

25



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGON"

APLICACION Y COMPARACION DE UN MODELO  
DE SIMULACION MATEMATICA ALTERNATIVO  
AL TUAVE, PARA LA SOLUCION DE UN  
CASO ESPECIFICO

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

## INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

BLANCA LILIA ALFONSO TINOCO



**ENEP**  
ARAGON

TESTIS CON  
FALLA DE ORIGEN

272235

MEXICO, D.F., 1999



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

BLANCA LILIA ALFONSO TINOCO  
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 1 de diciembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JESÚS IGNACIO HEREDIA DOMÍNGUEZ pueda dirigirte el trabajo de Tesis denominado, "APLICACIÓN Y COMPARACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN MATEMÁTICA ALTERNATIVO AL TUAVE, PARA LA SOLUCIÓN DE UN CASO ESPECIFICO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

San Juan de Aragón, México., 8 de diciembre de 1997

EL DIRECTOR

*Claudio C. Merrifield Castro*  
M en I CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Jefe de la Unidad Académica.  
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Civil.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/IIa.

*CyB*

*[Firma]*

## AGRADECIMIENTOS

GRACIAS A DIOS POR DARMEL MILAGRO DE LA VIDA, POR DARMEL A UNA MARAVILLOSA FAMILIA Y POR PERMITIRME CONCLUIR UNA CARRERA PROFESIONAL

GRACIAS A LA MAXIMA CASA DE ESTUDIOS UNAM POR DARMEL LA OPORTUNIDAD DE FORMARME Y CAPACITARME COMO UNA PROFESIONISTA

GRACIAS A MIS PADRES POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE CONCLUIR MIS ESTUDIOS PROFESIONALES

GRACIAS A MI HERMANO POR SU APOYO INCONDICIONAL DURANTE TODA MI VIDA

GRACIAS A LA DGCOH Y AL ING. MIGUEL ANGEL CORTEZ PEREZ POR SU APOYO EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO

GRACIAS ESPECIALMENTE AL ING. RUBEN PINEDA MIGUELES POR TODO SU APOYO Y LOS COMENTARIOS VALIOSOS QUE AYUDARON A LA CONCEPCION Y DESARROLLO DE ESTE TRABAJO

GRACIAS A LOS ING. JESUS IGNACIO HEREDIA DOMINGUEZ, ING. DORA LUZ AVILA ARZANI, ING. VALENTE TORRES ORTIZ, ING. MA. DE LOS ANGELES SANCHEZ CAMPOS Y AL ING. RICARDO HERAS CRUZ POR SU GUIA EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO

## DEDICATORIAS

A mis padres por todo el amor, comprensión y apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida y que me han dado las bases para conquistar grandes metas, porque este triunfo es de ustedes y porque los amo, a mi hermano Enrique Alfonso Tinoco por su apoyo incondicional en toda mi vida y porque eres el mejor, por estar a mi lado en momentos difíciles con todo mi amor

A la Sra. Cira Hernández García por toda su dedicación a nuestra familia, por ser parte integral de ella y con todo mi cariño

A la memoria de la Sra. María Galvez vda. De Tinoco, el Sr. Miguel Castro García, el Sr. Carlos Esquivel, el Sr. Arturo Esquivel Hernández y el Sr. Oscar Alfonso Hernández por ser parte fundamental en mi desarrollo como persona, porque viven en mi corazón y nunca los olvido

A toda mi familia por el cariño que me han brindado y por las pequeñas enseñanzas que todos y cada uno de ellos me han dado y que me han llevado a ser lo que soy

A María Carolina, Evelia y Christian, deseando que logren éxito y felicidad en su vida que apenas comienza. Con todo mi amor.

A los Ings. Rocío, Víctor Manuel, Angel, Antonio, Laura Gabriela y Ma. Teresa, por su sincera amistad, por sus consejos y cariño, y en especial al Ing. Raymundo Urbina Espejel por tu amor cariño y comprensión, por todos los consejos que me han ayudado a ser mejor profesionalista y porque eres parte importante en mi vida.

**APLICACION Y COMPARACION DE UN MODELO DE  
SIMULACION MATEMATICA ALTERNATIVO AL TUAVE,  
PARA LA SOLUCION DE UN CASO ESPECIFICO.**

**J N D J C E**

	Pag.
<b>DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS</b>	<b>I</b>
<b>INDICE</b>	<b>III</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>I. ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
1.1 Origen del problema.	4
1.2 Primeras obras del drenaje.	5
1.3 Efecto de los hundimientos sobre la Infraestructura de Drenaje y soluciones propuestas.	7
<b>II. JUSTIFICACION DE LA UTILIZACION DE LOS MODELOS MATEMATICOS DE SIMULACION PARA REDES PRIMARIAS DE DRENAJE.</b>	<b>12</b>
<b>III. FUNDAMENTACION TEORICA DE LOS MODELOS MATEMATICOS DE SIMULACION</b>	<b>17</b>
3.1 Cinemática de los líquidos.	18
3.2 Ecuaciones fundamentales de la hidráulica.	24
3.3 Programa TUAVE.	27
3.3.1 Desarrollo de las Ecuaciones.	27
3.4 Método Alternativo.	41

	Pag.
<b>IV. OBTENCION DE DATOS REALES.</b>	53
4.1 Modelo TUAVE.	53
4.2 Método Alternativo.	57
4.3 Cálculo de las características hidráulicas iniciales del sistema por simular.	58
4.4 Análisis hidrológico.	62
<b>V. SIMULACION CON DATOS REALES.</b>	72
<b>VI. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.</b>	79
<b>VII. COMPARACION DE LOS MODELOS.</b>	81
<b>VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	89
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	91
<b>ANEXO</b>	92

## INTRODUCCIÓN

La carrera de Ingeniería Civil, impartida en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Aragón, es muy amplia ya que tiene diversas ramas de aplicación, cada una de ellas con su especial importancia. El desarrollo del Ingeniero Civil en su campo de trabajo es de gran trascendencia ya que tiene a su cargo la realización de las obras civiles que sirven para cumplir con las necesidades propias de las distintas comunidades. A lo largo de los años, ésta disciplina ha ido creciendo y mejorando debido a que se desarrollan e implementan nuevas tecnologías tendientes al mejor aprovechamiento de los recursos disponibles para la realización de las obras civiles. Por este motivo es importante la actualización continua de los ingenieros egresados.

La Hidráulica puede ser estudiada desde la perspectiva de la Ingeniería Civil, este análisis es de gran importancia debido a que su desarrollo se enfoca en el estudio y aprovechamiento del agua dentro de la comunidad; desde su captación, conducción y distribución hasta el desalojo de las aguas servidas o negras fuera de la cuenca, incluyendo las pluviales.

De la aplicación de las nuevas tecnologías al análisis de la problemática de los sistemas, en especial del de Drenaje, surgen los modelos de simulación matemática por computadora. En particular en la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica se cuenta con algunos de ellos. El análisis del tránsito de avenidas en colectores urbanos es importante para el buen funcionamiento del Sistema de Drenaje de la Ciudad de México, dicho sistema es de aguas combinadas, es decir, conduce las aguas pluviales y residuales fuera de la cuenca. Por otra parte es importante el correcto análisis de las precipitaciones pluviométricas y de la hidrología de la cuenca en estudio.

El tema de estudio del presente trabajo se enfoca en el análisis comparativo de dos modelos de simulación, el primero denominado "TUAVE" y el segundo llamado "Método Alternativo para Transitar Avenidas en Colectores Urbanos". Ambos modelos han sido desarrollados por el personal del Instituto de Ingeniería de la UNAM.



El objetivo fundamental del desarrollo de este trabajo es el de obtener un análisis cualitativo de los dos modelos de simulación para poder llegar a una conclusión, la cual indique la mejor opción para el análisis de la problemática del Sistema de Colectores de la Ciudad mediante dichos modelos de simulación.

En el primer capítulo se realiza una descripción de los antecedentes del Sistema de Drenaje y de las modificaciones que ha sufrido a lo largo del tiempo debidas al cambio y surgimiento de nuevas necesidades de infraestructura.

El segundo capítulo contiene una introducción a los modelos de simulación mediante la descripción de la base teórica que los soporta, permitiendo así el comprender su utilización para el análisis de problemas específicos del Sistema de Drenaje. Posteriormente una vez comprendidos los modelos de manera general, pasaremos al tercer capítulo que trata de los fundamentos teóricos de los dos modelos de simulación seleccionados. Con estas bases continuamos con el cuarto capítulo en el que se describe la obtención de los datos reales del subsistema seleccionado para la simulación.

