona de estudio se obtuvo de la estación Jaén. La estación mide las tormentas con pluviómetros con lecturas cada 24 horas. El análisis estadístico consiste en obtener los parámetros de tendencia central, desviación estándar y asimetría, tomando como muestra las precipitaciones máximas en 24 horas, en cada uno de los registros históricos.

**Tabla N° 12:** Precipitaciones máximas en 24 horas. Estación Jaén.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP MAX.
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	72.94
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	58.46
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	56.98
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	38
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	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	76.25
1999	24.97	73.60	17.34	16.95	20.36	17.86	5.91	6.16	27.57	24.92	23.13	44.23	73.6
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	75.14
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	77.94
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	38.37
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	54.34
2004	7.50	6.80	17.70	30.60	38.10	18.00	2.40	7.20	17.00	19.40	18.20	12.00	38.1
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	78.5
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	38.7
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	45.9
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	77.48
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	59.48
2010	16.60	32.80	5.50	41.50	12.50	13.30	4.00	22.90	10.70	24.00	12.10	30.00	41.5
2011	25.50	39.50	48.90	39.80	70.60	4.50	21.80	5.80	2.50	30.80	23.50	38.70	70.6
2012	23.80	32.60	22.50	27.50	7.80	17.00	6.40	6.80	5.20	26.00	23.20	12.20	32.6
2013	9.40	47.00	10.30	18.80	12.90	9.00	6.40	7.40	14.00	56.90	0.70	18.60	56.9

Fuente: Oficina General de Estadística e Informática – SENAMHI

### 3.5.2.5. Análisis probabilístico.

El análisis probabilístico se basa en resultados estadísticos obtenidos de la sección anterior. Para la estación Jaén se probarán modelos de distribución probabilística como: normal, log. normal 2 parámetros, log. normal 3 parámetros y Gumbel.

En el desarrollo de la Estación Jaén, se seleccionó como mejor modelo a aquella distribución que tuviera el menor valor de la desviación estándar del error, procedimiento que se conoce como prueba de bondad de ajuste. El resultado del análisis probabilístico son las tormentas de diseño en 24 horas para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100 y 200 años, según la siguiente tabla:

**Tabla N° 13: Análisis Probabilístico.**

DATOS	Probabilidad de excedencia F(x)					Diferencia Delta D			
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Normal	LN2	LN3	Gumbel
1	0.0455	0.0996	0.1210	0.1423	0.1339	0.0541	0.0755	0.0969	0.0884
2	0.0909	0.1056	0.1265	0.1470	0.1392	0.0146	0.0356	0.0560	0.0482
3	0.1364	0.1106	0.1313	0.1509	0.1436	0.0257	0.0051	0.0145	0.0073
4	0.1818	0.1251	0.1446	0.1619	0.1562	0.0567	0.0372	0.0200	0.0256
5	0.2273	0.1392	0.1576	0.1724	0.1684	0.0880	0.0696	0.0548	0.0589
6	0.2727	0.1606	0.1773	0.1883	0.1867	0.1122	0.0954	0.0844	0.0860
7	0.3182	0.1703	0.1863	0.1955	0.1951	0.1478	0.1319	0.1227	0.1230
8	0.3636	0.2080	0.2212	0.2234	0.2276	0.1557	0.1424	0.1403	0.1361
9	0.4091	0.3414	0.3504	0.3272	0.3478	0.0677	0.0587	0.0819	0.0612
10	0.4545	0.4399	0.4528	0.4136	0.4450	0.0147	0.0017	0.0409	0.0095
11	0.5000	0.4639	0.4789	0.4365	0.4701	0.0361	0.0211	0.0635	0.0299
12	0.5455	0.4990	0.5177	0.4714	0.5077	0.0464	0.0278	0.0740	0.0377
13	0.5909	0.5009	0.5198	0.4734	0.5098	0.0900	0.0711	0.1175	0.0811
14	0.6364	0.5412	0.5654	0.5160	0.5546	0.0951	0.0710	0.1204	0.0818
15	0.6818	0.5615	0.5886	0.5384	0.5777	0.1203	0.0932	0.1434	0.1041
16	0.7273	0.7445	0.8061	0.7770	0.8004	0.0172	0.0789	0.0497	0.0731
17	0.7727	0.8210	0.8936	0.8908	0.8928	0.0483	0.1208	0.1180	0.1201
18	0.8182	0.8491	0.9227	0.9299	0.9235	0.0309	0.1045	0.1117	0.1054
19	0.8636	0.8613	0.9345	0.9455	0.9360	0.0024	0.0709	0.0818	0.0723
20	0.9091	0.8656	0.9386	0.9507	0.9402	0.0435	0.0295	0.0416	0.0311
21	0.9545	0.8690	0.9418	0.9547	0.9435	0.0855	0.0128	0.0002	0.0111

Normal	LN2	LN3	Gumbel
0.15566	0.14240	0.14340	0.13607
VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO	VERDADERO
<b>0.2968</b>			

Los datos se ajustan a la función Gumbel, siendo este dato Delta teórico 0.13607 menor al delta tabular 0.2968.

ESTACIÓN ARIAL CUENCA JAEN	
T R	PRECIP. MÁX LN3
2	57.28
5	72.57
10	82.69
20	92.40
30	97.99
50	104.97
100	114.39
200	123.77

**Tabla N° 14:** Tormenta de diseño en 24 horas.

ESTACIÓN CUENCA JAEN	
T R	PRECIP. MÁX LN3
2	57.28
5	72.57
10	82.69
20	92.40
25	95.48
30	97.99
50	104.97
100	114.39
200	123.77

El periodo de retorno igual a 2, representa a eventos ordinarios; es decir, que se repiten cada 2 años. En cambio, un evento extraordinario con un periodo de retorno de 25 años según la norma O.S. 0.60 (Drenaje Pluvial Urbano), especificada en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

### 3.5.2.6. Intensidad de lluvia.

Contar con registros pluviométricos permite obtener intensidades grandes que generalmente se presentan en intervalos cortos, para lo cual hemos tomado un modelo la tabla del Manual Hidrología, Hidráulica y Drenaje, como se presenta a continuación:

**Tabla N° 15:** Intensidades máximas (mm/h). Estación Jaén.

T R	P (mm)	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	48
		0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.73	0.79	0.83	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.32
2	57.3	14.3	8.9	7.3	6.3	5.7	5.3	4.6	4.2	3.8	3.4	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	1.6
5	72.6	18.1	11.2	9.2	8.0	7.3	6.8	5.8	5.3	4.8	4.3	3.9	3.6	3.4	3.2	3.0	2.0
10	82.7	20.7	12.8	10.5	9.1	8.3	7.7	6.6	6.0	5.4	4.9	4.5	4.1	3.8	3.6	3.4	2.3
20	92.4	23.1	14.3	11.7	10.2	9.2	8.6	7.4	6.7	6.1	5.5	5.0	4.6	4.3	4.1	3.9	2.5

25	95.5	23.9	14.8	12.1	10.5	9.5	8.9	7.6	7.0	6.3	5.7	5.2	4.8	4.4	4.2	4.0	2.6
30	98.0	24.5	15.2	12.4	10.8	9.8	9.1	7.8	7.2	6.5	5.8	5.3	4.9	4.6	4.3	4.1	2.7
50	105.0	26.2	16.3	13.3	11.5	10.5	9.8	8.4	7.7	6.9	6.2	5.7	5.2	4.9	4.6	4.4	2.9
100	114.4	28.6	17.7	14.5	12.6	11.4	10.7	9.2	8.4	7.5	6.8	6.2	5.7	5.3	5.0	4.8	3.1
200	123.8	30.9	19.2	15.7	13.6	12.4	11.6	9.9	9.0	8.1	7.3	6.7	6.2	5.8	5.5	5.2	3.4

Con la sección anterior, tomando como base la tabla N°1, se hizo una transposición de intensidades (mm/hr), para la cuenca urbana; del área en estudio, como se presenta a continuación:

### 3.5.2.6.1. Cuenca urbana:

Micro Cuenca : Jaén

Altitud: 618 m

Altitud Media : 721.00 m.s.n.m.

$$I_2 = I_1 \times \frac{(H_{media})}{H_1}$$

Donde:

I<sub>2</sub>: Intensidad de la micro cuenca.

H<sub>media</sub>: De la micro cuenca.

I<sub>1</sub>: Intensidad de la estación Jaén.

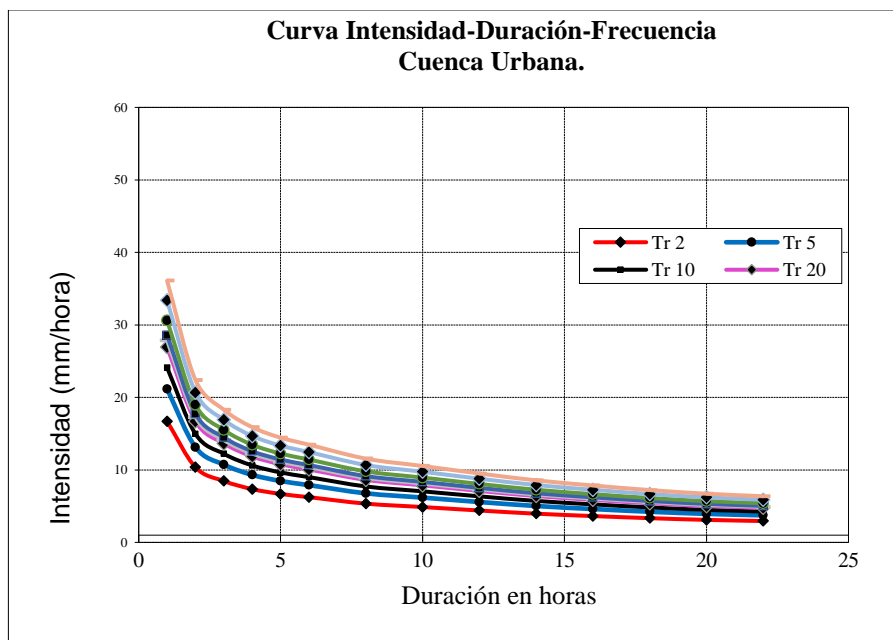
H<sub>1</sub>: Altura de la estación Jaén.

**Tabla N° 16:** Transposición de intensidades a la cuenca urbana (mm/hr).

T R	P (mm)	1	2	3	4	5	6	7
		0.25	0.31	0.38	0.44	0.5	0.56	0.63
2	51.79	16.71	10.36	8.46	7.35	6.68	6.24	5.8
5	69.47	21.17	13.12	10.72	9.31	8.47	7.90	7.4
10	81.17	24.12	14.95	12.22	10.61	9.65	9.00	8.4
20	92.40	26.95	16.71	13.65	11.86	10.78	10.06	9.4
30	98.86	28.58	17.72	14.48	12.57	11.43	10.67	10.0
50	106.93	30.62	18.98	15.51	13.47	12.25	11.43	10.6
100	117.82	33.36	20.68	16.90	14.68	13.34	12.46	11.2
200	128.67	36.10	22.38	18.29	15.88	14.44	13.48	11.8

T R	P (mm)	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	48
		0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.73	0.79	0.83	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.32
2	57.3	16.7	10.4	8.5	7.4	6.7	6.2	5.3	4.9	4.4	4.0	3.6	3.3	3.1	2.9	2.8	1.8
5	72.6	21.2	13.1	10.7	9.3	8.5	7.9	6.8	6.2	5.6	5.0	4.6	4.2	3.9	3.7	3.5	2.3
10	82.7	24.1	15.0	12.2	10.6	9.6	9.0	7.7	7.0	6.4	5.7	5.2	4.8	4.5	4.3	4.0	2.7
20	92.4	27.0	16.7	13.7	11.9	10.8	10.1	8.6	7.9	7.1	6.4	5.9	5.4	5.0	4.8	4.5	3.0
25	95.5	27.8	17.3	14.1	12.3	11.1	10.4	8.9	8.1	7.3	6.6	6.1	5.6	5.2	4.9	4.6	3.1

30	98.0	28.6	17.7	14.5	12.6	11.4	10.7	9.1	8.3	7.5	6.8	6.2	5.7	5.3	5.0	4.8	3.1
50	105.0	30.6	19.0	15.5	13.5	12.2	11.4	9.8	8.9	8.1	7.3	6.7	6.1	5.7	5.4	5.1	3.4
100	114.4	33.4	20.7	16.9	14.7	13.3	12.5	10.7	9.7	8.8	7.9	7.3	6.7	6.2	5.9	5.6	3.7
200	123.8	36.1	22.4	18.3	15.9	14.4	13.5	11.6	10.5	9.5	8.6	7.9	7.2	6.7	6.4	6.0	4.0



**Gráfica N° 1:** Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia. Cuenca urbana.

### 3.5.2.7. Cuenca urbana Hidrograma de Diseño

Con el software Hidroesta se halló la ecuación que más se ajusta, haciendo una regresión simple, la cual nos sirvió para realizar un hidrograma de diseño.

- Cálculos con ecuaciones de Regresión simple.

**Tabla N° 17:** Pares de datos X; Y.

▪ Ecuaciones de ajuste de pares de datos:

**Tabla N° 18:** Ajuste de pares de datos.

Pares	X	Y
1	1.0	27.84831571
2	2.0	17.26595574
3	3.0	14.10981329
4	4.0	12.25325891
5	5.0	11.13932628
6	6.0	10.39670453
7	8.0	8.91146103
8	10.0	8.13170819
9	12.0	7.3333898
10	14.0	6.60402915
11	16.0	6.05700867
12	18.0	5.56966314
13	20.0	5.17978672
14	22.0	4.91143023
15	24.0	4.64138595
16	48.0	3.06331473

Tipo	Ecuación	R	R <sup>2</sup>
Lineal	$Y = 14.4633693 - 0.3661848 * X$	-0.69945	0.48923
Exponencial	$Y = 14.2909342 * (0.9590713)^X$	-0.88124	0.77659
Potencial	$Y = 26.9575913 * X^{(-0.5462491)}$	-0.99756	0.99512

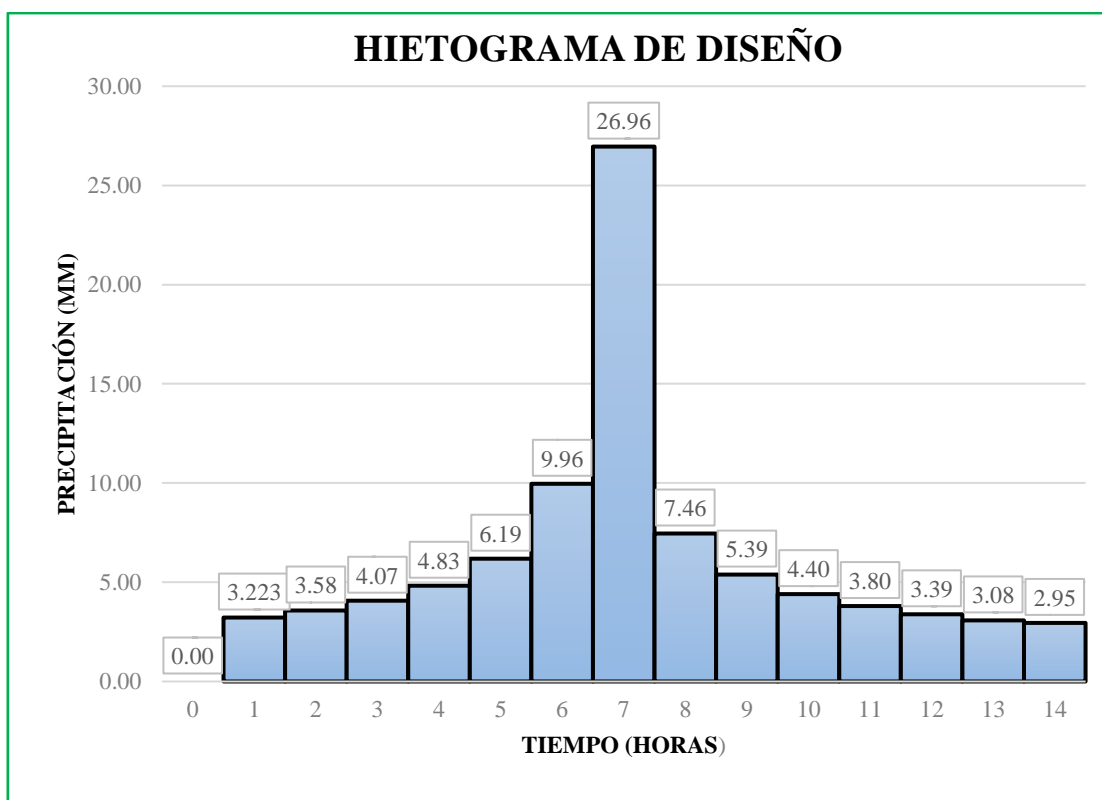
### 3.5.2.7.1. Hietograma método del bloque alterno.

$$Y = 26.9575913 * X^{(-0.5462491)}$$

**Tabla N° 19:** Tabla para el Hietograma de diseño.

t (horas)	I (mm/h)	PP (mm) acumulada	PP (mm) intervalo	PP (mm) ordenado
0	0	0	0	0
1	26.96	26.96	26.96	3.22
2	18.46	36.92	9.96	3.58
3	14.79	44.38	7.46	4.07
4	12.64	50.57	6.19	4.83
5	11.19	55.96	5.39	6.19
6	10.13	60.78	4.83	9.96

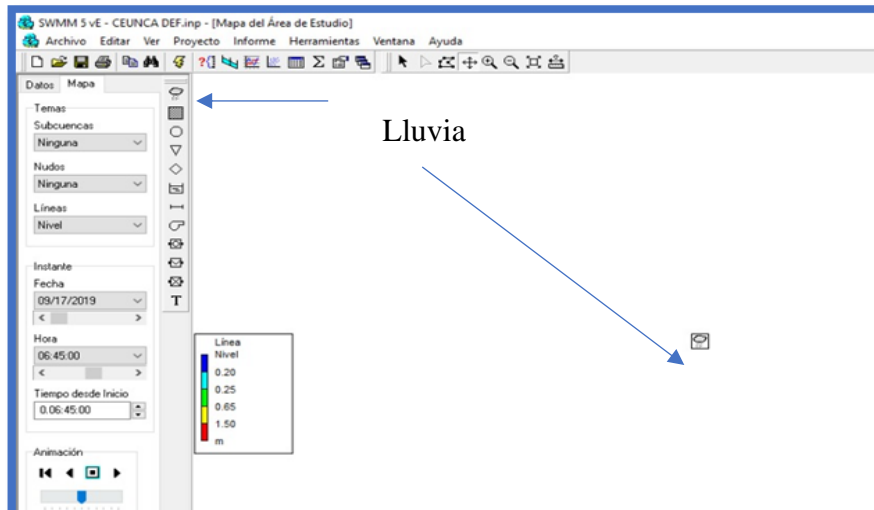
7	9.31	65.18	4.40	26.96
8	8.66	69.26	4.07	7.46
9	8.12	73.06	3.80	5.39
10	7.66	76.64	3.58	4.40
11	7.27	80.02	3.39	3.80
12	6.94	83.25	3.22	3.39
13	6.64	86.32	3.08	3.08
14	6.38	89.28	2.95	2.95



**Gráfica N° 2:** Gráfico Hietograma de diseño.

Este hietograma de diseño nos sirvió para el pluviograma (característica propia del programa para simular la intensidad de lluvia en la cuenca urbana), en el software SWMM. Con este comando ingresamos nuestro hietograma de diseño, el cual nos sirvió para la simulación de la lluvia.





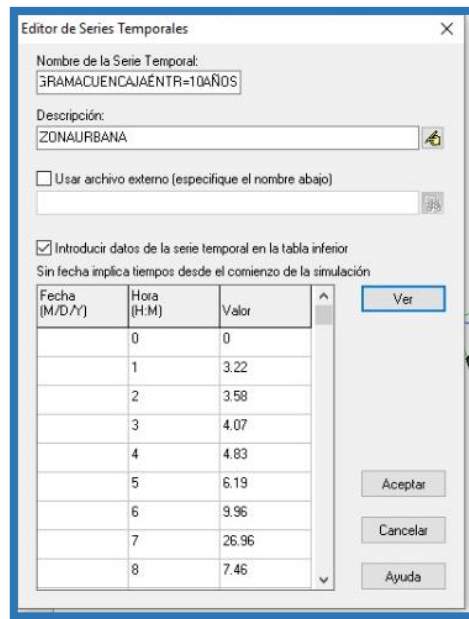
**Figura N° 7:** Simulación de lluvia.

En esta sección del comando lluvia, se modificará el nombre de la serie, y además nos sirve para acceder a una nueva ventana.

Propiedad	Valor
Nombre	Pluv-1
Coordenada X	742058.343
Coordenada Y	9368034.652
Descripción	
Marca	
Formato de lluvia	VOLUME
Intervalo de lluvia	1:00
Factor de corrección de	1.0
Origen de datos	TIMESERIES
<b>SERIE TEMPORAL:</b>	
- Nombre de la Serie	HIETOGRAMACUEN
<b>ARCHIVO:</b>	
- Nombre del Fichero	*
- ID Estación	*
- Unidades de lluvia	MM

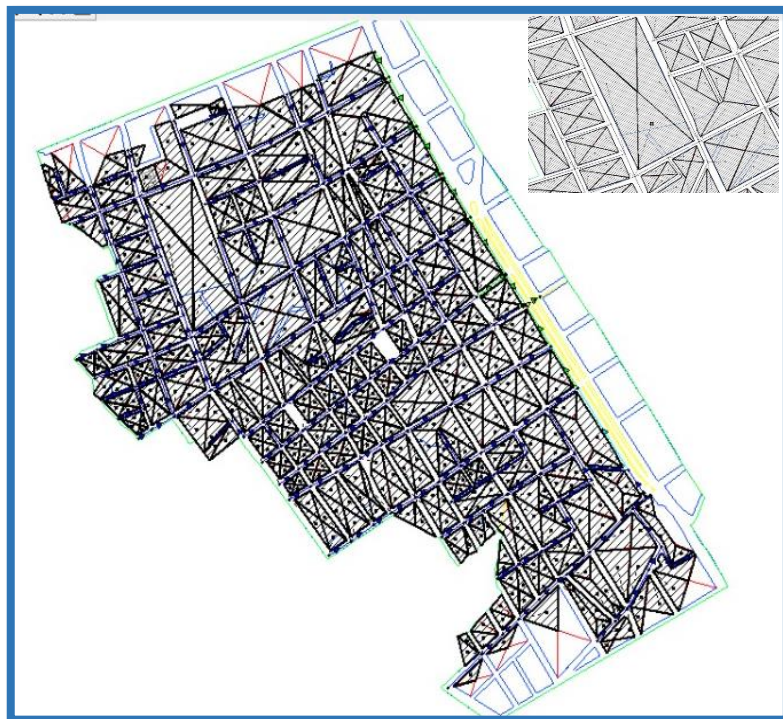
**Figura N° 8:** Parámetros del pluviómetro.

En esta sección del comando lluvia, se ingresó los valores del hietograma de diseño con un intervalo de tiempo de una hora. Con esto se obtuvo la parte hidrológica.



**Figura N° 9:** Editor para ingresar los valores del hietograma de diseño.

En esta sección se exporto la cuenca urbana del AutoCAD, divididas en subcuencas por el método de las diagonales para cada manzana; al SWMM con formato metafile (\*.wmf) y se georreferenció, para posteriormente dibujar la subcuenca urbana. Esto se logró gracias al comando **subcuenca**.



**Figura N° 10:** Trazado de las subcuencas de cada manzana del área en estudio.

En esta sección del comando subcuenca, se precisó los parámetros para cada subcuenca, y a la misma vez se enlazo cada intersección de las calles (nodos) del área en estudio, por el método de infiltración.



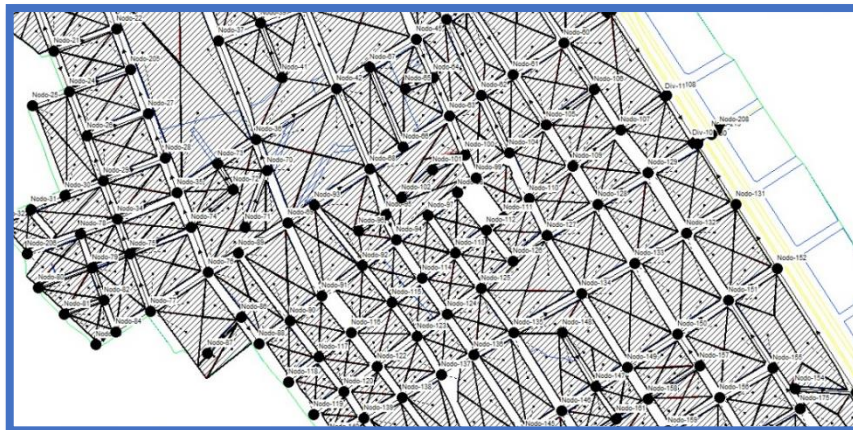
Propiedad	Valor
Nombre	Sc-79
Coordenada X	742534.731
Coordenada Y	9367747.885
Descripción	
Marca	
Pluviómetro	Pluv-1
Descarga	Nodo-35
Área	0.617
Ancho	100.02
Pendiente (%)	1
Área impermeable (%)	90
Coef. n (Impermeable)	0.014
Coef. n (Permeable)	0.13
Alm. Dep. (Impermeable)	1.25
Alm. Dep. (Permeable)	3.5
(%) Área Imperm. sin Alm	25
Flujo entre subáreas	OUTLET
(%) escorrentía transport	100
Infiltración	CURVE_NUMBE

Pluviómetro asignado a la cuenca

**Figura N° 11:** Ventana de parámetros para la subcuenca.

En esta sección se utilizó el comando conexión, el cual nos sirvió para unir el flujo de las calles que interceptan en las esquinas de cada manzana.

En si las conexiones son nudos del sistema de drenaje donde se conectan diferentes líneas entre sí. Físicamente pueden representar la confluencia de canales (calles).



