

UN-A-CH

BIBLIOTECA CENTRAL UNIVERSITARIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS



AUTONOMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS I

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

*"MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE
FRACCIONAMIENTOS SEGUROS ANTE FENOMENOS
HIDROMETEOROLOGICOS"*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERIA
(INGENIERIA HIDRAULICA AMBIENTAL)**

PRESENTA

ING. CARMELA LÁZARO VÁZQUEZ

DIRECTOR DE TESIS

M.I. JUAN JOSE MUCIÑO PORRAS

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, SEPTIEMBRE DE 2014



AUTÓNOMA
No. ADO. *BC141634*
SISTEMA BIBLIOTECARIO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE CHIAPAS
DONACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA



Facultad de Ingeniería
2010-2014

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,
01 de Septiembre de 2014.

DR. FRANCISCO ALBERTO ALONSO FARRERA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
P R E S E N T E

En nuestra calidad de sinodales del Examen de Grado de Maestría en Ingeniería (Hidráulica Ambiental) del Ing. **Carmela Lázaro Vázquez** nos permitimos manifestarle la aceptación del trabajo de tesis titulada: **"Manual de procedimientos para la construcción de fraccionamientos seguros ante fenómenos hidrometeorológicos"**

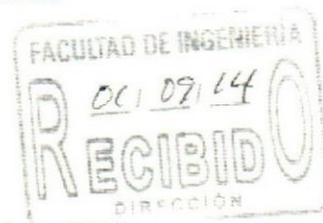
Quedamos enterados de que formaremos parte del jurado del examen de grado, en la fecha y hora que se nos comunicará posteriormente.

ATENTAMENTE

M.I. Juan José Muciño Porras
Director de tesis

Dra. Delva del Rocio Guichard Romero
Asesor de tesis

Dr. Miguel Angel Suarez Aguilar
Asesor de tesis



C.c.p. Dra. Daisy Escobar Castillejos. Coordinadora de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería.
C.c.p. Archivo/Minutario



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA C-I



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
09 de Septiembre 2014.
Oficio F. I.01/1062/2014.

ING. CARMELA LÁZARO VÁZQUEZ

Alumna de la Maestría en Ingeniería (Hidráulica Ambiental)

Presente:

Por este medio comunico a Usted, que se le autoriza la impresión de su trabajo de tesis denominado: **"MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FRACCIONAMIENTOS SEGUROS ANTE FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS"**, para que pueda continuar con los trámites de titulación para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería Hidráulica Ambiental.

Sin otro particular por el momento, aprovecho el medio para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"


DR. FRANCISCO ALBERTO ALONSO FARRERA
DIRECTOR



C. c.p. Dra. Daisy Escobar Castillejos. Coordinador de Investigación y Posgrado.-Facultad
C. c.p. Archivo/minutario
FAAF/mcm*

CIEES



2014

"AÑO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
Y DEL DR. MANUEL VELASCO SUÁREZ"



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FRACCIONAMIENTOS SEGUROS ANTE FENOMENOS HIDROMETEOROLOGICOS.

INDICE

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Antecedentes..... | 1 |
| | 1.1 Objetivos..... | 5 |
| | 1.2 Justificación..... | 5 |
| | 1.3 Glosario de términos..... | 5 |
| | 1.4 Posibles eventos..... | 8 |
| 2. | Procedimiento sistemático de gestión para la construcción de fraccionamientos seguros ante fenómenos hidrometeorológicos..... | 10 |
| | 2.1 Conceptos básicos..... | 10 |
| | 2.1.1. Identificar los peligros y/o amenazas naturales del entorno... | 11 |
| | 2.1.2. Identificar las amenazas antropogénicas..... | 14 |
| | 2.1.3. Identificación de vulnerabilidad..... | 14 |
| | 2.1.4. Determinación del nivel del riesgo..... | 16 |
| | 2.2 Marco Normativo..... | 19 |
| | 2.3 Revisiones para la elección del sitio..... | 21 |
| | 2.4 Propuestas de obras de prevención o mitigación de riesgos..... | 27 |
| | 2.5 Gestión ante autoridades municipales y estatales para permisos y autorizaciones..... | 30 |
| | 2.6 Documentos obligatorios ante las diferentes dependencias..... | 31 |
| 3 | Diagrama de flujo del procedimiento | 32 |
| 4 | Programa de acciones preventivas y/o de mitigación de riesgos..... | 33 |
| 5 | Ejemplo práctico..... | 36 |
| 6 | Conclusiones..... | 50 |
| | Bibliografía..... | 51 |

MODULO II.- MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS Y DESARROLLO SUSTENTABLE

1. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

| | |
|--|----|
| 1.1. Lagunas de estabilización..... | 52 |
| 1.2. Filtros verdes..... | 55 |
| 1.3. Biofiltros... .. | 57 |
| 1.4. Filtros de turba..... | 59 |
| 1.5. Contactores Biológicos Rotativos..... | 61 |

2. EL MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL

| | |
|--|----|
| 2.1. Descripción del impacto ambiental..... | 65 |
| 2.1.1. Metodología de evaluación del impacto ambiental..... | 68 |
| 2.2. Acciones que provocan el impacto ambiental en las obras de prevención de inundaciones..... | 70 |
| 2.3. Medidas de prevención y mitigación para contrarrestar los impactos ambientales por la construcción de obras de prevención de inundaciones.... | 73 |

MODULO III.- PROCESOS CONSTRUCTIVOS

1. EL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

| | |
|---|----|
| 1.1. Pruebas sugeridas de una mezcla de autocompactante..... | 79 |
| 1.2. Métodos de ensayo para la caracterización de concreto autocompactante fresco..... | 83 |
| 1.3. Posibles ensayos que pueden realizarse a los especímenes de concreto autocompactante en estado endurecido..... | 85 |

2. SIMULACION DE MONTECARLO

| | |
|---|----|
| 2.1. Método de Montecarlo..... | 89 |
| 2.2. Simulación Montecarlo..... | 90 |
| 2.3. Metodología general de análisis del riesgo en obras de construcción..... | 95 |
| 2.3.1. Análisis de riesgo de sobrecosto..... | 96 |
| 2.3.2. Análisis de riesgo de extensión del plazo de construcción..... | 97 |

MODULO IV.- INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA

1. HIDROLOGIA

| | |
|--|-----|
| 1.1. Clasificación de inundaciones..... | 101 |
| 1.2. Estudios hidrológicos – hidrología..... | 103 |
| 1.3. La cuenca hidrológica..... | 105 |
| 1.4. Precipitación..... | 108 |
| 1.5. Escurrimientos..... | 114 |

MODULO V.- GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS

1. ESTABILIDAD DE TALUDES

| | |
|--|-----|
| 1.1. Nomenclatura de los procesos de movimiento..... | 118 |
| 1.2. Etapas en el proceso de falla..... | 119 |
| 1.3. Proceso en la etapa de deterioro..... | 120 |
| 1.4. Clasificación de los movimientos en masa..... | 124 |

2. REHABILITACION DE ESTRUCTURAS

| | |
|---|-----|
| 2.1. Alcances de los métodos para evaluación de la capacidad sísmica..... | 133 |
| 2.2. Aspectos que aportan los datos necesarios para la evaluación..... | 134 |
| 2.3. Metodología Nivel 1..... | 135 |
| 2.4. Metodología Nivel 2..... | 138 |

1. ANTECEDENTES

La República Mexicana es afectada por precipitaciones originadas por diferentes fenómenos hidrometeorológicos en verano (de junio a octubre), las lluvias más intensas están asociadas con las acciones de ciclones tropicales que afectan gran parte del territorio nacional. En cambio, durante el invierno los frentes fríos son la principal fuente de lluvia, a estos fenómenos se suman el efecto ejercido por las cadenas montañosas (lluvia orográfica), además del convectivo que ocasiona tormentas de corta duración y poca extensión, pero muy intensas (lluvias convectivas), las cuales en algunos casos son la principal causa de las inundaciones.

Las inundaciones constituyen históricamente, una de las causas más importantes que ocasionan pérdidas de vidas y de recursos materiales. A últimas fechas, lejos de disminuir las catástrofes asociadas con inundaciones aumentan cada año en todos los países, al incrementarse la población y consecuentemente el desarrollo urbano sobre los ríos, las planicies de inundación y otras áreas que anteriormente no lo eran y ahora lo son, como algunas zonas de ciudades donde los drenajes naturales han sido disminuidos o eliminados (Aparicio, 1998).

Así han ocurrido como en otros países, inundaciones calificadas con carácter de catastróficas, se citan como recientes a las siguientes: la de 1976 en el arroyo el Cajoncito en Baja California Sur, provocada por el huracán Liza que causó la muerte al menos a 5,000 personas, oficialmente se asentaron 600 muertes; el huracán Gilberto en 1988, que ocasionó cientos de muertes, además de cuantiosos daños materiales en la ciudad de Monterrey y en la Península de Yucatán; en 1997, el huracán Paulina azotó duramente la zona costera de los estados de Guerrero y Oaxaca; en 1998 en la costa de Chiapas, ocurrió la más devastadora que le ha ocurrido al país y arrasó no sólo con la costa sino también dejó sentir su poder hacia el interior del Estado de Chiapas con afectaciones en varios municipios e inundaciones en diversas ciudades.

Las lluvias registradas del 6 al 10 de septiembre de 1998, principalmente en la región Costa de Chiapas, fueron provocadas por el efecto de dos ondas tropicales consecutivas (20 y 21), de un sistema de baja presión en el Golfo de México y de una región conocida como zona de convergencia intertropical, ubicada en latitudes muy altas y que tuvo desprendimientos de aire húmedo tropical, las cuales incidieron directamente sobre la zona del Istmo de Tehuantepec y de la Costa de Chiapas. Estos sistemas meteorológicos provocaron precipitaciones intensas que triplicaron la cantidad de agua que comúnmente había caído en años anteriores en el mes de Septiembre, cuya precipitación anual para la Sierra Madre y la Costa de

Chiapas oscilaba entre mil 500 y 2 mil 500 milímetros. Los mayores daños fueron ocasionados en las regiones Sierra y Costa, principalmente en los municipios de Tonalá, Mapastepec, Motozintla, Tapachula y Pijijiapan, en este último municipio se desbordaron al menos 17 ríos.

En el período comprendido del 22 al 27 de septiembre de 2002, durante la presencia del huracán Isidore en la península de Yucatán, que alcanzó la categoría III de la escala Saffir-Simpson, las bandas nubosas del sistema ocasionaron precipitaciones intensas sobre la costa de Chiapas, se registraron precipitaciones acumuladas del orden de los 544.7 mm en el municipio de Arriaga, 367.6 mm en Pijijiapan y de 317.1 mm en Acapetahua, lo que provocó el desbordamiento de 14 ríos, incidiendo directamente bajo la cota 5 sobre el territorio de ocho municipios de la Costa de Chiapas; también hubo escurrimientos en la Sierra Madre que provocaron derrumbes sobre la red de carreteras rurales.

Desde el 29 de Septiembre del 2003, en las costas del Golfo de México se hizo manifiesta una perturbación tropical que, al interactuar con el frente frío número 6, evolucionó hasta convertirse en una tormenta tropical que posteriormente tomaría el nombre de "Larry". Después de mantenerse durante varios días sobre el sur del Golfo de México, en la madrugada del día 5 de octubre el centro de la tormenta tropical Larry tocó tierra en la costa del Estado de Tabasco, a 15 km al este-noreste de la población "El Alacrán", Tabasco, con vientos máximos sostenidos de 95 km/h y rachas de 110 km/h.

La tormenta tropical Larry tuvo su máxima precipitación en menos de 24 horas el día 6 de octubre, en la cuenca alta del río Sabinal, entre Berriozábal y Ocozocoautla, con un índice de lluvia de 225.5 mm. Eso originó el desbordamiento del Sabinal, que inundó una superficie aproximada de 318 hectáreas en Tuxtla. El paso de la tormenta tropical Larry ocasionó daños en 15 municipios del estado.

El 1º de octubre, en el Océano Atlántico se formó la depresión número 20, que se convirtió rápidamente en tormenta tropical y, luego, en el huracán Stan, cuya humedad se sumó a la ya concentrada en Chiapas. Este meteoro generó, en los primeros días de octubre, precipitaciones pluviales sin precedente sobre el territorio chiapaneco; provocó escurrimientos súbitos, saturación de cauces, desbordamiento de 98 ríos, cuantiosos daños en 800 localidades de 41 municipios; destruyó viviendas, escuelas, centros de salud, infraestructura urbana, carreteras, puentes, tierras cultivadas, comunicaciones; afectó hatos ganaderos, lagunas y campos pesqueros; alterando ecosistemas. El impacto de este fenómeno fue de 82 personas fallecidas y muchas perdieron sus bienes y viviendas.

En octubre de 2007 se presentó el frente frío No. 4. Durante los días 28, 29 y 30 del mismo mes originó precipitaciones intensas que, de acuerdo a valores acumulados registrados en estaciones meteorológicas, alcanzaron los 962.8 mm de lluvia, sólo comparables con las precipitaciones intensas durante la presencia de bandas nubosas del Stan en octubre del 2005, donde se registraron mil 290 mm en el mismo período. En estas condiciones, y cuando en el Estado de Chiapas se encontraba la emergencia por lluvias en las zonas Norte y Centro, el 04 de noviembre, a las 20:32 horas, se registró el deslizamiento de tierra más grande que se haya tenido memoria en la historia de México. Este deslizamiento masivo ocurrió junto a la comunidad Juan de Grijalva, perteneciente al municipio de Ostuacán, y generó un alud de rocas, tierra y árboles, con un volumen estimado de 15 millones 186 mil 209 metros cúbicos de material rocoso y térreo que, al precipitarse sobre el cauce del río Grijalva, provocó una ola cuya altura se estimó en 50 metros que inundó y destruyó viviendas en la localidad de Juan de Grijalva y originó, además, la obstrucción del cauce de uno de los ríos más caudalosos del país: el Grijalva.

El 25 de septiembre de 2010 fue ubicada la tormenta tropical Matthew sobre la costa norte de Honduras, que presentó vientos máximos sostenidos de 75 km/h con rachas; se desplazó con dirección oeste-noroeste a 26 km/h. A las 13:00 horas tocó tierra por segunda ocasión por el sur de Belice y se debilitó a depresión tropical. El día 26, a las 04:00 horas, el centro de Matthew se localizó al sur de Chiapas, a 150 km al sur de Ciudad del Carmen, Campeche, desplazándose hacia el oeste-noroeste y debilitándose sobre la Sierra Madre de Chiapas. Sus bandas nubosas asociadas ocasionaron lluvias de intensas a torrenciales principalmente en los estados de Chiapas y Tabasco.

En Chiapas, los efectos de Matthew interactuaron con la presencia del frente frío No. 3 e incrementaron el potencial de lluvias; causaron afectaciones en 565 localidades de 95 municipios, dentro de los cuales los mayores daños fueron ocasionados en Amatlán, Yajalón, Chilón, Sitalá, Salto de Agua, Tila, Tumbalá, Huitiupán, Simojovel, Pijijiapan, Acapetahua, Monte Cristo de Guerrero y Ángel Albino Corzo.

Debido a la ocurrencia de lluvias severas el 5 de septiembre de 2011, se declara como zona de desastre al Municipio de Tuxtla Gutiérrez del Estado de Chiapas.

La tormenta tropical Ernesto del 7 al 9 de agosto de 2012, afectó a los municipios de Chenalhó, Larráinzar, Ocoatepec, Pichucalco, Reforma y San Cristóbal de las Casas.

Uno de los fenómenos más reciente acaecido en el Estado es el Huracán "Bárbara" Categoría 1, acaecido del 29 al 30 de mayo de 2013, donde se declaró como zona de desastre a los municipios de Arriaga, Belisario Domínguez, Cintalapa, El Parral, Jiquipilas, La Concordia, Mapastepec, Ocozocoautla de Espinosa, Pijijiapan, Tonalá, Villa Corzo y Villaflores.

Debido a sus condiciones geográficas, Chiapas ha sufrido el embate de una gran variedad de fenómenos naturales, entre los cuales como se ha mencionado, destacan los fenómenos hidrometeorológicos, ciclones tropicales, frentes fríos, entrada de aire húmedo, los cuales han ocasionado lluvias intensas que provocan inundaciones, deslaves u otros efectos de esta naturaleza.

Por otro lado, también enfrenta problemas que se podrían denominar no estructurales, tales como: ambientales, entre los que se pueden citar la deforestación, obstrucción o desvío natural de cauces, cambio en el régimen de escurrimiento, cambio climático; legales, podría decirse, como el ordenamiento territorial, la contratación de seguros contra desastres naturales y el establecimiento de reglamentos de construcción más severos; y políticos, aunque en varias leyes existen criterios adecuados en cuanto al ordenamiento territorial, ha faltado voluntad política para enfrentar la problemática que el crecimiento poblacional ha generado en los últimos años.

Esto ocasiona que las inundaciones se conviertan en un problema extraordinario, debido a que su frecuencia de ocurrencia es mayor a la permanencia de las autoridades municipales y/o estatales, y éstas en ocasiones no lo visualizan con la importancia debida dentro del plazo de su encargo, por lo que toman decisiones sin evaluar los efectos en el mediano y largo plazos (como permitir construcciones en zonas inundables).

Por ello se plantea la elaboración del manual de procedimientos para la construcción de fraccionamientos seguros ante fenómenos hidrometeorológicos, dicho manual pretende guiar a los constructores de una manera práctica a la elección del sitio adecuado, contemplando desde el inicio las obras de prevención necesarias.

El proceso que ahora se presenta es el resultado de la integración de diferentes partes, indicando de qué manera se emplea cierta información, en qué momento se integra con el siguiente procedimiento, en general, llevando al lector paso a paso en el uso de las diferentes herramientas empleadas.

Cuenta con los siguientes apartados: glosario, que define la terminología básica empleada; objetivos, donde se precisa cuál es el propósito del presente trabajo; proceso de revisión de la información existente, donde se establecen los tipos de documentos y gestiones o tramitología a realizar y el programa de acciones y/o propuesta de obras de prevención; bibliografía, donde indica las fuentes de información que sirvieron de apoyo para la realización de presente documento.

1.1 OBJETIVOS

Desarrollar un manual de procedimientos que facilite a los planeadores, diseñadores y constructores conocer la viabilidad del proyecto considerando las obras de prevención ante fenómenos hidrometeorológicos necesarias que requiere cada proyecto en particular; se describirá la información necesaria y los parámetros que se deben tomar en cuenta al elegir un sitio para desarrollo habitacional donde se garantice la seguridad y armonía con el medio ambiente.

1.2 JUSTIFICACION

En los municipios se continúan construyendo de forma indiscriminada fraccionamientos en zonas no aptas para la urbanización (entre otras, vulnerables ante fenómenos hidrometeorológicos por riesgos de inundaciones), lo que no sólo genera problemas para sus habitantes, y para el gobierno, sino también para el entorno natural; es por ello que en el análisis de peligros planteado en este documento se integra desde un inicio a los desarrolladores, a las autoridades municipales, estatales, federales y a la población, con el objetivo de transmitir los lineamientos mínimos necesarios acerca del procedimiento para la elección del sitio para el asentamiento humano, asegurando la inversión de la población, gobierno y sobre todo salvaguardando la vida de los habitantes y respetando el medio ambiente.

1.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Lluvias.- Proceso por el cual el vapor de agua que forma las nubes se condensa, formando gotas de agua que al alcanzar el tamaño suficiente se precipitan, en estado líquido como lluvia o sólido como nieve o granizo, hacia la superficie terrestre. La precipitación pluvial se mide en milímetros.

Inundaciones.- Evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la

superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay.

Cuenca.- Zona de la superficie terrestre donde, si fuera impermeable, las gotas de lluvia que caen sobre ella tenderían a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Período de Retorno.- Tiempo que se requiere para que un evento de una magnitud dada se repita. Así cuando se dice que el período de retorno para proyectos de Inundación oscila entre 5 a 20 años, significa que en un lapso de tiempo de 5 o 20 años una descarga de determinada magnitud será observada en el cauce del río en estudio.

Identificación de Riesgos.- Reconocer y valorar las pérdidas o daños probables sobre los agentes afectables y su distribución geográfica, a través de los análisis de peligro y vulnerabilidad.

Prevención.- Conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de los mismos.

Mitigación.- Es toda acción orientada a disminuir el impacto o daños ante la presencia de un agente perturbador sobre un agente afectable.

Fenómeno Natural perturbador: Agente perturbador producido por la naturaleza.

Fenómeno Antropogénico: Agente perturbador producido por la actividad humana.

Fenómeno Geológico: Agente perturbador que tiene como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre. A esta categoría pertenecen los sismos, las erupciones volcánicas, los tsunamis, la inestabilidad de laderas, los flujos, los caídos o derrumbes, los hundimientos, la subsidencia y los agrietamientos.

Fenómeno Hidrometeorológico: Agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados.

Fenómeno Químico -Tecnológico: Agente perturbador que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames.

Fenómeno Sanitario - Ecológico: Agente perturbador que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que afectan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de su salud. Las epidemias o plagas constituyen un desastre sanitario en el sentido estricto del término. En esta clasificación también se ubica la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos.

Fenómeno Socio-Organizativo: Agente perturbador que se genera con motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población, tales como: demostraciones de inconformidad social, concentración masiva de población, terrorismo, sabotaje, vandalismo, accidentes aéreos, marítimos o terrestres, e interrupción o afectación de los servicios básicos o de infraestructura estratégica.

Amenaza.- Probable ocurrencia de un fenómeno, sea natural o generado por el hombre de forma no intencional, que tenga la potencialidad de generar daños y pérdidas en un contexto social, temporal y espacial determinado.

Amenazas Naturales.- Fenómenos de formación y transformación continua del planeta y se caracterizan porque el ser humano no puede actuar ni en su ocurrencia ni en su magnitud, y teóricamente tampoco en su control.

Amenazas Antropogénicas.- Se definen como fenómenos generados por los desequilibrios y contradicciones sociales, tales como los accidentes tecnológicos, industriales o químicos y problemas de contaminación por mal manejo de tecnologías o falta de mantenimiento.

Vulnerabilidad.- Se refiere a la susceptibilidad o debilidad que presenta una sociedad, frente a las amenazas que la afectan y su capacidad de sobreponerse luego de la afectación.

Procedimiento. Forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso. Permite establecer la forma en que se realiza un trabajo determinado, explicando en forma clara y precisa ¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿Dónde? y ¿Con qué? se realiza cada una de las actividades.

1.4 POSIBLES EVENTOS

Peligro o amenaza se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, con capacidad de generar daños o pérdidas en un lugar y momento determinado, estas pueden ser naturales o antropogénicas, (Ver figura 1).

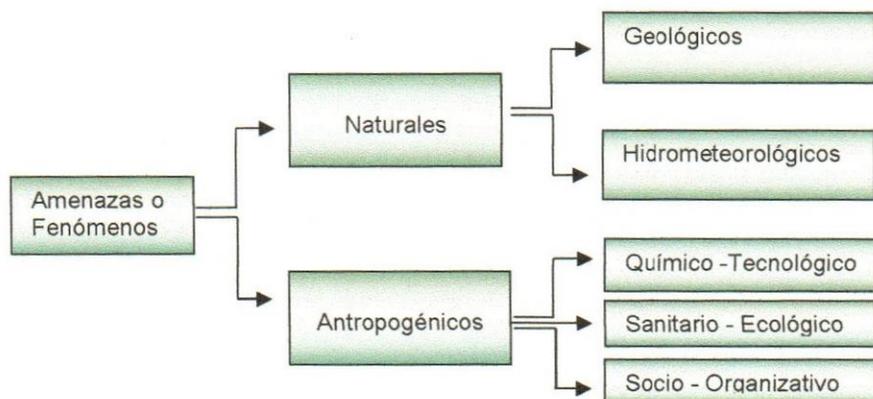


Figura 1. Clasificación de amenazas (Ley general de protección civil, 2012)

A su vez los fenómenos hidrometeorológicos se pueden clasificar de la siguiente manera, ver figura 2:



Figura 2. Clasificación de los fenómenos hidrometeorológicos (Cenapred, 2013).

La magnitud de una inundación provocada por fenómenos hidrometeorológicos, depende de la intensidad de la lluvia, su distribución en el espacio y tiempo, tamaño y forma de las cuencas hidrológicas, así como de las características del suelo, vegetación, drenaje natural o artificial entre otros factores.

Las inundaciones afectan a la población en sus bienes muebles e inmuebles, en ocasiones alteran los cauces, dañan la infraestructura urbana, hidráulica, hidroagrícola, vías de comunicación, entre otros; ocasionando costos económicos, sociales y políticos al país, sus causas principales se pueden ver en el cuadro 1.

En protección civil la clasificación más utilizada es la que tiene en cuenta la causa que las provocan, distinguiéndose entre otras:

- Precipitaciones en forma de lluvias (proceso precipitación-escurrimiento)
- Invasiones de cauce (acción antropogénica)
- Obstrucciones en cauce derivadas de deslizamientos (resultado de la interacción de procesos hidrológicos con procesos geológicos)

Cuadro 1.- Ejemplo de clasificación de inundación

Actualmente el crecimiento de las ciudades es permanente, y cada vez se construyen más fraccionamientos que convierten amplias zonas de terrenos de su estado natural en nuevas zonas pavimentadas, lo cual provoca un cambio principalmente en el comportamiento de los escurrimientos pluviales.

La urbanización afecta el ciclo hidrológico debido a que incrementa el volumen y la velocidad de escurrimiento superficial en el área afectada, en corrientes receptoras y en zonas aguas abajo de la cuenca. Es común que los planes de desarrollo de las ciudades no estén acordes a estudios hidrológicos que lo orienten para evitar zonas de inundación, lo cual es una situación de alerta, debido a que los problemas que puedan presentarse serán progresivos si no se abordan desde un inicio.

2. PROCEDIMIENTO SISTEMÁTICO DE GESTION PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FRACCIONAMIENTOS SEGUROS ANTE FENOMENOS NATURALES.

Los manuales de procedimientos son fundamentales para la comunicación, coordinación, dirección y evaluación administrativa, además sirven de apoyo para la capacitación del personal, ya que facilitan al interior de cada área, la integración de los distintos participantes a través del flujo de información, asimismo, permiten a cualquier usuario interno y externo, el conocimiento preciso de las operaciones, trámites y servicios que realizan.

Esta información sirve de orientación y ayuda a los constructores o inversionistas para la elección del sitio adecuado al proponer el desarrollo de un proyecto; contiene la descripción de los apartados necesarios para realizar el análisis de riesgos preliminar y tener una visión general previa a la inversión. El esquema presentado es el de la figura 3.



Figura 3. Proceso para determinar la viabilidad del proyecto

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS.

Es importante señalar que los fenómenos naturales tienen una participación importante en el inicio de un desastre, pero no son la causa, algunos fenómenos naturales son destructivos pero no siempre causan desastres, por ejemplo un terremoto que ocurre en una zona despoblada no puede considerarse un desastre puesto que no existe población vulnerable; en cambio un terremoto leve en una ciudad cuyas construcciones no son antisísmicas causan destrozos fatales. De manera que los fenómenos naturales extremos sólo se convierten en desastres cuando afectan a personas vulnerables.

Cuando los fenómenos naturales o antrópicos pueden ser controlables por las acciones del hombre, éstas se convierten en medidas de prevención.

La prevención se considera como el conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de evitar o reducir su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, etc.

La estrategia de la prevención puede establecerse en tres pasos fundamentales:

- 1) Conocer los peligros y amenazas para saber dónde, cuándo y cómo nos afectan.
- 2) Identificar, establecer las características y los niveles actuales de riesgo que implican estos fenómenos y,
- 3) Diseñar acciones para mitigar oportunamente estos riesgos.

Mitigar significa tomar medidas y/o acciones para reducir el nivel de pérdidas esperado ante la ocurrencia del desastre. El término mitigación se emplea para denotar una gran variedad de actividades y medidas de protección que pueden ser adoptadas, tales como el reforzamiento de edificios de forma sismo resistente o la reubicación de viviendas asentadas en zonas de alto riesgo. Equivale en este contexto a reducción de la vulnerabilidad.

La mitigación del riesgo supone:

- 1) Reducir la vulnerabilidad de los elementos en riesgo y
- 2) Modificar la exposición del lugar ante el peligro o cambiar su función.

En el siguiente apartado se mencionarán las definiciones y algunos indicadores que conllevan a determinar en un momento dado el nivel de riesgos de un lugar. Para ello es importante conocer la información básica que indicará qué parámetros se deben tomar en cuenta al recopilar los datos técnicos, así como los detalles que en campo, a través del método simple de observación, se pueden percibir y destacar al describir los aspectos y características principales del sitio.

2.1.1 Identificar los peligros y/o amenazas naturales del entorno.

La identificación y el análisis de riesgo es una metodología para identificar y evaluar el tipo de daños y establecer medidas de prevención o mitigación necesarias; debido a que todo proyecto está inmerso en un entorno cambiante y dinámico, es necesario evaluar como estos cambios pueden afectar el proyecto y también cómo la ejecución del mismo puede alterar las condiciones del entorno.

En la identificación de los peligros o amenazas naturales a que se encuentra expuesto el predio, una vez teniendo el panorama general del entorno, se procede, con el análisis de fotos aéreas, mapas topográficos y cartas hidrográficas, a elaborar un diagnóstico preliminar de campo. En este apartado la información general del sitio y localización exacta determinará si la zona a proteger es rural, agrícola o urbana, o la combinación de ellas, el objetivo es identificar áreas susceptibles a inundaciones o crecidas, (figura 4).

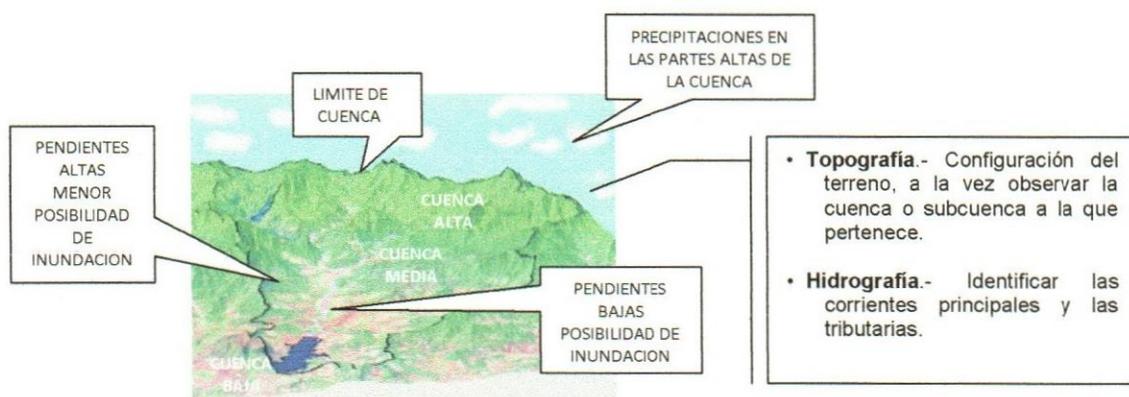


Figura 4. Cuenca hidrológica.

Esta información referirá en qué cuenca, subcuenca y la parte en la cual se encuentra localizado el sitio propuesto (figura 5), las precipitaciones que se generan en la misma en función del área de captación, la cobertura vegetal y pendiente de las laderas, la respuesta del evento de escurrimiento dependerá de estos parámetros.

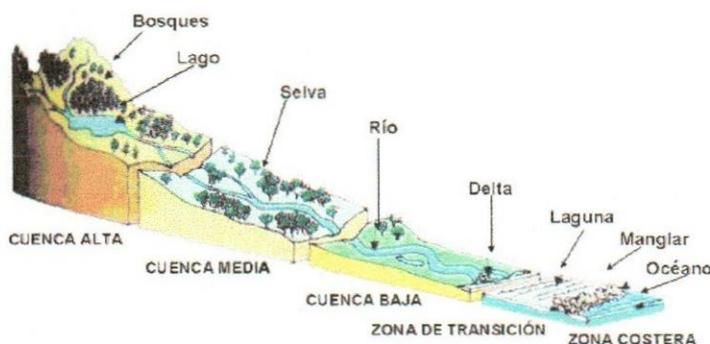


Figura 5. Partes de una cuenca hidrológica.

Aunque deberá cubrir toda la zona de estudio, la subcuenca como ejemplo, hacer énfasis en la zona de interés especial y observar el área con cierto detalle, con el objetivo de encontrar evidencias que permitan definir límites, tipología de los fenómenos y grado de actividad en las zonas afectadas.

Una zona de inundación se puede identificar en el campo observando la superficie del suelo para detectar indicios geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos (forma del relieve), pedológicos (suelos), edafológicos (vegetación) y otros.

Se puede también identificar a través de comparaciones de imágenes de satélites o fotos aéreas con el fin de determinar los cambios durante periodos de tiempo específicos; en los casos en que se cuente con antecedentes, información técnica disponible (mapas de riesgos por inundaciones, fotos aéreas, informes, etc.)

De otra manera, cuando no se disponen de estudios o datos técnicos, se recurre a realizar el inventario de fenómenos de forma participativa con las autoridades municipales, los líderes comunales y la población, observaciones y mediciones de campo (figura 6), con el fin de conocer la probable ubicación y severidad de los fenómenos naturales peligrosos, así como la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área específica.

