

**ANALISIS HIDROLOGICO-HIDRAULICO
PARA DESARROLLO RESIDENCIALCOMERCIAL MONTE ELVIRA
COAMO, PUERTO RICO**

Preparado para:

**ING. JUAN AYGUABIBAS, P.E.
San Juan, Puerto Rico**

Preparado por:

**Ing. Héctor W. Vega Pacheco, M.S.C.E., P.E.
Consultor Hidrología/ Ingeniería Ambiental**

Noviembre 2008



INTRODUCCION

Trasfondo

Se propone el desarrollo de un proyecto de construcción mixto de viviendas unifamiliar/multifamiliar y comercial. El predio donde se propone el proyecto está localizado en la Carretera PR-14, en el municipio de Coamo, Puerto Rico. El área del predio a desarrollar es de aproximadamente 208 cuerdas (202 acres), de las cuales aproximadamente 53 cuerdas (51 acres) serán preservadas en su estado natural. La finca a desarrollar está bordeada al norte por áreas residenciales, por el este por el Río de la Mina desarrollar y, por el este y el sur por la Carretera PR-14. Existe una pequeña quebrada sin nombre que divide la finca principal, de norte a sur. Esta quebrada y el Río de la Mina son tributarios del Río Coamo, localizado hacia el sur del centro urbano del desarrollo propuesto (ver Figura 1). El proyecto no tendrá calles que crucen los cuerpos de agua existentes.

Dentro del predio del proyecto y áreas adyacentes existen áreas localizadas dentro de la zona susceptible a inundaciones asociada al Río Coamo. El desarrollo de los predios se hará fuera de los límites establecidos en el mapa reglamentario según delimitado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA por sus siglas en inglés) y adoptado por la Junta de Planificación (JP). La porción del mapa publicado por FEMA se muestra en la Figura 2. Copia del plano topográfico y de la configuración del proyecto se muestran en el Anejo 1.

Según se muestra en el Apéndice A, el cauce del la quebrada sin nombre no será alterado y se mantendrá una franja de terreno a lo largo del cauce inundable de la quebrada que cruza el proyecto. Los taludes del proyecto propuesto no interferirán con el cauce de la inundación definido por FEMA.

Como parte del diseño del proyecto, se realizó este análisis Hidrológico – Hidráulico (H-H) para determinar el tamaño de un sistema de detención (charcas abiertas, en este caso) para cumplir con la Sección 14.04 del Reglamento de Planificación Núm. 3. El análisis se hizo para los eventos de lluvia de 2, 25 y 100 años de recurrencia y todas sus duraciones (1 hasta 24 horas, según publicados).

Alcance del Estudio

El alcance para este estudio incluye las actividades siguientes:

1. Recolección y revisión de mapas, publicaciones y cualquier otra información disponible para el área donde estará localizado el proyecto propuesto.
2. Realizar un análisis para determinar el tamaño de un sistema de detención (charcas abiertas, en este caso) para cumplir con la Sección 14.04 del Reglamento de Planificación Núm. 3. El análisis se hizo para los eventos extremos de 2, 25 y 100 años de recurrencia y las duraciones de lluvia previamente mencionadas.

Base de Datos

Los datos utilizados en este estudio fueron obtenidos de las siguientes fuentes:

- Departamento Federal de Agricultura, Servicio de Conservación de Suelos, “*Soil Survey of Ponce Area of Southern Puerto Rico*”, (1981)
- National Weather Service, “*Precipitation–Frequency Atlas of the United States*”, NOAA Atlas 14, Volume 3, Version 4
- Mapa topográfico del Servicio Geológico Federal (USGS por sus siglas en inglés), escala 1:20,000, para el Cuadrángulo de Coamo (1972)
- Manual de Diseño de la Autoridad de Carreteras y Transportación (1979)
- Topografía Diseño Conceptual del proyecto Monte Elvira, por el Ing. Juan Ayguabibas (2008)