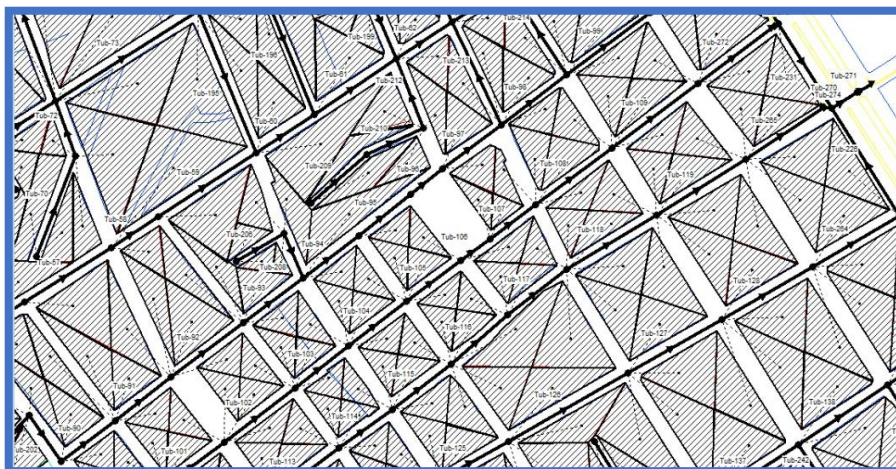
**Figura N° 12:** Nodos o intersección de las calles.

En esta ventana del comando conexión se ingresó la cota de fondo de las intercepciones de las calles, del área en estudio.

Nudo Nudo-68	
Propiedad	Valor
Nombre	Nudo-68
Coordenada X	742740.384
Coordenada Y	9367680.480
Descripción	
Marca	
Aportes	NO
Tratamiento	NO
Cota del fondo	741.87
Profundidad Máxima	0
Nivel inicial	0
Altura de Sobrepresión	0
Área de inundación	0
Nivel inicial del agua en la conexión (m)	

**Figura N° 13:** Ventana del comando conexión.

En esta sección se trabajó con el comando conducto, con el cual se dibujó las diferentes calles del área en estudio, uniendo de un nodo a otro nodo, teniendo en cuenta la dirección del flujo de la escorrentía superficial.



**Figura N° 14:** Conductos de las calles.

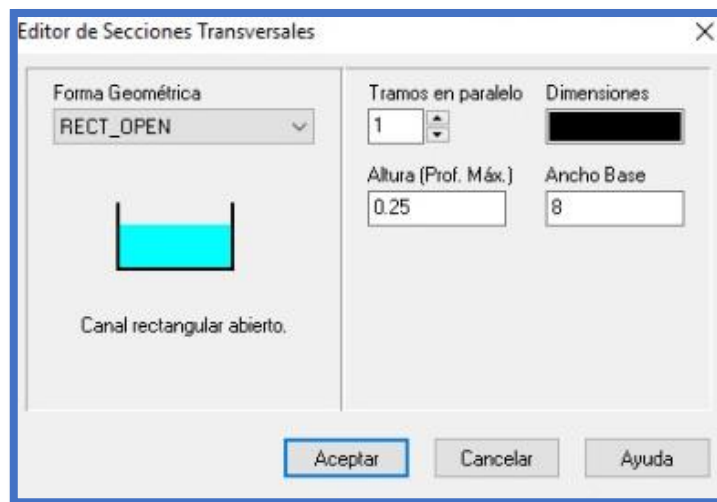


En esta ventana del comando conducto se ingresó, algunos datos necesarios para el modelamiento.















**Figura N° 15:** Ventana para editar la geometría del conducto.

En esta ventana se ingresó y se editó la sección del canal característico de cada calle, del área en estudio.



**Figura N° 16:** Ventana editor de la sección del conducto.

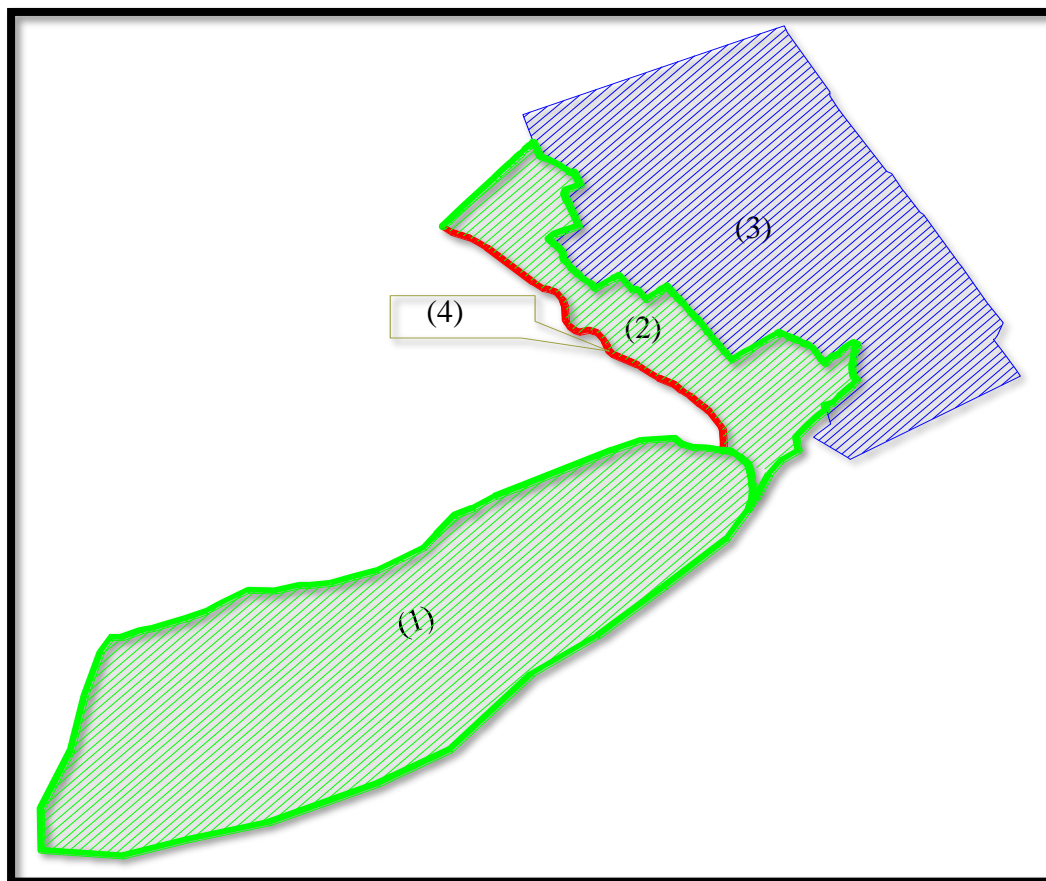
**3.5.2.7.2. Simbología de la sección de comandos del SWMM.**

	Lluvia
	Subcuenca
	Conexión
	Vertido
	Divisor
	Depósito
	Conducto
	Bomba
	Orificio
	Vertedero
	Descarga
	Etiqueta de texto

**Figura N° 17:** Simbología y terminología de comandos del SWMM.

## IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados del estudio, clasificando según su nivel importancia a cada uno de los factores intervinientes en el colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro de la cuadra 6 a la cuadra 11. Además, se está exponiendo como cada factor afecta al área en estudio, detallando sus causas y sus consecuencias. La zona de estudio estuvo conformada por la avenida Mesones Muro de la cuadra 6 a la cuadra 11, y de algunas cuencas urbanas y cuencas de cabecera, como se muestra en la siguiente imagen, de la delimitación del área en estudio.



**Figura N° 18:** Delimitación del área en estudio (Cuencas urbanas y de cabecera.)

Entre los factores encontrados durante el desarrollo y el término de la investigación, y clasificados según su nivel de importancia, tenemos:

**Tabla N° 20:** Factores que intervienen en el colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro.

<b>FACTORES</b>	<b>NIVEL DE IMPORTANCIA</b>
Precipitaciones máximas.	1
Crecimiento poblacional .	2
Planificación urbano desordenado.	3
Impermeabilización de los suelos.	4
Diseño convencional de los sistemas de drenajes existentes.	5
Sedimentos (contaminación de la escorrentía).	6
Topografía accidentada de las cuencas de cabecera.	7

#### **4.1. Factores que intervienen en el colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro.**

##### **4.1.1. Precipitaciones máximas.**

Durante el desarrollo y culminó de la investigación se pudo identificar que uno de los principales factores que interviene en el colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro, son las precipitaciones máximas. Además, se clasificó en la tabla con un nivel de importancia 1, debido a que Jaén por ser una zona tropical y estar ubicado en ceja de selva, está sometido a constantes lluvias en diferentes épocas del año, muestra de ello es el cálculo de las precipitaciones máximas anuales, la cual alcanzó un valor de 78.50 mm, siendo un índice elevado y causando serios problemas, poniendo en peligro a las zonas de las partes bajas de la ciudad.

##### **4.1.2. Crecimiento poblacional.**

Entre otros de los factores encontrados y que también intervienen en el colapso del sistema de drenaje de nuestra área de estudio, está el crecimiento poblacional, debido a que muchas personas de las zonas rurales se desplazan hacia zonas urbanas. Según (Dolz & Gómez, 1994) casi el 50% de la población mundial vive en zonas urbanas, habiéndose incrementando más del 80% en los últimos años. Por ello el crecimiento de la población y con ello mismo el crecimiento desordenado de las ciudades, exigen de notables inversiones en infraestructuras nuevas, siendo muchas de ellas utilizadas diariamente por el ciudadano. Entre las infraestructuras tenemos vías urbanas, zonas verdes, centros hospitalarios, redes para el suministro de fluidos, etc.; las cuales alteran la permeabilización de los suelos.



#### **4.1.3. Crecimiento urbano desordenado.**

Un crecimiento urbano desordenado, es otro factor influyente en el colapso del sistema de drenaje de la avenida en estudio, ya que alteran el ciclo hidrológico de una cuenca natural, trayendo como consecuencia la alteración de los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original, además de la dificultad de desagüe.

#### **4.1.4. Impermeabilización de los suelos.**

El crecimiento acelerado de la población, y con ello el crecimiento urbano desordenado de la ciudad, ha aumentado en los últimos años la impermeabilización de los suelos (disminución de la infiltración superficial), siendo otro de los factores que influyen en el colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro. La impermeabilización de los suelos, trae como consecuencia el aumento del volumen de escorrentía superficial, y con ello el aumento de velocidad de circulación del agua, hacia las partes más bajas como es el sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro, la cual se ve afectada al captar toda la escorrentía de la parte alta, tanto de la cuenca urbana como las cuencas de cabecera, las cuales llegan con mayor caudal punta y mayor fuerza, debido a la disminución del tiempo de concentración de la escorrentía en la superficie.

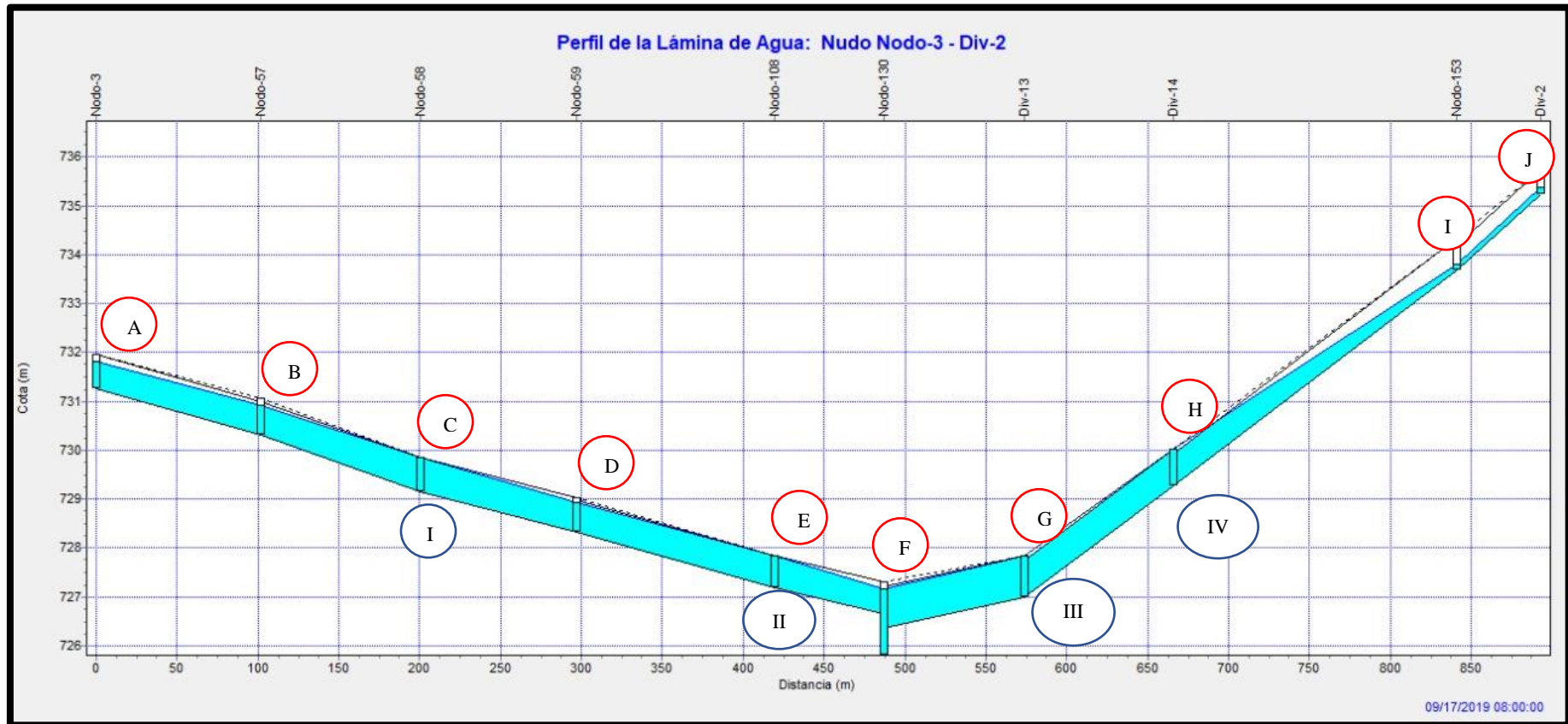
#### **4.1.5. Sedimentos (contaminación de la escorrentía).**

La contaminación de la escorrentía superficial (presencia de sedimentos), es considerada como uno de los factores que influyen en el colapso del sistema de drenaje ya que esta disminuye la eficiencia hidráulica del conducto.

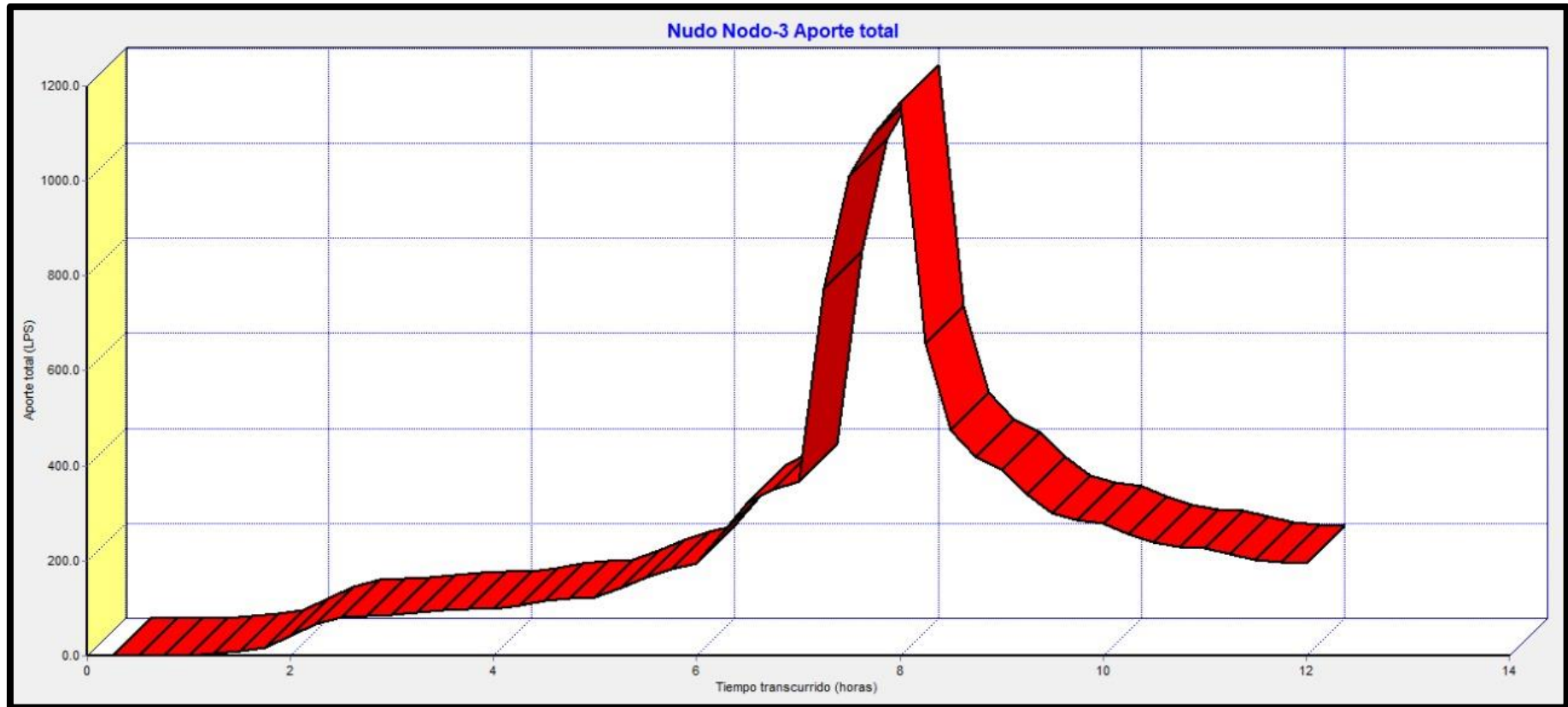
#### **4.1.6. Diseño convencional de los sistemas de drenajes existentes.**

Se habla del diseño convencional de los sistemas de drenajes existentes como uno de los factores influyentes en el colapso del sistema de drenaje, debido a su falta de capacidad de desagüe, ya que fue construido sin tener algún criterio de diseño. A continuación, se presenta unos gráficos, donde nos detalla el volumen de escorrentía acumulado:

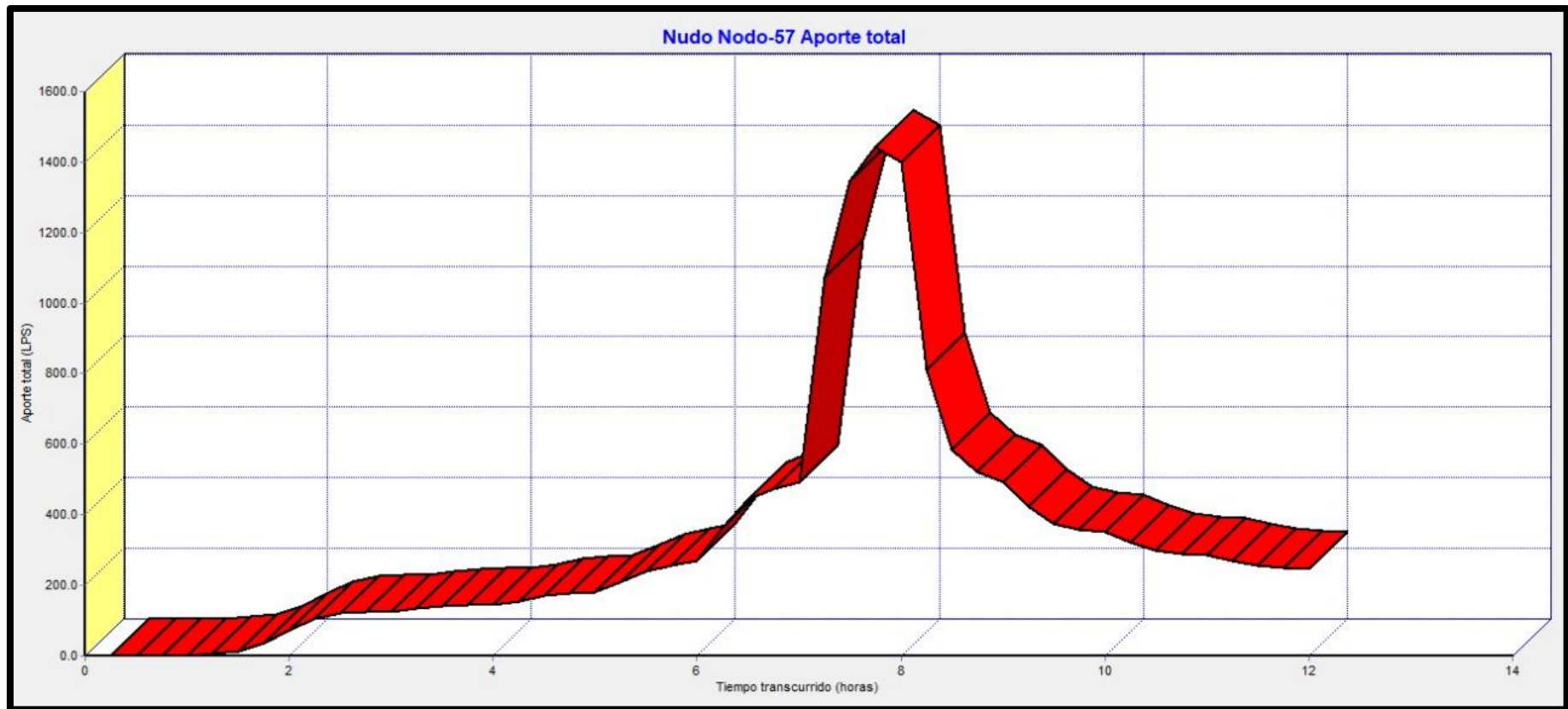
**Modelación del sistema de drenaje considerando las cuencas de cabecera y la cuenca urbana.**



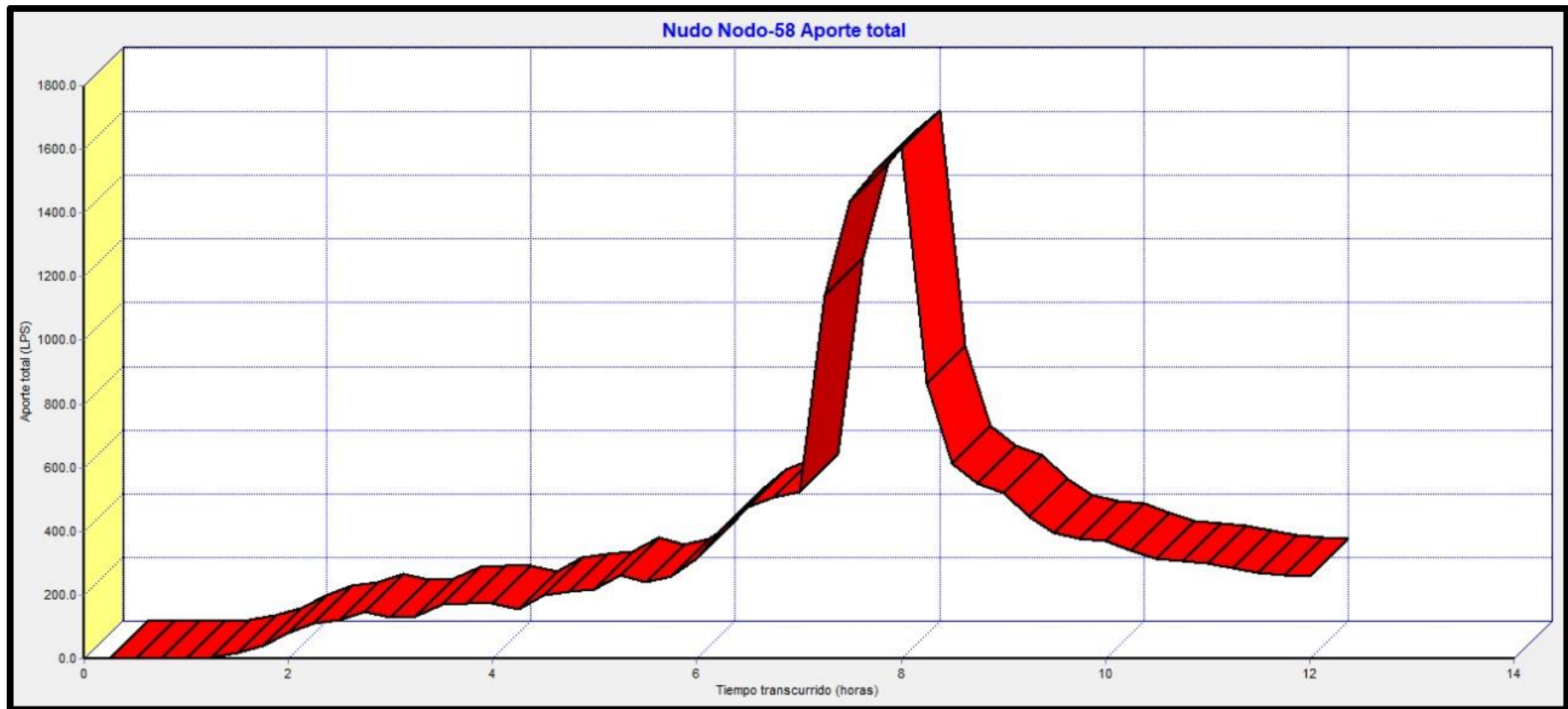
**Gráfica N° 3:** Perfil del volumen de escorrentía acumulada en el sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro de la cuadra 3 a la cuadra 11.