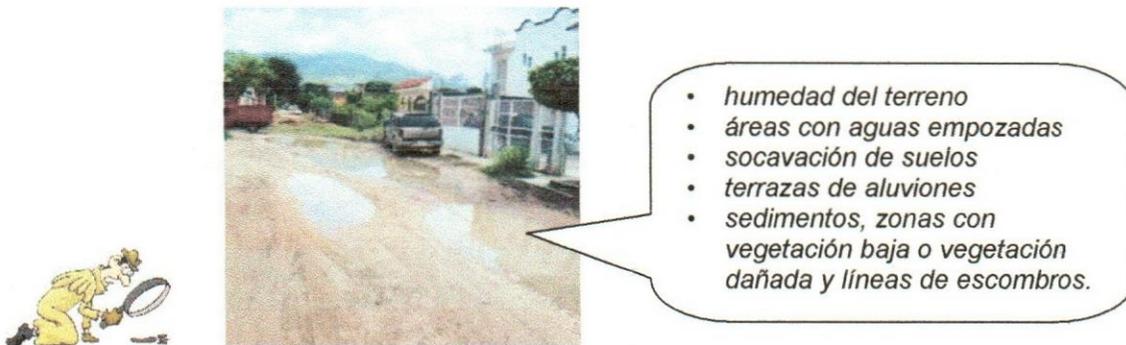


Figura 6. Encharcamientos en zona urbana

Todos los datos recolectados en campo son valiosos, por consiguiente deben respaldarse con fotografías y gráficos aclaratorios, es decir el levantamiento se hará semidetallado.

2.1.2. Identificación de amenazas antropogénicas.

Amenazas antropogénicas hacen referencia a desequilibrios generados por la actividad humana, como respuesta de la naturaleza a la agresión a que es víctima, ver cuadro 2. El Sistema Nacional de Protección Civil clasifica el tipo de amenazas, de la manera siguiente:

Amenazas Químico -Tecnológicas: Implican fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames; describir la infraestructura que rodea al predio, industrias, empresas, tipos de locales comerciales, etc. Aproximar la distancia si existiera la cercanía del sitio con alguna estación de servicios, como son gasolineras, gaseras, tortillerías e industrias.

Amenazas Sanitario - Ecológicas: Se genera por la acción patógena de agentes biológicos que afectan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de su salud. En esta clasificación también se ubica la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos.

Amenazas Socio - Organizativas: Se genera con motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población, tales como: demostraciones de inconformidad social, concentración masiva de población, terrorismo, sabotaje, vandalismo, accidentes aéreos, marítimos o terrestres, e interrupción o afectación de los servicios básicos o de infraestructura estratégica.

Las clases de peligros que se detecten deben permitir apreciar el riesgo que se correría en un punto del espacio si se le daría a éste un uso común. Son de especial interés las amenazas que ponen en peligro la vida humana y – aunque en menor grado- las que ponen en peligro los bienes de la comunidad y de los particulares. Debido a la concentración de vidas humanas y de bienes que implica, el principal uso del espacio que puede significar riesgos elevados es el de vivienda en asentamientos humanos.

Cuadro 2.- Peligros o amenazas a considerar (Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales, 2004)

2.1.3. Identificación de la vulnerabilidad.

Es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y predisposición a daños y pérdidas, ante una amenaza específica; consiste en la identificación de los elementos vulnerables como vidas humanas, viviendas, bienes, infraestructura, suelos agrícolas, etc.

El concepto de la vulnerabilidad es la susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópico se manifieste. Se refiere también a la capacidad del mismo sistema de responder y reponerse luego de la afectación. En el análisis de la vulnerabilidad lo más importante es la identificación de personas o elementos potencialmente vulnerables y la de los factores que influyen en la vulnerabilidad, se pueden considerar los siguientes (Wilches- Chaux, 1993):

- **Físicos.-** Localización de asentamientos humanos en zonas de amenaza.
- **Estructurales.-** Debido a la falta de implementación del reglamento de construcción y a las deficiencias estructurales de la mayor parte de las viviendas, lo que conlleva a no absorber los efectos de los fenómenos naturales.
- **Ambientales.-** Se refiere a superficies cultivables, aguas aprovechables, vegetación, cobertura forestal (tala de árboles, degradación de suelos) estabilidad de los ecosistemas.
- **Económicos y sociales.-** Se expresan en los altos niveles de desempleo, insuficiencia de ingresos, poco acceso a la infraestructura básica, salud, educación, capacitación, participación ciudadana, etc.

Es importante estimar, cuáles son los factores o causas que conllevan a la construcción de vulnerabilidad (o a su reducción). Por ejemplo, la falta de recursos económicos o la falta de conocimientos acerca de las amenazas pueden llevar a la gente a instalarse en zonas de amenaza.

La vulnerabilidad puede ser definida por tres niveles: baja, media y alta; o expresarse como un porcentaje de elementos que pueden sufrir daño o destrucción (pérdida) sobre un total, estos pueden ser establecidos en función de las características del área, del tipo de fenómeno, de la densidad y frecuencia de ocupación humana, densidad de construcciones, etc. En el cuadro 3, se presenta un ejemplo de diferentes grados de vulnerabilidad para los daños ocasionados por inundaciones en casas/edificios:

| | |
|----------------------|--|
| Vulnerabilidad Alta | Edificios, viviendas, personas están muy amenazados tanto al exterior como al interior de las viviendas o edificios. Existe un alto riesgo de destrucción repentina de viviendas y edificios. Se esperan severos daños. Esta zona corresponde a zona de prohibición. |
| Vulnerabilidad Media | Edificios, viviendas, personas están amenazadas al exterior de las viviendas o edificios, pero nada o poco al interior. Las viviendas o edificios pueden sufrir daños, pero no destrucción repentina, siempre y cuando su proceso constructivo haya sido adaptado a las condiciones del lugar. Es una zona de reglamentación , donde daños fuertes pueden reducirse con medidas de protección apropiadas. |
| Vulnerabilidad Baja | Las viviendas y edificios pueden sufrir daños leves, tanto en exteriores como en interiores. Esta zona es esencialmente de sensibilización. |

Cuadro 3. Grados de vulnerabilidad (Adaptación, el análisis de riesgo, una base para la gestión de riesgos de desastres naturales, 2004)

La vulnerabilidad es comprendida cada vez más como el resultado de procesos de desarrollos económicos y sociales, que hay que entender y reducir con ayuda de análisis detallados, correlacionándolos (cuadro 4).

La amenaza y la vulnerabilidad se deben evaluar uno en relación con el otro, ya que ninguno puede concebirse de forma independiente, es decir no se puede ser vulnerable si no se está amenazado y no existe una condición de amenaza para un elemento, sujeto o sistema si no está expuesto y es vulnerable a la acción potencial que representa dicha amenaza; son mutuamente condicionantes que se definen de forma independiente para efectos metodológicos y para una mejor comprensión del riesgo.

Cuadro 4.- Correlación entre amenaza y vulnerabilidad

2.1.4. Determinación del nivel del riesgo

Una vez identificada la zona del proyecto y delimitada la cuenca en gabinete, se procede a la recolección de la información relativa al proyecto, por lo que se debe realizar el trabajo de campo, la inspección física del sitio para el levantamiento de información sobre la población que sería afectada considerando la situación actual, los servicios básicos existentes, como agua potable, energía eléctrica, alcantarillado, etc.; datos que servirán de base para evaluar los daños en caso de presentarse un evento hidrometeorológico extremo que genere una inundación.

El riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo causante de daños con una determinada magnitud en un determinado lugar y en un determinado momento. El riesgo se refiere a personas o bienes materiales que están amenazados por determinados fenómenos naturales.

En la figura 7 puede definirse el riesgo: los lugares o los habitantes que están en el sector amarillo se caracterizan por tener determinados tipos de vulnerabilidades, los que están en el área café, se encuentran amenazados por fenómenos naturales. Sin embargo, sólo están en riesgo los que se encuentran en la zona de color rojo, puesto que allí es donde la amenaza coincide con la vulnerabilidad.



Figura 7. El esquema del riesgo (El análisis de riesgo, una base para la gestión de riesgos de desastres naturales, 2004)

Un análisis de riesgo consiste en estimar las pérdidas probables para los diferentes eventos peligrosos posibles. Evaluar el riesgo es relacionar las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un determinado evento.

Existen diversos métodos para el análisis de riesgos debido a amenazas naturales; sin embargo todos plantean una metodología de evaluación que distingue amenazas y vulnerabilidades. Entre los métodos que se utilizan están los métodos de análisis cualitativos y cuantitativos (figura 8).

Los actores sociales (población, autoridades) tienen una percepción del riesgo que puede ser influenciada por sus valores, su experiencia, sus prioridades; aunque la evaluación del riesgo deberá ser lo más objetiva posible, estos valores y las prioridades de los actores deberán tomarse en cuenta cuando se formulan las recomendaciones.

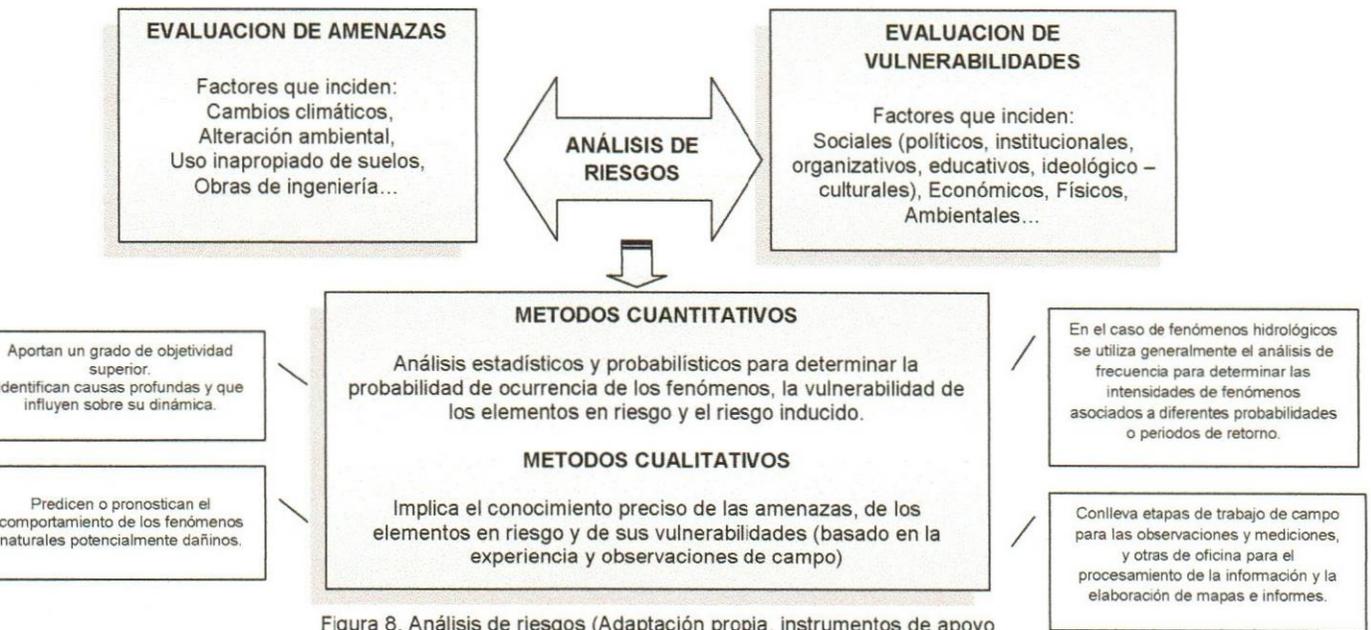


Figura 8. Análisis de riesgos (Adaptación propia. instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales, 2004)

La metodología empleada generalmente para la determinación el nivel del riesgo, es la definida por el Sistema Nacional de Protección Civil. Esta metodología indica que el riesgo se define como la probabilidad de que ocurra un desastre. Esa probabilidad resulta en función de la relación del peligro, la vulnerabilidad y la exposición, lo cual se puede expresar mediante la siguiente fórmula matemática:

$$R = f(P, V, E)$$

Donde R, es el riesgo, P es el peligro, V es la vulnerabilidad y E corresponde a la exposición. Las tres variables independientes pueden adquirir valores de 0 a 1. La interpretación de P=1 sería la total certeza de que un peligro se presentará, P=0 La absoluta imposibilidad de que dicho peligro se presente. El peligro puede ser, por ejemplo: la afectación de un huracán.

Por otro lado V=1 se interpretaría como la pérdida total del bien ante el peligro definido y V=0 que le bien es invulnerable a dicho peligro (aún cuando este expuesto al mismo). E=1 implicaría una máxima exposición (en el ejemplo del huracán una ubicación directamente sobre la línea costera y E=0 implicaría una nula exposición.

Esta forma de expresar el concepto del riesgo muestra que hay varias formas de reducirlo. Una sería reduciendo el peligro (que en los fenómenos naturales normalmente no es posible), la segunda es reduciendo la vulnerabilidad y la tercera sería reduciendo la exposición.

Algunas medidas de prevención pueden estar orientadas a disminuir el peligro (aumentar la capacidad de conducción del cauce sin inundaciones), otras pueden estar orientadas a la disminución de la vulnerabilidad (construyendo con sistemas de palafitos en zonas inundables) y otras reduciendo la exposición (reubicando a zonas no inundables).

Si un riesgo es considerado o percibido como alto, existen dos posibilidades: eliminar el riesgo o reducirlo lo más que se pueda. No obstante en la mayoría de los casos la primera opción no es posible, además de que la creciente pobreza y desconocimiento crea situaciones en las que una población afectada se expone a un riesgo alto, asentándose en pendientes muy inclinadas o en áreas de inundación. Pero también está la situación de las personas que viven, por ejemplo, cerca de zonas industriales y que no se mudan porque esto implicaría que perderían su trabajo u otras ventajas.

La percepción de un riesgo también depende de manera decisiva de la información que se tiene sobre una determinada amenaza. Por consiguiente, la puesta a disposición de información relevante sobre una amenaza, ayuda a concientizar a las personas y a mejorar la percepción del riesgo, ya que el riesgo es algo que todavía no ha ocurrido e incluso que se proyecta hacia el futuro.

2.2 MARCO NORMATIVO

Toda obra de construcción así como el uso, destinos y reservas de los predios en los municipios se sujetan, entre otras a las disposiciones de las siguientes legislaciones aplicables en México (figura 9):

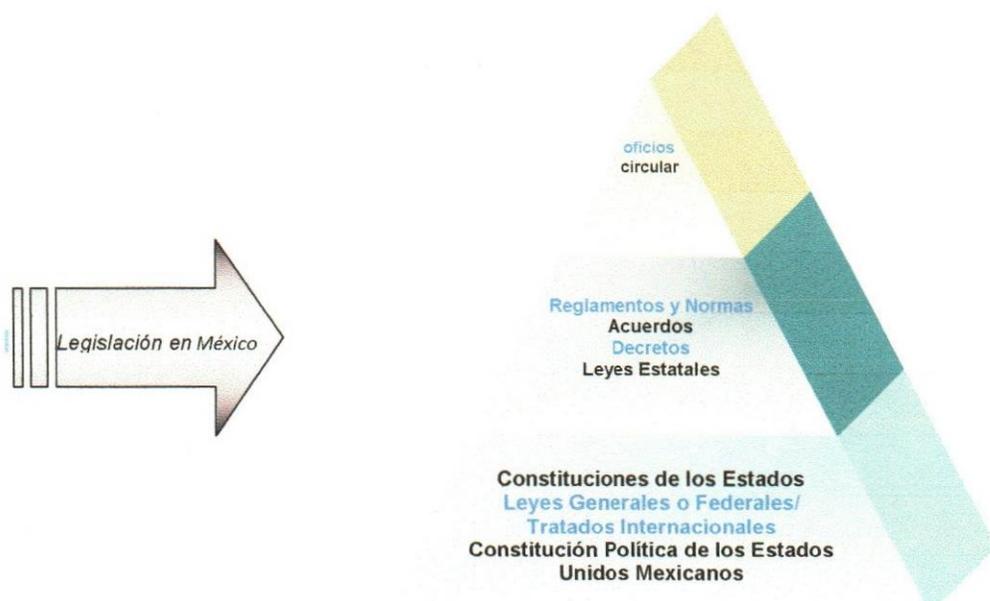


Figura 9. Pirámide legislativa en México. (Aspectos legales y normativos, De los Santos T. F, 2014)

En el cuadro 5 se mencionan algunos instrumentos, las atribuciones respectivas y algunos artículos de consulta general:

| | |
|--|--|
| <p>Ley General de Asentamientos Humanos del Estado.</p> | <p>Establece la concurrencia de la federación, de las entidades federativas y de los municipios, para la ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio nacional; Fija las normas básicas para planear y regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; Define los principios para determinar las provisiones, reservas, usos y destinos de áreas y predios que regulen la propiedad en los centros de población, y Determina las bases para la participación social en materia de asentamientos humanos.</p> |
| <p>Ley General de Protección Civil</p> | <p>Establece las bases de coordinación entre los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil. Los sectores privado y social participarán en la consecución de los objetivos de esta Ley, en los términos y condiciones que la misma establece. Artículos de consulta: 75, 81,84, 87, 90.</p> |
| <p>Ley de Desarrollo Urbano para el Estado de Chiapas.</p> | <p>Establece normas que regulen la participación, toma de decisiones y la adecuación de las mismas en materia de desarrollo urbano del estado de Chiapas, e instrumenta a nivel local las disposiciones contenidas en el artículo 115 de la Constitución General de la República y los relativos a la Constitución del Estado.</p> |
| <p>Ley de Fraccionamientos del Estado.</p> | <p>Reglamenta las acciones y actos de personas físicas o morales que verifiquen o pretendan verificar la división, subdivisión, lotificación y transformación de inmuebles en lotes o fracciones. La aplicación de esta ley, corresponde al instituto de desarrollo urbano y promoción de vivienda, así como las dependencias y entidades de la administración pública estatal que estén vinculados con las disposiciones del código civil. La Ley General de Asentamientos Humanos; la Ley de Desarrollo Urbano; y la ley de Catastro de la entidad, y demás disposiciones que emanen de la misma.</p> |
| <p>Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental.</p> | <p>Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para, entre otros, Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Artículos de consulta: Artículo 28al 35 BIS-3 de la ley y del 9 al 28 Reglamento.</p> |
| <p>Ley sobre el Régimen de Propiedad en Condominio del Estado</p> | <p>Tienen por objeto regular la constitución, modificación, organización, funcionamiento, administración y terminación del régimen de propiedad en condominio.</p> |
| <p>La Ley de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres del Estado de Chiapas.</p> | <p>La identificación y la reducción de riesgos; así como la atención de emergencias y la recuperación ante un desastre, son funciones de carácter público que deben atender el Estado y los municipios, conforme a las atribuciones que se definen en esta ley, promoviendo la participación de la sociedad en su conjunto. Artículos de consulta: 33, 38, 41,42 y 43.</p> |
| <p>Ley de Aguas Nacionales y su reglamento</p> | <p>Es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable. Artículos de consulta: Artículo 3, Fracciones XX y XLVII, 114, 115, 116 y 117 delimitación y demarcación de zonas federales, 9, 20, y los relativos a las obras para el control de avenidas y protección de</p> |

| | |
|--|--|
| | zonas inundables, artículos 83,84, 97 al 100, en el reglamento de esta ley los artículos 127,132 y 157. |
| Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, y su reglamento. | Conjunto de normas de orden público que tiene por objeto regular las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, contratación, gasto, ejecución y control de las obras públicas, así como los servicios relacionados con las mismas que realicen las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y en su caso las federales. |
| Reglamento de construcción de cada municipio. | Tiene por objeto regular el desarrollo urbano, planificación, seguridad, estabilidad e higiene de las construcciones así como las limitaciones y modalidades, que se impongan al uso de los terrenos o edificaciones de propiedad pública o privada. |
| Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas. | Conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como, aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación. |

Cuadro 5.- Leyes, reglamentos y normas.

2.3 REVISIONES PARA LA ELECCION DEL SITIO

Antes de elegir el sitio es importante consultar la siguiente información oficial municipal, para ver las zonas o áreas disponibles para el tipo de construcción a realizarse:

1) Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial.

Instrumento para planificar y regular las actividades productivas y conservar los recursos naturales.

Programas con que se cuentan a nivel estatal.

- Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca del Río Sabinal y los municipios de San Fernando, Berriozabal, Ocozocoautla de Espinosa y Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. (Publicado el 24/05/10 Periodico Oficial)
- Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca del Río Lagartero, Chiapas. (Publicado el 24/05/10 Periodico Oficial)
- Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.
- Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera La Sepultura.

2) Programas de Desarrollo Urbano y/o Cartas Urbanas de los Centros de Población.

Instrumento que regula y orienta el desarrollo urbano, proporciona los diferentes usos del suelo, la infraestructura actual y las propuestas de crecimiento urbano incluyendo vialidades. En estos programas o cartas urbanas, localizaremos el predio para saber la clasificación del uso del suelo que está establecida, si es habitacional o de servicios que son los usos viables para el desarrollo de alguna propuesta, que densidad de población podría ocuparse, si es apto el uso que se le pretende dar, es importante interpretar todos y cada uno de los colores y los símbolos que están inmersos en el predio, ya que estos detalles nos darán el panorama general; nos indica también el tipo de infraestructura existente en el lugar y las restricciones a que pueden estar sujetos en un momento dado (figura 10).

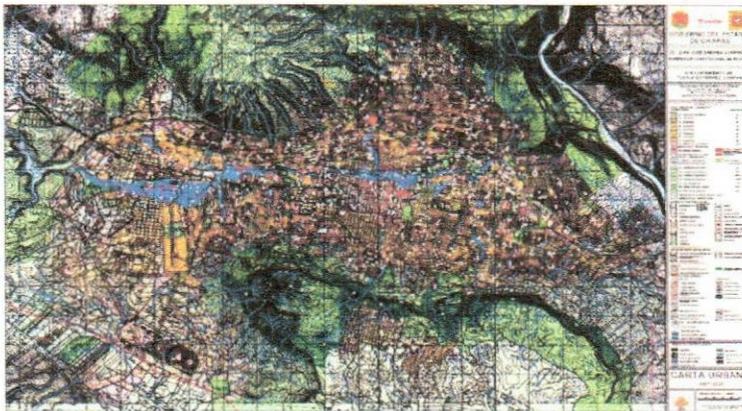


Figura 10. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Estos programas de desarrollo de los centros poblacionales es información que se puede encontrar disponible en cada uno de los municipios o en su caso solicitarlo a la Dirección de Ordenamiento Territorial, perteneciente a la Secretaría de Infraestructura de Gobierno del Estado, dependencia encargada de la publicación de dicha información.

3) Atlas de Riesgos del Estado de Chiapas.

Una de las herramientas digitales para consulta es el Atlas de Riesgos del Estado de Chiapas, se inicia con localizar el municipio donde se ubique el predio a analizar y posteriormente se despliegan los mapas existentes para revisar cada uno de ellos. El Sistema Estatal de Protección Civil en la página de internet, cuenta con un apartado, que es área de consulta pública donde se encuentran

visibles estos mapas, el link es el siguiente: www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx. (figura 11).



Figura 11. Ventana para ingreso al Atlas de Riesgos del Estado de Chiapas.

En la página referida de la red, en la ventana del Atlas de Riesgos del Estado de Chiapas, se encuentran un listado de los municipios que cuentan con mapas temáticos, de peligros, de riesgos, entre otros, después de ubicar el predio y consultar la información disponible podrá visualizarse la viabilidad y dar continuidad a la tramitología del proyecto. Guardar las imágenes que puedan servir de soporte en caso de existir algún dato relevante. Son aproximadamente 30 municipios del Estado de Chiapas los que cuentan con algún tipo estudios.

En la misma página con la opción de Google Maps, al señalar la opción Terrain se obtiene en planta la aproximación de la configuración del predio. (figura 12)

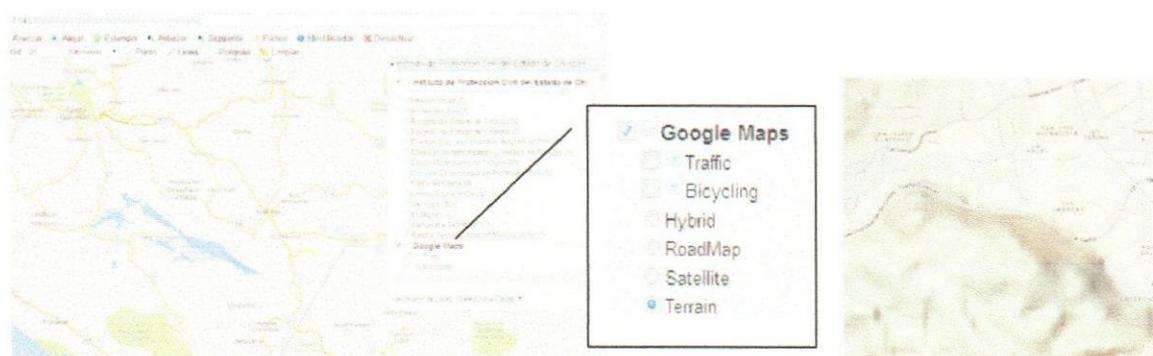


Figura 12. Atlas de Riesgos del Estado de Chiapas.

4) Programa Google Earth.

Aunado a que el levantamiento topográfico dará la idea de la configuración del predio, como primera herramienta rápida y de consulta libre se puede recurrir al programa Google Earth, es conveniente localizar mediante coordenadas geográficas el sitio propuesto para el proyecto para hacer el sobrevuelo imaginario y así percibir las principales características del predio y del entorno (figura 13).



Figura 13. Programa Google Earth.

5) Cartas Geológicas e hidrológicas.

Definen las principales características del predio respecto a los tipos de roca, suelo, asociaciones, de la misma manera la carta hidrológica de aguas superficiales sitúa las diferentes regiones hidrológicas, cuencas y subcuencas del estado. Para obtener estos datos se puede hacer uso de las cartas geológicas, hidrológicas publicadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (figura 14).



Figura 14. Carta Geológica de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas E15-11.

6) **Listado de municipios con atlas de peligros** (mapas de peligros) por fenómenos naturales. En la tabla 1, se constata.

| | |
|-----|---|
| 1. | Atlas estatal de riesgos |
| 2. | Atlas de peligros del estado de Chiapas |
| 3. | Acapetahua |
| 4. | Amatan |
| 5. | Amatenango de la Frontera |
| 6. | Ángel Albino Corzo |
| 7. | Arriaga |
| 8. | Cacahoatán |
| 9. | Chapultenango |
| 10. | Comitán |
| 11. | Francisco León |
| 12. | Huitiupan |
| 13. | Huixtla |
| 14. | La Concordia |
| 15. | Mapastepec |
| 16. | Ostuacán |
| 17. | Pijijiapan |
| 18. | Sabanilla |
| 19. | San Cristóbal |
| 20. | Simojovel |
| 21. | Suchiate |
| 22. | Tapachula |
| 23. | Tapalapa |
| 24. | Teopisca |
| 25. | Tila |
| 26. | Tuxtla Gutiérrez |
| 27. | Siltepec |

Tabla 1. Municipios que cuentan con un mapa de peligros

EJEMPLO:

En el caso de Tuxtla Gutiérrez, se cuenta además de la información mencionada, con el mapa de peligros por inundación y remoción en masa en las colonias en las que se registraron afectaciones debido al fenómeno ocurrido en el año de 2010. Este mapa fue elaborado por el Instituto de Protección Civil, en base a información proporcionada por la Dirección de Emergencias, es de uso público y es una herramienta que se encuentra disponible en el Departamento de Cartografía del Instituto de Protección Civil.

En este mapa se señalan los polígonos que resultaron con afectaciones, al localizar el predio se observarán las imágenes para saber si se encuentra dentro de alguno de ellos, es decir, en alguna zona de afectación (figura 15).



Figura 15. Mapa de peligro por inundación y remoción en masa en las colonias de Tuxtla Gutiérrez.

Cabe aclarar que dentro de la carta urbana, existen lugares o zonas restringidas por estar inmersas en zonas de riesgo, las cuales entre otros, pueden ser las zonas demarcadas como derechos de vías, como lo son las zonas federales por el paso de líneas de alta tensión, o por existencia de cauces de propiedad nacional, así también algunos municipios debido a las experiencias o estudios tienen ya identificadas suelos problemáticos o inestables; en las zonas clasificadas como de alto riesgo, existirán restricciones dependiendo el peligro a que se encuentre expuesto y definitivamente no se deberá proponer en estos sitios el establecimiento de nuevos asentamientos humanos.

Sin embargo, no siempre se encontrarán lugares factibles o idóneos para establecer estos nuevos asentamientos, existirán sitios con algún tipo de vulnerabilidad, la cual o las cuales podrán someterse al análisis y, si en un

momento dado se determinan con un nivel de riesgo medio, entonces, se podría asumir que este nivel de riesgo es aceptable, siempre y cuando se realicen las obras de prevención necesarias para mitigar dicho riesgo, y siempre en concordancia a los instrumentos que marquen los documentos de consulta.

Al realizar esta metodología, por lo general, conlleva a descifrar que el sitio siempre será vulnerable a uno o mas eventos adversos, por lo que se propone se contemplen las siguientes obras de prevención dentro del proyecto de construcción, cuando se identifiquen algunos de los peligros mencionados con antelación.

2.4 PROPUESTA DE ACCIONES Y OBRAS DE PREVENCIÓN O MITIGACIÓN DE RIESGOS POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS.

La propuesta de las obras de prevención necesarias debe hacerse en cumplimiento al Artículo 84 de la Ley General de Protección Civil, que establece:

“Se considera como delito grave la construcción, edificación, realización de obras de infraestructura y los asentamientos humanos que se lleven a cabo en una zona determinada sin elaborar un análisis de riesgos, y en su caso, definir las medidas para su reducción, tomando en consideración la normatividad aplicable y los Atlas municipales, estatales y el Nacional y no cuenten con la autorización de la autoridad correspondiente”...

Para dar un panorama general de las propuestas a continuación se mencionarán las obligaciones más frecuentes para sitios evaluados como de riesgo medio, es decir para sitios marcados dentro de las cartas urbanas o programas de desarrollos municipales como viables, pero con ciertas restricciones. Estas propuestas posteriormente ayudarán a plantear soluciones diversas que conllevarán a dar seguridad a la población que se encuentre expuesta a algún peligro o sea vulnerable de ser afectada por algún fenómeno, en este caso hidrometeorológico.

Acciones Estructurales.

- ❖ Considerar que en el Estado existen las Franjas Sísmicas "B" (Baja), "C" (Media) y "D" (Alta), según la regionalización sísmica de la República Mexicana, en base a lo emitido por la Comisión Federal de Electricidad y por CENAPRED; para realizar los procedimientos, memoria de cálculos y demás, relacionados con la seguridad estructural del inmueble.
- ❖ Deberá realizar el estudio de mecánica de suelos, para identificar el tipo de suelo y con ello realizar la propuesta de cimentación del o los inmuebles.
- ❖ Considerar un sistema de drenajes pluviales que resuelva en forma integral las posibles aportaciones debidas al crecimiento de una ciudad, donde los subsistemas de drenaje deben ser parte de este sistema. Idealmente el manejo del agua de lluvia y control de avenidas deben tomar en consideración toda las interrelaciones importantes, además de considerar la calidad y la cantidad del escurrimiento. Diseñar las obras de captación y conducción de escurrimientos pluviales, hasta su destino final, contemplando los criterios y especificaciones que resulten del estudio hidrológico del sitio.
- ❖ De la misma manera, al efectuar cortes o excavaciones en las laderas, se anula la presión o empuje lateral que sostiene y estabiliza el talud natural, algunas medidas estructurales como la ejecución de obras de protección y control, contribuyen a la reducción del impacto de la actividad humana en la inestabilidad de laderas. Dichas obras, entre las que se encuentran los cambios de geometría, las estructuras de contención y sostenimiento, elementos de drenaje, uso de la vegetación y reforestación, pueden prevenir o mitigar desastres provocados por movimientos de masas de suelo y rocas como deslizamientos, flujos de lodo, avalanchas y caída de rocas, entre otros.

Acciones No Estructurales.

- ❖ Tramitar el Manifiesto de Impacto Ambiental ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) o la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN), según corresponda, para permitir el desarrollo sustentable y bienestar de los habitantes del sitio donde se desarrollará el fraccionamiento habitacional, mediante programas y

acciones orientadas al fortalecimiento, conservación y mejoramiento del medio ambiente, ordenamiento ecológico y territorial.

- ❖ En caso de estar próximo a un escurrimiento superficial o cauce de propiedad nacional deberá realizar los trámites necesarios para delimitar el área de zona federal del arroyo y así el propietario en coordinación con el H. Ayuntamiento municipal del sitio, deberán realizar las obras pertinentes para dar cumplimiento a las disposiciones cometidas en el artículo 3° fracción XLVII de la ley de aguas nacionales sobre la identificación de la zona federal, el cual no deberá existir ninguna construcción en las márgenes del cauce, dejando libre la franja de la zona federal y solo podrá usarse, explotarse o aprovecharse mediante concesión en los términos de la Ley de Aguas Nacionales, para área de amortiguamiento.
- ❖ Cuando existan en el sitio, el paso de las líneas eléctricas aéreas, que queden inmersas en el proyecto, deberá contar con un documento oficial que indique considerar la servidumbre de paso que establece la Comisión Federal de Electricidad en seguimiento a la NOM-001-SEDE-2005 Artículo 922-74 Instalaciones dentro del derecho de vía.
- ❖ Deberá de contar con los permisos de factibilidad para los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario (Smapa u órgano correspondiente), suministro de energía eléctrica por parte de la Comisión Federal de Electricidad.
- ❖ Cumplir con las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las Instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra: choques eléctricos, efectos térmicos, sobrecorrientes, sobretensiones, etc., de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, NOM-001-SEDE-2005.- Instalaciones eléctricas (Utilización).
- ❖ Dentro del proceso de construcción de la obra, el propietario o constructor deberá de dotar del material de seguridad personal a los trabajadores en relación a la Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2001.- Equipo de protección personal selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- ❖ Deberá elaborar un Programa Interno de Protección Civil, en donde se identifiquen las probables emergencias que pudieran suscitarse en la colonia y se describan las forma en que le daran atención y, en caso de ser

necesario, la forma de coordinarse con los cuerpos de emergencia. A este respecto, se sugiere habilitar un medio de mantener comunicación con los cuerpos de seguridad y emergencia (telefono celular, radios banda civil, etc.).

