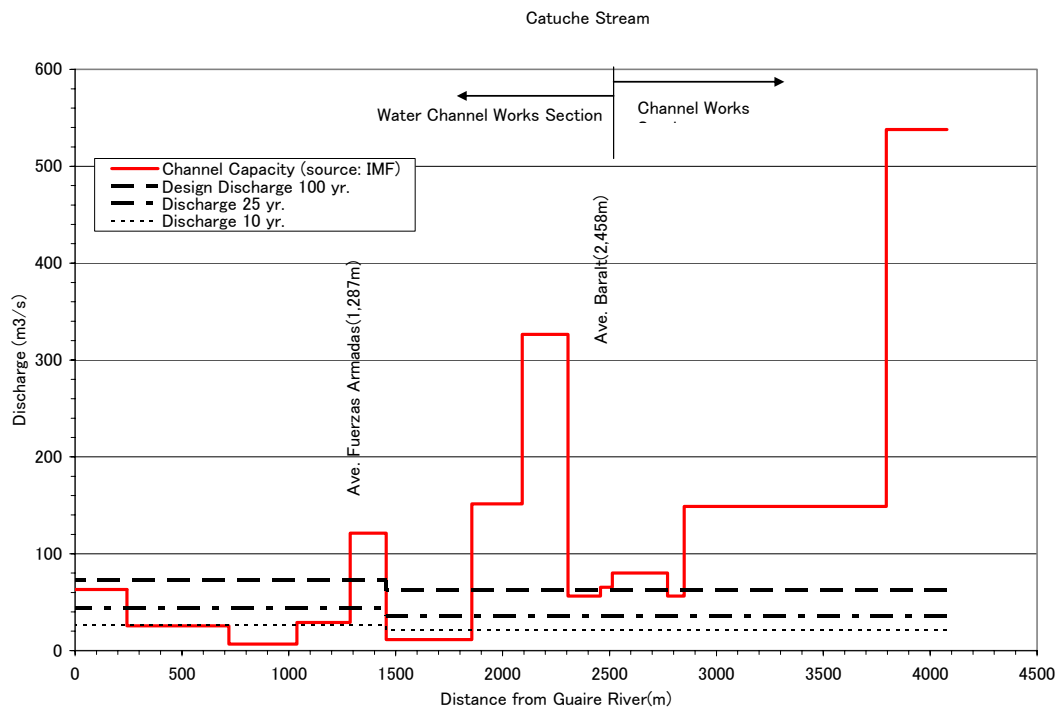
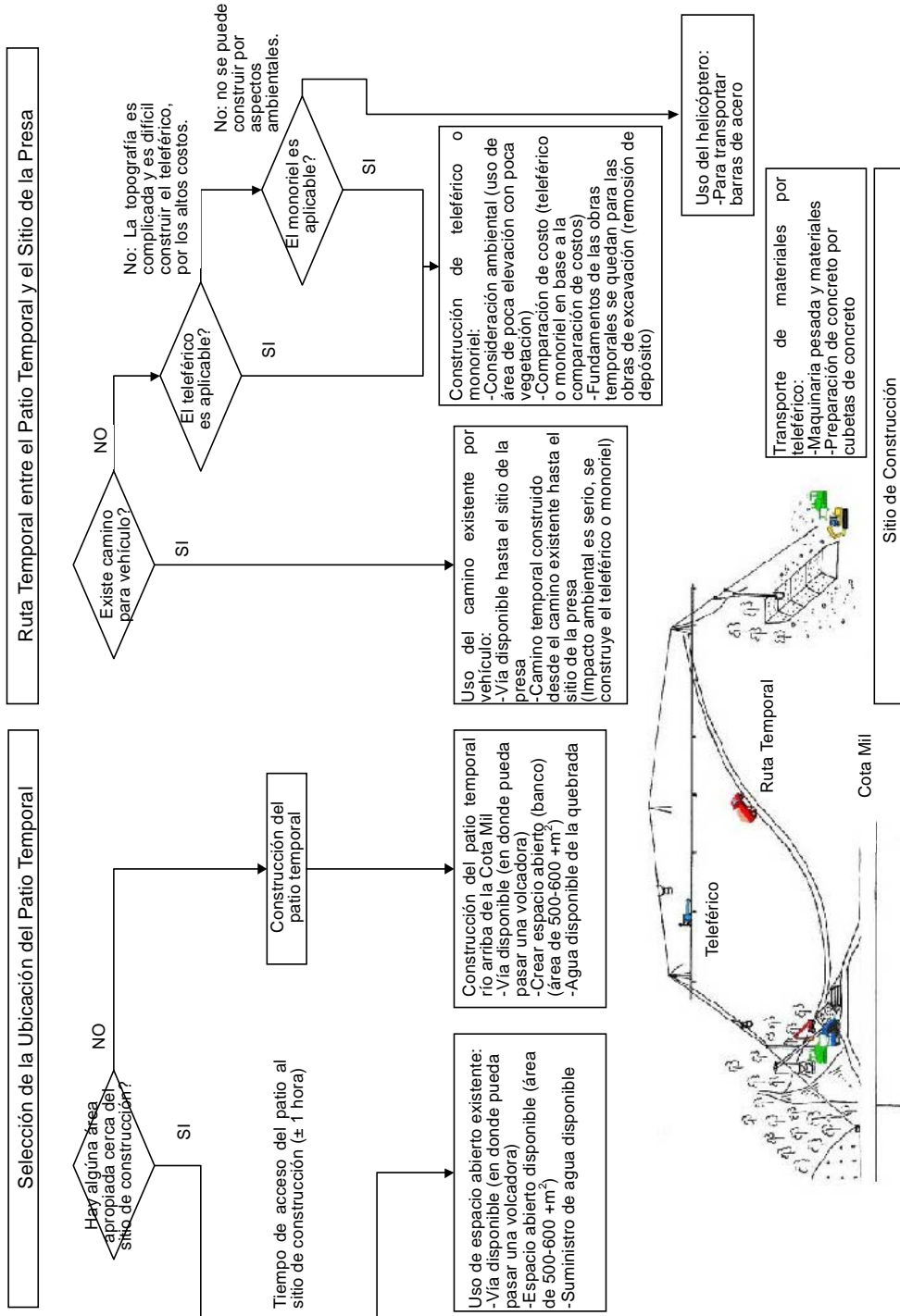


**Figura S16-2.5.2 Sección de Trabajos de Canalización**



**Figura S16-2.5.3 Capacidad de Flujo de Canal en la Quebrada Catuche (Fuente: FMI)**



**Figura S16-2.6.1 Procedimiento para Seleccionar Patio Temporal y Accesos Temporales**

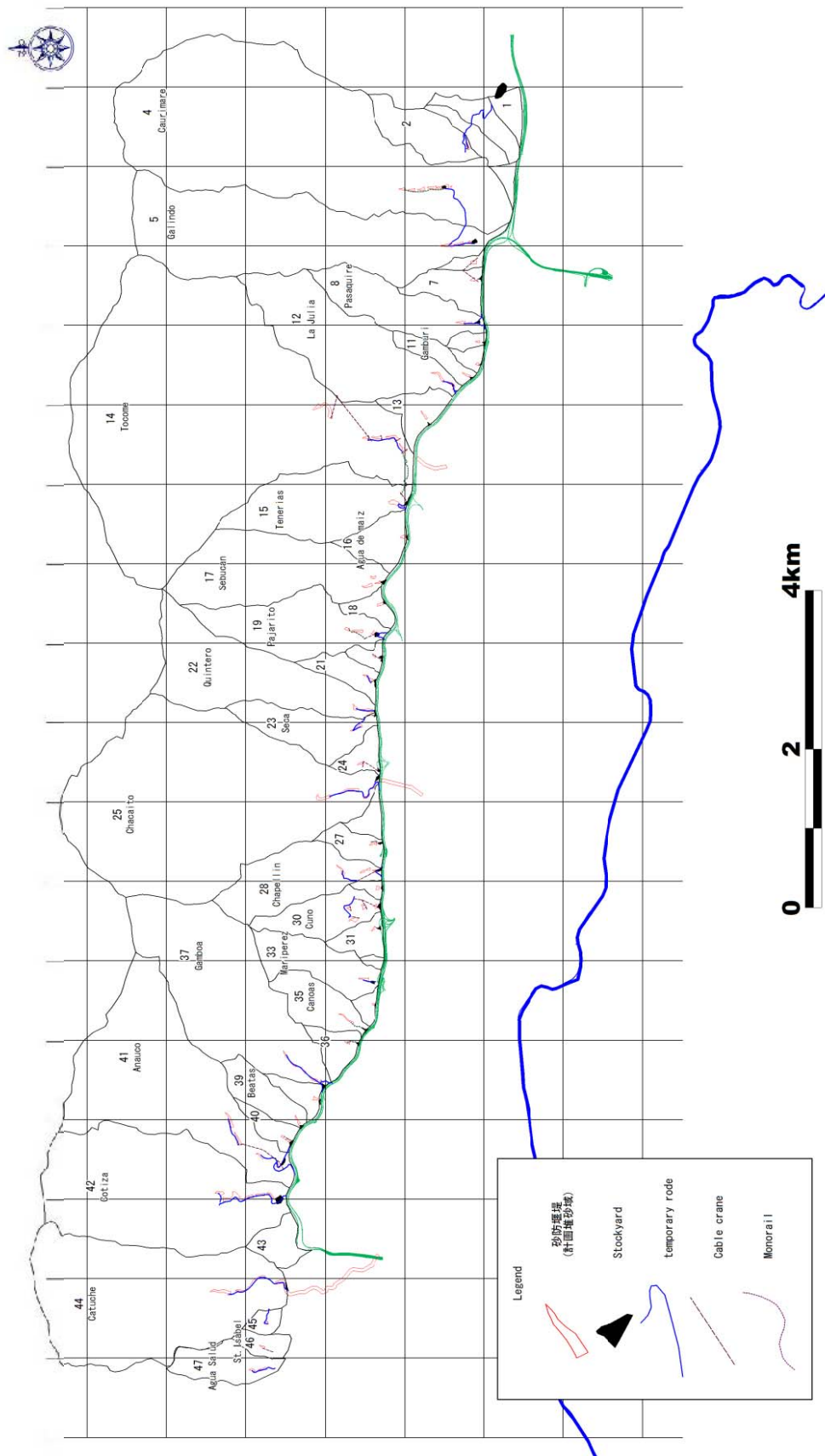


Figura S16-2.6.2 Trabajos Temporales Propuestos

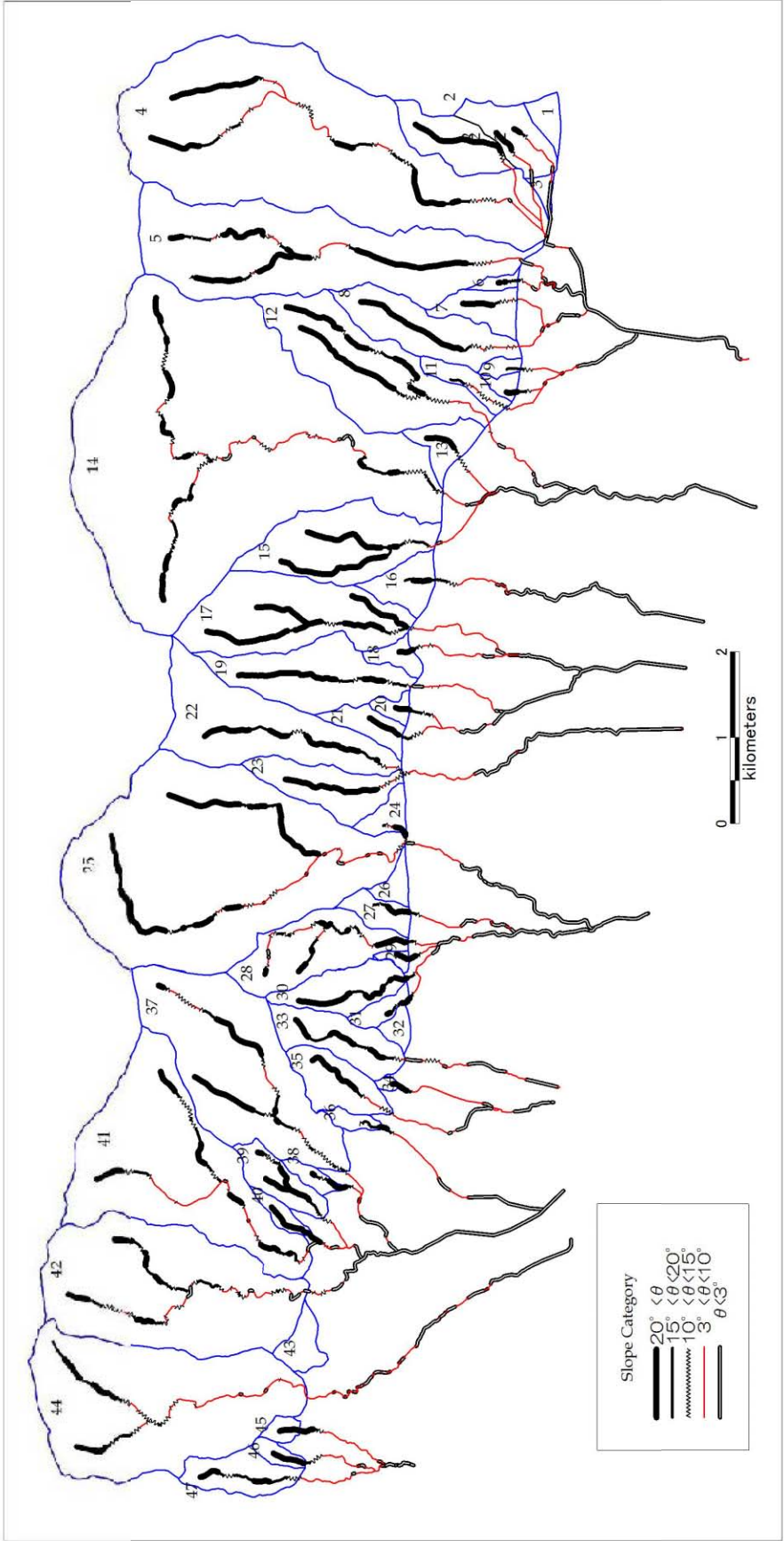
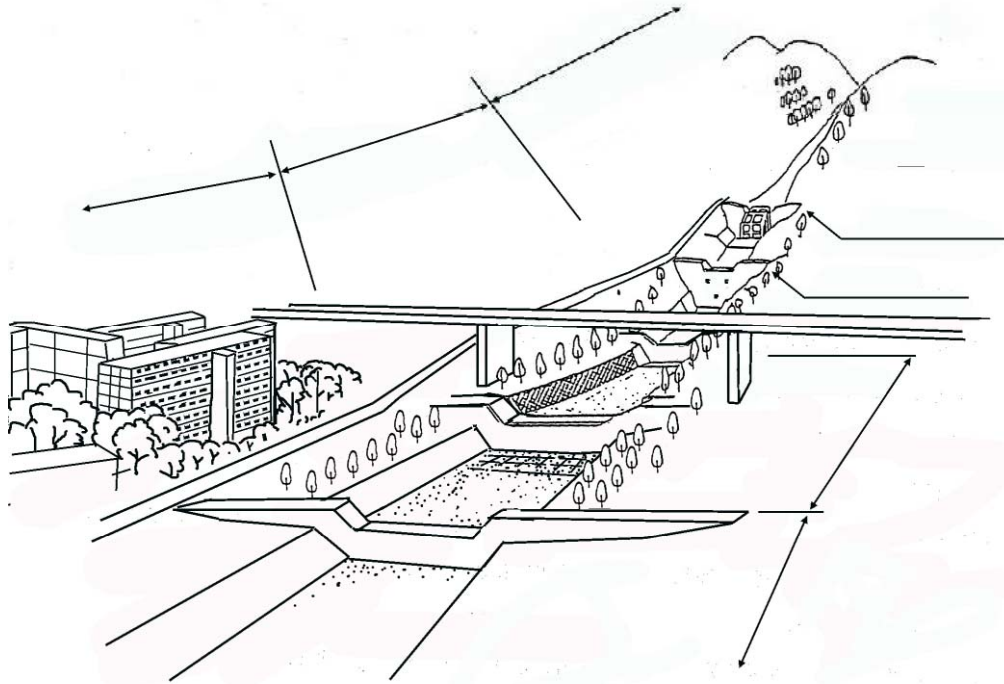


Figura S16-2.7.1 Segmento Categorizado por Pendiente de Lecho



**Figura S16-2.7.2 Ilustración de Esquema de Represa Sabo Típica**

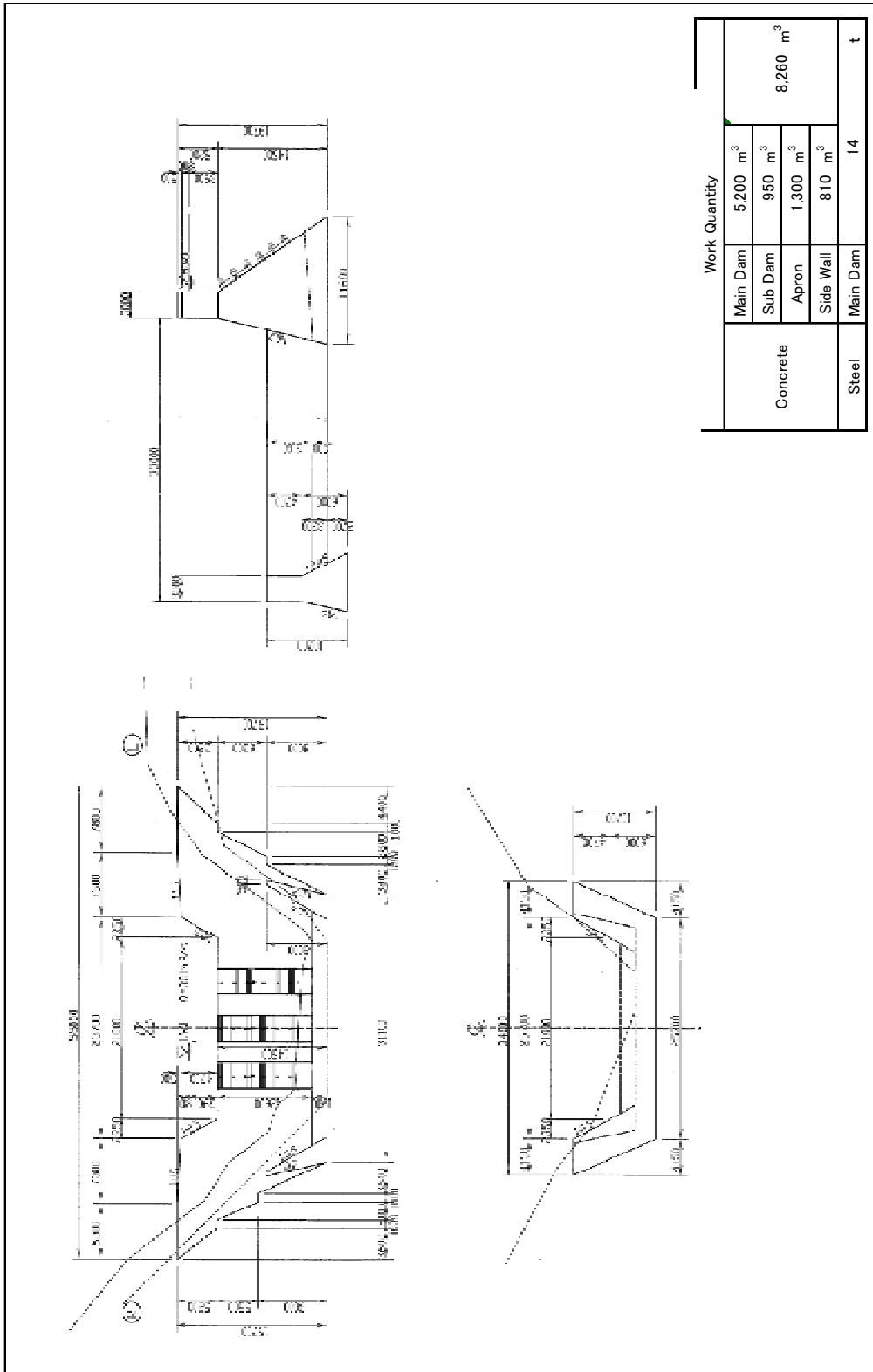
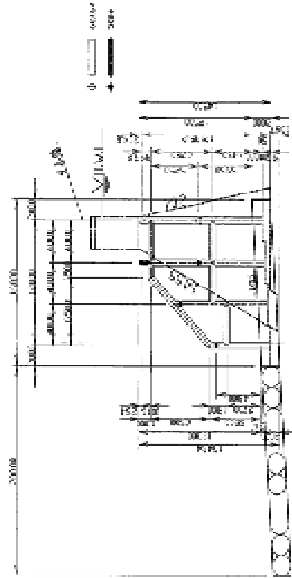
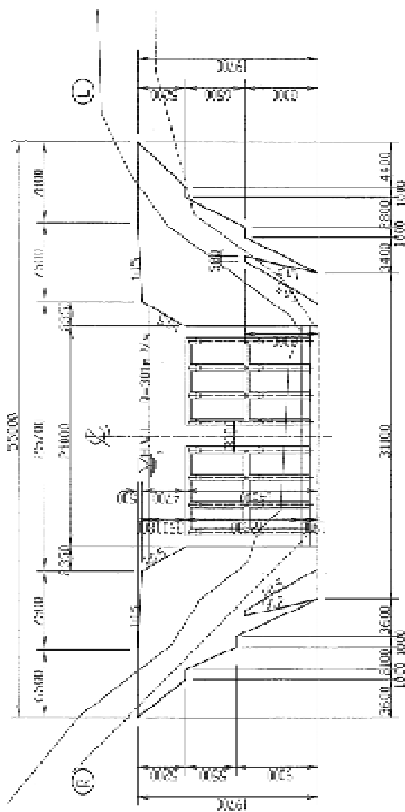


Figura S16-2.8.1 (1/2) Estructura General de Represa Sabo con Ranura de Concreto



| Work Quantity |           |                      |
|---------------|-----------|----------------------|
| Concrete      | Main Dam  | 3,300 m <sup>3</sup> |
|               | Sub Dam   | m <sup>3</sup>       |
|               | Apron     | 420 m <sup>3</sup>   |
|               | Side Wall | 810 m <sup>3</sup>   |
| Steel         | Main Dam  | 212 t                |
|               |           |                      |
|               |           | 4,530 m <sup>3</sup> |

Figura S16-2.8.1 (2/2) Estructura General de Represa Sabo con Marco de Acero

**S17**

**CONTRAMEDIDAS PARA DERRUMBES DE PRECIPICIO  
Y DESLIZAMIENTOS**

*“...Siga el Plan, Baje su Riesgo”*

*Simón Felipe Pacheco*



ESTUDIO SOBRE  
EL PLAN BASICO DE PREVENCION DE DESASTRES  
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

INFORME FINAL

INFORME DE SOPORTE

S17

CONTRAMEDIDAS PARA DERRUMBES DE PRECIPICIO Y DESLIZAMIENTOS

**CONTENIDO**

CAPITULO 1. CONTRAMEDIDAS PARA DERRUMBES DE PRECIPICIO Y  
DESLIZAMIENTOS

|     |  |       |
|-----|--|-------|
| 1.1 | Propiedades que Deberán Protegerse-----                            | S17-1 |
| 1.2 | Desarrollo del Mapa de Riesgos por Sedimentos-----                 | S17-1 |
| 1.3 | Precipicios y Deslizamientos encima de Casas -----                 | S17-2 |
|     | 1. 3. 1. Medidas Concebidas -----                                  | S17-2 |
|     | 1. 3. 2. Comparación del Costo y del Valor de las Propiedades----- | S17-2 |
| 1.4 | Precipicio sobre Caminos-----                                      | S17-3 |

## S17

### LISTA DE TABLAS

|                 |  |       |
|-----------------|--|-------|
| Tabla S17-1.2.1 | Número de Casas Afectadas por Derrumbes y Deslizamientos ----- | S17-3 |
| Tabla S17-1.3.1 | Aplicabilidad de Contramedidas para Derrumbes -----            | S17-4 |
| Tabla S17-1.3.2 | Lista de Pendientes Peligrosas sobre Casas a Proteger -----    | S17-5 |

## S17

### LISTA DE FIGURAS

|                       |   |        |
|-----------------------|---|--------|
| Figura S17-1.1.1      | Diagrama de Flujo de Trabajo para Estudio sobre Derrumbes de Precipicios y Deslizamientos ----- | S17-6  |
| Figura S17-1.1.2      | Número de Precipicios y Deslizamientos Inestables en el Área de Estudio de Sedimentos-----      | S17-6  |
| Figura S17-1.2.1      | Concepto de Área Afectada (de Riesgo) por Derrumbes -----                                       | S17-7  |
| Figura S17-1.2.2      | Concepto de Área Afectada (de Riesgo) por Deslizamiento-----                                    | S17-7  |
| Figura S17-1.2.3(1/4) | Mapa de Amenaza de Deslizamientos y Derrumbes (Área Completa) -----                             | S17-8  |
| Figura S17-1.2.3(2/4) | Mapa de Amenaza de Deslizamientos y Derrumbes (Área Occidental) -----                           | S17-9  |
| Figura S17-1.2.3(3/4) | Mapa de Amenaza de Deslizamientos y Derrumbes (Área Central)-----                               | S17-10 |
| Figura S17-1.2.3(4/4) | Mapa de Amenaza de Deslizamientos y Derrumbes (Área Oriental)-----                              | S17-11 |
| Figura S17-1.2.4      | Mapa de Riesgo de Deslizamientos y Derrumbes (Área Completa) -----                              | S17-12 |
| Figura S17-1.3.1      | Trabajos de Protección Estandarizados para la Estimación de Costo -----                         | S17-13 |
| Figura S17-1.3.2      | Estimación de Costo por Trabajos de Protección Típicos-----                                     | S17-13 |

## **S-17    CONTRAMEDIDAS PARA DERRUMBES DE PRECIPICIO Y DESLIZAMIENTOS**

### **CAPÍTULO 1.    CONTRAMEDIDAS PARA DERRUMBES DE PRECIPICIO Y DESLIZAMIENTOS**

#### **1. 1        Propiedades que Deberán Protegerse**

Generalmente, la investigación de desastres de derrumbes en Japón se hace según el diagrama de flujo que aparece en la Figura S17-1.1.1. La investigación de dichos desastres consiste en dos secciones: “Estudio del Área Extensa” y “Estudio Individual de Pendiente (Investigación Minuciosa)”. Como parte del Estudio del Área Extensa, el equipo de estudio realizó hasta la “Evaluación de Amenazas” en el área de estudio de sedimentos.

El número de precipicios y deslizamientos inestables evaluados son de 230 y 8, respectivamente. Entre los 230 precipicios, 52 se ubican por encima de caminos. La Figura S17-1.1.2 muestra el número que corresponde a los municipios. La mayoría de los precipicios ubicados encima de casas se sitúan en Libertador y Sucre.

#### **1. 2        Desarrollo del Mapa de Riesgos por Sedimentos**

El mapa de riesgos será preparado basándose en la amenaza física en relación con la información socioeconómica del área urbana. Para la preparación de los datos socioeconómicos, los siguientes estudios de daño y de propiedad fueron realizados.

La Figura S17-1.2.1 muestra el concepto de cómo decidir el área afectada (en riesgo) por derrumbes. El área amenazada debajo de la pendiente es la que se encuentra dentro de dos (2) veces la altura de la pendiente, mientras que el área arriba de la pendiente cubre una (1) altura de la pendiente. Este concepto se basa en las ordenanzas de Japón sobre prevención de desastres por sedimentos.

La Figura S17-1.2.2 señala el concepto de cómo decidir el área afectada (en riesgo) por deslizamientos. Las áreas nuevamente afectadas corresponden hasta el 50 % de la longitud de la pendiente riesgosa.

Basándose en dicho concepto, las áreas afectadas fueron demarcadas por cada potencial de derrumbe y de deslizamiento. La Figura S17-1.2.3 muestra el mapa de amenaza para deslizamientos y derrumbes. La parte roja corresponde al área afectada. La rosa y la azul representan las pendientes riesgosas encima de casas y caminos, respectivamente. La amarilla señala las pendientes peligrosas de deslizamiento.

La mayoría de las propiedades afectadas pertenece a las áreas informales llamadas “barrios”. El número indicado en la Tabla S17-1.2.1 corresponde al de “casas”, lo que significa que el tamaño de casas se varía mucho, especialmente en las áreas formales.

El mapa de riesgo se muestra en la Fig. S17-1.2.4. Este mapa está clasificado por colores de acuerdo a la densidad de casas en el área de amenaza basándose en el mapa de amenaza.

### **1.3 Precipicios y Deslizamientos encima de Casas**

#### **1.3.1. Medidas Concebidas**

La Tabla S17-1.3.1 muestra la aplicabilidad de las medidas para derrumbes y deslizamientos, etc. En el área de estudio donde existen pendientes peligrosas, el colapso de pendientes es el fenómeno más probable. Según esta tabla, las contramedidas aplicables para el colapso de pendientes son terraplén, vegetación, drenaje de aguas superficiales, obras de pendiente, anclaje y muro y estructura resistente. Entre ellas, el terraplén y la vegetación no son recomendables, porque una de las características en el área de estudio de desastres por sedimento es que la mayoría de las zonas de derrumbes y deslizamientos potenciales están ocupados por casas. Esas casas deben estar sujetas a la reubicación para poder realizar los trabajos de protección de pendientes. También es necesario realizar algunos trabajos de protección sobre la pendiente misma para proteger las propiedades que se encuentran abajo y sobre la pendiente. En este sentido, la medida concebida está compuesta de la reubicación de las casas que ocupan la pendiente y los trabajos de protección de pendientes.

De obras de pendientes, se seleccionan el anclaje, muro y estructura resistente como obras de protección sustanciales y estandarizadas, mostradas en la Figura S17-1.3.1.

Dicho costo unitario, que incluye mano de obra, maquinaria, costo indirecto de ingeniería, se deriva de algunos ejemplos de otros países, cuyo nivel de precios es similar al de Venezuela.

#### **1.3.2. Comparación del Costo y del Valor de las Propiedades**

Para estudiar la viabilidad económica de los trabajos de protección y de reubicación, se asume una pendiente empinada típica como se muestra en la Figura S17-1.3.2.

En el caso anterior, el área afectada abajo de esta pendiente es aproximadamente 1,500 m<sup>2</sup>. Si en el barrio una casa ocupa 100 m<sup>2</sup>, el valor total de la propiedad es US\$150.000 (= 15 casas \* US\$10.000 por casa), que es mucho más barato que el costo de los trabajos de protección.

El costo de los trabajos de protección es mayor cuando el área de la pendiente es mayor. Debido a que hay un límite superior al área afectada, la eficiencia económica para los trabajos de protección de las pendientes en las áreas informales (barrios) se puede considerar como baja.

Sin embargo, en las áreas formales este tipo de trabajos de protección puede ser económicamente posible debido a los usos de suelo de extremadamente alta intensidad, como en las áreas con edificios torre de departamentos múltiples. La Tabla S17-1.3.2 muestra la lista de pendientes de riesgo encima de casas. Se ubican en áreas formales y el valor de las propiedades afectadas es mayor que el costo de las obras necesarias de protección. El valor de las casas en áreas formales se calcularon para estimar el valor por metro cuadrado de la casa, 530,000 Bs. (1999), basado en los resultados del estudio de daños de inundación.

En principio, en áreas formales merece la pena estudiar en detalle la factibilidad de las obras de protección de pendientes sobre casas. Se recomienda que en el futuro la parte Venezolana debería realizar una investigación geotécnica detallada, como muestra la Figura S17-1.1.1 sobre cada pendiente peligrosa.

#### 1.4 Precipicio sobre Caminos

Para la pendiente peligrosa sobre camino, deberían realizarse las obras de protección, porque el beneficio económico, directo e indirecto, sería mucho mayor que el costo de construcción. Se recomienda que en el futuro, la parte Venezolana realice una investigación geotécnica detallada, como muestra la Figura S17-2.1.1 sobre cada pendiente peligrosa.

La totalidad del área de pendientes peligrosas sobre caminos asciende a unos 570.000 m<sup>2</sup>. Como muestra la Figura S17-1.3.2, el costo de construcción del trabajo típico de protección de pendientes se estima en US\$200 por m<sup>2</sup>. El costo total para las pendientes de 570.000 m<sup>2</sup> se calcula en US\$114.000.000. La pendiente más peligrosa se ubica encima de la Cota Mil, una de las autopistas troncales en Caracas. Deberían considerarse los trabajos de protección para dichas pendientes peligrosas.