El quinto capítulo consta de la simulación del colector con los dos modelos. Realizadas las simulaciones se procederá en el sexto capítulo al análisis y la interpretación de los resultados obtenidos de las simulaciones. A partir de éste análisis, en el capítulo siete se realiza una comparación cualitativa de los dos modelos de simulación y el grado de representatividad de las condiciones reales imperantes en el sistema.

El último capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones, resultado del desarrollo del trabajo.

Para concluir se presentan en la bibliografía las referencias de la investigación que se realizó para el desarrollo del presente trabajo, así como los fundamentos de las fórmulas teóricas utilizadas en el mismo. Posteriormente, en los anexos se encuentran los listados de los resultados obtenidos con las simulaciones.

Cuando se concluyen los estudios y se inicia la práctica de los conocimientos adquiridos, se encuentra una gran diferencia entre la experiencia profesional y las prácticas escolares; al enfrentarse con las distintas situaciones que pueden generar problemas graves, la correcta solución de los mismos depende del buen criterio del Ingeniero ya que difícilmente en la escuela se presentan prácticas que representen la magnitud de la problemática real. Cuando inicié la carrera de Ingeniería Civil no conocía la amplitud del campo de trabajo, así como tampoco las satisfacciones que se obtienen al concluir un proyecto real, por pequeño o grande que sea éste.

Finalmente, con este trabajo de tesis cumulo con el último requisito para obtener la titulación como Ingeniero Civil egresado de la ENEP CAMPUS ARAGÓN, teniendo presente que es necesario continuar estudiando para cumplir con el compromiso adquirido de ser cada día que pasa un mejor Ingeniero Civil.

## I. ANTECEDENTES

La Ciudad de México cuenta con un Sistema Complejo de Drenaje que fue desarrollado para dar solución a los problemas que iban surgiendo de acuerdo al crecimiento de la mancha urbana. Para entender dicho desarrollo, es importante conocer las condiciones originales de la cuenca y su paulatina evolución, y entender el cambio que se fue dando en el funcionamiento y en la estructura del Sistema de Drenaje.

### 1.1 ORIGEN DEL PROBLEMA

La cuenca del Valle de México, situada en el extremo sur del altiplano mexicano, está limitada al norte por las Sierras de Tepotzotlán, Tezontlalpan y Pachuca, al este por los llanos de Apan y la Sierra Nevada, al sur por las Sierras de Chichinautzin y del Ajusco y al oeste por las Sierras de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo. Tiene 9600 Km<sup>2</sup> de superficie, de la cual sólo el 30% es plana, está situada a una altura media de 2 250 m.s.n.m.

Es una cuenca con características especiales básicamente en la formación geológica de la misma. Desde la era terciaria y debido a la actividad tectónica y volcánica la cuenca se desarrolló con muchas variantes en la hidrografía. Dichos cambios se observan pues en un principio se tenía una salida pluvial al norte y otras al sur, finalmente se cerraron y se convirtió en una cuenca endorreica es decir, sin salida de agua pluvial. Al represarse las aguas merced a la sierra se formó un lago (fig. 1.1), en el cual la única pérdida de agua fue por evaporación.

La cuenca del Valle de México se caracterizó por tener el más envidiable clima y la profusión de lagos, ríos y manantiales (fig. 1.1), atrajo desde épocas prehispánicas a numerosos grupos humanos, entre los que destacan los aztecas, quienes dieron origen a la Gran Tenochtitlán.

Las cenizas, producto de erupciones volcánicas, depositadas en el seno del lago junto con los acarreos aluviales fueron sedimentándose lentamente en forma floculenta, constituyendo a través del tiempo un suelo arcilloso sumamente compresible. Se inició un proceso de desecación del lago a través del

tiempo, y este fue secándose y formando lagunas separadas (fig. 1.1-2, 1.1-3 y 1.1-4), de las cuales a la fecha sólo subsiste parte de la de Texcoco y los canales de la zona Xochimilco-Tláhuac, quedando sólo lagos someros y una planicie lacustre producto del relleno con material de cenizas volcánicas y acarreo aluviales propiciando el crecimiento de la Ciudad hasta lo que ahora es conocido como el Distrito Federal que ocupa 1,482 Km<sup>2</sup> y en él se encuentra la Ciudad de México con un área urbanizada mayor de 400 Km<sup>2</sup> y un número de habitantes que excede de 8 millones; esta enclavada en la región sudoeste de la cuenca.

La zona donde se asentó la urbanización se encuentra sobre el relleno del lago que se convirtió en la típica arcilla de la Ciudad de México, la cual se caracteriza por su naturaleza corpuscular que contiene mezclada con material sólido, agua que fluctúa entre el 100% y el 500%.

Por la morfología así constituida no es raro que las inundaciones hayan acaecido continuamente en la Ciudad de México desde que los primeros pobladores se establecieron en ella; testigos mudos de las preocupaciones que despertaron estos fenómenos son las obras construidas en distintas épocas en puntos estratégicos de la cuenca, algunas de las cuales existen todavía.

## **1.2 PRIMERAS OBRAS DEL DRENAJE**

Aproximadamente en 1267 llegaron a la cuenca de México los aztecas, quienes lograron establecerse en un islote de poca extensión que apenas rebasaba el nivel del lago. Con carrizos, barro y yerba levantaron un templo y construyeron sus primeras chozas, ese fue el origen de la Gran Tenochtitlán. Ampliaron el islote acumulando lodo y piedras sobre balsas de junco las cuales fueron hundiendo, una vez que la isla artificial sobresalió del espejo de agua formaron canales al hacer bordos paralelos dentro del lago, terraplenaron las orillas de la isla, y construyeron puentes y calzadas. A pesar del gran desarrollo alcanzado fue necesario construir obras de defensa en contra de las constantes inundaciones que se presentaban, así se construyeron obras de defensa consistentes en rellenos y bordos. Cuando el nivel del lago de Texcoco bajaba, los aztecas desaguaban el agua sucia y de lluvia mediante acequias o canales especiales. Otra obra importante en su época fue el albarradón de Nezahualcóyotl, que era un dique de 16 km. que iniciaba en el cerro de Atzacualco de la sierra de Guadalupe y terminaba en el cerro de la Estrella en Iztapalapa, pasando por el Cerro del Peñón. Por medio de compuertas se

regulaban los niveles de los dos lagos que por esa obra se habían formado: el de México, de agua dulce, y el de Texcoco, de agua salobre; a la vez que se permitía el paso de las embarcaciones que comerciaban con los pueblos ribereños. Posteriormente se construyeron los diques de Tláhuac y Mexicaltzingo, que controlaron las aguas pluviales del sur.

En la época Virreinal se construyó el dique de San Cristóbal que cerró la garganta por la cual derramaban sus aguas las lagunas de Zumpango, Xaltocan y San Cristóbal al lago de Texcoco.

El albardón de Nezahualcóyotl permanecía sin reconstruir desde la entrada de Cortés, y en 1555 después de una prolongada sequía se presentó una tremenda inundación por lo que se ordenó la construcción del albardón de San Lázaro desde la calzada de Guadalupe a la de San Antón y de allí a la calzada de San Juan para controlar el nivel del Lago de Texcoco.

En 1607 se planeó llevar a cabo el desagüe de los Lagos desviando el río Cuautitlán; el proyecto aprobado fue el de Enrico Martínez consistente en un socavón entre Huehuetoca y Nochistongo, mandando que el desagüe se hiciera de manera de recorrer el agua desde la laguna de Citlaltepec. Desde el extremo septentrional del socavón, llamado boca de San Gregorio, había dispuesto una zanja descubierta que conducía las aguas hasta el salto del río Tula por un trecho de 8,600m. y desde éste hasta el Golfo de México, cerca de Tampico.

Se inició el 29 de noviembre de 1607 y el 17 de septiembre de 1608 el agua atravesó las obras desde el Lago de Zumpango, a través de 13,332 m. de longitud, de los cuales en socavón de 3.5 m. de ancho y 4.2 m. de altura fueron 6,411 m. y en tajo 6,921 m. El 20 de Agosto de 1637 el virrey ordenó reanudar el desagüe bajo el sistema de tajo abierto, sin embargo la construcción se retrasó entre accidentes, falta de personal, limitaciones de erario, fraudes y oposición de los causantes al impuesto para financiar la obra.