- ❖ Deberá plasmar en el plano de proyecto: los señalamientos en materia de Protección Civil, numerar niveles de piso, rutas de evacuación, salidas de emergencia, zonas de seguridad, riesgo eléctrico, punto de reunión, extintores vigentes, botiquín de primeros auxilios, que hacer en caso de sismo y/o incendio, no fumar, escalera de emergencia etc. correspondientes a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-003-SEGOB-2011.

2.5 GESTION DE PERMISOS Y AUTORIZACIONES.

Una vez elegido el sitio, conociendo la posible viabilidad del proyecto, se procede a la obtención de las respectivas autorizaciones y permisos por parte de las autoridades municipales, establecidas en su reglamento de construcción, entre las principales para dar continuidad al trámite se mencionan las siguientes:

- ✓ Alineamiento
- ✓ Número oficial
- ✓ Factibilidad de uso y destino del suelo
- ✓ Licencia de construcción.
- ✓ Factibilidades de servicios

Además en caso de requerirse se realizarán los trámites de servicios hídricos ante la Comisión Nacional del Agua, entre otros, los permisos para realizar obras de infraestructura hidráulica.

2.6 DOCUMENTOS OBLIGATORIOS ANTE LAS DIFERENTES DEPENDENCIAS

Entre los principales documentos solicitados para dar continuidad al trámite se mencionan los siguientes (cuadro 6):

| Documento | Expedido por |
|--|--|
| Manifiesto de Impacto Ambiental | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales o Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. |
| Dictamen de Riesgos | Sistema Estatal de Protección Civil. |
| Delimitación y demarcación de zonas federales | Comisión Nacional del Agua, cuando se trata de cauces de propiedad nacional, es la responsable de realizar los proyectos de delimitación y demarcación de zonas federales. Comisión Federal de Electricidad, cuando se trata de líneas eléctricas aéreas. |

Cuadro 6.- Documentos requeridos para continuidad de trámites.

3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FRACCIONAMIENTOS SEGUROS ANTE FENOMENOS HIDROMETEOROLOGICOS.

En la figura 16, se representa el diagrama que describe en forma específica como llevar a cabo el proceso descrito anteriormente, que actividades corresponden a las fases iniciales y los pasos que se van siguiendo al elegir el sitio para un proyecto de urbanización.

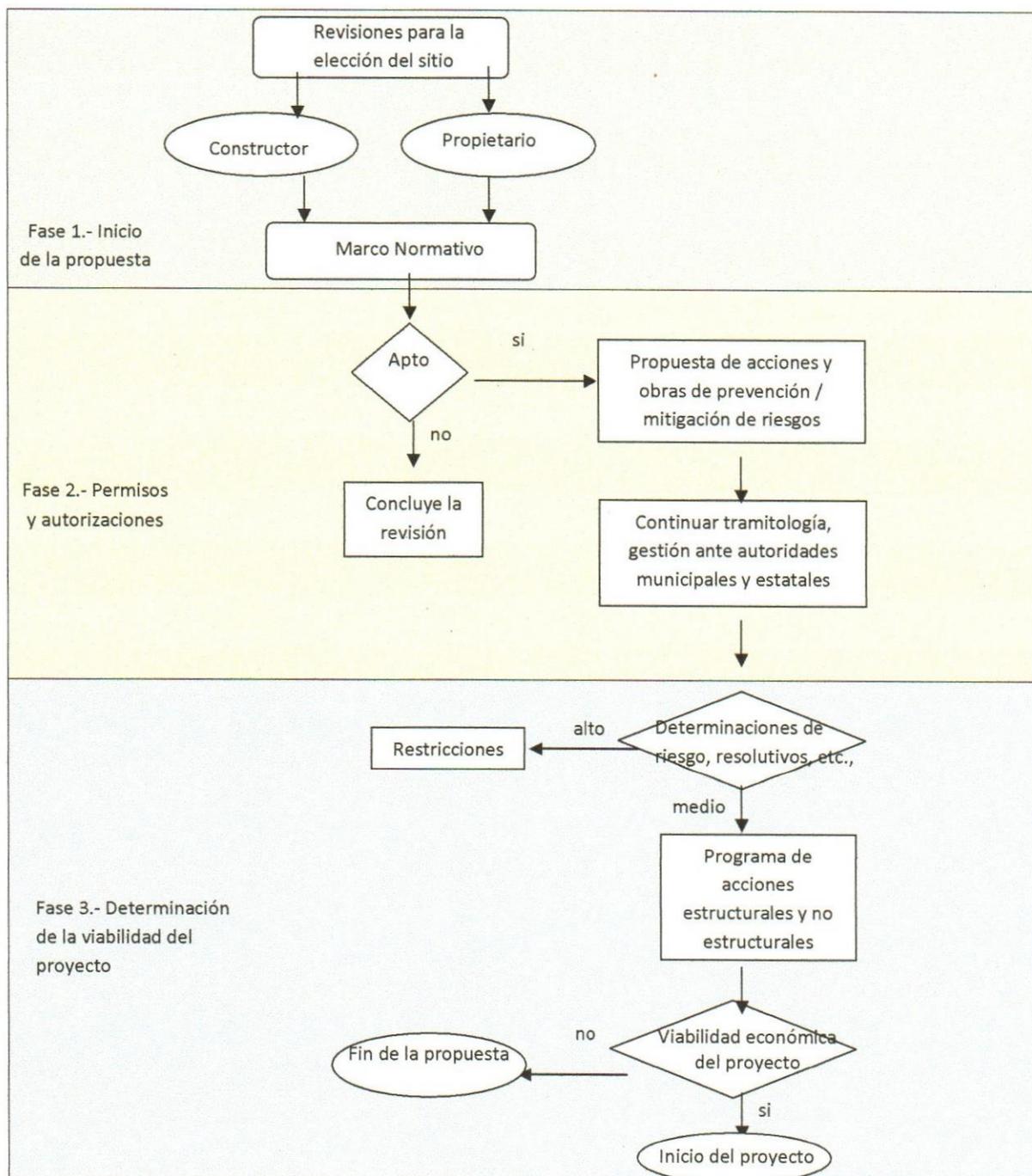


Figura 16. Diagrama de flujo del procedimiento para la construcción de fraccionamientos seguros.

4. PROGRAMA DE ACCIONES PREVENTIVAS Y/O DE MITIGACIÓN DE RIESGOS

Las recomendaciones deben ajustarse al marco legislativo (mencionado en el punto 2.2.) y reglamento vigente, es decir deben ser aplicables por el municipio sin mayores problemas jurídicos, dentro del ámbito de su competencia, al momento de proponerse soluciones de prevención siempre deben tomarse en cuenta las posibilidades financieras y técnicas del municipio, y el nivel de riesgo existente. Una propuesta costosa o muy complicada no será aplicada en los municipios debido a las condiciones de los mismos.

Los factores culturales, ideológicos y socioeconómicos son un componente muy importante dentro del análisis de riesgos y en el momento de hacer las propuestas, las medidas extremas como la evacuación generan conflictos sociales y problemas administrativos muchas veces insuperables, por lo que deben considerarse todos los factores para hacer recomendaciones viables de realizar.

A continuación se presentan algunas acciones derivadas de los programas de prevención y mitigación de riesgos implementadas acorde a las distintas partes de la cuenca.

Una cuenca es el área donde el agua de lluvia escurre, fluyen hacia una corriente principal y por ésta hacia un punto común, puede ser un río que desemboca en el mar. Su contorno o perímetro lo conforman las montañas más altas alrededor de estos ríos y cañadas, sus partes se observan en la figura 17.

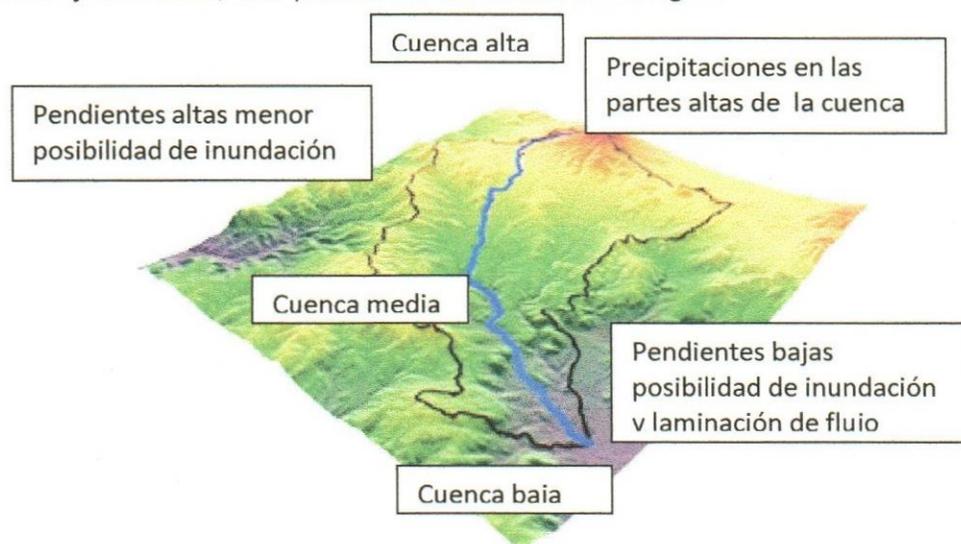


Figura 17. Partes de la cuenca.

El ciclo hidrológico que se suscita en una cuenca inicia en la generación de nubes en el mar, las que se dirigen a las partes altas de la cuenca originando las lluvias. Las obras que implican la retención de flujo y la disminución de velocidades de las descargas deben realizarse considerando el manejo de la cuenca desde las partes altas y medias.

PARTE ALTA DE LA CUENCA:

- Medidas no estructurales.
- Medidas estructurales protección de laderas.



Acciones estructurales de protección

PARTE MEDIA DE LA CUENCA:

- Medidas no estructurales.
- Medidas estructurales en las laderas.
- Medidas estructurales de protección del cauce.
- Capacitación de pobladores.
- Habilitación de refugios temporales.
- Ordenamiento territorial.



Acciones estructurales de protección al cauce

PARTES BAJA DE LA CUENCA:

- Medidas no estructurales.
- Medidas estructurales en las quebradas.
- Ordenamiento territorial.
- Capacitación de pobladores.
- Habilitación de refugios temporales.
- Medidas estructurales de protección del cauce.



Capacitación de pobladores



Habilitación de refugios temporales



Acciones estructurales de protección del cauce

Es posible decir que todas las acciones realizadas por el hombre cambian y modifican el equilibrio existente tanto en ríos como en arroyos, pero sin duda se debe evitar producir daños a los cauces y cuencas, y el que se pueda conocer o cuantificar esas modificaciones, así como conocer la estabilidad de cauces formados por un solo canal, es el tema que persigue la hidráulica fluvial, por lo que

estos estudios deben estar presentes antes de realizar cualquier obra estructural o de gestión (Muciño,2005); estas propuestas técnicas para ser viables deben regirse por los siguientes principios:

- ❖ Factibilidad.- La solución debe reducir el peligro a niveles aceptables.
- ❖ Economía.- Realista, realizable con recursos ordinarios de los municipios.
- ❖ Multipropósito.- Satisfacer varias necesidades.
- ❖ Compatibilidad ecológica.- Obras de acuerdo a compatibilidad ecológica.
- ❖ Compatibilidad urbana.- Integrarlas al estilo y funcionalidad de los núcleos espacios urbanos, sin perturbar el funcionamiento de los servicios.
- ❖ No conflicto.- No deben implicar la generación de conflictos, especialmente de propiedad o funcionalidad.
- ❖ Integración y participación.- Obras que puedan realizarse de manera participativa.

Un programa de acciones preventivas debe ser de uso administrativo a nivel municipal (urbano y/o rural) que esté dirigido a mitigar los efectos que pueden causar los eventos peligrosos identificados sobre la vida y la economía del proyecto, y por ende el del municipio. Estas acciones preventivas/ de mitigación pueden programarse tanto a mediano como a largo plazo e incluyen medidas no estructurales y estructurales, se pueden esquematizar como muestra la figura 18:

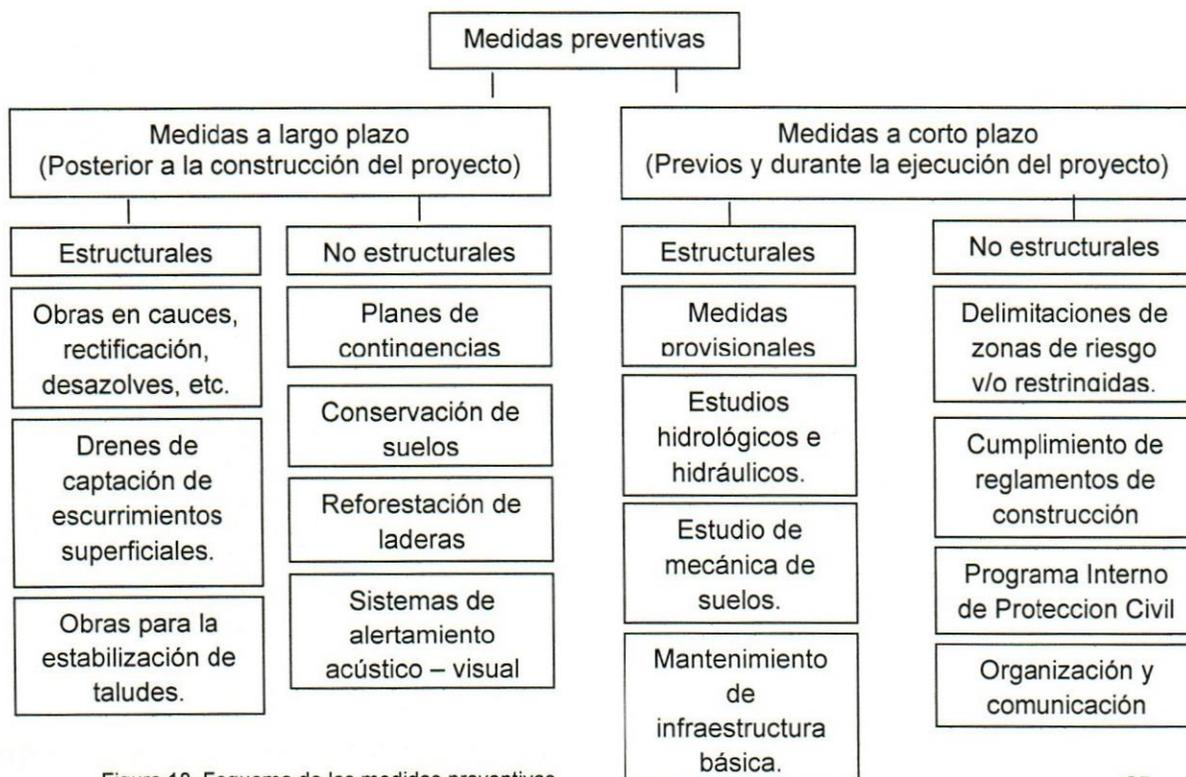


Figura 18. Esquema de las medidas preventivas

5. EJEMPLO PRÁCTICO.

Para este ejemplo se toman los datos de documentos oficiales emitidos por el Instituto de protección civil, se analiza el predio debido a que existieron ciertas condiciones que restringieron, en un principio, al establecimiento del desarrollo habitacional, ya que se identificaron en el sitio amenazas que podían hacer vulnerables a la población.

El predio se encuentra ubicado al nor-poniente de la ciudad, cuenta con una superficie de 2.40-6.72-0.027 hectáreas, ubicado en las coordenadas $16^{\circ}46'10.4''$ N $93^{\circ}08'37''$ O, altitud 667 m.s.n.m. en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. En la figura 19 y 20, se observa la ubicación del predio, en el programa Google Earth.



Figura 19. Predio ubicado en el programa Google Earth, visto en planta.



Figura 20. Predio ubicado en el programa Google Earth, visto en relieve, orientación de norte a sur

El predio se encuentra fuera de la zona inundable, según la consultada realizada en el mapa denominado capa municipal de peligros de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, se confirma dicho dato consultando la cartografía existente de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (figura 21), donde se refiere que pertenece a la subcuenca denominada Pomarosa, se encuentra ubicada en la parte alta en la cuenca media de El Sabinal.

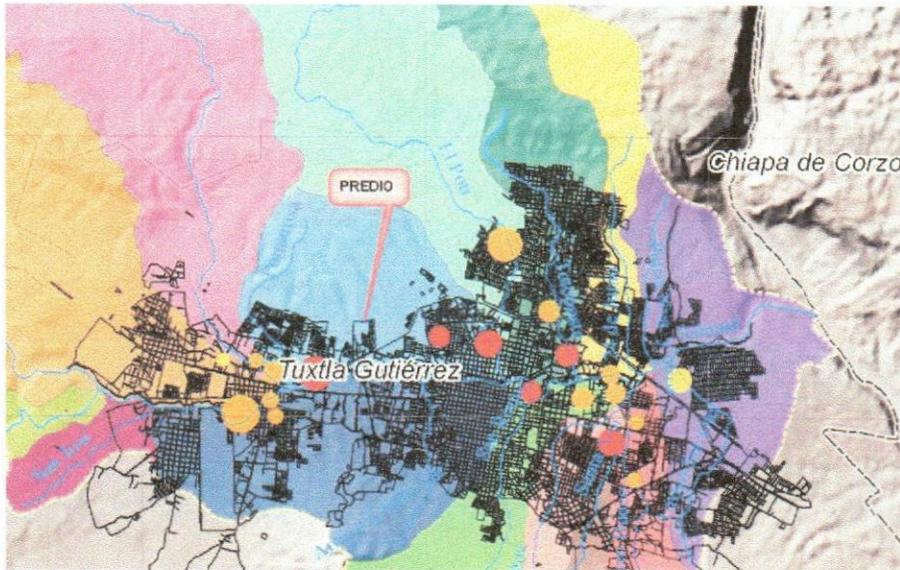


Figura 21.- Zonas de inundación Tuxtla Gutiérrez.- Secretaría de medio Ambiente y Vivienda, 2008.

En la misma bibliografía mencionada anteriormente se consulta el uso de suelo y su aptitud, el cual debido a la simbología indica que el uso es forestal (figura 22).

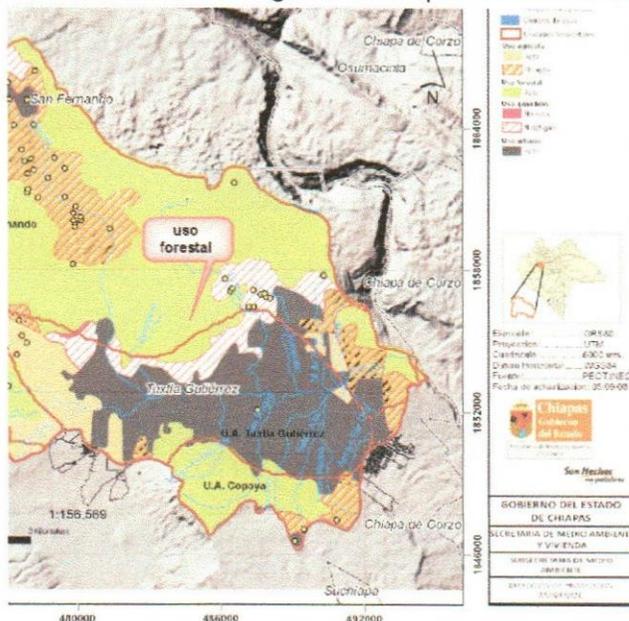


Figura 22.- Uso de suelo y aptitud Tuxtla Gutiérrez.- Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda, 2008.

Sin embargo al ubicar el predio dentro del programa de desarrollo urbano del centro de población de Tuxtla Gutiérrez, actualización 2007, se identifica que se encuentra dentro de un área donde el uso de suelo es de reserva habitacional o de crecimiento urbano con una densidad de población H5 de 250 hab/ha (figura 23).

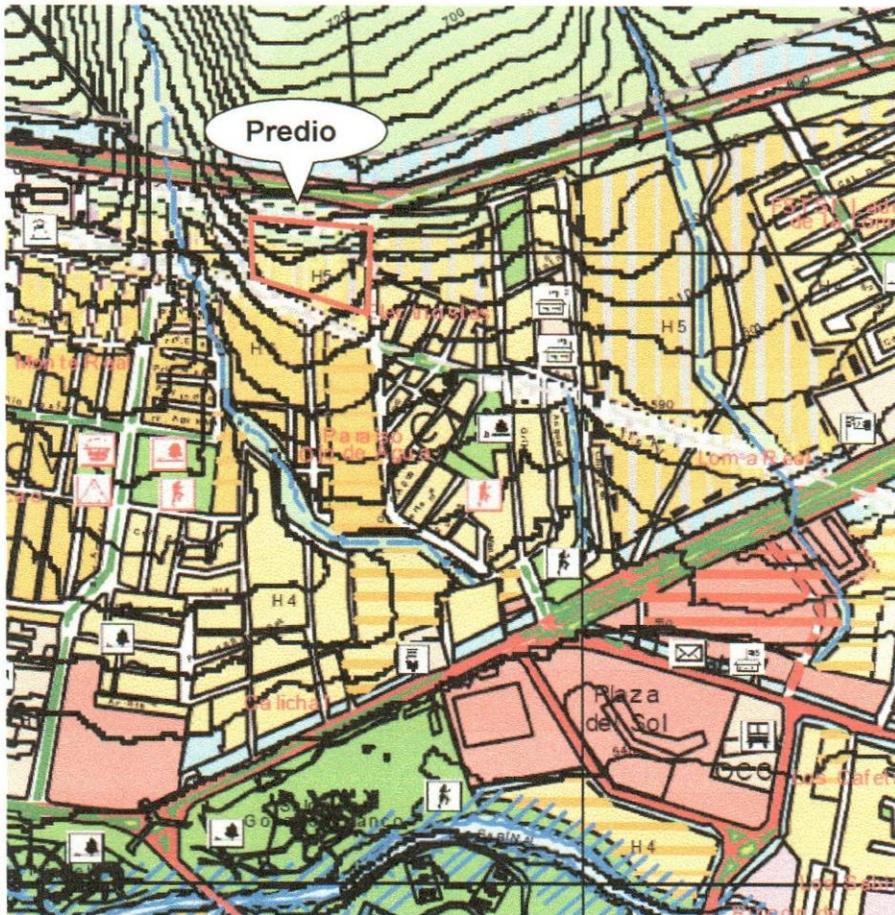


Figura 23. Predio ubicado en el programa de desarrollo urbano del centro de población de Tuxtla Gutiérrez

Una parte de éste se observa dentro de una zona de conservación ecológica así como también dentro hay una franja de derecho de vía por el paso de líneas aéreas de energía. Estos son datos que ubican al predio dentro de los peligros de origen antropogénico, clasificado como amenaza socio – organizativa y químico tecnológica.

Una vez identificado el sitio y realizadas las consultas de los mapas existentes se resumen los datos y peligros a los que se determina está expuesto el predio:

Geología: El predio está localizado sobre suelos del cuaternario Q(al) Aluvial; Continuando al Norte, se localizan rocas sedimentarias del cretácico superior (cz-lu) asociaciones de calizas-lutitas; y al sur se localizan rocas sedimentarias del terciario inferior Eoceno (lm-ar) asociaciones de limolitas y areniscas. (Carta Geológica 1:250 000 Villahermosa E 15-8 INEGI).

Hidrología: Precipitación media anual es de 1000 mm; Temperatura media anual, 24°C, Coeficiente de escurrimiento mayor del 30 %. (Carta Hidrológica de aguas superficiales 1:250 000, Tuxtla Gutiérrez E 15-11 INEGI).

Geomorfología Al norte se localiza una falla normal que está delimitada por rocas del cretácico superior y cretácico inferior, formando la parte del sinclinal y anticlinal respectivamente, que delimitando los escurrimientos hacia las partes bajas de Tuxtla Gutiérrez; Geomorfología regional: en gran parte, la provincia coincide con la región fisiográfica descrita como depresión central, y se debe a que está integrada por un bajo topográfico, producto de la expresión morfológica del sinclinal Grijalva, estructura central y rectora de la provincia; El sinclinal Grijalva, el mayor de la región y del Estado entero, comienza en su extremo noreste a la altura del poblado de Chiapa de Corzo, en donde aparecen en su eje rocas de edad eoceno principalmente, hasta la zona de Venustiano Carranza, en donde la secuencia sedimentaria se ve interrumpida por la manifestación volcánica del lugar, más al sur y hasta los límites con Guatemala, flanquea a su eje las calizas del cretácico superior y medio, en terreno chiapaneco se le ha medido aproximadamente 160 Km. De longitud y una anchura hasta de 45 m. (Geología del Estado de Chiapas; Departamento de Geología, C.F.E.).

Amenaza hidrometeorológica: no se encontraron antecedentes e información al respecto.

Amenaza geológica: el predio se encuentra ubicado en la capa municipal de peligro dentro de la franja de peligro geológico medio.

Amenaza químico tecnológico: debido al paso de las líneas aéreas de energía, se deberá respetar del derecho de vía señalado en la carta urbana del municipio.

Amenaza sociorganizativa: por encontrarse marcada una franja de conservación ecológica clasificada como 2, donde la lotificación mínima es de 2 habitantes por hectárea; así también por su ubicación, en una vía rápida como lo es el libramiento norte poniente.

Una vez identificados los peligros a que está expuesto el predio, se realiza la visita de campo, se recopilan las fotografías y los datos relevantes del sitio.

Reporte fotográfico.- Aporta datos para describir las principales características del predio y del entorno, a partir de las fotografías 1 a la 8, se presentan algunas.



1. Vista general del predio



2. Trazo del libramiento norte poniente



3. Colindancia norte del predio



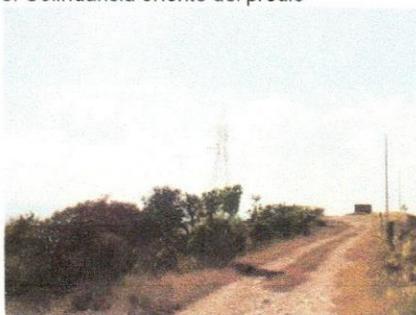
4. Colindancia poniente del predio



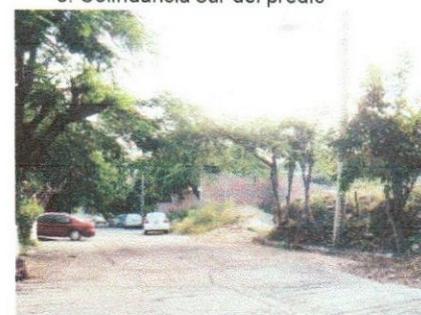
5. Colindancia oriente del predio



6. Colindancia sur del predio



7. Vista del trazo de la línea de alta tensión



8. Calle Grijalva, Colonia Los Electricistas

Observaciones que se levantaron al momento de la inspección:

- ✓ *El predio al momento de la visita de inspección física no se encuentra con uso alguno.*
- ✓ *Dentro del polígono del predio se presenta suelo ladeado con pendiente del 24.70 % hacia la colindancia sur del predio.*
- ✓ *Se encuentra delimitado el predio sobre las colindancias norte con libramiento norte; al sur con propiedad privada; al oriente con propiedad privada y al poniente con propiedad privada.*
- ✓ *En la parte sur del predio se localizan las colonias de los Electricistas y Paraíso Ojo de Agua, así como las instalaciones de la Plaza de las Américas.*
- ✓ *El predio cuenta con infraestructura de servicios de energía eléctrica, agua potable y red sanitario y alcantarillado; alumbrado, transporte Público, telefonía celular y local.*
- ✓ *Se observa el trazo de las líneas de Alta Tensión de C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), que cruzan al predio sobre la colindancia norte-poniente.*
- ✓ *Dentro del recorrido se aprecia en la parte Norte del predio un carril de paso viejo de la línea de agua potable llamado "Brazo Norte" y otro carril de paso nuevo más abajo que el anterior, convergiendo en el vértice de la colindancia norte-oriente del predio.*
- ✓ *En el vértice de la colindancia sur-poniente se localiza un tanque de almacenamiento de agua que alimenta algunos asentamientos humanos en la parte baja del predio.*
- ✓ *Dentro del recorrido se observan obras de ampliación de vialidades en la parte oriente del predio y colocación de tubo de alimentación de agua potable por parte de una empresa constructora.*

Con las observaciones y la cartografía consultada la dependencia correspondiente determinó las vulnerabilidades del predio.

Con los peligros identificados, las observaciones realizadas y teniendo como base el cuadro 3 de la página 17, se determinó el nivel de riesgo de manera cualitativa:

"En consecuencia, y con relación a lo identificado visualmente durante el recorrido en el predio innominado ubicado en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; con una superficie de 2.4-6.72-0.027 Hectáreas, propuesto para lotificación y uso habitacional; se resumen los fenómenos a que se encuentra expuesto el sitio.

*Fenómenos sociorganizativos: por el uso de tipo habitacional y por su ubicación al margen de la vialidad rápida del libramiento norte poniente, deberá dejar áreas de amortiguamiento para garantizar y salvaguardar las vidas de las personas que habiten dicho predio y así mismo, respetar los límites de la vía federal como área de derecho de vía de acuerdo a las normas y reglamentos de la Secretaría de Transporte. Se determina **vulnerabilidad media**.*

*Considerando la existencia de vulnerabilidad a fenómeno hidrológicos aunada a las condiciones físicas y geográficas del predio y el entorno; se determina de **vulnerabilidad alta** debido a que en un principio no se considera un proyecto con obras para el desalojo de aguas superficiales que se pueden generar por escorrentías pluviales.*

*Respecto a los fenómenos geológicos se determina como **vulnerabilidad media** ante evento sísmico por estar en la franja "C" (Según la regionalización sísmica de la República Mexicana C.F.E.) por el uso que se le pretende dar y debido a que no se presenta estudios previos como el de mecánica de suelos donde se consideren los parámetros de resistencia del suelo para el diseño del desplante de las viviendas".*

El instituto de protección civil analizó el predio y lo determina como de **Riesgo Alto**; dando énfasis a la siguiente aclaración:

*"Pudiendo reducirse a **Riesgo Medio**, siempre y cuando se efectúen antes de desplantar las viviendas, las acciones y obras de prevención-protección, y se acate estrictamente lo dispuesto en las obligaciones del presente documento; Por lo que deberán acatar en su totalidad las obligaciones y restricciones que se emiten, debiendo ser ejecutadas de forma inmediata por el predio innominado, por parte de las partes interesadas y los que intervengan en el presente".*

En este caso se determinó el nivel de riesgo como alto, pero condicionado a presentar evidencias y/o estudios que a consideración del instituto puedan mitigar estos riesgos, las vulnerabilidades a que puede ser susceptible el predio pueden ser reducidas siempre y cuando se planeen y ejecuten las obras de prevención necesarias. Derivado del párrafo anterior, el instituto enlista una serie de acciones obligatorias dirigidas al solicitante o propietario del predio, a las que debe darle cumplimiento.

Acciones de carácter obligatorio que a juicio del Instituto de protección civil deberán cumplir para continuar con los trámites:

- *Con el objeto de minimizar las escorrentías pluviales se deberá considerar las respectivas obras necesarias de prevención, protección y mitigación por parte del propietario del predio, dentro y fuera del predio referido.*

- *Deberá de contar con un estudio de mecánica de suelos en caso de existir un desarrollo urbano de viviendas, para determinar el tipo de estructura que se empleará en las plataformas de las viviendas, además de establecer las obras preventivas para evitar la desestabilización de la ladera.*
- *Deberá respetar las disposiciones que emanen las leyes y reglamentos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) sobre las áreas de amortiguamiento de derecho de vía federal de la vialidad del libramiento norte Poniente para el acceso al predio "Innominado" y áreas verdes, para prevenir y proteger a los colonos que habiten en este predio.*
- *Deberán establecer áreas verdes dentro del proyecto del plano de lotificación y en el desarrollo urbano habitacional a futuro, de acuerdo a las disposiciones establecidas en el reglamento de construcción y servicios urbanos; Además de considerar la ley de Fraccionamientos del Estado.*
- *El propietario del predio deberá considerar y realizar un carril de desaceleración para el acceso al predio, ya que esta vialidad se considera una vía rápida.*
- *Deberá el propietario tramitar el estudio de Impacto Ambiental ante la Secretaría de Medio Ambiente Vivienda e Historia Natural (SEMAVIHN).*
- *El propietario deberá considerar que debido al trazo de la línea de Alta Tensión que cruza por la parte nor-poniente del predio, comprometerse a respetar la normativa vigente de la Comisión Federal de Electricidad, así mismo como cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999.*
- *El propietario deberá respetar los lineamientos y derechos de servidumbre de paso de las líneas de conducción de agua potable denominado "Brazo Norte" del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado dentro del área que comprende el Predio en referencia (Dictamen SMAPA No. G.G. /DP y DI/0245/10, DE FECHA 19 DE Marzo de 2010).*
- *El H. Ayuntamiento Municipal deberá de proporcionar factibilidad de dotación del servicio de alcantarillado sanitario (drenaje), apegado a las normas y leyes que emana el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA).*

Con estos puntos marcados como obligatorios, el propietario o fraccionador deberá presupuestar los estudios, las obras y determinar la viabilidad económica del proyecto, es decir, si las obras de drenaje o estabilización de taludes, por citar un ejemplo incrementan el costo de la inversión y sobre todo son soluciones óptimas que mitigan los riesgos identificados.