**Tabla S17-1.2.1 Número de Casas Afectadas por Derrumbes y Deslizamientos**

|                             | Número de casas ubicadas en la pendiente interpretada |               | Número de casas afectadas por la Falla |               | Total       |               |
|-----------------------------|---|---------------|--|---------------|-------------|---------------|
|                             | Area Formal   | Area Informal | Area Formal                            | Area Informal | Area Formal | Area Informal |
| Falla en Pendiente Empinada | 49  | 6,797         | 304                                    | 5,197         | 353         | 11,994        |
| Deslizamiento               | 2   | 383           | 16                                     | 139           | 46          | 522           |

**Tabla S17-1.3.1 Aplicabilidad de Contramedidas para Derrumbes**

| SIFICACIÓN                     |                                 | TIPO DE OBRA                                 | TIPO DE FALLA DE LA PENDIENTE |    |    |    |    |    |
|--------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------|----|----|----|----|----|
|                                |                                 |  | CL                            | RF | RM | LS | DF | EB |
| TRABAJOS DE TIERRA             | Trabajos de Tierra              | Remoción                                     | ○                             | ○  | ○  | ○  | ○  | ×  |
|                                |                                 | Corte de Rocas                               | ○                             | ○  | ○  | ○  | ○  | ×  |
|                                |                                 | Pre-fraccionamiento de Rocas                 | ○                             | ○  | ○  | △  | ○  | ×  |
|                                |                                 | Corte de Suelos                              | ○                             | ×  | ×  | ○  | ○  | ×  |
|                                |                                 | Embaulamiento                                | ○                             | ×  | ×  | ○  | △  | ○  |
| VEGETACIÓN                     | Vegetación                      | Reforestación                                | ○                             | △  | ×  | ○  | ○  | ○  |
|                                |                                 | Hidrosiembra                                 | ○                             | △  | ×  | ○  | ○  | ○  |
| ENAJE DE AGUA                  | Drenaje de la Superficie        | Canal y Chorro de Drenaje                    | ○                             | △  | △  | ○  | △  | ○  |
|                                |                                 | Cavidad de Drenaje del Subsuelo              | ○                             | △  | ×  | ○  | ×  | ○  |
|                                | Drenaje de la Subsuperficie     | Alcantarillas                                | △                             | ×  | ×  | △  | ○  | ○  |
|                                |                                 | Cavidad de Drenaje Horizontal                | ○                             | ×  | ○  | ○  | △  | ○  |
|                                |                                 | Pozo de Drenaje                              | ×                             | ×  | ×  | ○  | ×  | ×  |
|                                |                                 | Tunel de Drenaje                             | ×                             | ×  | ×  | ○  | ×  | ×  |
| TRABAJOS EN PENDIENTES         | Trabajos de Rociado de Concreto | Rociado de Concreto (mortero)                | ○                             | ○  | ○  | ×  | ○  | ×  |
|                                |                                 | Concreto Rociado (Concreto)                  | ○                             | ○  | ○  | ×  | ○  | ×  |
|                                | Armazón (de                     | Armazón(Prevaciado)                          | △                             | △  | ×  | △  | ×  | ○  |
|                                | Trabajos de Revestimiento       | Revestimiento de Piedras                     | ○                             | ○  | △  | ×  | ×  | ○  |
| FONDEO                         | Fondeo                          | Clavado de Suelo                             | ○                             | △  | ×  | △  | △  | ○  |
|                                |                                 | Sellado de Rocas                             | ○                             | ○  | ○  | ○  | △  | ×  |
|                                |                                 | Anclado del Terreno                          | ○                             | ○  | ○  | ○  | △  | ×  |
| MUROS Y STRUCTURAS RESISTENTES | Muro de Contención              | Muro de Revestimiento de Piedra              | ○                             | ○  | ○  | ○  | △  | ○  |
|                                |                                 | Muro de Bloque de Concreto                   | ○                             | ○  | ○  | ○  | △  | ○  |
|                                |                                 | Muro de Contención (de Tipo                  | ○                             | ○  | ○  | △  | △  | ○  |
|                                |                                 | Muro de Armazón                              | ○                             | ○  | ○  | ○  | △  | ○  |
|                                |                                 | Muro de Gavión                               | ○                             | ○  | ×  | ○  | ○  | ○  |
|                                |                                 | Muro de Pilote                               | ○                             | ○  | ○  | ○  | △  | ○  |
|                                | Trabajos de Enganche            | Llenado de Enganche                          | △                             | ○  | △  | ×  | ×  | ×  |
|                                |                                 | Gavión de Enganche                           | △                             | ○  | △  | ×  | ○  | ×  |
|                                |                                 | Muro de Concreto de Enganche                 | △                             | ○  | △  | ×  | △  | ×  |
| OBRAS DE PILOTAJE              | Trabajos de Pilotaje            | Pilote de tubería de acero                   | △                             | ×  | ×  | ○  | ×  | ×  |
|                                |                                 | Pilote de Acero H                            | △                             | ×  | ×  | △  | ×  | ×  |
|                                |                                 | Trabajo de Eje para Deslizamiento Resistente | △                             | ×  | ×  | ○  | ×  | ×  |
| TRABAJOS DE PROTECCION         | Trabajos de Protección          | Red de Atajo para caída de Piedras           | △                             | ○  | ○  | ×  | ×  | ×  |
|                                |                                 | Cerca de Atajo para Caída de                 | △                             | ○  | ○  | ×  | ×  | ×  |
|                                | Cobertizo de Rocas              | Cobertizo de Rocas                           | △                             | ○  | ○  | ×  | ○  | ×  |
|                                |                                 | Cobertizo de Escombros                       | △                             | △  | △  | ×  | ○  | ×  |
|                                | Represa de                      | Represa de Hendidura                         | ×                             | ×  | ×  | △  | ○  | ×  |

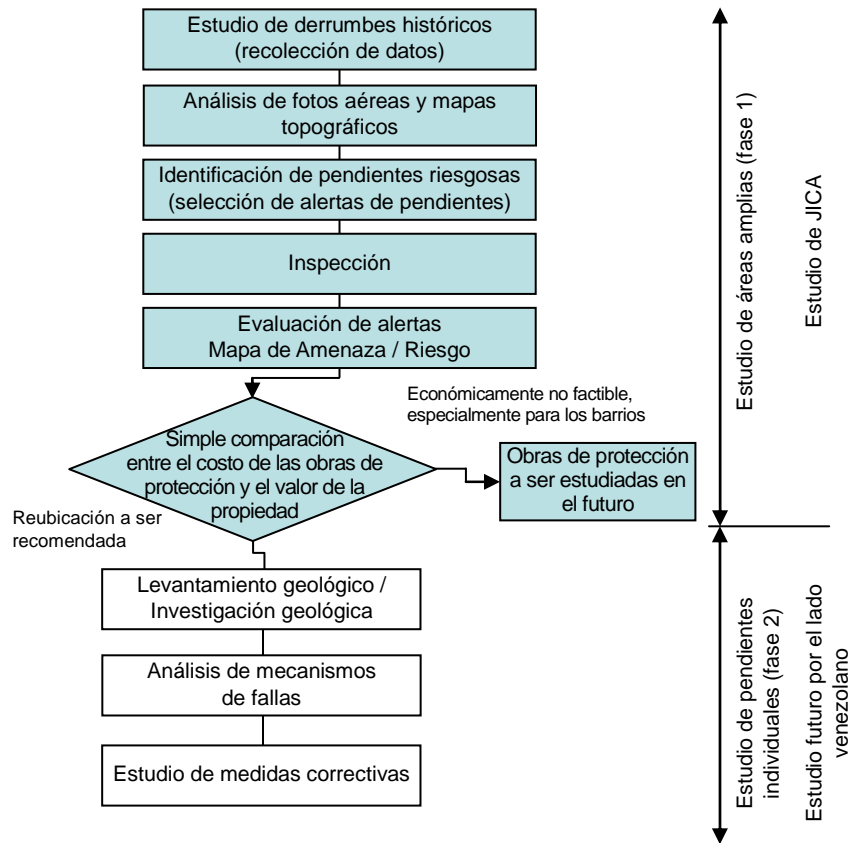
○ : Aplicable      △ : Caso Limitado      × : No aplicable----

CL : Colapso    RF : Caída de Rocas    RM : Falla Masiva de Rocas    LS : Deslizamiento    DF : Flujo de Escombros    EB : Falla del Banco

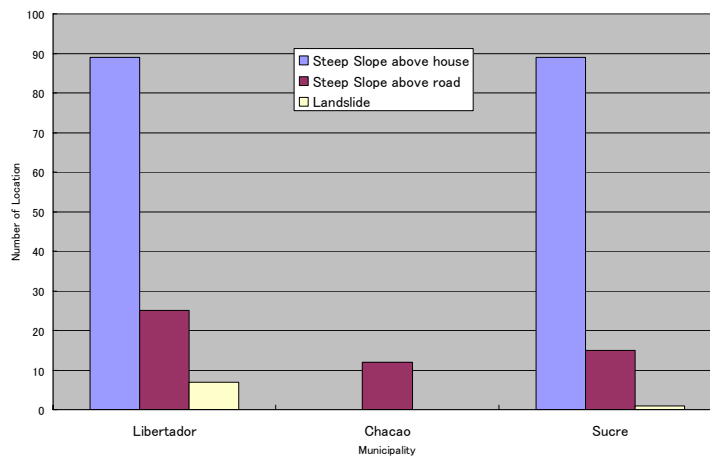
**Tabla S17-1.3.2 Lista de Pendientes Peligrosas sobre Casas a Proteger**

| Código de Pendiente | Municipio  | Área de la Pendiente (m2) | Área de Viviendas sobre la Pendiente (m2) | Número de Viviendas sobre la Pendiente | Área de Viviendas sobre el Área Afectada (m2) | Número de Viviendas sobre el Área Afectada |
|---------------------|------------|---------------------------|---|--|---|--|
| 40 091              | Libertador | 5,655                     | 1235                                      | 1                                      | 12,404  | 5  |
| 40 148              | Libertador | 932                       | 664                                       | 1                                      | 3,742   | 4  |
| 40 149              | Libertador | 563                       | 773                                       | 2                                      | 2,016   | 5  |
| 40 161              | Sucre      | 4,130                     | 58  | 4                                      | 3,663   | 10   |
| 40 162              | Sucre      | 2,953                     | 107                                       | 4                                      | 6,052   | 6  |
| 40 225              | Sucre      | 1,412                     | 131                                       | 4                                      | 1,774   | 9  |
| 40 226              | Sucre      | 1,361                     | 507                                       | 3                                      | 3,457   | 7  |
| 40 228              | Sucre      | 1,365                     | 271                                       | 1                                      | 1,485   | 5  |
| 40 230              | Sucre      | 2,123                     | 18  | 2                                      | 4,129   | 10   |
| 40 232              | Sucre      | 2,537                     | 65  | 3                                      | 3,505   | 8  |
| 40 233              | Sucre      | 1,890                     | 391                                       | 1                                      | 10,616  | 7  |
| 40 272              | Libertador | 3,330                     | 143                                       | 3                                      | 5,510   | 32   |
| 43 172              | Sucre      | 868                       | 79  | 2                                      | 886   | 11   |





**Figura S17-1.1.1 Diagrama de Flujo de Trabajo para Estudio sobre Derrumbes y Deslizamientos**



**Figura S17-1.1.2 Número de Precipicios y Deslizamientos Inestables en el Area de Estudio de Sedimentos**

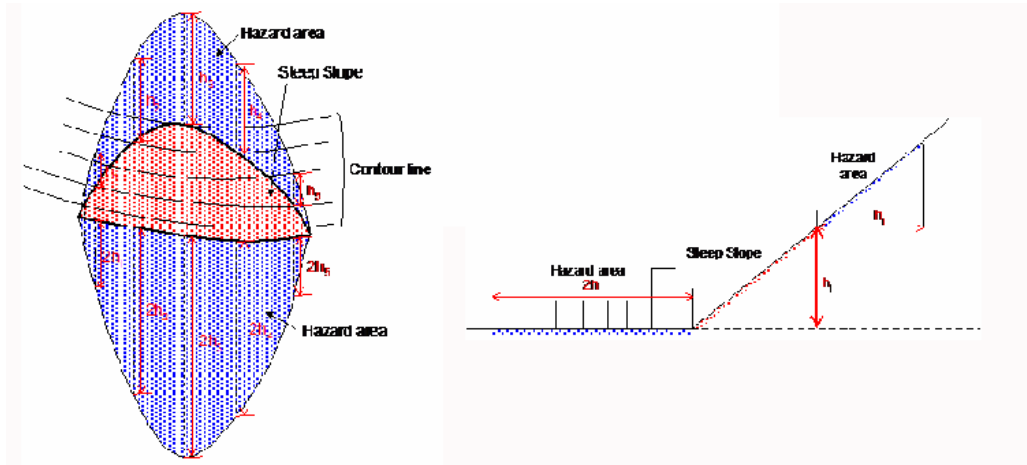


Figura S17-1.2.1 Concepto de Área Afectada (de Riesgo) por Derrumbes

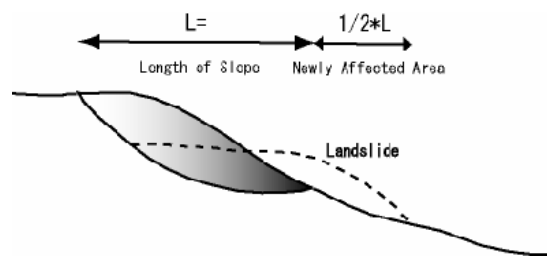
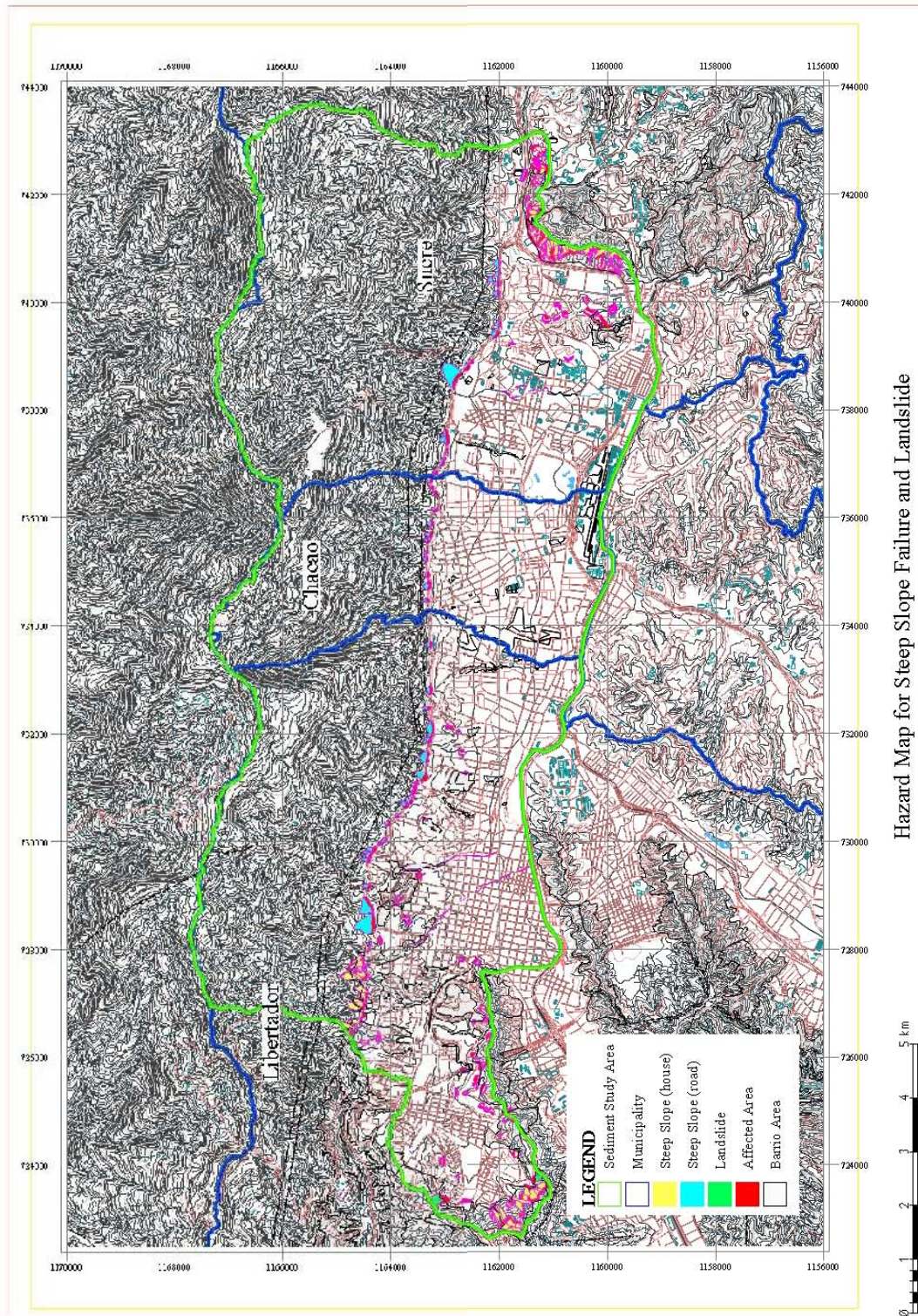


Figura S17-1.2.2 Concepto de Área Afectada (de Riesgo) por Deslizamiento



**Figura S17-1.2.3 (1/4) Mapa de Amenaza de Deslizamientos y Derrumbes (Área Completa)**

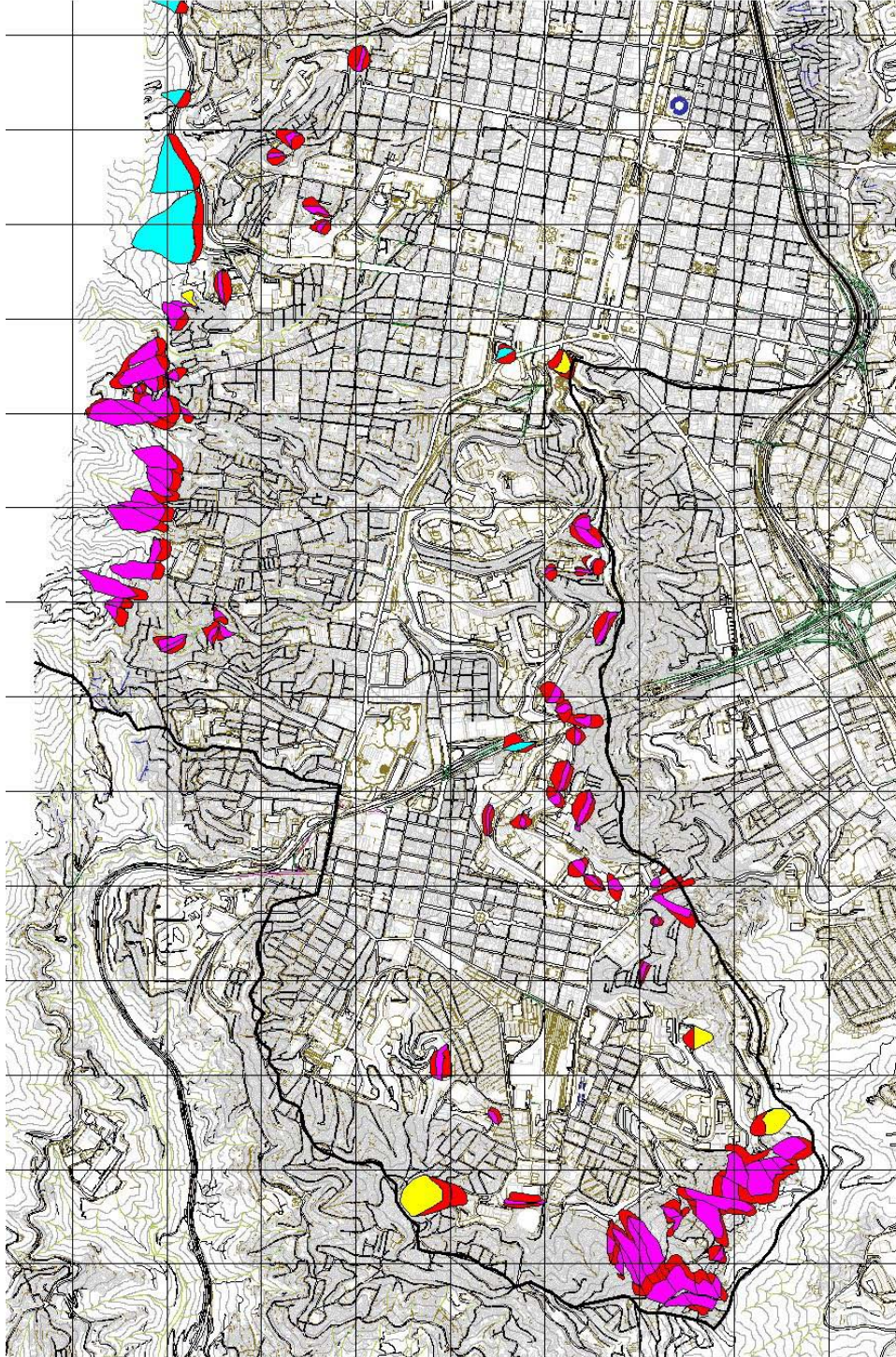


Figura S17-1.2.3 (2/4) Mapa de Amenaza de Deslizamientos y Derrumbes (Área Occidental)

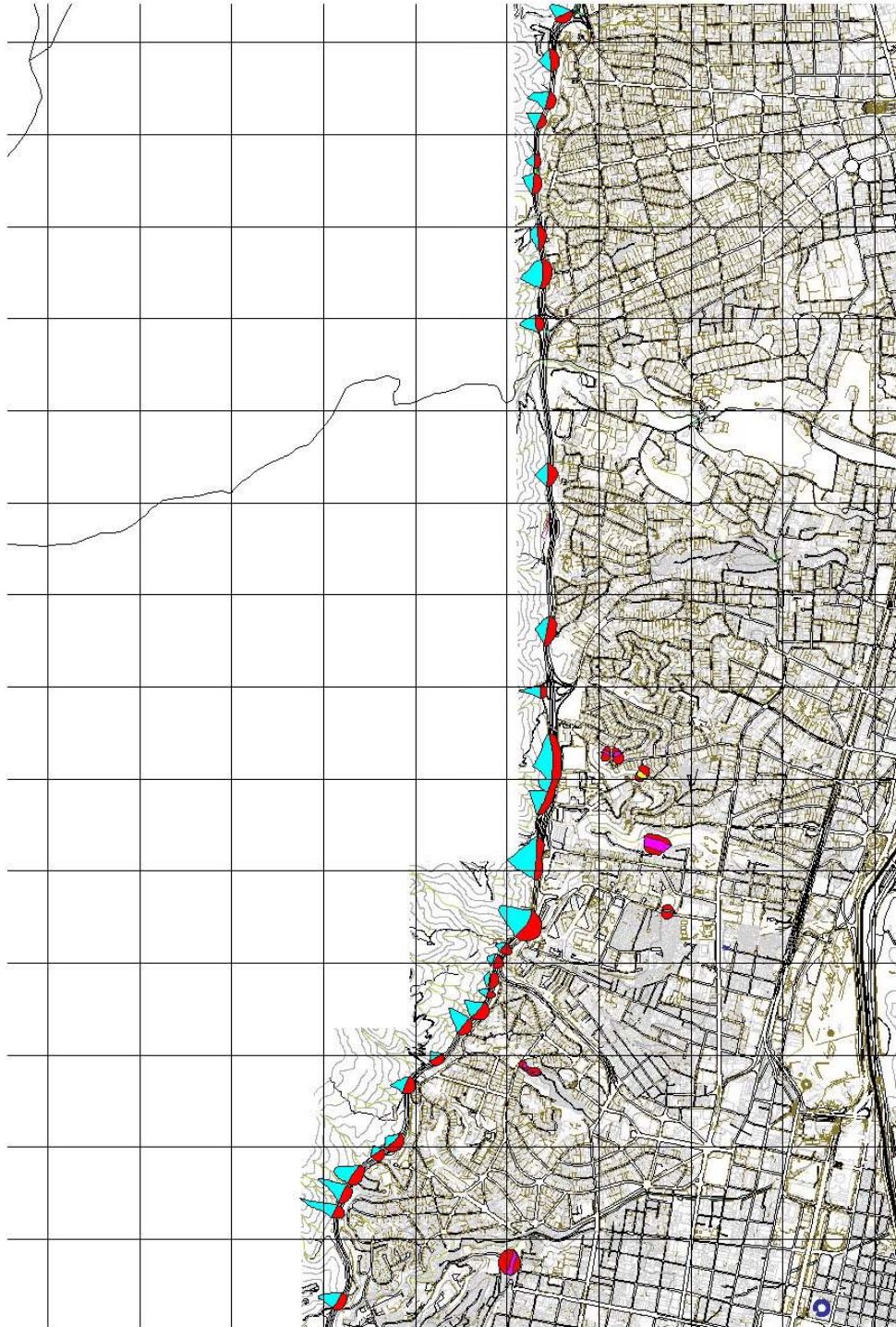


Figura S17-1.2.3 (3/4) Mapa de Amenaza de Deslizamientos y Derrumbes (Área Central)

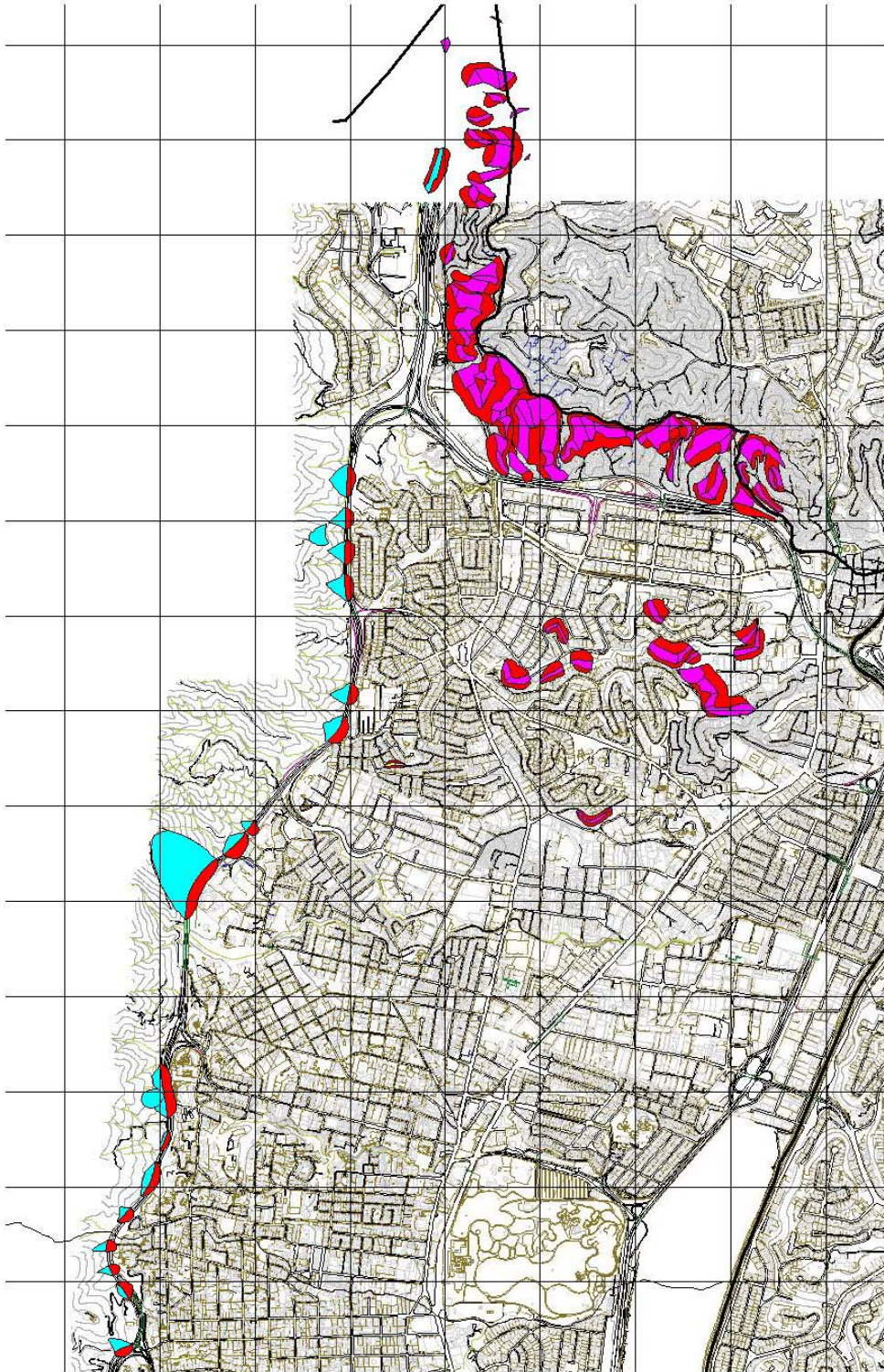


Figura S17-1.2.3 (4/4) Mapa de Amenaza de Deslizamientos y Derrumbes (Área Oriental)

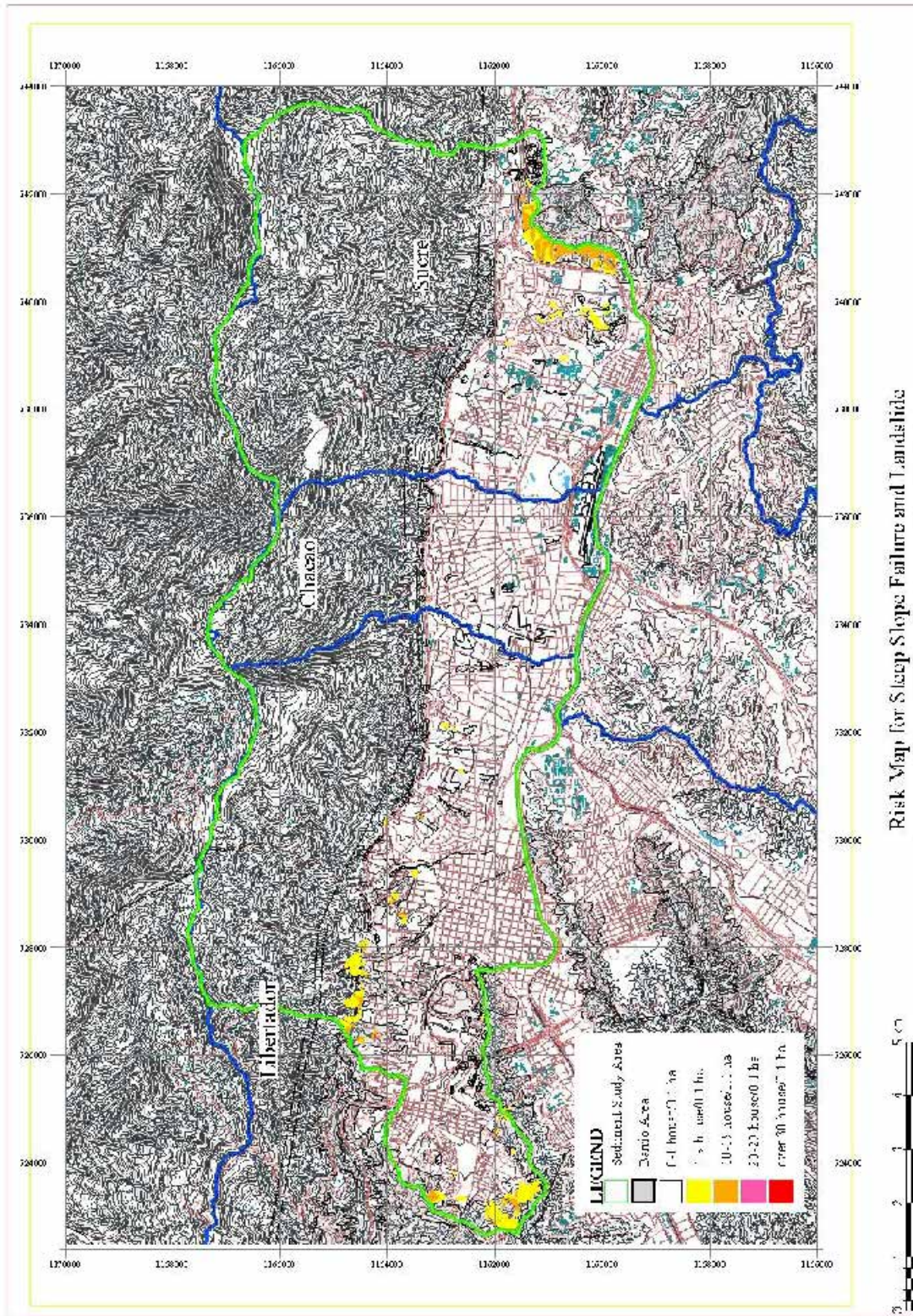


Figura S17-1.2.4 Mapa de Riesgo de Deslizamientos y Derrumbes (Área Completa)

| Imagen Esquemática de Trabajos de Protección | Bosquejo de los Trabajos                         | Costo Unitario            |
|--|--|---------------------------|
|  | Reubicación de Casas en Pendiente Empinada       | US\$10,000 por casa       |
|  | Trabajo de Enrejado de la Armazón                | US\$80 por m <sup>2</sup> |
|  | Clavado de Suelo (1 pieza por 2 m <sup>2</sup> ) | US\$200 por 1 pieza       |
|  | Muro de Retención                                | US\$80 por m <sup>3</sup> |

**Figura S17-1.3.1 Trabajos de Protección Estandarizados para la Estimación de Costo**

| Imagen Esquemática de Trabajos de Protección | Bosquejo de Trabajos  | Costo              |
|--|---|--------------------|
|  | Reubicación de Casas en Pendiente Empinada =<br>15 casas * US\$10,000 por casa  | US\$150,000        |
|  | Trabajo de Enrejado de Armazón =<br>50m*30m* US\$80                             | US\$120,000        |
|  | Clavado de Suelo (1 pieza por 2 m <sup>2</sup> )=<br>50m*30m*0.5 pieza* US\$200 | US\$150,000        |
|  | Muro de Retención =<br>4m*30m*1m* US\$80  | US\$9,600          |
|  | <b>TOTAL</b>  | <b>US\$429,600</b> |

**Figura S17-1.3.2 Estimación de Costo por Trabajos de Protección Típicos**



**S18**

**ALERTA TEMPRANA Y EVACUACION**

*“Somos caraqueños unidos, por la prevención de desastres”*

*Yoshitaka Yamazaki*

ESTUDIO SOBRE  
EL PLAN BASICO DE PREVENCION DE DESASTRES  
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

INFORME FINAL

INFORME DE SOPORTE

S18

ALERTA TEMPRANA Y EVACUACION

**CONTENIDO**

CAPITULO 1. GENERAL

|     |   |       |
|-----|---|-------|
| 1.1 | Antecedentes del Estudio en la Alerta Temprana y Evacuación-----      | S18-1 |
| 1.2 | Importancia Meteorológica en Caracas -----                            | S18-2 |
| 1.3 | Componentes del Estudio sobre la Alerta Temprana y la Evacuación----- | S18-2 |
| 1.4 | Definición-----   | S18-3 |