ANALISIS HIDROLOGICO

Metodología

Los análisis hidrológicos para este estudio fueron realizados usando el modelo de computadoras HEC-1, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros (COE por sus siglas en inglés) del Ejército de Estados Unidos (COE, 1990). Este modelo de simulación de eventos puede utilizar la metodología de la generación del hidrograma unitario recomendada por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) para estimar los hidrogramas de escorrentía producidos por eventos de lluvia reales o hipotéticos. En el método del SCS el incremento de tiempo del hidrograma unitario es computado como función del tiempo de concentración de la cuenca. Las coordenadas del hidrograma a un tiempo específico son computadas usando el tiempo concentración y el área de drenaje de la cuenca.

Parámetros de la Cuenca

Áreas de Drenaje

Las áreas de captación y la configuración de las cuencas se determinaron utilizando el plano topográfico del proyecto. La delimitación de las áreas de drenaje se muestra en el Anejo 2. El resumen de las áreas de drenaje se muestra en la tabla que se muestra más adelante.

El área a desarrollarse del proyecto tiene un total aproximado de 202 acres. Para propósitos del análisis se establecieron las condiciones existentes en el área del proyecto. Las siguientes sub-áreas representan las condiciones existentes:

- Área A-1 – Porción al noroeste del proyecto que descarga al Río de la Mina
- Área A-2 – Porción al suroeste del proyecto que descarga al Río de la Mina
- Área A-3 – Porción en mitad norte del proyecto que descarga a la quebrada que cruza el proyecto, en su lado oeste
- Área A-4 – Porción en mitad sur del proyecto que descarga a la quebrada que cruza el proyecto, en su lado oeste

- Área A-5 – Porción en mitad norte del proyecto que descarga a la quebrada que cruza el proyecto, en su lado este
- Área A-6 – Porción en mitad sureste del proyecto que descarga al sistema pluvial existente asociado a la Carretera PR-14

Bajo las condiciones existentes las áreas tienen los siguientes parámetros hidrológicos:

| Identificación | Área (Acres) | Área (mi ²) | CN | tc (min) (asumido) | tlag (hrs) |
|----------------|-----------------|----------------------------|----|-----------------------|------------|
| A-1 | 33.86 | 0.053 | 76 | 10 | 0.10 |
| A-2 | 19.82 | 0.031 | 76 | 10 | 0.10 |
| A-3 | 29.33 | 0.046 | 76 | 10 | 0.10 |
| A-4 | 22.09 | 0.035 | 76 | 10 | 0.10 |
| A-5 | 38.82 | 0.061 | 76 | 10 | 0.10 |
| A-6 | 46.44 | 0.073 | 76 | 10 | 0.10 |

Número de Curva del SCS

En adición al área de drenaje, los parámetros principales de la cuenca que se consideran para el desarrollo de hidrogramas de escorrentía usando el método del SCS son: el número de curva (“curve number” o CN) del SCS y el tiempo de concentración (tc) de la cuenca. Estos parámetros, unidos a los datos de lluvia y su distribución, son utilizados por el modelo HEC-1 para el cómputo de hidrogramas y descargas máximas (“peak flows”).

El CN es un indicador del potencial de pérdidas por infiltración de la cuenca. El CN es función de los siguientes parámetros:

- tipo de suelo
- grupo hidrológico del suelo
- uso del terreno
- cubierta del suelo
- condición de humedad antecedente

Los valores de CN presentados en la mayoría de las publicaciones de referencia son representativos de la condición de humedad antecedente II (AMC II por sus siglas en inglés). Esta condición es representativa del potencial promedio de pérdidas por infiltración e intercepciones de la cuenca. Los datos para el cómputo de los números de curva fueron obtenidos del catastro de suelos del SCS para el área de Ponce, el mapa topográfico del USGS para el cuadrángulo de Coamo y el Manual de Diseño de la Autoridad de Carreteras y Transportación (Capítulo 11). Los suelos en las cuencas de las quebradas analizadas están clasificados como:

| <i>Nombre del Suelo</i> | <i>Grupo Hidrológico</i> |
|-------------------------|--------------------------|
| Suelo Callabo | C |
| Suelo Llana | C |