Posteriormente, una vez realizados dichos estudios y trámites solicitados, el solicitante deberá presentar evidencias del cumplimiento de las obligaciones para

análisis y visto bueno de la autoridad competente (Instituto de protección civil, H. Ayuntamiento municipal, etc.):

- ❖ *Estudio de mecánica de suelos, realizado y avalado por el Ing. Vicente Meléndez López, de fecha Septiembre del 2010.*
- ❖ *Factibilidad de cambio de uso de suelo de terrenos forestales a habitacional por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), mediante Oficio No. DF/SGPA/UARRN/1124/2011, de fecha 22 de Marzo del 2011.*
- ❖ *Memoria de cálculo y diseño estructural de muros de contención de mampostería y viviendas habitacionales, avalado por el Ing. Roger Mancilla Domínguez, de fecha Marzo del 2011.*
- ❖ *Actualización de la factibilidad de uso del suelo, por parte de la Secretaría de Obras Públicas y Desarrollo Urbano Municipal, con número de oficio SOPyDU/DOT/DFyV/AF/1129/2011 – AF-US-010-2010, de fecha 05 de abril del presente año.*
- ❖ *Factibilidad de la dotación del servicio por parte de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), de fecha 25 de Agosto del 2010.*
- ❖ *Anexan los siguientes planos: Topográfico; vialidades; manzanero y siembra de vivienda; plataformas; sección transversal de vialidades; perfil longitudinal; drenaje pluvial y detalles.*
- ❖ *Documento de compromiso responsivo a soluciones técnicas que este expuesto el Fraccionamiento, por parte del Director Responsable de Obra No. 1053 y el apoderado legal de la empresa solicitante.*

Se distingue que si bien se cumple con un 70% de las obligaciones, el instituto revisa esta información y la contenida en los planos presentados, realiza una nueva verificación física del lugar y emite nuevamente las siguientes observaciones:

- ✓ Dentro de las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, es considerar la ejecución de pruebas de laboratorio durante el proceso de la construcción de la obra para asegurar la calidad de los materiales como los procedimientos constructivos.
- ✓ Contemplar la construcción de obras de drenaje para captar las aguas pluviales y filtraciones que puedan afectar el buen funcionamiento de la obra.
- ✓ La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) autoriza el cambio de uso de suelo haciendo mención en uno de sus términos, que al finalizar las actividades de construcción del proyecto denominado "Fraccionamiento" deberá llevar a cabo un programa de reforestación con especies propias de la zona dentro de las áreas verdes

del fraccionamiento; Así como obras y prácticas que actúen como medidas preventivas para disminuir los problemas de escorrentías de agua y la erosión y que como consecuencia mejoren e incrementen la infiltración y la resistencia del suelo al arrastre por el agua o por el viento.

- ✓ Dentro de la memoria descriptiva estructural de la construcción de viviendas y muros de contención para las viviendas, recomienda una supervisión estricta en la obra y cualquier modificación al proyecto deberá ser autorizado por el estructurista, antes de su construcción.
- ✓ La actualización de la factibilidad de uso del suelo autorizada por la Secretaría de Obras Públicas y Desarrollo Urbano Municipal menciona que deberá realizar las obras necesarias en las cuales se conducirán los escurrimientos pluviales dentro del fraccionamiento, hasta desembocar al afluente más cercano, debido a que no existe un canal pluvial donde se puedan desembocar dichos escurrimientos.
- ✓ Al momento de la revisión y análisis del proyecto de drenes de captación pluvial se considera que los escurrimientos de agua no es factible descargarlos sobre las vialidades pertenecientes al fraccionamiento "Paraíso Ojo de Agua", ubicado en la colindancia sur del predio en mención y a la vez se encuentra a un nivel más bajo, por lo que el apoderado legal y el Director Responsable de Obra (D.R.O.) se comprometen a cumplir y desarrollar un proyecto de obra preventiva donde descarguen las aguas pluviales hacia un canal o afluente, de tal manera que no afecten la infraestructura con que actualmente cuenta el fraccionamiento "Paraíso Ojo de Agua".
- ✓ De acuerdo a la factibilidad de servicio otorgado por la Gerencia General del Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA), es responsabilidad y obligación de cumplir y hacer respetar el derecho de servidumbre del brazo norte existente dentro del proyecto denominado "Fraccionamiento".

Finalmente resuelve, de acuerdo a la documentación y evidencias presentadas, disminuir el riesgo alto a medio, de la siguiente manera:

*"Se considera como vulnerable ante fenómeno natural tipo hidrológico por los escurrimientos de aguas pluviales; conforme a la presentación del proyecto, análisis y estudio de las captaciones de las aguas a drenes pluviales, con descargas absorbidas en canales a cielo abierto, en grandes volúmenes de agua producido por los escurrimientos superficiales de las vialidades del fraccionamiento, conducidos hacia el afluente más cercano ubicado al oriente del predio en comento; Por tal se considera de **Riesgo Medio**; Así mismo considerando la existencia de vulnerabilidad Media ante evento sísmico por estar en la franja "C" (Según la regionalización sísmica de la República Mexicana C.F.E. y CENAPRED) por el uso que se le pretende dar; se determina como de*

Riesgo Medio; Por lo que deberán acatar en su totalidad las Obligaciones y restricciones que se emiten, debiendo ser ejecutadas de forma inmediata, por parte de los interesados y los que intervengan en el presente”.

Como se puede observar una de las soluciones que consiste en encauzar y verter finalmente los escurrimientos sin afectar a terceras personas. Sin embargo condiciona nuevamente y otorga responsabilidades a los Directores Responsables de Obra, a los propietarios y a los habitantes del fraccionamiento, por lo que es importante dar a conocer esta información con los habitantes del mismo e ir integrando este proceso para contribuir así a la reducción de los riesgos:

- ❖ El Director Responsable de Obra (D.R.O.) deberá de asegurar de que tanto el proyecto denominado “Fraccionamiento”, como los documentos y planos ejecutivos anexos entregados a Instituto de Protección Civil, para la valoración y revisión de la misma como de la obra propia, cumplan con lo establecido en los Ordenamientos y disposiciones a que se refiere la Ley de Fraccionamientos y la Ley de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Chiapas y su Reglamento.
- ❖ Es responsabilidad y Obligación del H. Ayuntamiento Constitucional Municipal y el Director Responsable de Obra (D.R.O.) llevar a cabo la supervisión del desarrollo del proyecto denominado “Fraccionamiento”, con los cumplimientos y observancia que señalan en el Reglamento de Construcción, para regular el desarrollo urbano, planificación, seguridad, estabilidad e higiene de las construcciones de las viviendas.
- ❖ El H. Ayuntamiento Municipal en coordinación con el Director Responsable de Obra (D.R.O.), deberán de analizar, evaluar y autorizar el nuevo proyecto del trazo de las tuberías de los drenes de captación de agua pluvial con dirección de flujo de norte a sur, provenientes del predio denominado “Fraccionamiento” descargándolos hacia un afluente cercano que se ubica en la parte oriente del predio en comento, considerando no afecte a fraccionamientos y colonias que se sitúan en la parte baja del predio, con salida al Río Sabinal.
- ❖ El Director Responsable de Obra (D.R.O.) deberá de considerar en el proyecto ejecutivo y al momento del proceso del desarrollo del fraccionamiento, prever una clara señalización en todo el fraccionamiento denominado “Fraccionamiento”, destinados para uso de personas con un grado de discapacidad o capacidades diferentes, respetando lineamientos en aspectos de senderos peatonales, señalización, simbología en la señalización, circulaciones verticales y estacionamientos.
- ❖ El Apoderado Legal y el Director Responsable de Obra (D.R.O.) del proyecto denominado “Fraccionamiento”, deberán realizar el programa interno de protección civil que describa la manera en que se coordinarán ante la ocurrencia de cualquier contingencia del Proyecto, que a su vez deberán remitir a este Instituto de Protección Civil para su análisis y

aprobación en el cual se deberá determinar un refugio temporal en caso de emergencia por fenómeno perturbador, al momento de efectuar la desocupación y reubicación.

- ❖ En materia de Protección Civil, el apoderado legal deberá conformar la unidad interna de protección civil (Plan de contingencias), mismo que deberá ser remitido a este instituto para su revisión y aprobación.
- ❖ Una vez aprobado el Programa interno de protección civil, se deberán realizar simulacros periódicos, dando el seguimiento hasta la aplicación óptima operativa que mitigue los riesgos identificados y analizados en el mismo; mediante la supervisión operativa de la Unidad Municipal de Protección Civil.
- ❖ El Fraccionamiento, deberá contar con señalamientos en materia de Protección Civil, ruta de evacuación, zonas de seguridad, puntos de reunión, salidas de emergencia, extintores, botiquín... etc. de acuerdo a norma oficial mexicana NOM-003-SEGOB/2002, señalamiento y avisos.
- ❖ El Fraccionamiento, deberá contar con un sistema de alertamiento acústico-visual, para efectuar simulacros y en caso de ser necesario efectuar evacuaciones preventivas ante la ocurrencia de un fenómeno perturbador, al momento de encontrarse en operación el proyecto a ejecutar.
- ❖ El apoderado legal deberá respetar las disposiciones que emanen las leyes y reglamentos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) sobre las áreas de amortiguamiento de derecho de vía federal de la vialidad del Libramiento Norte Poniente para el acceso al Fraccionamiento y áreas verdes, para prevenir y proteger a los habitantes que habiten en este fraccionamiento.
- ❖ Deberá el apoderado legal tramitar el estudio de Impacto Ambiental ante la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN) en la convicción de impulsar políticas que permitan el desarrollo sustentable y bienestar de los habitantes de los fraccionamientos y colonias mediante programas y acciones orientadas al fortalecimiento, conservación y mejoramiento del medio ambiente, ordenamiento ecológico y territorial.
- ❖ La omisión de cualquier obligación o restricción hace incrementar el riesgo existente de **Medio a Alto**.

El fraccionamiento fue autorizado y construido, actualmente se puede observar la imagen satelital de la siguiente manera, ver figura 24:



Figura 24. Vista en planta del desarrollo habitacional actualmente construido.

Con fecha junio del 2014 se realiza el recorrido para constatar si fueron construidas las obras de prevención que se planearon, el funcionamiento de las mismas y las condiciones actuales del fraccionamiento:

Reporte fotográfico:



1. Canalización de escurrimientos pluviales



2. Obras de drenaje pluvial



3. Drenes en los muros de contención



4. Reductor vial



5. Pozo de visita ubicado en la colindancia sur



6. Línea de alta tensión fuera del fraccionamiento



7. Parte posterior del fraccionamiento, sobre Calle Grijalva

El ejemplo práctico visualiza claramente el proceso, en caso de no haber un mayor riesgo que determine la imposibilidad de construir un nuevo desarrollo habitacional, planear antes de construir, con la visión y percepción del riesgo previene situaciones que pueden implicar un mayor costo de inversión o situaciones de emergencias. Es aquí donde radica la importancia de orientar a la población a la práctica del presente manual.

6. CONCLUSIONES

Este manual hace el recuento de la legislación que se debe cumplir, la información existente y de las herramientas de las que la autoridad competente dispone y propone, respecto a las acciones de mitigación y reducción del riesgo ante el impacto de fenómenos hidrometeorológicos; con la finalidad de guiar al desarrollador de viviendas la manera de cómo integrar - participar en el análisis de la información en la elección del sitio para establecer un nuevo desarrollo habitacional.

Indica la importancia de la participación de las partes implicadas (propietario, constructor y dependencias involucradas) para demostrar que entre menos restricciones se cuente en el sitio, serán menos las obras de prevención que habrán de proyectarse. Esto en ocasiones no se planea desde la concepción del proyecto, por falta de presupuesto, por la falta de cultura de la prevención y percepción del riesgo.

Por citar, el cambio que ha habido en la percepción del riesgo, del año 2006 al 2011 sólo se requerían los análisis de riesgos previos a la construcción de alguna obra cuando se consideraba podría impactar a la zona, ejemplo las ciudades rurales, las estaciones de servicio gasolineras, y los asentamientos humanos ya establecidos que sufrían algunas afectaciones, un porcentaje mínimo correspondía al establecimiento de nuevos fraccionamientos y aunque se determinaban algunas recomendaciones que podían mitigar los riesgos existentes, se hacían de manera general en la mayor parte de los casos no se implementaban estas obras como parte del proyecto, por lo que siguieron presentándose daños y afectaciones en algunas zonas del estado.

Sin embargo a partir del año 2012, la ley general de protección civil ha dado énfasis e importancia el realizar el análisis de identificación de riesgos previos a la construcción de cualquier obra pública o privada en el estado, en este sentido, actualmente es requisito indispensable, cumpliendo así con la ley estatal de protección civil e implementando la cultura y enfoque preventivo en el ámbito de la construcción.

Al realizar las propuestas de las acciones estructurales y no estructurales adicionales que pueda requerir el proyecto propuesto, se visualiza el tiempo que se requerirá para realizar la tramitología y gestiones para las obras de prevención necesarias, esto con el fin de dar seguridad y certeza a la población que invertirá en la adquisición de dichas viviendas, así como también reducir la necesidad de ayuda de emergencia en caso de la incidencia del fenómeno perturbador.

BIBLIOGRAFIA:

Alois Kohler, S. Jülich, L. Bloemertz, Eschborn, (2004): Manual el análisis de riesgo, una base para la gestión de riesgos de desastres naturales.

Cardona, Omar Darío (1993): Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo, en: Los desastres no son naturales, A. Maskrey (compilador). LA RED, Tercer Mundo Editores, Bogotá. www.desenredando.org

Cenapred (2001): Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México.

Cenapred. Salas Salinas (2011): Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas.

Cenapred (2012): Inundaciones. Serie Fascículos.

COSUDE-Ayuda Humanitaria y Cuerpo Suizo de Ayuda Humanitaria. Nicaragua (2002): Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales, Guía para el especialista.

Departamento Nacional de Planeación (2005): Guía Ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. Bogotá Colombia.

Instituto de protección civil para el manejo integral de riesgos de desastres (2010) Dictamen de seguridad DS- 008/2010.

Instituto de protección civil para el manejo integral de riesgos de desastres (2011) Dictamen de seguridad DS- 004/2011.

Instituto de protección civil para el manejo integral de riesgos de desastres (2012): La protección civil en Chiapas.

Muciño Porras (2005): Compatibilidad del desarrollo regional con la gestión del Territorio, investigación del año sabático Agosto 2004 – Julio 2005. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ingeniería Cuerpo Académico de Hidráulica – Ambiental.

Velázquez Bejarano (2006): Guía metodológica para proyectos de protección y/o control de inundaciones en áreas agrícolas o urbanas.

Wilches-Chaux, Gustavo (1993): La vulnerabilidad global. LA RED. www.desenredando.org

MODULO II. MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS Y DESARROLLO SUSTENTABLE

1. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son instalaciones en las que estas aguas son transportadas por las redes de colectores de alcantarillado para ser tratadas y reducir la cantidad de sustancias contaminantes y de organismos dañinos para la salud humana y para el ambiente.

Estas instalaciones son estructuras que almacenan las aguas residuales por un período determinado de tiempo, durante el cual, como se mencionó, por acciones químicas, físicas y biológicas naturales, se reduce el potencial contaminante a un nivel aceptable por el ambiente y la normatividad oficial.

En la selección de un sistema de depuración para una pequeña localidad, deben priorizarse aquellas tecnologías que cumplan con los siguientes criterios:

- Requerir un gasto de energía mínimo o nulo.
- Contar con procedimientos simples de operación y mantenimiento.
- Garantizar un funcionamiento establecimiento y eficaz frente a variaciones amplias de caudal y cargas orgánicas (fenómenos comunes en pequeñas localidades).
- Simplificar el manejo de lodos generados en el proceso.

Entre las tecnologías que satisfacen estos criterios se encuentran las lagunas de estabilización, los filtros verdes y los procesos anaeróbicos tales como filtros anaerobios y reactores anaeróbicos de Flujo Ascendente (RAFA).

Las tecnologías que se documentan a continuación son:

- Lagunas de estabilización
- Filtros verdes
- Biofiltros
- Filtros de turba
- Contactores biológicos rotativos.

1.1 LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Las lagunas de estabilización son una opción viable para el tratamiento de aguas residuales en países en desarrollo; los costos de operación son bajos, se garantiza la remoción de la materia orgánica, demanda bioquímica de oxígeno DBO5 y coliformes fecales con unidades de número más probable NMP/100 mL.

En el tratamiento de aguas residuales la materia orgánica se refiere a todos los contaminantes que provengan de organismos vivos. La demanda bioquímica de oxígeno, es la cantidad de oxígeno utilizado en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica durante cinco días a 20 °C.

Normalmente se expresa en términos de concentración; se usa como medida para dimensionar las lagunas de estabilización, determinar la eficacia de una planta de tratamiento de aguas residuales y el daño que un efluente puede causar al río donde se descarga. Las bacterias de coliformes fecales se encuentran en el sistema digestivo de humanos y animales. Su presencia en el agua indica la posibilidad de que existan organismos dañinos (causan enfermedades).

Una laguna es básicamente una excavación, compactación y construcción de bordos, con el fin de almacenar agua residual por un tiempo determinado, lo anterior con el propósito de obtener efluentes de acuerdo con lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, ésta señala los límites máximos permisibles de contaminantes que pueden ser descargados en los diferentes cuerpos receptores (figura 1).

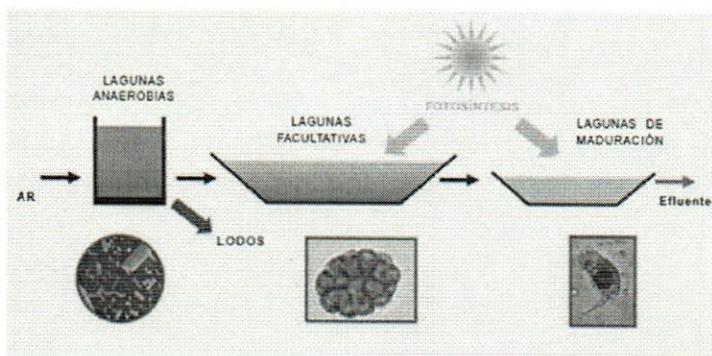


Figura 1.- Esquema de un sistema de tratamiento por lagunas

Lagunas Anaerobias.- Los virus, bacterias, protozoarios y huevos de helminto se decantan; una vez en el lodo, el proceso anaeróbico de la materia orgánica se encarga de eliminar a estos microorganismos. La mortandad depende en gran

medida del tiempo de retención hidráulico; el tratamiento se realiza sin oxígeno disuelto y la profundidad recomendada para este tipo de lagunas es de 2.5 a 5 m.

Lagunas Facultativas.- Presenta condiciones anaerobias en la parte inferior, una zona facultativa intermedia, y una capa aerobia en la parte superior. El tratamiento del agua residual es más complejo. Influyen factores importantes en el proceso: radiación solar, sedimentación, potencial de hidrógeno elevado, altas concentraciones de oxígeno disuelto y tiempo de retención hidráulico entre otras. La profundidad que se recomienda para este tipo de lagunas es de 1.5 a 2 m.

La existencia de nutrientes en el agua residual, por ejemplo: nitrógeno, fósforo y carbono favorecen el desarrollo de algas; éstas producen oxígeno disuelto a través de la fotosíntesis. El oxígeno es utilizado por las bacterias aerobias para realizar la oxidación de la materia orgánica. Luego, las bacterias producen gas carbónico, mismo que es utilizado por las algas. Existe pues una relación simbiótica entre bacterias y algas.

Lagunas de Maduración.- La principal función es la muerte de los organismos patógenos. El tratamiento se lleva a cabo en condiciones aeróbicas. La profundidad que se considera en el diseño es de 0.90 a 1.5 m.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|
| El sistema opera sin consumo energético | Requiere de amplias áreas de terreno para su implementación |
| No existe avería de carácter electromecánico. | Estrecha dependencia de las condiciones climáticas |
| Sencillez operativa. | En el caso de las lagunas anaerobias pueden desprenderse olores desagradables. |
| Estabilidad de operación, lo que permite una fácil adaptación a cambios de caudal y de carga orgánica. | Pérdidas de agua por evaporación. |
| Escasa producción de fangos ya estabilizados. | Se observan elevadas concentraciones de sólidos en suspensión en el afluente. |
| Alto poder de reducción de microorganismos patógenos (permite la reutilización de las aguas depuradas) | Existe riesgo de contaminación de acuíferos. |

Para la operación y mantenimiento de este tipo de plantas es necesario contar con personal capacitado, así como asistencia técnica externa que permita a las entidades operadoras de los servicios manejar con propiedad el proceso de depuración de aguas residuales. Igualmente debe destinarse cierta cantidad de

recursos para labores de mantenimiento como limpieza, deshierbe y control del crecimiento de algas.

1.2 FILTROS VERDES

Consisten en la aplicación de un caudal controlado de agua residual sobre la superficie del terreno, donde previamente se ha instalado una masa forestal o cultivo. El agua se aplica al terreno mediante riego a manta o a través de surcos y da como resultado una depuración del efluente, el crecimiento de las especies vegetales generalmente arbóreas maderables y la recarga artificial de los acuíferos. La suma de estos factores generan un beneficio económico producido por la venta de la madera producida, a esto debemos añadir la reversibilidad en el terreno con este tipo de tratamiento, el cual propicia una serie de ventajas en su aplicación.

Las especies vegetales a implantar deberán tener una importante capacidad de asimilación de nutrientes, rápido crecimiento, gran consumo de agua por transpiración, tolerancia a los suelos húmedos, escasa sensibilidad a los componentes del agua residual y unas mínimas exigencias de explotación.

La depuración se realiza mediante la acción conjunta del suelo, los microorganismos y las plantas por medio de una triple acción: física (filtración), química (intercambio iónico, precipitación y, fenómenos de óxido-reducción) y biológica (degradación de la materia orgánica). Esta depuración tiene lugar en los horizontes superiores del terreno donde se encuentra una capa biológica activa (figura 2).

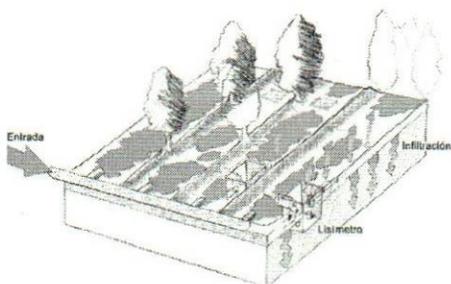


Figura 2.- Esquema de un sistema de tratamiento con filtros verdes.

El agua influente debe de someterse a un proceso de pretratamiento y un sistema de sedimentación previo. Los filtros verdes no hacen posible la utilización posterior del agua, debido a que es consumida por la vegetación y retomada en forma de vapor a la atmósfera (transpiración). La que no es aprovechada por la biomasa

forestal, se evapora o se percola horizontal o verticalmente en el suelo. Por la razón de contar con un suelo muy permeable podría provocarse la contaminación de las aguas subterráneas. Es necesario controlar la calidad del agua que se infiltra tomando muestras a distintas profundidades, para eso se instala en la parcela un red de lisímetros.

En operación, deben alimentarse las parcelas de manera intermitente (cada 4 a 10 días), dependiendo de la cantidad de lluvias en cada época del año. El caudal de alimentación oscila entre 20 y 60 m³ de aguas residuales por hectárea y por día (m³/ha*d).

Para la instalación de un filtro verde se requieren algunas condiciones relacionadas con el terreno y el agua residual:

- Terrenos con características de permeabilidad y granulometría determinadas. Los más idóneos son los terrenos franco-arcillosos y franco-arenosos.
- Nivel piezométrico a más de 1,5 m de la superficie (aunque generalmente este valor debe ser aumentado al doble o triple).
- Superficie del orden de 1 ha por cada 250 habitantes, lo que es igual a 40 m²/hab, que variará de 10 a 90 m²/hab dependiendo de la climatología y de las características hidrogeológicas de la zona.
- El efluente no debe contener sustancias nocivas para los cultivos.

El mantenimiento de un sistema de filtros verdes consiste en la limpieza del pretratamiento, eliminación de la costra que se forma en la capa superficial del terreno (gradeo), la poda de los árboles, rotación de las parcelas de riego, limpieza de los depósitos encargados de recoger la muestra, inspección de los troncos, hojas y ramas de los árboles para detectar posibles plagas, eliminación de las hierbas que crecen alrededor de los troncos de los árboles, etc.

| VENTAJAS: | DESVENTAJAS: |
|---|---|
| Fácil construcción y operación. | En clima frío se produce una parada vegetativa en el crecimiento de los cultivos instalados en el filtro disminuyendo el rendimiento de eliminación de contaminantes del sistema. |
| El mantenimiento puede realizarse con el fin de airearlo y retornar su permeabilidad cada 3 meses. | Debido a la disminución de los procesos de evapotranspiración se corre el riesgo de que pueda afectar al agua subterránea. |
| Inexistencia de averías por la carencia de equipos mecánicos. | Limitación de su aplicación en zonas de alta pluviosidad. |

| | |
|---|---|
| No existe consumo de energía eléctrica. | La exigencia de grandes áreas de terreno para la implantación del filtro verde. |
| Se integra de forma armónica en el medio natural. | No es aplicable a todos los suelos (depende de su capacidad de infiltración y de la profundidad del nivel freático) |
| Posibilidad de compensar algunos costos operativos con la venta de madera. | |
| No se producen lodos. | |
| Altos rendimientos de operación. | |
| Pueden asimilar bien caudales pico e incrementos de carga contaminantes. | |

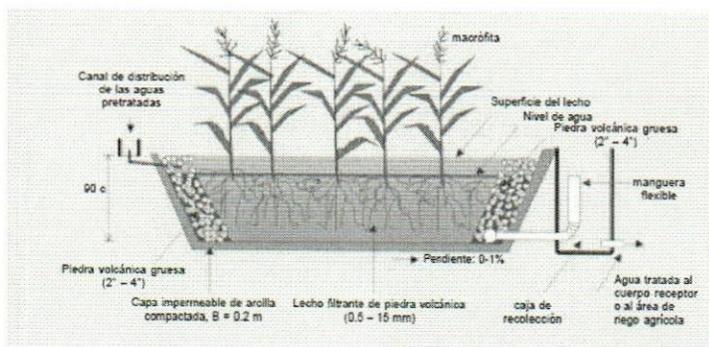
1.3. BIOFILTROS

Es un filtro biológico de grava o piedra volcánica, sembrado con plantas de pantano a través de las cuales circular aguas residuales pretratadas en un flujo horizontal o vertical. Las bacterias responsables de la degradación de la materia orgánica utilizan la superficie del lecho filtrante para la formación de una película bacteriana.

El uso de biofiltros requiere procesos previos de tratamiento que garanticen una efectiva remoción de los sólidos suspendidos, con el fin de evitar la obstrucción del lecho filtrante. Estos procesos preliminares pueden consistir en una rejilla, seguida de un desarenador y de unidades de sedimentación, como un tanque imhoff o un tanque séptico (figura 3).

El tratamiento biológico dentro del lecho filtrante es del tipo facultativo, lo que significa que en el cuerpo del filtro existen zonas con y sin oxígeno. Las raíces de las plantas permiten el paso del aire de la atmósfera al subsuelo, con lo cual se agrega oxígeno al agua y se establece una población de bacterias aeróbicas capaces de descomponer la materia orgánica. Las aguas provenientes del tanque imhoff o cámara séptica se distribuyen uniformemente sobre toda la superficie del lecho filtrante y se infiltran hacia la zona de recolección del agua. El intervalo de alimentación del agua al filtro debe ser lo suficientemente amplio para permitir que toda el agua se haya infiltrado y los espacios vacíos del lecho hayan sido ocupados por aire. Una vez instalado y operado adecuadamente, un biofiltro puede tener una vida útil prolongada en tanto exista un equilibrio entre el crecimiento y la muerte de las plantas y la reproducción de la masa bacteriana.

Las plantas a sembrarse pueden ser seleccionadas según el tipo de contaminante que se desea reducir en las aguas residuales. Se ha comprobado la efectividad de plantas como el platanillo, zacate taiwan, carrizo y tule (figura 4).



Fuente: CIBMA-UNI, Proyecto AGTEC

Figura 3.- Sección de un filtro biológico de flujo horizontal

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|---|
| El sistema opera sin ningún consumo energético | Se requiere un área amplia para su implantación |
| Inexistencia de averías al carecer de equipos electromecánicos. | Se generan lodos en el tratamiento primario. |
| Sencillez operativa. | |
| Perfecta integración en el medio rural. | |
| Producción de biomasa vegetal (50 a 70 toneladas de materia seca / hectárea año) | |

Las actividades de operación y mantenimiento son sencillas y de bajo costo para cada etapa de tratamiento. Rejilla y desarenador requieren limpieza semanal de sólidos gruesos y material sedimentado usando pala y carretilla; para el tanque imhoff, la remoción de nata flotante se realiza una vez al mes usando pala y carretilla, y de los lodos sedimentados una vez al año mediante el tubo de purga instalado. Biofiltro: implica el corte de las plantas sembradas en la superficie mediante el uso del machete, en función de su ciclo de crecimiento. Reposición del primer metro de lecho filtrante cuando se note un flujo superficial de agua (cada dos o tres años).

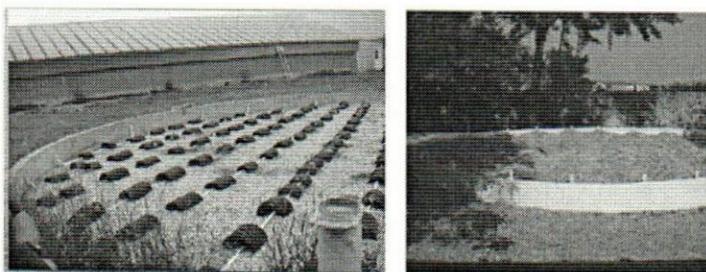


Figura 4.- Sistema de Biofiltros

1.4. FILTROS DE TURBA

Los filtros de turba constituyen otra alternativa ecológica para la depuración de aguas residuales en pequeñas localidades. La tecnología consiste en un sistema de aplicación del agua residual en filtros, compuestos por turba y arena, sobre una capa – soporte de grava. La capa de turba debe ser cambiada periódicamente, cada seis a ocho años de operación. La superficie requerida es de 1 m² de filtro por habitante equivalente.

Los filtros de turba se basan en hacer pasar el agua residual a través de un lecho de turba (40-50 cm de espesor), que está asentado sobre un sistema drenante de arena (granos entre 0.5-4 mm de diámetro y un espesor de 10-15 cm) y grava (granos entre 6-15 mm de diámetro y un espesor de 10-15 cm). Es en este lecho de turba donde se realiza la acción depuradora mientras que el resto de los estratos empleados se usan como soporte de las capas superiores (figura 5 y 6).

El agua se filtra a través de este lecho de turba durante un periodo de 10 días aproximadamente, posteriormente se procede a la retirada de la costra que se ha formado en la superficie; dejar un periodo de recuperación de 20 días antes de volver a iniciar el ciclo de aplicación. Este método de depuración de aguas residuales requiere de superficies entre 0.6-1 m²/hab, no debiendo de superar la superficie total de cada lecho los 200 m². Conviene contar al menos con tres lechos en paralelo.

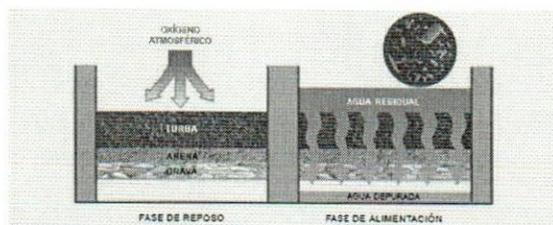


Figura 5. Sección horizontal de un filtro de turba

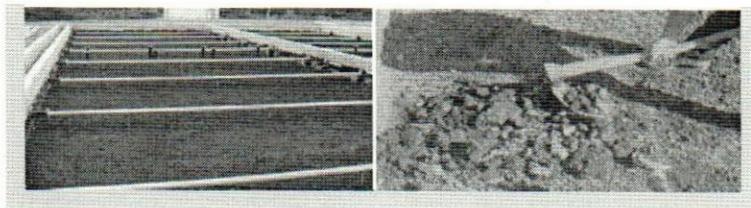


Figura 6. Filtros de turba en Andalucía, España

El efluente se recoge a través de un dispositivo de drenaje (sistema de tuberías) situado en la base del sistema. El terreno donde se asienta cada lecho debe de

ser impermeable para garantizar que no se contaminen las aguas subterráneas, en caso contrario hay que recurrir a la impermeabilización. Lo normal es que estos filtros se construyan excavándose en el terreno, cuyas paredes y solera se construye de hormigón o pvc. La configuración de los filtros suele ser rectangular y la solera presenta una pendiente entre 1-2%. El sistema de reparto de agua en la superficie de la turba debe ser lo más homogénea posible, se usan tuberías perforadas de plástico o metálicas que se desconectan para dejar toda la superficie de la turba libre y facilitar las operaciones de regeneración.

La turba es un tipo de humus (materia orgánica parcialmente degradada de origen vegetal) que se forma en condiciones anaerobias propias de los medios saturados con agua. Bajo estas condiciones la gama y actividad de los microorganismos se ven reducidas, por lo que la descomposición y humificación de la materia orgánica se llevan a cabo con gran lentitud, alcanzándose notables acumulaciones de materia orgánica poco transformada.

La filtración a través de la turba está estrechamente ligada con la granulometría y porosidad de dicha turba. Las turbas oscuras presentan una granulometría más fina y altos contenidos en calcio y otros elementos minerales que potencian su capacidad de intercambio iónico, mientras que las turbas claras de granulometría más gruesa toleran velocidades de infiltración de aguas mayores, aunque su eficiencia es menor.

El proceso completo de los lechos de turba está formado por un pretratamiento (eliminación de grasas y tamizado 1-1.5 mm), tratamiento primario compuesto de una serie de filtros autolimpiables; tratamiento secundario formado por los propios lechos de turba, y, opcionalmente, tratamiento terciario, cuyo objeto es la eliminación de patógenos, sometiendo el efluente de los lechos a un lagunaje aerobio, o bien a una cloración.

Los lechos se disponen en varias unidades, estando unas en funcionamiento y otras en conservación, para su mantenimiento y aireación. Tras un período de funcionamiento, la superficie de los filtros en operación se va colmatando, disminuyendo su capacidad de filtración, por lo que es necesario detener su funcionamiento y poner en operación otros filtros, que hasta el momento permanecían en reposo.