Nuevas inundaciones se presentaron entre 1707 y 1714, en 1747 y en 1764. En 1767 el presbítero, escritor y científico José Antonio Alzate recomendó abrir tajos al noreste y noroeste, y un socavón al sur o sudeste de la Ciudad.

Tras de 151 años de iniciado se terminó el tajo el 29 de octubre de 1788, sin embargo en 1792 se volvió a inundar la ciudad debido al entubado de las acequias; en 1795 se repitió el problema por la misma causa y porque el canal excavado por Enrico Martínez para desaguar la Laguna de Coyotepec fue abandonado y cerrado; en ese mismo año se inundaron San Cristóbal y Texcoco por lo que se abrieron dos canales para desaguar estas lagunas en el tajo de Huehuetoca, pero cuando estos se unieron formaron el lago de Guadalupe.

En 1865 Francisco de Garay presentó un proyecto que consistía en desaguar la ciudad por Tequixquiac con un gran canal y un túnel para abrir la cuenca en un nuevo sitio. Por razones políticas los trabajos fueron detenidos y posteriormente se optó por concesionarlos a empresas extranjeras, las cuales se retiraron en 1894, para dejar a la Junta Directiva del Desagüe del Valle de México (creada en 1884) la terminación del Túnel con longitud de 10 km., el cual se terminó en 1899, así como el canal de 47.5 km. en 1895, faltando el tramo que serviría para el alcantarillado de la Ciudad. En 1902 quedó totalmente concluida la obra.

La evacuación de aguas citadinas representaba un problema por lo que se encargó al Ing. Gayol un sistema de alcantarillado funcional, Gayol informó que el primer paso sería construir atarjeas con suficiente pendiente para llegar al lugar de descarga al lago de Texcoco.

### ***1.3 EFECTO DE LOS HUNDIMIENTOS SOBRE LA INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE Y SOLUCIONES PROPUESTAS.***

El explosivo crecimiento de la actual Capital de la República en el presente siglo, motivó que las fuentes de agua potable que la abastecían fueran agotándose y en su lugar se incorporarán nuevas fuentes de abastecimiento entre las cuales la más inmediata fue bombear los acuíferos profundos del subsuelo de la Ciudad. Al causarse desequilibrios en las presiones de agua del subsuelo debido al bombeo, el material arcilloso compresible inició un proceso de consolidación que se tradujo en acelerar el llamado "Hundimiento General del Valle de México", lo cual perjudicó notablemente la red de alcantarillado creando contrapendientes en las estructuras hidráulicas destinadas a alejar el agua negra y pluvial.

A raíz de los problemas surgidos, las autoridades de la Ciudad, en diferentes épocas, tomaron medidas para solucionarlos. Es así como, a principios de la segunda mitad del siglo XX, la Dirección General de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal formuló el "Plan General para resolver los Problemas del Hundimiento, las Inundaciones y el Abastecimiento de agua Potable de la Ciudad de México". Dicho plan comenta las deficiencias que tenía el actual sistema de drenaje y plantea la *conveniencia de construir una nueva solución* a base de interceptores que son conductos de gran diámetro a profundidades considerables cuya función sería la de captar o interceptar a los conductos menores, más superficiales y con problemas, esto condujo después a definir el Interceptor del Poniente (puesto en operación desde 1960), el Central, el del Oriente y el Emisor, éste último como su nombre lo indica tendrá la función de emitir el agua fuera de la cuenca.

Para evitar que el hundimiento general del suelo afectase el funcionamiento de los interceptores Central y Oriente, se analizó alojarlos a profundidad conveniente, lo cual a su vez garantizaba y facilitaba la descarga de cualquiera de los colectores en uso y los que posteriormente se requirieran.

En 1959, después de haber estudiado varias alternativas para el alejamiento final del agua procedente de los interceptores, se decidió hacerlo mediante un Emisor Central que colectara el agua de los dos interceptores, Central y Oriente, y las transfiriera al Río del Salto situado a 50 km. de la Ciudad de México y 130 m. más bajo que ésta. El sistema funciona enteramente por gravedad, y se proporciona un caudal extra para la región del Mezquital regado con aguas de la Presa Requena.

Todas las obras de desagüe construidas en aquellas épocas, incluyendo el Gran Canal y los túneles de Tequixquiac, se proyectaron para trabajar por gravedad y así lo hicieron originalmente. Sin embargo, la perforación y explotación de numerosos pozos de agua urbanos, aceleró el hundimiento general del suelo, merced a la consolidación de las arcillas; en algunos puntos de la Ciudad como en el Caballito (Paseo de la Reforma y Avenida Juárez), dicho hundimiento ha llegado a ser mayor de 8 metros. Con tales hundimientos era inminente el *dislocamiento de la red de alcantarillado*, provocándose columpios y contrapendientes en los colectores que desaguan al Gran Canal y también en este último.

Esta situación de la red provocó serias inundaciones en la Ciudad que obligaron a las autoridades a operarla mediante estaciones de bombeo, con notable incremento de los costos de operación y de mantenimiento del sistema, hacer sobreelevaciones de los bordos del Gran Canal para conservar la capacidad de conducción, además de tanques de tormenta, rectificación de colectores y atarjeas y numerosos conductos interceptores y de alivio.

A partir de 1975, año en que concluyó la primera etapa del Drenaje Profundo, éste se convirtió en uno de los componentes más importantes del sistema del desagüe. Consta de varios interceptores que fluyen hacia un mismo conducto para evacuar las aguas. Por sus características de construcción y por la profundidad a la que se encuentra no es afectado por el hundimiento y opera por gravedad, por lo que será una obra durable y económica a largo plazo. Actualmente, el Drenaje Profundo está compuesto por las siguientes estructuras:

- El Emisor Central.
- Interceptor Centro-Centro.
- Interceptor Central.
- Interceptor Oriente.
- Interceptor Centro-Poniente.
- Interceptor Oriente-Sur.
- Interceptor Oriente-Oriente.
- Colector Semiprofundo Canal Nacional-Canal de Chalco.
- Colector Semiprofundo de Iztapalapa.
- Colector Semiprofundo Obrero Mundial.

Para desalojar las aguas negras y pluviales además del nuevo sistema de Drenaje Profundo se cuenta con:

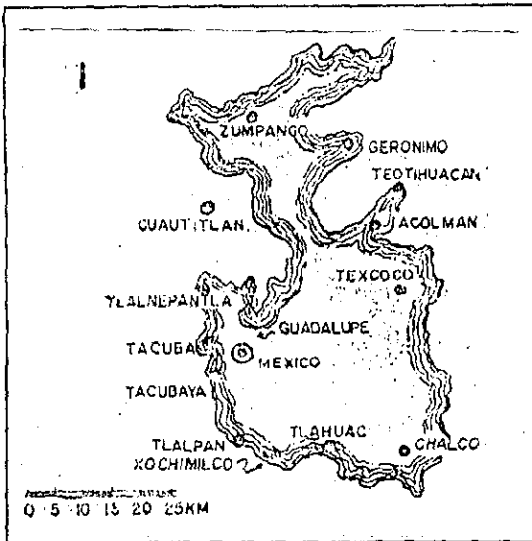
1. El interceptor del Poniente, construido con anterioridad, que recibe y desaloja los escurrimientos de la zona alta del poniente de la cuenca, situada por encima de la elevación 2 260 M.S.N.M., y las conducen al Lago de Zumpango o al tajo de Nochistongo, después de satisfacer las demandas de riego.



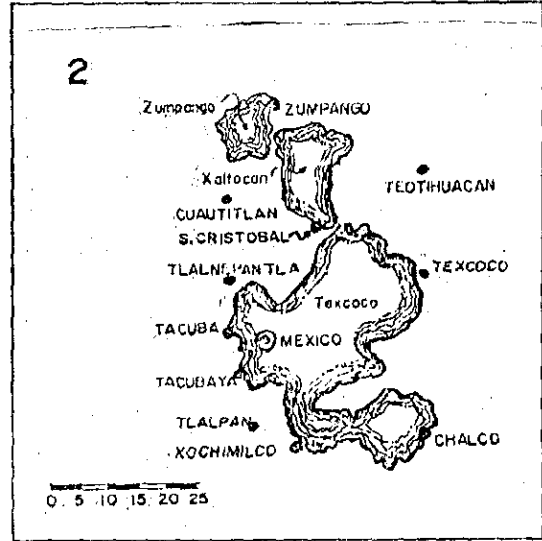
2. El canal del Desagüe, que drena por bombeo la zona baja de la Ciudad situada en terrenos del antiguo lago; en su origen (año de 1900), fue construido para un gasto de 5 m<sup>3</sup>/seg., en los primeros 20 Km. y 17.5 m<sup>3</sup>/seg., en los restantes, y trabajó peligrosamente, en ocasiones, con gastos máximos hasta de 150 m<sup>3</sup>/seg., mediante la construcción y sobreelevación de bordos marginales. En sus bordos están instaladas las plantas de bombeo con capacidad de 220 m<sup>3</sup>/seg.
3. El Río Churubusco, que funciona como estructura auxiliar drenando por medio de una planta de bombeo en Acúlco, de 40 m<sup>3</sup>/seg. de capacidad, la parte sur de la Ciudad; otras dos plantas de bombeo en la descarga del Colector Ejército de Oriente, también de 9 m<sup>3</sup>/seg. de capacidad, y conduciendo los escurrimientos al Lago de Texcoco, donde son regularizados y posteriormente encauzados a Gran Canal aguas abajo en el Km.17.