Actualmente los predios tienen una cubierta combinada de pasto y arbustos, lo que que en combinación con el grupo hidrológico C, resulta en un valor de CN de 76 (condición existente). Los cómputos detallados de CN para las condiciones considerando el proyecto propuesto se incluyen en el Anejo 3. Como se muestra en el Anejo 3, el desarrollo propuesto tendrá efecto de aumentar el valor de CN computados para la condición existente. El resumen de los valores de CN estimados se muestra en la tabla anterior.

Tiempo de Concentración y Tiempo de Recesión (“Lag Time”)

El tiempo de concentración (t_c) es considerado como una medida del tiempo que toma la cuenca en responder a un evento de lluvia o el tiempo que toma una gota de agua desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de interés. El tiempo de recesión (“lag”) del hidrograma es el tiempo desde el centroide del exceso de lluvia hasta el punto de descarga máxima (“peak flow”) del hidrograma unitario. Los textos de referencia indican que existe una relación directa entre el tiempo de recesión y el tiempo de concentración, la cual es:

$$lag = 0.6 tc \quad (1)$$

donde,

lag = tiempo de recesión del hidrograma unitario
 tc = tiempo de concentración

Las pendientes del terreno actual son relativamente altas a medianas, y las distancias de las trayectorias del flujo son relativamente cortas. Para propósitos de este análisis preliminar se utilizó un tiempo de concentración de 10 minutos para todas las áreas de captación (condición existente) y de 5 minutos para la condición propuesta.

El desarrollo propuesto tendrá el efecto de aumentar el valor del número de curva y reducir el tiempo de concentración de las áreas. Bajo condiciones propuestas los parámetros de las áreas cambian como sigue:

| Identificación | Área (Acres) | Área (mi ²) | CN | tc (min) (asumido) | tlag (hrs) |
|----------------|-----------------|----------------------------|----|-----------------------|------------|
| A-1 | 33.86 | 0.053 | 79 | 5 | 0.05 |
| A-2 | 19.82 | 0.031 | 87 | 5 | 0.05 |
| A-3 | 29.33 | 0.046 | 82 | 5 | 0.05 |
| A-4 | 22.09 | 0.035 | 91 | 5 | 0.05 |
| A-5 | 38.82 | 0.061 | 91 | 5 | 0.05 |
| A-6 | 46.44 | 0.073 | 94 | 5 | 0.05 |

Datos de Lluvia y Distribución de Lluvia

Como parte del estudio, se estableció la relación o curva de precipitación - duración para el periodos de recurrencia de 100 años, utilizando los datos publicados en *el "NOAA Atlas 14, Volume 3"*. El resumen de los datos se muestra en la Tabla 3. Como lo muestra la tabla, la precipitación en el área del proyecto para el evento de 100 años de recurrencia y 24-horas de duración, es aproximadamente 17.72 pulgadas.

Para el cómputo de hidrogramas de escorrentía de una duración particular de un evento, la lluvia total debe ser distribuida en tiempo y espacio. Para este estudio se utilizó la distribución de lluvia triangular (distribución de lluvia balanceada), utilizada típicamente por el Cuerpo de Ingenieros de E.U. (COE). La misma es parte del modelo HEC-1 y para el cómputo de hidrogramas se entra a la base de datos los valores de lluvia que se muestran en la Tabla 1.

ANÁLISIS DE SISTEMA DE DETENCION – MONTE ELVIRA

Se realizó un análisis para determinar el tamaño de un sistema de detención (charcas abiertas) para cumplir con la Sección 14.04 del Reglamento de Planificación Núm. 3. El análisis se hizo para los eventos extremos de 2, 25 y 100 años de recurrencia y las duraciones de lluvia de 1 hasta 24 horas.