CAPITULO 2. ARREGLO INSTITUCIONAL

|     |   |        |
|-----|---|--------|
| 2.1 | Metodología -----                                 | S18-7  |
| 2.2 | Condición Actual -----                            | S18-7  |
|     | 2. 2. 1. Actividades del MARN-----                | S18-7  |
|     | 2. 2. 2. Actividad de la ADMC -----               | S18-8  |
|     | 2. 2. 3. Actividad de la Municipalidad-----       | S18-8  |
| 2.3 | Proyecto VENEHMET-----                            | S18-9  |
| 2.4 | Acuerdo Borrador-----                             | S18-10 |
| 2.5 | Discusión-----                                    | S18-11 |
| 2.6 | Sistema Propuesto -----                           | S18-12 |
|     | 2. 6. 1. Proyectos Urgentes y a Corto Plazo ----- | S18-12 |
|     | 2. 6. 2. Proyectos a Largo Plazo-----             | S18-14 |

### CAPÍTULO 3. ESTUDIO SOBRE PRECIPITACIONES CRITICAS

|        |  |        |
|--------|--|--------|
| 3.1    | Precipitaciones Críticas -----   | S18-27 |
| 3.1.1. | Método 1 -----   | S18-28 |
| 3.1.2. | Método 2 -----   | S18-30 |
| 3.1.3. | Comparación -----  | S18-31 |
| 3.2    | Política -----   | S18-31 |
| 3.3    | Datos Hidrológicos -----   | S18-32 |
| 3.4    | Precipitación Crítica en Maracay -----                                     | S18-32 |
| 3.5    | Precipitación en Caracas y en Vargas -----                                 | S18-33 |
| 3.5.1. | Política -----   | S18-33 |
| 3.5.2. | Evento de Precipitación con Flujo de Escombros en Caracas -----            | S18-34 |
| 3.5.3. | Acontecimiento de Precipitación con Flujos de Escombros<br>en Vargas ----- | S18-35 |
| 3.5.4. | Acontecimiento de Precipitación sin causar Flujo de Escombros -----        | S18-36 |
| 3.6    | Comparación de las Características de Maracay, Vargas y Caracas -----      | S18-36 |
| 3.6.1. | Hidrología -----   | S18-36 |
| 3.6.2. | Topografía y Geología -----  | S18-37 |
| 3.7    | Prueba de Establecimiento de la Precipitación Crítica en Caracas -----     | S18-37 |
| 3.7.1. | Establecimiento de la Línea Crítica (LC) -----                             | S18-37 |
| 3.7.2. | Resultado de Intento -----   | S18-38 |
| 3.7.3. | Recomendación -----  | S18-38 |

### CAPITULO 4. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA BASADO EN LA COMUNIDAD

|        |  |        |
|--------|--|--------|
| 4.1    | Justificación de la Comunidad – Sistema de Alerta Temprana basado en<br>la Comunidad -----                                     | S18-65 |
| 4.2    | Estrategia de un Sistema de Alerta Temprana Comunitaria para una<br>Acción Adecuada -----                                      | S18-66 |
| 4.2.1. | Introducción de la Planificación Participatoria en un Asunto de<br>la Comunidad – Sistema de Alerta Temprana Comunitaria ----- | S18-66 |
| 4.2.2. | Resultados de la Planificación Participatoria del Sistema de<br>Alerta Temprana Propuesta por el Equipo de Estudio JICA -----  | S18-66 |
| 4.2.3. | Estrategia para las Agencias Gubernamentales – Como Penetrar<br>los Sistemas de Alerta Temprana dentro de la Comunidad -----   | S18-67 |

|        |  |        |
|--------|--|--------|
| 4.2.4. | Estrategia para la Comunidad – Como Actuar en un Momento de<br>Alerta Temprana como Comunidad----- | S18-72 |
| 4.3    | Conclusiones y Recomendaciones-----  | S18-73 |

## S18

### LISTA DE TABLAS

|                 |  |        |
|-----------------|--|--------|
| Tabla S18-2.3.1 | Acuerdo Borrador Institucional para el Sistema de Alerta Temprana para Desastres por Sedimento en el Distrito Metropolitano de Caracas ----- | S18-16 |
| Tabla S18-2.4.1 | Evaluación del Sistema Presente, Limitaciones y Recomendaciones en Alerta Temprana y Evacuación-----   | S18-22 |
| Tabla S18-3.3.1 | Datos Recopilados de Precipitaciones -----   | S18-40 |
| Tabla S18-3.5.1 | Datos Adicionales de Precipitaciones como Precipitaciones Continuas -----  | S18-40 |
| Tabla S18-3.5.2 | Resultado de Entrevistas Realizadas por el USGS-----   | S18-41 |
| Tabla S18-3.5.3 | Datos Adicionales de Precipitaciones Diarias como Precipitaciones Continuas -----  | S18-41 |
| Tabla S18-3.5.4 | Lista de Eventos de Precipitaciones que no Causaron Flujo de Escombros-----  | S18-42 |
| Tabla S18-3.5.5 | Lista de Eventos de Precipitaciones (Precipitación Diaria es más de 30mm) -----  | S18-43 |
| Tabla S18-3.5.6 | Porcentaje de la Precipitación Horaria Máxima. -----   | S18-43 |
| Tabla S18-3.6.1 | Comparación de la Precipitación Máxima Histórica y su Porcentaje contra Precipitaciones de 24 Horas -----                                    | S18-44 |
| Tabla S18-3.6.2 | Comparación de Precipitaciones Probables y su Porcentaje contra Precipitaciones Probables en 1440 min.-----                                  | S18-44 |
| Tabla S18-3.7.1 | Máximos Históricos de Precipitaciones Horarias -----   | S18-45 |
| Tabla S18-4.2.1 | Hallazgos para Fortalecer el Sistema de Alerta Temprana-----   | S18-75 |

## S18

### LISTA DE FIGURAS

|                  |  |        |
|------------------|--|--------|
| Figura S18-1.1.1 | Alerta Temprana y Evacuación como Componentes en la<br>Prevención de Desastres por Sedimentos -----                      | S18-4  |
| Figura S18-1.1.2 | Programa General de Prevención de Desastres por Sedimentos ----  | S18-5  |
| Figura S18-1.2.1 | Cercanía entre el Área de Ocurrencia del Flujo de Escombros y el<br>Área Afectada (Quebrada Cotiza)-----                 | S18-6  |
| Figura S18-2.1.1 | Flujograma del Acuerdo Institucional del Estudio-----  | S18-23 |
| Figura S18-2.2.1 | Estaciones Pluviométricas Existentes en Caracas-----   | S18-23 |
| Figura S18-2.2.2 | Actividades Existentes para Intercambiar Información<br>Hidrometeorológica-----  | S18-24 |
| Figura S18-2.3.1 | Participantes y sus Papeles en el Programa VENEHMET<br>(Fuente: MARN)-----   | S18-24 |
| Figura S18-2.3.2 | Radar Meteorológico Instalado en la Colonia Tovar que Cubre el<br>Valle de Caracas (Fuente: MARN)-----                   | S18-25 |
| Figura S18-2.4.1 | Tiempo de Activación del Centro de Comando de Operaciones ---  | S18-25 |
| Figura S18-2.5.1 | Posición de la Oficina Regional del MARN en el Sistema de<br>Alerta Temprana para Caracas-----                           | S18-26 |
| Figura S18-2.6.1 | Cronograma de Implementación-----  | S18-26 |
| Figura S18-3.1.1 | Concepto de Línea Crítica -----  | S18-46 |
| Figura S18-3.1.2 | Concepto de Precipitaciones Antecedentes y de una Serie de<br>Precipitaciones-----                                       | S18-46 |
| Figura S18-3.1.3 | Concepto de Nivel de Alerta y Nivel de Evacuación (Método 1)----   | S18-47 |
| Figura S18-3.1.4 | Concepto del Método 2-----   | S18-47 |
| Figura S18-3.2.1 | Diagrama de Flujo del Estudio de Precipitaciones Críticas -----  | S18-48 |
| Figura S18-3.3.1 | Datos Recopilados de Precipitaciones-----  | S18-48 |
| Figura S18-3.3.2 | Ubicación de Caracas, Vargas y Maracay-----  | S18-49 |
| Figura S18-3.3.3 | Ubicación de Estaciones Pluviométricas-----  | S18-49 |
| Figura S18-3.3.4 | Ubicación de Estación Pluviométrica (Rancho Grande)-----   | S18-50 |
| Figura S18-3.3.5 | Mallado de Cálculos Utilizado por USGS (Líneas de Contorno<br>para 3 Días de Precipitaciones 15 al 17 de Dic. 1999)----- | S18-50 |
| Figura S18-3.3.6 | Comparación entre Datos Observados y Valores Calculados<br>(Estación La Carlota)-----                                    | S18-51 |

|                   |  |        |
|-------------------|--|--------|
| Figura S18-3.3.7  | Comparación entre Datos Observados y Valores Calculados(Estación Cagigal) -----                        | S18-51 |
| Figura S18-3.4.1  | Nivel de Alerta y Nivel de Evacuación del Río Limón -----  | S18-52 |
| Figura S18-3.4.2  | Datos de Precipitaciones y Hietogramas para el Evento de Sep.1987 en Rancho Grande-----                | S18-52 |
| Figura S18-3.4.3  | Concepto de Precipitaciones de Trabajo para el Evento de Sep.1987-----                                 | S18-53 |
| Figura S18-3.5.1  | Hietograma de Evento de Feb.1951 en Subida Pico Ávila-----   | S18-53 |
| Figura S18-3.5.2  | Gráficos del Evento de Feb.1951 en Subida Pico Ávila-----  | S18-54 |
| Figura S18-3.5.3  | Datos de Precipitaciones Disponibles para Dic.1999-----  | S18-54 |
| Figura S18-3.5.4  | Celdas para Cálculo en las Cuencas de Catuche y Anauco -----   | S18-55 |
| Figura S18-3.5.5  | Hietograma del Evento de Dic.1999 en las Cuencas de Catuche y Anauco -----                             | S18-55 |
| Figura S18-3.5.6  | Precipitaciones Ajustadas en las Cuencas de Catuche y Anauco ----                                      | S18-56 |
| Figura S18-3.5.7  | Concepto de Precipitaciones de Trabajo del Evento de Dic.1999 ---                                      | S18-56 |
| Figura S18-3.5.8  | Gráfico del Evento de Dic.1999 en las Cuencas de Catuche y Anauco-----                                 | S18-57 |
| Figura S18-3.5.9  | Celdas Utilizadas para las Cuencas de San Julián y San José de Galipan -----                           | S18-57 |
| Figura S18-3.5.10 | Precipitaciones del Evento de Dic.1999 en la Cuenca de San Julián -----                                | S18-58 |
| Figura S18-3.5.11 | Precipitaciones del Evento de Dic.1999 en la Cuenca de San José de Galipan -----                       | S18-58 |
| Figura S18-3.5.12 | Gráfico del Evento de Dic.1999 en las Cuencas de San Julián y San José de Galipan -----                | S18-59 |
| Figura S18-3.5.13 | Grafico de Eventos de Precipitaciones que No Causaron Flujos-----                                      | S18-59 |
| Figura S18-3.5.14 | Distribución de Precipitaciones Horarias durante un Día -----  | S18-60 |
| Figura S18-3.6.1  | Comparación de Precipitaciones Mensuales -----   | S18-61 |
| Figura S18-3.6.2  | Hechos sobre los Derrumbes al Ocurrir el Flujo de Escombros en las 3 Áreas-----                        | S18-62 |
| Figura S18-3.7.1  | Trazado de la Línea Crítica -----  | S18-63 |
| Figura S18-3.7.2  | Establecimiento de las Precipitaciones Críticas (Caso1)-----   | S18-63 |
| Figura S18-3.7.3  | Establecimiento de las Precipitaciones Críticas (Caso 2) -----   | S18-64 |
| Figura S18-3.7.4  | Variación de la Precipitación Crítica -----  | S18-64 |
| Figura S18-4.2.1  | Propuesta de Modificación de Sistema de Alerta Temprana en los Niveles 1 y 2 en el 12 de Octubre ----- | S18-76 |

|                  |   |        |
|------------------|---|--------|
| Figura S18-4.2.2 | Propuesta de Modificación de Sistema de Alerta Temprana en el Nivel-1 en la Comunidad de Los Chorros----- | S18-77 |
| Figura S18-4.2.3 | Propuesta de Modificación de Sistema de Alerta Temprana en el Nivel-2 en la Comunidad de Los Chorros----- | S18-77 |
| Figura S18-4.2.4 | Programa de Desarrollo del Sistema de Alerta Temprana Basado en la Comunidad-----                         | S18-78 |



## **S-18 ALERTA TEMPRANA Y EVACUACIÓN**

### **CAPITULO 1. GENERAL**

#### **1.1 Antecedentes del Estudio en la Alerta Temprana y Evacuación**

El estudio para la prevención de desastres por sedimentos se llevó a cabo como se muestra en el flujograma de trabajo (Figura S18-1.1.1). Los desastres por sedimentos objetivos en el Estudio son los desastres por flujo de escombros y los desastres por derrumbe/deslizamiento en el área de estudio. Con este fin, se estudiaron y se identificaron el riesgo y la amenaza basándose en el estudio de topografía, geología, hidrológica y meteorología.

Las amenazas por flujo de escombros son causadas directamente por la escorrentía de sedimentos asociada con lluvias pesadas en El Ávila. El sedimento del Ávila desciende a los abanicos aluviales del Valle de Caracas produciendo daño físico y social a las personas y propiedades de Caracas. Se identificaron la magnitud y la gravedad de la amenaza del flujo de escombros y se crearon los mapas de amenaza.

También se identificaron el riesgo por derrumbes y por deslizamientos en un mapa de amenaza en donde se incluye al área afectada por cada pendiente con riesgo.

Las contramedidas para mitigar y reducir el riesgo/amenaza de los desastres por sedimentos son de diferentes tipos. El programa general de prevención de desastres por sedimento se muestra en la Figura S18-1.1.2 tomándose de un texto japonés editado por el Sr. Yasuo Nakano, el anterior Presidente del Comité Asesor de JICA para este estudio. Como se muestra en esta figura, hay varios puntos para la prevención de desastres por sedimentos. Estos puntos se pueden clasificar principalmente en medidas estructurales y no-estructurales.

En principio, la prevención de desastres por sedimentos debe ejecutarse de manera comprensiva. En Caracas es indiscutible la importancia del establecimiento de un sistema de alerta temprana y de evacuación apropiados para los desastres por sedimentos, así como la importancia de las medidas estructurales como lo son las represas Sabo. El establecimiento de un sistema de alerta temprana y evacuación podría ser eficaz para salvar vidas humanas mientras que no es efectivo para reducir daños sustanciales a las propiedades. Es cierto que las medidas estructurales, como las estructuras de control de sedimentos son las únicas medidas para proteger las propiedades de la amenaza de sedimentos.

## **1.2 Importancia Meteorológica en Caracas**

El alerta temprana y la evacuación son un tipo de medida de preparación que debe realizarse en forma colaborativa entre el gobierno y la comunidad en anticipación a los desastres por sedimentos. Esta preparación puede decirse que es una lucha contra el tiempo de anticipación. El tiempo de anticipación varía según la condición meteorológica y topográfica del área (Figura S18-1.2.1).

Caracas se localiza en una región de baja presión subtropical. Como se describe en el Informe de Soporte S13, existen cinco (5) factores meteorológicos que causan fuertes precipitaciones en el Valle de Caracas. Básicamente estos factores están asociados con un fenómeno de una escala espacial pequeña y una escala temporal reducida. Entre estos factores meteorológicos, el frente frío en el Mar Caribe tiene una escala de tiempo tan larga y cubre un espacio tan amplio que la lluvia acumulada podría anticiparse, a pesar de que la precipitación umbral de la lluvia de corta duración a veces es causada por factores meteorológicos locales. La tendencia del clima es difícil de anticipar. En términos de un boletín meteorológico preciso puede decirse que Caracas es un área comparativamente difícil.

Otro factor importante es que la montaña del Ávila está contigua al área urbana del Valle de Caracas, significando que el tiempo de anticipación, o sea, el tiempo entre el evento de precipitación umbral y el desastre, sea muy reducido.

Como se describió con anterioridad, Caracas es un área comparativamente difícil con respecto a la aplicación eficaz del alerta temprana y evacuación, desde el punto de vista técnico. Sin embargo, creemos que la importancia de un acuerdo institucional como parte de la preparación para el alerta temprana y evacuación es indiscutible. El equipo de estudio cree que es importante empezar como mínimo con un acuerdo institucional, así como efectuar el análisis hidrológico necesario para establecer en el futuro un sistema de alerta temprana y evacuación apropiado, como se propuso en este informe, para salvar vidas en Caracas.

## **1.3 Componentes del Estudio sobre la Alerta Temprana y la Evacuación**

El sistema de alerta temprana y evacuación tiene una amplia gama de variaciones como se muestra en la Figura S18-1.1.2. En este estudio se seleccionaron los siguientes componentes:

### **Acuerdo Institucional**

El estudio sobre el acuerdo institucional cubre desde el gobierno nacional hasta las municipalidades que son miembros de la Contraparte de este estudio. El estudio incluye la propuesta en el sistema de mediciones hidrológicas.

## **Precipitación Crítica**

El estudio en precipitación crítica (umbral) se efectuó considerando la situación de Vargas y Maracay (Río Limón).

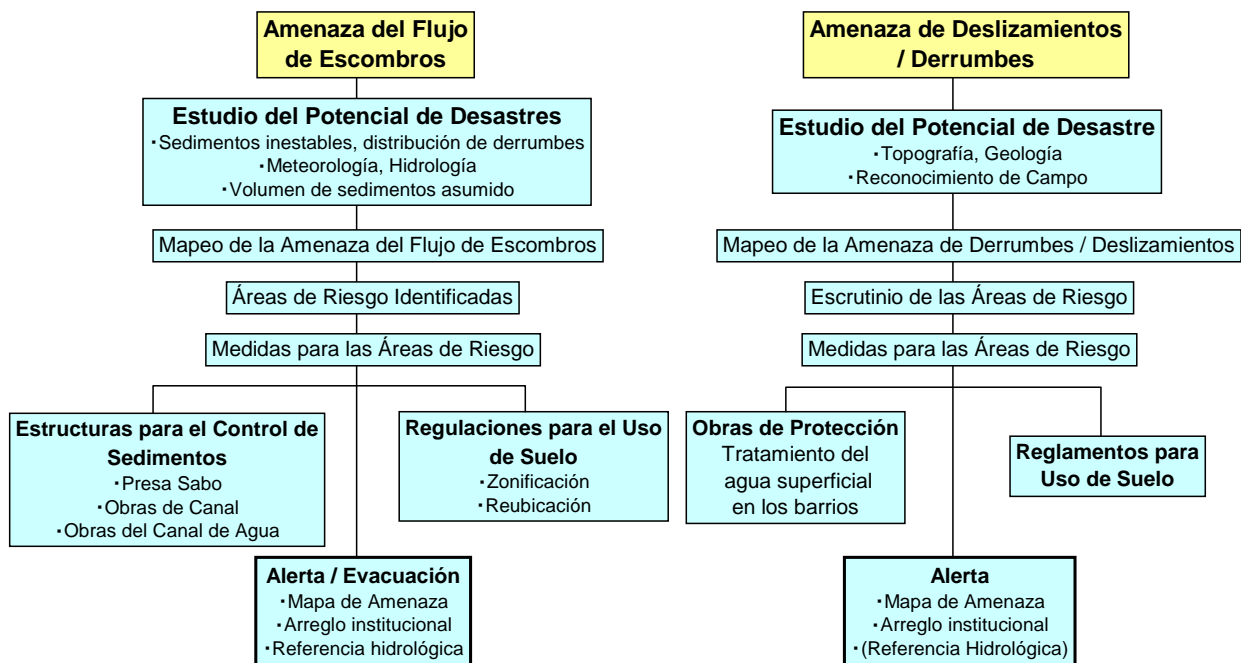
## **Actividad de la comunidad**

El estudio de las comunidades fue hecho para seleccionar dos (2) comunidades como parte del estudio social en este estudio JICA (Informe de Soporte S24).

### **1.4 Definición**

En Venezuela el alerta meteorológica se ha usado como alerta nacional, global y regional. En la actualidad, la página *Web* del MARN tiene un boletín diario meteorológico que a veces contiene una "alerta" para condiciones de tiempo significantes. De hecho, esta alerta se aplica para la región de Caracas y la Costa Central en Vargas.

En este informe cuando la palabra "alerta" se usa, significa alerta local que debe cubrir solamente el valle de Caracas o un área más detallada como la parte occidental del Ávila.



**Figura S18-1.1.1 Alerta Temprana y Evacuación como Componentes en la Prevención de Desastres por Sedimentos**

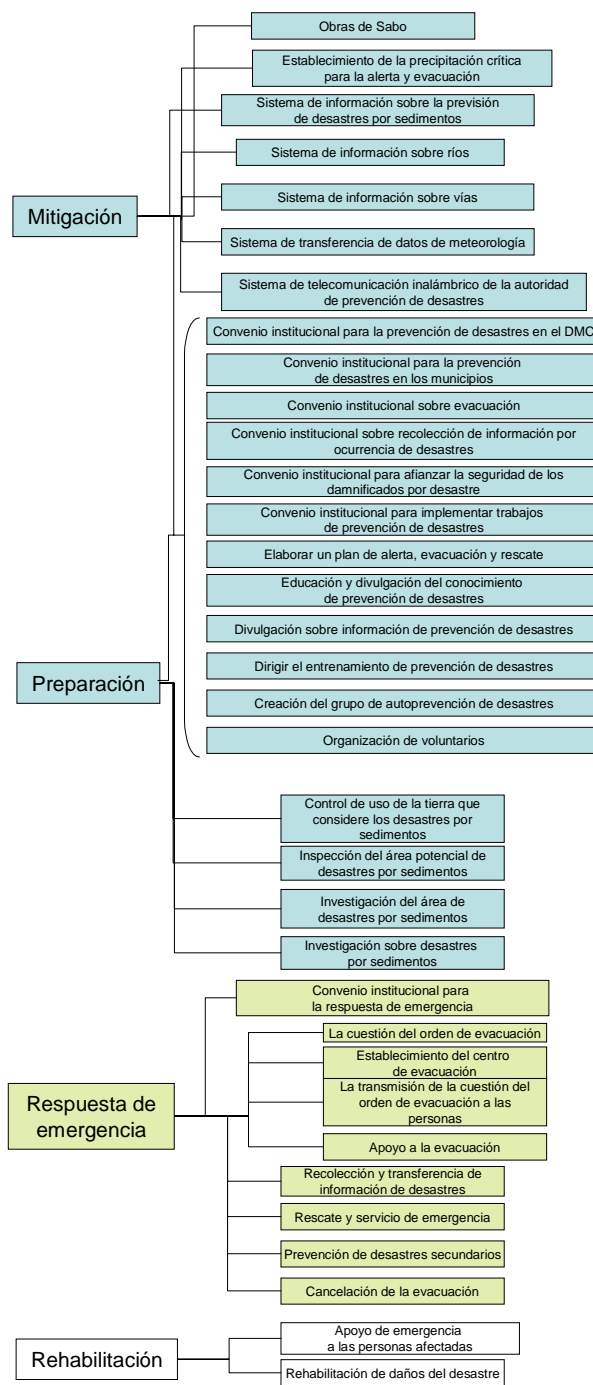
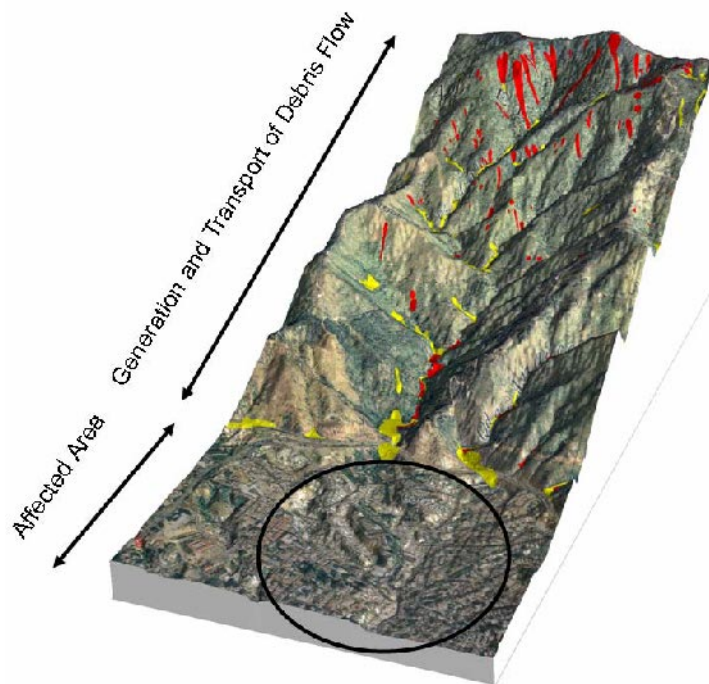


Figura S18-1.1.2 Programa General de Prevención de Desastres por Sedimentos



**Figura S18-1.2.1 Cercanía entre el Área de Ocurrencia del Flujo de Escombros y el Área Afectada (Quebrada Cotiza)**

## **CAPITULO 2. ARREGLO INSTITUCIONAL**

### **2.1 Metodología**

Para que el estudio sobre el arreglo institucional responda a los desastres por sedimento, el Equipo de Estudio propuso discusiones con las instituciones relacionadas, como se muestra en el proceso de la Figura S18-2.1.1.

Al principio del estudio, el equipo evaluó la condición presente con respecto al alerta temprana y la evacuación en Caracas para recopilar información y llevar a cabo audiencias con organizaciones como el MARN, la ADMC, las Municipalidades. En especial, para el proyecto "VENEHMET" del MARN, que aún se lleva a cabo, se confirmaron y reunieron los datos oficiales más recientes del MARN.

Posteriormente, con base en la evaluación anterior y la información reunida, el equipo de estudio preparó un borrador del plan de evacuación y alerta temprana como parte del borrador del acuerdo que abarcaba desde el marco institucional del gobierno central hasta las comunidades. Este borrador del acuerdo fue distribuido en español al MARN, ADMC, UCV y a las tres (3) municipalidades para transmitir sus comentarios al equipo de estudio.

Usando el borrador del acuerdo se celebraron reuniones periódicas, incluyendo a los miembros de la Contraparte en La Bandera y El Cafetal, para discutir el sistema de alerta temprana.

Después de recopilar una cantidad significativa de los comentarios de las organizaciones relacionadas, el acuerdo fue revisado y la propuesta de este estudio fue preparada, la cual a su vez fue reestructurada como proyectos individuales, como se muestra en la sección 2.5.

### **2.2 Condición Actual**

#### **2.2.1. Actividades del MARN**

El Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales (MARN) es la organización primaria para supervisar la información meteorológica e hidrológica a escala nacional. Una de las responsabilidades de MARN es supervisar y analizar las condiciones meteorológicas e hidrológicas en y alrededor de Venezuela para proporcionar una información fiable a los ciudadanos en Venezuela.

De hecho la página *Web* del MARN tiene algunas páginas sobre meteorología e hidrología de Venezuela y muestra las condiciones climatológicas diarias, imágenes del satélite GOES además de una alerta climatológica regional. Un tipo similar de página *Web* es mantenida por FAV como misión para apoyar su propio funcionamiento.

En este sentido MARN y FAV satisfacen sus propias responsabilidades a escala nacional.

Sin embargo, para efectuar la alerta temprana y evacuación en Caracas, se requiere de información más local y precisa sobre meteorología e hidrología, como la previsión oportuna de la precipitación.

Con respecto al sistema de monitoreo hidrológico relacionado con el MARN en Caracas, hay 4 estaciones en la actualidad dentro del Ávila como Los Venados en el Anauco, Hotel Humboldt en cima del Galipan, Chacaíto en la quebrada Chacaíto y Caurimare en la quebrada de Caurimare. Las estaciones del Hotel Humboldt y Los Venados tienen la función de transferir los datos de lluvia observados al campus de la UCV, vía el sistema de telemetría. Los datos de precipitación de Los Venados y del Hotel Humboldt se transmiten periódicamente al MARN.

Las estaciones existentes alrededor del área de estudio se muestran en Figura S18-2.2.1.

Las estaciones como San José del Ávila, Teleférico y Los Chorros, que habían sido operadas por el MARN durante muchos años hasta los años ochenta, deberían reiniciar sus operaciones desde el punto de vista de la continuidad de datos.

Como se muestra en la Figura S18-2.2.1, las corrientes de Tocome y Caurimare no tenían ninguna estación.

### **2. 2. 2. Actividad de la ADMC**

La Protección Civil de la ADMC ha recibido diariamente el boletín meteorológico del MARN. Sin embargo, no existe ninguna función para responder a una situación anticipada del boletín cuando contiene una alerta del tiempo.

En principio, uno de los papeles de la ADMC, con respecto a la alerta temprana y a la evacuación, es coordinar todos los sectores en el Distrito Metropolitano de Caracas con organizaciones relacionadas en el ámbito nacional como el gobierno central y la Protección Civil Nacional. Sin embargo, el marco institucional necesario aún no ha sido establecido apropiadamente, si se anticipa un desastre por sedimentos en Caracas.

### **2. 2. 3. Actividad de la Municipalidad**

Los municipios tienen una gran capacidad para la operación de emergencia después de un desastre por sedimento, sin embargo, tienen poca experiencia en alerta temprana y evacuación (actividades pre-desastre).

En realidad, operaciones para la alerta temprana y evacuación así como operaciones de emergencia podrían llevarse a cabo al mismo tiempo en Caracas, dependiendo de la línea progresiva de tiempo del



desastre. También, como se muestra en el mapa de amenazas de flujo de escombros en Caracas, cuando ocurre un desastre, las áreas afectadas no se confinan dentro de una sola municipalidad sino entre múltiples municipalidades.

Es difícil para una municipalidad tener conocimientos sobre la condición de otra municipalidad, por lo que es necesario que exista una coordinación entre estas.

### **2.3 Proyecto VENEHMET**

"VENEHMET" es un proyecto para modernizar el sistema de medición, supervisión y predicción de la hidrometeorología nacional. Este programa es apoyado por MARN, FAV, Armada, C.V.G. Electrificación del Caroní, C.A. (EDELCA), el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP)/ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de Venezuela (INIA) y las Universidades (Figura S18-2.3.1).

La fuente financiera es la Corporación Andina de Fomento (CAF) quien contribuyó con 55 millones de US\$ para el período del proyecto de 1998-2004. El gobierno nacional de Venezuela también aportó 29.1 millones de US\$.

(Objetivos del programa)

- Proporcionar observaciones precisas y oportunas, además de pronósticos climatológicos e hidrológicos
- Proporcionar alertas de eventos meteorológicos severos
- Proporcionar alertas precisas y oportunas, además de predicciones de inundaciones
- Proporcionar información hidrometeorológica en tiempo real
- Mantener, proteger y proporcionar información climatológica y archivos hidrométricos
- Proporcionar un Sistema Óptimo que garantice las operaciones aéreas civiles y militares

(Componentes del programa)

- Centro de Pronóstico Hidrometeorológico y de Alerta Nacional
- Sistema de Desarrollo y Formación de Recursos Humanos
- Sistema de Radares Meteorológicos Doppler
- Sistema de Procesadores

- Servicio Meteorológico Provisional
- Sistema de Observación de Aeropuertos
- Sistema de Observación de la Alta Atmósfera
- Sistema de Imágenes Satelitales
- Sistema de Observación de la Superficie
- Sistema de Intra e Intercomunicación
- Sistema de Detección y Localizador de Tormentas

Una de las funciones primordiales en VENEHMET es la instalación y el funcionamiento de un radar de meteorología para Caracas. La Figura S18-2.3.2 muestra el radar meteorológico instalado en la Colonia Tovar para cubrir el valle entero de Caracas. Se dice que la resolución del radar es de 1 Km. según un oficial de VENEHMET. Si el radar estuviese en operación, el pronóstico de lluvias sería posible y se podría aclarar la distribución espacial de lluvia local, resultando en el mejoramiento de la exactitud/ fiabilidad del alerta temprana.

Uno de los resultados del proyecto de VENEHMET es el establecimiento de INAMEH, que es una institución a cargo del funcionamiento y mantenimiento del equipo instalado por el proyecto, así como del desarrollo de recursos humanos en las áreas de hidrología y meteorología. Dentro del INAMEH existen planes de que se formen oficinas regionales para que funcionen como interfase con el gobierno local.

#### **2.4 Acuerdo Borrador**

Basado en la evaluación anterior de la situación existente en el sistema de alerta temprana en Caracas, el equipo de estudio propuso un borrador del acuerdo para el sistema de alerta temprana y evacuación entre las organizaciones relacionadas. El texto del acuerdo se muestra en la Tabla S18-2.4.1.

El concepto básico del acuerdo se refirió a la Ley Básica en Prevención de Desastres del Japón. Esta ley cubre el marco institucional del gobierno central y del gobierno local, así como a las personas requeridas para responder a un desastre natural anticipado.

Las características principales del acuerdo son las siguientes:

- Designar al MARN la función primaria de supervisión, análisis y distribución de información hidrológica y crear la Oficina Regional en Caracas (ORC) en MARN -INAMEH.

- Designar a la ADMC (Centro de Control Operativo) la función primaria de recibir y manipular la información hidrológica del MARN y distribuirla a las municipalidades. La ADMC estará a cargo de emitir una alerta local de acuerdo con el MARN y emitir una recomendación de evacuación.
- Designar a los Municipios como el cuerpo local más cercano a las comunidades para transferirles la información de la ADMC y apoyar las actividades comunitarias.

Debe asegurarse que el Centro de Control Operativo (CCO) se mantenga activo cuando se anticipe la necesidad de emitir una alerta local. La imagen esquemática de la elección del tiempo preciso para la activación y la emisión del alerta local se ilustra en la Figura S18-2.4.1. El tiempo preciso para la activación del Centro de Control Operativo y la emisión del alerta local se discute en el Capítulo 3.