A pesar de la gran cantidad de obras que se han mencionado y que han sido construidas para resolver el problema que representa dotar del servicio de drenaje a la Ciudad de México, a través de su historia, actualmente es necesario seguir construyendo, manteniendo y operando al sistema de la mejor manera posible, pero con todo esto se siguen presentando problemas, por lo cual, se han propuesto y utilizado herramientas cada vez más sofisticadas para la solución de estos problemas, una de éstas es el avance que representa la computación que nos permite realizar el análisis de los problemas específicos del comportamiento del Sistema de Drenaje ante distintos eventos e incluso antes de ser construida la infraestructura, por lo cual, se han desarrollado programas tendientes a mejorar la construcción, mantenimiento y operación del sistema que previamente han sido revisados por las nuevas herramientas, lo cual garantiza un desarrollo armónico con el crecimiento de la Ciudad.

Así es como surge la inquietud por realizar simulaciones del Sistema de Drenaje mediante estas herramientas, en particular para el desarrollo del presente trabajo se seleccionaron dos modelos de simulación, que serán descritos en el siguiente capítulo, así como de un colector específico que ha presentado problemas de encharcamientos en su zona de influencia.



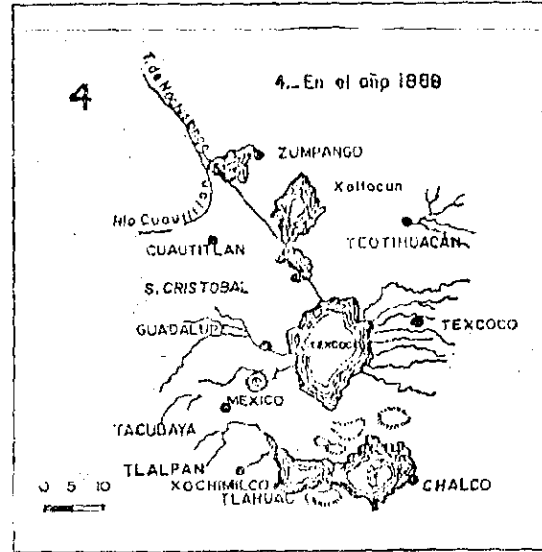
1. Los límites aproximados durante la época diluviana.



2. A comienzos del siglo XVI.



3. A comienzos del siglo XIX.



4. A fines del siglo XIX.

FIG. 1.1. EL RETROCESO DE LOS LAGOS EN EL VALLE DE MEXICO

## **II. JUSTIFICACION DE LA UTILIZACION DE LOS MODELOS MATEMATICOS DE SIMULACION PARA REDES PRIMARIAS DE DRENAJE.**

Como consecuencia del incremento de la población ha sido necesario proporcionar el equipamiento para las nuevas colonias que se van asentando en el Valle de México, lo cual contribuye al crecimiento de la mancha urbana. Debido a esto las redes de agua potable y drenaje sufren alteraciones en su funcionamiento, en la cuestión del drenaje se han venido presentando problemas como son: encharcamientos y azolvamiento de redes, fracturamiento de las mismas, contrapendientes provocadas por los hundimientos del subsuelo.

Para el planteamiento de las alternativas que permitan la solución de estos problemas es necesario realizar planes y proyectos tendientes al mejoramiento del funcionamiento del sistema de Drenaje, sin embargo no siempre son la mejor opción para la solución del problema. Una herramienta que se ha tornado importante en la actualidad es el uso de modelos de simulación matemática por computadora. Estos modelos se han venido desarrollando desde tiempo atrás, teniendo un gran avance y desarrollo acorde con la innovación de nuevas tecnologías en sistemas computacionales, así hasta llegar a tener modelos de simulación que logran representar los resultados de la simulación a través de Sistemas de Información Geográfica, los cuales resultan ser mas gráficos y explicativos de las condiciones que se tienen en los sistemas simulados.

El desarrollo urbano altera sustancialmente la hidrología de las cuencas; en particular, se modifica la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia-escurrimiento, los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original suelen ser profundamente alterados, lo que afecta de forma directa su capacidad de desagüe y por tanto se propicia la existencia de inundaciones. En las zonas urbanas el fenómeno de la transformación lluvia-escurrimiento es alterado, por lo cual la eliminación de las aguas pluviales debe ser rápidamente. Ello evita la temporal retención superficial y la infiltración, así como

incrementa la velocidad de circulación del agua hacia las partes más bajas de la cuenca. Esta dinámica da como resultado final el que las redes de drenaje de las partes bajas se vean sometidas a hidrogramas con mayor volumen (mayor coeficiente de escurrimiento), mayor caudal punta y mayor brusquedad (menos tiempo entre el inicio de la lluvia y la presentación del caudal máximo, disminución del tiempo de concentración), provocando algunos de los problemas ya señalados.

Para la solución de los problemas de encharcamientos en una zona urbana, normalmente se plantean acciones que tienden a restituir de una forma artificial el comportamiento natural existente en la cuenca antes de ser ocupada por la ciudad. Estas acciones se pueden dividir en dos: las que buscan incrementar la capacidad de desagüe de la red de colectores (que sustituye la red hidrográfica natural), que está determinada por la elevada densidad urbana que limita las medidas de un colector, así como por la topografía imperante en la zona; y las tendientes a disminuir la escorrentía (aumentando la retención superficial y la infiltración). Todo esto requiere de elevadas inversiones que justifican, e incluso exigen un detallado conocimiento de los diferentes fenómenos relacionados con el drenaje urbano.

Los factores que intervienen en el funcionamiento del sistema de drenaje urbano son debidos a tres fenómenos de carácter hidrológico-hidráulico: selección de la lluvia de proyecto, transformación de la lluvia en escorrentía superficial para la obtención de los hidrogramas de entrada en la red de drenaje (colectores) y la propagación de estos hidrogramas por la red.

La selección de la lluvia se realiza a partir de registros de intensidades de lluvia. La Ciudad de México cuenta con una red de estaciones pluviográficas de las que se tienen registros diarios de los eventos pluviográficos que se presentan. A partir de estos registros se obtiene el hidrograma correspondiente a la escorrentía superficial.

Así mismo, es necesario mejorar la información actualmente disponible para aprovechar las elevadas ventajas de los modelos numéricos existentes en el estudio de la transformación

lluvia-escorrimento y así profundizar en el conocimiento de los fenómenos involucrados en el drenaje urbano.

Considerando que una red de colectores es una red de conductos en lámina libre y con funcionamiento variable en el tiempo, para realizar su estudio se requiere conocer las variables del movimiento (tirantes y velocidad) en todas las secciones de la red y en todo instante, es decir, es preciso conocer las variables dependientes: tirante y velocidad, en función de las variables independientes: posición y tiempo. Para resolver este problema son necesarias dos ecuaciones: la ecuación dinámica (equilibrio de las fuerzas actuantes en un volumen elemental de agua) y la ecuación de continuidad. Dichas ecuaciones adoptan distintas formas según se trate de colectores o nudos. Para el caso de los colectores se toman las ecuaciones establecidas por Saint-Venant y la resolución de este sistema de dos ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, requiere conocer las condiciones imperantes en los extremos del mismo. Una vez establecido el modelo matemático del comportamiento de una red de colectores, la solución de las ecuaciones que lo constituyen se llevará a cabo a través de esquemas numéricos.