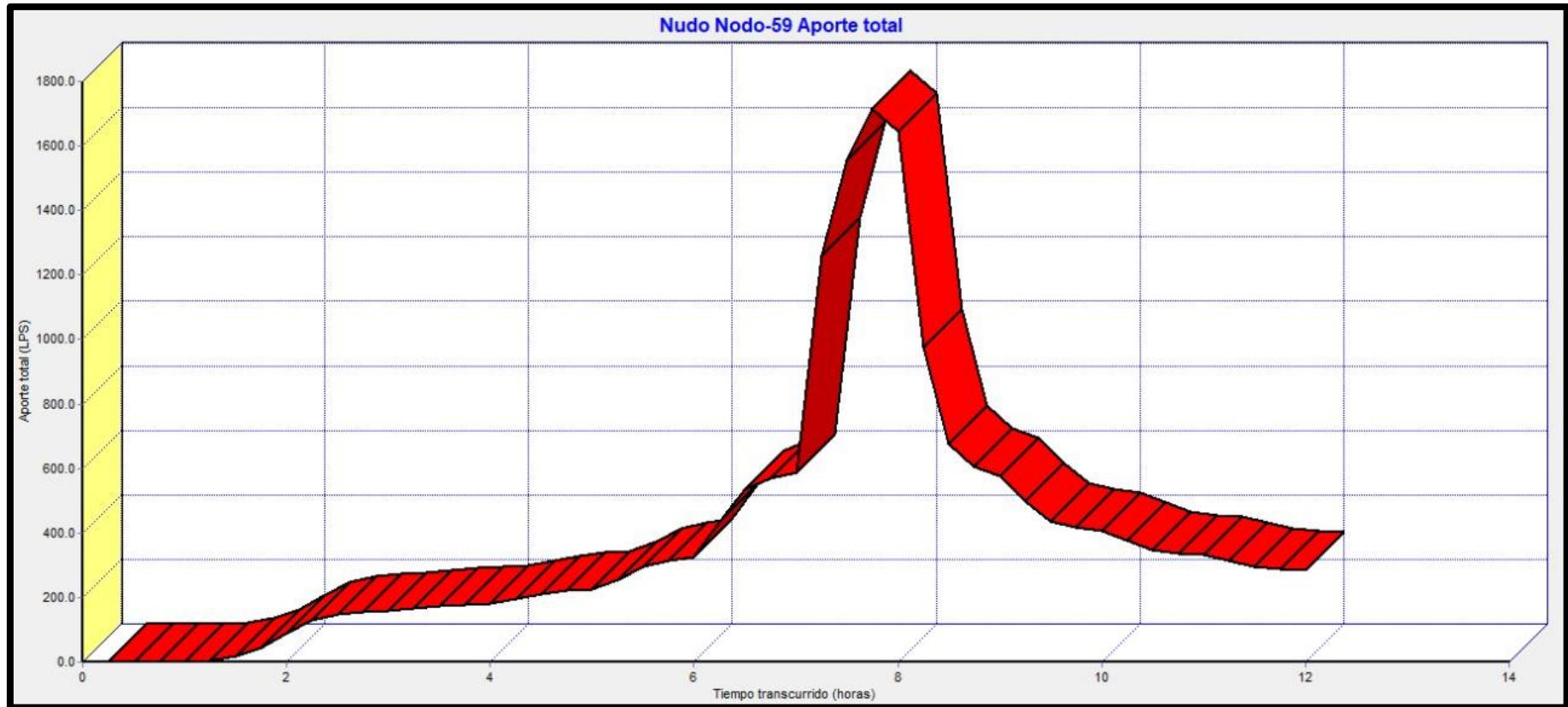
**Gráfica N° 4:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto A.



**Gráfica N° 5:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto B.

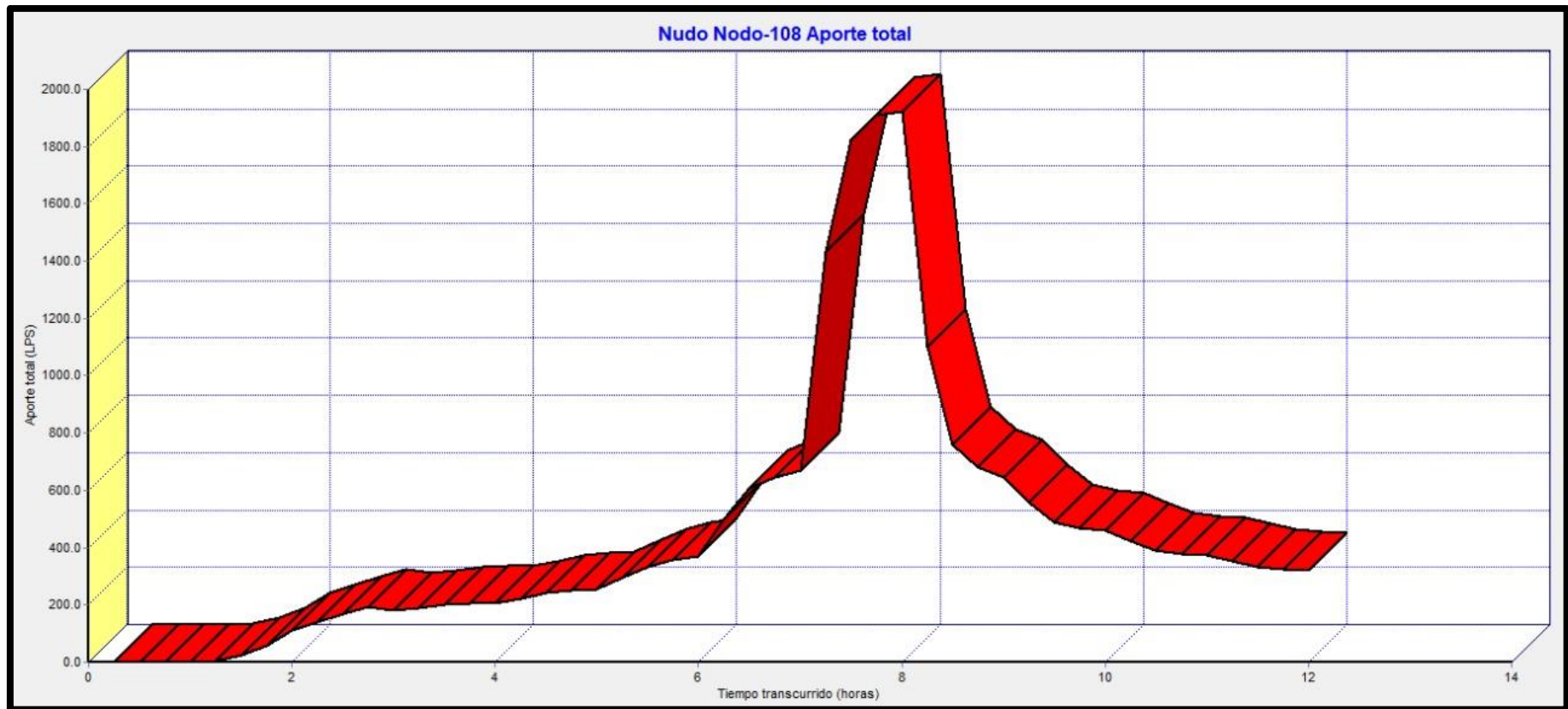


**Gráfica N° 6:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto C.

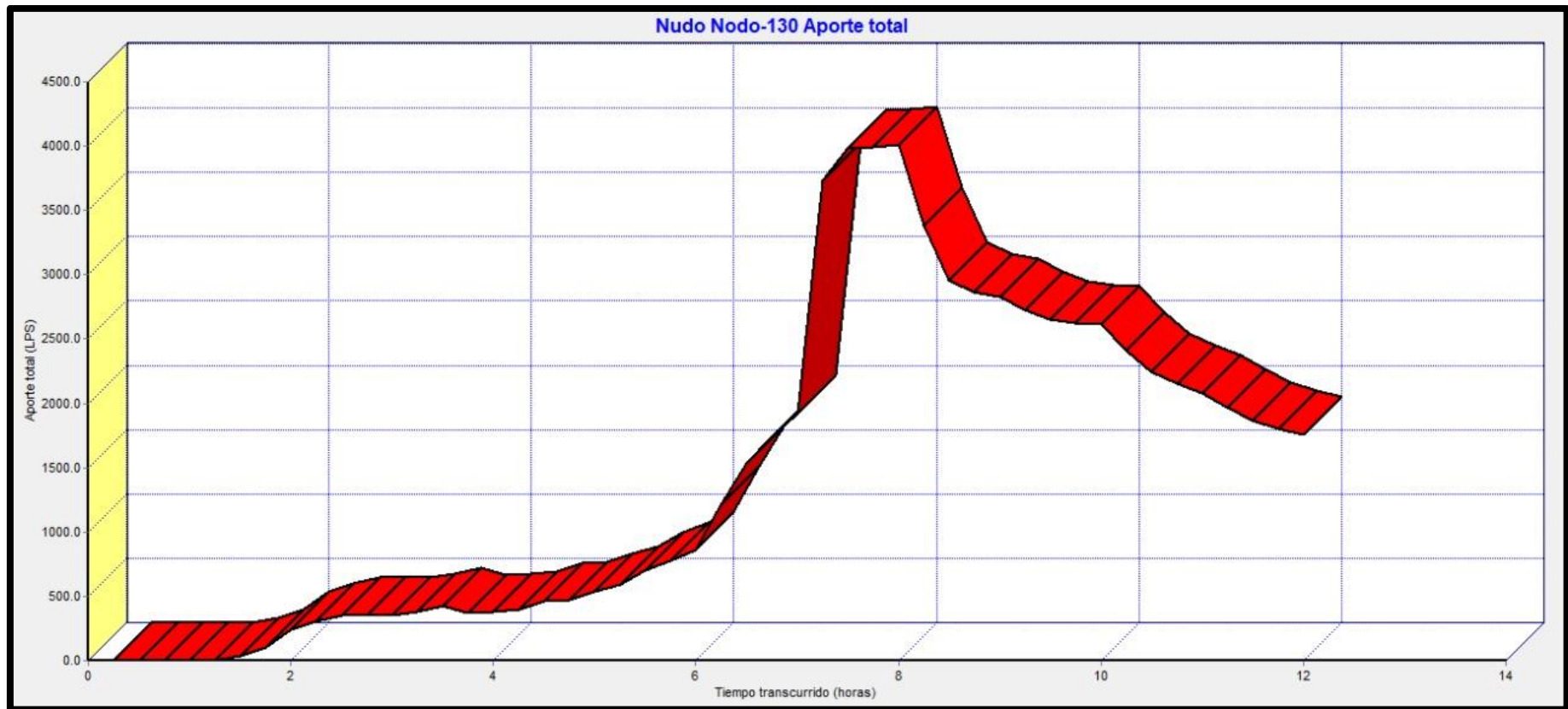


**Gráfica N° 7:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto D.



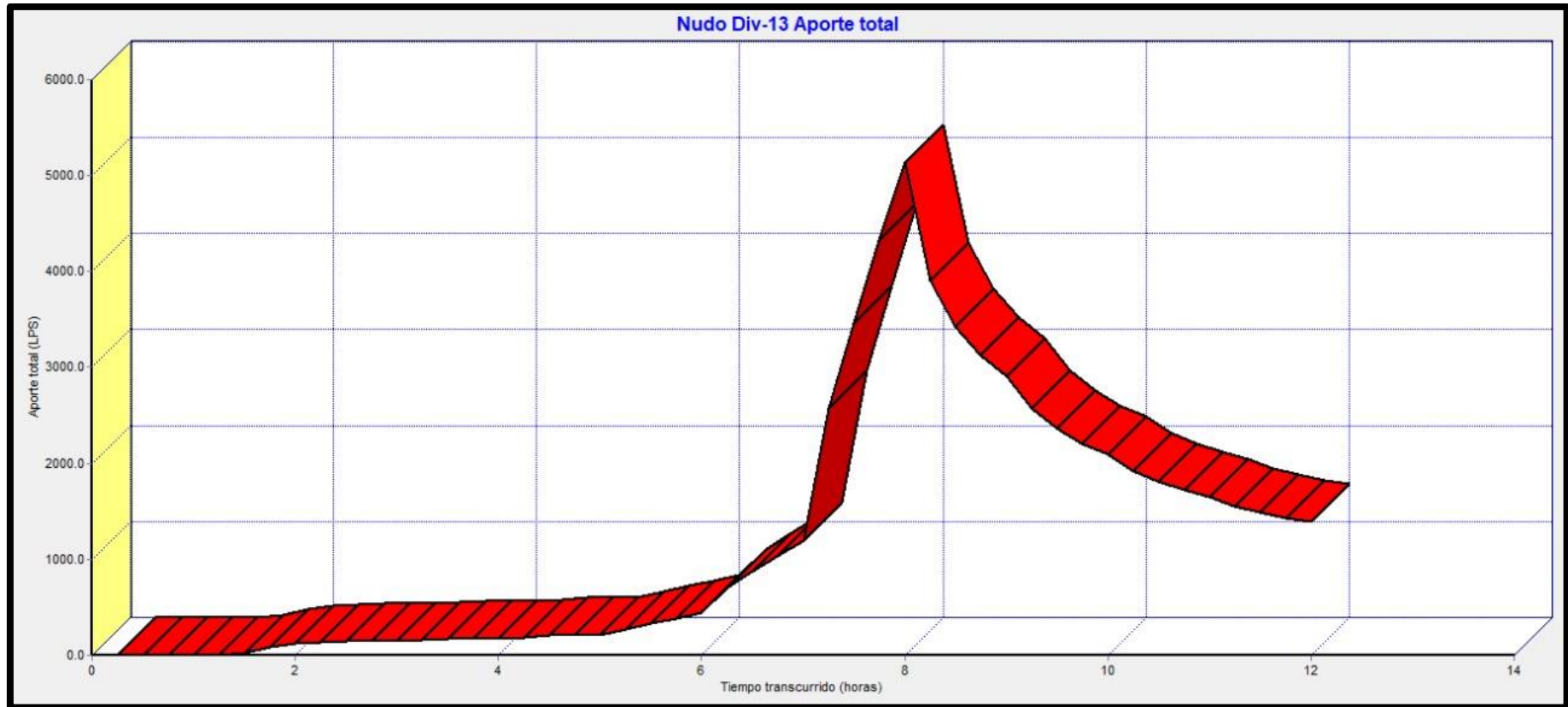


**Gráfica N° 8:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto E.

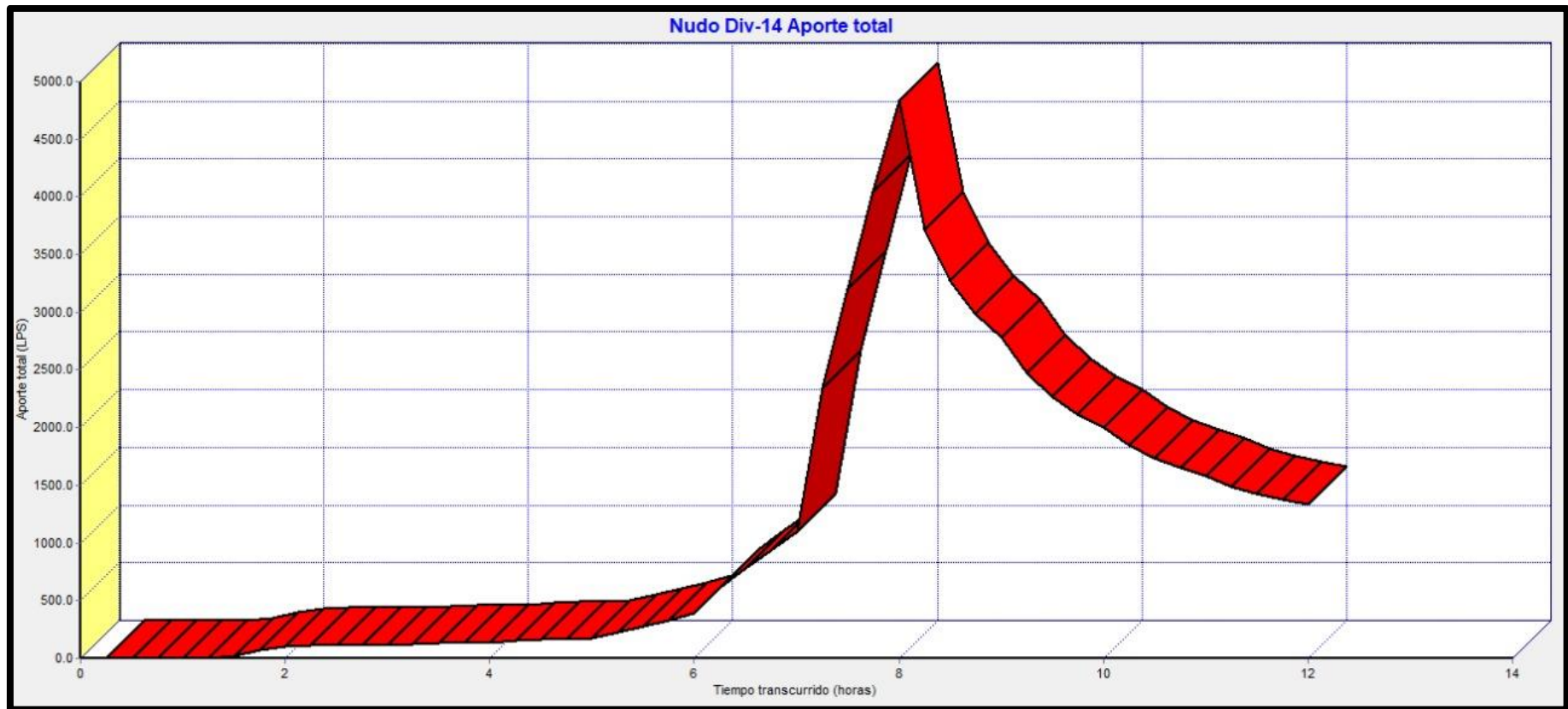


**Gráfica N° 9:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto F.

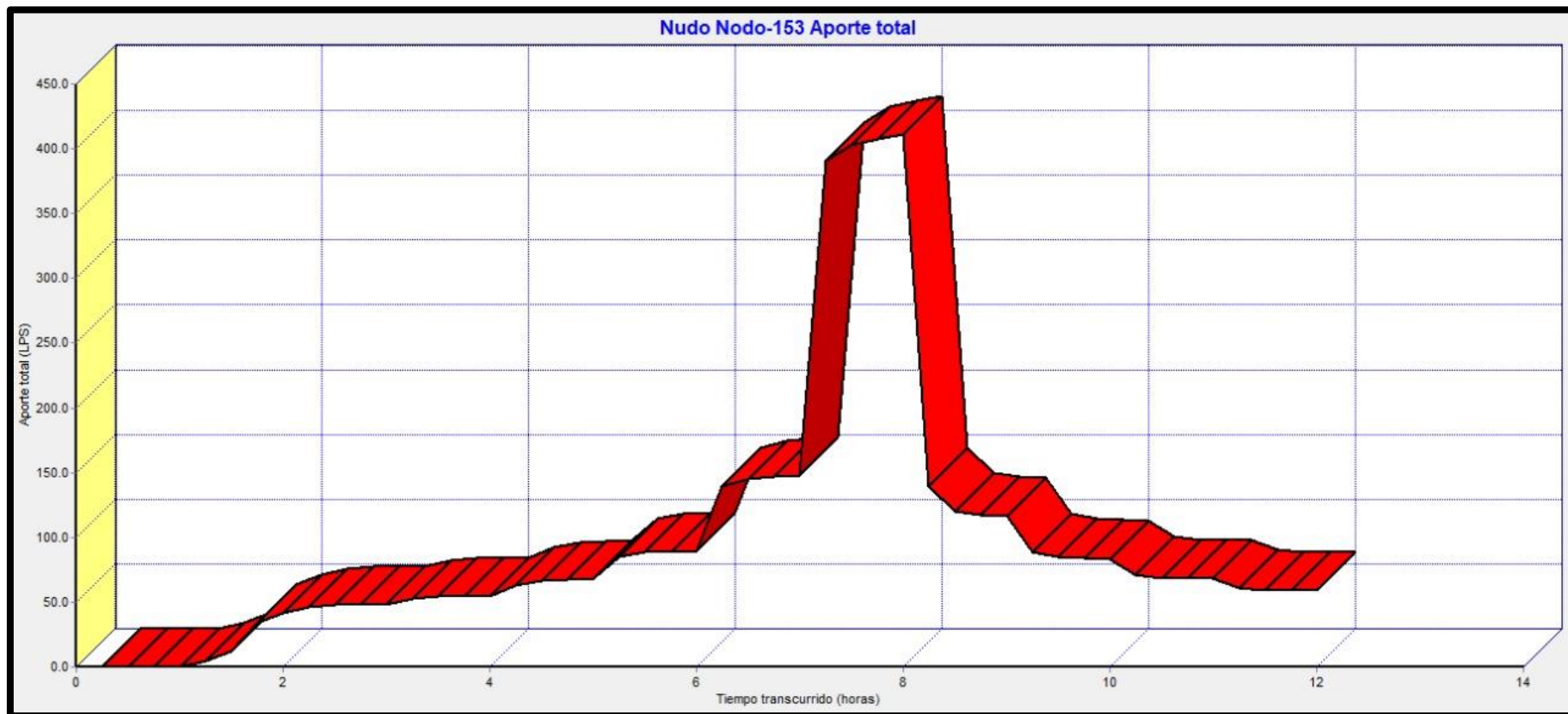




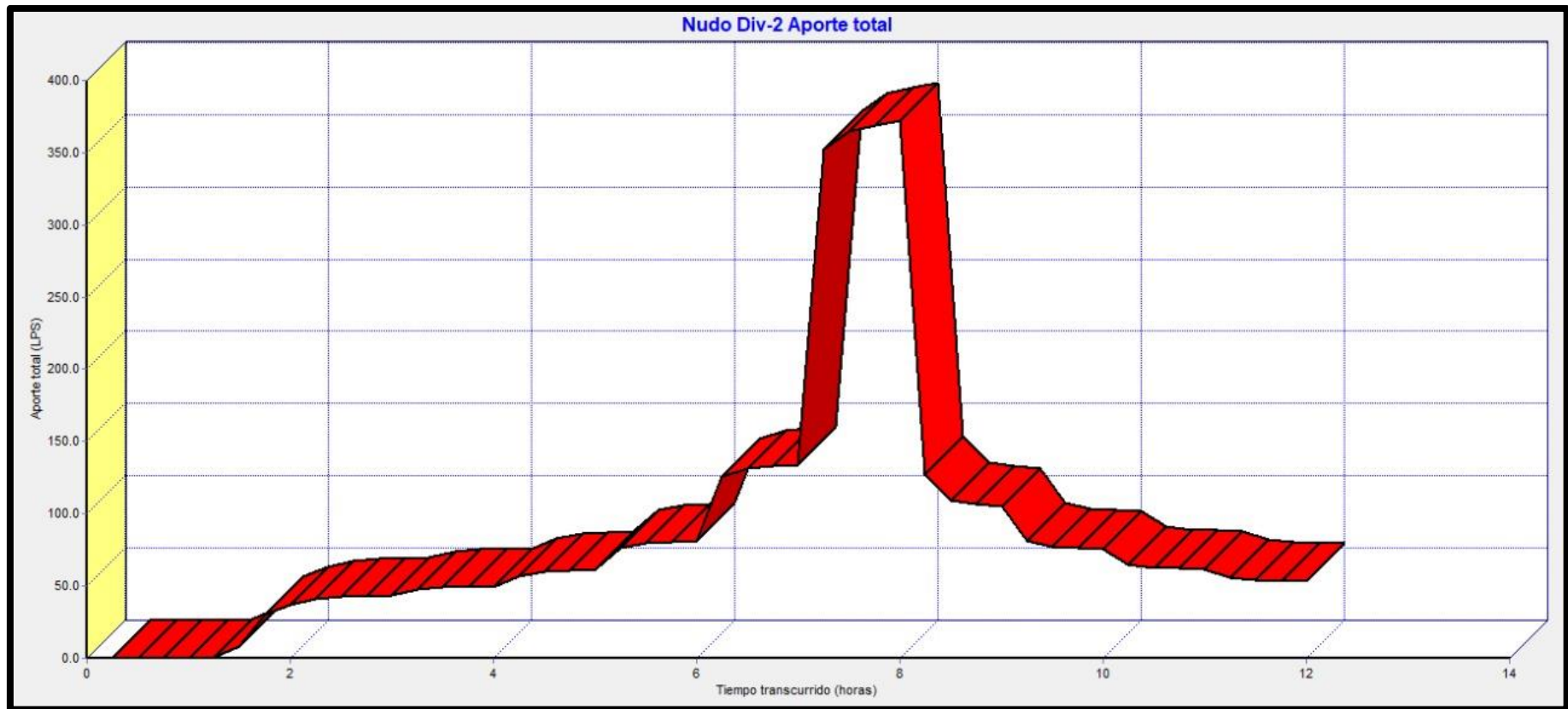
**Gráfica N° 10:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto G.