## **2.5 Discusión**

Durante el 5<sup>to</sup> período de estudio en Venezuela el equipo de estudio celebró reuniones periódicas sobre el sistema de alerta temprana con las organizaciones relacionadas. El acuerdo del proyecto fue distribuido de antemano a esas organizaciones para obtener sus comentarios y revisar el acuerdo.

Oficiales de Protección Civil de una municipalidad sugirieron que Protección Civil Nacional debe ser involucrada en el acuerdo. El equipo de estudio piensa que el involucrar a Protección Civil Nacional es indispensable para que exista una coordinación entre los ministerios al nivel nacional, como el MARN y los gobiernos locales. La Protección Civil Nacional jugará un papel de Secretaría durante la discusión del borrador del acuerdo.

Oficiales de Protección Civil de una municipalidad dicen que tienen suficiente capacidad para manejar la respuesta de la emergencia (post-desastre), sin embargo dicen tener poca experiencia en alerta temprana y evacuación (pre-desastre). Ellos esperan que la ADMC se encargue de coordinar todas las actividades entre las municipalidades. El equipo de estudio comprendió que la ADMC es la más apropiada para emitir la alerta local a las municipalidades y comunidades.

Un oficial de MARN recomendó firmemente que deberá enfatizarse la necesidad de la oficina regional de MARN para que la información nacional y global de MARN se convierta en una información regional y local para Caracas y Vargas (Figura S18-2.5.1). Por lo que se incluyó en el borrador del acuerdo el establecimiento de una oficina regional de MARN.

De los hallazgos anteriores, la Tabla S18-2.5.1 muestra la evaluación del sistema actual, las limitaciones y las recomendaciones para el sistema de alerta temprana y evacuación.

## 2. 6 Sistema Propuesto

Básicamente el arreglo institucional para el sistema de alerta temprana en Caracas depende grandemente del progreso del proyecto VENEHMET del MARN. Para septiembre del año 2004, un proyecto de ley relacionado con la creación de INAMEH fue preparado para ser sometido a la Asamblea Nacional. Obviamente la creación de INAMEH promovería el establecimiento del sistema de alerta temprana en Caracas, sin embargo, un desastre de sedimentos podría ocurrir mañana en Caracas. En este sentido se recomienda que los organismos de la Contraparte comiencen con el arreglo institucional mínimo que se muestra en la próxima sección 2.6.1. Se debe dejar claro que este arreglo institucional mínimo es únicamente para la preparación de un futuro sistema de alerta temprana en Caracas.

### 2. 6. 1. Proyectos Urgentes y a Corto Plazo

Se propone que los siguientes proyectos se consideren como urgentes y de corto plazo. La principal intención de estos proyectos es compartir los datos de precipitaciones y distribuirlos en tiempo real a las organizaciones involucradas. Debe ser una prioridad en Caracas compartir los datos de precipitaciones entre las organizaciones involucradas y acceder a los datos en tiempo real. Cuando se establezca el sistema, se pueden tomar las acciones necesarias basándose en la decisión individual de varios sectores.

|           |   |
|-----------|---|
| Titulo    | Elaborar un acuerdo sobre el arreglo interinstitucional para el sistema de alerta temprana y evacuación en Caracas  |
| Objetivo  | Establecer entre las organizaciones involucradas el consenso básico sobre el sistema de alerta temprana y evacuación en Caracas   |
| Contenido | <p>El borrador del acuerdo preparado en este estudio (ver sección 2.3) debe ser discutido entre el MARN, ADMC, los 3 municipios y la UCV para llegar al consenso básico sobre el futuro sistema de alerta temprana y evacuación en Caracas. Este acuerdo es de gran importancia para que se desarrollen los otros proyectos propuestos sin contratiempos.</p> <p>Se recomienda el siguiente procedimiento,</p> <p>Paso 1: Protección Civil de la ADMC prepara un borrador de acuerdo basándose en las recomendaciones del estudio de JICA y de otros.</p> <p>Paso 2: Protección Civil de la ADMC debe discutir sobre el acuerdo con Protección Civil Nacional.</p> <p>Paso 3: Protección Civil de la ADMC, en representación de Protección Civil Nacional, debe convocar una reunión entre las organizaciones involucradas y plantear la necesidad de discutir sobre el acuerdo. Si se conviene en la necesidad de discutir, se debe elaborar un acuerdo para el comienzo de las discusiones.</p> <p>Paso 4: Mantener reuniones periódicas sobre el borrador del acuerdo.</p> <p>Paso 5: Finalización del acuerdo</p> |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
|                                | Paso 6: Implementación de los proyectos propuestos por el Estudio de JICA  |
| Organización de Implementación | Protección Civil de la ADMC  |
| Período de Implementación      | 2005 -2006 (2 años)  |
| Costo del Proyecto             | Suponiendo que el número de reuniones es veinte (20) y que el número de miembros de la reunión que representan las organizaciones involucradas es veinte (20). El gasto de algunos miembros de instituciones no-gubernamentales tales como UCV por día es US\$100,00, así que el gasto total es US\$4.000.<br><br>Para la asignación de la secretaría en Protección Civil de ADMC se necesitan tres (3) funcionarios. El costo será cubierto por fondos propios incluyendo el pago de un abogado |
| Fuente de Financiamiento       | ADMC y los 3 Municipios (Libertador, Chacao y Sucre)   |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Título                         | Telemetrización de estaciones pluviométricas operadas por varias organizaciones   |
| Objetivo                       | Centralización e intercambio de todos los datos de precipitaciones en Caracas   |
| Contenido                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las estaciones pluviométricas Los Venados y Hotel Humboldt, las cuales son operadas por el MARN-UCV, deben ser conectadas por sistemas telemétricos entre UCV y MARN. El sistema telemétrico que conecta estas estaciones y la UCV es el mismo que el de la estación Campo Alegre instalada por el Equipo de Estudio de JICA. El MARN puede tomar como referencia el sistema de Campo Alegre para conectar estas dos (2) estaciones al MARN.</li> <li>2. Se deben hacer nuevas instalaciones similares a las otras en las estaciones pluviométricas del Ávila en Tocome y Caurimare y conectarlas al MARN (Oficina Central).</li> <li>3. Se debe reactivar y telemetrizar las estaciones pluviométricas como San José del Ávila, Los Chorros, Teleférico. Si es necesario, los equipos de estas estaciones pluviométricas debe ser reemplazado por equipos similares a las otras.</li> <li>4. Realizar un acuerdo con la FAV, ARMADA y la UCV con respecto al intercambio en tiempo real de datos pluviométricos de La Carlota, Cagigal y UCV.</li> </ol> |
| Organización de Implementación | MARN Dirección de Hidrología y Meteorología   |
| Período de Implementación      | 2005-2006 (2 años)  |
| Costo del Proyecto             | La instalación o reemplazo incluyendo el costo del sistema telemétrico es US\$20.000 para una (1) estación, incluyendo el equipo receptor en el MARN. El número de estaciones a ser instaladas o reemplazadas es cinco (5), así que el costo es de US\$100.000.   |

|                          |  |
|--------------------------|--|
|                          | El costo de mantenimiento anual por estación se estima en US\$8.000 por contrato con una consultora local por parte del MARN. El número de estaciones para mantener es siete (7), el costo es de US\$56.000. |
| Fuente de Financiamiento | MARN, ADMC y los 3 Municipios (Libertador, Chacao y Sucre)   |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Titulo                         | Establecimiento de un sistema de distribución de información sobre desastres entre MARN, ADMC y 3 Municipios.  |
| Objetivo                       | Se debe establecer el sistema con el que el CCO de la ADMC pueda recibir, manipular y distribuir la información sobre desastres a las municipalidades y al público.  |
| Contenido                      | Suponiendo que se ejecute el proyecto de “Telemetrización de estaciones pluviométricas para ser operadas por varias organizaciones”, el arreglo debe ser el siguiente:<br><br>1. Preparar un sistema informático en el Centro de Comando de Emergencia (CCO) para recibir la información del desastre como precipitación y las condiciones meteorológicas de MARN (Oficina Central) y para manipular y distribuir esa información a las municipalidades y al público. Este sistema informático está compuesto de dos (2) computadoras que incluyan dos (2) copiadoras y dos (2) UPS.<br><br>2. Red de Área Ancha entre MARN (Oficina Principal), CCO y el cuarto de respuesta de emergencia en los 3 municipios. La red debe dedicarse en línea para recibir y distribuir la información urgente en tiempo real.<br><br>3. Asignación de 3 empleados permanentes de CCO que estén a cargo de supervisar, manipular y distribuir la información de MARN (oficina principal) |
| Organización de Implementación | ADMC   |
| Período de Implementación      | 2006 (menos de un año)<br><br>En caso de que la construcción del Centro de Comando de Emergencia se demore, este sistema se instalará temporalmente en la Protección Civil de la ADMC (Bandera).   |
| Costo del Proyecto             | 1. US\$10.000 para el sistema de la computadora como inversión inicial<br>2. US\$10.000 para red de área ancha como costo de mantenimiento anual<br>3. US\$30.000 como remuneración anual de cada empleado, así que el costo total es de US\$90.000.   |
| Fuente de Financiamiento       | ADMC y 3 Municipios (Libertador, Chacao y Sucre)   |

### 2.6.2 Proyectos a Largo Plazo

El proyecto siguiente se propone como un proyecto a largo plazo.

|          |  |
|----------|--|
| Titulo   | Reforzar la capacidad de la oficina regional del MARN                      |
| Objetivo | La oficina regional de MARN Caracas se le asignará una función primaria de |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
|                                | supervisar y distribuir información hidrológica. También la oficina regional deberá estar a cargo del análisis hidrológico para evaluar la posibilidad de ocurrencia del flujo de escombros, efectuar el modelo matemático del mapa de amenazas de inundaciones y dirigir las medidas hidrológicas. Para estas misiones se le debe dar capacitación a la oficina regional.  |
| Contenido                      | <p>1. Llevar a cabo proyectos de cooperación técnica con donadores extranjeros como JICA y aceptar a los expertos técnicos a largo plazo para el campo de meteorología e hidrología. El personal de MARN obtendrá conocimiento técnico y habilidad para el análisis hidrológico, mediciones y análisis de inundaciones en el curso de talleres y del “entrenamiento durante trabajo” (OJT, On the Job Training).</p> <p>2. Entrenamientos en el extranjero (Japón y otros países como México) para el personal de MARN.</p> |
| Organización de Implementación | MARN  |
| Período de Implementación      | 2006-2008 (en 3 años)   |
| Costo del Proyecto             | 1. US\$300.000 que incluyen el entrenamiento en el extranjero.  |
| Fuente de Financiamiento       | MARN y donadores internacionales  |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Título                         | Operación del Centro de Control Operativo (CCO) y Mantenimiento del Centro de Comando de Emergencias (CCE)   |
| Objetivo                       | Mantenimiento de la sostenibilidad del Centro de Control Operativo en el Centro de Comando de Emergencias  |
| Contenido                      | <p>Asignación de personal permanente en el CCO para el funcionamiento de la alerta temprana</p> <p>Entrenamientos en el extranjero para el personal CCO en Japón y otros países.</p> <p>Mantenimiento del Centro de Comando de Emergencias</p> |
| Organización de Implementación | ADMC   |
| Período de Implementación      | 2006-2007 (Diseño Detallado y Construcción)<br>2008-2020 (Funcionamiento y Mantenimiento)  |
| Costo del Proyecto             | US\$X00.000 como costo de mantenimiento anual.   |
| Fuente de Financiamiento       | ADMC, 3 Municipios (Libertador, Chacao y Sucre) y donadores internacionales.   |

**Tabla S18-2.3.1 Acuerdo Borrador Institucional para el Sistema de Alerta Temprana para Desastres por Sedimento en el Distrito Metropolitano de Caracas**

**Borrador del Acuerdo Institucional para el Sistema de Alerta Temprana para Desastres por Sedimentos en el Distrito Metropolitano de Caracas entre Protección Civil Nacional, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Distrito Metropolitano de Caracas, los Municipios de Libertador, Chacao y Sucre y UCV.**

## **CAPITULO 1 GENERAL**

### 1.1 Propósito

- El propósito del acuerdo es establecer un arreglo institucional necesario (o el marco básico) del Sistema de alerta temprana para desastres por sedimentos en el Distrito Metropolitano de Caracas para salvaguardar vidas y mitigar el daño a la propiedad.
- El acuerdo se limita al arreglo institucional para distribuir apropiadamente la información necesaria para la alerta temprana entre Protección Civil Nacional, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Distrito Metropolitano de Caracas, y las Municipalidades de Libertador, Chacao y Sucre, y UCV.

### 1.2 Definición

- Desastre por Sedimento se refiere principalmente al flujo de escombros causado por la precipitación en la pendiente sur del Ávila y al derrumbamiento/deslizamiento causado por la lluvia que impacta a los municipios
- MARN quiere decir Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales
- ADMC significa Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas
- UCV quiere decir Universidad Central de Venezuela.
- Municipios significan los gobiernos de Libertador, Chacao, Sucre, Baruta y El Hatillo.

### 1.3 Responsabilidad de Protección Civil Nacional

- Protección Civil Nacional es responsable de la coordinación nacional entre MARN, ADMC y los Municipios.

### 1.4 Responsabilidad del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales

- El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (la Oficina Regional de Caracas INAMEH) tiene la responsabilidad de coleccionar y distribuir información sobre la hidrología y meteorología como la sinopsis del tiempo, la previsión de precipitación por el sistema de radar de INAMEH, cantidad de lluvia en tiempo real y niveles de agua en los ríos y quebradas que se volverán factores en los desastres por sedimentos.



- INAMEH-CRO emitirá la alerta regional para la entera Área Metropolitana de Caracas basada en su propio criterio.
- Todo el equipo para las mediciones de los datos hidrometeorológicos será operado y mantenido por INAMEH-CRO.
- INAMEH-CRO hará sugerencias y recomendaciones en la parte técnica para el plan de prevención de desastres preparado por la ADMC.

#### 1.5 Responsabilidad del Distrito Metropolitano de Caracas

- El Distrito Metropolitano de Caracas (ADMC) tiene la responsabilidad de establecer un Centro de Comando de Operaciones (CCO) dentro del Distrito Metropolitano de Caracas. La función del CCO es emitir la alerta local en los desastres por sedimentos. El CCO será un proyecto específico del Plan de Prevención de Desastres preparado por la ADMC.

#### 1.6 Responsabilidad de los Municipios

- Los Municipios tienen la responsabilidad y la obligación de apoyar las directivas del CCO respecto al funcionamiento y logística.
- Los Municipios deben apoyar la creación de grupos de prevención auto-gestionados en las comunidades

#### 1.7 Responsabilidad de Organizaciones Especificas

- Organizaciones Específicas como las Universidades y los servicios públicos proporcionarán información y asesoría técnica para el funcionamiento del CCO.

#### 1.8 Responsabilidad de las Comunidades

- Las comunidades en los municipios tienen la responsabilidad de crear grupos de auto-prevención.
- Las comunidades nombrarán a representantes para trabajar con el CCO en emergencias y organizarán a las personas y ejecutarán las medidas de prevención y evacuación
- Las comunidades observarán el nivel de agua y la cantidad de lluvia voluntariamente en tiempo normal así como en tiempos de emergencia transmitiendo la información al CCO.

## **CAPITULO 2 ORGANIZACIONES DE ALERTA TEMPRANA EN DESASTRES POR SEDIMENTOS**

#### 2.1 Establecimiento del Comité Técnico para Alerta Temprana

- La ADMC establecerá el comité técnico de la alerta temprana cuya secretaría es el Departamento de la Protección Civil.

### 2.1.1 Responsabilidades

- El comité tiene la responsabilidad de revisar el sistema de alerta temprana actual, evaluar las operaciones pasadas de CCO en alerta temprana y dar recomendaciones al director del CCO sobre la actualización del sistema de alerta temprana.
- El comité tiene la responsabilidad de elaborar cualquier instrumento legal (decreto u ordenanza) para ejecutar la alerta temprana.

### 2.1.2 Organización

- El comité estará compuesto de un representante permanente de Protección Civil, Bomberos, MARN, Protección Civil de los Municipios y UCV. Se pueden designar otros miembros. La Protección Civil de la ADMC servirá como secretaría del comité.

## 2.2 Funcionamiento de la Alerta Temprana en el Centro de Comando de Operaciones (CCO)

- La ADMC establecerá un CCO dentro de la ADMC que pueda operar la alerta temprana para Caracas. El sistema de alerta temprana se operará como una función de la Sección de Planificación/Inteligencia del CCO y tendrá un cuarto por separado para sus operaciones.

### 2.2.1 Fabricación de la Sección de Planificación/Inteligencia

- La sección de Planificación/Inteligencia dentro del CCO mantiene bancos de datos sobre la sinopsis del clima y la información hidrológica acumulativa proporcionada por INAMEH-CRO.
- La información proporcionada por la sección de Planificación/Inteligencia se distribuirá a las organizaciones de las comunidades y a las organizaciones de emergencia privadas a través de un mecanismo establecido por la Protección Civil de la ADMC.

### 2.2.2 Organización

- El Alcalde de la ADMC nombrará al director del CCO.
- La organización del CCO estará compuesta de una (1) dirección y cuatro (4) secciones, a saber la sección de Operaciones, sección de Planificación/Inteligencia, sección de Logística y sección de Finanzas/administración.
- La persona a cargo de la Sección de Planificación/Inteligencia es fijada por el director del CCO.
- La Sección de Planificación/Inteligencia estará compuesta por personal capaz de mantener bases de datos, establecer protocolos de alerta temprana y distribuir las alertas a las divisiones operativas y a los grupos comunitarios.

### 2.2.3 Responsabilidad de la Sección de Planificación/Inteligencia en el CCO

- La Sección de Planificación/Inteligencia recibirá la información meteorológica e hidrológica proporcionada por INAMEH-CRO y preparará el proceso necesario para la decisión de emitir la alerta local.
- El director del CCO decide la emisión de la alerta local y recomienda la evacuación a las comunidades.
- La Sección de Planificación/Inteligencia recibe la información hidrológica observada en las comunidades e informa al INAMEH-CRO.

#### 2.2.4 Traslado del Derecho de los Alcaldes de los Municipios al CCO

- Durante el funcionamiento de la Sección de Planificación/Inteligencia se transfieren algunos derechos de los alcaldes de los municipios al CCO.

#### 2.3 Traslado de Recursos Humanos al CCO

- Cuando la Sección de Planificación/Inteligencia se active en INAMEH-CRO, los Municipios y la organizaciones relacionadas despacharán a su personal a la Sección de Planificación/Inteligencia del CCO como personal de apoyo, dependiendo de lo que solicite el CCO a cada organización.
- Todo el personal despachado de las organizaciones anteriores estará bajo las ordenes de la persona a cargo del CCO.
- Las medidas financieras necesarias, en términos de despacho de personal, se especificarán en un acuerdo entre las organizaciones relacionadas.

### **CAPITULO 3 DIRECTIVAS GENERALES DE ALERTA TEMPRANA**

#### 3.1 Propósito

- La alerta temprana se emitirá para salvar vidas y mitigar el daño a la propiedad.
- El método para emitir y distribuir una alerta temprana, recomendar la evacuación y la cancelación de las alertas emitidas serán especificados por el comité de alerta temprana a través de un protocolo escrito adoptado por el CCO.
- Nadie puede usar un método de alerta temprana similar.

#### 3.2 Emisión de Alerta

- Hay dos (2) tipos de alerta en términos de su localización, a saber, una alerta regional y una local. La alerta regional será emitida por el INAMEH-CRO para la región de Caracas basada en la definición de INAMEH. La alerta local será emitida por la sección de Planificación/Inteligencia del CCO para áreas específicas de Caracas.
- La alerta local se clasificará en dos (2) dependiendo de su gravedad. La clasificación y el

índice hidrológico correspondiente como la precipitación crítica serán decididos por el grupo de funcionamiento técnico del comité técnico de alerta temprana especificada en la sección 2.1

- Cuando la persona a cargo del CCO emite una alerta local tiene que informar a los organismos relacionados.
- Cuando Protección Civil de los Municipios recibe o sabe del alerta emitida, distribuirán esta información a los organismos relacionados.
- Si la emisión de la alerta requiere de operaciones urgentes, el director del CCO puede utilizar exclusivamente líneas telefónicas y emisoras de la televisión.
- Cuando el director del CCO y la dirección del CCO reconocen la emisión anticipada de alerta, activarán la Sección de Operaciones para las actividades de campo.

### 3.3 Cancelación de una alerta local

- La sección de Planificación/Inteligencia cancelará la alerta local basada en la sinopsis del tiempo proporcionada por el INAMEH-CRO y la información hidrológica local observada por las comunidades. La sección de Planificación/Inteligencia tiene que informar ampliamente al público acerca de la cancelación.

Caracas, 15 de diciembre de 200X

(Nombre)

Director de Protección Civil Nacional

(Nombre)

Director de la Oficina Regional de Caracas INAMEH

Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales

(Nombre)

Alcalde Mayor

(Nombre)

Alcalde del Municipio Libertador

(Nombre)

Alcalde del Municipio Chacao

(Nombre)

Alcalde del Municipio Sucre

(Nombre)

Alcalde del Municipio Baruta

(Nombre)

Alcalde del Municipio El Hatillo

(Nombre)

Universidad de Central de Venezuela

(Nombre)

Experto JICA

**Tabla S18-2.4.1 Evaluación del Sistema Presente, Limitaciones y Recomendaciones en Alerta Temprana y Evacuación**

| Organización | Evaluación del Sistema Presente   | Limitaciones   | Recomendaciones  |
|--------------|---|--|--|
| MARN         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● MARN cumple con su responsabilidad al nivel nacional en términos de supervisión, proporcionando información hidrometeorológica al público.</li> <li>● El sistema de monitoreo y medición de precipitación del MARN no es apropiado para responder a las necesidades del gobierno local que estará a cargo del sistema de alerta temprana.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Puesto que MARN es una organización nacional, están limitados en cuanto a la ejecución de actividades más locales y precisas, como emitir una advertencia local o una orden de evacuación.</li> <li>● En realidad parece que hay insuficiencia en el número de ingenieros que pueden efectuar modelajes hidrológicos e hidráulicos para hacer mapas de amenazas y previsión meteorológica.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Promover más el Proyecto de VENEHMET con sostenibilidad</li> <li>● Establecimiento y fortalecimiento de una rama regional de MARN con el propósito de una actividad precisa para Caracas y Vargas para unir el sistema actual de monitoreo de la lluvia y actualizar el mapa de amenaza y estudiar rasgos hidrológicos de Caracas como precipitación crítica.</li> <li>● Congregar y normalizar todos los protocolos de sistemas de alerta temprana en Venezuela</li> </ul> |
| ADMC         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Se han usado canales humanos para recibir información meteorológica del MARN y otros, aunque no haya ningún sistema para traducir esta información y tomar acción cuando es necesario para alerta temprana y evacuación.</li> <li>● No hay acceso en tiempo real a datos de lluvia medidos por el MARN y otras organizaciones.</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>● No es práctico hacer el monitoreo, proporcionando información hidrometeorológica al público.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Construcción y funcionamiento / mantenimiento del Centro de Comando de Emergencias</li> <li>● Establecimiento del Centro de Comando de Operaciones para manejar el desastre del punto de vista de Caracas entera.</li> <li>● La expedición de recursos humanos al programa de capacitación de IMANEH en hidrometeorología.</li> </ul>   |
| Municipios   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Tienen alta capacidad para la operación de emergencias después de un desastre por sedimentos sin embargo no tienen experiencia de alerta temprana y evacuación (pre-desastre).</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● En realidad, la operación para alerta temprana y evacuación y la operación para emergencia podrían hacerse al mismo tiempo en Caracas dependiendo de la línea de progresión del desastre.</li> <li>● Es difícil para un municipio conocer las condiciones de otro municipio.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Emisión de una recomendación de evacuación a la comunidad basada en la información de ADMC y MARN.</li> <li>● Educación del grupo comunitario</li> </ul>  |

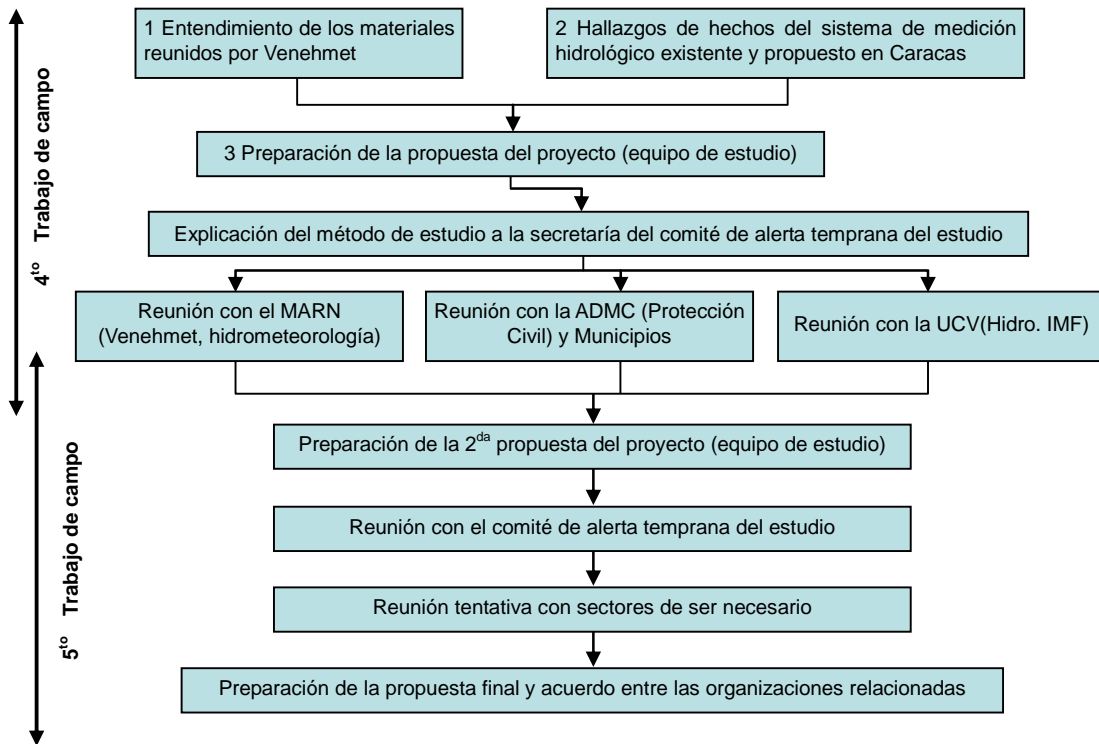


Figura. S18-2.1.1 Flujograma del Acuerdo Institucional del Estudio

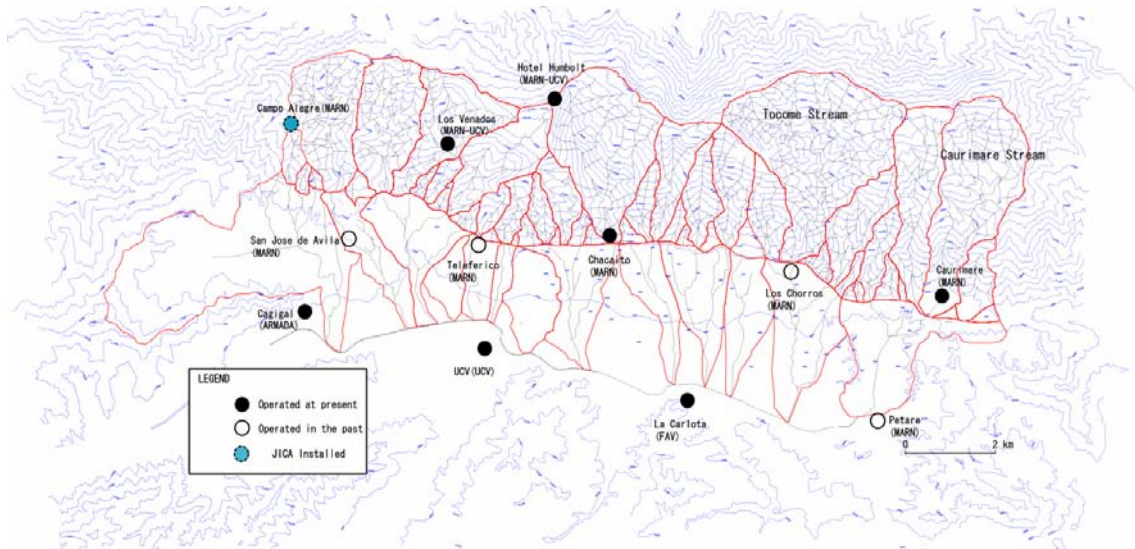


Figura. S18-2.2.1 Estaciones Pluviométricas Existentes en Caracas

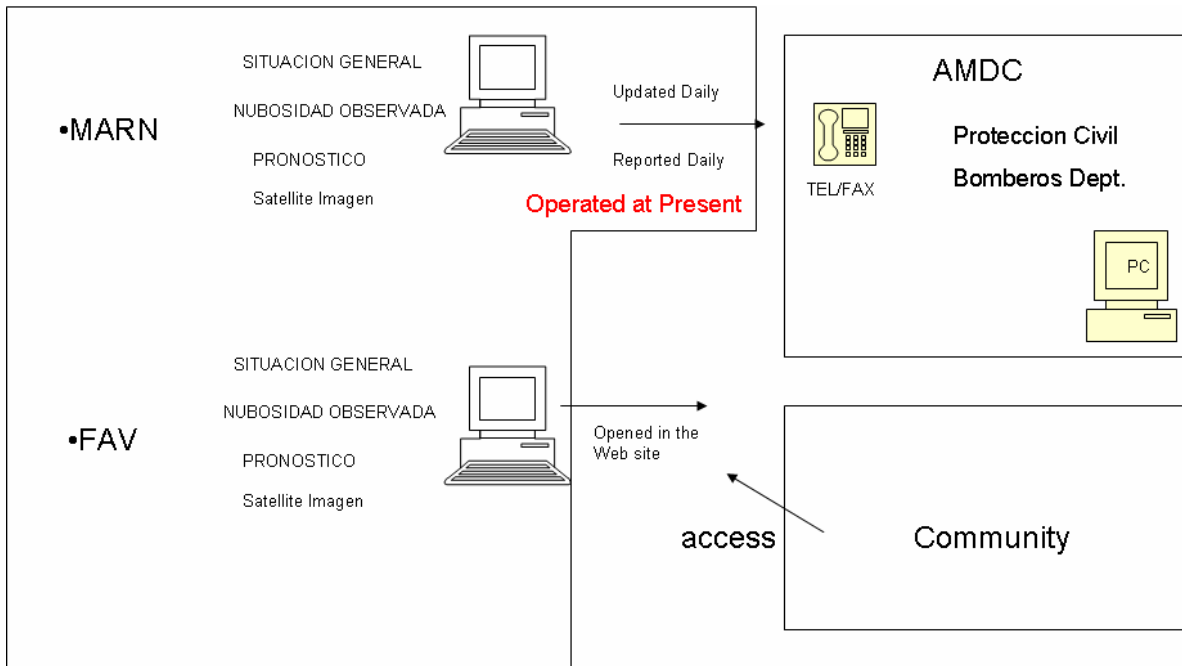


Figura. S18-2.2.2 Actividades Existentes para Intercambiar información Hidrometeorológica



Figura. S18-2.3.1 Participantes y sus Papeles en el Programa VENEHMET (Fuente: MARN)



# UBICACIÓN RADARES METEOROLÓGICOS



Figura. S18-2.3.2 Radar Meteorológico Instalado en la Colonia Tovar Cubriendo el Valle de Caracas (Fuente: MARN)

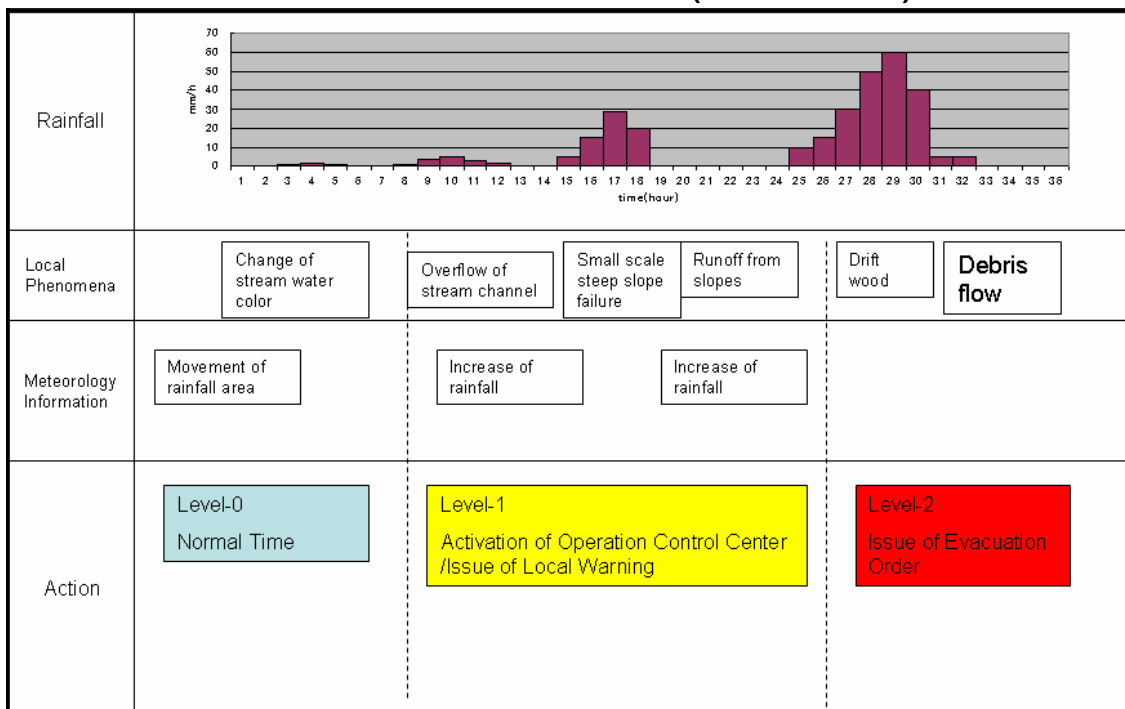


Figura. S18-2.4.1 Tiempo de Activación del Centro de Comando de Operaciones

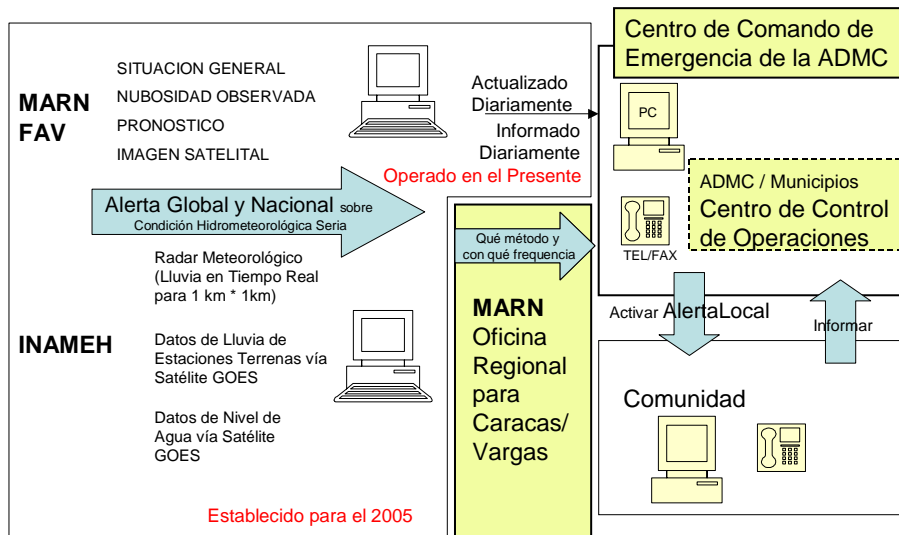


Figura. S18-2.5.1 Posición de la Oficina Regional del MARN en el Sistema de Alerta Temprana para Caracas

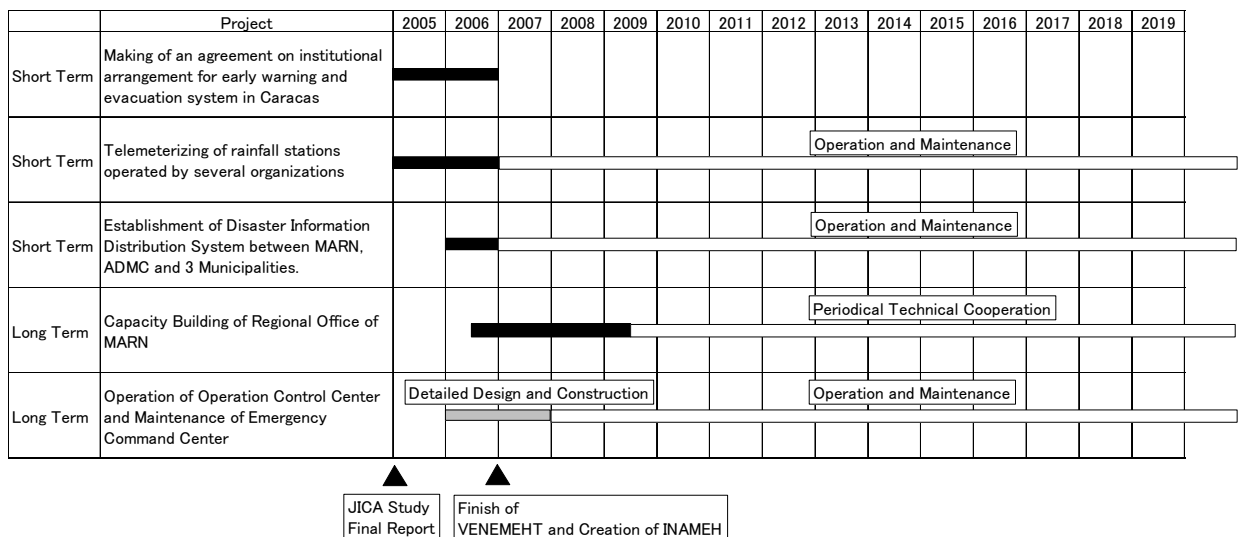


Figura. S18-2.6.1 Cronograma de Implementación

## **CAPÍTULO 3. ESTUDIO SOBRE PRECIPITACIONES CRÍTICAS**

### **3.1 Precipitaciones Críticas**

El sistema de alerta temprana puede tener un rol importante en la mitigación de la amenaza del flujo de escombros mediante la alerta al público cuando las condiciones de las precipitaciones alcancen niveles críticos para generar una actividad peligrosa de flujo de escombros. Tales sistemas de alerta dependen en la comparación de pronósticos y observaciones en tiempo real de las precipitaciones hasta los valores umbrales requeridos para iniciar el flujo de escombros. Derivados empíricamente de los datos históricos y de la ocurrencia de flujos de escombros, los umbrales son valores combinados de la intensidad y duración de lluvias que pueden predecir la iniciación de un flujo de escombros en sitios susceptibles dentro de un área específica.