El mantenimiento de los filtros de turba es muy sencillo, solo hay que rastrillar la superficie para eliminar la costra superficial que se forma en la turba. Se ha de mencionar que la turba necesita ser retirada y reemplazada cada 5-7 años, pudiendo ser aprovechada para fines agrícolas.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|
| El sistema opera sin ningún consumo energético | Depende de las condiciones pluviométricas que inciden sobre los tiempos necesarios para el secado de la costra superficial y, en consecuencia, afecta a la superficie necesaria de los lechos. |
| Inexistencia de averías al carecer de equipos electromecánicos. | Mayor necesidad de mano de obra que en otras tecnologías no convencionales, al tener que procederse al final de cada ciclo de filtración a la regeneración de los filtros agotados. |
| Sencillez operativa. | Necesidad de cambiar la turba cada seis a ocho años de operación. |
| No se generan lodos, sino una costra seca fácilmente manipulable. | Los efluentes suelen presentar una ligera coloración amarilla como consecuencia del arrastre de componentes de las propias turbas. |
| Gran capacidad para soportar las oscilaciones de caudal y carga de las aguas a tratar. | |
| No se requieren grandes terrenos para su implantación. | |
| Fácil construcción y operación. | |
| Alta descontaminación bacteriana. | |
| Las labores de mantenimiento son sencillas, por lo que no necesita de personal calificado, esto implica un menor costo. | |
| Buen comportamiento ante bajas temperaturas. | |

1.5. CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS (CBR)

Constituyen otra alternativa tecnológica para la depuración de aguas residuales e pequeñas localidades, a diferencia de los procesos descritos anteriormente, los CBR constituyen un equipo electro- mecánico que requiere energía para su funcionamiento (figura 7).

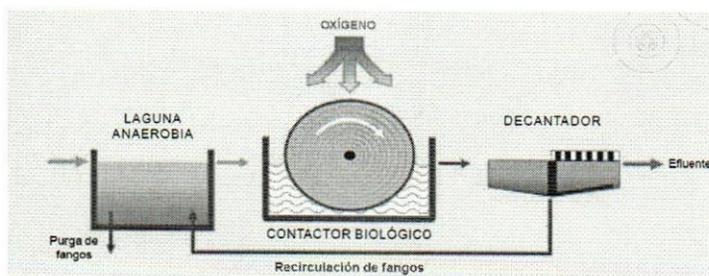


Figura 7.- Diagrama de un contactor biológico rotativo

La tecnología consta de una serie de procesos integrados por una laguna anaerobia que actúa como sedimentador y digestor de la materia orgánica sedimentable, seguida por el contactor biológico, que consiste en un disco circular conformado por numerosas láminas que incrementan su área superficial, el cual gira lentamente, y se encuentra parcialmente sumergido (aproximadamente 40% de su superficie) en el agua residual.

Los Contactores Biológicos Rotativos (CBR) son sistemas de tratamiento de aguas residuales, en los que los microorganismos se hallan adheridos a un material de soporte, que gira semisumergido (aproximadamente el 40% de su superficie) en el agua a depurar.

Al girar lentamente, el soporte expone su superficie alternativamente al agua y al aire; sobre el soporte se desarrolla, de forma natural y gradualmente, una película de biomasa bacteriana, que emplea como sustrato la materia orgánica soluble presente en el agua residual y, que toma el oxígeno necesario para su respiración del aire atmosférico, durante la fase en que el soporte se encuentra fuera del agua.

La cantidad de aire captado durante la fase de emersión del rotor, debe ser suficiente para cubrir el consumo por parte de los microorganismos de la biopelícula durante la fase de inmersión y para mantener las condiciones aerobias en el recinto que alberga al rotor. La biomasa presente en el tanque en el que se dispone el elemento rotor, que se mantiene en suspensión gracias al giro de éste, ejerce una contribución muy pequeña a los rendimientos de depuración que se alcanzan con la aplicación de los CBR. Se estima que un 90% de la biomasa activa se encuentra adherida al rotor.

El crecimiento de la biopelícula continúa hasta que llega un momento en que su espesor es tal (unos 5 mm), que se ve muy dificultada la difusión de oxígeno y sustrato hasta las capas bacterianas más profundas, produciéndose en estas zonas fermentaciones y burbujeo gaseoso, lo que produce su desprendimiento. Una vez desprendida una porción de película bacteriana comienza en ese lugar el crecimiento de nueva biomasa, repitiéndose el proceso indefinidamente, regulándose, de esta forma, el espesor de la biopelícula. La biomasa desprendida se separa de efluente depurado en la etapa de decantación, que sigue al tratamiento biológico.

Los CBR se recomiendan operen bajo cubierta para evitar daños en la biomasa adherida a los rotores por la acción de los agentes atmosféricos y para preservarla en caso de averías electromecánicas, que detengan el giro del rotor.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| CON RELACION A LAS TECNOLOGIAS CONVENCIONALES | CON RELACION A LAS TECNOLOGIAS NO CONVENCIONALES |
| Bajos requisitos de superficie para su implantación. | Costo elevado de instalación. |
| Menor consumo energético y bajo costo de operación. | Se requiere de mayor energía. |
| Operación simple (no existe control de nivel de oxígeno disuelto, medición de la concentración de sólidos en el reactor, etc.) | Posibilidad de averías electromecánicas. |
| Buen comportamiento ante la presencia de tóxicos, al alternar la biomasa su contacto con las aguas residuales y con la atmósfera. | Operación y mantenimiento más complejos. |
| Facilidad de construcción gradual, se puede efectuar la ampliación gradual del mismo en función de las necesidades de depuración. | Generación de lodos que deben estabilizarse (se simplifica con la combinación laguna anaerobia + CBR) |
| Al estar en recintos cubiertos, se mantiene una temperatura más elevada en el agua a depurar, por lo que los rendimientos se mejoran en los periodos fríos. | |
| Bajo nivel de ruidos por la escasa potencia instalada. | |

BIBLIOGRAFÍA.

Cortés Martínez. Diseño de lagunas de estabilización en serie con diferentes configuraciones. (Caso Comarca Lagunera Estado de Durango, México).

Memoria del simposio internacional (2004).Tecnologías alternativas para la provisión de servicios de agua y saneamiento en pequeñas localidades.

Revista de Arquitectura e Ingeniería. 2011, Vol.5 No.3.

Tech Universal Iberia Pol. Ind. La Bulilla - C/ Dobladoras, 8 - 03400 Villena (Alicante) España.

2. IMPACTO AMBIENTAL

2.1. DESCRIPCION DEL IMPACTO AMBIENTAL

La ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define al impacto ambiental como la "Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza". Un fenómeno natural como los huracanes o sismos también pueden provocar impactos ambientales, sin embargo el instrumento Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se refiere y orienta a los impactos ambientales que eventualmente podrían ser provocados por obras o actividades que se encuentran en etapa de proyecto (impactos potenciales), o sea que no han sido iniciadas.

Existen diversos tipos de impactos ambientales, pero fundamentalmente se pueden clasificar, de acuerdo a su origen, en los provocados por:

- El aprovechamiento de recursos naturales ya sean renovables, tales como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, tales como la extracción del petróleo o del carbón.
- Contaminación. Todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente.
- Ocupación del territorio. Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como desmonte, compactación del suelo y otras.

De la misma manera, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales realiza una clasificación del impacto ambiental en base al tiempo que dura se efecto en un lugar determinado:

| | |
|---------------------|---|
| Positivo o Negativo | En términos del efecto resultante en el ambiente. |
| Directo o Indirecto | Si es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción. |
| Acumulativo | Es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente. |

| | |
|---------------------------|--|
| Sinérgico | Se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales. |
| Residual | El que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación. |
| Temporal o Permanente | Si por un período determinado o es definitivo. |
| Reversible o Irreversible | Dependiendo de la posibilidad de regresar a las condiciones originales. |
| Continuo o Periódico | Dependiendo del período en que se manifieste. |

Para poder dictaminar el tipo de impacto es importante y fundamental el proceder a realizar su evaluación. De esa forma, se podrá determinar el impacto así como las medidas que necesariamente hay que tomar y también se dictaminará si se podrá recuperar del daño a corto, medio o largo plazo.

La evaluación de impacto ambiental es el análisis que lleva a cabo una empresa o un gobierno sobre las consecuencias predecibles de una actividad. Dicho análisis deriva en una declaración de impacto ambiental, que es la comunicación previa creada bajo determinados supuestos sobre las consecuencias predichas por la evaluación.

La evaluación del impacto ambiental está dirigida a efectuar estudios detallados de diversos proyectos de desarrollo y del sitio donde se pretenden realizar, con el propósito de identificar y cuantificar los impactos ambientales que puede ocasionar su ejecución. De esta manera es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto (análisis costo- beneficio ambiental) y, en su caso, determinar las condiciones para su ejecución y las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales que será necesario tomar para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Principales características de la evaluación del impacto ambiental:

- ❖ Es un instrumento que tiene un carácter preventivo.

- ❖ Se aplica en obras o actividades humanas.
- ❖ Su objetivo es prevenir los efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente que pudieran derivarse del desarrollo de una obra o actividad.
- ❖ Basa su efectividad en un análisis prospectivo-predictivo.
- ❖ Establece regulaciones a las obras o actividades sujetas a evaluación.
- ❖ Es un procedimiento integrador de diversas disciplinas científicas.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en la Sección V, Artículo 28 define la evaluación del impacto ambiental como el procedimiento a través del cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente.

Dicha Secretaría establece que quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental.

- I. Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carbo ductos y poliductos;
- II. Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;
- III. Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;
- IV. Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radiactivos;
- V. Aprovechamiento forestales en selvas tropicales y especies de difícil regeneración;
- VI. Derogado;
- VII. Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;
- VIII. Parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente riesgosas;
- IX. Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;

- X. Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;
- XI. Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;
- XII. Actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas, y
- XIII. Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente.

Sin embargo respecto a estas fracciones, el Artículo 31 de la ley mencionada estipula se requiere de un informe preventivo y no de una manifestación de impacto ambiental en los casos siguientes:

- I. Cuando existan Normas Oficiales Mexicanas u otras disposiciones que regulen las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y en general, todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades;
- II. Las obras o actividades de que se trate estén expresamente previstas por un plan parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico, o
- III. Cuando son instalaciones ubicadas en parques industriales.

Una vez presentado y analizado se determina si requiere o no la manifestación de impacto ambiental.

2.1.1 Metodologías de evaluación de impacto ambiental.

Estas metodologías están encaminadas a identificar, predecir y evaluar los impactos ambientales de los proyectos, y sus resultados deben ser complementadas, en la presentación de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), con la descripción del proyecto evaluado, el plan de manejo y el sistema de monitoreo a ser aplicado.

Se han desarrollado y empleado diversos métodos en el proceso de la evaluación del impacto ambiental, sin embargo ningún tipo por sí solo puede ser utilizado para

satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto, por lo tanto, el tema clave está en seleccionar adecuadamente los métodos más apropiados de acuerdo a las necesidades específicas de cada estudio.

Los métodos más usados tienden a ser los más sencillos, incluyendo analogías, listas de verificación, opiniones de expertos (dictámenes profesionales), cálculos de balance de masa y matrices, etc., las características deseables en los métodos que se adopten comprenden los siguientes aspectos:

- Adecuados a las tareas que hay que realizar como la identificación de impactos o la comparación de opciones.
- Independiente de los puntos de vista personales del equipo evaluador y sus sesgos.
- Económicos en términos de costos y requerimiento de datos, tiempo de aplicación, cantidad y tiempo de personal, equipo e instalaciones.

Deben seleccionarse a partir de una valoración apropiada producto de la experiencia profesional y con la aplicación continuada de juicio crítico sobre los insumos de datos y el análisis e interpretación de resultados. Unos de los propósitos es asegurar que se han incluido en el estudio todos los factores ambientales y pertinentes.

Metodologías para realizar un estudio de impacto ambiental

Sistemas de Red y Gráficos (cualitativos)

- Matrices causa-efecto (Leopold),
- Listas de Chequeo, Sonrensen, etc.

Sistemas cartográficos

- Sistemas de Información Geográfica (SIGs), etc.

Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación

- Métodos energéticos, Universidad de Georgia, etc.

Métodos cuantitativos

- Batelle-Columbus, Métodos energéticos, Métodos de análisis de costo-beneficio, etc.

2.2. ACCIONES QUE PROVOCAN EL IMPACTO AMBIENTAL EN LAS OBRAS DE PREVENCIÓN DE INUNDACIONES.

Se mencionan algunos impactos provocados por obras en general, debido a que en el Módulo I no se refiere a alguna obra en específico.

EN GEOFORMA:

a) Inestabilidad del terreno y erosión: Se generan cuando las actividades de obra cambian o modifican los factores que controlan la estabilidad del área intervenida, como son la geometría por cortes o rellenos, la cobertura, la presencia de agua y la sobrecarga.

b) Alteración del paisaje: es una modificación en la armonía y la dinámica del entorno natural o urbano.

EN EL SUELO:

a) Alteración de la capa orgánica: ocurre cuando la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra se modifica en calidad y cantidad afectando sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

b) Contaminación: este componente se asocia a la inadecuada disposición del material orgánico y los residuos sólidos producidos durante la obra. (Residuos de concreto, asfalto, combustibles, plásticos, etc.) que deterioran la calidad del suelo y el subsuelo.

c) Modificación en el sistema de drenaje: El drenaje externo está dado por el escurrimiento superficial y el drenaje interno por la infiltración y la percolación. Su patrón de comportamiento se modifica por el movimiento de tierras.

d) Modificación de las propiedades físicas y químicas: la remoción del material vegetal, que actúa como cobertura, modifica las propiedades de los suelos dejándolo a exposición directa de los factores climáticos.

EN EL AIRE:

a) Generación de ruido: la generación de ruido en el desarrollo de las diferentes actividades constructivas y a la operación y mantenimiento de maquinaria, causa molestias y perturbación de las actividades cotidianas a los trabajadores y la población circundante.

b) Emisión de

- Gases: Debido a la operación de maquinaria durante la obra y al aumento del flujo vehicular.
- Partículas: Aumento de partículas en suspensión, que pueden tener efectos sobre la visibilidad, causar molestias a las personas, animales o vegetación.
- Olores: La inadecuada disposición de residuos sólidos y líquidos se constituyen en focos de mal olor y establecimiento de plagas y roedores.

EN EL AGUA:

a) Cambios de calidad del agua: alteración de los límites admisibles de los parámetros físicos químicos para que este recurso sea utilizado para consumo doméstico, riego o recreación. Fluctuaciones fuertes de los parámetros como oxígeno disuelto, exceso de nutrientes, lodos, alcalinización del agua debido al vertimiento de residuos de concreto, vertimientos de aguas residuales con altos contenidos de carga orgánica, así sean de carácter temporal, alteran la calidad del agua.

b) Alteración de cauces y caudales: desestabilización o cambios en las márgenes de los cauces, aportes de materiales, socavaciones, represamientos, cambios en el patrón de drenaje y cambios en el flujo del agua por disposición accidental de materiales sobrantes, modifican los cauces y caudales.

c) Turbiedad y sedimentación de cauces: el lavado de material pétreo, el movimiento de tierras, gravas y arenas; la trituración de materiales y la incorrecta disposición de residuos sólidos originan aguas residuales cargadas de material fino que cambian la coloración de las aguas, incrementan los sedimentos y aumentan el material particulado disuelto como en suspensión.

d) Alteración por lubricantes y combustibles: hace referencia al aporte de residuos líquidos de origen industrial como grasas, aceites, ácidos, anticorrosivos, combustibles y lubricantes utilizados durante la movilización y operación de las maquinarias; además de productos químicos utilizados. Su efecto es altamente nocivo e irreversible.

2.3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN PARA CONTRARESTAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES POR LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE PREVENCIÓN DE INUNDACIONES.

Se mencionan algunas acciones a fin de evitar, mitigar, corregir y compensar los posibles impactos ambientales negativos asociados a las obras más comunes de prevención de inundaciones, mejorando con ello la calidad del entorno y favoreciendo las condiciones para el desarrollo sostenible.

Las labores de excavación deben estar previstas de tal forma que se garantice la estabilidad del área intervenida.

- En el caso que se evidencie algún problema de inestabilidad, se procederá a implementar medidas correctivas requeridas y la recuperación morfológica correspondiente.
- Los materiales excavados deberán ser transportados a los sitios de depósito autorizados.
- El tiempo de transporte entre el momento de la excavación y su disposición definitiva deberá reducirse al máximo de tal manera que se eviten posibles arrastres por lluvias.
- Si se requiere el establecimiento de sitios de acopio temporales de material de excavación, deberá evitarse que dichos materiales rueden quebrada abajo y que lleguen a las corrientes de agua.
- En todos los casos se deberá evitar la disposición o arrastre de materiales a las corrientes de agua aledaños a los sitios de excavación; excepto en los casos que las excavaciones tengan que ver con la modificación de corrientes o la realización de obras tendientes a la minimización de riesgos de inundaciones.
- Durante las labores de excavación se realizará una constante inspección de los taludes de corte, y si corresponden a superficies definitivas, éstas deberán ser tratadas o protegidas con coberturas definidas en los diseños, a la mayor brevedad posible.
- Si en el momento de las excavaciones se encuentra hallazgos arqueológicos se deberá dar aviso a la autoridad ambiental del municipio.

Las labores de relleno deben estar diseñadas de tal forma que se garantice la estabilidad del área intervenida.

- Los rellenos deberán estar debidamente conformados con altos niveles de compactación.
- Los rellenos modifican la red de drenaje y por tanto, deben contar con filtros que eviten la saturación interna del material y con obras hidráulicas para el manejo de los escurrimientos superficiales.
- En el caso que se evidencie algún problema de inestabilidad se procederá a aplicar las medidas correctivas requeridas y la recuperación morfológica correspondiente.

Controlar los impactos a la calidad del agua y los aportes de sedimentos.

- Se deberá controlar los escurrimientos superficiales cerca de los sitios de relleno para evitar el arrastre de materiales a las corrientes de agua aledaños, excepto en los casos que las excavaciones tengan que ver con la modificación de corrientes o la realización de obras de mitigación de inundaciones.
- Dependiendo del proyecto, al finalizar el relleno, se procederá a la adecuación de su superficie mediante la instalación de fibras naturales que propicien la recuperación paisajística.

Manejo de aguas superficiales durante las obras.

Se refiere a las acciones que permiten el buen manejo de los escurrimientos de agua, durante la construcción de la obra y consisten en la captación, conducción y entrega de las aguas a la red de drenaje natural.

Las obras localizadas sobre los cuerpos de agua, que implican la ocupación del cauce, producen los mayores impactos al recurso hídrico.

Medidas preventivas para evitar la afectación de las corrientes superficiales:

- No se deberá disponer ningún residuo líquido en ningún cuerpo hídrico relacionado con el proyecto.

- No se deberán verter las aguas residuales de forma directa a ríos siendo necesario la instalación de una planta de tratamiento para tal fin.
- No se deberá disponer en las corrientes hídricas ni al rededor, ningún tipo de residuo industrial como solventes, aceites usados, pinturas u otros materiales.
- Se prohíbe estrictamente el lavado de automotores y equipos de construcción en ríos o quebradas.
- No se deberá hacer ningún vertimiento en zonas no autorizadas para tal fin.
- No se deberá hacer captación hídrica sin el correspondiente permiso de aprovechamiento del recurso hídrico.
- Bajo ninguna circunstancia se debe permitir la disposición de residuos sólidos en las corrientes hídricas.
- En caso de contingencia o accidente, se deben adelantar labores de limpieza y las correcciones apropiadas.
- Si se requiere la disposición de aguas servidas a determinada corriente hídrica, se deberá realizar un tratamiento previo ajustado a las normas de calidad de aguas.

Adicionalmente se deberá consultar a la autoridad ambiental sobre la necesidad de solicitar el respectivo permiso de descarga.

Medidas preventivas para evitar la afectación de las aguas superficiales en la estabilidad de la obra:

- Si se requiere la disposición de aguas lluvias captadas en las áreas de campamentos o sitios de obras, se deberá hacer un adecuado sistema de captación que evite procesos de erosión.
- Al interior de la obra se deberá proveer de un sistema de drenaje superficial temporal que capte, conduzca y entregue las aguas a la red natural, utilizando zanjas y cunetas.

Esta acción ayuda a mantener la estabilidad de los cortes temporales.

La introducción de obras en los cauces de ríos y quebradas deberán tener en cuenta manejos tales como:

- Los cortes o excavaciones con retroexcavadora realizados cerca de las quebradas a ser intervenidas, se deberán realizar retrayendo el material hacia fuera del curso hídrico de tal forma que se minimice la cantidad de material que pueda llegar a la corriente.
- No se deberán almacenar materiales como cementos, combustibles o lubricantes sobre el lecho menor de la corriente hídrica, ya que se corre el riesgo que un evento contingente pueda permitir el arrastre de dichos materiales a la quebrada o cuerpo hídrico.
- En el caso de fundaciones en concreto cerca o dentro de una corriente hídrica, se debe evitar que sobrantes de concreto sean arrastrados por la corriente.
- Cuando se realicen las obras al interior de la corriente que ocupen transversalmente la corriente, se procurará realizar dichas obras en época de estiaje. A la vez se deberá trabajar en media corriente inicialmente, desvainado el flujo hídrico a la otra mitad y luego se trabajará sobre el costado opuesto de la misma.
- Se debe planear la obra minimizando, el arrastre de sedimentos hacia aguas abajo evitando así la alteración fisicoquímica y biológica.
- Finalmente se debe hacer una labor de limpieza exhaustiva en bordes de corriente y dentro de la misma evitando así dejar huella de las obras realizadas, evitando la presencia de residuos en el entorno del área de la corriente hídrica o dentro de la misma.
- Las desviaciones locales que se realicen deben conformarse con materiales flexibles y de un peso tal, que la corriente en aguas medias, no sea capaz de arrastrar.

Demoliciones

Las labores de demolición obligan a la utilización de herramienta y equipo o incluso explosivos. Lo que hace necesario su uso en horas hábiles, evitando así, la afectación acústica a los habitantes aledaños en las horas de descanso. Si los niveles de ruido se encuentran por fuera de la norma vigente, se podrá tener como

alternativa la instalación de barreras que minimicen la afectación sobre la población aledaña al sitio de las obras.

Aunque debe evitarse la utilización de explosivos, si esta circunstancia se da, se deberá dar aviso a las comunidades aledañas del horario en que estas se lleven a cabo para evitar expectativas y zozobra entre la población. Los riesgos derivados del manejo de explosivos se minimizarán mediante un correcto manejo de los mismos, el cual debe realizarse por personal capacitado y de experiencia en este tipo de labores.

Acopio y disposición del material demolido: El acopio de materiales derivados de la demolición debe ubicarse sobre un área o patio lo más estable posible, evitando el riesgo de deslizamiento de estos hacia cuerpos de agua o quebradas aledañas. El material de escombros deberá transportarse hacia los sitios de disposición permanente, evitando la afectación paisajística en el área de los trabajos.

Una vez terminadas las labores de demolición, si aplica se procederá a las labores de limpieza y restauración paisajística local.

BIBLIOGRAFÍA

Canter, Larry W. (2004): Manual de Evaluación de Impacto Ambiental.

Conesa Fernández Vitoria, Vicente. (2003): Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental.

Departamento Nacional de Planeación (2005): Guía ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos ambientales de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal, Bogotá D.C. Colombia.

Instituto Nacional de Ecología, (2000). Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental.

Leopold, L.B. (1971): "A procedure for evaluating environmental impact".

Publicación técnica no. 141. Sanfandila, Qro, (2000): Impacto ambiental de proyectos carreteros en escurrimiento del agua superficial.

Páginas electrónicas consultadas:

[http : www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co)

<http://definicion.de/impacto-ambiental>

<http://www.slideshare.net/erickamarlene/metodologia-de-eval-de-impacto-ambiental>

MODULO III. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

1. EL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

Este tipo de concreto se introdujo en Estados Unidos el mercado el “concreto fluido” a principio de los años 80, del siglo XX, después de la entrada de los superfluidificadores, originalmente formulados en Japón; evolucionó a partir de las tecnologías usadas en la colocación del concreto bajo el agua en 1988 por el profesor Okamura, en la Universidad de Tokio. En 1989, Master Builders, de Cleveland, desarrolló e introdujo en el mercado concreto de alta resistencia con un flujo de revenimiento de 58 a 66 cm, en una construcción de gran altura. Sin embargo, este concreto aún requería algo de vibración mínima para la compactación.

Es un concreto muy fluido, y sin embargo estable, que puede fluir rápidamente al lugar y llenar las cimbras sin experimentar compactación y sin segregación significativa. Se trata de un diseño de mezcla muy controlado, con pocas opciones para su ajuste en sitio. El autocompactante es un concreto “hipersensible”. Pequeños cambios en la mezcla, sobre todo en la cantidad de agua, pueden tener muy grandes repercusiones. Los tres componentes principales del autocompactante incluyen una mezcla de concreto apropiadamente proporcionada diseñada para la aplicación, un reductor de agua sintético de alto rango o superfluidificador, y a veces un aditivo modificador de la viscosidad. Las cantidades de cada componente varían para el logro de un amplio rango de resultados.

Las granulometrías de los agregados desempeñan un papel muy importante en el proporcionamiento de las mezclas para el concreto autocompactante. Los agregados bien graduados -incluyendo agregados finos con buena graduación- hacen el mejor concreto autocompactante, pues requieren menos material cementante y menos agua de mezclado y, por tanto, causan menos problemas de contracción, ondulado y eflorescencia.

Sin embargo, en muchos lugares del país no tienen ni el equipo ni el agregado para producir mezclas con agregados bien graduados. Pero, inclusive cuando sólo hay disponibles agregados de granulometría escalonada, todavía puede producirse concreto autocompactante. Una mezcla que contenga agregado con granulometría escalonada presentará una tendencia a sangrar o a segregarse, o ambas cosas, pero esto puede corregirse incrementando el contenido cementante -incluyendo puzolanas- y utilizando un modificador de viscosidad para controlar la segregación y el sangrado para facilitar la colocación.

Los superfluidificadores proporcionan la alta fluidez del concreto autocompactante. Los reductores de agua sintéticos de alto rango están concebidos técnicamente en el nivel molecular para proporcionar las propiedades deseables, en tanto minimizan las propiedades indeseables. Los superfluidificadores basados en policarboxilato son poderosos dispersadores de cemento que requieren menos agua de mezclado, al tiempo que incrementan de manera significativa las características de fluidez. Las generaciones anteriores de superfluidificadores retardaban el fraguado inicial, pero algunos de policarboxilato están técnicamente concebidos para un fraguado inicial más rápido. También, proporcionan mejor y más completa hidratación de las partículas de cemento, produciendo características incrementadas de fraguado "muy temprano".

Los aditivos que modifican la viscosidad son esencialmente "espesadores". Al agregar un modificador de viscosidad se puede trabajar una mezcla de concreto, que de otra manera sería aguada, y hacer que fluya como miel. La mayoría de estos están compuestos por materiales de polímero en base de celulosa y tiene un efecto neutro en las propiedades del concreto, excepto la viscosidad. Los modificadores de viscosidad que absorben el agua rápidamente y la retienen, son más populares para controlar el sangrado y para usarse en secciones profundas, como en muros y columnas, en donde el potencial de que haya segregación resulta más grande. Cuando se usa una mezcla con alto contenido de finos -más material cementante y una proporción de arena superior a la normal- para desarrollar la estabilidad de una mezcla de concreto autocompactante, crece la demanda de agua, lo cual da como resultado un incremento en la contracción por secado y en la fluencia del concreto endurecido. Es preferible el uso de un modificador de viscosidad para proporcionar estabilidad al concreto autocompactante, pues no se ven afectadas la contracción por secado, ni la fluencia. En resumen, los modificadores de viscosidad evitan que las mezclas fluidas se segreguen y son especialmente útiles para mezclas de granulometría escalonada cuando hay que incrementar el cemento y otros finos, o cuando se usa arena manufacturada o un agregado inconsistente.

1.1 Pruebas sugeridas de una mezcla de autocompactante.

Los beneficios de los concretos autocompactantes incluyen, sobre todo, su trabajabilidad en el estado plástico, más que el mejoramiento de las propiedades en el estado endurecido. Por lo tanto, las pruebas más importantes son aquéllas que definen su consistencia y fluidez. Puesto que no hay pruebas estandarizadas para concreto autocompactante, se han usado un cierto número de métodos.

Las pruebas sugeridas para definir las características de una mezcla de autocompactable son:

- **Fluidez.** Más que medir el asentamiento vertical –revenimiento- tal como lo hacemos con el concreto normal, con el concreto autocompactante medimos el flujo del revenimiento horizontal. El autocompactante puede ser producido de modo que tenga una dimensión de flujo del revenimiento de entre 50 y 76 cm, dependiendo del requisito de la obra.
- **Tasa de flujo.** La prueba T 50 mide cuánto tiempo tarda un concreto autocompactante en alcanzar un radio del flujo de revenimiento de 50 cm.
- **Capacidad para fluir en un espacio confinado.** Es una de las características definitorias del concreto autocompactable. La prueba de Caja L puede usarse para medir esta propiedad, permitiendo que el concreto fluya a través de una caja en forma de L, con varias rejillas de varillas de refuerzo para inhibir el flujo de concreto.
- **Estabilidad.** La capacidad para resistir la segregación –la estabilidad de la mezcla– es una de las cualidades más importantes del concreto autocompactante. La estabilidad típicamente se “mide” usando el índice visual de estabilidad, una clasificación visual desde cero hasta tres en incrementos de 0.5

El autocompactante es ideal para la construcción de muros de concreto. Fluye a largas distancias, incluyendo movimiento alrededor de las esquinas en las cimbras, y proporciona buen contacto con el refuerzo. La precaución, sin embargo, es que el cimbrado debe diseñarse para manejar una gran carga del líquido, y no debe haber aberturas en donde el concreto pueda fugarse durante el colado.

Siempre que sea posible, los moldes deben diseñarse para una carga líquida total o peso unitario del concreto por profundidad de concreto fluido en el molde, lo cual permite tasas de colado sin restricciones. La tasa de colado para muros y columnas de concreto depende de la resistencia de los moldes, la temperatura del concreto y la combinación del cemento, así como los aditivos usados en la mezcla de concreto.

Al eliminar los trabajos de compactación, el colado del concreto autocompactante se diferencia notablemente del colado del concreto vibrado, en función de la velocidad del transporte, de la forma geométrica del elemento y de la armadura, altura de descarga y de la posibilidad de llenado del concreto. El concreto

autocompactante fresco siempre presenta una fluidez exenta de segregación de más de 10 m. Como el concreto autocompactante se puede bombear fácilmente, se abren posibilidades mucho más eficientes, de modo que es posible reducir notablemente los tiempos de colado.

Las experiencias prácticas indican que utilizando concreto autocompactante no existe ninguna necesidad de reforzar la cimbra. Esta circunstancia se debe a la mayor cohesión específica del concreto autocompactante de alta calidad, gracias a lo cual se evitan las fugas de la pasta de cemento o de mortero fino. En la producción de elementos de concreto autocompactante, las cimbras están sometidas a grandes presiones, especialmente al comienzo del colado del concreto. Controlando la velocidad de llenado de la cimbra se pueden solucionar parte de las presiones en la misma. Conviene sólo vigilar, dependiendo del tamaño de los elementos de concreto, las presiones en la cimbra desde la fase de planificación.

Ventajas del concreto autocompactante.

- Incrementa su capacidad para colar concreto en lugares de difícil acceso y con refuerzo muy congestionado.
- No hay necesidad de vibración.
- Minimiza los esfuerzos de trabajo/mano de obra; permanece fresco por más tiempo y reduce errores de los operarios.
- Disminuye el ruido en el trabajo.
- Utiliza sus recursos de mano de obra con mayor eficiencia.
- Menor potencial de accidentes.
- En donde las especificaciones recomiendan superficies lisas, libres de agujeros. Todas las superficies perfiladas
- Hace que las grandes aplicaciones en superficies planas sean más fáciles.
- El concreto autocompactante cuesta más que las mezclas de concreto estándar, pero el costo en el lugar de la obra en muchos casos será menor, y de este modo deben verse los costos reales.

1.2 Métodos de ensayo para la caracterización de concreto autocompactante fresco.

Para que un concreto sea autocompactante se tiene que cumplir simultáneamente con los tres requisitos de autocompactibilidad que se evalúan a través de los ensayos:

- Capacidad de relleno, ensayos de escurrimiento y embudo en V.
- Resistencia de bloqueo: ensayo del embudo en V, caja en L y escurrimiento con anillo japonés.
- Resistencia a la segregación EHE-08 estipula que la resistencia a segregación se mida indirectamente a través de los ensayos de escurrimiento con y sin anillo japonés, y si se quiere de una manera directa se podría realizar con el ensayo de columna o con el tubo – U aunque son ensayos que no están recogidos en las normas UNE.

Los métodos de los ensayos para la caracterización de concreto autocompactante en estado fresco con material regional son los siguientes, en todos los ensayos el tamaño máximo del agregado es ≤ 20 mm

1. Método de extensión de flujo.- Considera aspectos relacionados con la capacidad de fluir bajo su propio peso y la resistencia a la segregación o estabilidad mediante el uso del cono de Abrahams.

El método se fundamenta en: a) la medida del diámetro final (D_F); que alcanza una muestra de concreto fresco cuando se deja la masa libre y sin perturbaciones exteriores, al levantar el Cono de Abrahams (precisión ± 5 mm) y b) el tiempo (T_{50}) que transcurre hasta que la masa de concreto fresco alcanza el círculo de 500 mm de diámetro (precisión ± 1 seg). Puede ser utilizado en laboratorio como en obra.

2. Método de la extensión con anillo.- Este método considera aspectos relacionados con la capacidad de fluir bajo su propio peso y la resistencia a la segregación o estabilidad además de su habilidad para pasar entre las barras que constituyen las armaduras o resistencia frente al bloqueo. Se basa en el uso combinado del cono de Abrahams y el anillo con barras, conocido como japonés (J-Ring). Puede ser utilizado en laboratorio como en obra.

El método valora: a) la extensión que alcanza el concreto fresco cuando se deja caer libremente y sin perturbaciones exteriores, al levantar el tronco de cono, diámetro final de la extensión de flujo (D_F) y b) las alturas H_1 y H_2 (en milímetros)

alcanzadas por el concreto en las caras interior y exterior del citado anillo, una vez finalizado el flujo.