Para lograr que el modelo numérico pueda representar fielmente todas las características geométricas del sistema en la realidad, debe cumplir con:

- ◆ capacidad para incorporar todas las características de la red.
- ◆ capacidad para simular correctamente los diferentes fenómenos hidráulicos presentes en el movimiento no permanente del agua a lo largo de los colectores y de los nudos.
- ◆ capacidad para establecer un cómodo y ágil diálogo con el ordenador que permita introducir en el modelo las características de la red y las hipótesis de cálculo, así como una fácil interpretación de los resultados.

Las ecuaciones de Saint-Venant constituyen un sistema de dos ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que carece de solución analítica. Debido a ello, se tiene que recurrir al cálculo numérico para su resolución. Hasta la irrupción de nuevos medios informáticos y de esquemas eficientes de solución numérica, se habían empleado una serie de

procedimientos simplificados que se establecieron en la práctica, como son los métodos hidrológicos, los cuales consideran exclusivamente en su formulación la ecuación de continuidad, como por ejemplo los métodos de Puls modificado o de Muskingum.

El empleo de un modelo que incluya las ecuaciones completas de Saint-Venant, denominados modelos completos, supone utilizar un procedimiento de integración numérica, ya sea el método de las características o esquemas en diferencias finitas. Existen numerosos esquemas que se han implementado en modelos comerciales (características rectas explícitas, esquemas de Preissmann, Abbott-Ionescu, Euler modificado, McCormak, etc.) siendo todos ellos adecuados a tal fin. El empleo de ecuaciones completas permite incorporar todas las acciones que afectan el comportamiento del agua, lo que supone una mayor aproximación a la realidad de lo que pasa en la red en forma unidimensional.

Todos los fenómenos como la entrada en carga, la interacción entre colectores de una red, los efectos de laminación de caudales, cambios de régimen, etc., se pueden estudiar al permitirlo la formulación empleada. Ello se traducirá en una mayor precisión y exactitud de los resultados del cálculo hidráulico, lo que puede suponer por ejemplo en el caso de estudio de nuevos colectores, un diseño más ajustado y económico a la vez que más seguro.

*Es importante considerar el problema de la entrada en presión y el cálculo de partes de la red funcionando en presión. Hidráulicamente la técnica más extendida es el empleo del denominado "Preissmann Slot" o ranura de Preissmann, que consiste en representar una sección cualquiera de colector prolongada en su parte superior por un estrecho canal (de pocos centímetros de ancho), apoyado en un esquema en diferencias finitas implícitas. En estas condiciones cuando el nivel del agua entra en la zona de la ranura de Preissmann se sigue calculando el flujo en lámina libre con la misma formulación aunque dicha superficie sea estrecha, la elección del ancho de la ranura es una decisión crucial pues anchos muy pequeños provocan problemas de inestabilidad numérica, mientras que anchos muy grandes pueden falsear los resultados de cálculo al transportar un porcentaje importante de caudal por la zona de la ranura de Preissmann.*

Con todo lo anterior podemos concluir que es importante analizar las condiciones de flujo dentro de los conductos y considerar el cambio en el régimen de flujo a superficie libre a flujo con presión, que se da cuando el conducto trabaja con carga.

Un modelo de los más utilizados en el estudio del funcionamiento de redes de colectores de drenaje en la Ciudad de México es el denominado Transito de Avenidas en Colectores (TUAVE), el cual utiliza el artificio de la ranura de Preissmann para evitar que el conducto vaya a presión cuando toma carga, por lo que se requirió de modificarlo para lograr que considerará el flujo a presión, de donde surge el modelo denominado “Método alternativo al TUAVE”, el cual identifica cuando los conductos pasan de superficie libre a conductos en carga, modificando las ecuaciones para poder realizar el cálculo a presión.

Para tener una idea de la diferencia entre estos métodos es que se realiza una comparación cualitativa entre los dos modelos de simulación aplicados al mismo subsistema, y entonces se podrá observar el comportamiento del sistema bajo ambas condiciones de formulación, esperando que los resultados sean mejorados con el modelo alternativo ya que las condiciones de flujo serán más realistas desde el punto de vista teórico.

### III. FUNDAMENTACION TEORICA DE LOS MODELOS MATEMATICOS DE SIMULACION

El desarrollo de los modelos matemáticos de simulación "TUAVE" y "Método Alternativo para Transitar Avenidas en Colectores Urbanos", se basa en los principios teóricos de la hidrostática y la hidráulica, pues para realizar las simulaciones se debe desarrollar un modelo matemático que logre representar las condiciones más cercanas a las que se dan en el comportamiento real de los fluidos en estudio.

Por lo anterior, a continuación se describen de forma breve algunos conceptos con el objetivo de proporcionar una introducción teórica al estudio de los fluidos en movimiento, y posteriormente se presenta el desarrollo teórico y matemático de los modelos de simulación TUAVE y Método Alternativo al TUAVE.

La estática de fluidos estudia las condiciones de equilibrio de los fluidos en reposo, y cuando se trata sólo de líquidos, se denomina *hidrostática*. Desde el punto de vista de Ingeniería Civil es más importante el estudio de los líquidos en reposo que de los gases.

Para el desarrollo de las ecuaciones fundamentales de la Hidráulica (ver Bibliografía) se realiza el análisis considerando idealmente un elemento de fluido en forma prismática que encierra al punto  $P$ , donde la densidad es  $\rho$  y la presión  $p$  (Fig. 3.1). Habiéndose elegido un sistema de coordenadas con el eje  $Z$  vertical, conviene orientar los lados de la partícula según los ejes del sistema, de tal manera que la presión se incremente en magnitudes diferenciales y genere las fuerzas indicadas en la fig. 3.1.



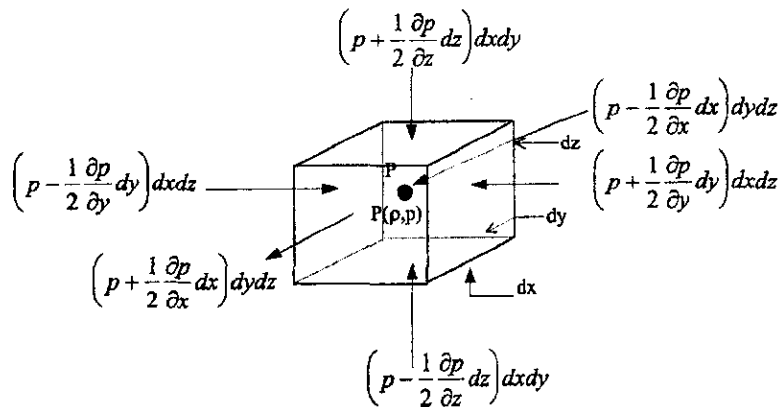


Fig. 3.1 Equilibrio de una partícula en un fluido en reposo

### 3.1 CINEMATICA DE LOS LIQUIDOS.

La cinemática de los líquidos trata del movimiento de sus partículas, sin considerar la masa ni las fuerzas que actúan, en base al conocimiento de las magnitudes cinemáticas: *velocidad, aceleración y rotación.*

#### Clasificación de los flujos.

Existen diferentes criterios para clasificar un flujo. Este puede ser permanente o no permanente; uniforme o no uniforme; tridimensional, bidimensional o unidimensional; laminar o turbulento; incompresible o compresible; rotacional o irrotacional, etc.

Es tridimensional cuando sus características varían en el espacio, o sea que los gradientes del flujo existen en las tres direcciones; éste es el caso más general del flujo. Es bidimensional cuando sus características son idénticas sobre una familia de planos paralelos, no habiendo componentes en dirección perpendicular a dichos planos, o bien ellas permanecen constantes; es decir, que el flujo tiene gradiente de velocidad o de presión (o tiene ambos) en dos direcciones exclusivamente.

Es unidimensional cuando sus características varían como funciones del tiempo y de una coordenada curvilínea en el espacio, usualmente la distancia medida a lo largo del eje de la conducción. El flujo de un fluido real no puede ser completamente unidimensional debido al efecto de la viscosidad, ya que la velocidad en una frontera sólida es igual a cero, pero en otro punto es distinta de cero; sin embargo, bajo la consideración de valores medios de las características en cada sección, se puede considerar unidimensional. Esta hipótesis es la más importante en hidráulica, por las simplificaciones que trae consigo.

Un flujo se considera *incompresible* si los cambios de densidad de un punto a otro son *despreciables*; en caso contrario, el flujo es *compresible*. Los líquidos y gases a bajas velocidades pueden ser considerados incompresibles. En la práctica, sólo en los problemas de golpe de ariete es necesario considerar que el flujo de un líquido es compresible.