Los umbrales precipitaciones/flujo de escombros dependen del grosor, carácter y propiedades mecánicas del material de la ladera, el cual depende a su vez en la geología, topografía, vegetación, y el clima del área.

El estudio sobre precipitaciones críticas (umbrales) fue realizado considerando la situación de Vargas y Maracay (Río Limón). Para la recolección de datos y el estudio de flujos de escombros anteriores, el área de estudio fue ampliada hasta Vargas y Maracay (Río Limón). Maracay debe ser incluido porque el área ha sufrido desastres de flujo de escombros y además tiene un sistema de alerta temprana avanzada del MARN.

Es posible pronosticar con los datos de precipitaciones la ocurrencia de un flujo de escombros, pero su nivel de exactitud varía enormemente dependiendo del nivel de los datos obtenidos. En Caracas, son pocos los registros de las ocurrencias de flujos de escombros. Inclusive en el acontecimiento de Diciembre de 1999, no existen observaciones de las precipitaciones en el Ávila. Para realizar un pronóstico práctico de la ocurrencia de un desastre relacionado con sedimentos, la medición por hora de las precipitaciones es un prerequisite.

En un área poseyendo los datos de las precipitaciones por hora y los registros o archivos de los desastres anteriores relacionados con sedimento, es factible un pronóstico de desastre de sedimento si esos datos son analizados.

Actualmente en Japón hay varios métodos para determinar la precipitación crítica para el flujo de escombros. Entre ellos tenemos, el Método de Directriz llamado Método A que fue aplicado en este estudio tomando en consideración la disponibilidad de datos y el Método de Comité, un método reciente en Japón que ya había sido mencionado anteriormente en este capítulo.

### 3. 1. 1. Método 1

El Método de Directriz llamado Método A fue presentado en “Directrices (tentativas) para el establecimiento de precipitaciones para la emisión de alerta e instrucciones de evacuación en contra de desastres por flujo de escombros” el cual fue preparado por el antiguo Ministerio de Construcción en 1984 en Japón. Este método pretende pronosticar la ocurrencia de flujos de escombros usando índices de precipitación los cuales son obtenidos mediante la combinación de una intensidad de lluvia y una precipitación total. Este tipo de índice fue derivado porque es conocido el estado actual de desastres por flujo de escombros, que un flujo de escombros tiende a ocurrir inclusive cuando la precipitación total es pequeña si la intensidad de lluvia es grande, y que tiende a ocurrir inclusive cuando la intensidad de lluvia es pequeña si la precipitación total es grande. Este método fue originalmente desarrollado para flujo de escombros, pero también es aplicable a derrumbes porque el proceso de ocurrencia de un flujo de escombros es similar a aquel de un derrumbe.

La Figura S18-3.1.1 es una imagen esquemática de la línea crítica (LC). El índice de precipitación está expresado por una combinación de la intensidad de lluvia y la precipitación total (precipitación acumulada). Como se muestra en la figura, la intensidad de lluvia se observa en la coordenada (eje-Y) y la precipitación total en la abscisa (eje-X). La precipitación causante del flujo de escombros y la precipitación no causante están trazadas en el diagrama mediante distintos símbolos. Luego, esos dos grupos de precipitación son separados con una línea lineal o una línea curva descendiendo hacia la derecha. Esta línea límite es llamada Línea Crítica (LC) el cual distingue la ocurrencia y la no-ocurrencia de un flujo de escombros. El lado izquierdo inferior de esta línea es la zona segura donde podría no ocurrir un flujo de escombros.

Una hora de precipitación para el eje-Y y la precipitación de Trabajo para el eje-X son usados para el Método 1. La precipitación de trabajo se define a continuación. Una serie de lluvias entre períodos sin lluvias por más de 24 horas es llamado “Precipitación Continua” y su suma o valor es llamado “R<sub>c</sub>”. El período de precipitación de más o menos una semana antes, hasta el comienzo de la precipitación continua es llamado “Precipitación Antecedente” y su suma o valor es llamado “R<sub>A</sub>” (Figura S18-3.1.2). El flujo de escombros es generalmente afectado por no solo la lluvia en el momento de la ocurrencia, sino que también por la precipitación antecedente y su efecto disminuye de acuerdo con la diferencia de tiempo de la ocurrencia del flujo de escombros.

La precipitación antecedente de trabajo de hace una semana (R<sub>WA</sub>) es:

$$R_{WA} = \alpha_1 d_1 + \alpha_2 d_2 + \alpha_3 d_3 + \Lambda \Lambda + \alpha_7 d_7 = \sum_{t=1}^7 \alpha_t d_t \quad (1)$$

Donde  $\alpha_i$  ( $\alpha_i < 1$ ): coeficiente de deducción de “ $t$ ” días antes,  $d_i$ : 24 horas de precipitación a  $t$  días pasados.

Si la vida media es un día,  $\alpha_t$  es la mitad  $\alpha_{t-1}$ . La precipitación antecedente de trabajo en este caso es:

$$R_{WA} = 0.5d_1 + 0.25d_2 + 0.125d_3 + \Lambda \quad (2)$$

Si todas las precipitaciones causantes de flujo de escombros pasan a la zona insegura en la parte superior derecho y todas las precipitaciones no causantes pasan a la zona segura en la parte inferior izquierda tomando la Línea Crítica como la línea límite, se podría decir que ambas precipitaciones muestran una buena “separabilidad”. La separabilidad de los eventos de precipitación con flujo de escombros y sin flujo de escombros debería ser estudiada mediante la prueba de algunos períodos de mitad de decadencia tales como 2 días, 3 días y así sucesivamente. La relación de deducción de coeficiente y la vida media es:

$$\alpha_t = 0.5^{t/T} \quad (3)$$

Donde  $T$ : días de media vida,  $t$ : días antes del comienzo de las precipitaciones continuas.

La precipitación de trabajo “ $R_w$ ” del Método 1 es:

$$R_w = R_{WA} + R_C \quad (4)$$

La evacuación debe ser completada antes de que la cantidad de lluvia alcance la LC para una evacuación adecuada porque el flujo de escombros pudiera ocurrir cuando la cantidad de lluvia alcance la LC conceptualmente. Por ende, la Línea de Evacuación “LE”, que significa el tiempo para la evacuación, y la Línea de Alerta “LA”, que significa el tiempo para la preparación de la evacuación, deberían ser establecidas. La LE y la LA son establecidas de acuerdo a la cantidad asumida de precipitación durante el período de tiempo necesario para la evacuación y preparar la evacuación. El momento de emitir la alerta y recomendar la evacuación debería ser establecido de acuerdo a las condiciones locales. El ejemplo del momento de emisión y la cantidad de precipitación asumida se muestran abajo. La precipitación máxima histórica de una hora ( $R_{H1M}$ ) es usada como cantidad asumida de precipitación ya que es más seguro tener una hora para la evacuación cuando la cantidad de lluvia esté alcanzando la LE. La precipitación máxima histórica de dos horas ( $R_{H2M}$ ) es usada como cantidad asumida de precipitación desde la alerta hasta la evacuación luego de que el monto de lluvia esté alcanzando la LA.

| Categoría  |    | Momento de Emisión                | Cantidad de Precipitación Asumida                         |
|------------|----|-----------------------------------|---|
| Alerta     | LA | Dos horas antes de alcanzar la LC | Precipitación máxima histórica de dos horas ( $R_{H2M}$ ) |
| Evacuación | LE | Una hora antes de alcanzar la LC  | Precipitación máxima histórica de una hora ( $R_{H1M}$ )  |

La Figura S18-3.1.3 muestra como establecer la precipitación crítica.

Cabe destacar que la cantidad de lluvia no alcanzará la LC a menos que la precipitación, que excede la precipitación máxima histórica de una hora, ocurra luego de alcanzar la LE de acuerdo a la tabla de arriba.

Por ende, inclusive si se emite la alerta y se recomienda la evacuación, no necesariamente va a ocurrir un flujo de escombros. Es un problema común para cualquier método que la posibilidad de este caso sea más alta o mayor si la precipitación crítica es establecida del lado más seguro.

### 3. 1. 2. Método 2

El Método 2 es llamado el Método de Comité propuesto por el Comité para el Estudio de Medidas Comprensivas para el Control de Sedimento, el cual fue organizado por el Ministerio de Tierras, Infraestructura y Transporte en Japón.

El método de operación de la precipitación de trabajo en el Método de Comité es diferente al del Método de Directriz el cual calculaba la precipitación de trabajo mediante la unidad del día. A saber, todas las precipitaciones hasta una hora antes de la ocurrencia de un flujo de escombros se asumen como precipitación antecedente. Esas precipitaciones son multiplicadas por la deducción de coeficiente y luego son integradas usando las ecuaciones mostradas abajo. En el caso de precipitaciones no causantes, la precipitación de trabajo es manejada en el tiempo de una precipitación máxima de una hora durante una serie de lluvias, de la misma manera como se hace en el Método de Directriz.

La precipitación de trabajo, cuya vida media es establecida en 1,5 horas, es usada como precipitación de tiempo corto para el eje-Y y la precipitación de trabajo, cuyo día de vida media es 72 horas, es usada como precipitación de tiempo largo para el eje-X en el Método 2. La precipitación de trabajo en este método es para acumular toda la precipitación con la multiplicación del coeficiente de deducción hasta una hora antes de la ocurrencia de un flujo de escombros.

$$R_w = \sum \alpha_{i} \times R_{i} \quad (5)$$

Donde  $R_w$  : Precipitación de trabajo (mm),  $R_{i}$  : precipitación de una hora en tiempo de  $i$  horas pasadas (mm),  $\alpha_{i}$  : coeficiente de deducción a  $i$  horas pasadas

$$\alpha_{i} = 0.5^{i/T} \quad \text{Donde } T : \text{vida media en hora.}$$

No importa que ocurra o no un flujo de escombros, la línea que conecta los puntos de cada hora de la precipitación de trabajo es llamada línea serpiente. La actividad de alerta temprana puede ser hecha observando el comportamiento de la línea serpiente, la LE, y LA, haciendo la línea serpiente uniforme de tiempo normal. (Figura S18-3.1.4).

### **3. 1. 3. Comparación**

Las características del Método 2 son comparadas con aquellas del Método 1. La precipitación de trabajo del Método 1 sigue creciendo hasta un período de no-lluvia de más de 24 horas. Por la otra parte, el Método 2 toma en consideración toda la precipitación con la multiplicación del coeficiente de deducción. Por ende, la precipitación de trabajo del Método 2 disminuye cuando la precipitación es débil, y esto corresponde a la condición de humedad del suelo. El Método 2 puede ser usado para cancelar la alerta, porque la línea serpiente se mueve de regreso al punto de salida o inicio, al ir disminuyendo la precipitación. Además, la precipitación continua debe ser establecida para el Método 1, pero no es necesaria para el Método 2. Esto significa que el sistema para el cómputo continuo puede ser creado fácilmente y la comparación de la actual precipitación y la pasada es posible mostrando la línea serpiente de todo el período.

### **3. 2 Política**

La precipitación crítica para el sistema de alerta temprana de flujo de escombros es estudiada en el área de estudio. El Método 1 es seleccionado de acuerdo a las razones dadas a continuación.

- 1) A pesar de que es necesario dibujar una línea serpiente usando la precipitación por hora en el Método 2, es muy difícil obtener los datos de precipitación por hora. Aunque es efectivo usar el Método 2 siempre y cuando se pueda pronosticar la precipitación de tiempo corto, pronosticar la precipitación de tiempo corto resulta muy difícil en el área de estudio.
- 2) La precipitación crítica se muestra solamente mediante la precipitación de trabajo en el eje-X en el Método 1. Es muy fácil de ser comprendida y manejada.
- 3) La precipitación crítica para el Río Limón en Maracay es la principal o la mayor en Venezuela y esta fue establecida usando el Método 1.

Inclusive si el Método 1 es seleccionado, este estudio no es fácil por la falta de información. El número de estaciones pluviométricas en el área de estudio no es suficiente y los datos de la precipitación por hora, que son sumamente importantes para analizar la precipitación crítica, están limitados a datos recientes. Además, los registros históricos del flujo de escombros con datos de precipitación no son sólo escasos, pues solamente están los de Feb. 1951 y Dic. 1999, sino que la

información en el momento de la ocurrencia del flujo de escombros y los datos de precipitación por hora es limitada.

El flujo de estudio se muestra en la Figura S18-3.2.1.

### **3.3 Datos Hidrológicos**

La Tabla S18-3.3.1 y la Figura S18-3.3.1 muestran los datos recopilados de precipitación diaria y los datos de precipitación por hora de las estaciones pluviométricas en Caracas, Vargas y Maracay. Las Figuras S18-3.3.2, S18-3.3.3 y S18-3.3.4 muestran la ubicación de las estaciones pluviométricas seleccionadas.

Además de los datos de precipitación observada, fueron utilizados los datos de precipitación calculada del Satélite Ambiental Operacional Geoestacionario (GOES-8) (siglas en inglés). Cada 30 minutos se calcularon los datos de precipitación en un mallado de cuadrículas de 4 km<sup>2</sup> (Figura S18-3.3.5). Los resultados calculados para Dic. 1999 fueron suministrados por el Equipo de Estudio de USGS.

La Figura S18-3.3.5 muestra que el área donde hubo fuertes lluvias por 3 días corresponde a la cuenca hidrográfica de San Julián que fue la más dañada en Vargas.

Se han recopilado los datos de precipitación por hora durante el período de desastre en Dic. de 1999 en la estación La Carlota y la estación Cagigal en el área urbana de Caracas. Las Figuras S18-3.3.6 y la S18-3.3.7 muestran la comparación de los datos observados y los datos simulados. Se pueden ver diferencias en la precipitación total, precipitación pico y su momento entre los datos observados y los datos simulados. A pesar de que los datos de precipitación de la imagen satelital es la precipitación promedio dentro de un área de 4 km<sup>2</sup>, y es simulada de la temperatura de la parte superior de las nubes, y no está lo suficientemente calibrada, estos datos son muy valiosos ya que no hay suficientes datos de precipitación espaciales ni temporales en tierra para el momento del flujo de escombros.

### **3.4 Precipitación Crítica en Maracay**

La precipitación crítica fue estudiada usando el diagrama de evaluación como se muestra en la Figura S18-3.4.1 por un equipo experto de JICA después del desastre de flujo de escombros en el Río Limón en Maracay en Septiembre de 1987<sup>1</sup>. Esta precipitación crítica todavía es utilizada en el Río Limón.

El diagrama de evaluación es efectuado por el Método 1 mediante el uso de los datos de precipitación de la estación de Rancho Grande. Los datos de precipitación reunidos y la hietografía de Sep. 1987 en Rancho Grande se muestran en la Figura S18-3.4.2.

---

<sup>1</sup> JICA, Informe del 3er Taller Sabo en Venezuela, Equipo de Estudio para Taller Sabo, 1989



El punto de evento de precipitación con flujo de escombros en el diagrama de evaluación significa que la precipitación por hora en el eje-Y es de aproximadamente 45mm y la precipitación de trabajo en el eje-X es de aproximadamente 158mm. La precipitación por hora a las 16:00 hrs el 6 de Septiembre, cuando ocurrió el flujo de escombros, es 45,5mm según la Figura S18-3.4.2 y esto corresponde al punto del diagrama de evaluación. Con respecto a la precipitación de trabajo del diagrama de evaluación, la precipitación por hora, cuando ocurrió el flujo de escombros, no está sumado a la precipitación de trabajo del Método 1. Por ende, la precipitación de trabajo hasta las 15:00 hrs debe ser aproximadamente 158mm. El acumulado de precipitación diaria del 1<sup>o</sup> de Septiembre hasta el 6 de Septiembre es 30,5mm, el acumulado de precipitación por hora hasta las 15:00 hrs el 6 de Septiembre es de 127mm, y la sumatoria de estas cantidades de precipitación es 157,5mm. Por ende, la precipitación de trabajo del diagrama de evaluación en Maracay resulta ser la acumulación de la precipitación continua sin considerar la precipitación antecedente (Figura S18-3.4.3).

$$R_w = R_C$$

La LE y la LA son establecidas mediante el uso de la precipitación por hora máxima histórica de 89mm y la precipitación por dos horas de 94mm en Rancho Grande, y se muestran en la siguiente tabla.

|           | Línea de Alerta (LA) | Línea de evacuación (LE) |
|-----------|----------------------|--------------------------|
| Río Limón | 88,0mm               | 93,0mm                   |

### 3. 5 Precipitación en Caracas y en Vargas

#### 3. 5. 1. Política

La precipitación crítica para el sistema de alerta temprana de desastre por flujo de escombros en el Río Limón en Maracay es el principal o la mayor en Venezuela. Los eventos de precipitación que causaron el flujo de escombros en Caracas y en Vargas, así como los eventos de precipitación que no causaron flujo de escombros en Caracas están trazados en el diagrama de evaluación de Maracay. La precipitación de trabajo está definida como la acumulación de precipitación continua sin tomar en cuenta la precipitación antecedente para ser consistente con la metodología de la precipitación crítica en Maracay.

### **3. 5. 2. Evento de Precipitación con Flujo de Escombros en Caracas**

#### **(1) Acontecimiento del Flujo de Escombros en Febrero de 1951**

Los únicos datos de precipitación disponibles acerca del flujo de escombros en febrero de 1951 es una curva masiva en la estación de Subida Pico Ávila en medio de la cuenca hidrográfica de Tocomé. Los datos de precipitación por hora que fueron leídos de la curva masiva se muestran en la Figura S18-3.5.1.

Se asumen dos (2) ocurrencias de flujos de escombros porque la información sobre el momento del desastre por flujo de escombros no está disponible. El período de tiempo del caso 1 es de 3:00 a 8:00 del 17 de Febrero (alrededor de la precipitación pico, y la precipitación por hora es más de 20mm). El período de tiempo del caso 2 es de 18:00 a 23:00 el 17 de febrero (alrededor de la segunda precipitación pico, y la precipitación por hora es más de 10mm).

El diagrama de evaluación se muestra en la Figura S18-3.5.2. Al comparar las gráficas del caso 1 y el caso 2, las ubicaciones resultan ser diferentes en gran parte debido al factor desconocido del momento del flujo de escombros. En este estudio es usado el resultado del caso 1.

#### **(2) Acontecimiento del Flujo de Escombros en Diciembre de 1999**

Los datos de precipitación del mes de diciembre de 1999 están disponibles únicamente en las estaciones del área urbana tales como Cagigal, UCV, La Carlota y Maiquetía que no se encuentran ubicados en la montaña sino en lo llano (Figura S18-3.5.3). Por lo tanto, se han utilizado los datos de precipitación que son simulados de la imagen satelital (data de USGS, explicado en 3.3). Los datos de precipitación alrededor del área de Catuche y Anauco son trazados en el diagrama de evaluación.

Las precipitaciones diarias promedio de Maiquetía y Cagigal son usadas como la precipitación previa que debe ser incluida en la precipitación continua, porque los datos de precipitación por hora de USGS son después de las 16:00 hrs del 15 de diciembre (Tabla S18-3.5.1). El mallado representativo de la simulación de USGS para el área de Catuche y Anauco se muestra en la Figura S18-3.5.4.

El resultado de la evaluación de entrevista y un reporte previo son usados para la información sobre el momento de la ocurrencia del flujo de escombros. Según esta información, el período de tiempo de las 21:00 hasta las 23:00 del 15 de diciembre, pudiera ser el momento del primer flujo de escombros que llega al área urbana.

La hietografía hecha por USGS y el momento de ocurrencia del flujo de escombros en el área de Catuche y Anauco se muestra en la Figura S18-3.5.5. Se ven precipitaciones no tan grandes alrededor del período de tiempo cuando se asume que el primer flujo de escombros llegó al área urbana.

Por otra parte, el tiempo de la precipitación pico de los datos de precipitación observada en la estación de Cagigal, que está cerca del área de captación de Catuche y Anauco, corresponde comparativamente al resultado de las encuestas. Por lo tanto, el patrón de distribución de precipitación de la estación Cagigal es usado y su precipitación total es ajustada al total de precipitación de los datos de USGS (Figura S18-3.5.6) como la precipitación en el área de captación de Catuche y Anauco. La Figura S18-3.5.7 muestra como calcular la precipitación de trabajo. La Figura S18-3.5.8 muestra el diagrama de evaluación. También se muestran los datos de precipitación antes del ajuste en el diagrama de evaluación.

A pesar de que el período de tiempo de la ocurrencia del flujo de escombros es comparativamente claro, los datos de precipitación observada por hora no existen en este caso. La ubicación de las gráficas resulta ser diferentes debido en gran parte al factor desconocido de la precipitación por hora.

### **3. 5. 3. Acontecimiento de Precipitación con Flujos de Escombros en Vargas**

Los acontecimientos de precipitación con flujo de escombros en la cuenca de San Julián y la cuenca de San José de Galipán que están comparativamente fuertemente dañadas están trazadas en el caso del área de Vargas.

Se utilizan los datos de precipitación por hora de USGS y el resultado de la evaluación por entrevista por USGS (Tabla S18-3.5.2) para la información del momento del flujo de escombros cuando llega al área urbana.

Se utiliza la precipitación diaria de Maiquetía como la precipitación previa que debería ser incluida dentro de la precipitación continua, porque los datos de precipitación por hora de USGS son después de las 16:00 el 15 de Diciembre (Tabla S18-3.5.3). El mallado representativo de la simulación de USGS para San Julián y San José de Galipán se muestra en la Figura S18-3.5.9.

La precipitación continua y el momento del flujo de escombros en San Julián y San José de Galipán se muestran en las Figuras S18-3.5.10 y S18-3.5.11. La Figura S18-3.5.12 muestra el diagrama de evaluación.

#### **3. 5. 4. Acontecimiento de Precipitación sin causar Flujo de Escombros**

Los datos de precipitación diaria y precipitación por hora de la estación de Los Venados y de la estación del Hotel Humboldt son utilizados para el acontecimiento de precipitación que no causó flujo de escombros en Caracas. Los eventos de precipitación en los cuales el monto de precipitación continua es más de 80mm o la precipitación por hora máximo es más de 20mm, son seleccionados como los eventos o acontecimientos de precipitación sin flujo de escombros. La Tabla S18-3.5.4 muestra los eventos o acontecimientos de precipitación seleccionados.

La precipitación por hora máxima y la precipitación de trabajo antes de la precipitación por hora máxima están trazadas en el diagrama de evaluación como los eventos de lluvia sin flujo de escombros para el Método 1. 50% de la precipitación diaria máxima se asume que ocurrirá como la precipitación por hora máxima en la fecha de la precipitación diaria máxima, según los resultados del estudio se muestran abajo en el caso de que los datos de precipitación por hora no existan.

La Figura S18-3.5.13 muestra el diagrama de evaluación.

#### **[Estudio sobre la Distribución de la Precipitación por hora de la Precipitación Diaria]**

La distribución de precipitación por hora en un día fue estudiada mediante el uso de los datos de precipitación por hora de Cagigal, La Carlota, Los Venados que son comparativamente bien recolectados.

Los acontecimientos de precipitación en donde la precipitación diaria es más de 30mm son seleccionadas de los datos de precipitación de cada estación (Tabla S18-3.5.5). Se observa que la mayoría de los eventos de lluvia terminan en una o dos horas, de acuerdo a la curva masiva de precipitación (Figura S18-3.5.14). El índice promedio que la precipitación por hora máxima ocupa de la precipitación diaria es 55% para Cagigal, 52% para La Carlota y 50% para los Venados (Tabla S18-3.5.6).

### **3. 6 Comparación de las Características de Maracay, Vargas y Caracas**

#### **3. 6. 1. Hidrología**

Los datos de precipitación de Rancho Grande en Maracay, Maiquetía en Vargas, Cagigal, La Carlota, Caurimare, Los Venados y el Hotel Humboldt en Caracas son utilizados para comparar las características hidrológicas de Maracay, Vargas y Caracas.

La Figura S18-3.6.1 muestra la precipitación mensual en cada estación. La precipitación anual de Rancho Grande es de aproximadamente el doble que el de Cagigal y tres veces del Maiquetía. La diferencia de la temporada de lluvias y la temporada seca es significativa en Rancho Grande. Aunque

la cantidad de datos no es grande, la precipitación anual de Los Venados y el Hotel Humboldt en el Cerro Ávila es 20% más que el de Cagigal.

Se descubrió que tres (3) horas de precipitación ocupan más del 70-80% durante 24 horas de precipitación para las cuatro (4) estaciones (Tabla S18-3.6.1.)

La cantidad de precipitación de Rancho Grande es más que la del área de Caracas y el área de Vargas.

Se descubrió que una (1) hora de precipitación está ocupando más del 50% de 24 horas de precipitación y tres (3) horas de precipitación está ocupando más del 70% de 24 horas de precipitación excepto por Maiquetía (Tabla S18-3.6.2). Eso significa que la lluvia fuerte se concentra en un corto tiempo de duración.

Como se estudió en 3.5.4, la proporción promedio de la precipitación por hora máxima para la precipitación diaria es 55% para Cagigal, 52% para la Carlota y 50% para Los Venados. Esto también significa que las lluvias fuertes se concentran en un corto tiempo de duración.

Aunque la precipitación anual y la precipitación mensual son diferentes para las tres (3) áreas, el patrón de lluvia, en donde la fuerte precipitación se concentra en un corto tiempo de duración, al parecer es común para las tres (3) áreas. Es difícil observar la diferencia de acontecimientos de lluvia en estas tres (3) áreas porque tales eventos solo han sido en 1951, 1987 y 1999.

### **3. 6. 2. Topografía y Geología**

La Figura S18-3.6.2 muestra los hallazgos en términos de derrumbe cuando ocurrieron los flujos de escombros en las áreas de Maracay, Vargas y Caracas. El área gravemente colapsada no siempre corresponde al área de fuertes lluvias. Se debe tomar en consideración que la debilidad de vegetación es uno de los factores claves en el desarrollo de flujo de escombros.

### **3. 7 Prueba de Establecimiento de la Precipitación Crítica en Caracas**

Es difícil observar la diferencia de los acontecimientos de precipitación que causan los flujos de escombros en las tres (3) áreas de acuerdo al 2.6.

#### **3. 7. 1. Establecimiento de la Línea Crítica (LC)**

Es necesario establecer la LC en el diagrama de evaluación de la Figura S18-3.5.13 para establecer la Precipitación Crítica. La LC es dibujada de acuerdo a la política mostrada abajo (Figura S18-3.7.1).

- 1) Para preceder los datos en Caracas
- 2) La pendiente de la LC es “-1”. La sumatoria de la precipitación acumulada y la precipitación por hora en cualquier punto en la LC es siempre igual y es fácil de comprender que la sumatoria es la precipitación crítica para el flujo de escombros.

Los gráficos de Maracay y Vargas se muestran en la Figura S18-3.7.1 como data referencial.

Los acontecimientos de precipitación con flujo de escombros en Vargas son los datos simulados por USGS. El ploteo en la zona inferior izquierda de la LC significa que hay factores desconocidos en la propia data de precipitación y el período de tiempo de la ocurrencia del flujo de escombros.

### 3. 7. 2. Resultado de Intento

Se recopilaron las precipitaciones por hora máxima para establecer la precipitación crítica según el método de la Figura S18-3.1.3. La precipitación por hora máxima histórica, que fue recopilada de las estaciones pluviométricas en el área de estudio y Rancho Grande como data referencial, se muestra en la Tabla S18-3.7.1.

La precipitación por hora máxima es 91mm en el Teleférico y precipitación de dos horas es 87,3mm en Los Venados porque no hay registro para precipitación por 2 horas en el Teleférico.

Las Figuras S18-3.7.2 y S18-3.7.3 muestran el diagrama de evaluación para el caso 1; la precipitación crítica para la alerta mediante el uso de precipitación por hora es 91mm en el Teleférico, y el diagrama de evaluación para el caso 2; la precipitación crítica para la alerta y la evacuación mediante el uso de precipitación por hora es 51mm y precipitación por 2 horas es 87,3mm en Los Venados. Los resultados se muestran abajo.

|       | Precipitación Crítica para la<br>Alerta | Precipitación Crítica para la<br>Evacuación |
|-------|---|---|
| Caso1 | 96,0mm                                  | —   |
| Caso2 | 99,7mm                                  | 135,7mm                                     |

### 3. 7. 3. Recomendación

La fiabilidad del diagrama de evaluación depende de la exactitud del momento de ocurrencia del flujo de escombros, y la exactitud de la precipitación por hora y la precipitación acumulada al mismo tiempo. Este análisis está basado en muchas suposiciones de estos importantes factores y las diferencias en el caso de distintas suposiciones también se muestra. Por ejemplo, la precipitación

crítica (LA) es de aproximadamente 44mm según la Figura S18-3.7.4 mediante el uso del acontecimiento de lluvia en la Figura S18-3.5.5.