**Gráfica N° 11:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto H

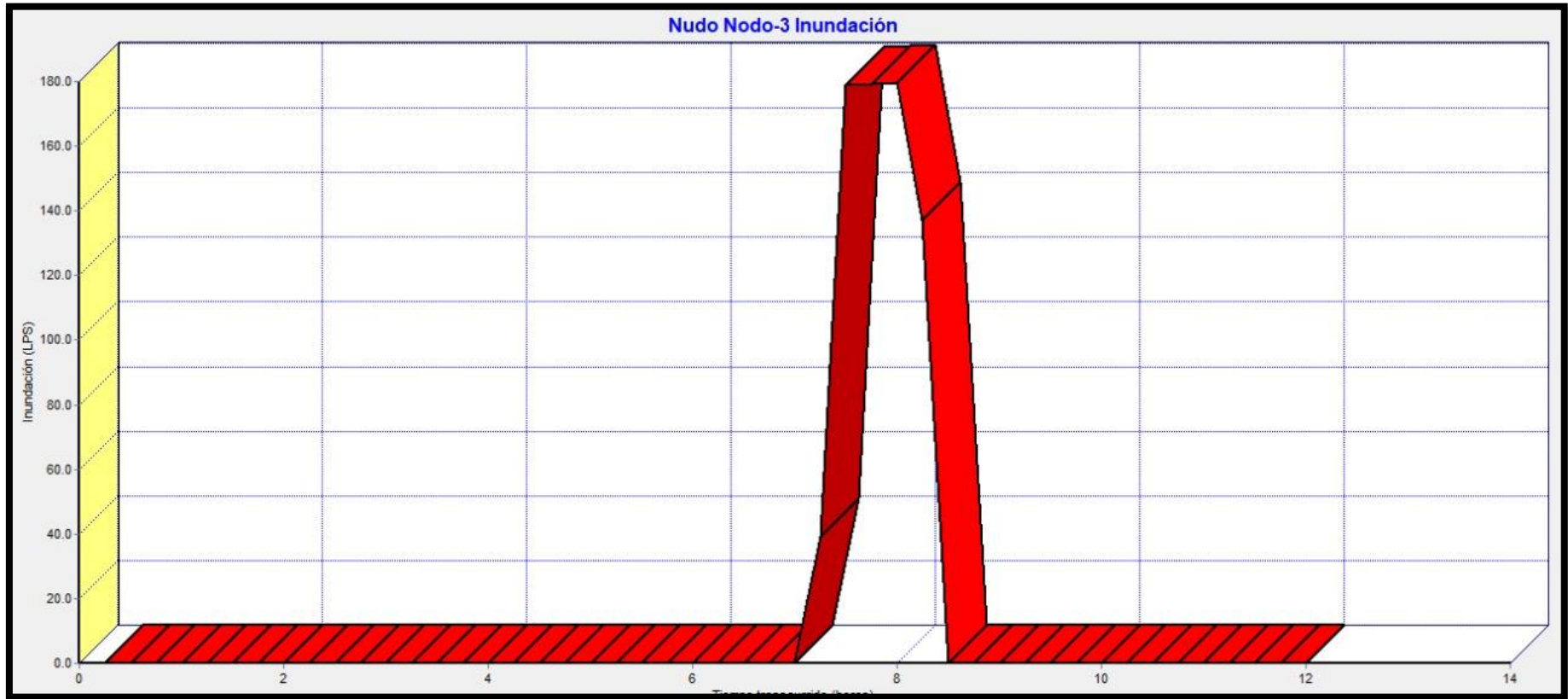


**Gráfica N° 12:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto I.

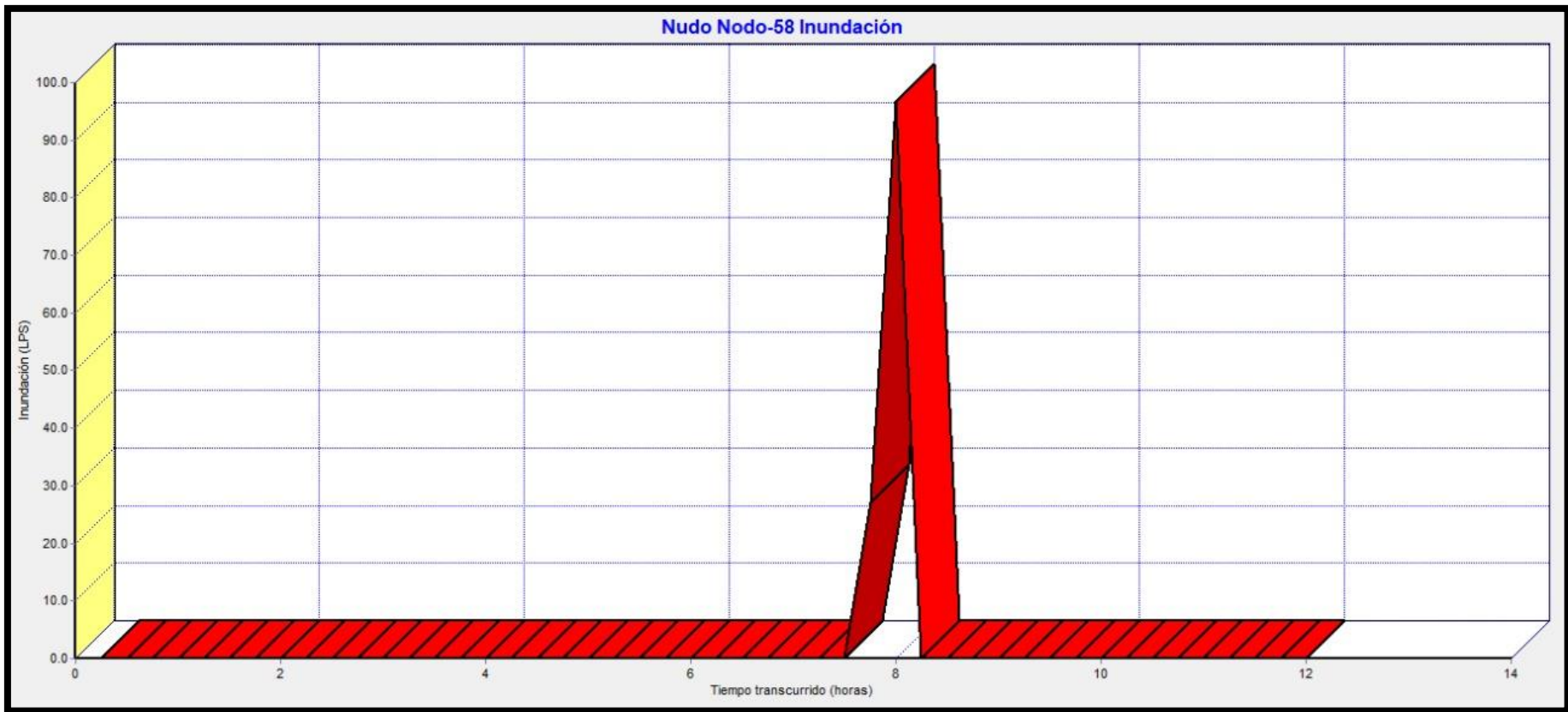


**Gráfica N° 13:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto J.

En esta sección se presentan gráficos de la inundación (excedencia de volumen de esorrentía que sobrepasa la altura del drenaje), presente en cuatro puntos críticos, ya antes mencionados.

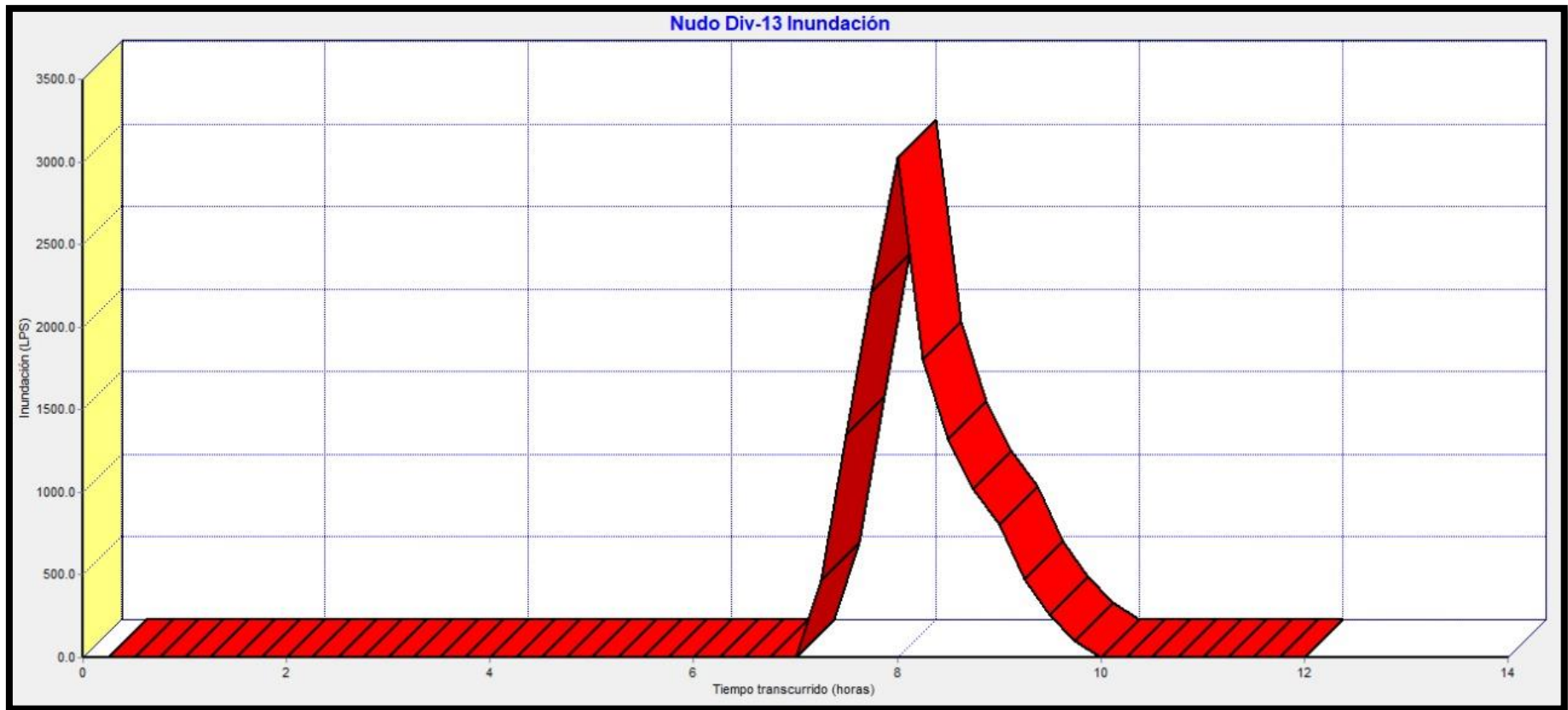


**Gráfica N° 14:** Gráfico de la Inundación (l/s) – Tiempo (h) del punto crítico N°1.

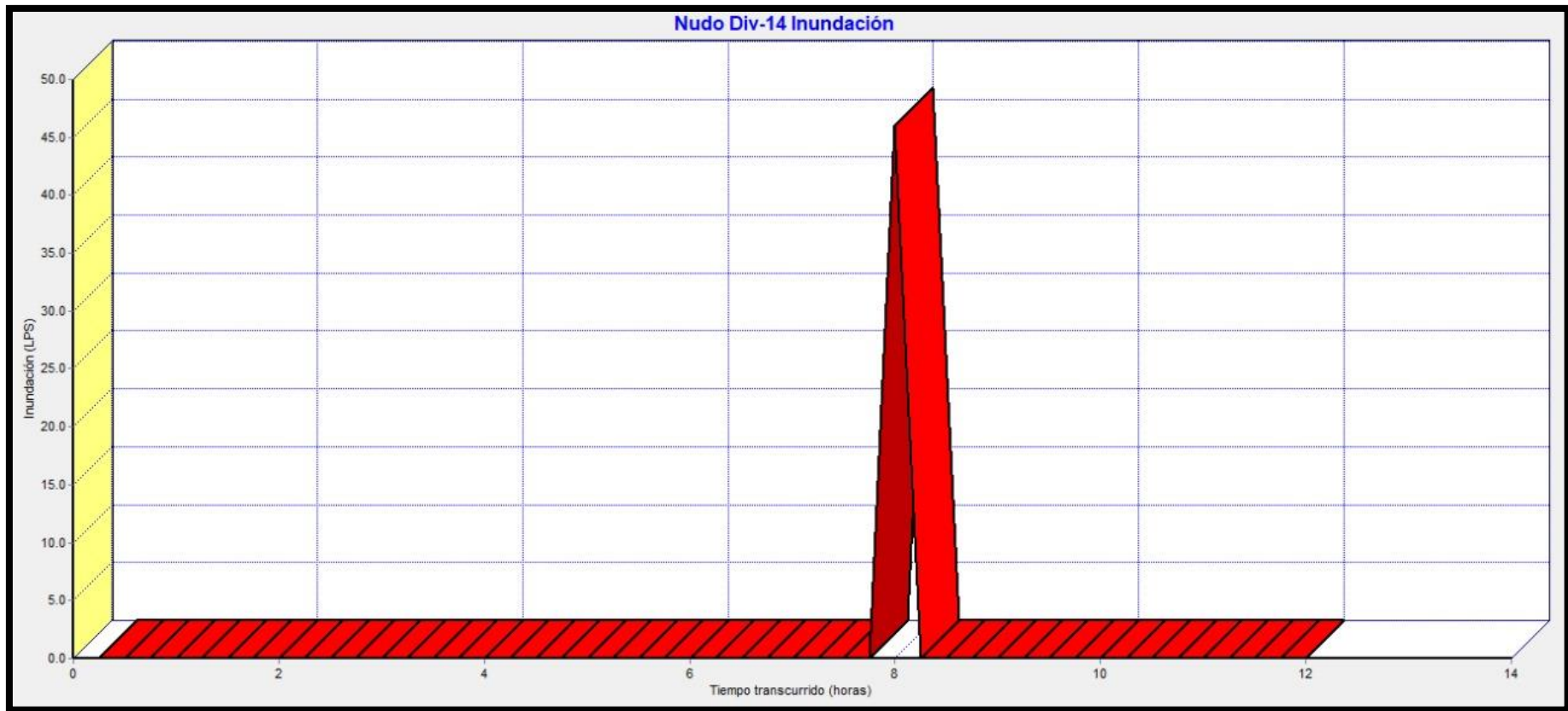


**Gráfica N° 15:** Gráfico de la Inundación (l/s) – Tiempo (h) del punto crítico N°2.





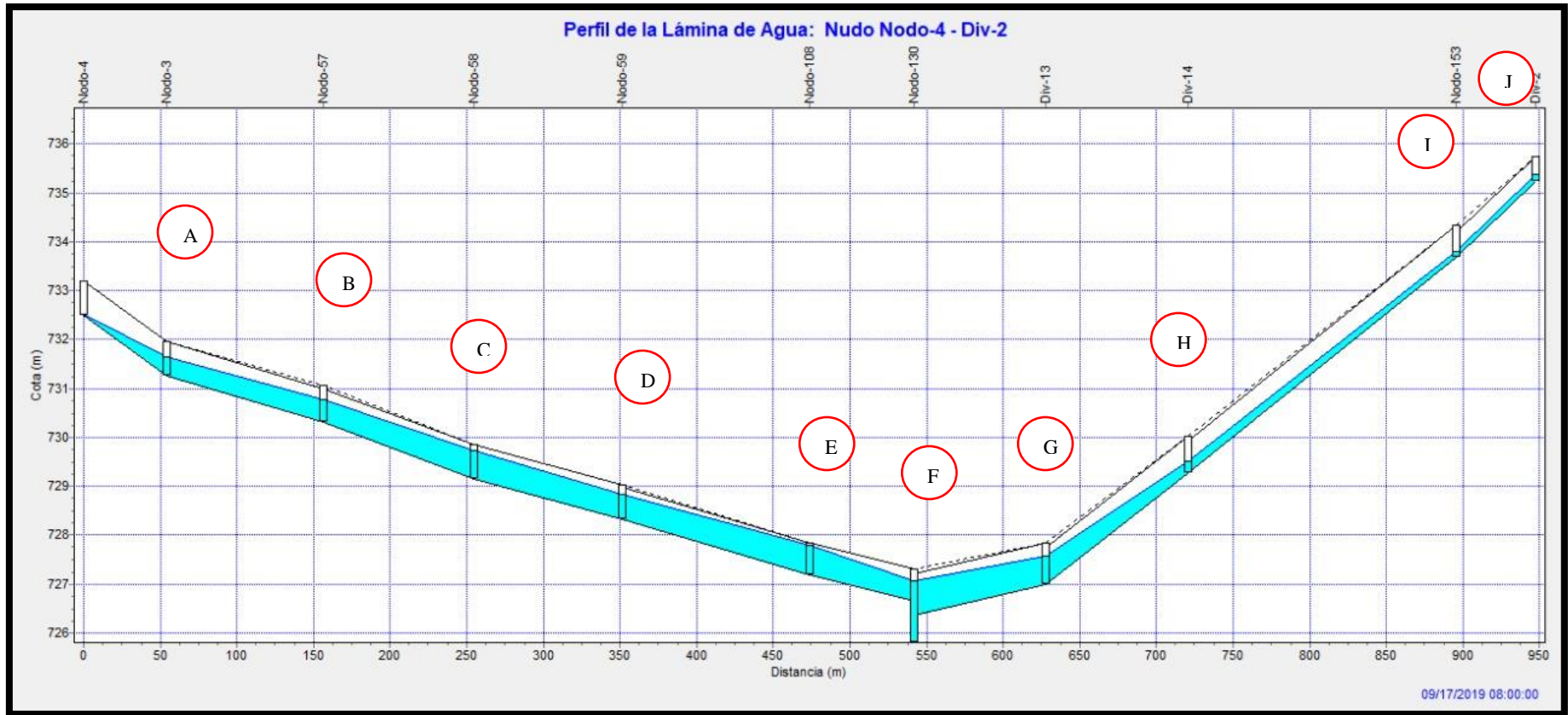
**Gráfica N° 16:** Gráfico de la Inundación (l/s) – Tiempo (h) del punto crítico N°3.



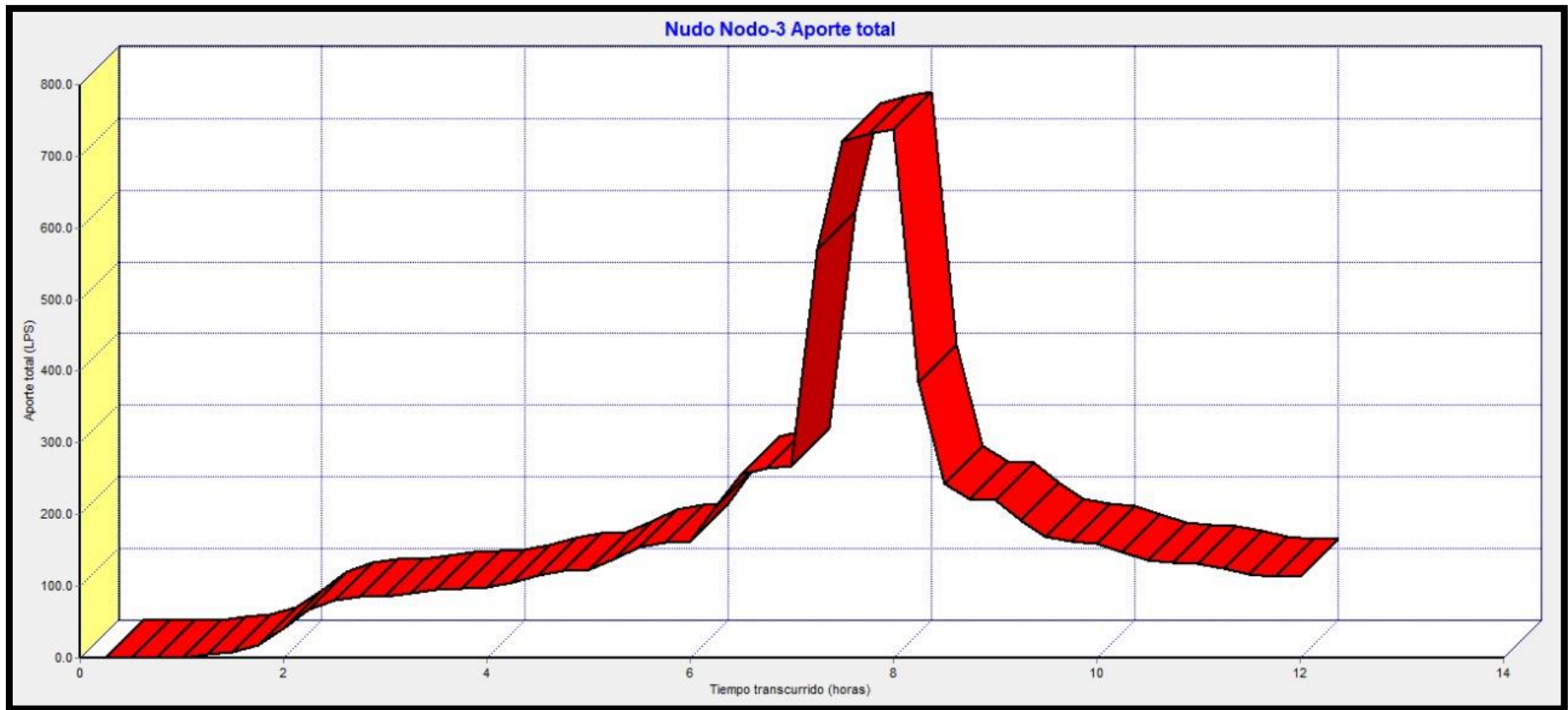
**Gráfica N° 17:** Gráfico de la Inundación (l/s) – Tiempo (h) del punto crítico N°4.



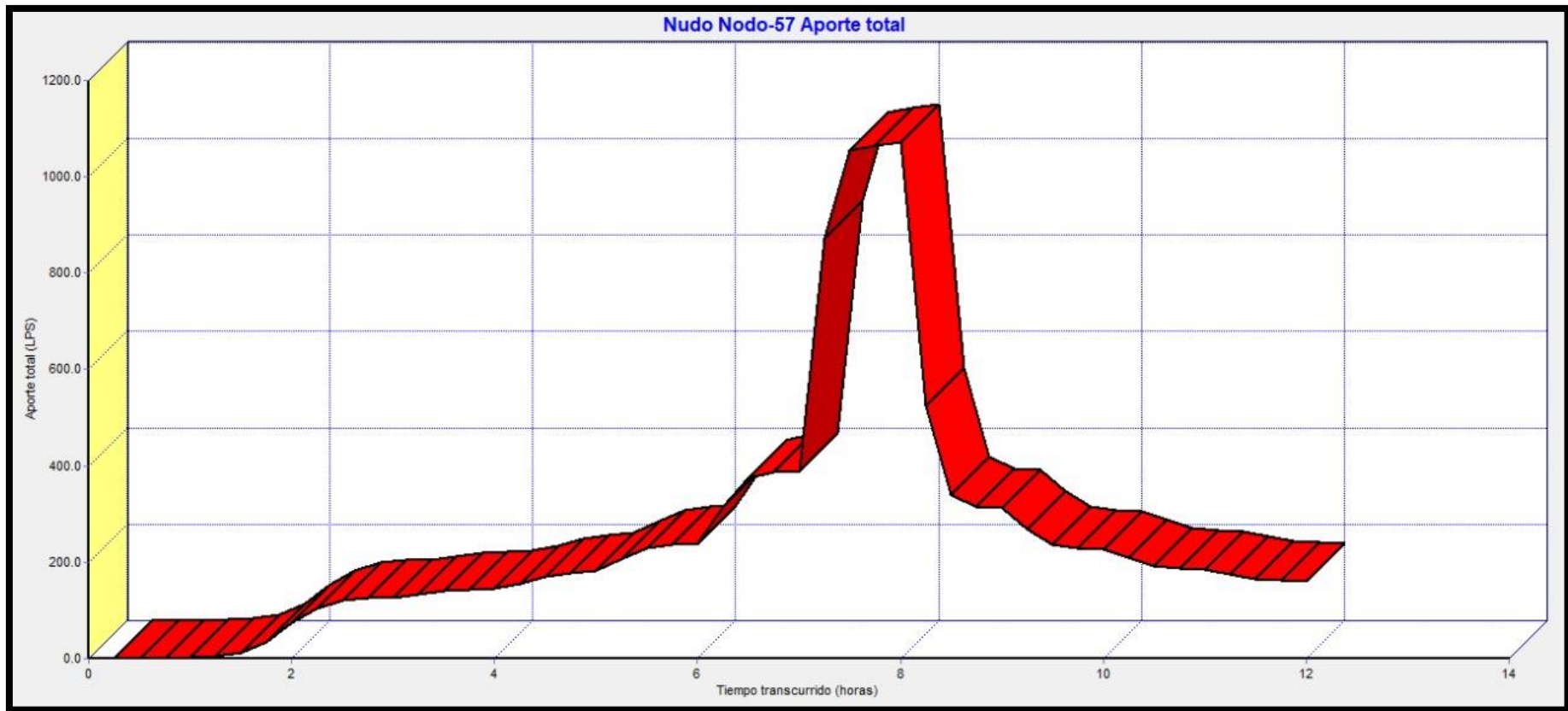
**Modelación del sistema de drenaje considerando solo la cuenca urbana.**



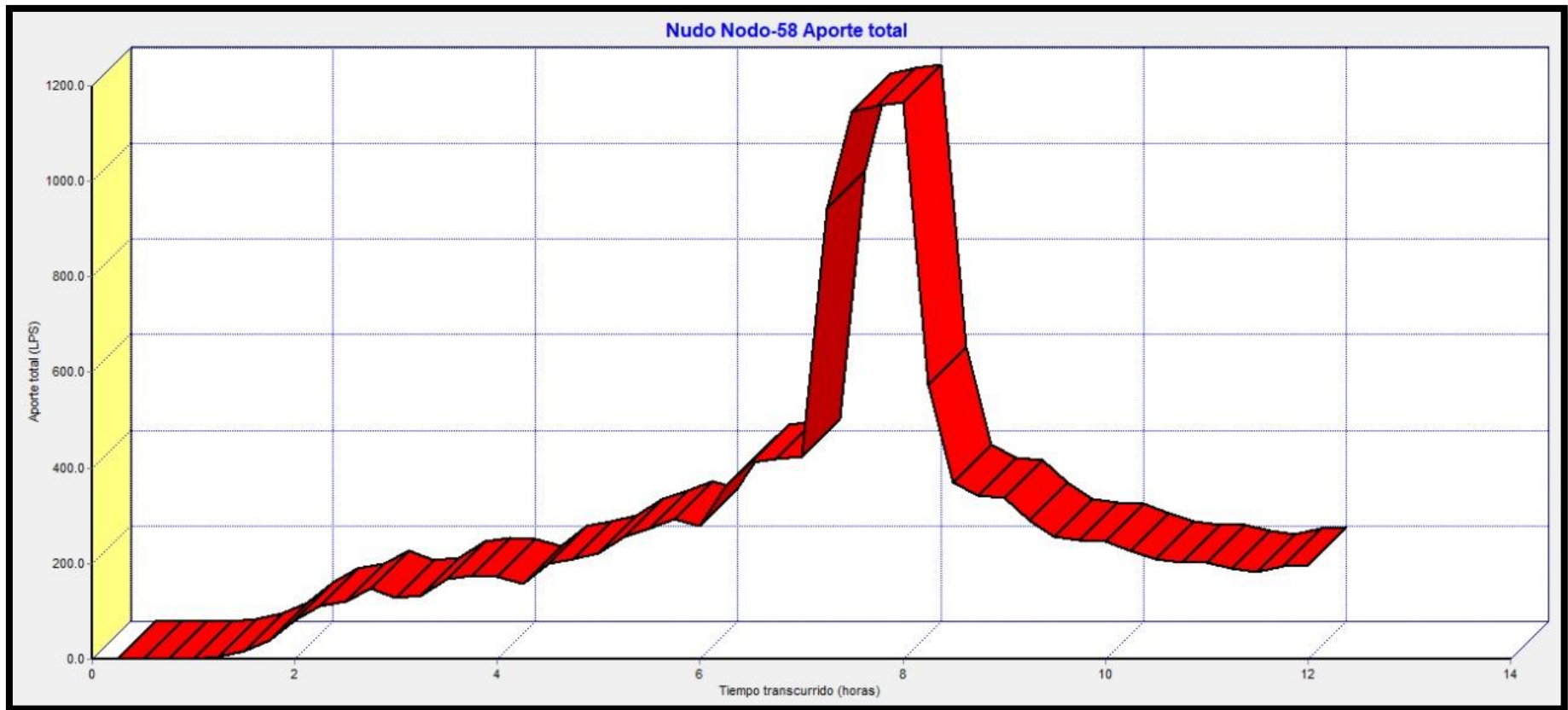
**Gráfica N° 18:** Perfil del volumen de escorrentía acumulada en el sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro de la cuadra 3 a la cuadra 11, considerando solo la cuenca urbana.