Sobre la base de que en todos los casos el flujo es unidimensional, tienen principal interés los tipos de flujo siguiente:

a) **Flujo permanente y no permanente.** Esta clasificación obedece a la utilización del tiempo como un criterio. El flujo es permanente si el tirante permanece constante en cualquier instante o en un lapso especificado. Lo contrario acontece si el flujo es no permanente. El caso más común de flujo permanente es aquel de *un canal en que el gasto es constante* en cualquier sección transversal del mismo; otros casos ocurren cuando existen aportes o salidas de agua (que no varían con el tiempo) a lo largo de todo el canal o en tramos del mismo. El caso más común de flujo no permanente se presenta en los canales donde transita una onda de traslación o una avenida.

b) **Flujo uniforme y variado.** Esta clasificación obedece a la utilización del espacio como un criterio. El flujo uniforme se presenta cuando la velocidad media permanece constante en cualquier sección del canal. Con una superficie libre, esto implica que la sección transversal y el tirante permanecen también constantes (fig.3.2). Por lo anterior, en flujo uniforme la pendiente  $S_f$  de la línea de energía de fricción, la pendiente  $S_a$  de la superficie libre del agua y la pendiente geométrica  $S_o$  del canal son iguales:  $S_f = S_a = S_o = S$ . La

velocidad media permanece constante pues el flujo tiene velocidad constante en cada punto de la sección transversal a lo largo del canal. El tirante correspondiente al flujo uniforme se conoce como tirante normal.

El flujo uniforme solo puede ocurrir en canales artificiales, pero no en los naturales. Si la velocidad se incrementa a valores muy grandes (más de 6 m/seg.), se produce arrastre de aire adquiriendo el flujo un carácter no permanente y pulsatorio, por lo que no es uniforme.

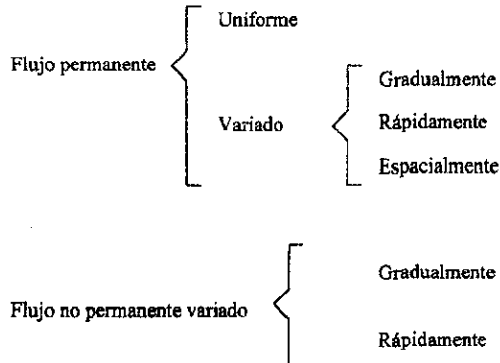
Teóricamente es posible que un flujo uniforme pueda ser permanente o no permanente. En el flujo uniforme permanente el tirante no cambia con el tiempo y es el tipo fundamental del flujo tratado en la hidráulica de canales. El flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie libre fluctuara de un instante a otro pero siempre permaneciendo paralela a la plantilla del canal, lo cual obviamente es difícil que ocurra en la práctica. Por lo mismo el flujo uniforme es casi siempre permanente.

El flujo es variado si la velocidad media cambia a lo largo del canal y, por lo mismo, posee características opuestas a las del flujo uniforme, fig. 3.3. Los cambios de velocidad se pueden producir por una variación en la sección del canal, por un cambio en la pendiente o por una estructura hidráulica tal como un vertedor o compuerta interpuesta en la línea de flujo. Aunque el flujo uniforme es un estado ideal que difícilmente se logra, en la mayoría de los casos se alcanza un flujo casi uniforme, de tal manera que la suposición es razonable especialmente porque simplifica el análisis.

El flujo variado sí puede ser permanente y no permanente y toda vez que no existe flujo no permanente uniforme, el no permanente tiene que ser necesariamente variado.

El flujo variado se puede a su vez clasificar en gradual, rápida y espacialmente variado. El flujo gradualmente variado es aquel en que el tirante cambia en forma gradual a lo largo del canal. En el flujo rápidamente variado acontece lo contrario, como es el salto hidráulico. En el flujo espacialmente variado cambian además las características hidráulicas a lo largo del canal o de un tramo del mismo.

En resumen:



- c) **Flujo laminar y turbulento.** El comportamiento del flujo en un canal está gobernado principalmente por los efectos de las fuerzas viscosas y de gravedad con relación a las fuerzas de inercia internas del flujo. Con relación al efecto de la viscosidad, el flujo puede ser laminar, de transición o turbulento en forma semejante al flujo en conductos forzados y la importancia de la fuerza viscosa se mide a través del número de Reynolds definido como:

$$R_e = \frac{VR_h}{\nu} \quad (3.1)$$

- donde  $R_h$  radio hidráulico de la sección, en m.  
 $V$  velocidad media en la misma, en m/seg.  
 $\nu$  viscosidad cinemática del agua, en m/seg<sup>2</sup>.

para propósitos prácticos, en el caso de un canal se tiene:

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| Flujo laminar para       | $Re < 500$ a $600$ |
| Flujo de transición para | $500 < Re < 2000$  |
| Flujo turbulento para    | $Re > 2000$ .      |

En la mayoría de los canales el flujo laminar ocurre muy raramente debido a las dimensiones relativamente grandes de los mismos y a la baja viscosidad cinemática del agua. La única ocurrencia de este flujo se presenta cuando escurre el agua en laminas muy delgadas sobre el terreno, como es el caso del flujo de agua de lluvia sobre cubiertas y superficies pavimentadas, donde el tirante es pequeño.

En el caso de canales naturales, la rugosidad de la frontera es normalmente tan grande que ni siquiera ocurre el flujo de transición.

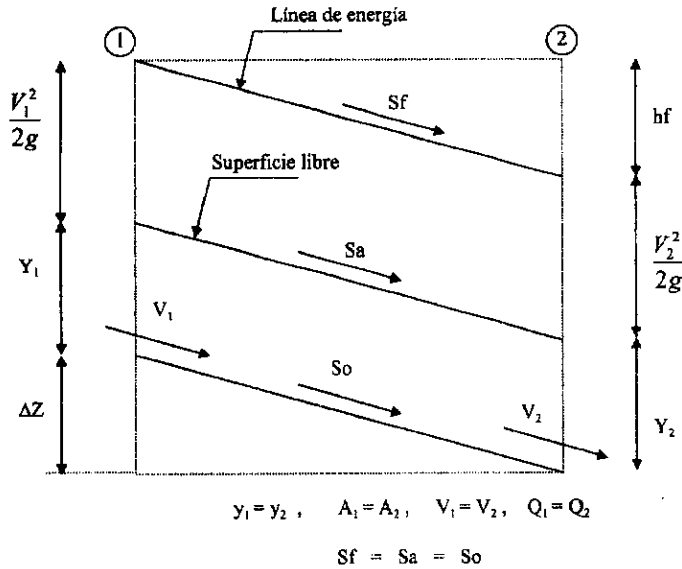
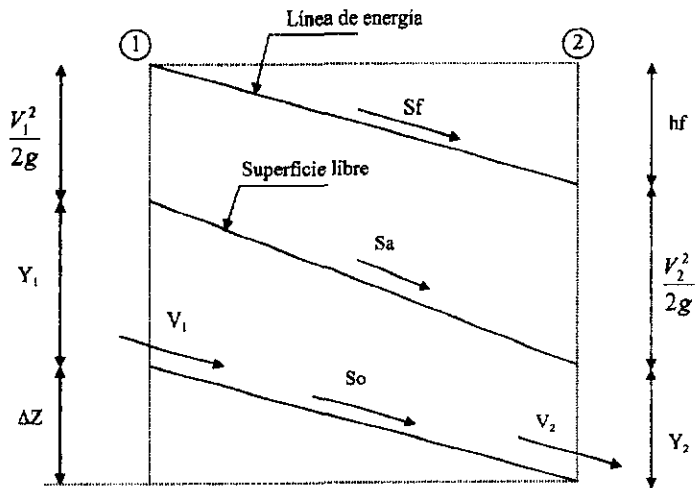


Fig. 3.2 Flujo Uniforme



$$y_1 \neq y_2, \quad A_1 \neq A_2, \quad V_1 \neq V_2, \quad Q_1 \neq Q_2$$

$$S_f \neq S_a \neq S_o$$

Fig. 3.3 Flujo Variado Permanente

### 3.2 ECUACIONES FUNDAMENTALES DE LA HIDRAULICA

#### Principios Básicos en el Análisis.

En la Mecánica de Fluidos los métodos de análisis consideran la capacidad de un flujo para transportar materia y el mecanismo por el que cambia sus propiedades de un lugar a otro, para lo cual se establece como axioma que en los fluidos se satisfagan los principios básicos de la mecánica del medio continuo, a saber:

- a) Conservación de la Materia (principio de continuidad)
- b) Segunda Ley de Newton (impulso y cantidad de movimiento)
- c) Conservación de la Energía (primera ley de la termodinámica)
- d) Segunda ley de la Termodinámica.