Por lo tanto, los resultados de este estudio son solo valores referenciales y estos valores deberían ser modificados mediante la acumulación de más datos en el futuro. Y aunque la precipitación de trabajo en este estudio es la acumulación de la precipitación continua sin considerar la precipitación antecedente, se recomienda que el estudio de vida media en Caracas y el estudio sobre el Método 2 sean dirigidos por MARN.

**Tabla S18-3.3.1 Datos Recopilados de Precipitaciones**

| Serial | Estación          | Área    | Elevación (m) | Datos Diarios   | Datos Horarios                             |
|--------|-------------------|---------|---------------|---|--|
| 0426   | Rancho Grande     | Maracay | 1,160         | 1987, 1994, 1996, 2002  | 1987.9 evento                              |
| 0503   | Maiquetía (FAV)   | Vargas  | 75            | 1961 - 2003   | -  |
| 0514   | Los Venados       | Caracas | 1,540         | 1994 - 2003   | 2001 - 2003                                |
| 0519   | Hotel Humboldt    | Caracas | 2,129         | 1959 - 1974, 2000 - 2002  | 2001.8 - 2002.5                            |
| 0531   | Cagigal           | Caracas | 1,035         | 1891 - 1988 (todo el año),<br>1997, 1999 - 2003 (de Mayo a Diciembre) | 1997, 1999 - 2003<br>(de Mayo a Diciembre) |
| 0544   | La Carlota        | Caracas | 835           | 1964 - 2003   | 1996 - 2003                                |
| 5024   | Subida Pico Ávila | Caracas | 1,250         | -   | 1951.2 evento                              |
| 5027   | Caurimare         | Caracas | 965           | 1949 - 2003   | -  |

**Tabla S18-3.5.1 Datos Adicionales de Precipitaciones como Precipitaciones Continuas**

| Número de Días antes del Evento          | Fecha (1999) | Precipitación Diaria (mm) |                        |          |
|--|--------------|---------------------------|------------------------|----------|
|  |              | Maiquetía                 | Cagigal                | Promedio |
| 14                                       | 1/12         | 6.0                       | 0.3                    | 3.2      |
| 13                                       | 2/12         | 77.3                      | 0.0                    | 38.7     |
| 12                                       | 3/12         | 121.2                     | 2.7                    | 62.0     |
| 11                                       | 4/12         | 11.8                      | 0.0                    | 5.9      |
| 10                                       | 5/12         | 0.0                       | 1.9                    | 1.0      |
| 9  | 6/12         | 1.1                       | 0.6                    | 0.9      |
| 8  | 7/12         | 5.0                       | 1.7                    | 3.4      |
| 7  | 8/12         | 8.1                       | 19.1                   | 13.6     |
| 6  | 9/12         | 10.4                      | 4.1                    | 7.3      |
| 5  | 10/12        | 0.0                       | 0.4                    | 0.2      |
| 4  | 11/12        | 23.2                      | 0.4                    | 11.8     |
| 3  | 12/12        | 21.8                      | 15.0                   | 18.4     |
| 2  | 13/12        | 7.1                       | 5.0                    | 6.1      |
| 1  | 14/12        | 120.0                     | 14.2                   | 67.1     |
| Sumatoria de Precipitación Continua (mm) |              | 172.1                     | 59.9                   | 127.8    |
|  |              |                           | Precipitación Continua |          |



**Tabla S18-3.5.2 Resultado de Entrevistas Realizadas por el USGS**

| Fecha      | Hora                                       | Drainaje (Ubicación)         | Descripción   |
|------------|--|------------------------------|---|
| 1999/12/16 | 9:00 a.m.                                  | Camuri Chico                 | Evento mayor de flujo de escombros en el drenaje, enterrando un bus a lo largo de la orilla este del abanico.   |
| 1999/12/16 | 7:30 a.m.                                  | Osoño (La Guaira)(E)         | Inundación de agua en la parte este del abanico.  |
|            | 8:00 a.m.                                  |                              | Inundación de agua en la parte este del abanico.  |
|            | 9:00 a.m.                                  |                              | Evento con rocas (flujo de escombros).  |
| 1999/12/16 | 5:00 a.m.                                  | Osoño (La Guaira)(O)         | Inundación.   |
|            | 9:00 a.m. - 3:00 p.m.                      |                              | Flujo de escombros rocosos seguido por inundación acuosa.   |
| 1999/12/15 | 8:00 p.m.                                  | San Julián (Carabalceda)     | Primera ola de la inundación acuosa de 1.5 m de altura.   |
|            | 8:30 p.m.                                  |                              | Delante de rocas (flujo de escombros?).   |
| 1999/12/16 | 2:00 a.m.                                  |                              | Inundación acuosa prontamente seguida por flujo de escombros con grandes rocas.   |
|            | 2:00 a.m. - 3:00 a.m.                      |                              | Observación de agua y lodo (flujo).   |
|            | 6:00 a.m.                                  |                              | Tres episodios de flujo (escombros), con el último a las 5:00 a.m.  |
|            | 10:00 p.m.                                 |                              | La turbulencia retrocede.   |
| 1999/12/16 | 3:00 a.m.                                  | Camuri Grande                | Altos niveles del río (corriente).  |
|            | 6:00 a.m.                                  |                              | Sonidos rugientes como (flujo de escombros) de grandes rocas chocando contra edificaciones.   |
| 1999/12/15 | 8:00 p.m. - 8:00 p.m. - 12/16/99 3:00 a.m. | San José de Galipán (Macuto) | El río inunda las riberas; el flujo corre calle abajo.  |
|            |  |                              | Ruido rugiente de vibración de rocas (flujo de escombros); hule de casas removida.  |
| 1999/12/17 | 6:00 a.m. - 7:00 a.m.                      |                              | Oleada de flujo de escombros destruye viviendas.  |
|            | 9:00 a.m.                                  |                              | Evento mayor (flujo de escombros), con entradas de arena, pero no grandes rocas.  |
| 1999/12/15 | Noche                                      | Seca                         | Inundación durante la noche.  |
| 1999/12/16 | 1:00 a.m. - 2:00 a.m.                      |                              | Elevación del nivel de las aguas e inundación.  |
|            | 5:00 a.m. - 6:00 a.m.                      |                              | Flujo de escombros.   |
|            | 6:00 a.m.                                  |                              | Evento individual de flujo de escombros que arrasó carros; la mayoría de la gente cerca de la corriente evacuó sus hogares y corrió hacia la montaña. |
|            | 6:00 a.m. - 7:00 a.m.                      |                              | Escombros (flujo) con grandes rocas.  |
| 1999/12/16 | 1:00 a.m.                                  | Cerro Grande                 | Torrente con cantidades de sedimento.   |
|            | 6:00 a.m. - 7:00 a.m.                      |                              | Flujo de escombros con cuatro grandes oleadas (Shucheng y otros, 2000).   |
| 1999/12/16 | 6:00 a.m.                                  | Una                          | Inundación seguida por gran oleada (Shucheng y otros, 2000).  |

**Tabla S18-3.5.3 Datos Adicionales de Precipitaciones Diarias como Precipitaciones Continuas**

| Número de Días antes del Evento          | Precipitación Diaria (mm) |           |
|--|---------------------------|-----------|
|  | Fecha (1999)              | Maiquetía |
| 14                                       | 1/12                      | 6.0       |
| 13                                       | 2/12                      | 77.3      |
| 12                                       | 3/12                      | 121.2     |
| 11                                       | 4/12                      | 11.8      |
| 10                                       | 5/12                      | 0.0       |
| 9  | 6/12                      | 1.1       |
| 8  | 7/12                      | 5.0       |
| 7  | 8/12                      | 8.1       |
| 6  | 9/12                      | 10.4      |
| 5  | 10/12                     | 0.0       |
| 4  | 11/12                     | 23.2      |
| 3  | 12/12                     | 21.8      |
| 2  | 13/12                     | 7.1       |
| 1  | 14/12                     | 120.0     |
| Sumatoria de Precipitación Continua (mm) |                           | 172.1     |
| Precipitación Continua                   |                           |           |

**Tabla S18-3.5.4 Lista de Eventos de Precipitaciones que no Causaron Flujo de Escombros**

| Hotel Humboldt                   |    |    |              |                | Precipitación horaria mayor a 20mm |    |    |               |                |                |
|----------------------------------|----|----|--------------|----------------|------------------------------------|----|----|---------------|----------------|----------------|
| Precipitación total mayor a 80mm |    |    |              |                | Precipitación horaria mayor a 20mm |    |    |               |                |                |
| Fecha                            |    |    | Horaria (mm) | Funcional (mm) | Fecha                              |    |    | Tiempo (hora) | Horaria (mm)   | Funcional (mm) |
| A                                | M  | D  |              |                | A                                  | M  | D  |               |                |                |
| 1960                             | 4  | 20 | 11.8         | 11.8           | 2001                               | 9  | 9  | 12:00         | 21.0           | 0.0            |
| 1960                             | 4  | 23 | 23.7         | 62.1           | 2001                               | 9  | 22 | 20:00         | 28.0           | 18.0           |
| 1960                             | 6  | 13 | 10.3         | 10.3           |                                    |    |    |               |                |                |
| 1960                             | 6  | 15 | 21.7         | 42.6           |                                    |    |    |               |                |                |
| 1960                             | 8  | 5  | 10.1         | 27.1           |                                    |    |    |               |                |                |
| 1960                             | 8  | 10 | 13.0         | 70.8           | Los Venados                        |    |    |               |                |                |
| 1960                             | 8  | 11 | 37.0         | 120.7          | Precipitación total mayor a 80mm   |    |    |               |                |                |
| 1960                             | 8  | 12 | 14.4         | 172.1          | Fecha                              |    |    | Horaria (mm)  | Funcional (mm) |                |
| 1960                             | 8  | 24 | 45.9         | 51.1           | A                                  | M  | D  |               |                |                |
| 1960                             | 12 | 4  | 10.2         | 10.6           | 1994                               | 9  | 9  | 34.7          | 46.1           |                |
| 1960                             | 12 | 6  | 23.1         | 58.8           | 1994                               | 10 | 21 | 15.4          | 45.2           |                |
| 1960                             | 12 | 11 | 13.5         | 111.3          | 1994                               | 10 | 22 | 29.6          | 90.2           |                |
| 1961                             | 8  | 2  | 10.1         | 66.6           | 1995                               | 3  | 21 | 13.3          | 13.6           |                |
| 1961                             | 9  | 15 | 14.9         | 14.9           | 1995                               | 3  | 22 | 15.6          | 42.5           |                |
| 1961                             | 9  | 19 | 32.5         | 98.2           | 1995                               | 3  | 23 | 20.8          | 78.8           |                |
| 1962                             | 5  | 30 | 10.3         | 15.3           | 2000                               | 9  | 19 | 10.9          | 10.9           |                |
| 1962                             | 5  | 31 | 15.6         | 41.1           | 2000                               | 9  | 21 | 21.5          | 57.7           |                |
| 1962                             | 8  | 23 | 15.7         | 17.1           | 2000                               | 9  | 24 | 16.1          | 99.3           |                |
| 1962                             | 8  | 27 | 14.5         | 67.2           | 2000                               | 11 | 12 | 34.1          | 45.3           |                |
| 1963                             | 5  | 8  | 14.4         | 19.6           | 2000                               | 11 | 15 | 23.3          | 115.4          |                |
| 1963                             | 5  | 9  | 25.7         | 59.7           | 2001                               | 12 | 15 | 12.2          | 55.9           |                |
| 1963                             | 5  | 17 | 25.1         | 25.1           | 2002                               | 4  | 7  | 12.7          | 25.2           |                |
| 1963                             | 5  | 24 | 11.5         | 70.1           | 2002                               | 4  | 10 | 37.6          | 80.6           |                |
| 1963                             | 6  | 3  | 15.1         | 28.7           | Precipitación horaria mayor a 20mm |    |    |               |                |                |
| 1963                             | 6  | 7  | 19.3         | 85.1           | Fecha                              |    |    | Tiempo (hora) | Horaria (mm)   | Funcional (mm) |
| 1963                             | 9  | 11 | 23.8         | 24.6           | A                                  | M  | D  |               |                |                |
| 1963                             | 9  | 14 | 17.2         | 88.5           | 2001                               | 5  | 8  | 11:00         | 29.3           | 1.8            |
| 1967                             | 7  | 23 | 21.8         | 29.2           | 2001                               | 7  | 26 | 17:00         | 47.5           | 7.2            |
| 1967                             | 9  | 5  | 12.1         | 22.0           | 2001                               | 8  | 29 | 18:00         | 39.8           | 54.7           |
| 1967                             | 9  | 7  | 11.5         | 50.6           | 2001                               | 8  | 29 | 3:00          | 24.0           | 1.9            |
| 1967                             | 10 | 24 | 10.9         | 24.1           | 2001                               | 9  | 22 | 20:00         | 38.5           | 8.5            |
| 1967                             | 10 | 25 | 20.8         | 55.7           | 2001                               | 10 | 14 | 17:00         | 20.4           | 26.2           |
| 1967                             | 11 | 5  | 16.4         | 67.9           | 2002                               | 6  | 22 | 14:00         | 22.2           | 0.6            |
| 1967                             | 11 | 24 | 21.1         | 50.1           | 2002                               | 10 | 1  | 19:00         | 21.3           | 17.2           |
| 1967                             | 11 | 25 | 10.3         | 81.5           | 2003                               | 4  | 12 | 20:00         | 20.1           | 0.0            |
| 1968                             | 9  | 23 | 25.0         | 26.6           | 2003                               | 4  | 13 | 12:00         | 27.8           | 20.3           |
| 1968                             | 9  | 24 | 13.7         | 65.3           | 2003                               | 4  | 22 | 20:00         | 24.5           | 0.0            |
| 1969                             | 8  | 16 | 10.3         | 10.3           | 2003                               | 4  | 23 | 19:00         | 42.1           | 28.4           |
| 1969                             | 8  | 17 | 14.8         | 35.3           | 2003                               | 4  | 26 | 20:00         | 22.8           | 8.4            |
| 1969                             | 10 | 22 | 21.9         | 29.5           | 2003                               | 5  | 23 | 17:00         | 26.0           | 13.8           |
| 1969                             | 11 | 15 | 10.9         | 11.7           | 2003                               | 7  | 12 | 16:00         | 20.3           | 77.5           |
| 1969                             | 11 | 16 | 42.9         | 65.4           | 2003                               | 9  | 19 | 18:00         | 28.1           | 19.7           |
| 1970                             | 7  | 13 | 12.3         | 79.9           | 2003                               | 10 | 13 | 12:00         | 26.8           | 8.7            |
| 1971                             | 8  | 26 | 36.8         | 41.4           | 2003                               | 10 | 22 | 16:00         | 22.4           | 10.7           |
| 1971                             | 8  | 27 | 12.5         | 90.6           | 2003                               | 11 | 25 | 16:00         | 51.3           | 13.4           |
| 1971                             | 10 | 14 | 13.9         | 30.2           |                                    |    |    |               |                |                |
| 1971                             | 10 | 15 | 14.5         | 58.6           |                                    |    |    |               |                |                |
| 1972                             | 5  | 1  | 13.0         | 13.0           |                                    |    |    |               |                |                |
| 1972                             | 5  | 3  | 11.3         | 41.1           |                                    |    |    |               |                |                |
| 1972                             | 5  | 8  | 11.1         | 77.3           |                                    |    |    |               |                |                |
| 1974                             | 7  | 30 | 26.1         | 58.9           |                                    |    |    |               |                |                |
| 1974                             | 8  | 15 | 10.8         | 65.0           |                                    |    |    |               |                |                |
| 2000                             | 9  | 19 | 12.5         | 12.5           |                                    |    |    |               |                |                |
| 2000                             | 9  | 20 | 12.5         | 37.5           |                                    |    |    |               |                |                |
| 2000                             | 11 | 12 | 21.5         | 35.5           |                                    |    |    |               |                |                |
| 2000                             | 11 | 14 | 12.0         | 72.0           |                                    |    |    |               |                |                |
| 2000                             | 11 | 15 | 23.0         | 107.0          |                                    |    |    |               |                |                |
| 2001                             | 10 | 14 | 20.0         | 39.0           |                                    |    |    |               |                |                |
| 2001                             | 10 | 18 | 12.0         | 91.0           |                                    |    |    |               |                |                |

**Tabla S18-3.5.5 Lista de Eventos de Precipitaciones (Precipitación Diaria es más de 30mm)**

| No. | Cagigal          |                           | La Carlota       |                           | Los Venados      |                           |
|-----|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|
|     | Fecha de Eventos | Precipitación Diaria (mm) | Fecha de Eventos | Precipitación Diaria (mm) | Fecha de Eventos | Precipitación Diaria (mm) |
| 1   | 01/06/1997       | 40,3                      | 19/01/1996       | 47,0                      | 08/05/2001       | 47,3                      |
| 2   | 18/06/1997       | 31,1                      | 03/06/1996       | 41,1                      | 26/07/2001       | 87,6                      |
| 3   | 21/07/1997       | 43,6                      | 04/06/1996       | 35,0                      | 22/09/2001       | 47,0                      |
| 4   | 07/09/1997       | 33,9                      | 17/06/1996       | 32,6                      | 27/09/2001       | 44,1                      |
| 5   | 17/09/1997       | 34,9                      | 14/07/1996       | 33,4                      | 02/11/2001       | 32,9                      |
| 6   | 31/07/1999       | 36,5                      | 12/10/1996       | 49,6                      | 14/10/2001       | 64,6                      |
| 7   | 21/08/1999       | 39,1                      | 09/11/1996       | 52,7                      | 10/04/2002       | 75,2                      |
| 8   | 13/09/1999       | 36,8                      | 20/11/1996       | 36,7                      | 23/05/2002       | 33,8                      |
| 9   | 29/11/1999       | 37,9                      | 23/11/1996       | 32,9                      | 22/06/2002       | 36,2                      |
| 10  | 15/12/1999       | 66,5                      | 18/06/1997       | 39,9                      | 01/10/2002       | 45,7                      |
| 11  | 18/08/2000       | 49,7                      | 16/06/1998       | 39,6                      | 23/04/2003       | 49,4                      |
| 12  | 20/09/2000       | 30,8                      | 31/07/1999       | 45,5                      |                  |                           |
| 13  | 02/11/2000       | 32,6                      | 05/10/1999       | 43,4                      |                  |                           |
| 14  | 20/08/2001       | 51,7                      | 06/10/1999       | 39,4                      |                  |                           |
| 15  | 15/10/2001       | 51,6                      | 15/12/1999       | 46,9                      |                  |                           |
| 16  | 25/10/2001       | 53,2                      | 16/12/1999       | 34,6                      |                  |                           |
| 17  | 23/05/2002       | 31,5                      | 25/07/2000       | 37,9                      |                  |                           |
| 18  | 21/06/2002       | 30,3                      | 28/07/2000       | 50,9                      |                  |                           |
| 19  | 09/09/2002       | 33,2                      | 08/10/2000       | 34,5                      |                  |                           |
| 20  |                  |                           | 30/10/2000       | 41,4                      |                  |                           |
| 21  |                  |                           | 22/07/2001       | 32,0                      |                  |                           |
| 22  |                  |                           | 18/07/2003       | 42,0                      |                  |                           |
| 23  |                  |                           | 11/10/2003       | 37,3                      |                  |                           |
| 24  |                  |                           | 28/10/2003       | 36,1                      |                  |                           |

**Tabla S18-3.5.6 Porcentaje de la Precipitación Horaria Máxima**

| Eventos de lluvia en la Estación Cagigal |                           |                                   |              | Eventos de lluvia en la Estación La Carlota |                           |                                   |              | Eventos de lluvia en la Estación Los Venados |                           |                                   |              |
|--|---------------------------|-----------------------------------|--------------|---|---------------------------|-----------------------------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------------------|--------------|
| Fecha de Eventos                         | Precipitación Diaria (mm) | Precipitación Horaria Máxima (mm) | Relación (%) | Fecha de Eventos                            | Precipitación Diaria (mm) | Precipitación Horaria Máxima (mm) | Relación (%) | Fecha de Eventos                             | Precipitación Diaria (mm) | Precipitación Horaria Máxima (mm) | Relación (%) |
| 1997/6/1                                 | 40,3                      | 28,2                              | 70,0         | 1996/1/19                                   | 47,0                      | 41,0                              | 87,2         | 2001/5/8                                     | 47,3                      | 29,3                              | 61,9         |
| 1997/6/18                                | 31,1                      | 10,7                              | 34,4         | 1996/6/3                                    | 41,1                      | 7,2                               | 17,5         | 2001/7/26                                    | 87,6                      | 47,5                              | 54,2         |
| 1997/7/21                                | 43,6                      | 13,1                              | 30,0         | 1996/6/4                                    | 35,0                      | 13,5                              | 38,6         | 2001/9/22                                    | 47,0                      | 38,5                              | 81,9         |
| 1997/9/7                                 | 33,9                      | 24,7                              | 72,9         | 1996/6/17                                   | 32,6                      | 6,7                               | 20,6         | 2001/9/27                                    | 44,1                      | 15,9                              | 36,1         |
| 1997/9/17                                | 34,9                      | 34,4                              | 98,6         | 1996/7/14                                   | 33,4                      | 13,1                              | 39,2         | 2001/11/2                                    | 32,9                      | 9,9                               | 30,1         |
| 1999/7/31                                | 36,5                      | 21,5                              | 58,9         | 1996/10/12                                  | 49,6                      | 47,9                              | 96,6         | 2001/10/14                                   | 64,6                      | 20,4                              | 31,6         |
| 1999/8/21                                | 39,1                      | 10,1                              | 25,8         | 1996/11/9                                   | 52,7                      | 27,9                              | 52,9         | 2002/4/10                                    | 75,2                      | 14,4                              | 19,1         |
| 1999/9/13                                | 36,8                      | 26,1                              | 70,9         | 1996/11/20                                  | 36,7                      | 19,7                              | 53,7         | 2002/5/23                                    | 33,8                      | 12,3                              | 36,4         |
| 1999/11/29                               | 37,9                      | 17,4                              | 45,9         | 1996/11/23                                  | 32,9                      | 18,6                              | 56,5         | 2002/6/22                                    | 36,2                      | 22,2                              | 61,3         |
| 1999/12/15                               | 66,5                      | 20,9                              | 31,4         | 1997/6/18                                   | 39,9                      | 11,0                              | 27,6         | 2002/10/1                                    | 45,7                      | 21,3                              | 46,6         |
| 2000/8/18                                | 49,7                      | 18,8                              | 37,8         | 1998/6/16                                   | 39,6                      | 24,1                              | 60,9         | 2003/4/23                                    | 49,4                      | 42,1                              | 85,2         |
| 2000/9/20                                | 30,8                      | 20,7                              | 67,2         | 1999/7/31                                   | 45,5                      | 17,2                              | 37,8         |  |                           |                                   |              |
| 2000/11/2                                | 32,6                      | 27,3                              | 83,7         | 1999/10/5                                   | 43,4                      | 39,2                              | 90,3         |  |                           | Promedio                          | 49,5         |
| 2001/8/20                                | 51,7                      | 22,2                              | 42,9         | 1999/10/6                                   | 39,4                      | 18,0                              | 45,7         |  |                           |                                   |              |
| 2001/10/15                               | 51,6                      | 21,6                              | 41,9         | 1999/12/15                                  | 46,9                      | 12,2                              | 26,0         |  |                           |                                   |              |
| 2001/10/25                               | 53,2                      | 37,6                              | 70,7         | 1999/12/16                                  | 34,6                      | 6,1                               | 17,6         |  |                           |                                   |              |
| 2002/5/23                                | 31,5                      | 17,3                              | 54,9         | 2000/7/25                                   | 37,9                      | 27,4                              | 72,3         |  |                           |                                   |              |
| 2002/6/21                                | 30,3                      | 13,3                              | 43,9         | 2000/7/28                                   | 50,9                      | 21,7                              | 42,6         |  |                           |                                   |              |
| 2002/9/9                                 | 33,2                      | 22,8                              | 68,7         | 2000/10/8                                   | 34,5                      | 8,3                               | 24,1         |  |                           |                                   |              |
|  |                           | Promedio                          | 55,3         | 2000/10/30                                  | 41,4                      | 12,9                              | 31,2         |  |                           |                                   |              |
|  |                           |                                   |              | 2001/7/22                                   | 32,0                      | 15,2                              | 47,5         |  |                           |                                   |              |
|  |                           |                                   |              | 2003/7/18                                   | 42,0                      | 40,0                              | 95,2         |  |                           |                                   |              |
|  |                           |                                   |              | 2003/10/11                                  | 37,3                      | 24,1                              | 64,6         |  |                           |                                   |              |
|  |                           |                                   |              | 2003/10/28                                  | 36,1                      | 35,0                              | 97,0         |  |                           |                                   |              |
|  |                           |                                   |              |   |                           | Promedio                          | 51,8         |  |                           |                                   |              |

**Tabla S18-3.6.1 Comparación de la Precipitación Máxima Histórica y su Porcentaje contra Precipitaciones de 24 Horas**

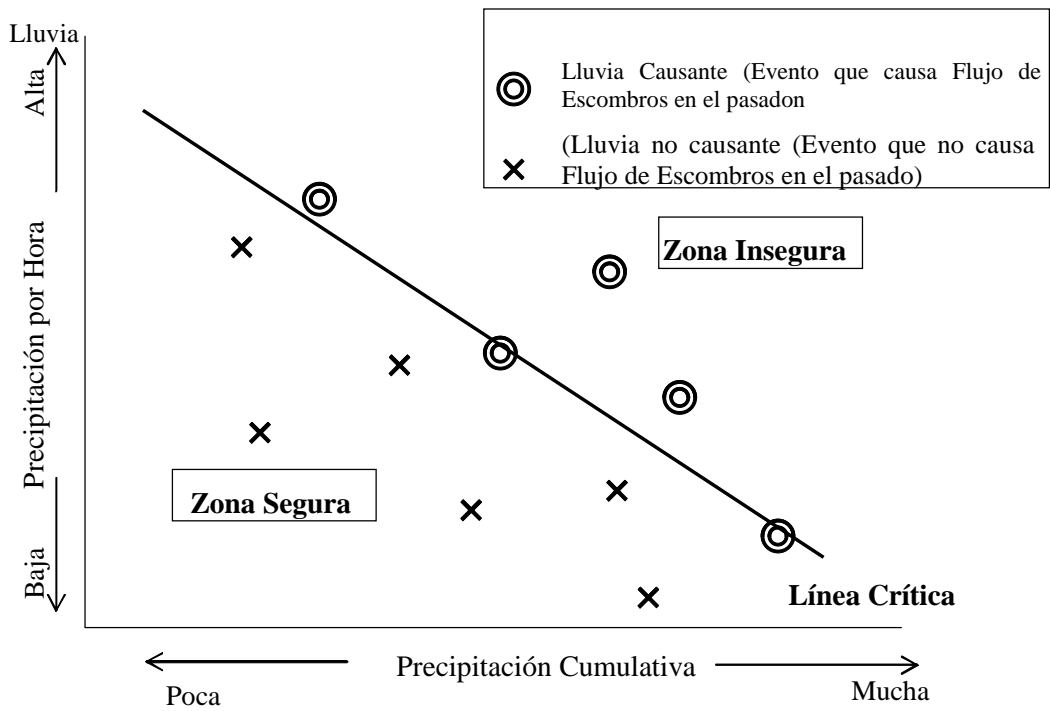
| Precipitación Máxima Histórica              |        |         |         |          |          | (mm) |
|---|--------|---------|---------|----------|----------|------|
| Estación                                    | 1 hora | 3 horas | 6 horas | 12 horas | 24 horas |      |
| Rancho Grande                               | 89.0   | 141.0   | 146.0   | 146.0    | 177.0    |      |
| Maiquetía                                   | 44.0   | 91.0    | 97.0    | 106.0    | 106.0    |      |
| Cagigal                                     | 76.0   | 85.0    | 98.0    | 98.0     | 100.0    |      |
| Caurimare                                   | 61.0   | 84.0    | 113.0   | 113.0    | 113.0    |      |
| Porcentaje contra Precipitación en 24 horas |        |         |         |          |          | (%)  |
| Estación                                    | 1 hora | 3 horas | 6 horas | 12 horas | 24 horas |      |
| Rancho Grande                               | 50.3   | 79.7    | 82.5    | 82.5     | 100.0    |      |
| Maiquetía                                   | 41.5   | 85.8    | 91.5    | 100.0    | 100.0    |      |
| Cagigal                                     | 76.0   | 85.0    | 98.0    | 98.0     | 100.0    |      |
| Caurimare                                   | 54.0   | 74.3    | 100.0   | 100.0    | 100.0    |      |

**Tabla S18-3.6.2 Comparación de Precipitaciones Probables y su Porcentaje contra Precipitaciones Probables en 1440 min.**

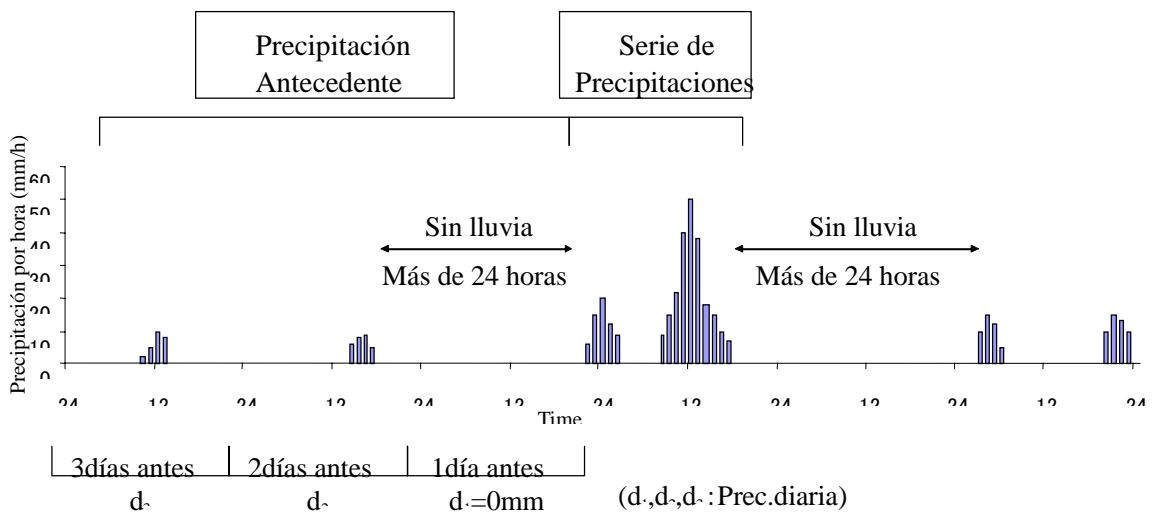
| Precipitación Probable (Período de retorno de 100 años) |        |         |         |         |         |         |          | (mm) |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|
| Estación  | 60 min | 120 min | 180 min | 360 min | 540 min | 720 min | 1440 min |      |
| Rancho Grande   | 113.6  | 141.4   | 154.0   | 176.0   | 182.8   | 183.8   | 199.6    |      |
| Maiquetía   | 79.6   | 105.7   | 131.8   | 157.1   | 184.7   | 189.5   | 301.3    |      |
| Cagigal   | 78.1   | 81.9    | 85.7    | 93.9    | 96.9    | 98.7    | 122.3    |      |
| Caurimare   | 78.5   | 91.0    | 103.5   | 128.4   | 131.8   | 131.4   | 143.1    |      |
| Porcentaje contra Precipitación Probable en 1440 min    |        |         |         |         |         |         |          | (%)  |
| Estación  | 60 min | 120 min | 180 min | 360 min | 540 min | 720 min | 1440 min |      |
| Rancho Grande   | 56.9   | 70.8    | 77.2    | 88.2    | 91.6    | 92.1    | 100.0    |      |
| Maiquetía   | 26.4   | 35.1    | 43.7    | 52.1    | 61.3    | 62.9    | 100.0    |      |
| Cagigal   | 63.9   | 67.0    | 70.1    | 76.8    | 79.2    | 80.7    | 100.0    |      |
| Caurimare   | 54.9   | 63.6    | 72.3    | 89.7    | 92.1    | 91.8    | 100.0    |      |

**Tabla S18-3.7.1 Máximos Históricos de Precipitaciones Horarias**

| Estación           | Lapso     | 1 hora (mm) | Fecha                  | 2 horas (mm) | Fecha                  |
|--------------------|-----------|-------------|------------------------|--------------|------------------------|
| Los Venados        | 2001-2003 | 51.3        | 2003.11.25 15:00-16:00 | 87.3         | 2001.7.26 16:00-18:00  |
| Hotel Humboldt     | 2001-2002 | 28.0        | 2001.9.22 19:00-20:00  | 45.0         | 2001.9.22 18:00-20:00  |
| Cagigal            | 1997-2002 | 37.6        | 2001.10.24 14:00-15:00 | 40.4         | 2001.8.19 20:00-22:00  |
| La Carlota         | 1996-2003 | 47.9        | 1996.10.12 18:00-19:00 | 49.3         | 1996.10.12 18:00-20:00 |
| Cagigal            | 1938-1977 | 76.0        | 1972.3                 | -            | -                      |
| Caurimare          | 1979-1995 | 61.0        | 1986.11                | 70.0         | 1988.8                 |
| Chacaíto           | 1977-1983 | 50.0        | 1981.9                 | 54.0         | 1981.2                 |
| Los Chonos         | 1968-1983 | 71.0        | 1983.9                 | 86.0         | 1975.10                |
| San José del Ávila | 1966-1982 | 59.0        | 1970.9                 | 65.0         | 1980.9                 |
| Teleférico         | 1968-1980 | 91.0        | 1971.4                 | -            | -                      |
| Rancho Grande      |           | 89.0        |                        | 94.0         |                        |