3. Método de la caja en L.- Este método considera aspectos relacionados con la capacidad de fluir bajo su propio peso y su habilidad para pasar entre las barras que constituyen las armaduras o resistencia frente al bloqueo. También permite evaluar cualitativamente la resistencia a la segregación y estabilidad, mediante la observación visual.

Para el desarrollo del ensayo se requiere una caja en forma de L, de aproximadamente 13 litros; como condición de referencia se emplean barras de 12 mm de diámetro y un espacio libre entre las barras de 34 mm; aunque el método ha sido desarrollado para ser utilizado en ensayos de laboratorio, puede aplicarse para el control del concreto autocompactante en obra.

El método se fundamenta en la valoración de a) la diferencia de altura (H_1 y H_2) que alcanza la masa de concreto fresco entre los extremos de entrada y final de la caja, cuando se deja fluir el concreto libremente y sin perturbaciones exteriores; y b) el tiempo (T_{60}) que transcurre en que la masa de concreto fresco recorre todo el canal de salida con una distancia de 600 mm.

4. Método de embudo V. Considera su capacidad de fluir en áreas restringidas en dirección vertical y bajo su propio peso, calificando también la tendencia a la segregación y al bloqueo mediante la observación de la variación de la velocidad de flujo. Para el desarrollo del ensayo se requiere de un recipiente en forma de V. El método es apropiado tanto para ensayos de laboratorio como para el control del concreto autocompactante en obra.

El método se fundamenta en la medida del tiempo que tarda el concreto en pasar a través de un recipiente rectangular de sección variable en forma de V con un canal de salida de sección rectangular. Cuando la cantidad y el tamaño de los agregados gruesos son suficientemente pequeños en relación a la apertura del embudo V, el tiempo determinado permite evaluar indirectamente la viscosidad de la mezcla a través de la fluidez; cuando la cantidad y el tamaño de los agregados gruesos es relativamente grande, el embudo V es útil para evaluar la habilidad del concreto autocompactante para pasar por aberturas estrechas. En general un flujo continuo sin interrupción responde a la ausencia de segregación y/o bloqueo.

5. Método de la caja en U.- Considera los aspectos relacionados con su capacidad de fluir bajo su propio peso y su habilidad para pasar por aberturas estrechas o entre las barras que constituyen las armaduras, es decir su resistencia al bloqueo. Para el desarrollo del ensayo se requiere una caja en forma

de U. El método ha sido desarrollado para ensayos de laboratorio, aunque puede aplicarse para el control del concreto en obra.

El método se fundamenta en la medida de la altura que alcanza el concreto fresco cuando se deja que su masa, libre y sin perturbaciones exteriores, atraviese las armaduras y se eleve en el interior del molde constituido por la caja U. Se vierte el concreto en el compartimiento vertical de entrada de una forma continua y sin compactación alguna. Se nivela la parte superior y se espera un minuto. Se abre la compuerta rápidamente y se deja que fluya el concreto hacia el canal inicialmente vacío, atravesando las barras de armadura.

Como condición de referencia se disponen de 3 barras de 12 mm de diámetro con un espacio libre de 35 mm entre ellas. No obstante se admite modificar el tipo de barras y en espacio libre entre las mismas de acuerdo al tamaño máximo del agregado y las condiciones reales de aplicación.

1.3 Posibles ensayos que pueden realizarse a los especímenes de concreto autocompactante en estado endurecido.

Los concretos autocompactantes se pueden considerar de una forma similar a los concretos convencionales, pudiéndose aplicar las mismas formulaciones pero teniendo en cuenta que son aproximadas, debido a las diferencias en dosificación.

A continuación se mencionan los ensayos a que se pueden someter los especímenes de concreto endurecido.

1. Resistencia a compresión.- la resistencia a la compresión es una de las propiedades más importantes del concreto donde la relación agua/cemento es decisiva, pero en el autocompactante influyen otros factores como son: una microestructura más densa, el tamaño máximo del agregado, la ausencia de vibración, el empleo de adiciones activas o un baja relación agua/finos entre otros factores (Skarendahl, et al., 2000; Klug et al., 2003; Georgiadis et al., 2007; Agranati, 2008) que hacen que de forma general se pueda decir que la resistencia a compresión es mayor en un concreto autocompactante, cuando presentan la misma relación agua/cemento.

2. Resistencia a tracción indirecta.- está muy relacionada con la resistencia a compresión, de tal manera que un aumento de la resistencia a compresión conlleva a un aumento de la resistencia a tracción indirecta. En el concreto convencional uno de los factores que influyen en la resistencia a tracción indirecta

es la adherencia entre el cemento y los agregados dentro de la zona de transición (Mehta, 1993) pero en el autocompactante influyen otros factores como la microestructura, el proceso de microfisuración o las características de la zona de transición (Agranati, 2008).

3. Módulo de elasticidad.- el módulo de elasticidad es un parámetro del concreto que está relacionado con las deformaciones y depende básicamente de tres factores en el concreto convencional: agregado, pasta y la zona de transición entre la pasta y el agregado. Estos factores también son válidos para el caso del concreto autocompactante.

Respecto al factor agregado, en el concreto autocompactante se reduce el volumen del agregado grueso por lo que conlleva una disminución del módulo de elasticidad; el segundo factor es la pasta, el autocompactante tiene un alto contenido de adiciones y un volumen elevado de pasta y esto crea comportamientos inversos, primero se aumenta y después el volumen de pasta disminuye el módulo; la zona de transición es la zona más débil del concreto donde puede aparecer microfisuración. Es la zona más importante para el desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto. En general se puede decir que el módulo de elasticidad del concreto autocompactante es menor respecto al del convencional, según las investigaciones realizadas. (Agranati, 2008).

4. Contracción.- se produce por pérdida de agua y se puede dividir en dos tipos: contracción endógena que se da en las primeras edades del concreto debido a que se consume agua en la fase de hidratación el cemento y el segundo tipo es la contracción por secado que se produce a largo plazo debido a la pérdida de agua por evaporación. En el caso del concreto autocompactante, la relación agua/finos y el contenido de agregado influyen de forma opuesta sobre la contracción. Al reducir el contenido de agregado, la contracción debe aumentar, y por el otro lado, la elevada relación agua/finos de la mezcla contribuye a una disminución de la misma. (Agranati, 2008).

5. Fluencia.- la fluencia es el aumento de la deformación que se produce en el concreto cuando está sometido a una tensión constante. Es un proceso complejo que se relaciona con la retracción por lo que los factores que influyen sobre ambas son similares. Cuando se aplica una tensión sobre el concreto, éste experimenta una deformación elástica y otra plástica, esta segunda es la fluencia. Es complejo determinar exactamente esta deformación porque depende de la velocidad de puesta en carga del concreto. (Fernández Cánovas, 2007).

La fluencia solamente ocurre en la pasta del cemento, por lo que depende en gran medida de la relación agua/cemento y del contenido de cemento. La función del agregado es retener las deformaciones por lo que a mayor volumen de agregado grueso, la fluencia será menor. Debido a que en el concreto autocompactante se reduce el volumen de agregado grueso respecto al convencional, es de esperar que la fluencia en el primero sea mayor que en el segundo. Otro de los factores de los que depende la fluencia es la resistencia a compresión, a mayor resistencia, menor es la fluencia que presenta el concreto. Se recomienda seguir los cálculos de fluencia de los concretos convencionales ya que no se aprecian diferencias significativas.

6. Obtención y prueba de corazón de concreto endurecido.

La Norma oficial mexicana NMX-169-1997-ONNCCE Industria de la Construcción concreto.- Obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido”; establece el procedimiento para la obtención, preparación y prueba de corazones extraídos de concreto endurecido; para la determinación de espesores; de su resistencia a compresión simple; de su resistencia a la tensión por compresión diametral así como de las vigas cortadas en concreto endurecido, para determinar la resistencia a la tensión por flexión.

El corazón es el núcleo cilíndrico de concreto que se extrae haciendo una perforación en la masa de concreto con una broca cilíndrica de pared delgada; el concreto debe tener mínimo 14 días de edad para poder extraer los especímenes y no deben contener acero de refuerzo, ya que pueden registrar valores más altos o más bajos por lo que debe eliminarse el acero del espécimen, cumpliendo con la relación altura/diámetro tan cercana a 2 como sea posible.

El espécimen que se tome debe extraerse perpendicularmente a la superficie y cerca del centro, alejado de las aristas o juntos de colado. La sección extraída de una losa para la obtención posterior de corazones o vigas, debe ser lo suficientemente grande para asegurar que los especímenes no tengan fallas en el concreto, tales como fisuras, grietas, fallas internas o cualquier otro tipo de defecto.

BIBLIOGRAFIA.

Gómez Gómez (2013) Tesis de licenciatura. Diseño de mezcla para un concreto autocompactante usando materiales de la región.

Fuente electrónica consultada: Revista de Ingeniería

<http://www.imcyc.com/revistacyt/Oct09/ingenieria.htm>

<http://www.imcyc.com/revistacyt/enero10/ingenieria.htm>

2. SIMULACIÓN DE MONTECARLO

2.1 METODO DE MONTECARLO

El método Montecarlo es un método numérico que permite resolver problemas físicos y matemáticos mediante la simulación de variables aleatorias. Lo vamos a considerar aquí desde un punto de vista didáctico para resolver un problema del que conocemos tanto su solución analítica como numérica. El método Montecarlo fue bautizado así por su clara analogía con los juegos de ruleta de los casinos, el más célebre de los cuales es el de Montecarlo, casino cuya construcción fue propuesta en 1856 por el príncipe Carlos III de Mónaco, siendo inaugurado en 1861.

La importancia actual del método Montecarlo se basa en la existencia de problemas que tienen difícil solución por métodos exclusivamente analíticos o numéricos, pero que dependen de factores aleatorios o se pueden asociar a un modelo probabilística artificial (resolución de integrales de muchas variables, minimización de funciones, etc.). Gracias al avance en diseño de los ordenadores, cálculos Montecarlo que en otro tiempo hubieran sido inconcebibles, hoy en día se presentan como asequibles para la resolución de ciertos problemas.

La simulación de Montecarlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen los ordenadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos.

Los orígenes de esta técnica están ligados al trabajo desarrollado por Stan Ulam y John Von Neumann a finales de los 40 en el laboratorio de Los Alamos, cuando investigaban el movimiento aleatorio de los neutrones. En años posteriores, la simulación de Montecarlo se ha venido aplicando a una infinidad de ámbitos como alternativa a los modelos matemáticos exactos o incluso como único medio de estimar soluciones para problemas complejos. Así, en la actualidad es posible encontrar modelos que hacen uso de simulación Montecarlo en las áreas informática, empresarial, económica, industrial (la construcción) e incluso social. En otras palabras, la simulación de Montecarlo está presente en todos aquellos ámbitos en los que el comportamiento aleatorio o probabilístico desempeña un papel fundamental precisamente, el nombre de Montecarlo proviene de la famosa ciudad de Mónaco, donde abundan los casinos de juego y donde el azar, la probabilidad y el comportamiento aleatorio conforman todo un estilo de vida.

Son muchos los autores que han apostado por utilizar hojas de cálculo para realizar simulación Montecarlo. La potencia de las hojas de cálculo reside en su

universalidad, en su facilidad de uso, en su capacidad para recalcular valores y, sobre todo, en las posibilidades que ofrece con respecto al análisis de escenarios. Las últimas versiones de Excel incorporan, además, un lenguaje de programación propio, el Visual Basic for Applications, con el cual es posible crear auténticas aplicaciones de simulación destinadas al usuario final. En el mercado existen de hecho varios complementos de Excel (Add-Ins) específicamente diseñados para realizar simulación Montecarlo, siendo los más conocidos: @Risk, Crystall Ball, Insight.xla, SimTools.xla, etc.

Aplicar el Método de Simulación Montecarlo en la evaluación del riesgo de sobrecosto por ineficiencias del constructor o factores que no toma en cuenta al momento de estimar el presupuesto de la obra, le permitiría conocer el impacto en los costos pactados en el contrato.

Conocer con certeza el costo de la obra es de vital importancia para la dependencia que gestiona el recurso, con ello se evitarán problemas de gestionar recursos frescos para una obra inconclusa, con el uso de la Simulación de Montecarlo, previo análisis del presupuestos, se conocerá con un grado de certeza el sobrecosto de la obra, identificando y evaluando los riesgos que se presentan en la etapa constructiva. Además de generar otras líneas de investigación sobre el problema, por ejemplo el incremento en plazo de construcción.

2.2 SIMULACIÓN MONTECARLO COMO HERRAMIENTA PARA CONOCER EL IMPACTO DEL RIESGO

La simulación de Montecarlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística informática para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos (por lo general, cuando se trata de sistemas cuyo estado va cambiando con el paso del tiempo, se recurre bien a la simulación de eventos discretos o bien a la simulación de sistemas continuos).

La clave de la simulación Montecarlo consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificados dichos inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento consistente en:

- 1) Generar con la ayuda de Excel números aleatorios (valores concretos) para dichos inputs, y

2) Analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir n veces este experimento, dispondremos de n observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual nos será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo, obviamente, nuestro análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número n de corridas+ que llevemos a cabo.

Entre las distribuciones de probabilidad teóricas más comúnmente utilizadas en análisis de riesgo se mencionan la distribución normal y las distribuciones triangulares.

a) Distribución Normal

La distribución normal es, en muchos aspectos, la piedra angular de la teoría estadística. Una variable aleatoria X se dice que tiene una distribución normal con parámetros $(-\infty < \mu < \infty)$ y $\sigma^2 > 0$ si tiene la función densidad (Figura 1)

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad -\infty < \mu < \infty$$

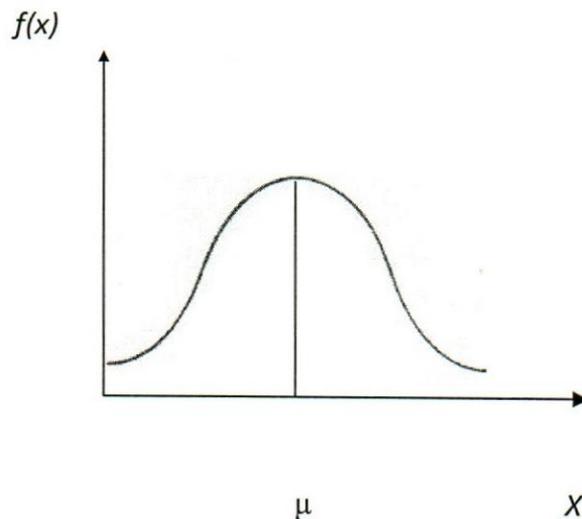


Figura 1. Densidad de probabilidad normal.

Una notación simplificada $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, es comúnmente empleada para indicar que una variable aleatoria X es distribuida normalmente con parámetros μ y σ^2 .

Algunas propiedades de distribución normal son:

a) $f(x) \geq 0$, para toda x , es requerida por todas las densidades de probabilidad

b) $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 0$, y $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = 0$

$$x \rightarrow \infty \quad x \rightarrow -\infty$$

c) $f\{(x + \mu)\} = f\{-(x - \mu)\}$, indica que la densidad es simétrica sobre μ .

La media y la variancia de la distribución normal son:

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx = \mu$$

$$VAR(X) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx = \sigma^2$$

La distribución normal solamente se puede integrar por métodos numéricos, conviene hacer un cambio de variable que facilite los cálculos de probabilidad.

$$Z = (X - \mu)/\sigma$$

Esto hace que la evaluación de probabilidades sea independiente de μ y de σ . Con esto la distribución normal original se convierte en:

$$\varphi(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad -\infty < Z < \infty$$

La cual tiene una media de 0 y una variancia de 1, $Z \sim N(0,1)$, y esta variable se dice que sigue una distribución normal estándar.

b) Distribución triangular

La distribución triangular así como la distribución β son muy utilizadas al introducir riesgo en proyectos de inversión. Ambas se basan en una estimación pesimista, una más probable y una optimista. La distribución triangular es más sencilla y más fácilmente comprendida por el analista y las personas encargadas de interpretar los resultados del estudio (Figura 2).

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2}{(c-a)(b-a)}(x-a) & \text{para } a \leq x \leq b \\ \frac{2}{(c-a)(c-b)}(x-c) & \text{para } b \leq x \leq c \end{cases}$$

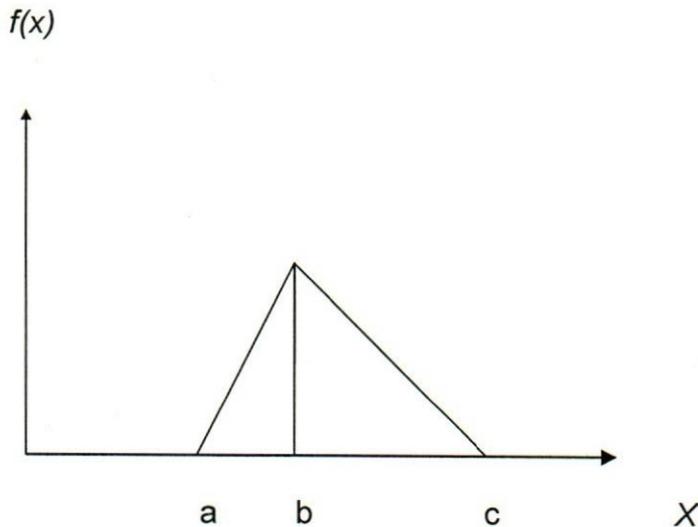


Figura 2. Densidad de probabilidad triangular

A continuación se muestra el procedimiento utilizado para evaluar su media y su variancia:

$$E(X) = \int_a^b \frac{2x(x-a)dx}{(c-a)(b-a)} + \int_b^c \frac{-2x(x-c)dx}{(c-a)(c-b)} = \frac{1}{3}(a+b+c)$$

$$VAR(X) = \int_a^b \frac{2x^2(x-a)dx}{(c-a)(b-a)} + \int_b^c \frac{-2x^2(x-c)dx}{(c-a)(c-b)} - \left\{ \frac{1}{3}(a+b+c) \right\}^2 = \frac{1}{18} \{ a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc \}$$

Cuando la distribución triangular es simétrica, es decir, $b = (a + c)/2$ las fórmulas anteriores se transforman en:

$$E(X) = \frac{a+c}{2} = b$$

$$VAR(X) = \frac{1}{24}(c-a)^2$$

La distribución triangular se utilizaría en este caso, para evaluar el impacto en los costos con la simulación de Montecarlo.

c) Conocimiento de los resultados

Los cuales definen lo que ocurrirá si se elige una alternativa o un curso de acción en particular. El conocimiento de los resultados es importante cuando existen varias alternativas. Hay 3 tipos de conocimiento con respecto a los resultados:

Certeza: es el conocimiento exacto de lo que produce cada alternativa. Sólo hay una consecuencia para cada alternativa. Si se conocen las consecuencias y los valores del resultado son evidentes, la tarea del decisor es calcular la alternativa óptima o el resultado.

Riesgo: se puede identificar la posibilidad de múltiples resultados para cada alternativa y la probabilidad de ocurrencia asociada a cada uno. La toma de decisiones bajo riesgo, cuando se conocen solamente las probabilidades de varios productos, es similar a la de certeza; en lugar de la optimización de los resultados, la regla general es optimizar el resultado esperado.

Incertidumbre: se pueden identificar múltiples consecuencias para cada alternativa pero no conocer la probabilidad asociada a cada una de ellas. Las decisiones bajo incertidumbre se deben manejar de manera diferente, ya que sin las probabilidades el criterio de optimización no se puede aplicar. La mayoría de las sugerencias se diseñan para suministrar las probabilidades desconocidas, de tal manera que el problema se pueda tratar como un problema de toma de decisión bajo riesgo.

2.3 METODOLOGÍA GENERAL DE ANÁLISIS DEL RIESGO EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

La metodología general de análisis del riesgo en obras de construcción puede ser la siguiente (Figuroa, 2002):

1. Identificación de los factores de riesgo. Aquellos factores de los que se tiene poco control o están fuera del control del constructor, generalmente estos factores se asocian a condiciones naturales o macroeconómicas.
2. Evaluación de la probabilidad de ocurrencia de los factores de riesgos. Consiste en la estimación de la probabilidad, con métodos subjetivos o con estadísticas históricas, si es posible.
3. Estimación del impacto. Aquellos factores que de ocurrir el evento considerado de riesgo, afectan notablemente al proyecto, ya sea en su costo o en su plazo de ejecución. En el primer caso están las partidas que por volumen y precio pueden repercutir significativamente ante una variación del costo de los insumos o del rendimiento.
4. Selección de los factores de riesgo para el análisis. Se seleccionan aquellos factores que tienen alta probabilidad de ocurrencia y provocan un impacto considerable al proyecto.
5. Análisis de comportamiento del proyecto. Se analiza la respuesta del proyecto, en este caso en su presupuesto y plazo de ejecución, ante los eventos seleccionados y se evalúan los rangos de confianza de las variables bajo análisis.
6. Medidas de mitigación. Cuando es posible se identifican medidas que mitiguen el efecto de los factores de riesgo, ya sea disminuyendo su probabilidad de ocurrencia o reduciendo el impacto sobre el proyecto.

A partir de esta metodología, el análisis de riesgo tiene dos enfoques:

1) Evaluar el riesgo de sobre costo o de extensión del plazo o cambios al proyecto autorizados por la dependencia, ya sea por omisiones en el proyecto original, modificaciones en el sitio o en el entorno del proyecto o por conveniencia propia.

2) Evaluar el riesgo de sobre costo o de extensión de plazo por ineficiencias del constructor o factores bajo su responsabilidad que no tome en cuenta al momento de estimar el presupuesto y el programa de obra.

La evaluación descrita primero debe hacerla la dependencia, para tener cierta certeza de que el presupuesto y el plazo de construcción que presente a la instancia correspondiente para obtener los fondos necesarios se cumplan.

El análisis de riesgo de sobre costo de construcción tiene el propósito de que el propietario de la obra, cuente con una estimación del grado de certeza que tiene el presupuesto y para la construcción de la obra. Esta herramienta es muy útil para contratistas que participan en licitaciones de obra pública, que mediante un análisis serio, es posible conocer los factores de riesgos a que estará expuesto su presupuesto y programa de obra, en caso de ganar el concurso, lo que le permitirá tomar las precauciones pertinentes, para no afectar su economía.

2.3.1 El análisis de **riesgo de sobre costo** puede seguir el procedimiento que se describe a continuación:

i) Validación del presupuesto presentado.

Esta validación se toma del análisis del presupuesto y de los precios unitarios presentado en un capítulo aparte de este dictamen. El propósito de esta validación es el de definir si el costo de obra presentado en el paquete del proyecto se acerca a un valor más esperado, es un valor ubicado a la izquierda de la distribución de probabilidad (optimista), o uno ubicado a la derecha de la curva (pesimista).

ii) Análisis de factores de riesgo en los conceptos de obra

Este análisis tiene el propósito de identificar los factores de riesgo en aquellos conceptos en los que, aun cuando el cálculo del precio esté en rangos de mercado, los insumos necesarios están sujetos a cierta volatilidad y/o los rendimientos supuestos pueden ser afectados por factores fuera del control del contratista (por ejemplo, fenómenos

meteorológicos, restricciones reglamentarias, saturación de recursos en un espacio y tiempo limitados, entre otros).

iii) Estimación del impacto

Se evalúa el impacto de cada uno de los conceptos identificados como expuestos a factores de riesgo, de acuerdo a su importancia en el presupuesto de obra, ya sea por un alto precio unitario, por un volumen grande o por ambas razones.

iv) Selección de los conceptos de riesgo

Se seleccionan aquellos conceptos de obra expuestos a factores que hacen inestable su precio unitario y que tienen mayor importancia relativa en el presupuesto de obra.

v) Análisis del presupuesto

A partir de los conceptos que más importancia tienen para el análisis de riesgo, se preparan distribuciones triangulares con valores esperados y dispersiones subjetivas, derivadas del análisis de los incisos i) a iv). A partir de ello se hace una simulación empleando la técnica de Montecarlo, para obtener alrededor de 40 valores que permitan trazar una curva de distribución del costo del proyecto, asumida como Normal, que parte del valor inicial del proyecto, calificado de acuerdo a lo que se describe en el inciso i). De esta manera se obtiene un presupuesto probable, con un cierto grado de certidumbre.

2.3.2 El análisis del riesgo de **extensión del plazo de construcción** puede tener la siguiente secuencia:

i) Reconstrucción de un diagrama de red, con el criterio de nodos, a partir de un cronograma sin relaciones explícitas.

Este diagrama se reconstruirá con inferencias de las relaciones bosquejadas en el cronograma disponible, respetando las fechas de inicio y terminación y las duraciones expresadas. En algunos casos podrán detallarse actividades, por considerarse relevante para el análisis, pero siempre respetando fechas y duraciones.

ii) Identificación de los factores de riesgo en el programa.

Se identificarán las actividades del programa expuestas a factores fuera del control del constructor.

iii) Estimación de variaciones en la duración.

Se estimarán subjetivamente variaciones en las duraciones de las actividades expuestas a los factores de riesgo, tomando en cuenta los elementos particulares del proyecto, por ejemplo, como la exigencia de un procedimiento de excavación de la cimentación, de acuerdo al estudio geotécnico y la importancia de la mano de obra calificada, como en el caso del montaje de la estructura de acero.

iv) Selección de variables para el análisis.

Se seleccionarán las actividades relevantes para el análisis de aquellas expuestas a los factores de riesgo y que resultaron críticas o cuasocríticas en el programa de ruta crítica.

v) Simulación del programa.

Con las variables seleccionadas y empleando la técnica de Montecarlo, se harán las corridas para estimar diferentes posibles fechas de terminación del proyecto. A partir de estos datos se dispondrá de una distribución de probabilidad, asumida como Normal, para evaluar el tiempo de construcción con cierta certidumbre.

BIBLIOGRAFIA

Figuroa Palacios, Esteban (2002): Evaluación de Riesgo de Sobrecosto y extensión del plazo de ejecución, para la construcción de edificios de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Informe final. México

Flanagan, Roger (2002): Risk Management and Construction. Blackwell Scientific Pub. London, 1993.

Papageorge, Thomas E. (1998): Risk Management for Building Professionals. Means Company, 1988.

PMI BOK (2000): Project management institute body of knowledge. Project management institute.

MODULO IV. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA

1. HIDROLOGIA.

Los desastres debidos a fenómenos naturales son un problema inherente al desarrollo de la civilización aún sin resolver. En el caso de los de tipo hidrometeorológicos (que están relacionados con el agua), los patrones de desarrollo que ignoran la administración sostenible del agua exponen a las comunidades a mayores riesgos de inundaciones o sequías.

Mientras las sequías se colocan en primer lugar, en cuanto al número de muertos se refiere, las inundaciones son el segundo lugar y causan grandes daños económicos. Así el agua que resulta fundamental para la vida, también ocasiona desastres, ya sea por exceso o escasez.

Es frecuente escuchar que año con año alguna región del país sufre de daños por inundaciones, Chiapas no es la excepción. El estado de Chiapas está dividido en dos regiones hidrológicas, la No. 23 llamada "Costa de Chiapas", y la No. 30 llamada "Grijalva-Usumacinta", por su ubicación geográfica es vulnerable a fenómenos perturbadores de origen hidrometeorológico. Los efectos en Chiapas de los huracanes que se generan en el Océano Atlántico y Pacífico provocan precipitaciones extremas, ocasionando el desbordamiento de ríos y arroyos que generan inundaciones.

En el estado de Chiapas es cada vez más frecuente el número de inundaciones debido al acelerado crecimiento de las comunidades y ciudades, que por lo general están asentadas próximas a la orilla de los ríos.

En Chiapas se distinguen dos periodos de precipitaciones; en verano (junio-octubre) en donde las lluvias son intensas y están asociadas a la acción de los ciclones, en invierno (diciembre-marzo) los frentes fríos son la principal fuente de lluvia.

En las planicies de los grandes ríos de Chiapas es frecuente que se presenten inundaciones derivadas de su desbordamiento.

1.1 TIPOS DE INUNDACIONES

1.- Inundaciones Pluviales por precipitaciones en cuencas con escasa o nula pendiente en centros urbanos, hidrología urbana (figura 1).



Figura1. Inundaciones en centros urbanos

Las inundaciones pluviales son causadas directamente por la lluvia que ocurre en una región o un punto de una cuenca con fuerte permeabilidad generalmente con escasa pendiente o donde el sistema de drenaje es insuficiente, es decir se modificaron los cauces naturales para aprovecharlos para fraccionar, esto se da en centros urbanos.

2.- Inundaciones Fluviales por desbordamiento de ríos, hidrología general (figura 2)

Se deben al escurrimiento formado por

- a) Precipitaciones
- b) Obstrucción de cauces
- c) Invasión de cauces
- d) Acción de mareas
- e) Deshielo



Figura 2. Inundaciones por desbordamientos de ríos

Se generan cuando las lluvias son intensas, se incrementa el nivel de los ríos, provocan el desbordamiento de ríos y arroyos; si sale del cauce un gran volumen de agua, se genera una inundación fluvial.

3.- Inundaciones por rotura o la operación incorrecta de obras hidráulicas.

4.- Inundaciones costeras (por ingreso del agua marina por la marea de tormenta de huracanes)

POR EL TIEMPO DE RESPUESTA DE LA CUENCA

La respuesta hidrológica de una cuenca depende de sus características fisiográficas, área, longitud del cauce, pendiente, humedad antecedente, urbanización, deforestación, etc.

- Inundaciones lentas: Se presentan en cauces con pendientes pequeñas y cuando en la cuenca hay lluvias de larga duración, por ejemplo en llanuras costeras, zonas bajas de ríos.
- Inundaciones súbitas: Se presentan cuando existen lluvias de corta duración y gran intensidad, en pendientes fuertes, zonas urbanizadas, pueden acarrear gran cantidad de sedimentos, árboles, detritus, etc., los debris ó flash flood son ejemplos de este tipo de inundaciones.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS INUNDABLES

| ZONAS INUNDABLES | FORMADA POR LLUVIAS O AVENIDAS DE PERIODO DE RETORNO |
|------------------|--|
| Habituales | Tr=2 años. |
| Frecuente | Tr=5 años. |
| Ocasional | Tr=10 años. |
| Esporádica. | Tr=50 años. |
| Excepcional | Tr=100 años. |
| Extraordinaria. | Tr=500 años. |
| Extrema máxima | Tr=1000 años |

PROCESO DE FORMACIÓN DE INUNDACIONES FLUVIALES

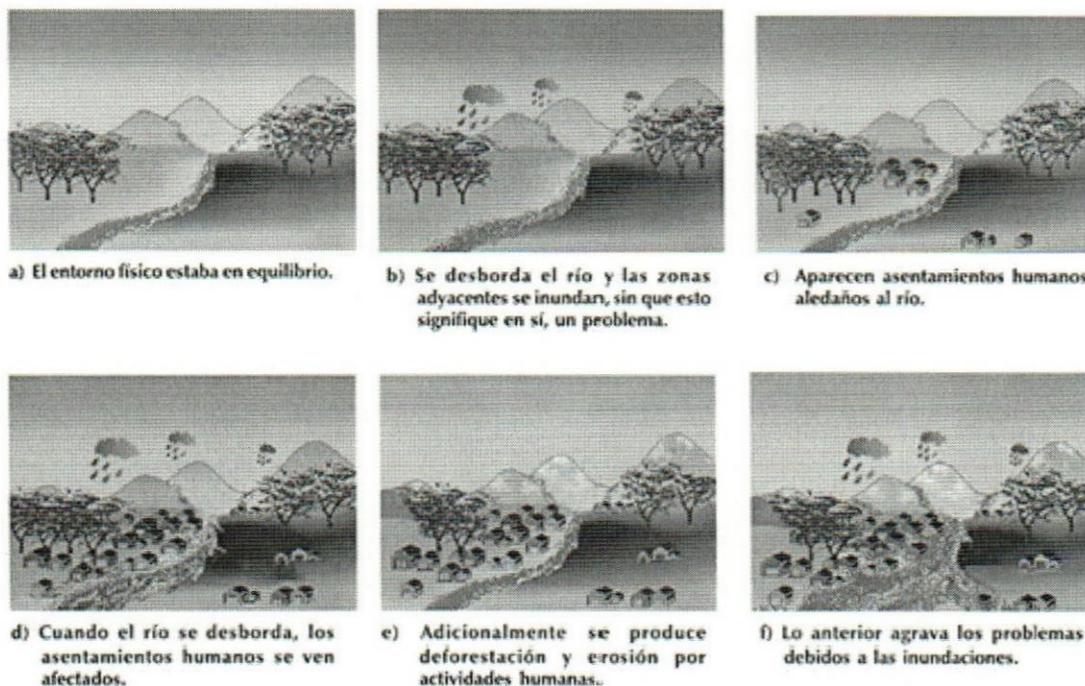


Figura 3.- Proceso y formación de las inundaciones (Cenapred, 2009)

1.2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS - HIDROLOGÍA

Según el U.S. Federal Council for Science and Technology:

“La hidrología es la ciencia que trata de las aguas de la tierra, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivientes”.

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM):

“Es la ciencia que trata de los procesos que rigen el agotamiento y recuperación de los recursos del agua en las áreas continentales de la tierra y en las diversas fases del ciclo hidrológico”.

Según el Dr. Rolando Springall Galindo:

“La hidrología es la ciencia natural que trata sobre el agua, su ocurrencia, circulación y distribución sobre y debajo de la superficie terrestre”.