El principio de la conservación de la materia o del transporte de masa permite derivar la primera ecuación fundamental o de *continuidad*, que admite diferentes simplificaciones de acuerdo con el tipo de flujo de que se trate o de las hipótesis que se deseen considerar.

#### Ecuación de Continuidad. Principio de Conservación de la Materia.

De la masa de fluido que en la unidad de tiempo entra a un volumen especificado dentro del flujo, una parte se queda almacenada en su interior y el resto sale del volumen. Si el volumen que se estudia es de forma y magnitud constantes (volumen de control), el almacenaje no puede ser indefinido. El principio de conservación de la materia, aplicado a un volumen de control fijo completamente arbitrario dentro del flujo, se expresa en la forma siguiente:

$$\left| \begin{array}{l} \text{Cantidad neta de masa que atraviesa la} \\ \text{superficie de frontera del volumen, en la unidad} \\ \text{de tiempo} \end{array} \right| + \left| \begin{array}{l} \text{Rapidez de variación de la masa} \\ \text{contenida en el volumen} \end{array} \right| = 0$$

Ejemplificando en un volumen de control diferencial:

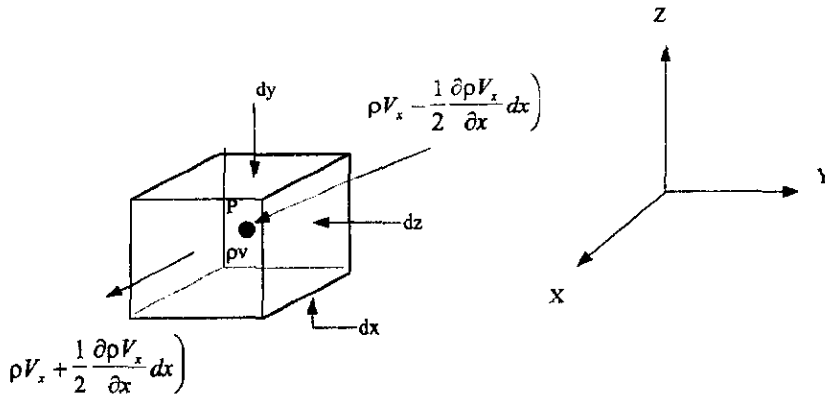


Fig. 3.4

La *ecuación de continuidad* para una sección se da cuando el gasto que circula por cada sección de una vena líquida en un flujo permanente es constante, o bien, que para dos secciones transversales 1 y 2 de la misma vena, se cumple con lo siguiente:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad (3.2)$$

La *ecuación diferencial de la energía* es llamada también *ecuación dinámica*, la cual se integra entre dos secciones, 1 y 2 de una vena líquida adquiere la siguiente forma:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \sum_1^2 h_r + \frac{1}{g} \int_1^2 \frac{d(\beta V)}{dt} dS \quad (3.3)$$

es decir, la *ecuación general de la energía para una vena líquida*, donde  $\sum_1^2 h_r$ , representa la disipación de energía interna del flujo, entre las secciones 1 y 2, que además incluye la constante de integración  $C(t)$ .



Haciendo una interpretación física de la ecuación 3.3, el análisis de cada uno de sus términos muestra que corresponden a los de una longitud o carga. El término  $z$ , medido desde un plano horizontal de referencia, se llama *carga de posición*;  $\frac{p}{\gamma}$  es la *carga de presión*;  $\alpha \frac{V^2}{2g}$  la *carga de velocidad*;  $\sum_1^2 h_r$  la *pérdida de carga* y  $\frac{1}{g} \int_1^2 \frac{\partial \beta V}{\partial t} dS$  la *carga correspondiente al cambio local de velocidad*.

La carga de posición es la *energía potencial*; la carga de presión es la energía correspondiente al *trabajo mecánico ejecutado por las fuerzas debidas a la presión*; la carga de velocidad es la *energía cinética* de toda la vena líquida; la pérdida de carga es la *energía transformada en otro tipo de energía* (transferencia de calor) que, en el caso de los líquidos, no es utilizable en el movimiento; y finalmente, la carga correspondiente al cambio local de la velocidad es la energía utilizada para efectuar dicho cambio.

a) Si el flujo es permanente,  $\frac{\partial \beta V}{\partial t} = 0$  y la Ec. 3.3 se reduce a la expresión:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \sum_1^2 h_r \quad (3.4)$$

b) Si, además, no hay pérdida de energía,  $\sum_1^2 h_r = 0$  y los coeficientes  $\alpha = \beta = 1$ , la Ec. 3.4 adopta la forma llamada *Ecuación de Bernoulli para una vena líquida*, esto es:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (3.5)$$

c) Si  $H = Z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{V^2}{2g}$  representa la energía por unidad de peso que tiene el líquido en una determinada sección, la cual es medida desde el plano horizontal de referencia, la Ec. 3.4 se simplifica así:

$$H_1 = H_2 + \sum_1^2 h_r \quad (3.6)$$

### 3.3 PROGRAMA TUAVE.

#### 3.3.1 DESARROLLO DE LAS ECUACIONES.

Este programa de simulación se elaboró en base a las ecuaciones fundamentales de la hidráulica. Se presenta el desarrollo matemático de dichas ecuaciones que lleva a la obtención de las fórmulas o ecuaciones finales que se resuelven mediante las iteraciones que realiza el programa.

Para este desarrollo se comienza con las definiciones de conceptos básicos a partir de los cuales se obtienen las ecuaciones.

#### *Conceptos Básicos.*

Densidad  $\rho = \frac{m}{V}$

Velocidad  $v = \frac{l}{t}$

Aceleración  $a = \frac{v}{t}$

Gasto  $Q=AV$

Fuerza  $F=m a$

#### Caudal o Gasto de Masa.

Refiriéndose a un volumen de control, éste es la cantidad de masa que atraviesa la superficie de control en la unidad de tiempo. Se considerará positivo si sale y negativo si entra.

Tomando la definición de densidad:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad m = \rho V$$

aplicando diferenciales, con flujo incompresible ( $\rho$  no varía)

$$dm = \rho dV$$

sabemos que

$$V = SA \quad dV = dS dA$$

con  $v = \frac{l}{t}$  y en diferenciales  $v = \frac{dS}{dt}$

$$dS = v dt$$

$$dm = \rho dV = \rho dS dA = \rho v dt dA$$

$$dm = \rho v dt dA$$

$$\frac{dm}{dt} = \rho v dA$$

la medida en que cambia la masa  $m$  con respecto al tiempo  $t$  está dada en función de la densidad de la masa por la velocidad con la que atraviesa una diferencial de Área.

Para el gasto de masa total se considera todo el que atraviesa la superficie de control en el diferencial de tiempo  $dt$ , entonces se toma la integral con respecto al área transversal

$$\int \frac{dm}{dt} = \iint_A \rho v dA$$

$$\frac{m}{dt} = \iint_A \rho v dA$$

$$M = \iint_A \rho v dA dt \quad (3.7)$$

$$M = \iint_A dm$$

con la que se obtiene la masa total que "atraviesa" el volumen de control.

### Masa contenida en el Volumen de Control.

De la definición de densidad:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad m = \rho V$$

con diferenciales  $dm = \rho dv$

donde aplicando integrales obtenemos el volumen de masa que atraviesa el volumen de control

$$dm = \rho dv$$

$$\iiint_V dm = \iiint_V \rho dv$$

$$M = \iiint_V \rho dv \quad (3.8)$$

Como se considera un flujo no permanente, el total de la masa en el volumen de control varía con el tiempo, esto es, que para un instante cualquiera, la variación de la masa con respecto al tiempo es:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dv \quad (3.9)$$

### ECUACIÓN DE CONTINUIDAD

Está basada en el principio de conservación de la masa, que para un tiempo fijo en un volumen de control es:

$$\left. \begin{array}{l} + \\ - \\ - \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Cantidad neta de Masa que atraviesa la} \\ \text{superficie de control por unidad de} \\ \text{tiempo} \end{array} \left. \begin{array}{l} - \\ + \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Variación de la masa contenida en el} \\ \text{volumen de control por unidad de} \\ \text{tiempo} \end{array} = 0$$

Convención de signos. Para el primero depende de si sale o entra el agua y el segundo de si se incrementa o decrece la cantidad de masa, la ecuación del Principio de Conservación de Masa se agrega un término ya que el volumen de control puede tener entradas laterales, así de las deducciones anteriores para la cantidad de masa que atraviesa la superficie de control y para la variación de la masa contenida en el volumen de control, se obtiene la ecuación de continuidad de dicho volumen de control:

$$\iint_A \rho v dA + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV + \sum q_{mi} = 0 \quad (3.10)$$

donde

$\sum q_{mi}$  es la suma de los gastos que ingresan lateralmente al volumen  $i$ .