**Figura S18-3.1.1 Concepto de Línea Crítica**



**Figura S18-3.1.2 Concepto de Precipitaciones Antecedentes y de una Serie de Precipitaciones**

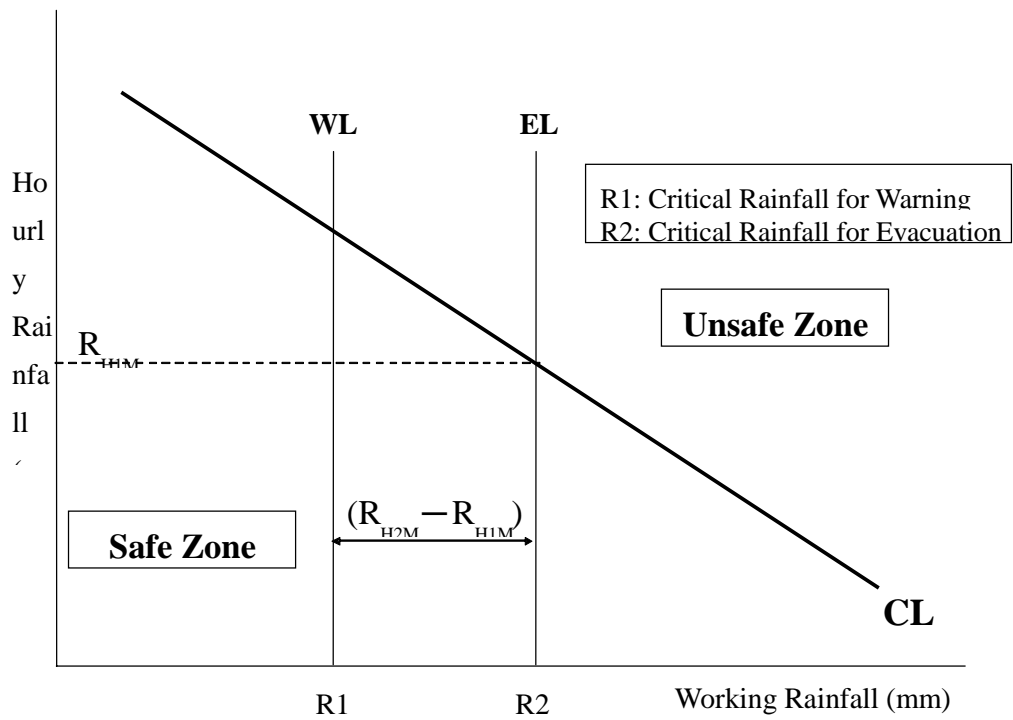


Figura S18-3.1.3 Concepto de Nivel de Alerta y Nivel de Evacuación (Método 1)

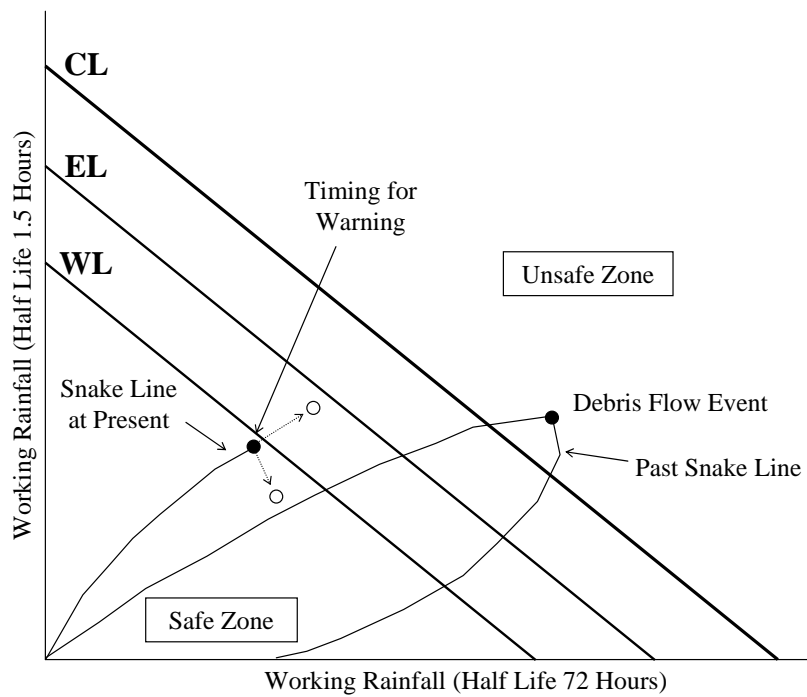
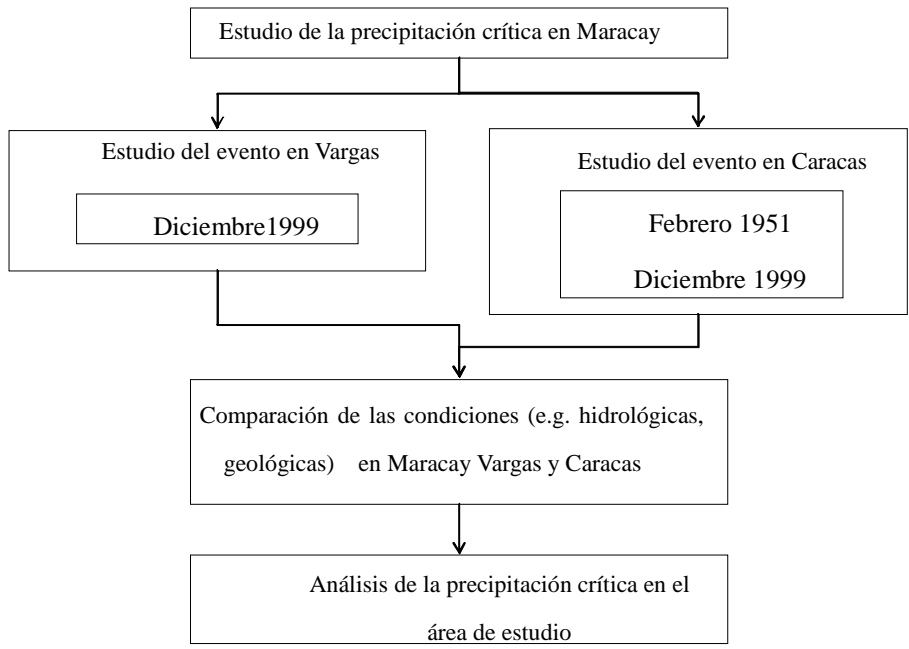


Figura S18-3.1.4 Concepto del Método 2



**Figura S18-3.2.1 Diagrama de Flujo del Estudio de Precipitaciones Críticas**

| Serie | Estación          | Inicio | up: daily rainfall down: heavy rainfall |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------|-------------------|--------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|       |                   |        | 71                                      | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 00 | 01 | 02 |
| 0426  | Rancho Grande     | -      |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0503  | Maiquetia(FAV)    | 1961   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0514  | Los Venados       | -      |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0519  | Hotel Humboldt    | 1959   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0531  | Cagigal           | 1891   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0544  | La Carlota        | 1964   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 5024  | Subida Pico Avila | -      |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 5027  | Caurimare         | 1949   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

■ collected data

**Figura S18-3.3.1 Datos Recopilados de Precipitaciones**

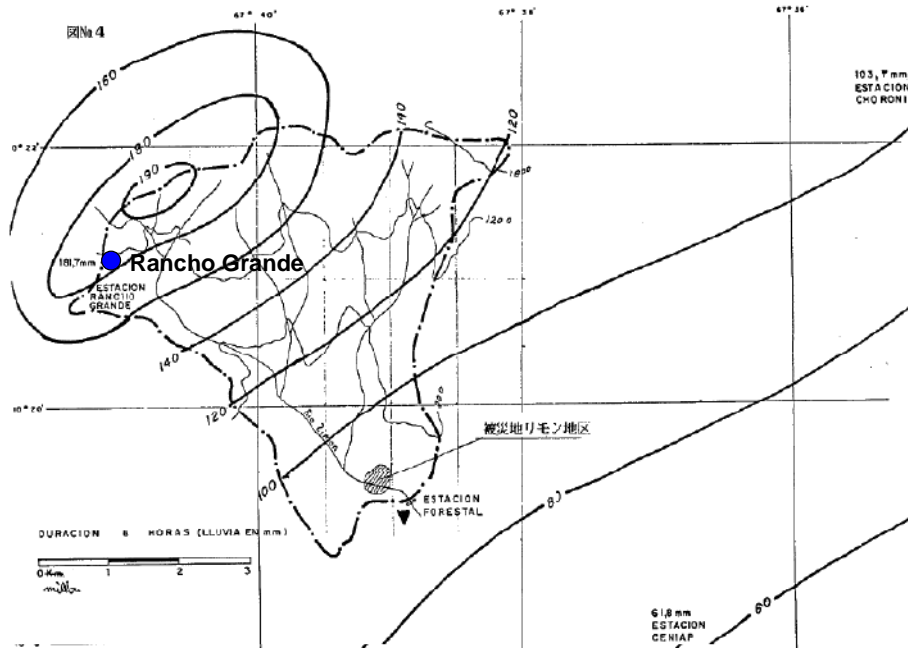




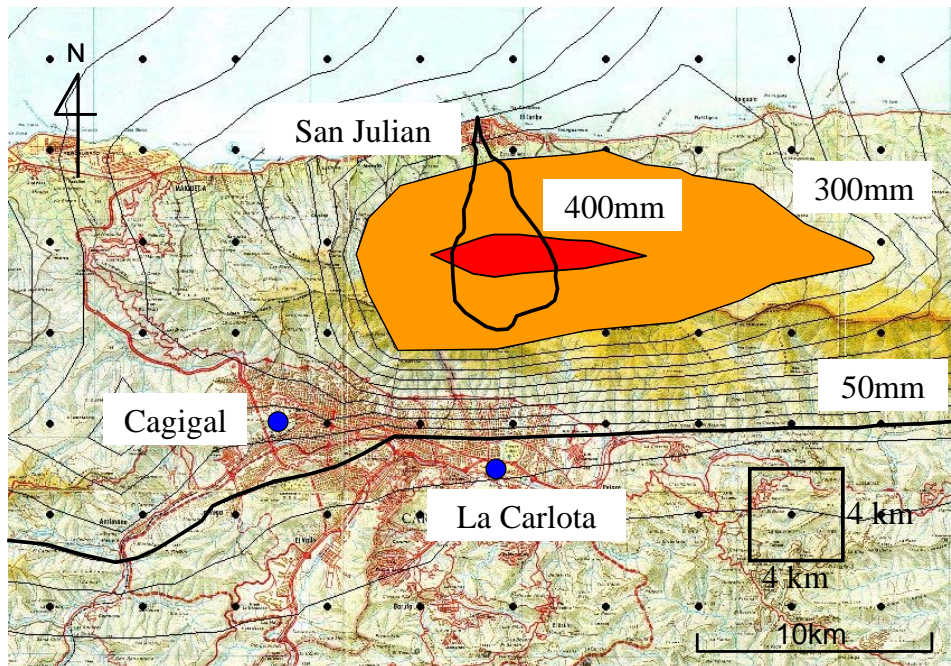
Figura S18-3.3.2 Ubicación de Caracas, Vargas y Maracay



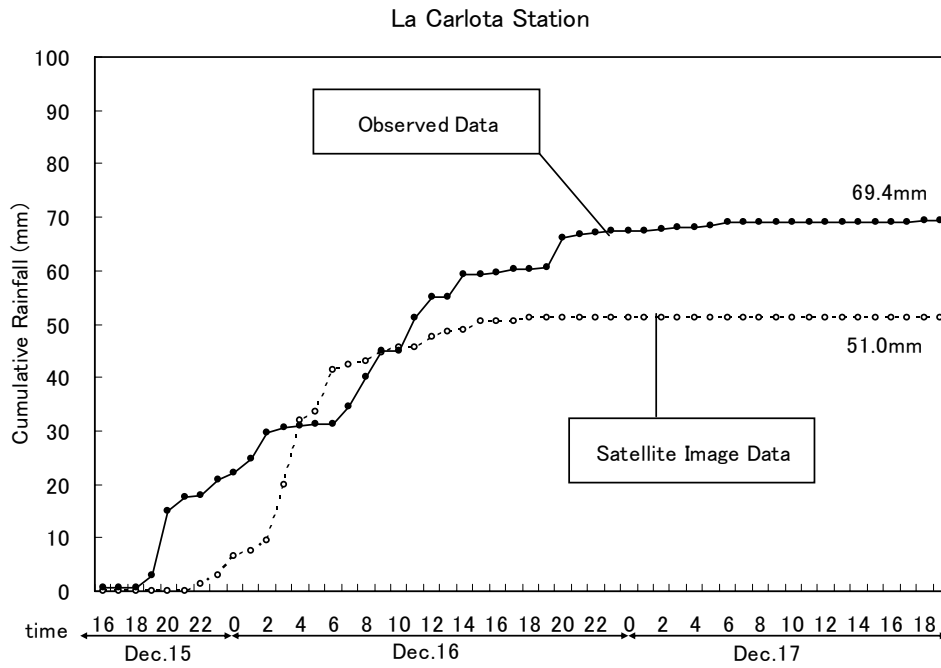
Figura S18-3.3.3 Ubicación de Estaciones Pluviométricas



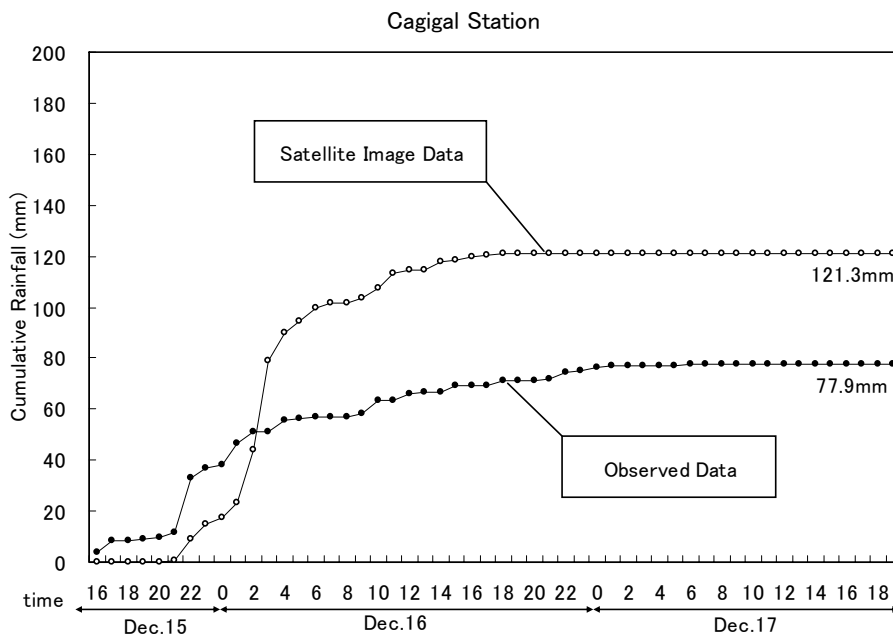
**Figura S18-3.3.4 Ubicación de Estación Pluviométrica (Rancho Grande)**  
 (Líneas de Contorno para 6 Horas de Precipitaciones el 6 de Septiembre de 1987)



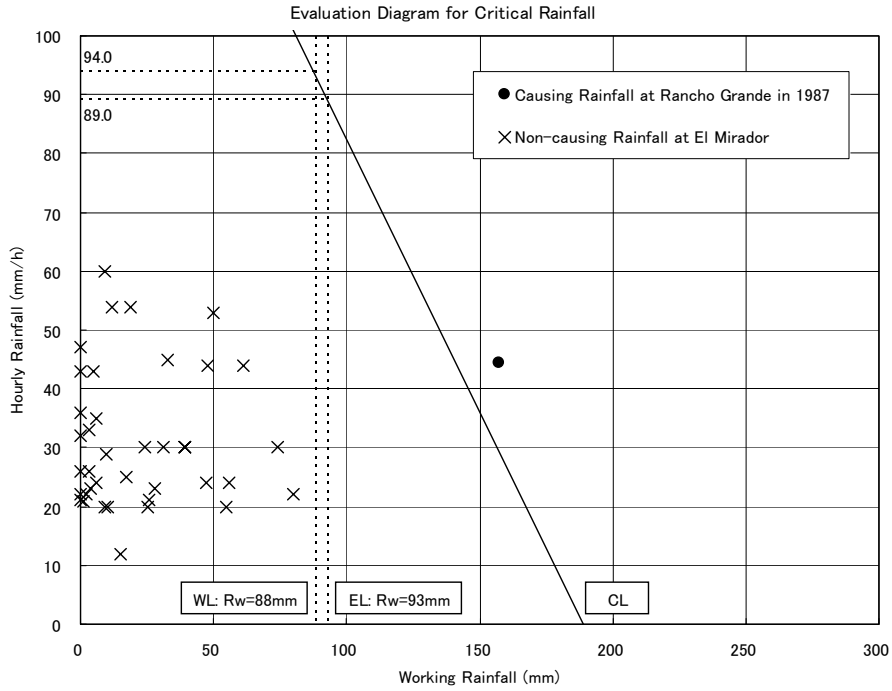
**Figura S18-3.3.5 Mallado de Cálculos Utilizado por USGS**  
 (Líneas de Contorno para 3 Días de Precipitaciones 15 al 17 de Dic. 1999)



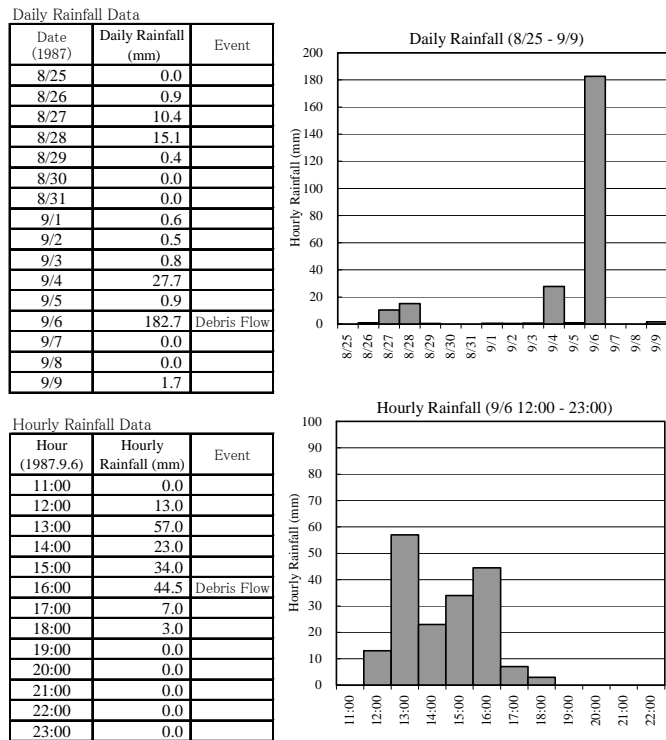
**Figura S18-3.3.6 Comparación entre Datos Observados y Valores Calculados (Estación La Carlota)**



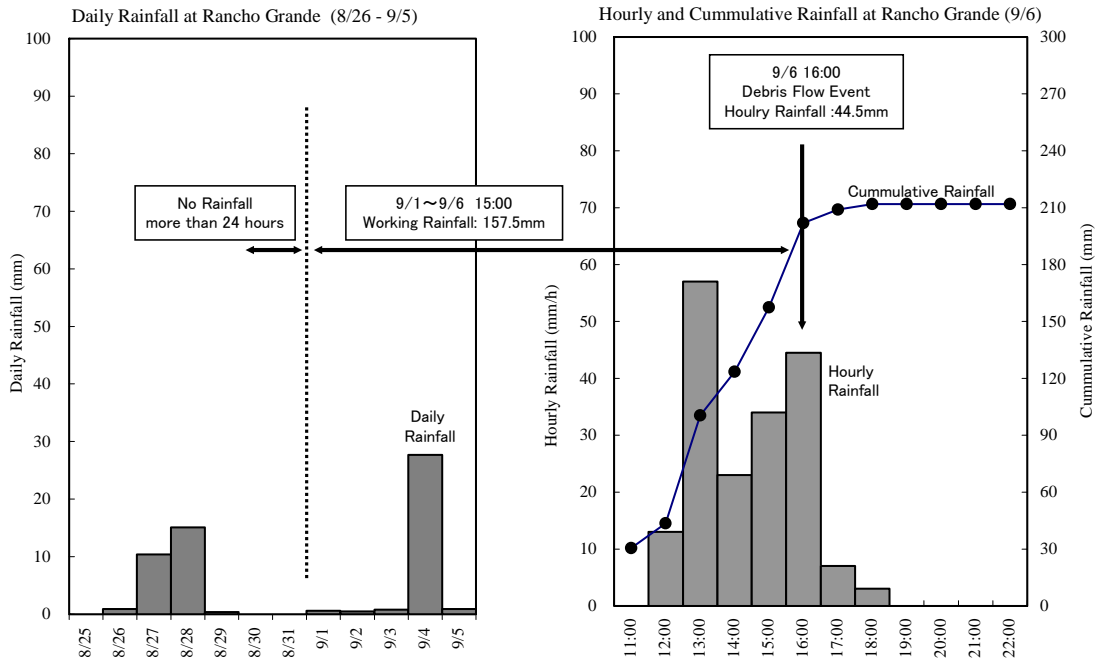
**Figura S18-3.3.7 Comparación entre Datos Observados y Valores Calculados (Estación Cagigal)**



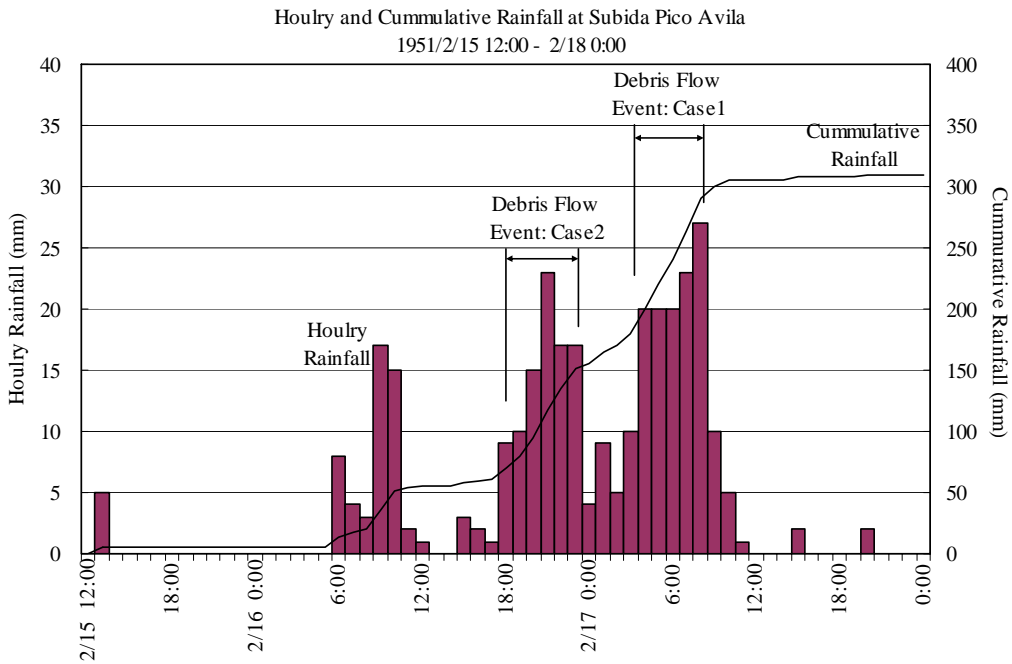
**Figura S18-3.4.1 Nivel de Alerta y Nivel de Evacuación del Río Limón**



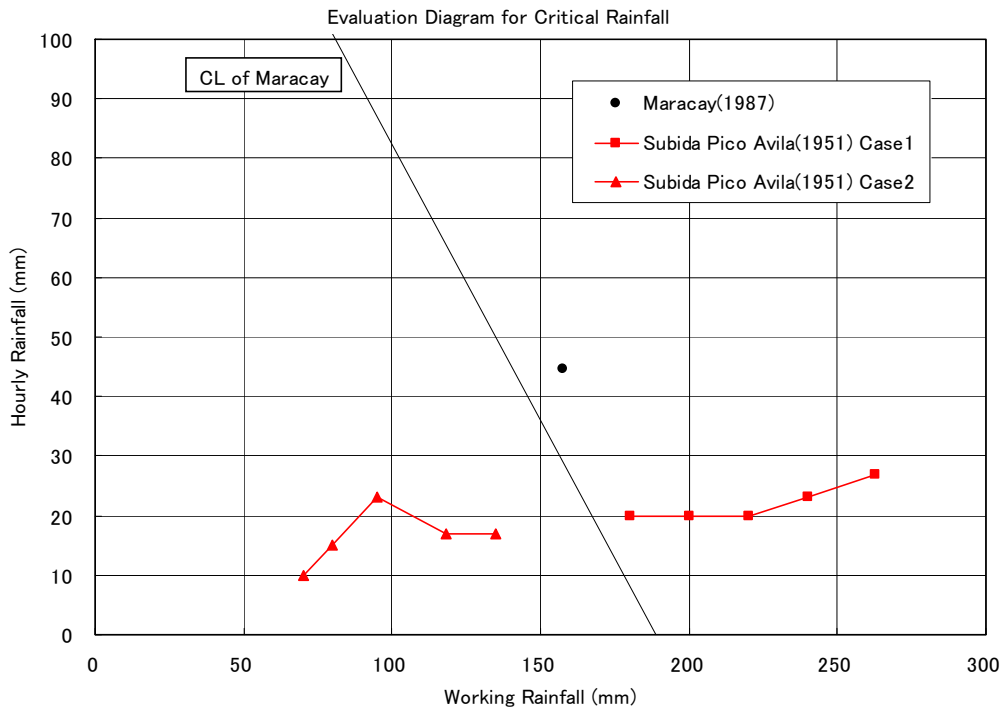
**Figura S18-3.4.2 Datos de Precipitaciones y Hietogramas para el Evento de Sep.1987 en Rancho Grande**



**Figura S18-3.4.3 Concepto de Precipitaciones de Trabajo para el Evento de Sep.1987**



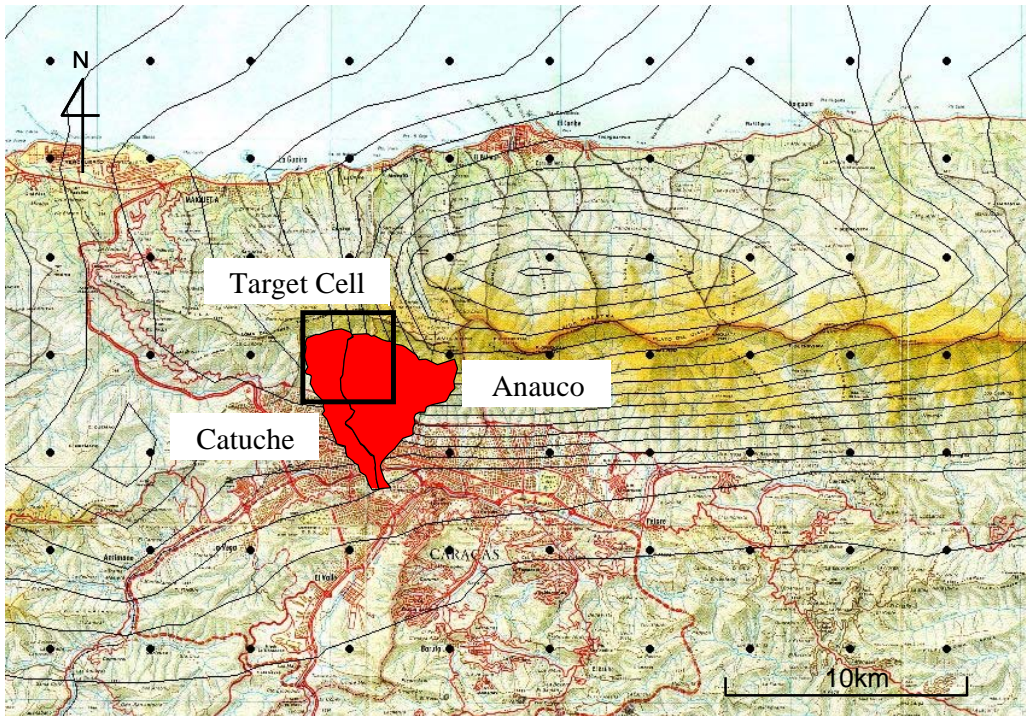
**Figura S18-3.5.1 Hietograma de Evento de Feb.1951 en Subida Pico Ávila**



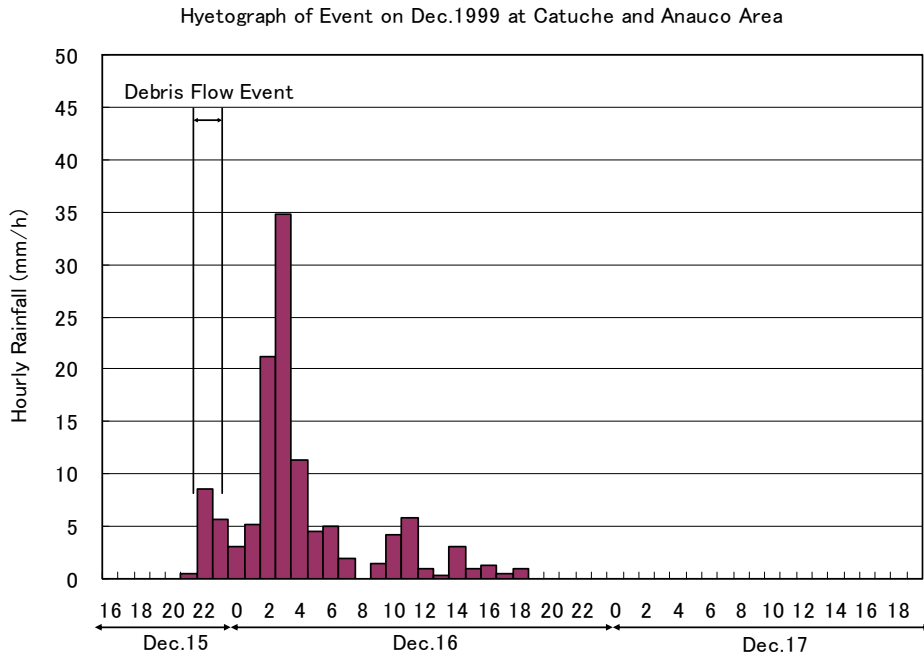
**Figura S18-3.5.2 Gráficos del Evento de Feb.1951 en Subida Pico Ávila**



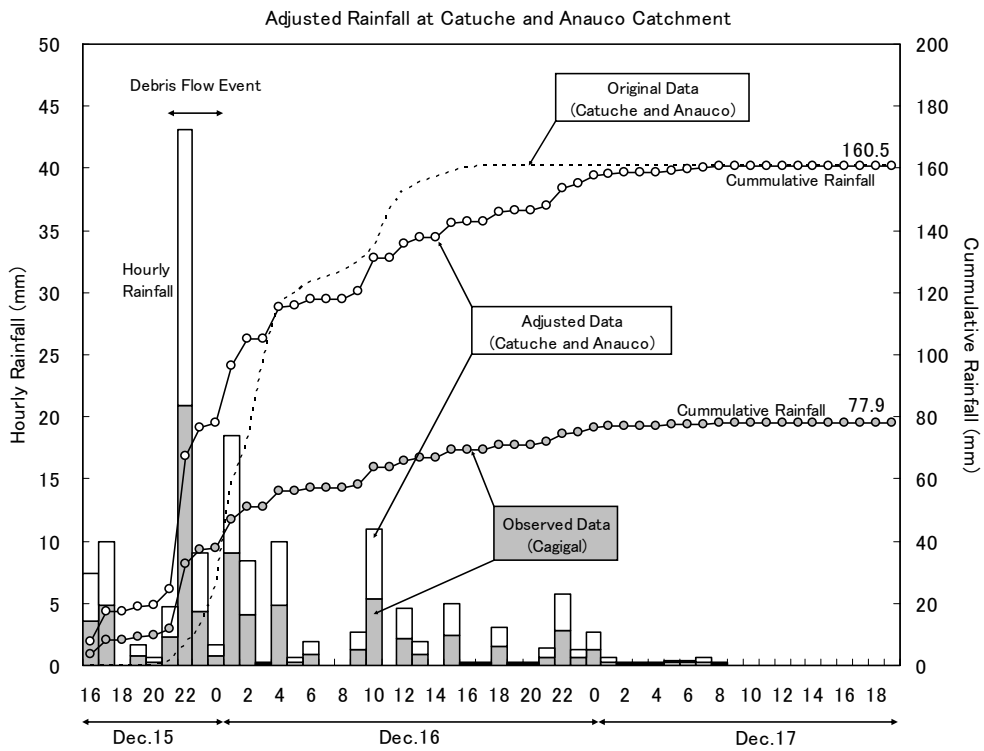
**Figura S18-3.5.3 Datos de Precipitaciones Disponibles para Dic.1999**



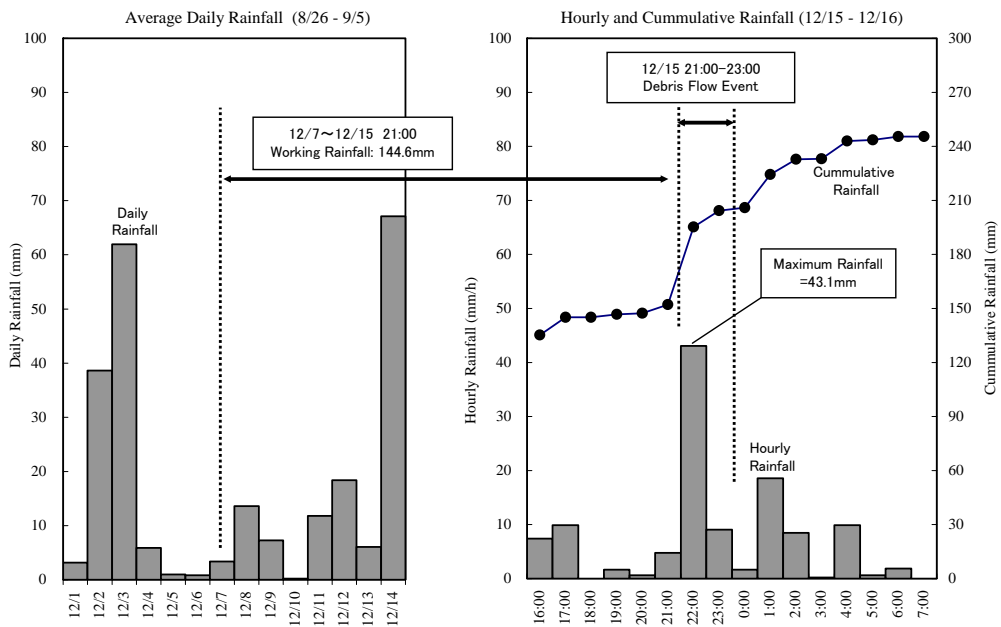
**Figura S18-3.5.4 Celdas para Cálculo en las Cuencas de Catuche y Anauco**