Disciplinas prácticas de la hidrología

- ✓ Hidrología agrícola
- ✓ Hidrología forestal
- ✓ Hidrología urbana
- ✓ Hidrología de zonas áridas
- ✓ Hidrología de control de crecientes

Disciplinas científicas de la Hidrología General

| | |
|------------------------|--|
| Oceanografía | <i>(estudio de los océanos y mares)</i> |
| Criología | <i>(estudio del agua sólida, nieve y hielo)</i> |
| Limnología | <i>(estudio de los lagos)</i> |
| Potamología | <i>(estudio de los ríos)</i> |
| Meteorología | <i>(estudio del agua en la atmósfera)</i> |
| Hidrología Superficial | <i>(estudio del agua continental)</i> |
| Hidrometeorología | <i>(estudio de los problemas comunes a las áreas de la Meteorología y la Hidrología Superficial)</i> |
| Geohidrología | <i>(estudio del agua subterránea)</i> |

Los principales objetivos de la hidrología, al diseñar una obra de ingeniería pueden resumirse en dos grandes grupos:

- Obtención de la avenida máxima que con una determinada frecuencia puede ocurrir en un cierto lugar, lo cual es necesario considerar al diseñar vertedores, puentes y drenajes en general. (gasto máx. o min.) Obras de protección.
- Conocimiento de la cantidad, frecuencia y naturaleza de ocurrencia del transporte del agua sobre la superficie terrestre. Esto servirá para el diseño de instalaciones de irrigación, abastecimiento de agua, aprovechamientos hidroeléctricos y navegación de ríos. (volumen máx. o min) Obras de almacenamiento.

1.3. LA CUENCA HIDROLOGICA.

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que cae sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Desde este punto de vista existen dos tipos de cuenca: endorreicas y exorreicas (figura 4).

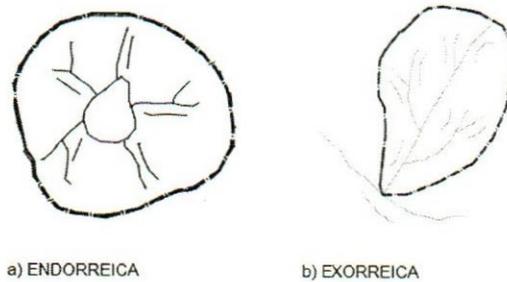


Figura 4.- Tipos de cuencas

Características de la cuenca (figura 5):

Parteaguas: Línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico.

Área de la cuenca: Superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.

Corriente principal: La corriente principal de una cuenca es la corriente que pasa de la misma.

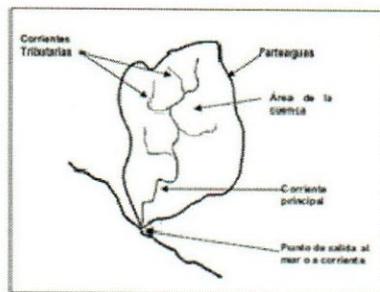


Figura 5.- Características de las cuencas

Existe una gran diversidad de modelos de drenaje, ya que las configuraciones geológicas también son muy diversas, sin embargo para el territorio de México en su conjunto se pueden considerar 18 modelos básicos, los cuales se pueden ver en la figura 6.

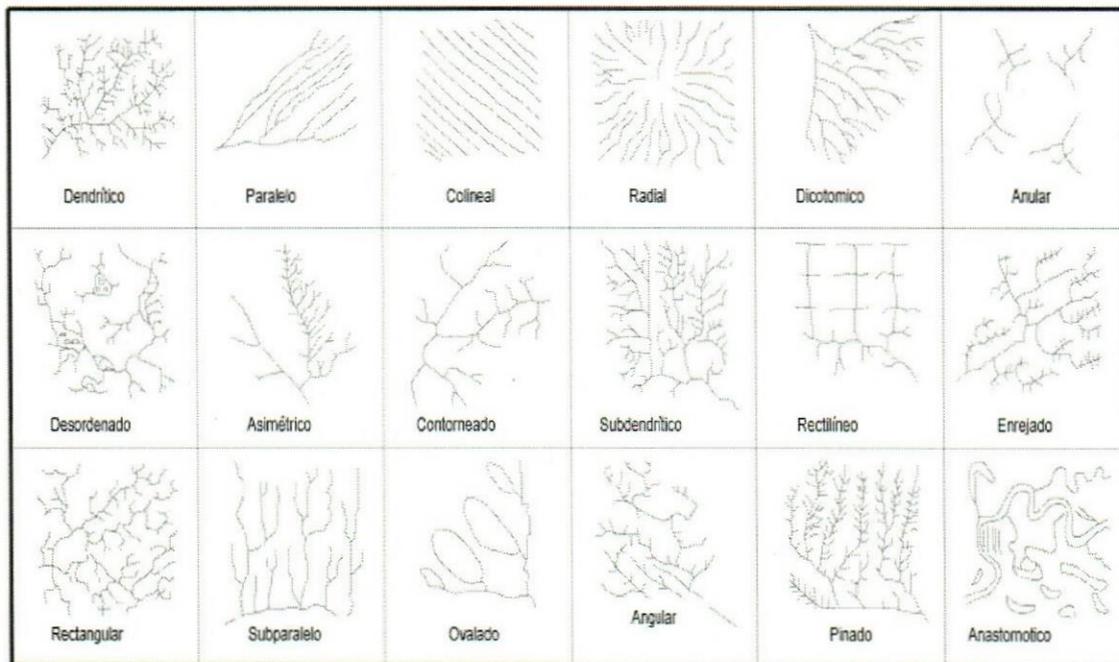


Figura 6.- Modelos de drenaje

Clasificación de la cuenca respecto a su tamaño:

| TAMAÑO DE LA CUENCA(km ²) | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------------|--------------------|
| < 2.5 | Muy pequeña |
| 25 a 250 | Pequeña |
| 250 a 500 | Intermedia-Pequeña |
| 500 a 2,500 | Intermedia-Grande |
| 2,500 a 5,000 | Grande |
| > 5,000 | Muy grande |

Clasificación según Daniel Francisco Campos Aranda

Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, más rápida será su respuesta a la precipitación. Se han propuesto cierto número de indicadores de dicho grado de bifurcación, algunos de los cuales son los siguientes (figura 7):



Figura 7.- Grados de bifurcación de las cuencas

Orden de corrientes: 1 de primer orden, dos corrientes de 1 generan una de segundo orden, dos corrientes de 3 orden generan una corriente de 4 orden, etc.

Las corrientes se clasifican de varias maneras:

a).- Según esta clasificación las corrientes pueden ser:

- ✓ Perenne, el punto más bajo del cauce se encuentra siempre abajo del nivel de las aguas freáticas. Transportan agua todo el año y siempre están alimentadas (figura 8).

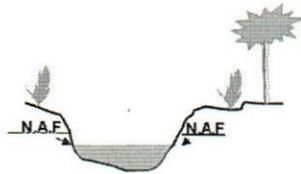


Figura 8.- Corriente perenne

- ✓ Intermitente, transporta agua durante la época de lluvias de cada año, cuando el nivel freático asciende. En época de secas el nivel freático desciende por debajo del punto más bajo del cauce y la corriente no transporta agua, salvo cuando se presenta una tormenta (figura 9).

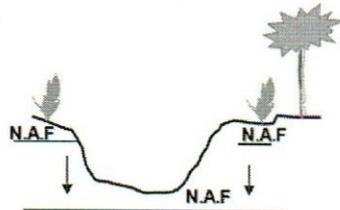


Figura 9.- Corriente intermitente

- ✓ Efímera, el nivel de aguas freáticas siempre está por debajo del punto más bajo del cauce y transporta agua inmediatamente después de una tormenta y, en este caso, alimenta a los almacenamientos de agua subterránea (figura 10).

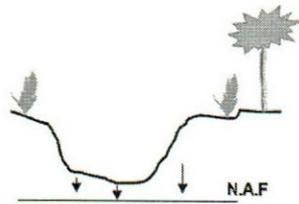


Figura 10.- Corriente efímera

b).- Por su posición topográfica o edad geológica.

De acuerdo con esta clasificación los ríos pueden ser de montaña o juveniles, de transición o maduros, o bien de planicie o viejos. En un mismo cauce se pueden encontrar los tres tipos de ríos.

- ✓ Los ríos de montaña tienen cotas elevadas sobre el nivel del mar, tienen grandes pendientes y pocas curvas, y debido a las fuertes velocidades que alcanza el agua, sus cauces están generalmente formados por cantos rodados, con un poco de grava y casi nada de finos.
- ✓ Los ríos de transición están en cotas medias, presentando algunos meandros, con velocidades de agua moderadas y sus cauces están formados por algunos cantos rodados, grava y finos.
- ✓ Los ríos de planicie, por el contrario presentan numerosos meandros debido a las velocidades bajas del agua y su cauce se forma por arena y finos.

El conocimiento de la geomorfología de la cuenca es indispensable para generar diseños hidrológicos balanceados.

1.4 PRECIPITACIÓN

La precipitación es el agua que recibe la superficie terrestre proveniente de la atmósfera (nubes) en forma de lluvia, nieve o hielo.

Para que se origine la precipitación es necesario que una parte de la atmósfera se enfríe hasta que el aire se sature con el vapor de agua, originándose la condensación del vapor atmosférico. El enfriamiento de la atmósfera se logra por la elevación del aire. De acuerdo con la condición que provoca dicha elevación, la precipitación puede ser por convección, orográfica y ciclónica.

Medición de la precipitación

Un pluviómetro es un aparato que sirve para medir la cantidad de precipitación caída durante un cierto tiempo. La idea base de este dispositivo descansa en el hecho de que la lluvia se mide por la cantidad de milímetros que alcanzaría el

agua en un suelo perfectamente horizontal, que no tuviera ningún tipo de filtración o pérdida (figura 11).

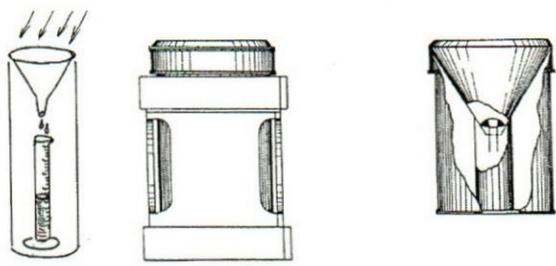


Figura 11. Pluviómetro

1 mm de lluvia real = 1 cm en el recipiente

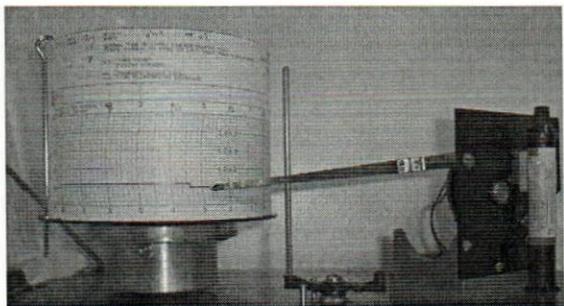
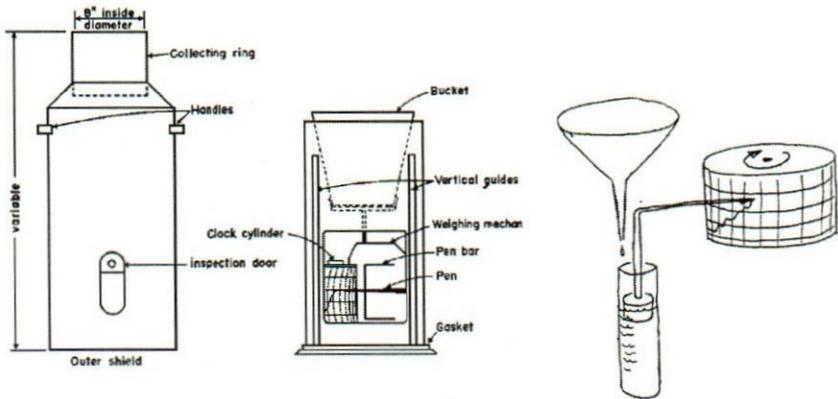


Figura 12. Pluviógrafo

La información de precipitación pluvial se genera en forma discreta, utilizando el pluviómetro y realizando las lecturas totales acumuladas en intervalos de 6, 12 o 24 horas. Si se utiliza el pluviógrafo (figura 12) se obtiene un registro continuo de la precipitación, siendo posible analizar la variación temporal de la lluvia en intervalos de minutos. La medición más común en las estaciones climatológicas

son los valores discretos de los pluviómetros. Dependiendo del objetivo del estudio que se pretenda llevar a cabo, se hará uso de la información del registro discreto o del continuo.

Análisis de los registros de precipitación figura 13.

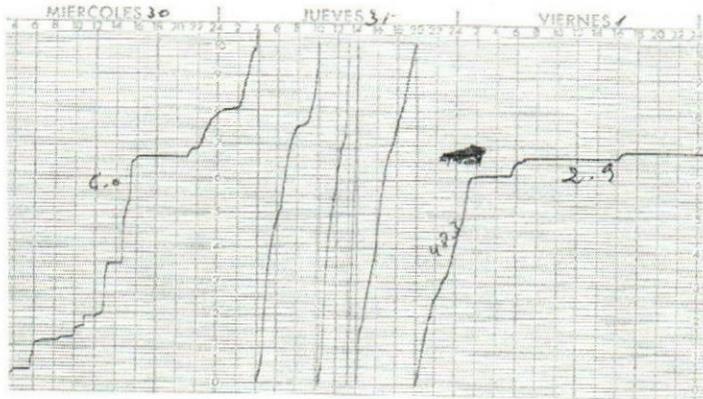


Figura 13. Pluviograma

Si a un registro pluviográfico como el anterior se le quita los descensos, se obtiene una gráfica de precipitación acumulada contra el tiempo llamada curva masa de la precipitación (Ver figura 15). Esta curva es no decreciente, y su pendiente, en cualquier tiempo, es igual a la intensidad de la lluvia (altura de precipitación por unidad de tiempo) en ese instante.

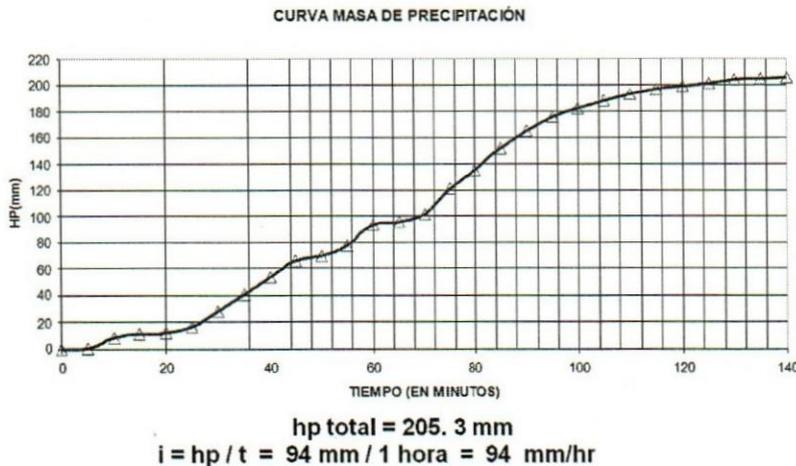


Figura 14. Curva masa de precipitación

A partir de una curva masa es posible dibujar diagrama de barras que representan las variaciones de la altura de precipitación o de su intensidad en intervalos de tiempo previamente seleccionados. Estos diagramas de barras se llaman Hietogramas.

El hietograma de alturas de precipitación se construye dividiendo el tiempo que duro la tormenta en n intervalos y midiendo la altura de precipitación que se tuvo en cada uno de ellos (figura 15).

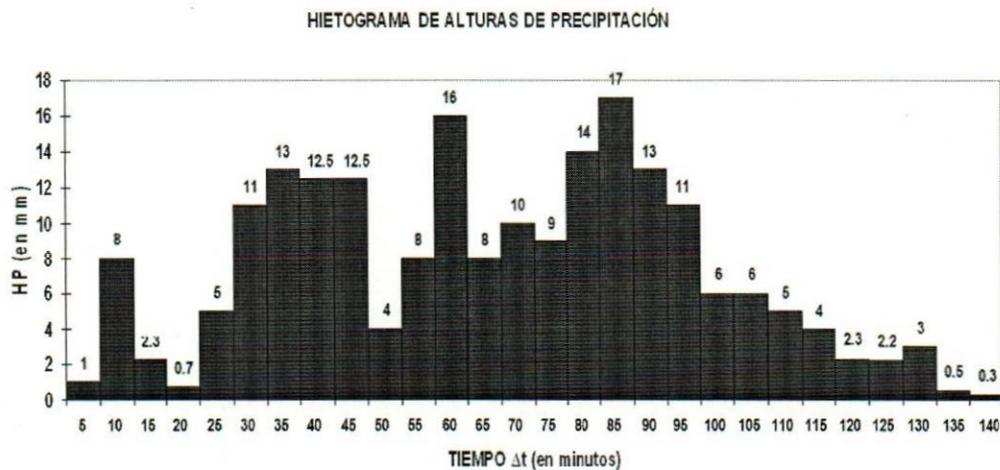


Figura 15. Hietograma de alturas de precipitación

El hietograma de intensidades se construye dividiendo la altura de precipitación de cada barra entre el tiempo que dura la misma.

Ambos hietogramas pueden ser útiles pero depende del tipo de análisis que se lleve a cabo (figura 16).

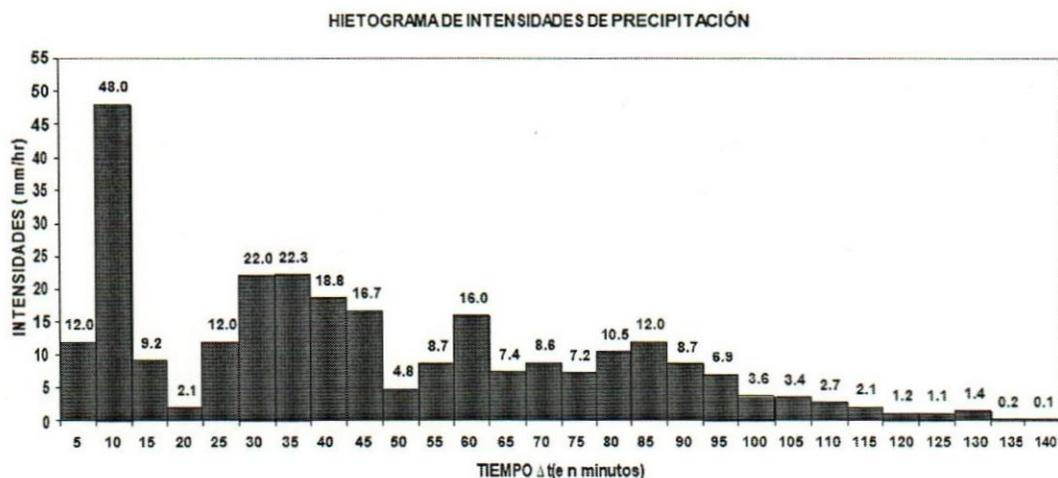


Figura 16. Hietograma de intensidades de precipitación

Métodos para determinar la precipitación media

a).- Método aritmético

Consiste simplemente en obtener el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación usada en el análisis:

$$h_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi}$$

Donde h_p es la altura de precipitación media, h_{pi} es la altura de precipitación registrada en la estación climatológica i y n es el número de estaciones bajo análisis.

- Es el más simple de todos.
- No toma en cuenta la distribución de las estaciones en la cuenca ni la manera en que se distribuye la lluvia en el espacio.
- Es útil en zonas con topografía muy suave y condiciones atmosféricas muy uniformes. Se utiliza solo para tener una idea aproximada de la altura de precipitación media.

b).- Método de los polígonos de Thiessen

Este método consiste en lo siguiente:

1.- Unir, mediante líneas punteadas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí. Con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.

2.- Trazar líneas rectas que bisecan los lados de los triángulos. Por geometría elemental, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán a un solo punto.

3.- Cada estación pluviométrica quedara rodeada por las líneas rectas del paso 2, que forman los llamados polígonos de Thiessen y, en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca. El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.

4.-La precipitación media se calcula entonces como un promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente.

$$hp = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i hp_i$$

Donde A_i es el área de la influencia de la estación i y A_T es el área total de cuenca.

- Toman en cuenta la distribución de las estaciones en el área de la cuenca.
- No toma en cuenta los factores topográficos que afectan la distribución de la lluvia.
- Es conveniente desde el punto de vista práctico, particularmente para cálculos repetitivos, cuando se analizan una gran cantidad de tormentas, pues los polígonos no cambian a menos que se agreguen o eliminen estaciones.

Método de las isoyetas.

Este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen igual altura de precipitación llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel de topografía.

La precipitación media se calcula en forma similar a la ecuación de polígonos de Thiessen, pero ahora el peso es el área A_i entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca y la cantidad que se pesa es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas, h_{pi} :

$$hp = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i hp_i$$

Donde n' es el número de áreas A_i consideradas.

Es el más preciso de todos si se tomen en cuenta la orografía en la distribución de la lluvia. Es el más laborioso de los tres, pues cada tormenta tiene un plano de isoyetas diferente.

Si se utiliza una variación lineal de la altura de precipitación entre las estaciones, su precisión no es mayor que el de los polígonos de Thiessen.

Los métodos anteriormente descritos se han planteado, cuando se requiere conocer la altura total de precipitación que, en promedio, se produce en la cuenca durante una tormenta.

Cuando se desea conocer la variación en el tiempo de la precipitación media en la cuenca, es necesario determinar una curva masa media de la precipitación. Esta curva se construye aplicando el método aritmético o de los polígonos de Thiessen a las alturas de precipitación acumuladas en cada estación para diferentes tiempos. El resultado será una curva masa media y se puede refinar calculando la precipitación media de toda la tormenta con el método de las isoyetas y multiplicando cada ordenada de la curva masa media por el factor de ajuste.

$$Fa = \frac{hp_{is}}{hp_0}$$

Donde hp_{is} es la precipitación media de toda la tormenta calculada con el método de las isoyetas y hp_0 es la misma altura, pero calculada con el método aritmético o el de polígonos de Thiessen con esto se obtiene una curva llamada, curva masa media ajustada.

1.5 ESCURRIMIENTOS

Continuando con los componentes del ciclo hidrológico ahora se verá el escurrimiento el cual lo definimos como el agua que proviene de la precipitación que circula bajo o sobre la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

Tipos de escurrimiento

- ✓ Escurrimiento superficial: es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo y la red de drenaje hasta salir de la cuenca. La parte de la precipitación que contribuye al escurrimiento superficial se denomina precipitación en exceso o efectiva y que constituye el escurrimiento directo.
- ✓ Escurrimiento sub superficial: se debe a la precipitación infiltrada en la superficie del suelo, pero que se mueve lateralmente sobre el horizonte superior del mismo.

- ✓ Esguerrimiento Subterráneo: es el agua que se infiltra hasta niveles inferiores al freático, es el único que alimenta a las corrientes cuando no hay lluvias y por eso se dice que forma el esguerrimiento base.

Relación precipitación – esguerrimiento

Estos métodos toman el área de la cuenca, aunque no son métodos que analicen propiamente la relación lluvia esguerrimiento, son importantes por ser de utilidad en los casos que solo se requieran estimaciones gruesas de los gastos máximos probables, o bien cuando se carezca casi por completo de información (figura 17).

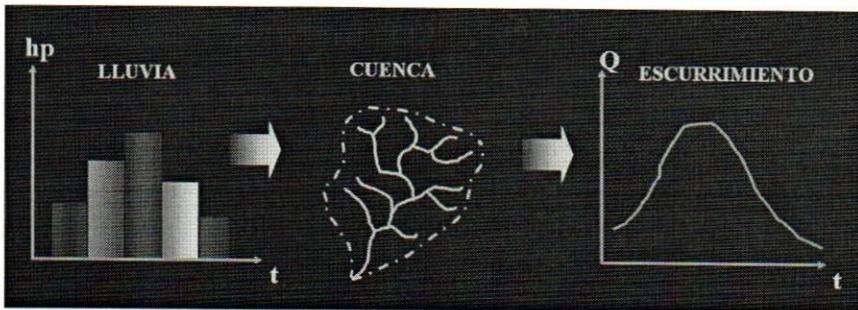
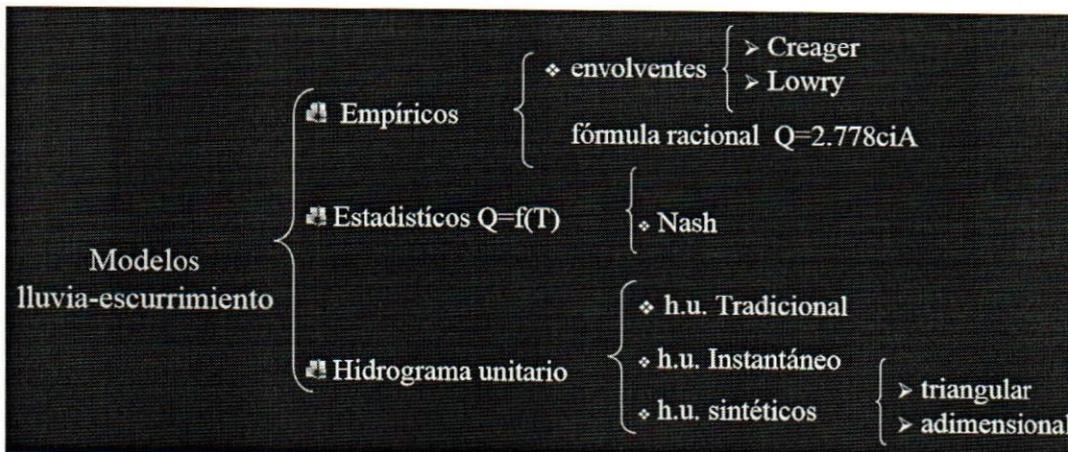


Figura 17. Relación lluvia – esguerrimiento

Modelos lluvia – esguerrimiento.- Tienen como propósito principal conocer el gasto de diseño y el volumen de agua esperado con dicha avenida, relacionan el esguerrimiento generado por una tormenta (precipitación), ver esquema.



La mayoría de estos criterios con excepción de los hidrogramas unitarios sintéticos, requieren de registros e incluso históricos tanto de alturas de precipitación como de aforos de corrientes, esto implica que las cuencas en estudio se deben encontrar instrumentadas.

BIBLIOGRAFÍA

Cenapred, Consejo del sistema veracruzano del agua. Aspectos hidrológicos, Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Facultad de Ingeniería - UNAM. Análisis distribucional de los datos de precipitación y escurrimiento.

Suarez Aguilar, (2014): Infraestructura Hidráulica, Seminario de titulación.

Páginas electrónicas consultadas:

<http://www.csva.gob.mx/sah/Material/5AspectosHidrologicosSAH2de2.pdf>

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/737/a6.pdf?sequence=6>

MODULO V. GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS

1. ESTABILIDAD DE TALUDES

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. Se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente (figura 1).

Las laderas que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad.

Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales, aunque pueden presentarse combinaciones de los diversos tipos:

- Terraplenes,
- Cortes de laderas naturales y
- Muros de contención.

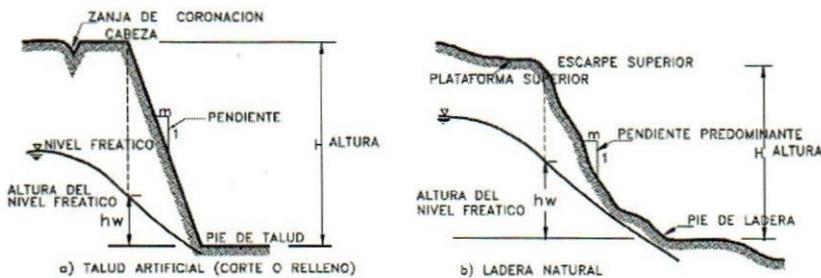


Figura 1. Nomenclatura de taludes y laderas

En el talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

1. Altura.- Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.
2. Pie.- Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.
3. Cabeza o escarpe.- Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

4. Altura de nivel freático.- Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

5. Pendiente.- Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: Pendiente : 45°, 100%, o 1H:1V.

Existen, además, otros factores topográficos que se requiere definir como son longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud.

1.1. NOMENCLATURA DE LOS PROCESOS DE MOVIMIENTO

Los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden generalmente, a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que conforman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos. Estos movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo.

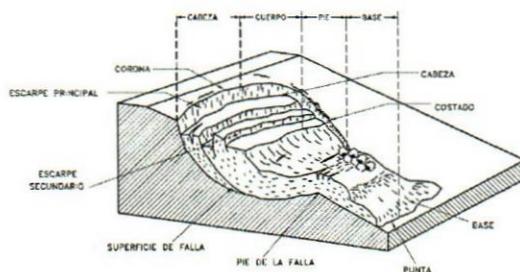


Figura 2. Nomenclatura de un deslizamiento

En la figura 2 se muestra un deslizamiento, sus partes son las siguientes:

1. Escarpe principal.- Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original.
2. Escarpe secundario.- Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.
3. Cabeza.- Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
4. Cima.- El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

5. Corona.- El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
6. Superficie de falla.- Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.
7. Pie de la superficie de falla.- La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
8. Base.- El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
9. Punta o uña.- El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
10. Costado o flanco.- Un lado (perfil lateral) del movimiento.
11. Superficie original del terreno.- La superficie, antes de que se presentara el movimiento.
12. Derecha e izquierda.- para referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie.

1.2 ETAPAS EN EL PROCESO DE FALLA

Las caracterizaciones geotécnicas son necesarias y por esta razón, las clasificaciones topográficas y morfológicas, como las propuestas por Varnes (1978), Hutchinson (1988), etc., deben adaptarse a las condiciones verdaderas de los movimientos.

Se consideran cuatro etapas diferentes en la clasificación de los movimientos:

- a. Etapa de deterioro o antes de la falla donde el suelo es esencialmente intacto.
- b. Etapa de falla caracterizada por la formación de una superficie de falla o el movimiento de una masa importante de material.
- c. La etapa post-falla que incluye los movimientos de la masa involucrada en un deslizamiento desde el momento de la falla y hasta el preciso instante en el cual se detiene totalmente.

La etapa de posible reactivación en la cual pueden ocurrir movimientos que pueden considerarse como una nueva falla, e incluye las tres etapas anteriores.

1.3. PROCESOS EN LA ETAPA DE DETERIORO

Cuando un talud se corta, para la construcción de una vía o de una obra de infraestructura, ocurre una relajación de los esfuerzos de confinamiento y una exposición al medio ambiente, cambiándose la posición de equilibrio por una de deterioro acelerado.

La clasificación de los modos comunes de deterioro fue propuesta por Nicholson y Hencher (1997), pero Suárez Díaz (1998) la amplió con el objeto de incluir la mayoría de los procesos que ocurren previamente a la falla masiva.

1. Caída de granos.- Consiste en la caída de granos individuales de la masa de roca con desintegración física a granos como prerequisite. Causa un debilitamiento general del material de roca. No representa una amenaza en sí misma pero puede conducir a la pérdida de soporte y subsecuente colapso en pequeña escala. Los finos pueden sedimentarse y producir depósitos dentro de las estructuras de drenaje. Solución: se sugiere la limpieza de los residuos en el pie del talud y el cubrimiento con técnicas de bioingeniería concreto lanzado y refuerzo local, donde exista riesgo de colapso.

2. Descascaramiento.- Caída de cáscaras de material de la masa de roca. Las cáscaras tienen forma de láminas con una dimensión significativamente menor a las otras dos dimensiones. Los fragmentos en forma de láminas no son grandes y no constituyen una amenaza significativa, sin embargo, se produce un depósito de sedimentos en el pie del talud. Tratamiento: utilizar técnicas de bioingeniería y concreto lanzado con pequeños anclajes y obras de concreto dental.

3. Formación, inclinación y caída de losas de roca.- Se forman prismas o pequeñas placas con dimensión mínima de 50 mm, pudiendo existir deslizamiento y rotación o pandeo. Pueden caer grandes bloques de material y pueden significar una amenaza importante, causando daño a los canales de drenaje, cercas, pavimentos o puede crear taludes negativos. Las inclinaciones pueden considerarse como un proceso de deterioro o como un movimiento del talud. Como tratamiento se sugiere la construcción de gradas o escaleras, bermas intermedias, refuerzo con pernos o estructuras de contención.

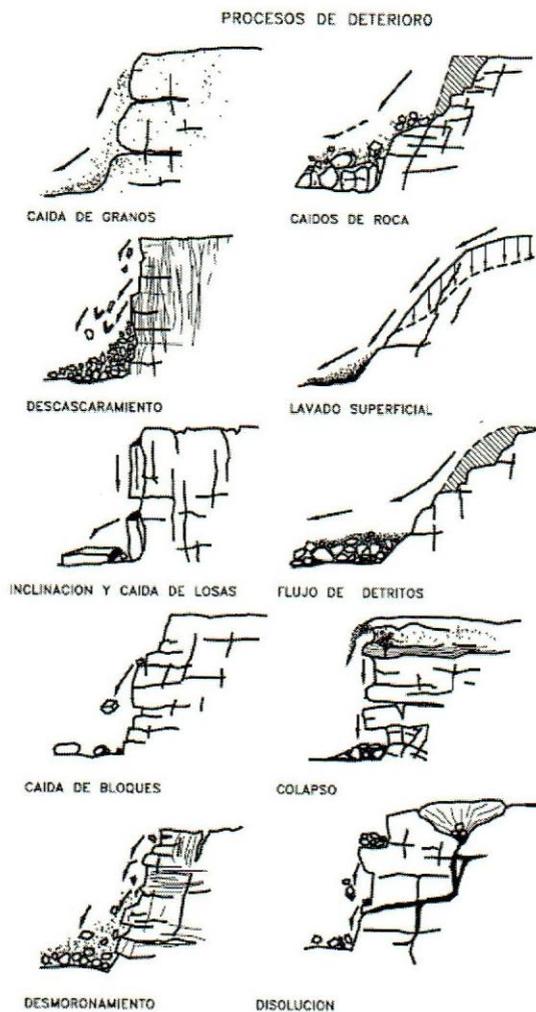


Figura 3. Procesos de deterioro en macizos rocosos (Nicholson y Hencher, 1997)

4. Caídos de bloques.- Pueden caer por gravedad, en forma ocasional bloques individuales de roca de cualquier dimensión, produciendo un deterioro en la estructura del talud.

La amenaza es difícil de predecir debido al gran rango de tamaños que pueden caer y especialmente los bloques grandes pueden causar daño estructural. En ocasiones bajan saltando y rodando y pueden avanzar grandes distancias. Tratamiento: se sugiere la construcción de gradas, la utilización de mallas de acero, concreto lanzado o mampostería.