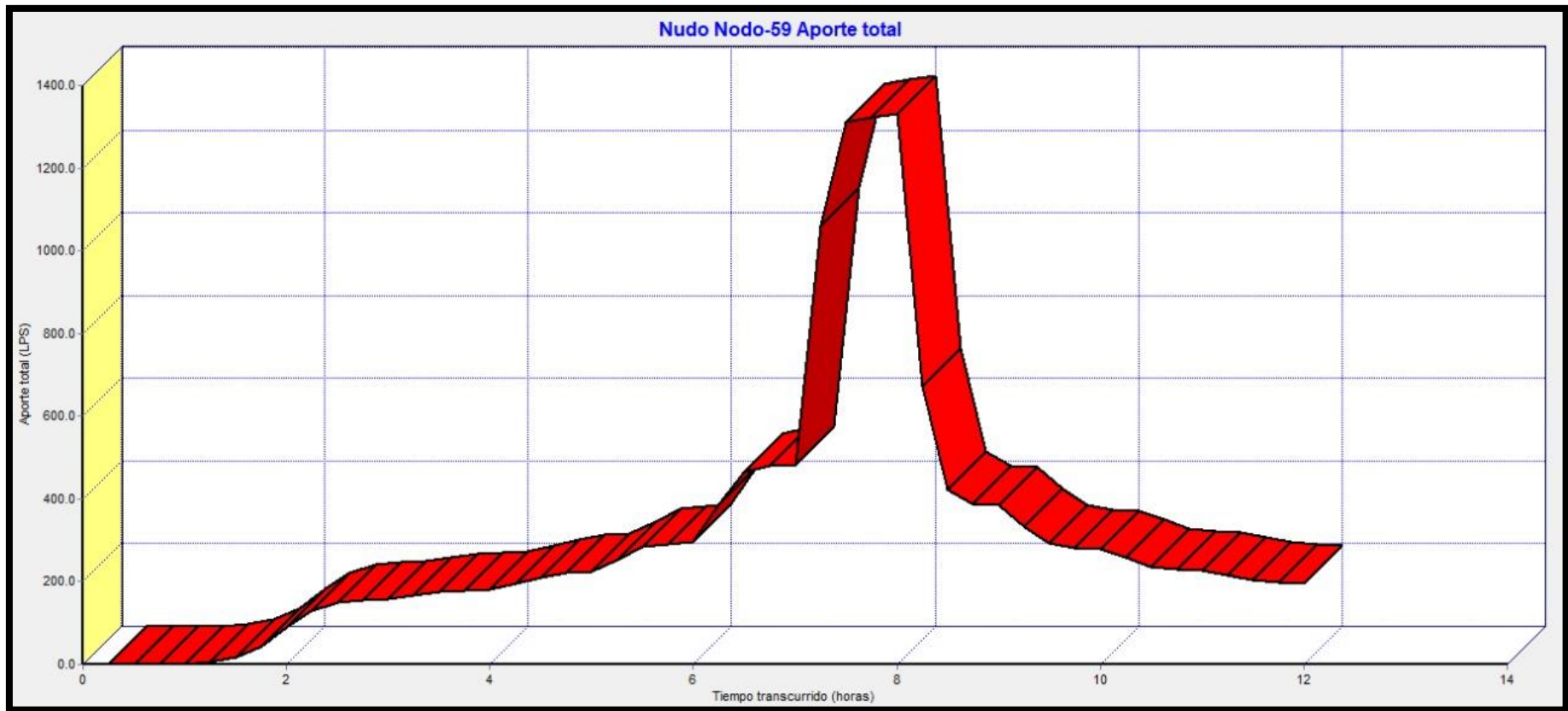
**Gráfica N° 19:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto A, considerando solo la cuenca urbana.



**Gráfica N° 20:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto B, considerando solo la cuenca urbana.

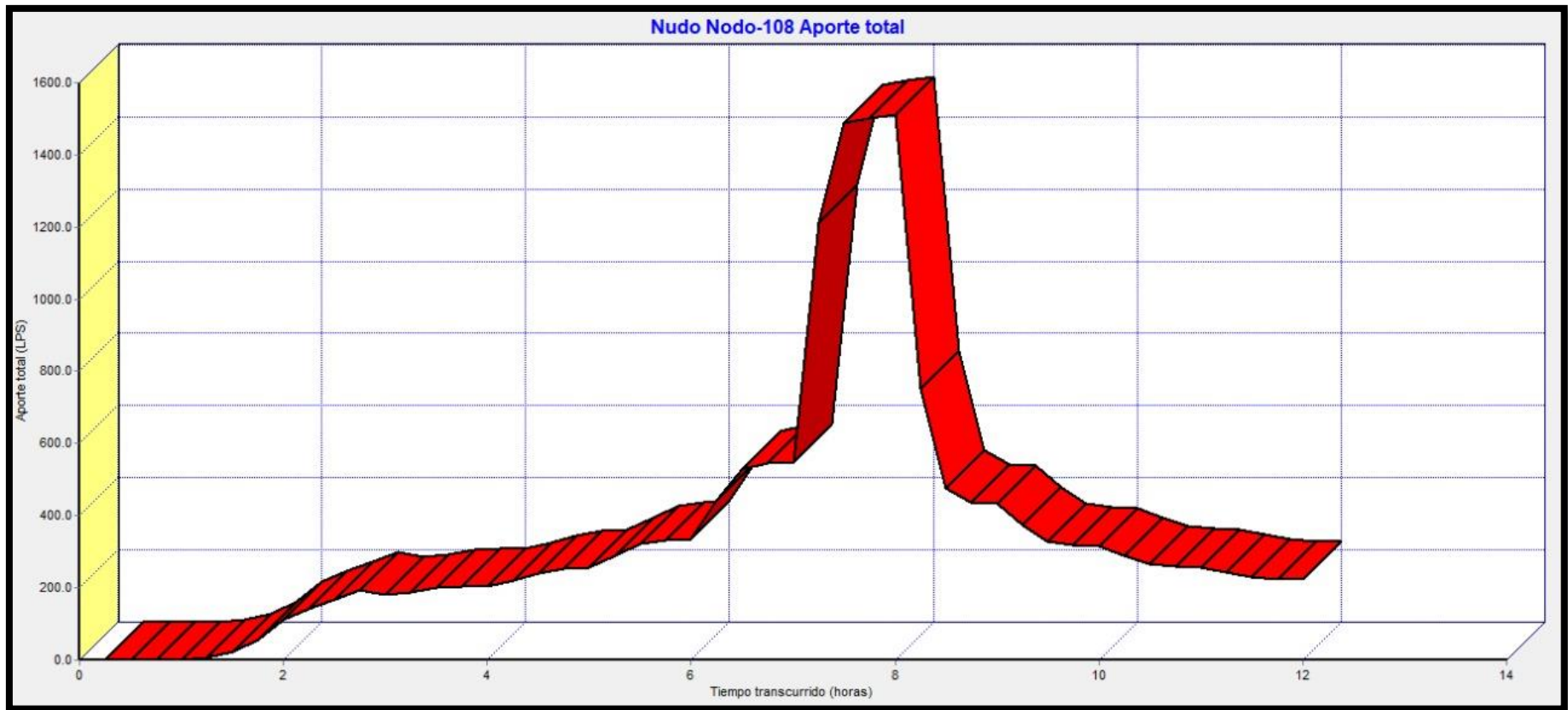


**Gráfica N° 21:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto C, considerando solo la cuenca urbana.

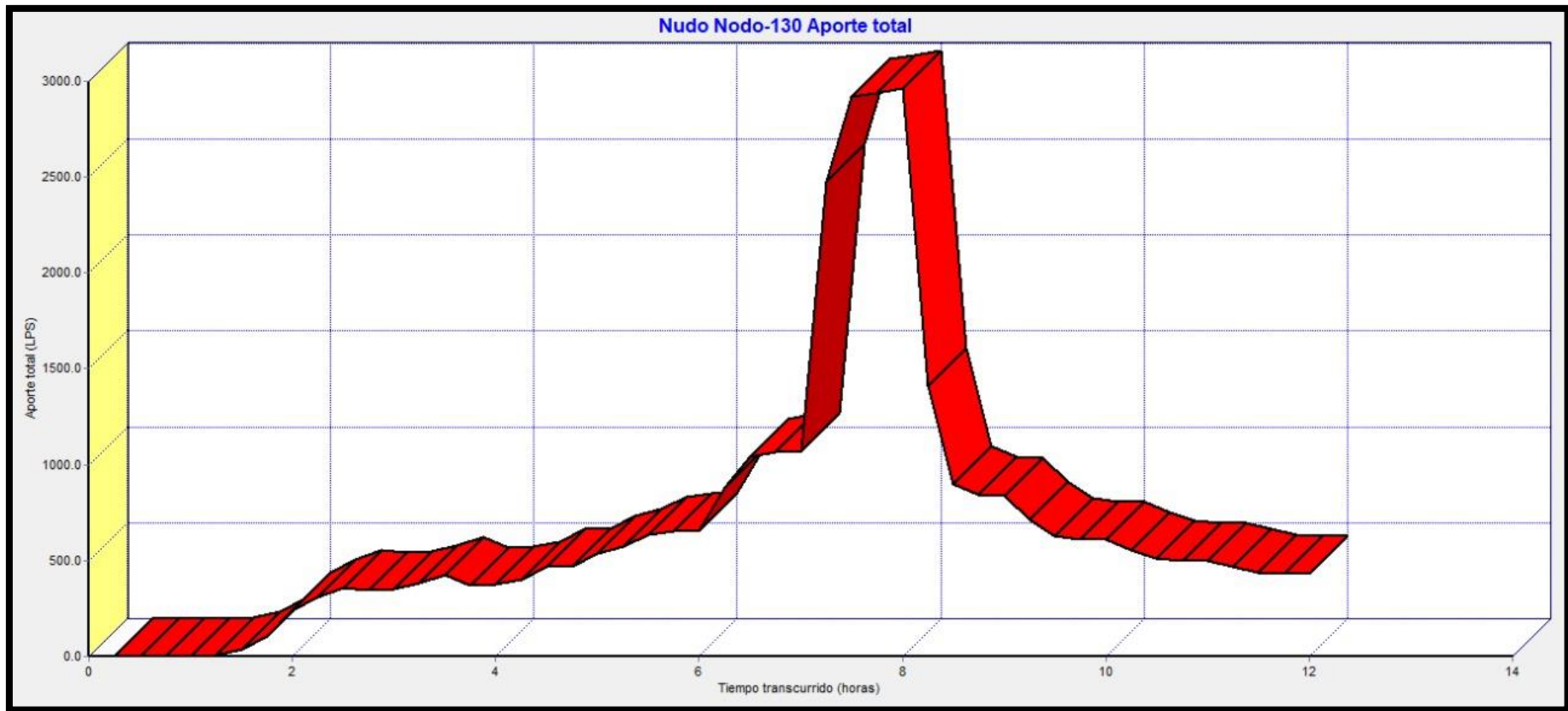


**Gráfica N° 22:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto D, considerando solo la cuenca urbana.

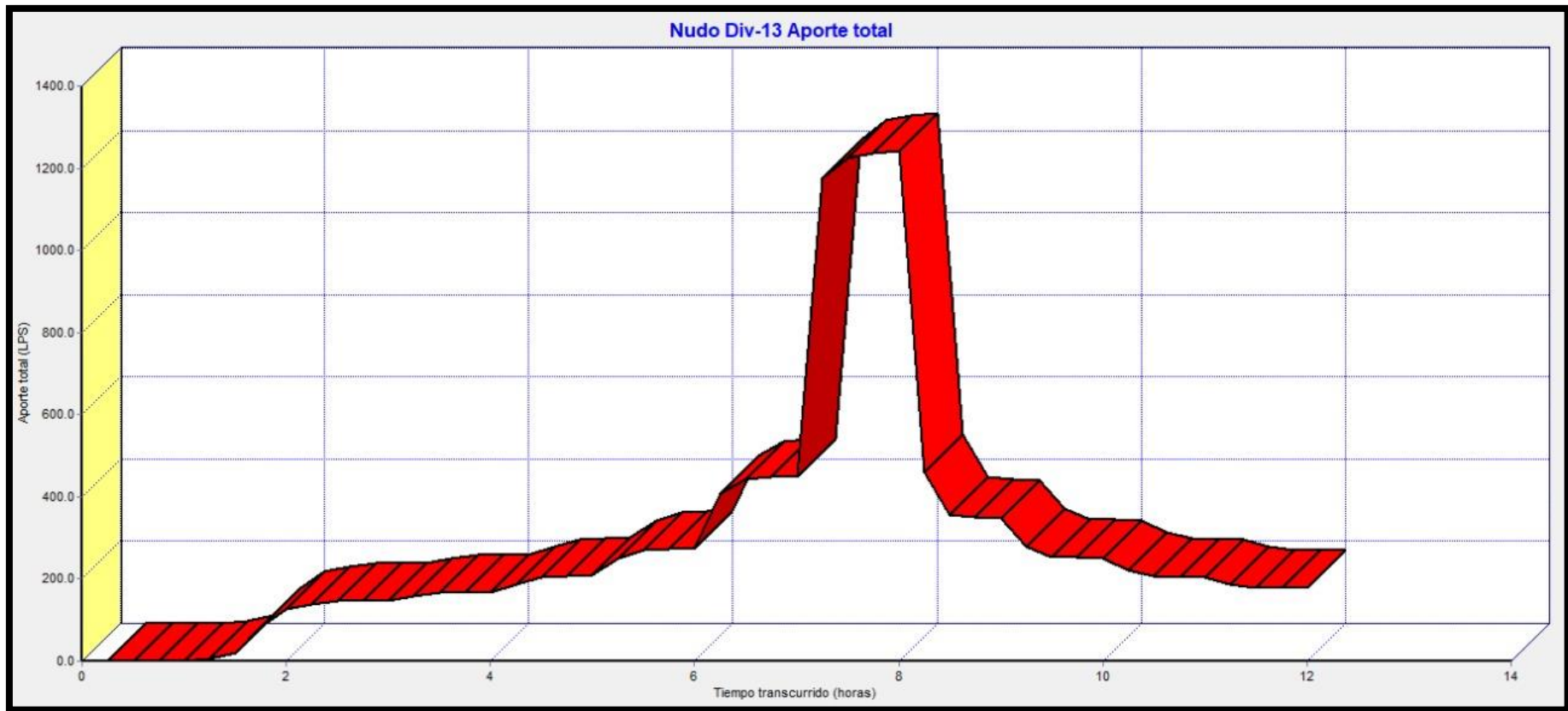




**Gráfica N° 23:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto E, considerando solo la cuenca urbana.

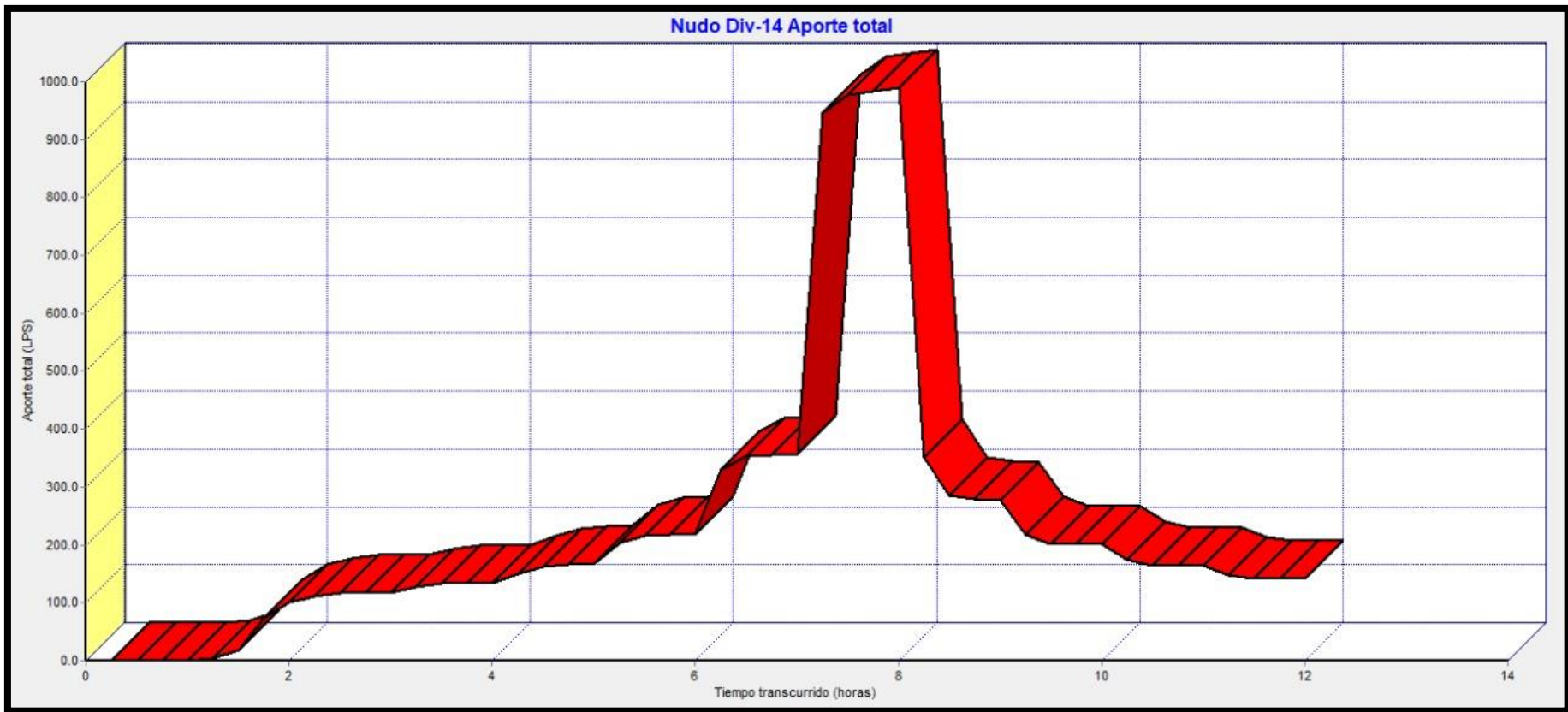


**Gráfica N° 24:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto F, considerando solo la cuenca urbana.

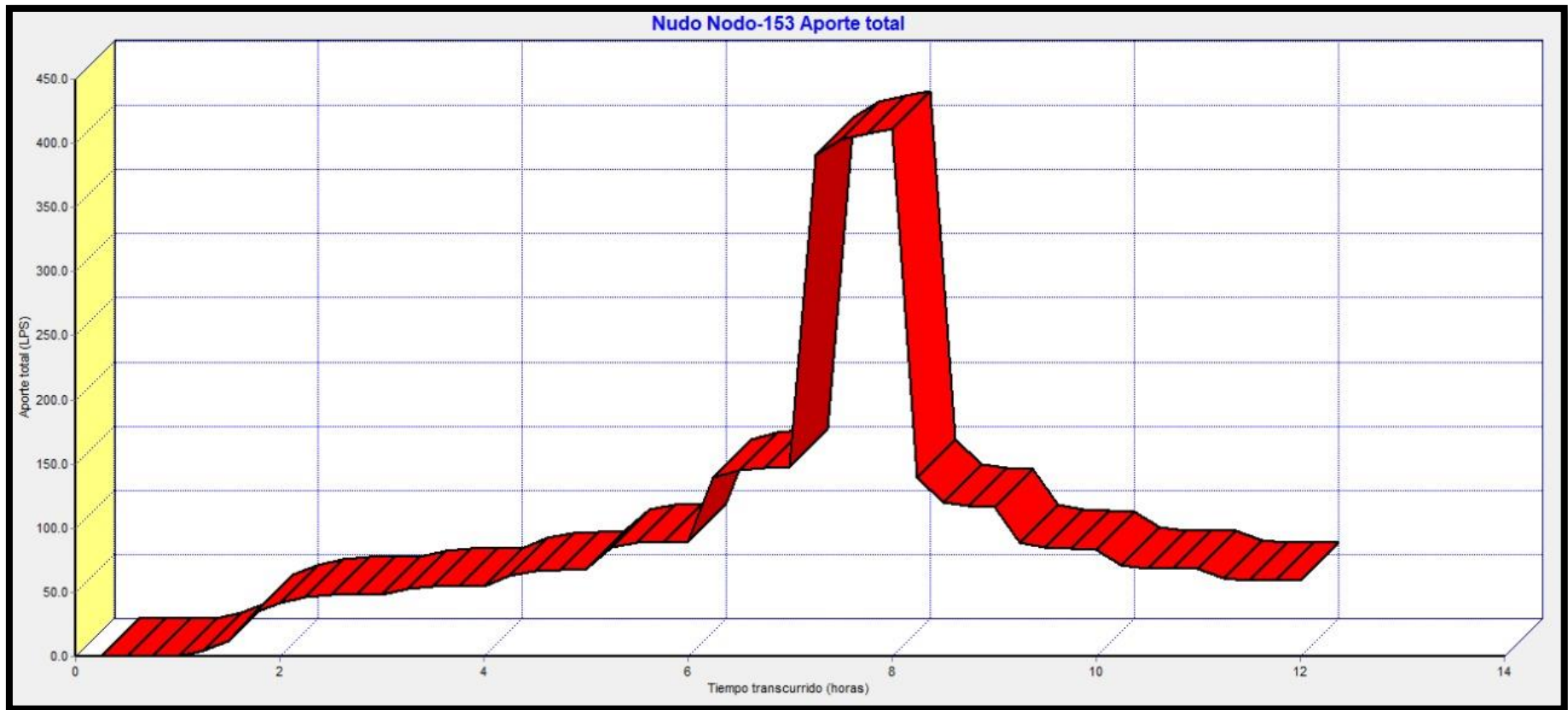


**Gráfica N° 25:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto G, considerando solo la cuenca urbana.

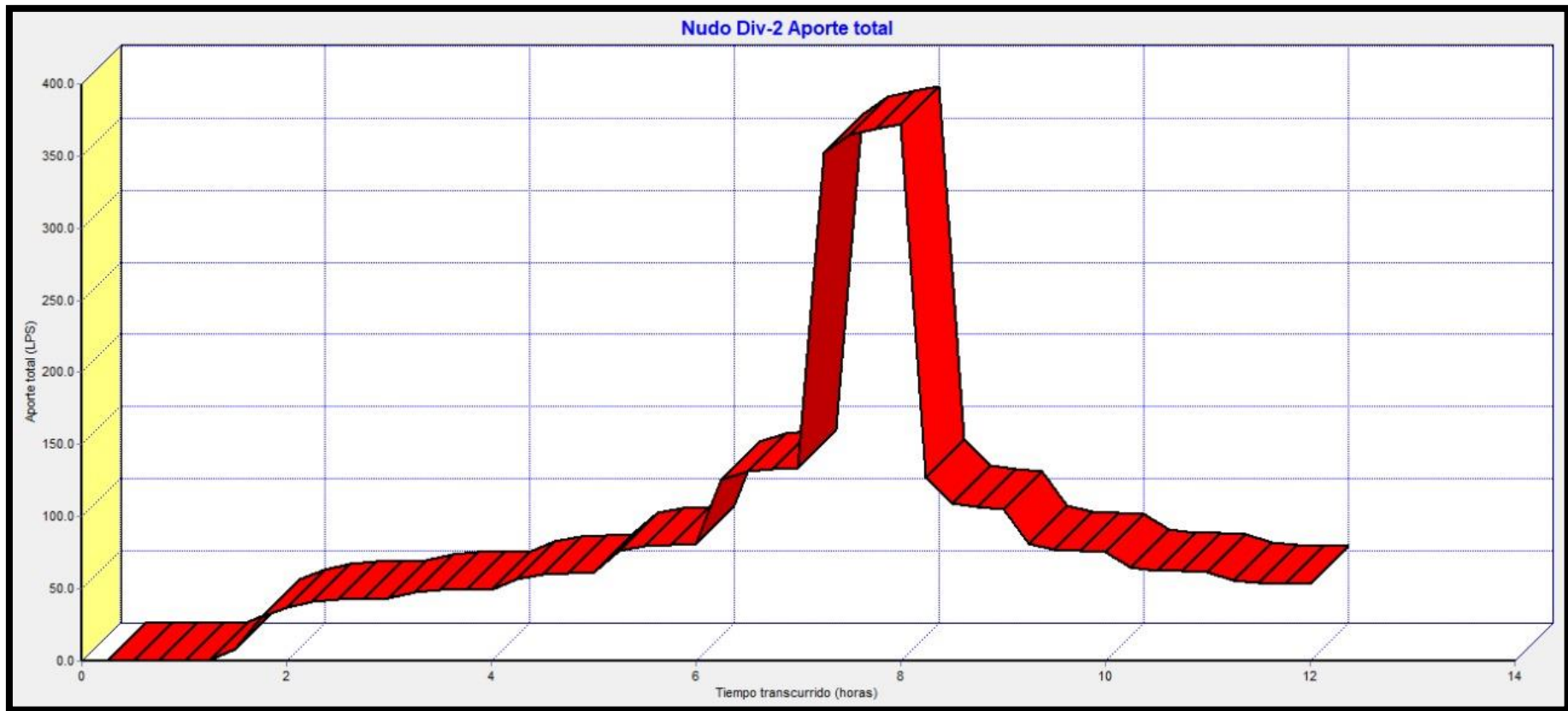




**Gráfica N° 26:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto H, considerando solo la cuenca urbana.



**Gráfica N° 27:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto I, considerando solo la cuenca urbana.



**Gráfica N° 28:** Gráfico de Aporte total (l/s) – Tiempo (h) del punto J, considerando solo la cuenca urbana.

#### **4.1.7. Topografía accidentada de las cuencas de cabecera.**

Debido a la ubicación y a la topografía accidentada de las cuencas de cabecera, que vienen a hacer otros de los factores que influyen en el colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro, y hacen que aumenten el coeficiente de escorrentía (caudal pico) en menor tiempo de concentración; además, conlleva al arrastre de palizada, material granular y cohesivo de las zonas altas, afectando a las zonas bajas (cuena urbana). Además, aumenta la velocidad de circulación de la escorrentía, sometiendo a las partes bajas a hidrogramas con mayor volumen.

## V. DISCUSIÓN

Luego de realizar el estudio hidrológico y posteriormente determinar los caudales de diseño de cada nodo (intersecciones de la avenida Mesones Muro con algunas calles en paralelo), mediante el modelamiento en el programa SWMM; se consideró para el cálculo las cuencas de cabecera y la cuenca urbana; y además se tomó un periodo de retorno mínimo de 25 años para sistemas de drenajes urbanos mayores, según la norma OS.060, obteniendo los siguientes caudales picos:

**Tabla N° 21:** Caudales picos, considerando las cuencas de cabecera y la cuenca urbana.

NODO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<b>Aporte Total (l/s)</b>	1164.6	1398.9	1602.8	1646.5	1920.2	4006.1	5131.6	4832.2	410.77	371.86

Con los caudales picos obtenidos, se está demostrando que las secciones existentes no son las adecuadas para derivar de manera óptima las descargas que se muestran en la tabla N°21, como se puede observar en los gráficos N°14, N°15, N°16 y N°17 donde los consideramos puntos críticos, ya que son zonas vulnerables a inundación, debido a que se encuentran en una zona cóncava, además de acumular toda la escorrentía de la parte alta, la cual viene cargada de sedimentos, y por lo tanto dificultan la capacidad de desagüe de los sistemas de drenajes en esos puntos.