**Figura S18-3.5.5 Hietograma del Evento de Dic.1999 en las Cuencas de Catuche y Anauco**



**Figura S18-3.5.6 Precipitaciones Ajustadas en las Cuencas de Catuche y Anauco**



**Figura S18-3.5.7 Concepto de Precipitaciones de Trabajo del Evento de Dic.1999**



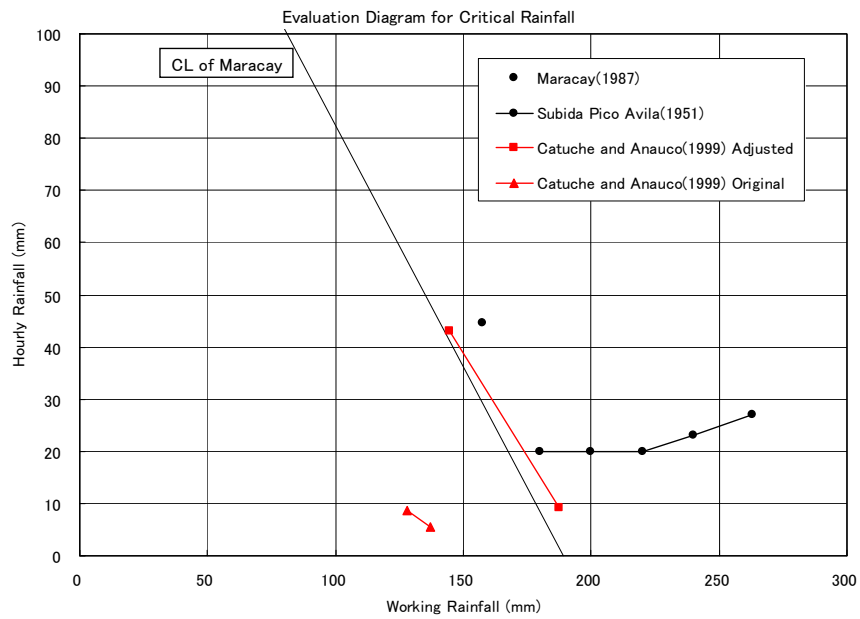


Figura S18-3.5.8 Grafico del Evento de Dic.1999 en las Cuencas de Catuche y Anauco

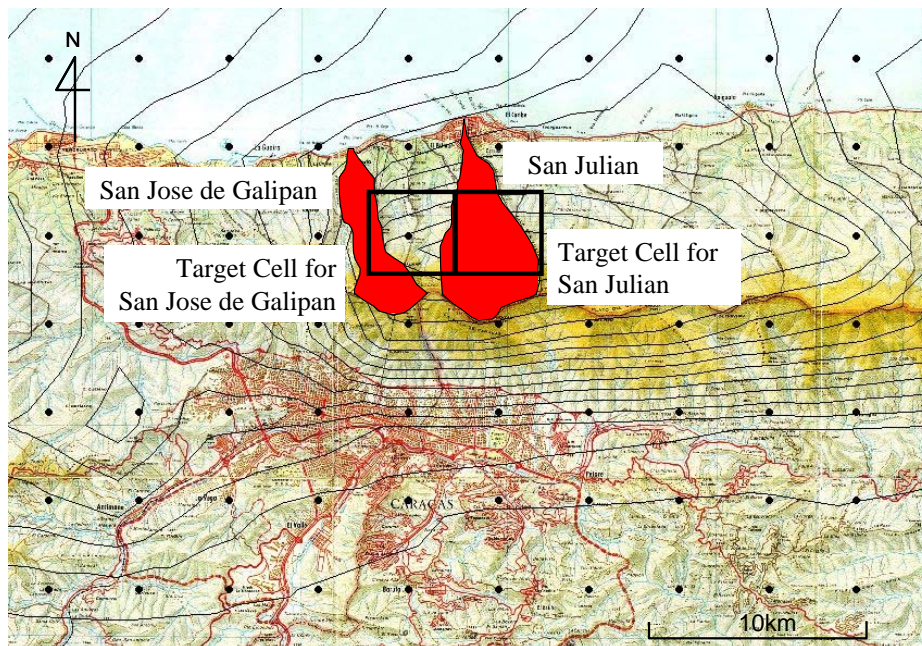
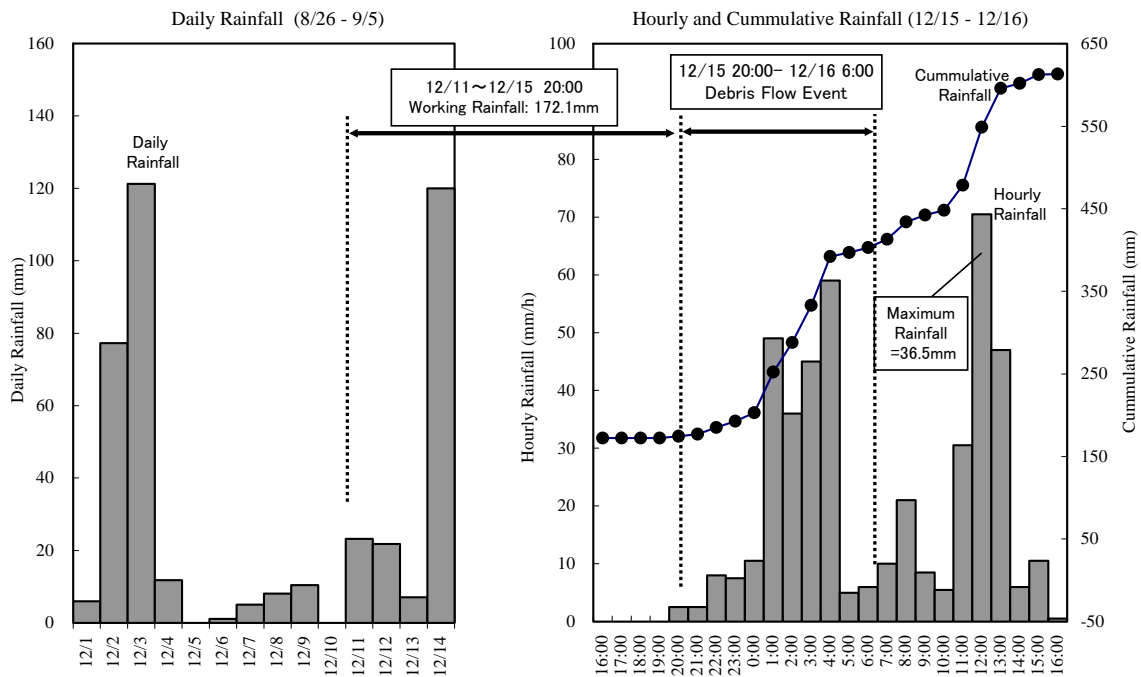
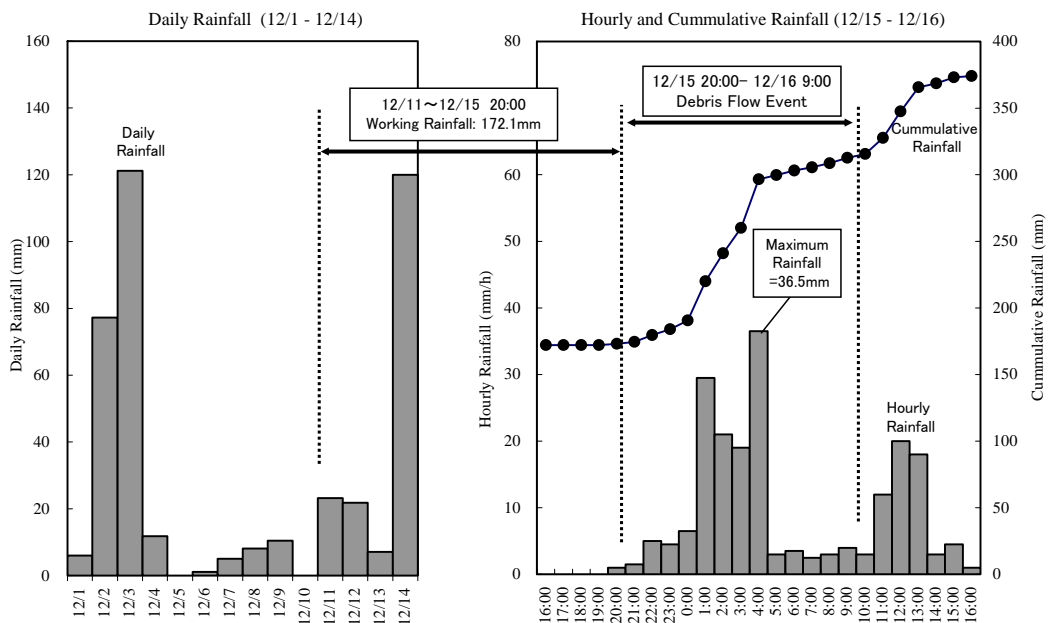


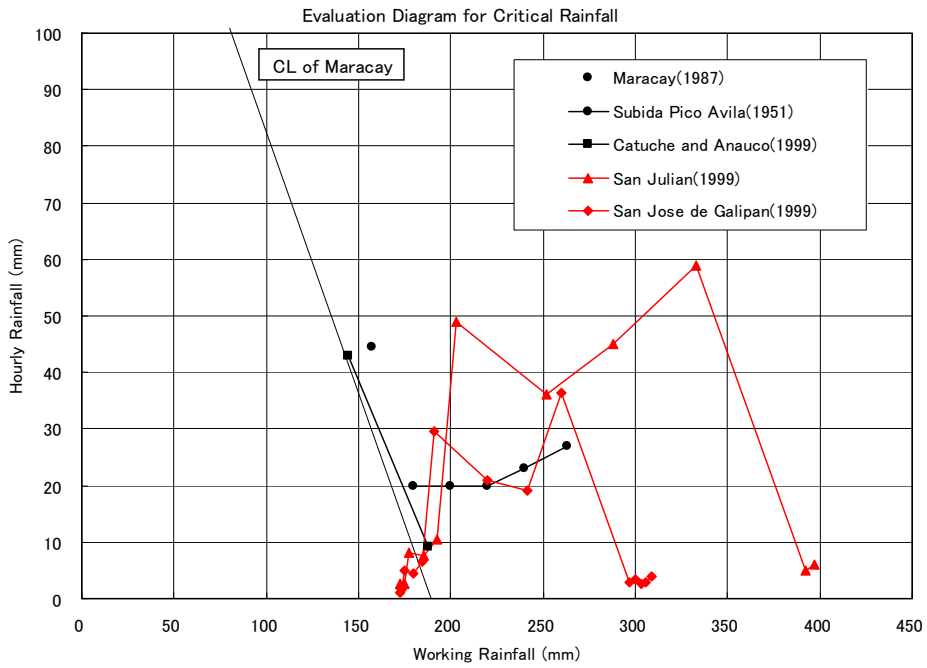
Figura S18-3.5.9 Celdas Utilizadas para las Cuencas de San Julián y San José de Galipan



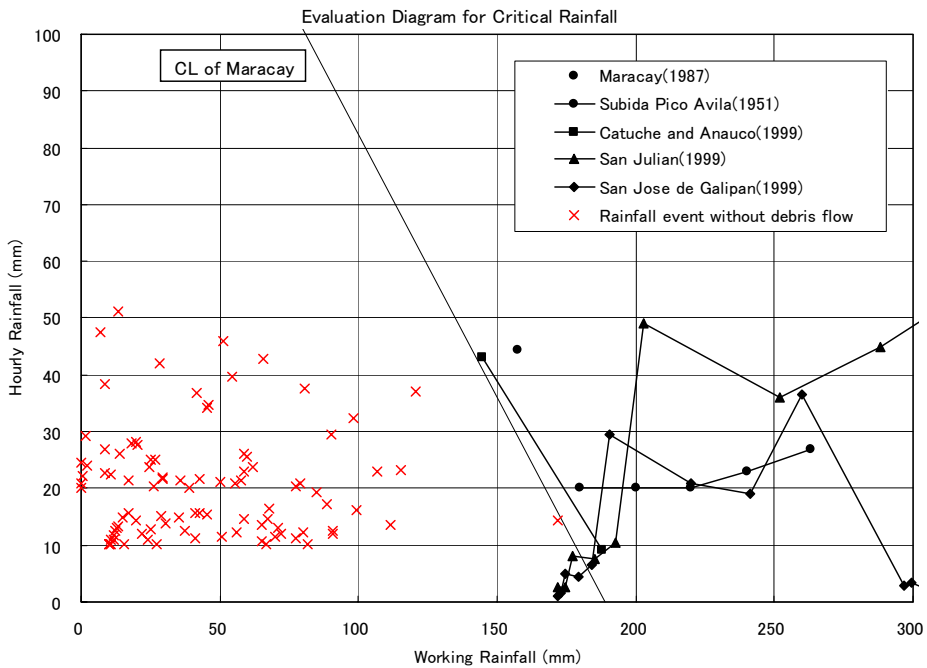
**Figura S18-3.5.10 Precipitaciones del Evento de Dic.1999 en la Cuenca de San Julián**



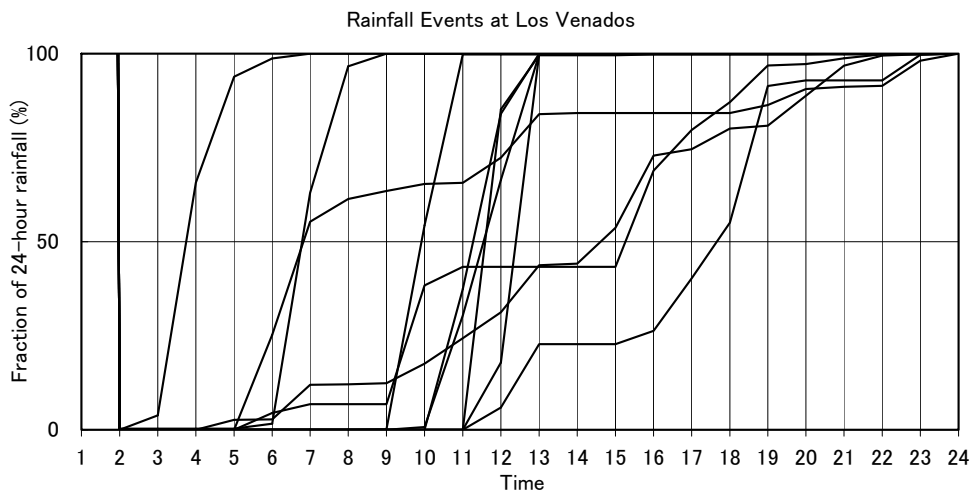
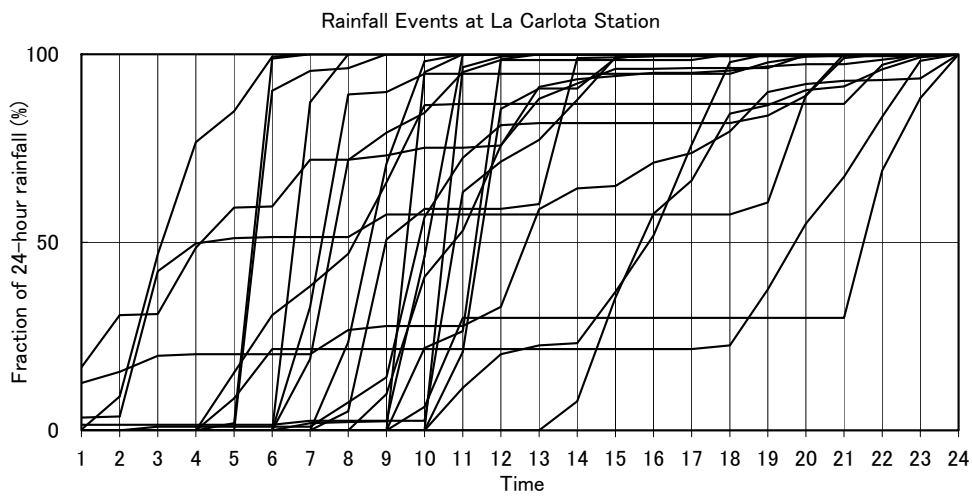
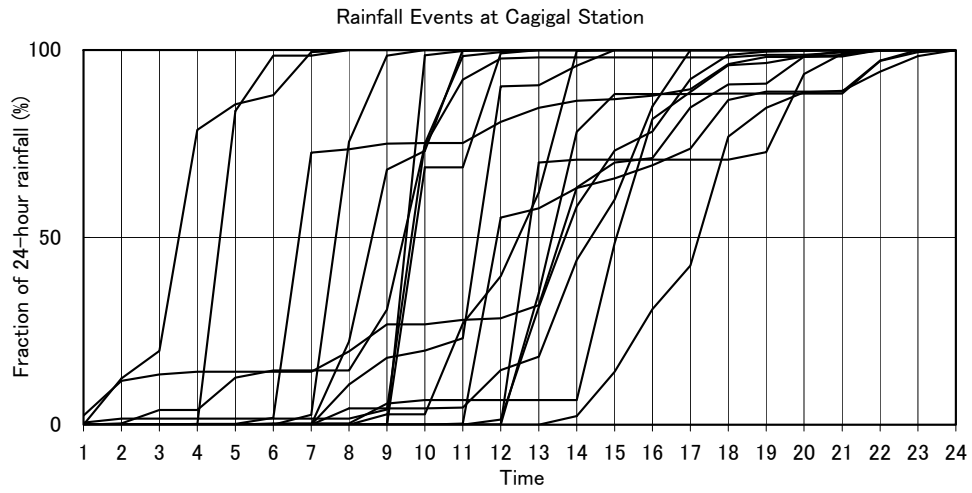
**Figura S18-3.5.11 Precipitaciones del Evento de Dic.1999 en la Cuenca de San José de Galipan**



**Figura S18-3.5.12 Grafico del Evento de Dic.1999 en las Cuencas de San Julián y San José de Galipan**



**Figura S18-3.5.13 Grafico de Eventos de Precipitaciones que No Causaron Flujos**



**Figura S18-3.5.14 Distribución de Precipitaciones Horarias durante un Día**

| Station        | Duration  | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May   | Jun   | Jul   | Aug   | Sep   | Oct   | Nov   | Dec  | Sum    |
|----------------|-----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| Rancho Grande  | 1940-1986 | 37.4 | 27.7 | 34.3 | 84.2 | 167.8 | 210.3 | 244.6 | 290.6 | 240.1 | 198.8 | 143.3 | 75.5 | 1754.6 |
| Maiquetia      | 1950-1999 | 49.0 | 32.0 | 23.0 | 34.0 | 44.0  | 69.0  | 67.0  | 73.0  | 60.0  | 65.0  | 64.0  | 76.0 | 656.0  |
| Cagigal        | 1938-1977 | 19.9 | 11.4 | 12.6 | 35.3 | 80.5  | 106.2 | 106.4 | 113.1 | 104.9 | 114.6 | 85.6  | 41.5 | 832.0  |
| Los Venados    | 1994-2001 | 24.9 | 16.6 | 4.0  | 32.6 | 51.9  | 103.9 | 151.4 | 126.8 | 163.3 | 179.2 | 65.7  | 60.9 | 981.3  |
| Hotel Humboldt | 1960-1974 | 33.9 | 18.7 | 54.3 | 69.1 | 78.7  | 74.7  | 124.4 | 137.8 | 115.1 | 115.5 | 95.3  | 58.2 | 975.2  |

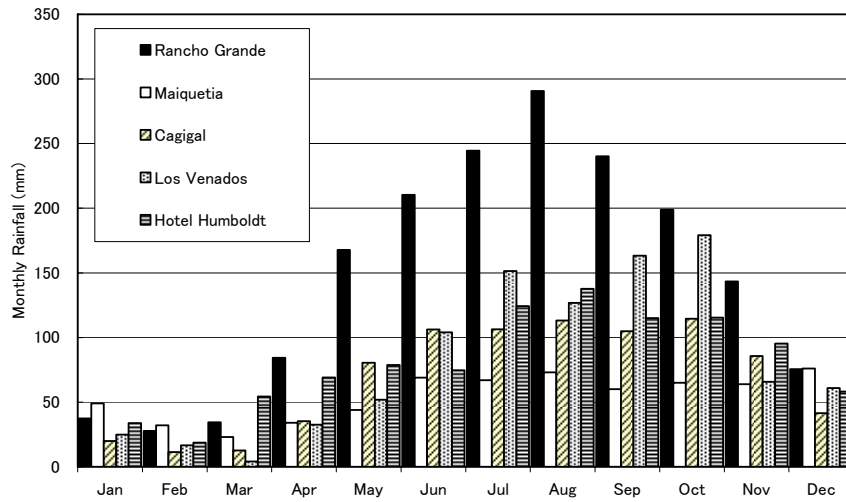
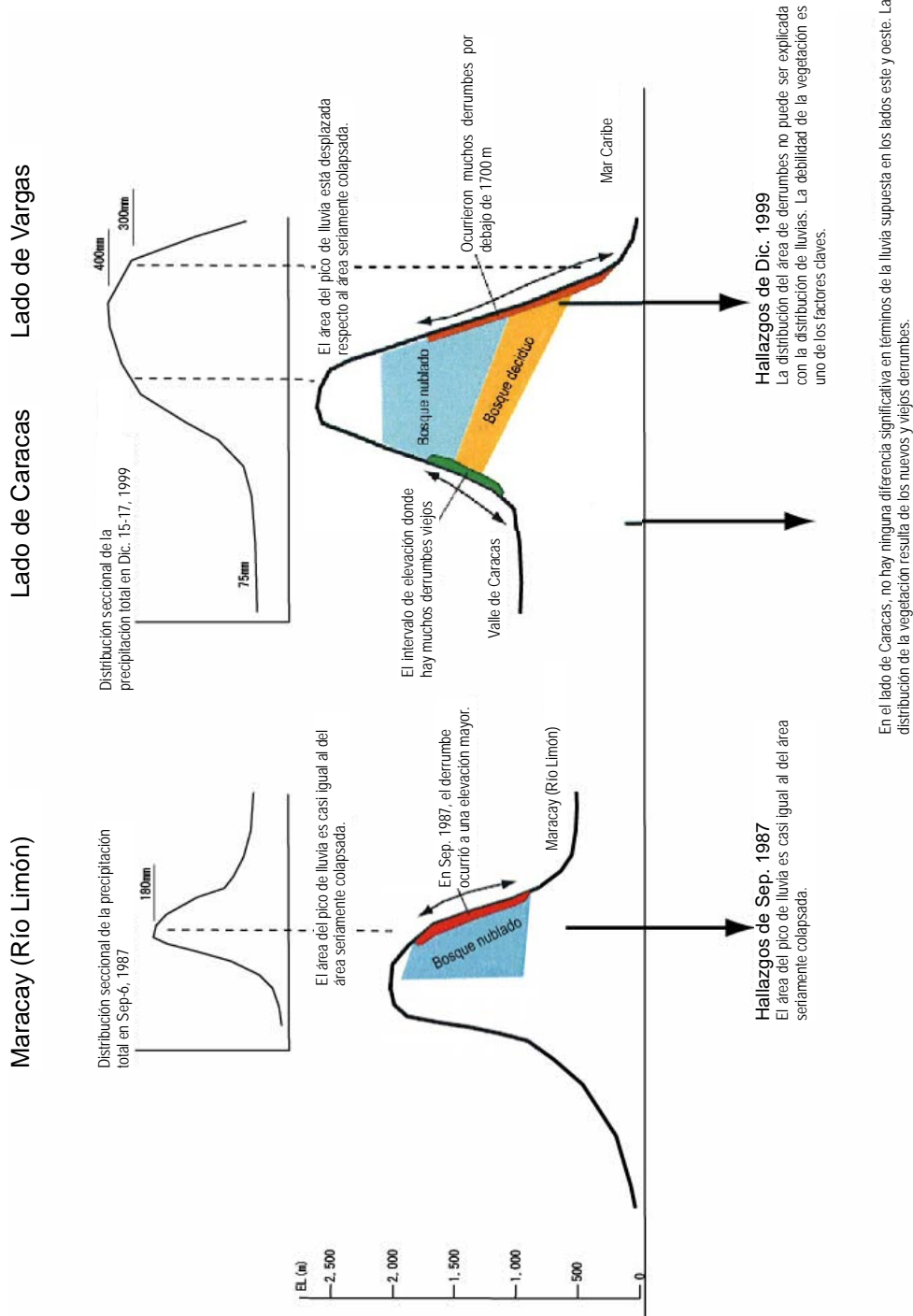


Figura S18-3.6.1 Comparación de Precipitaciones Mensuales



**Figura S18-3.6.2 Hechos sobre los Derrumbes al Ocurrir el Flujo de Escombros en las 3 Áreas**

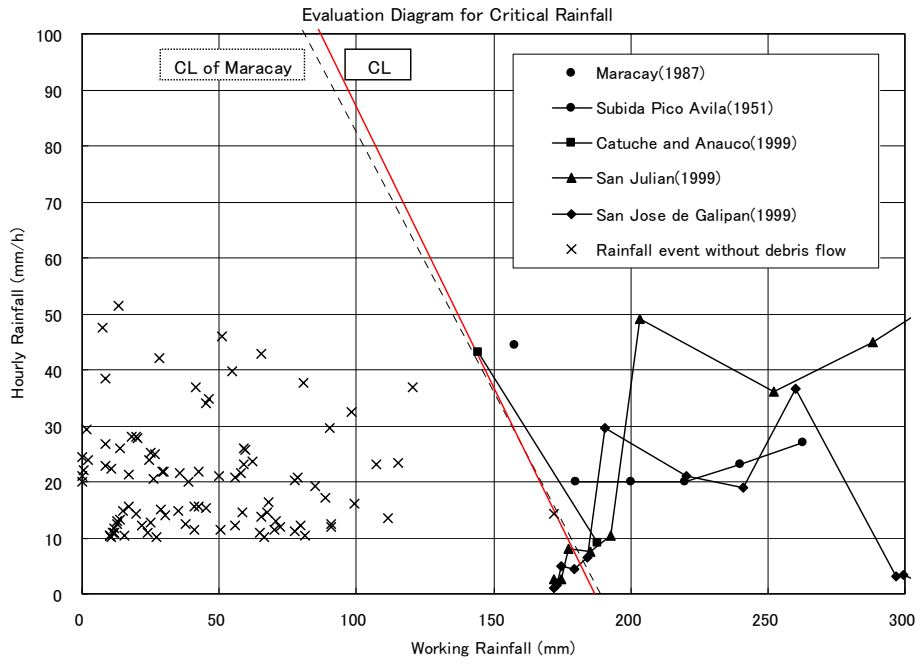


Figura S18-3.7.1 Trazado de la Línea Crítica

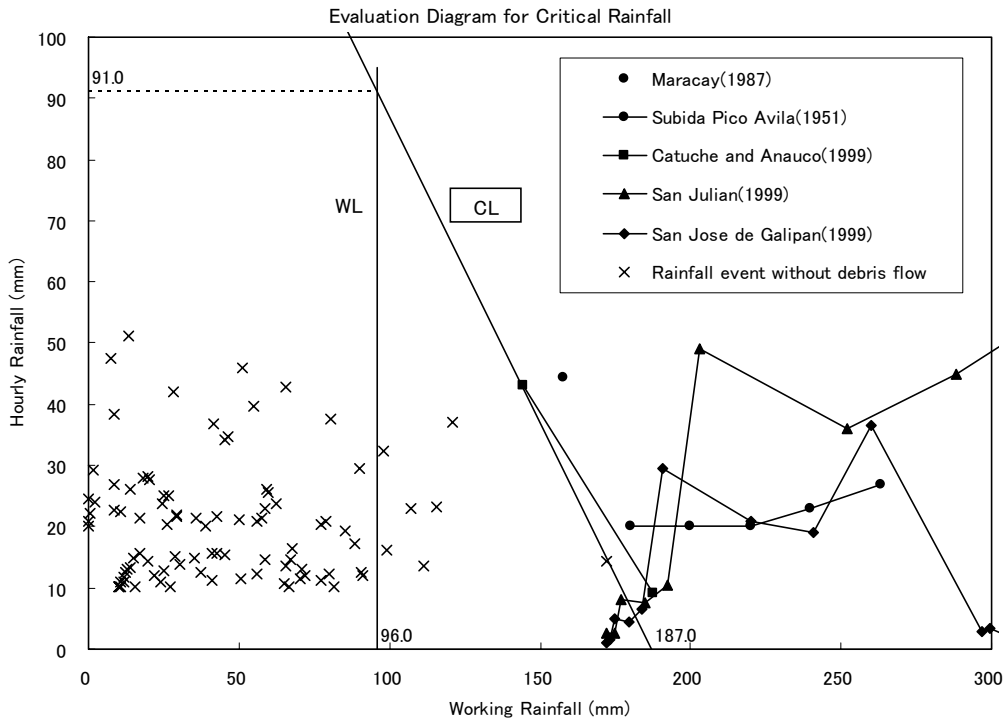
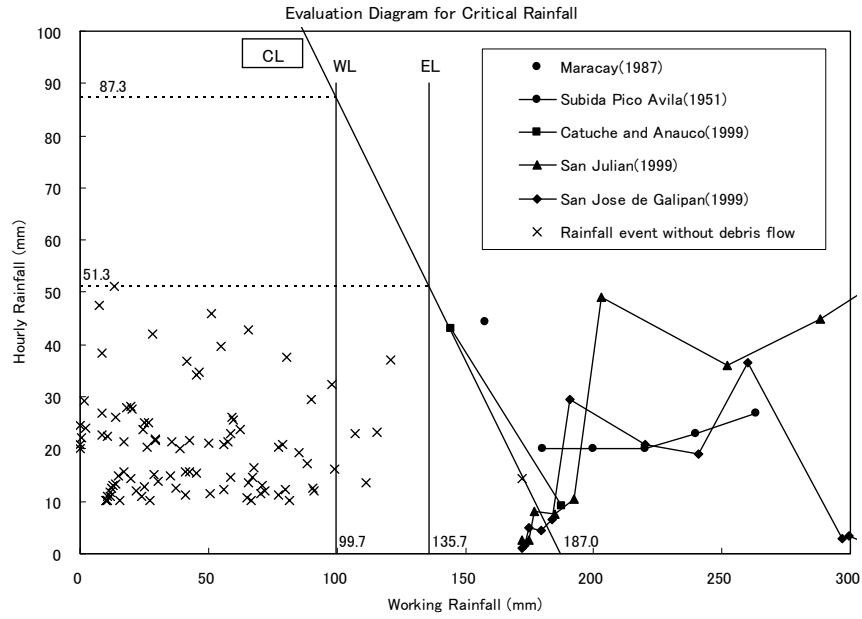
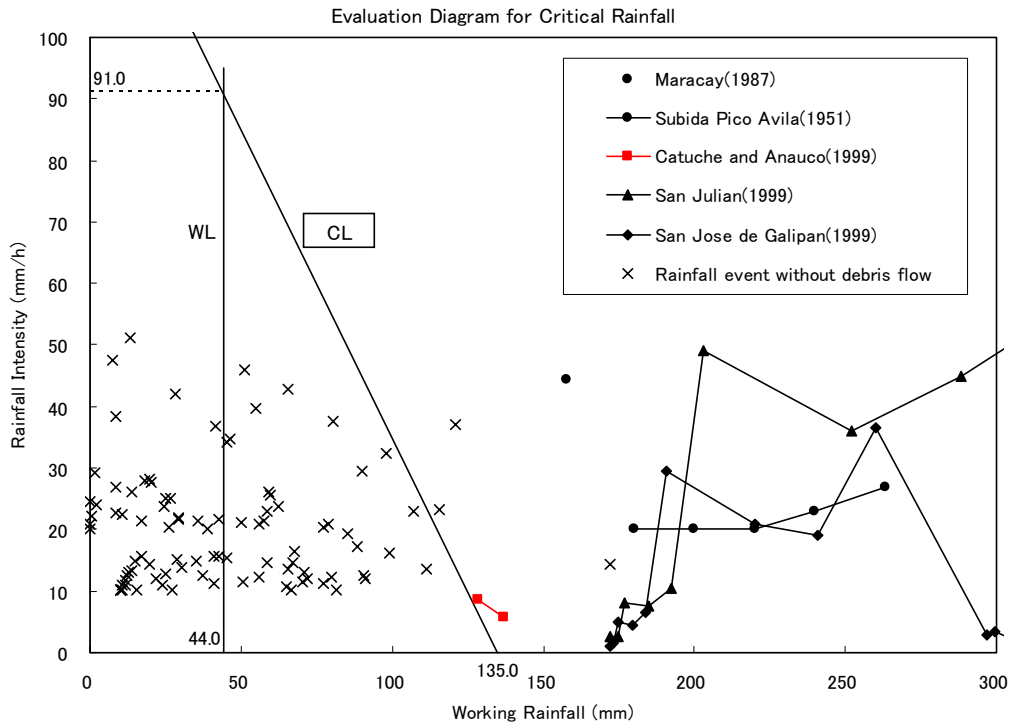


Figura S18-3.7.2 Establecimiento de las Precipitaciones Críticas (Caso1)



**Figura S18-3.7.3 Establecimiento de las Precipitaciones Críticas (Caso 2)**



**Figura S18-3.7.4 Variación de la Precipitación Crítica**