5. Desmoronamiento del talud.- El desmoronamiento general del talud produce la caída de bloques de diversas dimensiones en forma semicontinua. Puede

causar una amenaza significativa y crear grandes acumulaciones de detritos en el pie del talud.

Para solucionar se sugiere la construcción de gradas, colocación de mallas, trampas para detritos y cercas protectoras; también se pueden construir estructuras de submuración en mampostería o concreto lanzado. Los bloques grandes pueden requerir aseguramiento con pernos, anclajes o cables. Las áreas con desintegración severa pueden requerir soporte total o disminuir el ángulo de inclinación del talud.

6. Caídos de roca.- La caída de muchos bloques de roca “en un solo evento” requiere que haya ocurrido un debilitamiento de la masa de roca, debido a la fragmentación y a la ausencia de soporte lateral. El volumen de la falla depende de los diversos planos de discontinuidad y puede cubrir en un solo momento varios planos (falla en escalera).

7. Lavado superficial o erosión.- La erosión es el desprendimiento, transporte y depositación de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua. El flujo puede concentrarse en canales produciendo surcos y cárcavas. Pueden producir sedimentación de materiales en el pie del talud. Solución: se propone generalmente, la construcción de obras de drenaje y de bioingeniería, concreto lanzado o modificaciones de la topografía del talud.

Los procesos de erosión son muy comunes en suelos residuales poco cementados o en suelos aluviales, especialmente, los compuestos por limos y arenas finas principalmente, cuando la cobertura vegetal ha sido removida. Se conocen varios tipos de erosión:

a. Erosión Laminar.- se inicia por el impacto de las gotas de agua lluvias contra la superficie del suelo, complementada por la fuerza de la escorrentía produciendo un lavado de la superficie del terreno como un todo, sin formar canales definidos.

b. Erosión en surcos.- Los surcos de erosión se forman por la concentración del flujo del agua en caminos preferenciales, arrastrando las partículas y dejando canales de poca profundidad generalmente, paralelos. Los surcos al profundizarse, forman surcos de mayor tamaño, los cuales a su vez se profundizan o amplían formando cárcavas. Los surcos de erosión pueden estabilizarse generalmente, con prácticas de agricultura.

c. Erosión en Cárcavas.- Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendiente

alta que conforman el perímetro de la cárcava. Las cárcavas inicialmente tienen una sección en V pero al encontrar un material más resistente o interceptar el nivel freático se extienden lateralmente, tomando forma en U. (figura 4)

d. *Erosión interna (Piping)*.- El agua al fluir por ductos concentrados dentro del suelo produce erosión interna, la cual da origen a derrumbamientos o colapsos que pueden generar un hundimiento del terreno o la formación de una cárcava.

e. *Erosión por afloramiento de agua*.- Un caso de erosión puede ocurrir en los sitios de afloramiento de agua, formando pequeñas cavernas y/o taludes negativos, los cuales a su vez pueden producir desprendimientos de masas de suelo.

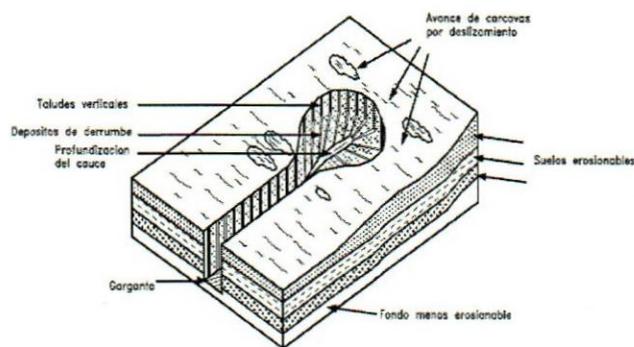


Figura 4. Esquema general de cárcava de erosión

8. Flujo de detritos.- El desprendimiento y transporte de partículas gruesas y finas en una matriz de agua y granos en forma de flujo seco o saturado. Los flujos de detritos son impredecibles, mueven grandes volúmenes de material y pueden crear una amenaza moderada a alta. Se requiere un análisis especial de cada caso para su tratamiento, no se les considera como procesos de deterioro sino como deslizamientos.

9. Colapso.- Bloques independientes de gran tamaño colapsan debido a la falta de soporte vertical. El tamaño de los bloques es de más de 500 mm e incluyen los taludes negativos (overhangs). Representa una escala grande de amenaza, de acuerdo a su tamaño y potencial de colapso. Soluciones: incluyen estructuras de refuerzo, submuración y otras estructuras de retención.

10. Disolución.- La disolución de materiales solubles en agua que puede ser acelerado por las condiciones locales, especialmente la presencia de aguas agresivas. Puede producir cavidades internas que podrían colapsar o formar cárcavas kársticas. Tratamiento: se sugiere la inyección o relleno de las cavidades o la construcción de estructuras de puente.

11. Expansión y contracción.- En los suelos arcillosos se producen cambios de volumen por cambios de humedad asociados con el potencial de succión del material. Estas expansiones y contracciones producen agrietamientos y cambios en la estructura del suelo generalmente, con pérdida de la resistencia al cortante. Se puede disminuir evitando los cambios de humedad o disminuyendo el potencial de expansión utilizando procedimientos físicos y químicos como es la adición de cal.

12. Agrietamiento cosísmico.- Los eventos sísmicos pueden producir agrietamientos especialmente en los materiales rígidos y frágiles. Los agrietamientos cosísmicos debilitan la masa de talud y generan superficies preferenciales de falla. El agrietamiento cosísmico es menor cuando existe buen refuerzo subsuperficial con raíces de la cobertura vegetal.

13. Deformaciones por concentración de esfuerzos y fatiga.- Los materiales al estar sometidos a esfuerzos de compresión o cortante sufren deformaciones, las cuales aumentan con el tiempo en una especie de fatiga de los materiales de suelo o roca. Estas deformaciones se pueden evitar disminuyendo los esfuerzos sobre el suelo, construyendo estructuras de contención o refuerzo.

14. Agrietamiento por tensión.- La mayoría de los suelos poseen muy baja resistencia a la tensión y la generación de esfuerzos relativamente pequeños, (especialmente arriba de la cabeza de los taludes y laderas), puede producir grietas de tensión, las cuales facilitan la infiltración de agua y debilitan la estructura de la masa de suelo permitiendo la formación de superficies de falla.

1.4 CLASIFICACION DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Para la clasificación de los movimientos en masa se presenta el sistema propuesto originalmente por Varnes (1978), el cual tipifica los principales tipos de movimiento.

1. Caído.- En los caídos una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en la cual ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando. (figuras 5 a 7).

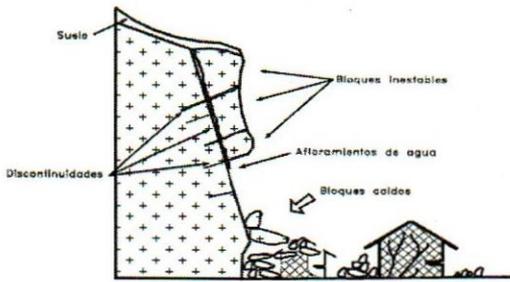


Figura 5. Caídos de bloques por gravedad en roca fracturada.

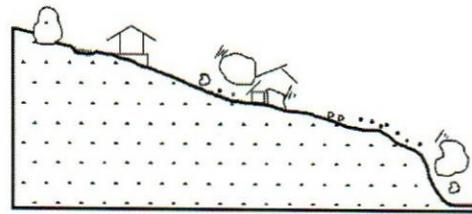


Figura 6. Caídos de bloques rodando

La observación muestra que los movimientos tienden a comportarse como caídos de caída libre cuando la pendiente superficial es de más de 75 grados. En taludes de ángulo menor generalmente, los materiales rebotan y en los taludes de menos de 45 grados los materiales tienden a rodar.

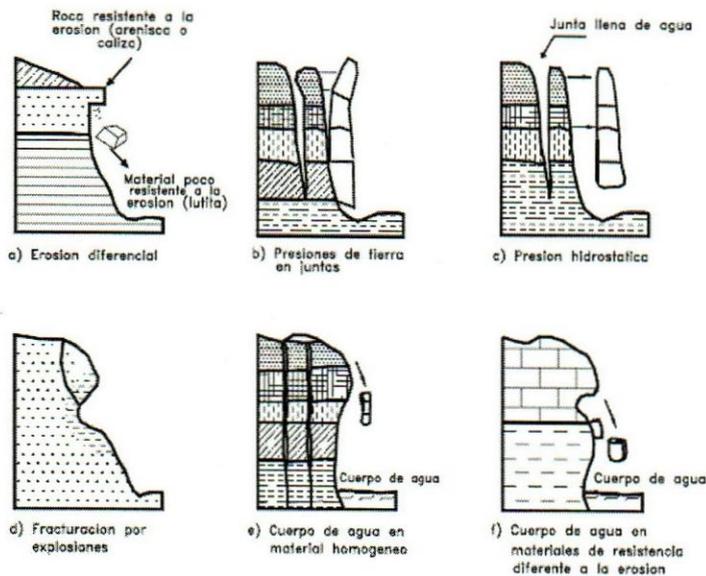


Figura 7. Nomenclatura de un deslizamiento

Los "caídos de roca" corresponden a bloques de roca relativamente sana, los caídos de residuos o detritos están compuestos por fragmentos de materiales pétreos y los caídos de tierra corresponden a materiales compuestos de partículas pequeñas de suelo o masas blandas (figura 8).

2. Inclinación o volteo.- Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas (figura 9).

Las fuerzas que lo producen son generadas por las unidades adyacentes, el agua en las grietas o juntas, expansiones y los movimientos sísmicos.

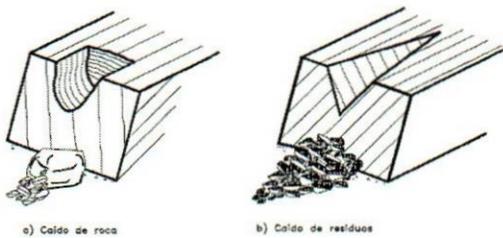


Figura 8. Esquema de caídos de roca y residuos

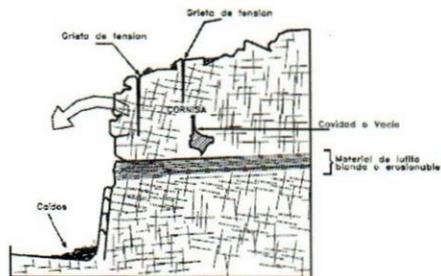


Figura 9. Volteo o inclinación en materiales residuales

Dependiendo de las características geométricas y de estructura geológica, la inclinación puede o no terminar en caídos o en derrumbes (figuras 10 y 11). Pueden variar de extremadamente lentas a extremadamente rápidas.

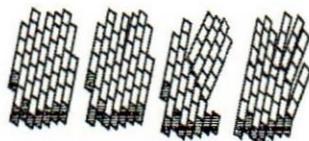


Figura 10. Volteo o inclinación en materiales residuales



Figura 11. El volteo puede generar desmoronamiento del talud o falla en escalera

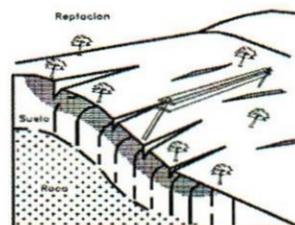


Figura 12. Esquema de un proceso de reptación

3. Reptación.- La reptación consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno (figura 12). Se le atribuye a las alteraciones climáticas relacionadas con los procesos de humedecimiento y secado en suelos, usualmente, muy blandos o alterados.

4. Deslizamiento.- Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada (figura 13). El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla. Los

deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación, etc.

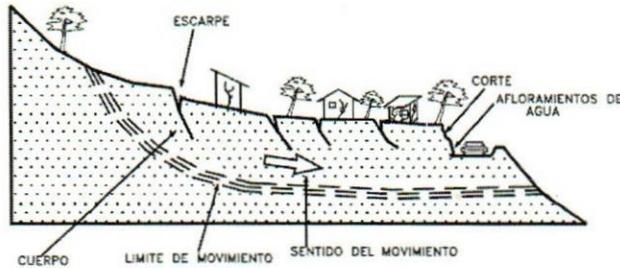


Figura 13. Deslizamiento en suelos blandos.

Los deslizamientos se pueden a su vez dividir en dos subtipos denominados deslizamientos rotacionales y translacionales o planares.

a. Deslizamiento Rotacional.- En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento (figura 14). Visto en planta el deslizamiento posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento. Se forma una superficie cóncava en forma de "cuchara".



Figura 14. Deslizamiento rotacional típico

Frecuentemente la forma y localización de la superficie de falla está influenciada por las discontinuidades, juntas y planos de estratificación. El efecto de estas discontinuidades debe tenerse muy en cuenta en el momento que se haga el análisis de estabilidad (figura 15). Ocurren usualmente, en suelos homogéneos, sean naturales o artificiales y por su facilidad de análisis son el tipo de deslizamiento más estudiado en la literatura.

Pueden ocurrir otros desplazamientos curvos que forman escarpes secundarios y varios deslizamientos sucesivos en su origen pero que conforman una zona de deslizamientos rotacionales independientes.

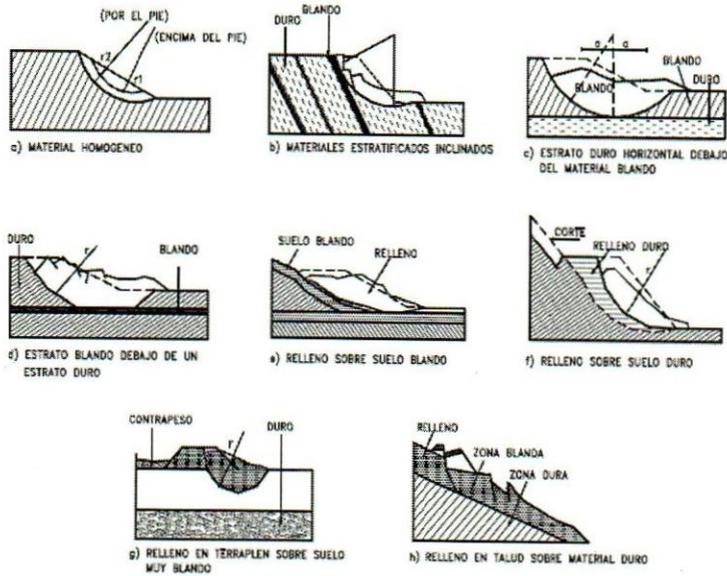


Figura 15. Efectos de la estructura en la formación de deslizamientos a rotación.

b. Deslizamiento de traslación.- En el deslizamiento de traslación el movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo (figura 16). Un movimiento de rotación trata de autoestabilizarse, mientras uno de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo; la masa se deforma y/o rompe y puede convertirse en flujo.

Los deslizamientos sobre discontinuidades sencillas en roca se les denomina deslizamientos de bloque, cuando ocurren a lo largo de dos discontinuidades se le conoce como deslizamiento de cuña y cuando se presentan sobre varios niveles de una familia de discontinuidades se le puede denominar falla en escalera.

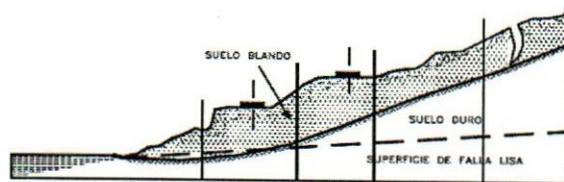


Figura 16. Deslizamiento de traslación en la vía Tijuana-ensenada en México

5. Esparcimiento lateral.- En los esparcimientos laterales el modo de movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y traslación sino también de flujo. (figura 17). Los movimientos son complejos y difíciles de caracterizar. Pueden ocurrir en masas de roca sobre suelos plásticos y también se

forman en suelos finos, tales como arcillas y limos sensitivos que pierden gran parte de su resistencia al remoldearse.

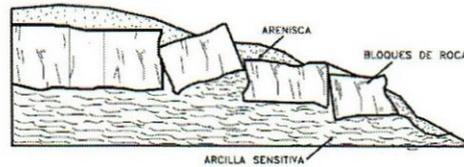


Figura 17. Esquema de un esparcimiento lateral

La falla es generalmente progresiva, se inicia en un área local y se extiende. Los esparcimientos laterales son comunes en sedimentos glaciales y marinos pero no los son en zonas de suelos tropicales residuales. Se deben distinguir dos tipos así:

a. Movimientos distribuidos en una extensión pero sin una superficie basal bien definida de corte o de flujo plástico. Esto ocurre predominantemente en rocas, especialmente en las crestas de serranías. La mecánica de este movimiento no es bien conocida.

b. Movimientos que envuelven fracturas y extensión de roca o suelo, debido a licuación o flujo plástico del material subyacente. Las capas superiores pueden hundirse, trasladarse, rotarse, desintegrarse o pueden licuarse y fluir.

6. Flujo.- En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos (figura 18), así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra. La ocurrencia de flujos está generalmente, relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales.

a. Flujo en roca.- Estos movimientos comprenden las deformaciones que se distribuyen a lo largo de muchas fracturas grandes y pequeñas. Las pendientes de estos taludes son comúnmente muy empinadas (más de 45°), ocurren en rocas ígneas y metamórficas muy fracturadas y pueden estar precedidos por fenómenos de inclinación. Estos flujos tienden a ser ligeramente húmedos y su velocidad tiende a ser rápida a muy rápida.

b. Flujo de residuos (Detritos).- Por lo general, un flujo de rocas termina en uno de residuos. Los materiales se van triturando por el mismo proceso de flujo y se puede observar una diferencia importante de tamaños entre la cabeza y el pie del movimiento. El movimiento de los flujos de detritos puede ser activado por las lluvias o por el desarrollo de fuerzas debidas al movimiento del agua subterránea

(Collins y Znidarcic, 1997). Los daños causados por estos flujos abarcan áreas relativamente grandes.

c. Flujo de suelo.- Los flujos de suelo también pueden ser secos y más lentos de acuerdo a la humedad y pendiente de la zona de ocurrencia. En zonas de alta montaña y desérticas ocurren flujos muy secos, por lo general pequeños pero de velocidades altas.

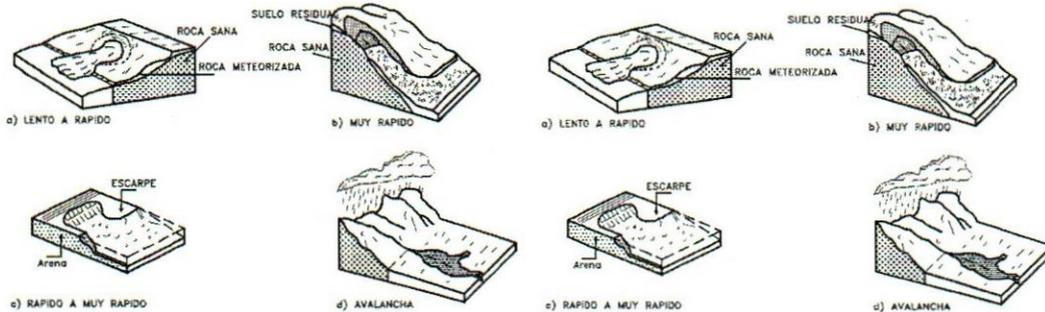


Figura 1.19 Flujos de diferentes velocidades.

Figura 1.19 Flujos de diferentes velocidades.

Figura 18. Flujo de diferentes velocidades

d. Flujos de lodo.- Los materiales de suelo son muy finos y las humedades muy altas y viscosidad, llegándose al punto de suelos suspendidos en agua. Los flujos de lodo poseen fuerzas destructoras grandes que dependen de su caudal y velocidad. Posee tres unidades morfológicas: un origen, un camino o canal de flujo y una zona de acumulación.



Figura 1.20 Avalancha en cauce de río por acumulación de materiales producto de una gran cantidad de deslizamientos ocurridos en el momento de su cauce.

Figura 19. Avalancha

7. Avalanchas.- En las avalanchas la falla progresiva es muy rápida y el flujo desciende formando una especie de “ríos de roca y suelo” (figura 19). Estos flujos comúnmente se relacionan con lluvias extraordinarias, deshielo de nevados o movimientos sísmicos en zonas de alta montaña y la ausencia de vegetación, aunque es un factor influyente, no es un prerequisite para que ocurran.

Las avalanchas son generadas a partir de un gran aporte de materiales de uno o varios deslizamientos o flujos combinados con un volumen importante de agua, los cuales forman una masa de comportamiento de líquido viscoso que puede lograr velocidades muy altas con un gran poder destructivo y que corresponden generalmente, a fenómenos regionales dentro de una cuenca de drenaje; pueden alcanzar velocidades de más de 50 metros por segundo en algunos casos.

8. Movimientos complejos

Con mucha frecuencia los movimientos de un talud incluyen una combinación de dos o más de los principales tipos de desplazamiento descritos anteriormente, este tipo de movimientos se les denomina como "complejo". Adicionalmente, un tipo de proceso activo puede convertirse en otro a medida que progresa el fenómeno de desintegración; es así como una inclinación puede terminar en caído o un deslizamiento en flujo.

BIBLIOGRAFÍA.

Instituto de investigaciones sobre erosión y deslizamientos. Suárez Díaz (1998):
Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.

2 .REHABILITACION DE ESTRUCTURAS.

La rehabilitación estructural integra acciones de restauración, reparación , refuerzo y rediseño.

La rehabilitación de un edificio existente requiere una serie de evaluaciones y análisis ejecutados por un profesional del diseño y la construcción. Dependiendo de la importancia del edificio, así como del tiempo y recursos, se pueden practicar diferentes niveles de evaluación.

La evaluación se define como la revisión e investigación técnica de la configuración de la estructura, elementos estructurales y no estructurales, materiales, condiciones actuales y deficiencias

2.1. ALCANCES DE LOS METODOS SIMPLIFICADOS PARA LA EVALUACION DE LA CAPACIDAD SISMICA (MES)

Son procedimientos aproximados usados para identificar edificios potencialmente vulnerables a las acciones sísmicas.

El objetivo fundamental es la identificación y clasificación de la vulnerabilidad de edificios, con una inversión modesta de tiempo y recursos, y posponer la revisión de edificios relativamente más seguros.

Sus aplicaciones son variadas, fundamentalmente se utilizan para evaluación masiva de estructuras, para dictaminación preliminar de seguridad estructural, para fines de prediseño, y para fines de evaluación rápida para seguros.

Los MES son de aplicación local y regional acorde con la práctica constructiva del país o zona donde se aplique.

Un MES debe permitir:

- Dictamen preliminar del estado general de la estructura
- La identificación de edificios que requieren un análisis más detallado
- Priorización de edificios que necesitan atención más inmediata
- Optimización de recursos en una evaluación masiva.

Los MES son la primer etapa de un procedimiento integral de evaluación estructural con varios niveles de precisión, deben contar con:

- Parámetros cuantitativos de referencia para calificar la estructura (evitar en lo posible respuestas “pasa/falla”)
- Sistema de calificación no arbitrario
- Información suplementaria para normar criterios (criterios sistemáticos y claros)
- Definición del nivel de fuerzas sísmicas
- Recolección de datos sistematizada

2.2. ASPECTOS QUE APORTAN LOS DATOS NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN

Aspectos estructurales

- Configuración de planta y elevación
- Número de pisos y sus dimensiones generales
- Código de diseño
- Daños y Estado de reparación
- Distribución de resistencias y rigideces
- dimensiones de elementos
- cambios abruptos en dimensiones de elementos y/o planta
- Uso del inmueble
- Conexiones en elementos
- Cimentación
- Desplomes
- Hundimientos
- Planta baja flexible
- Edificio de esquina

Aspectos no estructurales

- Condiciones locales de suelo
- Problemas de colindancia con edificios vecinos
- Edificios vecinos vulnerables
- Periodo de terreno
- Cambios de uso
- Modificaciones arquitectónicas que modifiquen la estructura.

2.3. METODOLOGÍA NIVEL 1

El procedimiento de evaluación consiste en asignar una calificación, a cada uno de cinco índices que representan los aspectos más relevantes que afectan la seguridad sísmica de una construcción. Los índices propuestos son los siguientes:

1. Estructuración en planta.- Considera la distribución y rigidez de los elementos estructurales, así como las características de la forma en planta del edificio.
2. Estructuración en elevación.- Considera las características en elevación del sistema estructural, incluyendo la estimación aproximada del periodo en función de la relación de esbeltez.
3. Cimentación.- Identifica distintos problemas de movimientos de la cimentación que inciden en la estabilidad de la estructura.
4. Ubicación.- Toma en cuenta la situación geográfica del inmueble dentro de la ciudad, así como su interacción con los edificios colindantes.
5. Deterioro.- Refleja el grado en que la capacidad sísmica ha sido afectada por sismos previos o por la edad.

Cada índice se califica en tres niveles que se asocian a los terminos: bajo, intermedio y alto, según la relevancia del problema.

1. ESTRUCTURA EN PLANTA

El aspecto principal por identificar es la asimetría en la disposición y rigidez de los elementos estructurales (y de los supuestamente no estructurales que pueden contribuir a la rigidez), lo que da lugar a efectos de torsión significativos. Además, la forma irregular de la planta, así como la proporción de lado largo a corto excesiva y la presencia de huecos de grandes dimensiones y en posición asimétrica, también resultan perjudiciales.

La torsión puede calificarse alto cuando da lugar a una excentricidad de más de 20% de la dimensión de la planta en la dirección de la excentricidad. Pueden considerarse en este caso los edificios en esquina, con una o dos colindancias con marcos rellenos por muros de mampostería, sin que existan elementos que

compensen su rigidez. También los que tengan un cubo rígido de elevadores y escaleras en posición fuertemente asimétrica.

La presencia de entrantes y salientes, especialmente en posición asimétrica, puede calificarse alto si exceden del 30% del área total en planta. En cuanto a la relación de lado largo a corto, esta se considera intermedia cuando sea mayor que 3.

La existencia simultánea de más de uno de los problemas descritos anteriormente, deberá tenerse en cuenta de manera aditiva en la calificación, sin que esta exceda de alto.

2. ESTRUCTURACIÓN EN ELEVACIÓN

En este índice se incluyen factores de distinta naturaleza asociados con las características del edificio en elevación.

La proporción entre altura H y lado menor B , es un índice del período de la estructura (a mayor esbeltez el periodo es mayor), así como de la importancia de los momentos de volteo. Adicionalmente, la discontinuidad en geometría, rigidez y resistencia, puede calificarse alto, cuando se presente una variación de estas características mayor a 30% en entrepisos consecutivos.

Otros factores dignos de tenerse en cuenta en la evaluación son: la doble altura de planta baja y la presencia de columnas cortas, que deben penalizarse, así como la abundancia de muros divisorios en todos los pisos, distribuidos en forma simétrica, que deberá mejorar la calificación de este índice.

3. CIMENTACIÓN

Existen tres tipos de mal comportamiento que inciden en la seguridad ante sismo: el desplome; los asentamientos diferenciales y la emersión o el hundimiento uniformes. El desplome se calificará alto cuando exceda de 2% de la altura total del edificio.

Con respecto a los hundimientos diferenciales, se calificará alto una diferencia de nivel entre las bases de columnas continuas igual o mayor que 0.8% de la distancia entre las mismas. Para el hundimiento o emersión se sugiere considerar alto un valor de 40 cm o mayor.

4. UBICACIÓN.

Uno de los factores a evaluar en este punto es la sismicidad del sitio. El otro factor es la colindancia con edificios con los cuales pueda haber golpeteo durante el mismo. Se considera peligroso que existan edificios colindantes a una separación menor que 0.006, 0.007 y 0.008 de la altura del menor, en las zonas de lomas, transición y lago respectivamente, en especial si las alturas de los inmuebles son diferentes y no hay coincidencia en las losas de todos los niveles.

Se sugiere que cuando se presente una de las dos situaciones mencionadas el índice se califique como intermedio y cuando se presenten las dos se defina como alto.

5. DETERIORO.

El punto dominante en este índice es la detección de daños por sismos previos. Se excluyen aquellos casos en que se observen daños estructurales que de acuerdo con las Normas de Emergencia 1985 obliguen a una reparación mayor y que deberán ser reportados directamente a las autoridades, así como aquellos otros en que se haya llevado a cabo una obra de reparación mayor siguiendo dichas normas, debidamente autorizada por las autoridades del Distrito Federal.

Si existe evidencia de que el edificio ha sufrido daños en elementos no estructurales únicamente, se asignará una calificación de intermedio. Si ha habido daños estructurales causados por sismos anteriores a 1985, se calificará como alto si se ha efectuado una reparación local, o intermedio si la reparación fue mayor.

También interviene el grado de degradación general de la construcción por efectos ajenos al sismo. Si el inmueble tiene más de 30 años de edad, o bien se observan evidencias de un mantenimiento deficiente como humedades, desprendimiento o deterioro de materiales, que afecten los elementos estructurales, la calificación se aumentará en un nivel.

| TIPO DE DAÑO | DESCRIPCION |
|----------------|--|
| No estructural | Daños únicamente en elementos no estructurales |

| | |
|--------------------|--|
| Estructural Ligero | Grietas de menos de 0.5mm de ancho en elementos de concreto. Grietas de menos de 3 mm de ancho en muros de Mampostería. |
| Estructural Fuerte | Grietas de 0.5mm a 1mm de ancho en elementos de concreto. Grietas de 3 a 10mm de ancho en muros de mampostería. |
| Estructural Grave | Grietas de más de 1mm en elementos de concreto. Aberturas en muros de mampostería. Desprendimiento del recubrimiento en columnas. Aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de concreto. Agrietamiento de capiteles. Desplomes en columnas. Desplome del edificio de más de 1% de su altura. Hundimiento o emersión de más de 20 cm. |

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SEGURIDAD

A la calificación de cada uno de los índices que intervienen en la evaluación, se le asignará una calificación numérica "C" de:

Alto : C = 2
Intermedio: C = 1
Bajo : C = 0

2.4. METODOLOGÍA NIVEL 2

El procedimiento parte del cálculo del coeficiente de resistencia "K", en cada entrepiso del edificio y cuando menos en dos direcciones; K representa el valor del coeficiente sísmico reducido por ductilidad, correspondiente a la falla.

El valor menor de los coeficientes K obtenidos para cada entrepiso es el valor crítico del edificio.

1. COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K"

Para el entrepiso i

$$K_i = \frac{V_{ri} S_i}{V_{ai}}$$

K_i Coeficiente de resistencia para el entrepiso i

V_{ri} Fuerza cortante resistente para el entrepiso i

S_i Factor de corrección

V_{ai} Fuerza cortante actuante en el entrepiso i

2. FUERZA CORTANTE RESISTENTE

Para el entrepiso i

$$V_{ri} = \alpha_1 (0.7 V_{mi} + V_{cc i}) + \alpha_2 V_{mi} + \alpha_3 V_{ci} F$$

$F = 1.0$ si $V_{cc} = V_m = 0$

$F = 0.8$ si V_{cc} ó $V_m \neq 0$

V_m resistencia cortante de muros de mampostería

V_{cc} resistencia cortante de columnas cortas de concreto

V_M resistencia cortante de muros de concreto

V_c resistencia cortante de columnas de concreto

Resistencia de elementos estructurales por entrepiso

$$V_m = 1.5 \text{ kg/cm}^2 * A_i$$

$$V_{cc} = 15 \text{ kg/cm}^2 * A_i \text{ (H/h} \leq 2)$$

$$V_M = 20 \text{ kg/cm}^2 * A_i \text{ con 2 columnas en los extremos}$$

$$= 16 \text{ kg/cm}^2 * A_i \text{ con 1 columna de extremo}$$

$$= 12 \text{ kg/cm}^2 * A_i \text{ sin columnas en los extremos}$$

$$V_c = 10 \text{ kg/cm}^2 * A_i \text{ si } 2 < H/h \leq 6$$

$$7 \text{ kg/cm}^2 * A_i \text{ si } 6 < H/h \leq 10$$

$$5 \text{ kg/cm}^2 * A_i \text{ si } 10 < H/h$$

3. FACTOR DE CORRECCIÓN

$$S_i = q_1 * q_2 * q_3 * q_4 * q_5$$

4. FUERZA CORTANTE ACTUANTE

$$V_{ai} = FC \frac{\sum_{j=1}^n W_j h_j}{\sum_{j=1}^n W_j h_j} W$$

V_{ai} Fuerza cortante actuante en el entrepiso i

n Número de pisos

w_j Peso del piso j

h_j Altura del piso j desde el nivel del terreno

FC Factor de carga (1.1)

W Peso total de la estructura

Factores de participación α_1

| | | | |
|---|-----|-----|-----|
| A | 1.0 | 0.7 | 0.5 |
| B | 0.0 | 1.0 | 0.7 |
| C | 0.0 | 0.0 | 1.0 |

| CONCEPTO | q _i | | |
|---|--|---|-----------------------------------|
| | 0.80 | 0.90 | 1.0 |
| I Estructuración en planta q ₁ | e/B > 20% DA > 30% | 10% < e/B < 20% 10% < DA < 30% L/I > 3 | e/B < 10% DA < 10% L/I < 3 |
| II Estructuración en elevación q ₂ | DA > 30% | 10% < DA < 30% PB Flexible | DA < 10% |
| III Cimentación q ₃ | d > 2% h > 40% hD/I > 0.008 | 1% < d < 2% 20% < h < 40% .004 < hD/I < 0.008 | D < 1% h < 20% hD/I < 0.004 |
| IV Ubicación q ₄ | S/H < sr | sr < S/H < 2sr | S/H > 2sr |
| V Deterioro q ₅ | > 30 años Daño fuerte Reparación menor | 10 a 30 años Daño ligero. Reparación mayor | < 10 años Daño No estructural |

sr = 0.008 para suelos cuyo periodo sea mayor que 1 seg

sr = 0.007 para suelos cuyo periodo este entre 0.4 y 1 seg

sr = 0.006 para suelos cuyo periodo sea menor que 0.4 seg

BIBLIOGRAFIA.

Aguilar Carboney (2014), Seminario de titulación: Rehabilitación de estructuras.