Muestra de ello, son los caudales de excedencia, los cuales sobrepasan la altura del drenaje existente, trayendo como consecuencia la inundación de la avenida Mesones Muro en algunos puntos. Los caudales de excedencia obtenidos mediante el programa del SWMM, se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla N° 22:** Caudal de inundación, en cada punto crítico encontrado.

NODO	C	E	G	H
<b>Caudal de Inundación (l/s)</b>	96.63	276.52	3026.18	45.98

También se hizo un modelamiento considerando solo la cuenca urbana, con el cual se buscó comparar el desempeño del drenaje y la capacidad de desagüe, entre ambas modelaciones (en la primera considerando las cuencas de cabecera y la cuenca urbana, y en la segunda considerando solo la cuenca urbana). Los resultados fueron claros, ya no se encontraron puntos críticos. Para ello, a continuación, presentamos los aportes totales, obtenidos durante el modelamiento.

**Tabla N° 23:** Caudales picos, considerando solo la cuenca urbana.

<b>NODO</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>
<b>Aporte Total (l/s)</b>	737.81	1071.6	1164.9	1331.0	1510.3	2962.1	1241.3	989.85	410.78	371.86

Si comparamos la tabla N°21 con la tabla N°23 se puede observar la gran diferencia de caudales picos, esto se debe a que se está obviando las cuencas de cabecera, pues se está asumiendo que en la parte alta existe un canal de coronamiento, el cual se encarga de recolectar los caudales de las cuencas y derivarlas hacia otros puntos, como podría ser el río Amojú. Referente a los puntos críticos de acuerdo con el modelamiento, considerando solo la cuenca urbana, se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla N° 24:** Caudal de inundación, considerando la cuenca urbana.

<b>NODO</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>INUNDACIÓN (L/s)</b>	0	0	0	0

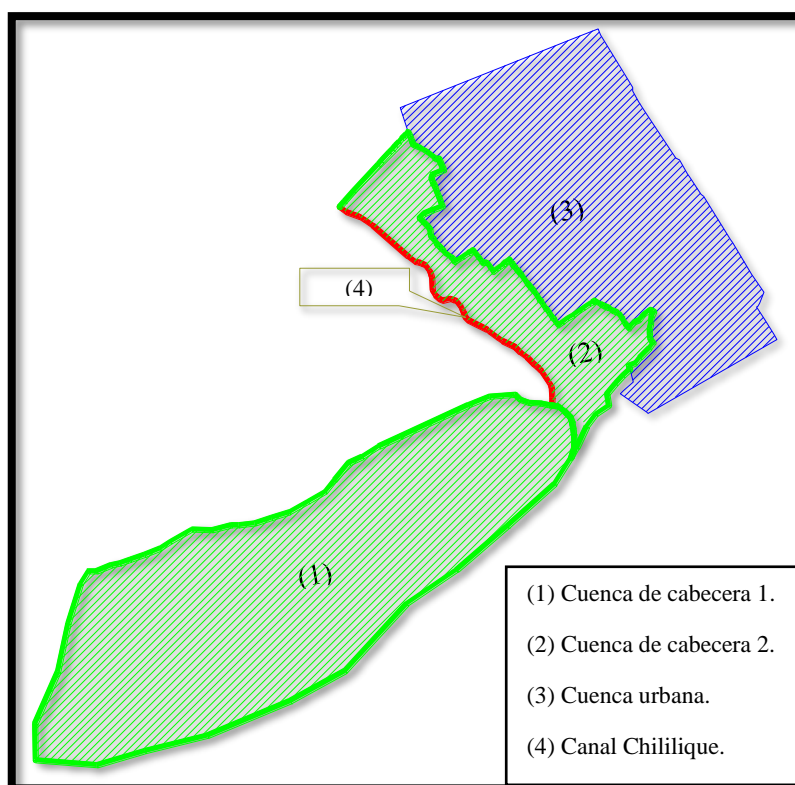
Pues si comparamos la tabla N°22 con la tabla N°24 existe una gran diferencia en cuanto a los valores de caudales de excedencia, esto quiere decir que el aporte que tiene las cuencas de cabecera, influyen en el desempeño del sistema de drenaje, por lo que se debe tener en cuenta en proyectos futuros el diseño de un canal de coronamiento en las partes altas para evitar que más caudal fluya hacia las partes bajas y con esto evitar las inundaciones de las zonas bajas, en este caso el de la avenida Mesones Muro.

Según la norma OS.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones se debe considerar el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial para zonas donde existan lluvias mayores o iguales a 10 mm, y en nuestros cálculos de precipitaciones máximas anuales, se obtuvo un valor de 78.5 mm, siendo un rango elevado, por lo cual se debe realizar un diseño adecuado del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro teniendo criterios técnicos y respetando los parámetros según reglamento o manual.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- El problema del colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro, se debe a los siguientes factores: a las precipitaciones máximas (fuertes lluvias) existentes en la zona en diferentes épocas del año, así como el crecimiento poblacional, el desarrollo urbano desordenado, la impermeabilización de los suelos, sedimentos (contaminación de la escorrentía), diseño convencional de los sistemas de drenajes existentes y la topografía accidentada de las cuencas de cabecera.
- Las áreas que aportan caudal a los ejes de la avenida Mesones Muro y las cuales se identificaron en campo durante el desarrollo de la investigación, son la cuenca de cabecera 1, la cuenca de cabecera 2 y la cuenca urbana, como se puede apreciar en la siguiente imagen:





- Según los cálculos realizados las precipitaciones máximas anuales en la ciudad de Jaén llegan a alcanzar los 78.50 mm, considerado un índice elevado y las cuales van afectando la capacidad de desagüe del sistema de drenaje actual de la avenida Mesones Muro. Con esta precipitación máxima anual se calculó los caudales de diseño de cada intersección de la avenida, como se puede apreciar en la tabla N°21:

<b>NODO</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>
<b>Aporte Total (l/s)</b>	1164.6	1398.9	1602.8	1646.5	1920.2	4006.1	5131.6	4832.2	410.77	371.86

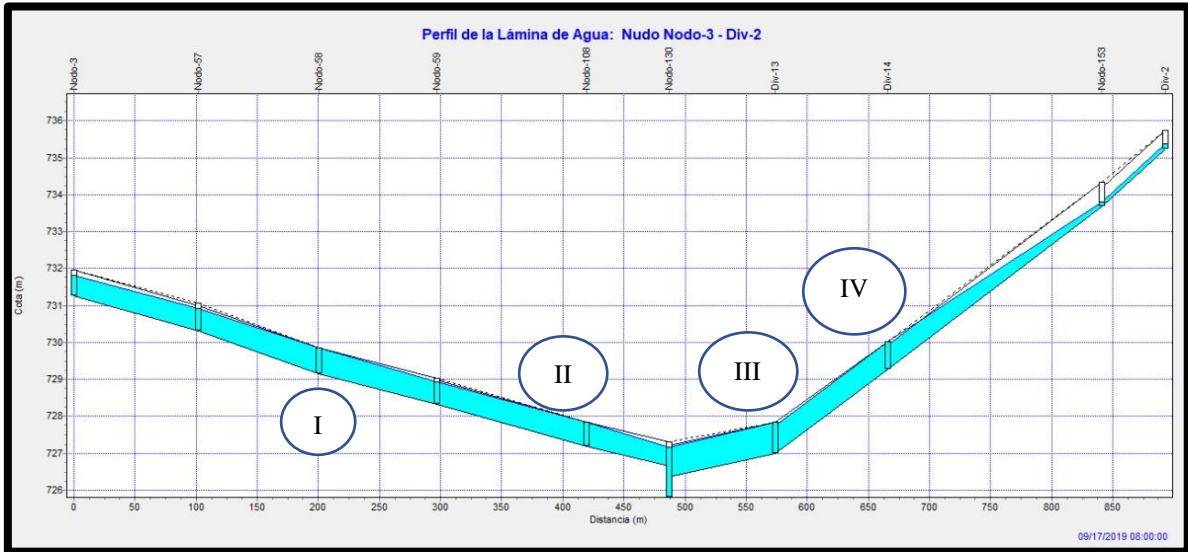
Además, se halló el caudal que inunda, en cuatros puntos, donde se les considero críticos porque la capacidad de desagüe del drenaje es ineficiente y por lo tanto están sujetos a inundación. Dichos caudales de inundación vienen a detallarse en la tabla N°22.

<b>NODO</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>Caudal de Inundación (l/s)</b>	96.63	276.52	3026.18	45.98

- Actualmente, las secciones existentes del sistema de drenaje, como se muestra en la tabla 25, no son eficientes para evacuar la escorrentía superficial, debido a que el caudal de entrada en algunos puntos sobrepasa su capacidad de desagüe, como se puede observar en el gráfico N°29:

**Tabla N° 25:** Secciones existentes del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro.

<b>TRAMO</b>	<b>SECCIÓN</b>	
	<b>H (m)</b>	<b>A (m)</b>
<b>A-B</b>	0.70	0.70
<b>B-C</b>	0.70	0.70
<b>C-D</b>	0.70	0.70
<b>D-E</b>	0.65	0.95
<b>E-F</b>	0.65	0.95
<b>F-G</b>	0.85	0.90
<b>G-H</b>	0.75	0.95
<b>H-I</b>	0.65	0.95
<b>I-J</b>	0.50	0.95



**Gráfica N° 29:** Gráfico de Puntos Críticos que sobrepasan la capacidad de desagüe.

Se localizó cuatro puntos críticos donde su volumen de caudal excedente en cada punto es: I = 96.63 l/s, II = 276.52 l/s, III = 3,026.18 l/s y IV = 45.98 l/s. dichos volúmenes de escorrentía están sobrepasando la altura del canal y con ello se llega a concluir que su capacidad de desagüe es ineficiente.

- En general, con el modelamiento en el programa SWMM, se logró comprobar que el sistema de drenaje actual no tiene la suficiente capacidad de desagüe para evacuar el volumen de la escorrentía superficial, debido a las fuertes lluvias, la impermeabilización de los suelos por el crecimiento urbano desordenado, sumado a esto la presencia de sedimentos que carga consigo durante su recorrido, y el aporte importante de caudal de las cuencas de cabecera, ya que en los diferentes modelamientos realizados se comprobó que si se considera un canal de coronamiento (evitando así el aporte de caudal de las cuencas de cabecera), la eficiencia de capacidad de desagüe del drenaje mejora , evitándose así la inundación de las partes bajas.

## **6.2. Recomendaciones**

- Diseñar y construir un canal de coronamiento en la parte alta con el fin de captar la escorrentía de las cuencas de cabecera, las cuales aportan gran caudal a la cuenca urbana, y así evitar que llegue mayor volumen hacia las partes bajas.
- Se recomienda rediseñar el sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro, con la finalidad de aumentar la sección del drenaje, y además mejorar la capacidad de desagüe del sistema mismo.
- Tener en cuenta en un estudio futuro, el diseño de un sistema de drenaje adecuado, considerando sumideros y alcantarillas independientes para cada calle.
- Plantear Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles (SUDS), como el uso de pavimentos permeables los cuales nos ayudaran en la infiltración del agua hacia el terreno natural y así ser captadas y retenidas para su posterior reutilización.
- Diseñar y construir depósitos o zanjas que ayuden a almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía al terreno para que pueda ser reutilizado.
- Aumentar el área de jardinería en las calles, y viviendas, con el fin de aumentar áreas permeables y con ello disminuir la escorrentía superficial.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alfie Cohen , M., & Castillo Oropeza, O. A. (2016). "Con el agua al cuello". Riesgo por inundación, vulnerabilidad socioambiental y gobernanza en el municipio de Cuautitlán. *QUIVERA*, 55-84.
- Aparicio Mijares, F. J. (1997). *Fundamentos de la hidrología de superficie*. Mexico: LIMUSA, S.A.
- Cubides, E. D., & Santos, G. E. (Julio de 2018). Control de Escorrentias urbanas mediante sistemas urbanos de drenaje sostenible. *SciELO*, 12(24), 32-42. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v12n24/1909-8367-ecei-12-24-00032.pdf>
- Dolz, J., & Gómez, M. (1994). Problemática del Drenaje de Aguas Pluviales En Zonas Urbanas y del Estudio Hidráulico de las Redes de Colectores. *INGENIERÍA DEL AGUA*, 56-66.
- Gámez Morales, W. R. (2009). *Texto Básico de Hidrología*. Managua: Editronic, S.A.
- García Núñez, J. D. (05 de 05 de 2016). *iAgua*. Obtenido de iAgua: <https://www.iagua.es/blogs/jose-diego-garcia/como-detener-inundaciones>
- Govea, E. A. (1995). *Alcantarillado y drenaje pluvial*. Lima.
- Ministerio de Educación. (7 de JUNIO de 2019). *MINEDU*. Obtenido de MINEDU: <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>
- Ministerio del Ambiente. (7 de JUNIO de 2019). *SENAMHI*. Obtenido de SENAMHI: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>
- National Geographic. (06 de 01 de 2010). *NATIONAL GEOGRAPHIC*. Obtenido de NATIONAL GEOGRAPHIC - MEDIO AMBIENTE: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/inundaciones>

Salas Salinas, M. A., & Jimenéz Espinosa, M. (2007). *INUNDACIONES*. Mexico: CENAPRED.

Sally C. Gutierrez (Acting Director). (2005). *SWMM Modelo de Gestión de Aguas Pluviales 5.0 vE (Manual del Usuario)*. Inglaterra: GMMF (Traducción al español).

Valentín, M. G. (2007). *Hidrología Urbana*. Barcelona: Grup de Recerca FLUMEN.

Vallina, Costales, Fernández, Robleda, & Sañudo. (2018). Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible y el nuevo paradigma del diseño de las calles verdes para la gestión de las aguas pluviales: Una propuesta para la ciudad histórica de Oviedo. *RIOC*, 35-44.

Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Villón.

Yañez Portal, Eric P. (2014). Efeciencia del sitema de drenaje Pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos primeramente a Dios ya que sin su bendición y su amor todo hubiera sido un total fracaso, además por darnos sabiduría y brindarnos la oportunidad de estar hoy aquí presentes compartiendo con todos ustedes.

Agradecemos de todo corazón a nuestros padres por habernos dado la vida y una educación integra y rica en valores, a nuestros hermanos por ser motivación y apoyo.

Agradecemos a nuestros docentes por darnos una educación de muy buena calidad, rica en valores y conocimientos, los cuales hemos puesto en práctica para la realización de este trabajo.

José Alejandro Mego Alarcón  
Victor Valerio Capa Paredes

## **DEDICATORIA**

Dedicamos especialmente este trabajo a Dios, a nuestros padres, porque estuvieron ahí dándonos el soporte y el coraje para culminar lo que un día empezamos, porque son la pieza principal del motor que nos impulsa día a día para continuar adelante y así poder superarnos.

Dedicamos a nuestros hermanos porque estuvieron ahí con nosotros, prestándonos ayuda y brindándonos su tiempo y un hombro para poder descansar.

Dedicamos a nuestros docentes, amigos y familiares, por permitirnos aprender más de la vida a su lado. Todo esto es posible gracias a ustedes.

José Alejandro Mego Alarcón  
Victor Valerio Capa Paredes

# **ANEXOS**



# **ANEXO 1: PANEL FOTOGRAFICO**

**Figura N° 19:** Colapso del sistema de drenaje, e inundación de la calle La Marina, a causa de las fuertes precipitaciones.



**Figura N° 20 :** Colapso del sistema de drenaje, e inundación de la avenida Mesones Muro, a causa de las fuertes precipitaciones.



**Figura N° 21:** El colapso del sistema de drenaje de la avenida Mesones Muro afecta al tránsito vehicular.



**Figura N° 22:** Restos de sedimentos que bajaron de la parte alta y que se depositaron en la avenida Mesones Muro a causa de las fuertes precipitaciones.



**Figura N° 24:** Equipo - Estación total.

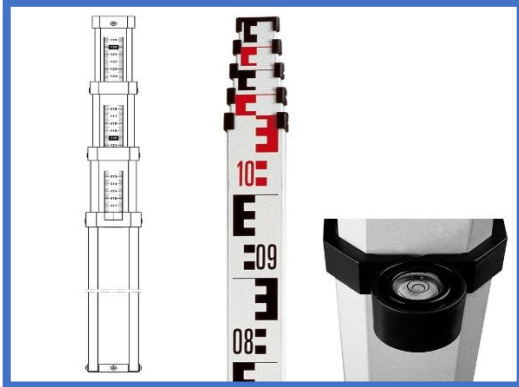


**Figura N° 23:** Equipo – Trípode para estación total.





**Figura N° 26:** Equipo – mira topográfica.



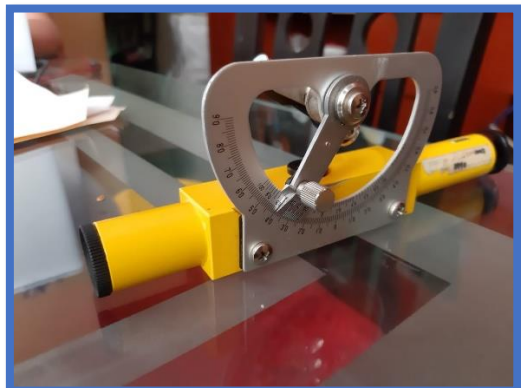
**Figura N° 25:** Equipo – GPS.



**Figura N° 28:** Wincha de mano.



**Figura N° 27:** Equipo – eclímetro.



**Figura N° 29:** Levantamiento topográfico de la avenida Mesones Muro, haciendo uso de Estación total.





**Figura N° 30:** Identificación, recorrido y toma de puntos del canal existente usando un GPS.



**Figura N° 31:** Recorrido e identificación en campo de las direcciones de flujo de las calles, del área en estudio.





**Figura N° 32:** Identificación de la escorrentía superficial de la subcuenca de cabecera N°1, y su desembocadura entre las calles María Parado de Bellido y Luis Castillo Caballero.



**Figura N° 33:** Desembocadura de la subcuenca N°1, la cual aporta caudal al sistema de drenaje en épocas de máximas precipitaciones



**Figura N° 34:** Desembocadura de las aguas recolectadas en el sistema drenaje, las cuales terminan en calles de la parte baja.





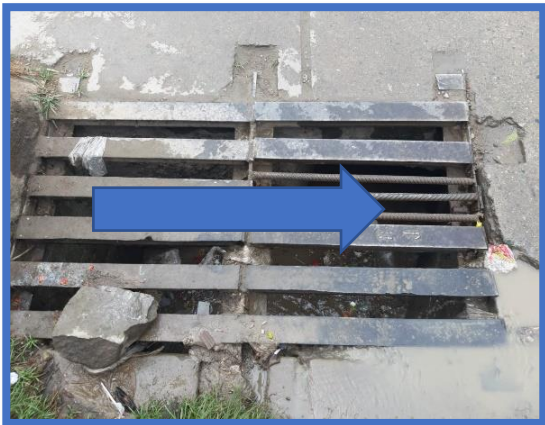


**Figura N° 35:** Calibración en campo y aforo de caudal de la escorrentía superficial en la calle Junín cuadra N°1 y la avenida Mesones Muro



**Figura N° 36:** Identificación de las direcciones de flujo del sistema de drenaje del área en estudio.







**ANEXO 2:**  
**LEVANTAMIENTO**  
**TOPOGRÁFICO**

**Tabla N° 26:** Base de datos del levantamiento topográfico

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ALTURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	743484.000	9367377.000	743.000	
2	743472.000	9367368.000	743.500	
1	743484.000	9367377.000	743.000	E-1
2	743472.000	9367368.000	743.500	
3	743482.369	9367387.457	742.919	BMI
4	743444.328	9367306.191	747.748	PAV
5	743432.109	9367285.937	749.224	PAV
6	743445.915	9367307.421	747.725	EJE
7	743440.105	9367282.428	749.234	PAV
8	743447.753	9367318.988	746.874	PAV
9	743453.648	9367317.062	746.829	PAV
10	743462.777	9367329.684	746.032	MZ
11	743453.961	9367335.081	745.664	PAV
12	743459.186	9367342.964	745.255	PAV
13	743461.647	9367332.536	745.521	PAV
14	743466.407	9367341.080	745.173	PAV
15	743471.206	9367366.392	743.363	PAV
16	743468.496	9367342.582	745.362	MZ
17	743470.062	9367367.031	743.517	MZ
18	743479.765	9367370.160	743.200	PAV
19	743480.770	9367369.717	743.219	CASA
20	743474.797	9367370.884	743.086	REJILLA
21	743475.217	9367371.571	743.056	REJILLA
22	743472.674	9367373.481	742.967	REJILLA
23	743472.239	9367372.816	742.972	REJILLA
24	743471.746	9367373.040	742.954	REJILLA
25	743472.299	9367373.734	742.927	REJILLA
26	743471.686	9367374.306	742.935	REJILLA
27	743516.491	9367364.754	743.711	REJILLA
28	743519.032	9367364.856	743.681	MZ
29	743471.122	9367373.539	742.912	REJILLA
30	743471.783	9367373.698	742.128	F
31	743474.924	9367371.265	742.481	F
32	743520.361	9367368.360	743.653	PAV
33	743545.392	9367374.794	744.715	CASA
34	743504.795	9367393.440	742.564	PAV
35	743495.071	9367376.379	743.000	PAV
36	743502.062	9367396.853	742.359	PAV
37	743489.498	9367377.654	742.887	PAV

38	743504.839	9367398.676	742.490	MZ
39	743480.045	9367380.588	742.732	BZ
40	743491.378	9367401.734	741.994	PAV
41	743491.717	9367404.598	742.165	MZ
42	743489.233	9367404.631	742.202	MZ
43	743461.869	9367341.422	745.336	BZ
44	743486.710	9367402.291	742.013	PAV
45	743493.213	9367396.120	742.283	BZ
46	743497.796	9367401.484	741.952	EJE
47	743503.765	9367400.234	741.892	PAV
48	743518.577	9367417.724	740.310	CASA
49	743509.535	9367424.730	740.369	CASA
50	743510.982	9367423.452	740.231	PAV
51	743517.528	9367418.477	740.234	PAV
52	743514.153	9367420.639	740.244	EJE
53	743539.501	9367451.339	739.444	PAV
54	743533.355	9367455.499	739.435	PAV
55	743536.455	9367453.576	739.460	EJE
56	743485.009	9367376.465	742.996	MZ
57	743491.922	9367386.186	742.807	SARDNL
58	743490.330	9367384.943	742.819	SARDNL
59	743491.789	9367387.223	742.734	SARDNL
60	743483.725	9367390.326	742.609	SARDNL
61	743475.253	9367388.533	742.669	SARDNL
62	743482.281	9367389.694	742.652	SARDNL
63	743482.650	9367387.111	742.700	SARDNL
64	743476.375	9367392.814	742.589	SARDNL
65	743475.626	9367391.093	742.665	SARDNL
66	743485.243	9367385.401	742.740	SARDNL
67	743485.230	9367385.386	742.747	SARDNL
68	743457.202	9367397.160	742.197	SARDNL
69	743486.757	9367389.394	742.642	SARDNL
70	743458.721	9367399.356	742.186	SARDNL
71	743454.159	9367393.188	742.115	EJE
72	743462.732	9367380.694	742.516	REJILLA
73	743462.263	9367380.033	742.491	REJILLA
74	743461.453	9367380.516	742.450	REJILLA
75	743461.923	9367381.269	742.486	REJILLA
76	743462.061	9367380.761	741.816	F
77	743440.259	9367408.037	741.591	SARDNL
78	743452.161	9367388.381	742.112	REJILLA
79	743451.621	9367387.726	742.105	REJILLA

80	743450.987	9367388.272	742.072	REJILLA
81	743451.489	9367388.939	742.100	REJILLA
82	743451.568	9367388.269	741.477	F
83	743441.902	9367410.073	741.565	SARDNL
84	743439.680	9367387.449	742.824	CASA
85	743440.952	9367396.852	741.729	REJILLA
86	743440.335	9367396.131	741.716	REJILLA
87	743439.760	9367396.661	741.681	REJILLA
88	743440.216	9367397.377	741.708	REJILLA
89	743440.427	9367396.739	741.092	F
90	743415.846	9367415.738	740.814	PAV
91	743420.303	9367422.935	740.818	SARDNL
92	743418.178	9367420.000	740.772	EJE
93	743426.737	9367406.343	741.225	PAV
94	743421.768	9367424.924	740.791	SARDNL
95	743424.306	9367428.184	740.842	EJE
96	743427.032	9367431.621	740.848	SARDNL
97	743427.160	9367407.134	741.185	PAV
98	743431.024	9367434.531	740.117	SARDNL
99	743425.859	9367408.114	741.165	PAV
100	743433.471	9367441.861	739.844	PAV
101	743425.381	9367407.367	741.164	REJILLA
102	743426.444	9367407.162	740.560	F
103	743427.185	9367407.162	741.185	REJILLA
104	743426.696	9367406.393	741.216	REJILLA
105	743425.365	9367407.362	741.159	REJILLA
106	743470.949	9367404.210	742.034	SARDNL
107	743425.752	9367408.055	741.159	REJILLA
108	743427.037	9367404.371	741.606	BZ
109	743427.088	9367404.369	741.607	BZ
110	743424.960	9367404.632	741.615	BZ
111	743429.112	9367404.675	741.365	E-2
112	743475.037	9367410.690	741.541	PAV
113	743473.930	9367406.937	741.804	EJE
114	743474.131	9367398.748	742.288	EJE
115	743417.844	9367404.565	741.887	MZ
116	743422.785	9367399.839	742.057	MZ
117	743420.031	9367402.459	741.444	EJE
118	743382.703	9367393.940	742.775	CASA
119	743384.634	9367388.269	742.681	CASA
120	743383.939	9367390.676	742.644	EJE
121	743351.497	9367384.828	743.098	MZ