La configuración de las áreas se muestra en el Anejo 2. Los resultados hidrológicos para la condición existente se muestran en la Tabla 2. Los resultados mostrando el incremento que produciría el proyecto propuesto se muestran en la Tabla 3.

Basado en los resultados de las Tablas 2 y 3 se procedió a determinar el tamaño de las charcas de detención y sus respectivas estructuras de descarga para cumplir con el Reglamento Núm. 3. Un total de cinco (5) charcas de detención a ser localizadas en diferentes lugares dentro de los predios fueron preliminarmente analizadas (ver posibles localizaciones en el Anejo 2). Las áreas de captación a ser descargadas son las identificadas como A-1, A-3, A-4, A-5 y A-6. El área identificada como A-2 descargará directamente al Río de la Mina. Por esta razón el tamaño de la charca a donde descargará el área A-1 se determinó de manera que mitigara el efecto combinado de las áreas A-1 y A-2, las cuales descargarán al Río de la Mina. Las charcas de las áreas A-3, A-4 y A-5 descargarán hacia la quebrada que cruza el proyecto de norte a sur. El área A-6 descargará a una charca de detención, la cual a su vez descargará hacia el sistema pluvial existente asociado a la Carretera PR-14.

Para propósitos de análisis se está presumiendo que las estructuras de descarga de las charcas descargarán sobre el nivel de inundación computado para el Río de la Mina y la quebrada sin nombre, de manera que el control de la descarga pueda considerarse como descargando libremente. Las estructuras de descarga consistirán de tubos en el fondos de las charcas y estructuras tipo vertederos (“weirs”) para el control de descargas más considerables.

Para la curva de descarga se utilizó la ecuación de orificio,

$$Q = C a (2 g H)^e$$

Donde,

C = coeficiente de descarga (0.6, valor típico del Modelo HEC-1)

a = área seccional del orificio

g = 32.2 pies/seg²

e = exponente de altura de agua H (0.5 según recomendado por modelo HEC-1)

H = altura de agua en la entrada del orificio (pies)

La hidráulica de los vertederos es computada por el programa utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = C L H^{3/2}$$

Donde,

C = coeficiente de descarga (asumido 3.0, valor típico)

L = largo del vertedero

H = altura del agua (pies)

Los taludes de las charcas recomendadas deben ser protegidos con material contra el control de erosión que podría causar las descargas sobre los vertederos.

El resumen de la configuración de las charcas es el siguiente:

| Núm. Charca | Área Drenaje | Área superficial Promedio (acres) | Altura charca (pies) | Diámetro Orificio (pulg) | Altura al vertedero * |
|-------------|--------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | A-1 | 1.0 | 9 | 30 | 6 |
| 2 | A-3 | 0.5 | 9 | 30 | 6 |
| 3 | A-4 | 0.6 | 9 | 30 | 6 |
| 4 | A-5 | 0.9 | 10 | 36 | 7 |
| 5 | A-6 | 1.0 | 11 | 36 | 7 |

* El vertedero tiene un ancho de 10 pies

El resumen de los resultados del análisis hidrológico considerando las charcas propuestas se muestra en la Tabla 4. Como se muestra en la tabla las descargas computadas para las frecuencias de 2, 25 y 100 años y las diferentes duraciones serán mitigadas a valores por debajo de los computados para las condiciones existentes. En el caso de la frecuencia de 100 años la mitigación es considerable comparada con los valores computados para las condiciones existentes.

Los resultados presentados en este documento deben ser considerados como preliminares y pueden ser utilizados como base para el diseño conceptual del proyecto Monte Elvira. Los tamaños finales del sistema de detención propuesto dependerán del diseño final del proyecto y sus elevaciones propuestas.