122	743359.189	9367380.650	743.050	MZ
123	743355.517	9367382.391	743.047	EJE
124	743415.080	9367415.578	740.112	F
125	743415.730	9367415.714	740.788	REJILLA
126	743415.166	9367416.139	740.754	REJILLA
127	743414.576	9367415.436	740.751	REJILLA
128	743415.240	9367414.929	740.753	REJILLA
129	743396.434	9367469.646	738.319	PAV
130	743401.528	9367425.741	739.676	F
131	743402.170	9367425.867	740.296	REJILLA
132	743401.586	9367426.336	740.275	REJILLA
133	743401.051	9367425.632	740.276	REJILLA
134	743401.662	9367425.155	740.297	REJILLA
135	743383.649	9367479.247	737.819	MZ
136	743375.332	9367445.657	738.760	F
137	743375.838	9367445.662	739.391	REJILLA
138	743375.177	9367446.116	739.370	REJILLA
139	743374.653	9367445.402	739.369	REJILLA
140	743375.231	9367444.905	739.391	REJILLA
141	743388.895	9367487.622	737.214	GRFO
142	743361.574	9367455.752	738.391	F
143	743363.129	9367455.224	739.030	REJILLA
144	743362.595	9367454.418	739.054	REJILLA
145	743358.659	9367457.412	738.895	REJILLA
146	743359.234	9367458.106	738.896	REJILLA
147	743344.886	9367468.351	737.947	F
148	743345.648	9367468.401	738.522	REJILLA
149	743344.669	9367469.075	738.519	REJILLA
150	743344.103	9367468.319	738.487	REJILLA
151	743345.030	9367467.633	738.525	REJILLA
152	743385.563	9367489.436	737.318	EJE
153	743381.306	9367492.512	737.819	CASA
154	743377.473	9367487.075	737.766	MZ
155	743330.445	9367479.258	737.533	F
156	743330.389	9367479.879	738.139	REJILLA
157	743331.006	9367479.386	738.158	REJILLA
158	743330.342	9367478.665	738.125	REJILLA
159	743329.789	9367479.132	738.131	REJILLA
160	743379.928	9367473.119	737.896	SARDNL
161	743377.447	9367467.956	739.217	SARDNL
162	743400.522	9367421.534	740.992	CASA
163	743373.618	9367461.007	739.244	SARDNL

164	743375.894	9367463.621	739.360	EJE
165	743381.944	9367475.855	737.851	EJE
166	743424.280	9367420.043	740.918	SARDNL
167	743422.132	9367417.069	740.903	EJE
168	743402.112	9367432.035	740.181	EJE
169	743404.296	9367434.983	740.254	SARDNL
170	743380.342	9367453.048	739.488	SARDNL
171	743378.170	9367450.080	739.428	EJE
172	743365.550	9367460.632	739.022	BZ
173	743349.792	9367476.017	738.629	SARDNL
174	743347.936	9367472.785	738.568	EJE
175	743284.067	9367527.129	736.804	E-3
175	743284.067	9367527.129	736.804	E-3
176	743429.112	9367404.675	741.365	E-2
177	743375.090	9367485.711	737.475	PAV
178	743334.148	9367480.889	738.207	BZ
179	743305.892	9367537.739	735.274	PAV
180	743315.164	9367490.729	737.039	F
181	743315.869	9367490.774	737.633	REJILLA
182	743315.211	9367491.313	737.658	REJILLA
183	743314.677	9367490.507	737.613	REJILLA
184	743315.232	9367490.006	737.652	REJILLA
185	743318.118	9367495.156	737.731	EJE
186	743320.315	9367498.077	737.816	SARDNL
187	743302.104	9367531.123	735.377	SARDNL
188	743304.878	9367533.769	735.354	EJE
189	743303.116	9367501.461	737.336	BZ
190	743301.570	9367500.996	736.591	F
191	743302.267	9367501.012	737.280	REJILLA
192	743301.612	9367501.535	737.274	REJILLA
193	743301.025	9367500.775	737.256	REJILLA
194	743301.660	9367500.257	737.268	REJILLA
195	743308.933	9367538.691	735.661	MZ
196	743289.185	9367509.619	736.888	PAV
197	743287.750	9367511.525	736.152	F
198	743288.407	9367511.437	736.829	REJILLA
199	743287.858	9367510.622	736.792	REJILLA
200	743281.407	9367515.381	736.614	REJILLA
201	743281.978	9367516.258	736.623	REJILLA
202	743281.920	9367515.572	735.861	F
203	743280.108	9367512.520	736.815	PAV
204	743280.530	9367514.927	736.639	PAV

205	743279.554	9367516.918	736.587	PAV
206	743290.706	9367533.454	736.469	SARDNL
207	743293.486	9367534.216	735.771	SARDNL
208	743293.187	9367537.963	735.080	SARDNL
209	743299.822	9367526.540	736.884	SARDNL
210	743299.826	9367526.540	736.884	SARDNL
211	743299.233	9367529.949	735.966	SARDNL
212	743296.837	9367531.261	735.970	EJE
213	743300.931	9367538.354	735.223	BZ
214	743301.108	9367536.515	735.280	BZ
215	743319.507	9367557.618	734.209	PAV
216	743336.403	9367579.948	733.035	PAV
217	743343.629	9367589.466	732.543	PAV
218	743344.365	9367587.142	732.842	MZ
219	743317.120	9367559.792	734.290	EJE
220	743289.089	9367509.639	736.835	PAV
221	743285.508	9367508.130	736.850	PAV
222	743287.597	9367506.771	737.144	MZ
223	743300.654	9367547.498	735.018	MZ
224	743297.617	9367547.140	735.012	MZ
225	743277.488	9367512.546	736.926	MZ
226	743277.027	9367514.987	736.707	MZ
227	743299.737	9367543.020	735.128	BZ
228	743275.078	9367520.726	735.668	F
229	743275.721	9367520.965	736.444	REJILLA
230	743274.860	9367521.620	736.401	REJILLA
231	743274.277	9367520.819	736.411	REJILLA
232	743274.986	9367520.200	736.398	REJILLA
233	743233.806	9367591.731	732.991	PAV
234	743236.487	9367592.517	733.267	MZ
235	743236.006	9367581.104	733.256	SARDNL
236	743238.264	9367584.429	733.213	EJE
237	743295.208	9367516.890	736.979	SARDNL
238	743294.369	9367518.810	736.939	SARDNL
239	743296.622	9367518.768	736.950	SARDNL
240	743291.851	9367526.740	736.867	EJE
241	743286.997	9367516.986	736.787	BZ
242	743286.234	9367519.236	736.741	EJE
243	743279.990	9367500.456	737.151	PAV
244	743277.303	9367502.782	737.179	EJE
245	743274.660	9367505.014	737.117	PAV
246	743273.957	9367493.468	737.471	E-4

247	743276.155	9367531.047	736.385	SARDNL
248	743274.167	9367528.248	736.347	EJE
249	743269.641	9367524.369	736.309	PAV
250	743264.242	9367528.858	735.365	F
251	743264.881	9367529.020	736.143	REJILLA
252	743264.143	9367529.603	736.119	REJILLA
253	743263.540	9367528.811	736.129	REJILLA
254	743264.299	9367528.292	736.152	REJILLA
255	743270.435	9367538.517	736.203	SARDNL
256	743255.292	9367535.519	735.081	F
257	743255.975	9367535.704	735.844	REJILLA
258	743255.171	9367536.298	735.871	REJILLA
259	743254.652	9367535.406	735.865	REJILLA
260	743255.427	9367534.893	735.838	REJILLA
261	743281.460	9367540.280	736.359	SARDNL
262	743265.070	9367552.555	735.908	SARDNL
263	743253.200	9367561.468	735.561	SARDNL
264	743270.483	9367542.747	736.236	EJE
265	743283.883	9367532.689	736.633	EJE
266	743240.627	9367546.660	734.732	F
267	743241.325	9367546.821	735.504	REJILLA
268	743240.394	9367547.468	735.474	REJILLA
269	743239.756	9367546.576	735.469	REJILLA
270	743240.590	9367545.893	735.497	REJILLA
271	743247.856	9367542.864	735.642	BZ
272	743223.152	9367588.451	735.031	E-5
246	743273.957	9367493.468	737.471	E-4
273	743284.067	9367527.129	736.804	E-3
274	743267.197	9367488.697	737.835	EJE
275	743256.788	9367474.218	738.600	EJE
276	743260.814	9367473.787	738.454	PAV
277	743253.545	9367475.705	738.584	PAV
278	743265.440	9367492.402	737.712	PAV
279	743338.273	9367593.252	732.509	PAV
280	743340.663	9367591.563	732.512	EJE
281	743335.575	9367593.808	732.589	MZ
282	743243.063	9367461.055	739.521	PAV
283	743243.043	9367465.093	739.507	MZ
284	743248.437	9367462.573	739.345	EJE
285	743250.917	9367460.187	739.270	PAV
286	743242.498	9367448.404	740.014	PAV
287	743239.469	9367450.092	740.159	EJE



288	743236.686	9367452.190	740.132	PAV
289	743233.905	9367452.457	740.044	MZ
290	743233.472	9367456.374	740.033	MZ
291	743201.715	9367403.366	742.607	PAV
292	743207.299	9367399.309	742.636	PAV
293	743204.369	9367401.521	742.634	EJE
294	743227.684	9367427.724	741.061	PAV
295	743225.839	9367431.279	741.115	EJE
296	743223.436	9367433.639	740.961	PAV
297	743244.700	9367454.552	739.840	BZ
272	743223.152	9367588.451	735.031	E-5
298	743284.067	9367527.129	736.804	E-3
299	743236.528	9367592.606	733.175	MZ
300	743234.887	9367595.411	732.951	MZ
301	743226.338	9367603.589	732.759	MZ
302	743222.702	9367603.090	732.788	MZ
303	743227.076	9367601.091	732.539	PAV
304	743222.692	9367600.305	732.636	PAV
305	743232.666	9367593.694	732.818	PAV
306	743233.181	9367595.941	732.712	PAV
307	743244.627	9367611.686	732.162	PAV
308	743229.198	9367596.945	732.693	EJE
309	743241.008	9367613.570	732.177	EJE
310	743203.645	9367569.667	734.689	MZ
311	743208.619	9367565.756	734.780	EJE
312	743213.169	9367562.548	734.867	EJE
313	743185.174	9367540.626	735.652	TN
314	743187.502	9367538.908	735.684	EJE
315	743190.250	9367535.795	735.942	TN
316	743175.434	9367517.872	737.393	TN
317	743171.576	9367520.316	736.744	EJE
318	743167.922	9367521.729	736.634	TN
319	743167.261	9367505.214	737.309	MZ
320	743158.511	9367510.330	737.050	TN
321	743161.694	9367508.291	737.096	EJE
322	743129.671	9367459.653	739.914	MZ
323	743127.738	9367461.974	739.554	TN
324	743125.307	9367463.859	739.488	EJE
325	743120.352	9367467.650	739.569	MZ
326	743259.967	9367649.507	731.245	MZ
327	743261.525	9367648.401	731.002	PAV
328	743264.933	9367646.184	731.097	EJE

329	743269.991	9367646.613	730.939	PAV
330	743271.374	9367644.857	731.391	MZ
331	743283.440	9367661.274	730.718	MZ
332	743280.964	9367661.616	730.443	PAV
333	743277.876	9367663.878	730.529	PAV
334	743270.043	9367659.809	730.642	PAV
335	743268.176	9367660.757	730.905	MZ
336	743297.675	9367685.409	729.787	PAV
337	743294.548	9367686.694	729.830	EJE
338	743291.994	9367689.550	729.733	PAV
339	743221.506	9367560.838	734.127	F
340	743222.041	9367561.055	734.880	REJILLA
341	743221.163	9367561.657	734.854	REJILLA
342	743220.545	9367560.887	734.869	REJILLA
343	743221.461	9367560.354	734.879	REJILLA
344	743211.508	9367568.258	733.876	F
345	743213.719	9367567.127	734.841	REJILLA
346	743207.481	9367570.935	734.550	REJILLA
347	743207.876	9367571.584	734.560	REJILLA
348	743207.973	9367570.938	733.773	REJILLA
349	743199.836	9367577.162	733.777	F
350	743200.038	9367577.431	734.430	REJILLA
351	743199.424	9367576.739	734.458	REJILLA
352	743200.262	9367576.149	734.556	REJILLA
353	743200.845	9367576.881	734.572	REJILLA
354	743211.092	9367570.221	734.639	BZ
355	743212.428	9367571.961	734.614	BZ
356	743215.846	9367576.319	734.731	SARDNL
357	743213.754	9367573.383	734.650	EJE
358	743227.538	9367595.115	732.704	BZ
359	743217.509	9367578.012	734.792	SARDNL
360	743220.548	9367581.718	734.769	EJE
361	743224.983	9367593.635	732.646	BZ
362	743230.832	9367578.347	735.110	MALECON
363	743234.233	9367580.232	735.156	MALECON
364	743231.942	9367583.820	735.119	MALECON
365	743215.594	9367595.959	734.825	MALECON
366	743211.561	9367597.154	734.776	MALECON
367	743208.899	9367596.218	734.755	MALECON
368	743218.595	9367590.561	734.861	MALECON
369	743226.046	9367584.966	735.012	MALECON
370	743183.767	9367589.284	733.623	F

371	743184.335	9367589.200	734.349	REJILLA
372	743183.500	9367589.800	734.346	REJILLA
373	743182.948	9367589.047	734.354	REJILLA
374	743176.097	9367594.936	733.566	F
375	743175.960	9367595.538	734.280	REJILLA
376	743175.506	9367594.721	734.288	REJILLA
377	743176.787	9367594.936	734.304	REJILLA
378	743176.235	9367594.155	734.312	REJILLA
379	743175.786	9367596.738	734.321	BZ
380	743187.345	9367597.751	734.467	SARDNL
381	743177.467	9367600.550	734.333	BZ
382	743191.845	9367597.219	734.419	SARDNL
383	743194.248	9367598.917	734.452	EJE
384	743197.257	9367603.393	734.217	EJE
385	743192.609	9367618.813	732.962	BZ
386	743194.234	9367621.202	732.863	PAV
387	743189.808	9367615.219	732.928	PAV
388	743211.708	9367588.572	734.623	EJE
389	743220.970	9367580.818	734.778	EJE
390	743165.739	9367645.393	733.295	E-6
390	743165.739	9367645.393	733.295	E-6
391	743223.152	9367588.451	735.031	E-5
392	743171.158	9367653.806	732.951	BM
393	743157.683	9367633.151	734.245	SARDNL
394	743157.167	9367636.500	733.634	SARDNL
395	743160.060	9367637.276	733.176	SARDNL
396	743157.820	9367654.010	733.251	MZ
397	743154.999	9367653.829	733.327	MZ
398	743167.114	9367645.239	733.159	MZ
399	743174.197	9367639.628	733.235	CASA
400	743179.033	9367662.328	732.635	CASA
401	743162.859	9367645.268	733.205	BZ
402	743160.024	9367642.969	733.211	BZ
403	743157.715	9367647.499	733.229	BZ
404	743156.492	9367651.267	733.137	SARDNL
405	743159.739	9367654.701	732.993	SARDNL
406	743193.215	9367698.918	731.287	SARDNL
407	743191.728	9367698.933	731.551	MZ
408	743166.450	9367649.702	732.876	SARDNL
409	743195.135	9367695.695	731.357	EJE
410	743162.688	9367652.552	732.950	EJE
411	743199.046	9367693.212	731.340	SARDNL

412	743201.181	9367691.665	731.615	MZ
413	743176.856	9367677.402	731.933	SARDNL
414	743179.617	9367674.964	732.047	EJE
415	743183.210	9367671.923	732.061	SARDNL
416	743210.905	9367704.517	731.104	MZ
417	743208.431	9367704.368	731.068	SARDNL
418	743200.710	9367709.388	731.093	SARDNL
419	743198.948	9367711.126	731.337	MZ
420	743201.595	9367711.613	731.295	MZ
421	743156.812	9367649.333	733.166	REJILLA
422	743156.662	9367648.256	733.188	REJILLA
423	743164.312	9367648.646	732.958	REJILLA
424	743164.184	9367647.539	732.975	REJILLA
425	743158.528	9367648.711	732.416	F
426	743164.108	9367648.114	732.210	F
427	743238.369	9367756.980	729.679	SARDNL
428	743236.174	9367757.440	729.962	MZ
429	743241.218	9367754.184	729.803	EJE
430	743245.363	9367751.079	729.796	SARDNL
431	743167.114	9367601.713	733.513	F
432	743167.115	9367602.175	734.298	REJILLA
433	743167.888	9367601.560	734.282	REJILLA
434	743166.555	9367601.488	734.298	REJILLA
435	743179.459	9367666.962	732.255	CNLTA
436	743178.730	9367667.714	732.246	CNLTA
437	743164.810	9367649.325	732.919	CNLTA
438	743165.528	9367648.572	732.930	CNLTA
439	743162.106	9367651.529	732.991	BZ
440	743201.044	9367697.376	731.201	REJILLA
441	743206.670	9367702.704	731.079	REJILLA
442	743205.637	9367703.478	731.078	REJILLA
443	743205.735	9367702.919	730.125	F
444	743201.439	9367697.142	730.272	F
445	743165.641	9367613.944	734.378	SARDNL
446	743223.726	9367725.581	730.408	CNLTA
447	743220.063	9367728.289	730.443	EJE
448	743217.106	9367730.294	730.383	SARDNL
449	743242.662	9367752.438	729.828	CNLTA
450	743162.884	9367611.464	734.335	EJE
451	743150.848	9367613.826	733.476	F
452	743150.975	9367614.265	734.336	REJILLA
453	743150.431	9367613.499	734.338	REJILLA

454	743151.196	9367612.864	734.368	REJILLA
455	743143.406	9367619.393	733.423	F
456	743143.751	9367619.520	734.353	REJILLA
457	743143.264	9367618.978	734.330	REJILLA
458	743139.226	9367621.898	734.397	REJILLA
459	743139.715	9367622.565	734.389	REJILLA
460	743139.557	9367622.281	733.423	F
461	743136.859	9367621.917	732.949	F
462	743136.789	9367621.271	734.270	REJILLA
463	743137.281	9367622.033	734.350	REJILLA
464	743136.102	9367622.998	734.360	REJILLA
465	743135.512	9367622.279	734.280	REJILLA
466	743132.851	9367620.854	734.783	MZ
467	743126.267	9367597.172	734.514	PAV
468	743120.848	9367601.618	734.454	PAV
469	743123.639	9367599.392	734.447	EJE
470	743119.241	9367603.070	734.933	CASA
471	743099.750	9367578.025	735.344	MZ
472	743101.941	9367577.005	735.038	PAV
473	743113.486	9367580.365	734.838	PAV
474	743110.513	9367582.374	734.810	EJE
475	743104.702	9367574.789	735.038	EJE
476	743107.823	9367584.644	734.843	PAV
477	743105.768	9367570.546	735.130	PAV
478	743107.745	9367569.125	735.281	MZ
479	743091.114	9367563.107	735.387	PAV
480	743088.535	9367563.487	735.654	MZ
481	743095.981	9367558.014	735.398	PAV
482	743093.204	9367560.195	735.405	EJE
483	743098.095	9367556.828	735.575	MZ
484	743084.930	9367540.294	736.349	CASA
485	743149.367	9367639.698	734.195	SARDNL
486	743151.265	9367640.536	733.786	SARDNL
487	743151.399	9367643.677	733.295	SARDNL
488	743133.912	9367656.951	733.416	SARDNL
489	743135.580	9367659.485	733.377	EJE
490	743080.280	9367543.752	735.941	EJE
491	743077.477	9367545.925	735.900	PAV
492	743054.123	9367516.321	737.058	PAV
493	743061.509	9367511.017	737.517	MZ
494	743052.382	9367517.817	737.086	MZ
495	743056.880	9367514.354	737.079	EJE

496	743151.992	9367625.479	734.400	SARDNL
497	743152.922	9367626.015	734.379	SARDNL
498	743142.418	9367632.676	734.458	SARDNL
499	743142.670	9367633.626	734.448	SARDNL
500	743133.115	9367641.214	734.598	SARDNL
501	743112.357	9367656.766	734.762	SARDNL
502	743140.112	9367633.036	734.497	SARDNL
503	743156.191	9367640.156	733.238	EJE
504	743158.964	9367643.411	733.182	EJE
505	743152.437	9367636.565	734.254	EJE
506	743146.864	9367629.484	734.366	EJE
507	743153.479	9367625.932	734.315	SARDNL
508	743151.991	9367625.504	734.373	SARDNL
509	743152.116	9367624.004	734.402	SARDNL
510	743119.396	9367648.553	734.709	SARDNL
511	743114.465	9367641.016	733.839	F
512	743114.992	9367641.123	734.572	REJILLA
513	743114.194	9367641.682	734.559	REJILLA
514	743113.621	9367640.945	734.531	REJILLA
515	743114.401	9367640.370	734.545	REJILLA
516	743144.988	9367656.533	733.274	REJILLA
517	743145.338	9367657.304	733.269	REJILLA
518	743145.703	9367655.999	733.262	REJILLA
519	743146.225	9367656.744	733.245	REJILLA
520	743094.622	9367681.900	734.786	E-7
520	743094.622	9367681.900	734.786	E-7
521	743165.739	9367645.393	733.295	E-6
522	743145.613	9367656.742	732.553	F
523	743103.844	9367679.254	733.653	SARDNL
524	743126.857	9367670.795	732.726	F
525	743127.632	9367670.717	733.349	REJILLA
526	743127.067	9367670.039	733.362	REJILLA
527	743126.134	9367670.705	733.399	REJILLA
528	743105.719	9367681.879	733.604	EJE
529	743110.064	9367684.136	733.521	SARDNL
530	743108.128	9367687.037	733.593	SARDNL
531	743108.424	9367689.317	733.512	SARDNL
532	743105.956	9367686.312	732.920	F
533	743100.659	9367690.460	733.015	F
534	743106.014	9367685.811	733.588	REJILLA
535	743106.370	9367686.423	733.598	REJILLA
536	743100.289	9367689.972	733.682	REJILLA

537	743100.948	9367690.854	733.659	REJILLA
538	743111.886	9367686.224	733.573	MZ
539	743111.553	9367688.958	733.551	MZ
540	743103.561	9367697.976	733.579	MZ
541	743097.386	9367696.938	733.779	MZ
542	743134.184	9367736.464	732.177	MZ
543	743147.704	9367733.396	731.439	MZ
544	743124.172	9367709.574	732.794	PAV
545	743120.157	9367714.144	732.729	PAV
546	743118.292	9367706.990	732.925	EJE
547	743103.805	9367688.761	733.636	EJE
548	743100.745	9367685.577	733.677	EJE
549	743134.978	9367728.179	732.221	EJE
550	743110.094	9367696.470	733.357	BZ
551	743086.179	9367701.951	733.941	PAV
552	743095.724	9367694.704	733.754	PAV
553	743086.582	9367696.205	733.911	EJE
554	743087.355	9367660.784	734.054	F
555	743088.094	9367661.091	734.748	REJILLA
556	743087.478	9367660.348	734.756	REJILLA
557	743086.858	9367660.859	734.787	REJILLA
558	743087.380	9367661.631	734.778	REJILLA
559	743085.216	9367677.136	734.960	SARDNL
560	743086.021	9367675.004	734.997	SARDNL
561	743083.802	9367675.245	734.988	SARDNL
562	743095.824	9367667.618	734.888	SARDNL
563	743097.476	9367667.855	734.873	SARDNL
564	743096.055	9367665.998	734.870	SARDNL
565	743085.320	9367662.325	734.068	F
566	743086.092	9367662.570	734.767	REJILLA
567	743085.427	9367663.141	734.811	REJILLA
568	743083.403	9367663.898	734.069	F
569	743084.082	9367664.010	734.837	REJILLA
570	743083.386	9367664.592	734.837	REJILLA
571	743082.851	9367663.767	734.818	REJILLA
572	743082.742	9367663.765	734.811	REJILLA
573	743082.483	9367663.484	734.838	REJILLA
574	743080.134	9367665.255	734.858	REJILLA
575	743080.365	9367665.594	734.864	REJILLA
576	743081.161	9367664.733	734.092	F
577	743070.449	9367646.975	734.901	F
578	743073.455	9367644.837	734.967	EJE

579	743075.938	9367643.124	734.913	PAV
580	743078.852	9367663.251	735.091	MZ
581	743066.310	9367627.352	735.124	PAV
582	743060.411	9367630.821	735.088	PAV
583	743086.346	9367658.384	734.783	SARDNL
584	743063.874	9367629.315	735.185	EJE
585	743089.003	9367658.368	734.835	SARDNL
586	743048.338	9367614.803	735.610	MZ
587	743049.952	9367613.855	735.382	PAV
588	743051.270	9367609.855	735.422	EJE
589	743053.738	9367607.086	735.427	PAV
590	743054.530	9367605.843	735.722	MZ
591	743097.913	9367673.113	734.919	EJE
592	743092.577	9367676.231	734.989	EJE
593	743088.600	9367679.247	735.037	EJE
594	743085.505	9367664.492	734.852	BZ
595	743086.593	9367666.569	734.883	BZ
596	743091.149	9367682.721	734.926	SARDNL
597	743075.230	9367694.706	735.077	SARDNL
598	743069.752	9367688.966	735.143	SARDNL
599	743073.938	9367690.188	735.157	EJE
600	743106.732	9367671.080	734.765	SARDNL
601	743047.684	9367709.808	735.396	EJE
602	743047.155	9367715.682	735.322	SARDNL
603	743049.442	9367704.032	735.356	SARDNL
604	743054.835	9367696.821	735.221	SARDNL
605	743080.906	9367672.689	734.961	EJE
606	743053.893	9367692.945	735.156	EJE
607	743053.150	9367687.401	734.365	F
608	743053.025	9367687.630	735.100	REJILLA
609	743053.930	9367686.942	735.078	REJILLA
610	743052.459	9367686.674	735.100	REJILLA
611	743045.123	9367697.163	735.249	BZ
612	743037.437	9367700.561	735.268	REJILLA
613	743032.032	9367702.879	734.572	F
614	743032.741	9367702.954	735.330	REJILLA
615	743031.875	9367703.544	735.341	REJILLA
616	743022.640	9367738.695	735.422	E-8
616	743022.640	9367738.695	735.422	E-8
617	743094.622	9367681.900	734.786	E-7
618	743034.283	9367735.152	734.855	EJE
619	743034.416	9367731.148	734.835	SARDNL

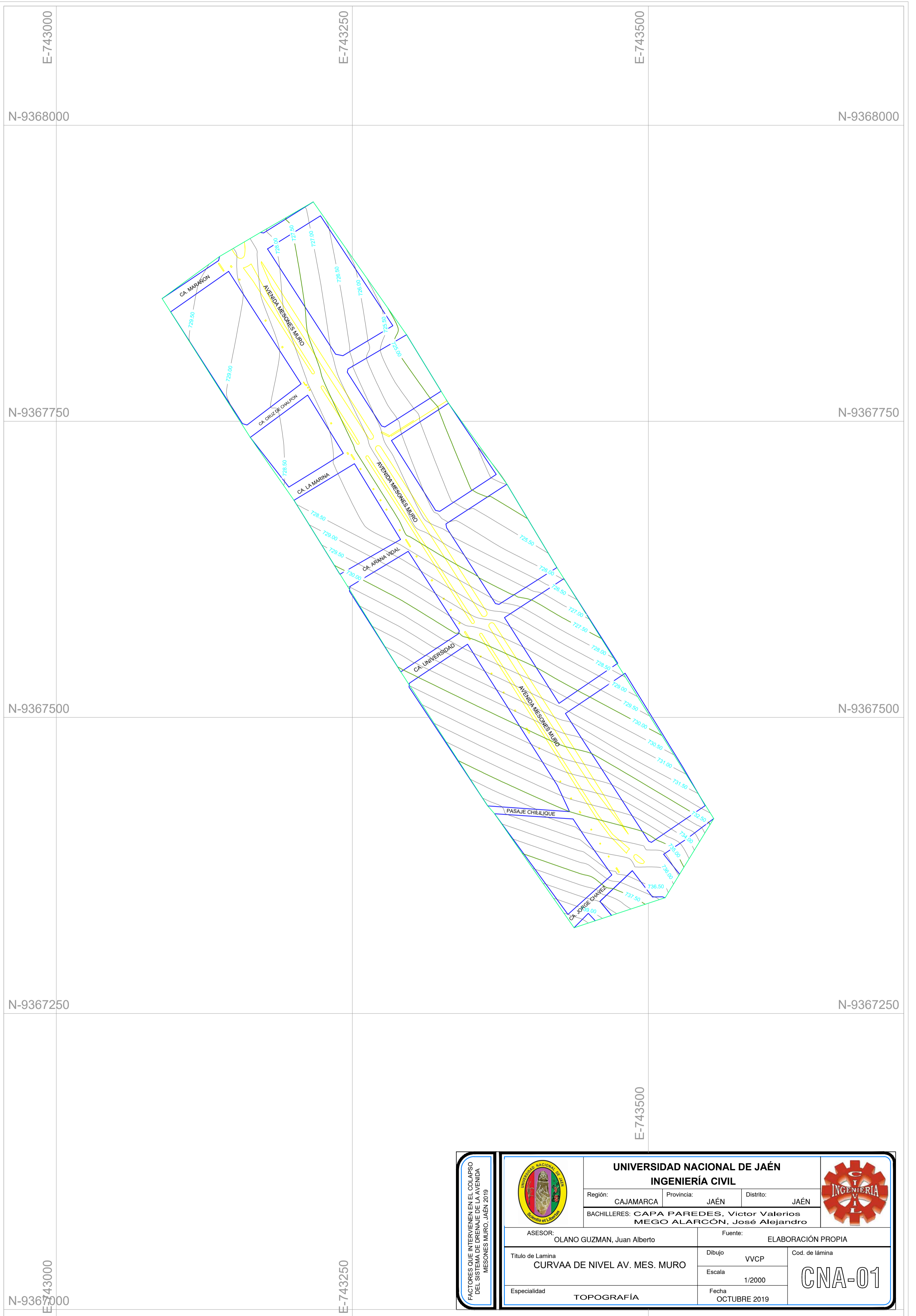


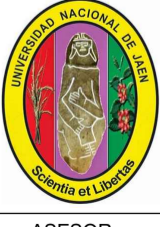

620	743037.869	9367736.802	734.796	PAV
621	743023.939	9367748.170	735.076	PAV
622	743021.877	9367744.457	735.121	EJE
623	743018.959	9367742.671	735.184	SARDNL
624	743011.240	9367748.238	735.347	SARDNL
625	743011.519	9367746.956	735.435	SARDNL
626	743012.386	9367760.053	735.127	MZ
627	743012.412	9367760.061	735.154	SARDNL
628	743026.417	9367731.585	735.527	SARDNL
629	743003.842	9367743.282	735.856	SARDNL
630	743001.622	9367740.177	735.948	SARDNL
631	743008.724	9367762.213	735.126	PAV
632	742998.850	9367737.816	735.868	SARDNL
633	743001.086	9367769.006	735.092	SARDNL
634	742994.889	9367745.036	735.975	SARDNL
635	743001.811	9367770.929	735.076	MZ
636	743004.498	9367771.493	734.959	MZ
637	742996.053	9367748.223	735.958	SARDNL
638	743003.840	9367748.568	735.805	EJE
639	743002.836	9367754.536	735.609	EJE
640	743004.499	9367762.066	735.348	EJE
641	743001.281	9367761.315	735.563	BZ
642	742994.684	9367753.232	735.957	SARDNL
643	742993.125	9367756.620	735.980	SARDNL
644	742990.257	9367761.136	736.025	SARDNL
645	742984.423	9367767.130	736.122	SARDNL
646	742978.286	9367766.438	736.154	SARDNL
647	742976.499	9367762.717	736.236	SARDNL
648	742979.628	9367755.023	736.232	SARDNL
649	742983.880	9367750.113	736.152	SARDNL
650	742991.407	9367744.546	736.015	SARDNL
651	742976.586	9367739.760	736.306	MZ
652	742988.258	9367730.806	736.085	MZ
653	742977.164	9367736.397	736.285	MZ
654	742991.230	9367732.922	735.852	PAV
655	742980.047	9367737.099	736.069	PAV
656	742987.537	9367732.906	735.951	PAV
657	742980.230	9367739.237	736.080	PAV
658	743006.788	9367756.625	735.480	BZ
659	742999.399	9367727.411	735.000	F
660	742999.483	9367726.844	735.741	REJILLA
661	743000.014	9367727.533	735.746	REJILLA

662	742999.196	9367728.201	735.755	REJILLA
663	742998.596	9367727.504	735.772	REJILLA
664	743010.822	9367730.106	735.748	SARDNL
665	742989.187	9367734.590	735.888	REJILLA
666	742989.755	9367735.368	735.908	REJILLA
667	742988.096	9367735.338	735.907	REJILLA
668	742988.434	9367736.224	735.923	REJILLA
669	742988.853	9367735.137	736.113	REJILLA
670	742978.132	9367733.968	735.662	F
671	742978.311	9367734.479	736.093	REJILLA
672	742977.744	9367733.820	736.106	REJILLA
673	742984.009	9367729.866	735.637	REJILLA
674	742984.564	9367729.962	736.035	REJILLA

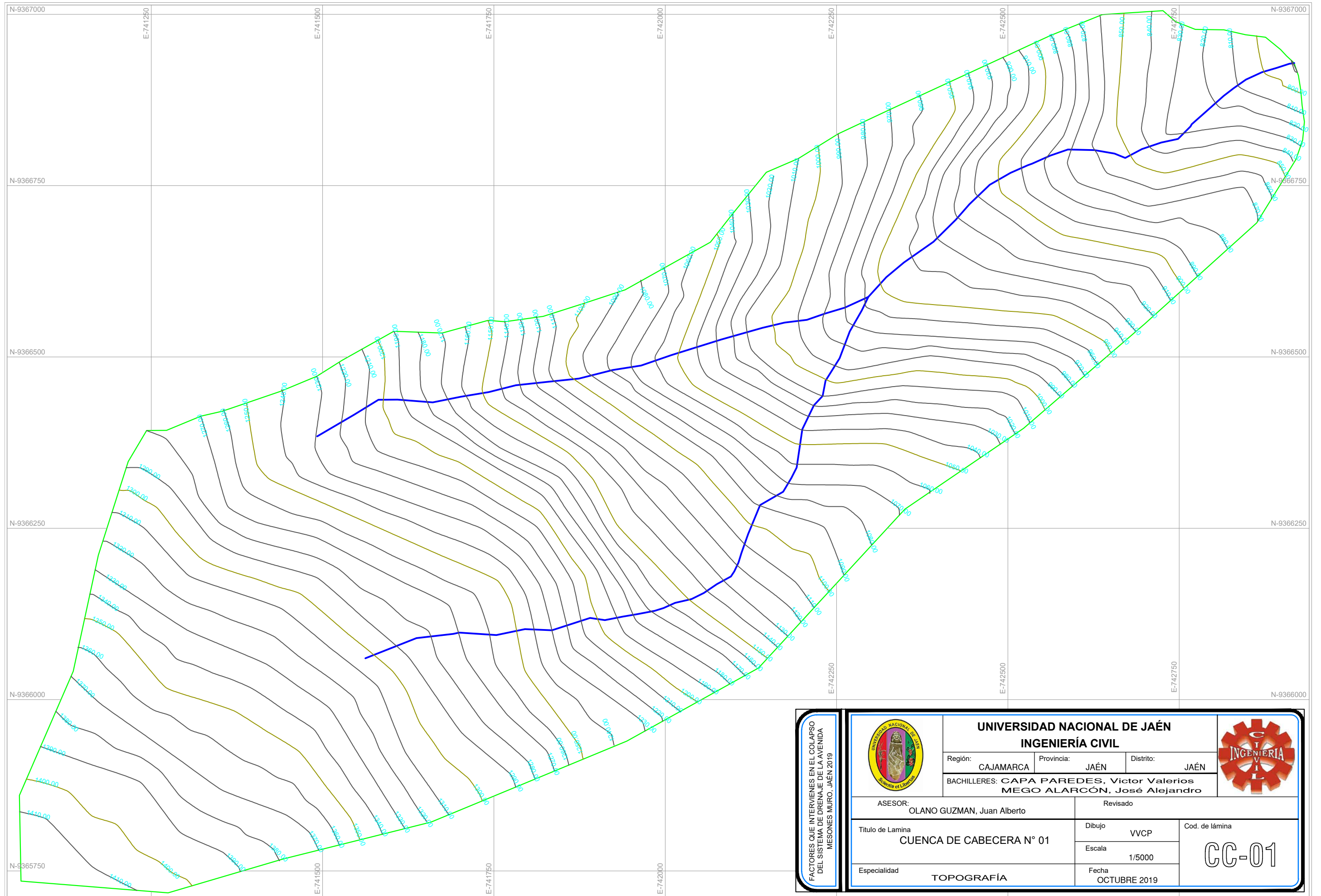
*Fuente: Elaboración propia*

**ANEXO 3: CURVAS DE  
NIVEL DE LA AVENIDA  
MESONES MURO DE LA  
CUADRA 6 A LA  
CUADRA 11.**



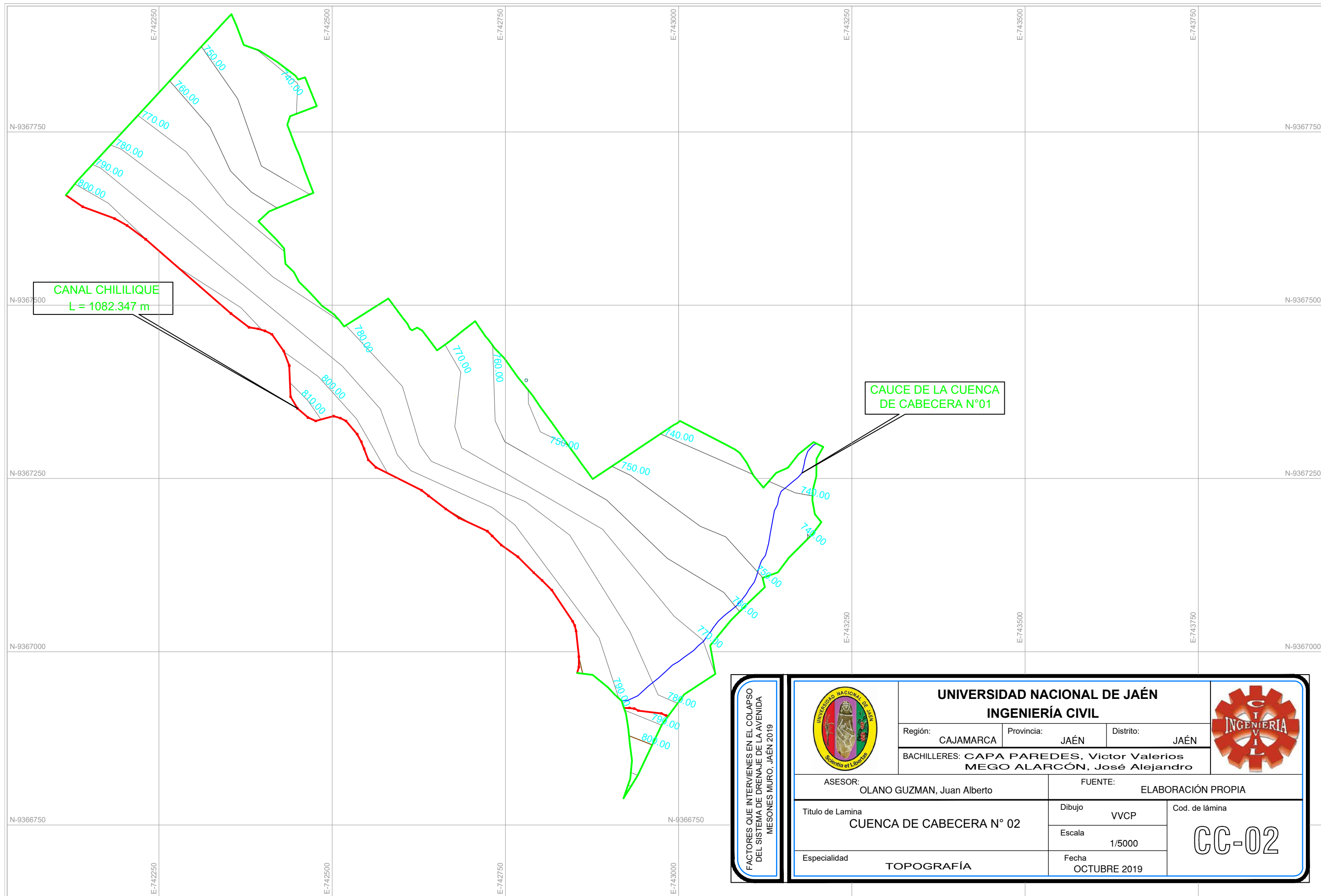
FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COLAPSO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES MURO. JAÉN 2019	 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN</b> <b>INGENIERÍA CIVIL</b>			
	Región:	Provincia:	Distrito:	
	CAJAMARCA	JAÉN	JAÉN	
	BACHILLERES: CAPA PAREDES, Victor Valerios MEGO ALARCÓN, José Alejandro			
	ASESOR: OLANO GUZMAN, Juan Alberto		Fuente: ELABORACIÓN PROPIA	
Título de Lamina CURVA DE NIVEL AV. MES. MURO		Dibujo VVCP	Cod. de lámina <b>CNA-01</b>	
Especialidad TOPOGRAFÍA		Escala 1/2000	Fecha OCTUBRE 2019	

**ANEXO 4:**  
**DELIMITACIÓN DE LA**  
**CUENCA DE CABECERA**  
**1.**



<b>FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COLAPSO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES MURO. JAÉN 2019</b>			<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN</b> <b>INGENIERÍA CIVIL</b>			
	Región:	CAJAMARCA	Provincia:	JAÉN		Distrito:
	BACHILLERES: <b>CAPA PAREDES, Víctor Valerios</b> <b>MEGO ALARCÓN, José Alejandro</b>					<b>CC-01</b>
	ASESOR: <b>OLANO GUZMAN, Juan Alberto</b>		Revisado			
Título de Lamina <b>CUENCA DE CABECERA N° 01</b>		Dibujo <b>VVCP</b>	Cod. de lámina			
Especialidad <b>TOPOGRAFÍA</b>		Escala <b>1/5000</b>	Fecha <b>OCTUBRE 2019</b>			

**ANEXO 5:  
DELIMITACIÓN DE LA  
CUENCA DE CABECERA  
2.**



**CANAL CHILIQUE**  
L = 1082.347 m


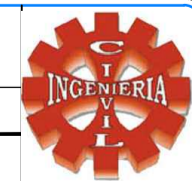
**CAUCE DE LA CUENCA DE CABECERA N°01**

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COLAPSO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES MUÑOZ, JAÉN 2019			<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN</b> <b>INGENIERÍA CIVIL</b>			
	Región:	CAJAMARCA	Provincia:	JAÉN		Distrito:
	BACHILLERES: CAPA PAREDES, Víctor Valerios MEGO ALARCÓN, José Alejandro					<b>CC-02</b>
	ASESOR:			FUENTE:		
OLANO GUZMAN, Juan Alberto			ELABORACIÓN PROPIA			
Título de Lamina		Dibujo		Cod. de lámina		
CUENCA DE CABECERA N° 02		VVCP		CC-02		
		Escala				
Especialidad		1/5000		Fecha		
TOPOGRAFÍA		OCTUBRE 2019				



**ANEXO 6:  
DELIMITACIÓN DE LA  
CUENCA URBANA Y  
MÉTODO DE LAS  
DIAGONALES.**



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN</b> <b>INGENIERÍA CIVIL</b>	Región: CAJAMARCA    Provincia: JAÉN    Distrito: JAÉN	 <b>INGENIERÍA</b>
	ASESOR: OLANO GUZMAN, Juan Alberto TÍTULO DE LÍMITE: <b>MANZANAS DE LA CUENCA URBANA          MÉTODOS DE LAS DIAGONALES</b>	
ESPECIALIDAD: TOPOGRAFÍA	<b>MCU-01</b>	

**ANEXO 7: COTAS DE  
SUB RASANTE DE LAS  
CALLES.**





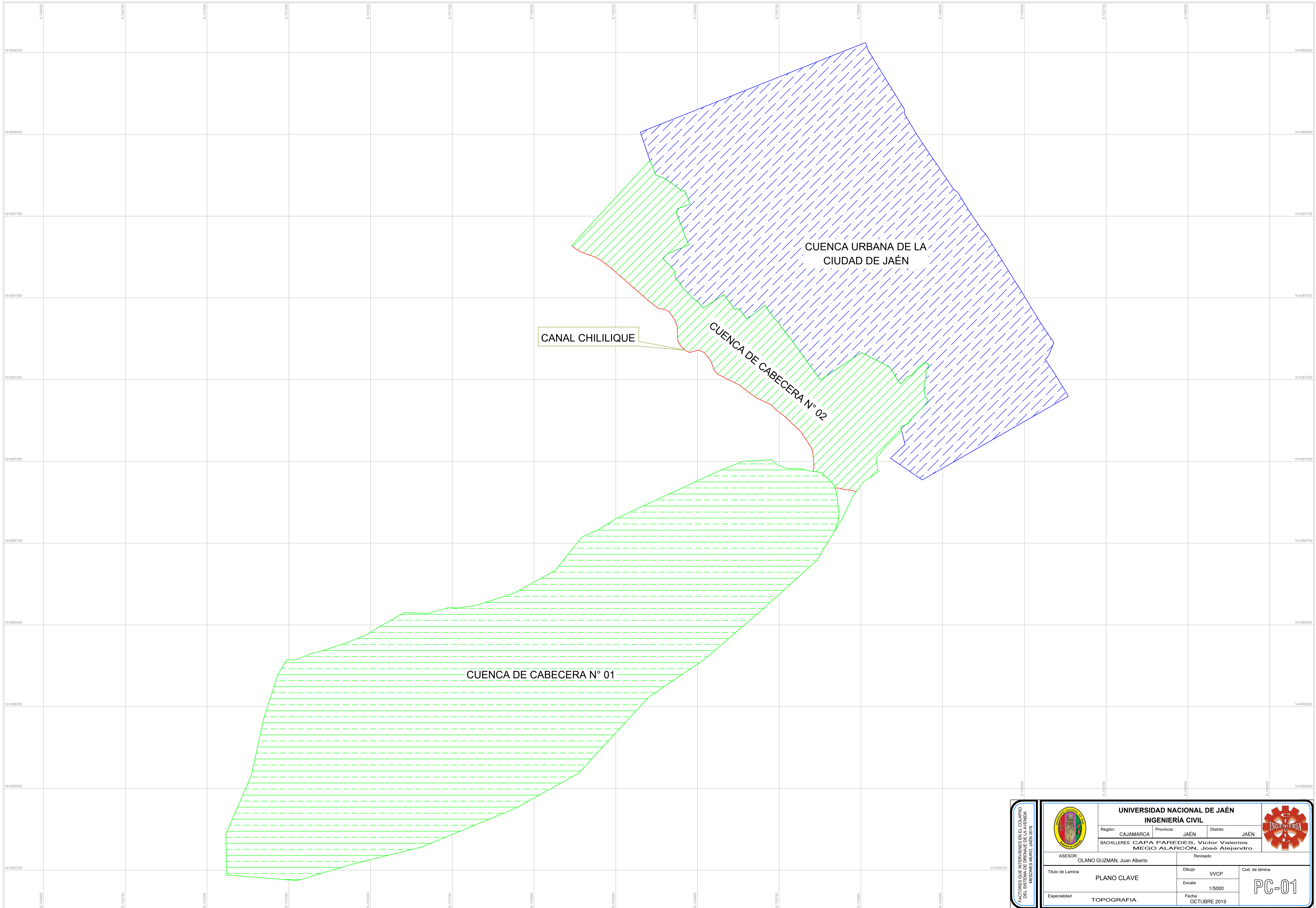



**ANEXO 8: DIRECCIÓN  
DE FLUJO EN CUENCA  
URBANA.**



**ANEXO 9: PLANO CLAVE  
CUENCA URBANA,  
CUENCAS DE  
CABECERA.**





FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COLAPSO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AVENIDA MESONES MUÑOZ, JAÉN, 2019	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN</b> <b>INGENIERÍA CIVIL</b>			
	Región: CAJAMARCA	Provincia: JAÉN	Distrito: JAÉN	
	BACHILLERES: CAPA PAREDES, Víctor Valerios MEGO ALARCÓN, José Alejandro			<b>PC-01</b>
	ASESOR: OLANO GUZMAN, Juan Alberto		Revisado	
	Título de Lamina <b>PLANO CLAVE</b>	Dibujo VVCP	Cod. de lámina	
Especialidad TOPOGRAFIA	Escala 1/5000	Fecha OCTUBRE 2019		



**ANEXO 10:  
MICROZONIFICACIÓN  
DE SUELOS**

# CIUDAD DE JAEN

9371000

9370000

9369000

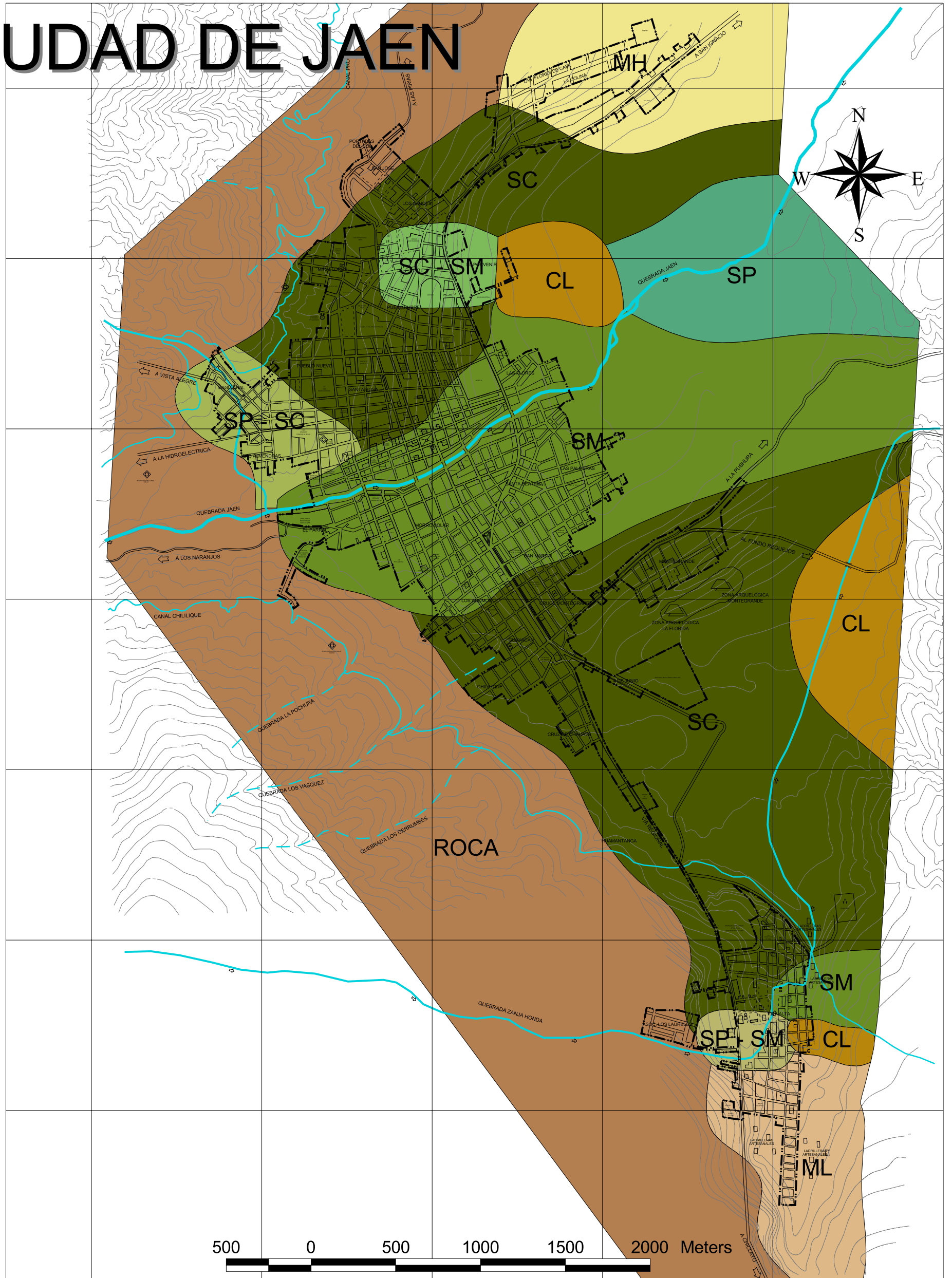
9368000

9367000

9366000

9365000

9364000



FUENTE: MAPA DE PELIGROS - DICIEMBRE 2004

## LEYENDA

SECTOR	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
I		Roca		
II		Arena Pobrememente Gradada (SP)		Arena Limosa-Arcillosa (S C-SM)
		Arena Arcillosa (SC)		Arena Pobrememente Gradada-Limosa (SP-SM)
		Arena Limosa (SM)		Arena Pobrememente Gradada-Arcillosa (SP-S C)
III		Arcilla de baja plasticidad (CL)		Limos inorganicos de alta plasticidad (MH)
		Limos inorganicos de baja plasticidad (ML)		



PROYECTO : INDECI - PNUD - PER / 02 / 051	
<b>CIUDADES SOSTENIBLES</b>	
ESTUDIO : PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES DE LA CIUDAD DE JAEN	
DESCRIPCION : MICROZONIFICACIÓN DE SUELOS	LAMINA N° : <b>15</b>
FECHA : OCTUBRE - 2005	ESCALA :