### ECUACIÓN DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO.

La cantidad de movimiento se puede definir como:

“la variación con respecto al tiempo del producto de la masa de una partícula por su velocidad es proporcional a la fuerza que actúa sobre dicha partícula”:

$$f = \frac{d}{dt}(mv)$$

aplicada a el volumen de control que se analiza tenemos la cantidad de movimiento de la masa que entra o sale en una unidad de tiempo, más la cantidad de movimiento de la variación de la masa en el mismo diferencial de tiempo es igual a la suma de fuerzas que actúan sobre el volumen

$$F = \iint_A \rho(vdA)v_j + \frac{\partial}{\partial t} \iiint \rho(dv)v_j \quad (3.11)$$

donde

$v_j$  es la velocidad que provoca el cambio en la cantidad de movimiento.

Las fuerzas que actúan sobre dicho volumen son:

**a) Fuerzas de Superficie:**

**a.1) Fuerzas de Presión ( $f_p$ ):** son las debidas a la presión que se ejerce sobre las caras del volumen de control.

**a.2) Fuerzas tangenciales ( $f_\tau$ ):** son las debidas al esfuerzo cortante que se tendrá sobre el fondo del volumen de control.

**b) Fuerzas de cuerpo:** es la del peso propio del volumen de control ( $f_w$ ).

Entonces tenemos:

$$\mathbf{F} = f_p + f_\tau + f_w$$

Para la solución de las ecuaciones de continuidad (3.10) y de cantidad de movimiento (3.11) el modelo matemático TUAVE utiliza el método de incrementos finitos. En cada incremento de tiempo se consideran valores medios.

Ahora tenemos para la ecuación de Continuidad, tomando el primer término

$$\iint_A \rho v dA = \rho \iint_A v dA$$

donde la integral se resuelve de la forma:

$$\iint_A v dA = v_{i+1} A_{i+1} - v_i A_i$$

Ahora analizando el segundo término

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dv = \rho \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V dv$$

resolviendo la integral tenemos:

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V dv = x_i \frac{L_i + L_{i+1}}{2} \frac{\partial y_i}{\partial t}$$

Sustituyendo la solución de las integrales en la ecuación 3.10 obtenemos:

$$\iint_A \rho v dA + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV + \sum q_{mi} = 0$$

$$\rho [v_{i+1} A_{i+1} - v_i A_i] + \rho \left[ x_i \frac{L_i + L_{i+1}}{2} \frac{\partial y_i}{\partial t} \right] + \sum q_{mi} = 0$$

$$\rho \left[ v_{i+1} A_{i+1} - v_i A_i + x_i \frac{L_i + L_{i+1}}{2} \frac{\partial y_i}{\partial t} \right] + \sum_{m=1}^n q_{mi} = 0$$

en donde  $\frac{\partial y_i}{\partial t}$  representa el cambio o la variación que sufre el tirante con respecto al tiempo  $t$  y se puede definir como sigue:

$$\frac{\partial y_i}{\partial t} = \frac{y_i^{k+1} - y_i^k}{\Delta t}$$

en donde:

$y_i^{k+1}$  tirante en el tiempo  $k+1$

$y_i^k$  tirante en el tiempo  $k$

$\Delta t$  incremento de tiempo constante elegido para hacer el cálculo

y buscando el cambio de tirante en los tramos entre el tiempo actual y el siguiente tiempo despejamos la diferencia

$$y_i^{k+1} - y_i^k$$

donde:  $k+1$  y  $k$  indican un cambio de tiempo, por lo tanto al introducirlo en la ecuación en estudio todas las variables también son afectadas por el tiempo, dichas variables tendrán un guión el cual indicará el promedio de las mismas en el tiempo.

$$\rho v_{i+1} A_{i+1} - \rho v_i A_i + \rho x_i \frac{L_i + L_{i+1}}{2} \frac{\partial y_i}{\partial t} + \sum_{m=1}^n q_{mi} = 0$$

$$\rho v_{i+1} A_{i+1} - \rho v_i A_i + \rho x_i \frac{L_i + L_{i+1}}{2} \left( \frac{y_i^{k+1} - y_i^k}{\Delta t} \right) + \sum_{m=1}^n q_{mi} = 0$$

$$\frac{y_i^{k+1} - y_i^k}{2\Delta t} = \frac{-(\rho v_{i+1} A_{i+1} - \rho v_i A_i) - \sum_{m=1}^w q_m}{\rho x_i (L_i + L_{i+1})}$$

$$y_i^{k+1} - y_i^k = \frac{2\Delta t}{x_i} \frac{-\rho(\bar{v}_{i+1} \bar{A}_{i+1} - \bar{v}_i \bar{A}_i) - \sum_{m=1}^w \bar{q}_m}{\rho(\bar{L}_i + \bar{L}_{i+1})}$$

Para eliminar las barras tomaremos la misma ecuación en incrementos finitos quedando entonces la velocidad en el instante siguiente y el área y gastos laterales en el instante actual.

$$y_i^{k+1} - y_i^k = \frac{2\Delta t}{x_i} \frac{-\rho(v_{i+1}^{k+1} A_{i+1}^k - v_i^{k+1} A_i^k) - \sum_{m=1}^w q_m^k}{\rho(L_i^k + L_{i+1}^k)}$$

Se puede eliminar  $\rho$  puesto que no cambia el flujo a lo largo del tramo en cualquier instante.

También se requiere la velocidad por lo que se despeja  $v_i^{k+1}$  de la Ec. anterior

$$(y_i^{k+1} - y_i^k) x_i (L_i^k + L_{i+1}^k) / 2\Delta t = -(V_{i+1}^{k+1} A_{i+1}^k - V_i^{k+1} A_i^k) - \sum_{m=1}^w q_m^k$$

$$(y_i^{k+1} - y_i^k) x_i (L_i^k + L_{i+1}^k) / 2\Delta t + \sum_{m=1}^w q_m^k = -(V_{i+1}^{k+1} A_{i+1}^k - V_i^{k+1} A_i^k)$$

$$V_i^{k+1} = \left( \frac{1}{A_i^k} \right) \left[ \frac{(y_i^{k+1} - y_i^k) x_i (L_i^k + L_{i+1}^k)}{2\Delta t} + \sum_{m=1}^w q_m^k + V_{i+1}^{k+1} \right]$$

$$V_i^{k+1} = P^k y_i^{k+1} + B^k V_{i+1}^{k+1} + N^k$$

donde

$P^k, B^k, N^k$  se calculan a partir de  $\Delta t, x_i, L_i^k, L_{i+1}^k$  y  $\sum q_m$



Retomando la ecuación (3.11) tenemos:

$$F = \iint_A \rho (vdA)v_i + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho v_j dv \quad (3.11)$$

sustituyendo

$$F = fp + ft + fw$$

$$\frac{ft + fp + fw}{\rho} = \iint_A (vdA)v_i + \frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho v_j dv$$

a) Considerando que la fuerza tangencial es el producto del esfuerzo cortante en el fondo por el área en que actúa (ésta es el área mojada en la superficie de control). Es negativa porque actúa en dirección contraria al flujo.

$$ft = \tau_0 A_m$$

en donde

$$\tau_0 = \gamma R S f$$

De la formula de Chezy y considerando que la pendiente hidráulica es igual a la pendiente de la superficie libre del agua tenemos:

$$Sf = \frac{v^2}{C^2 R}$$

donde

**C** coeficiente de Chezy

**R** Radio Hidráulico

regresando a  $\tau_0$  queda

$$\tau_0 = \gamma \frac{Rv^2}{C^2 R} = \gamma \frac{v^2}{C^2}$$

Por otra parte

$$A_m = PL$$

donde

$$P = \frac{A_i}{R_i} \quad \text{perímetro mojado}$$

$$L = \frac{x_i + x_{i-1}}{2} \quad \text{longitud del volumen de control}$$

por lo tanto la fuerza tangencial queda como:

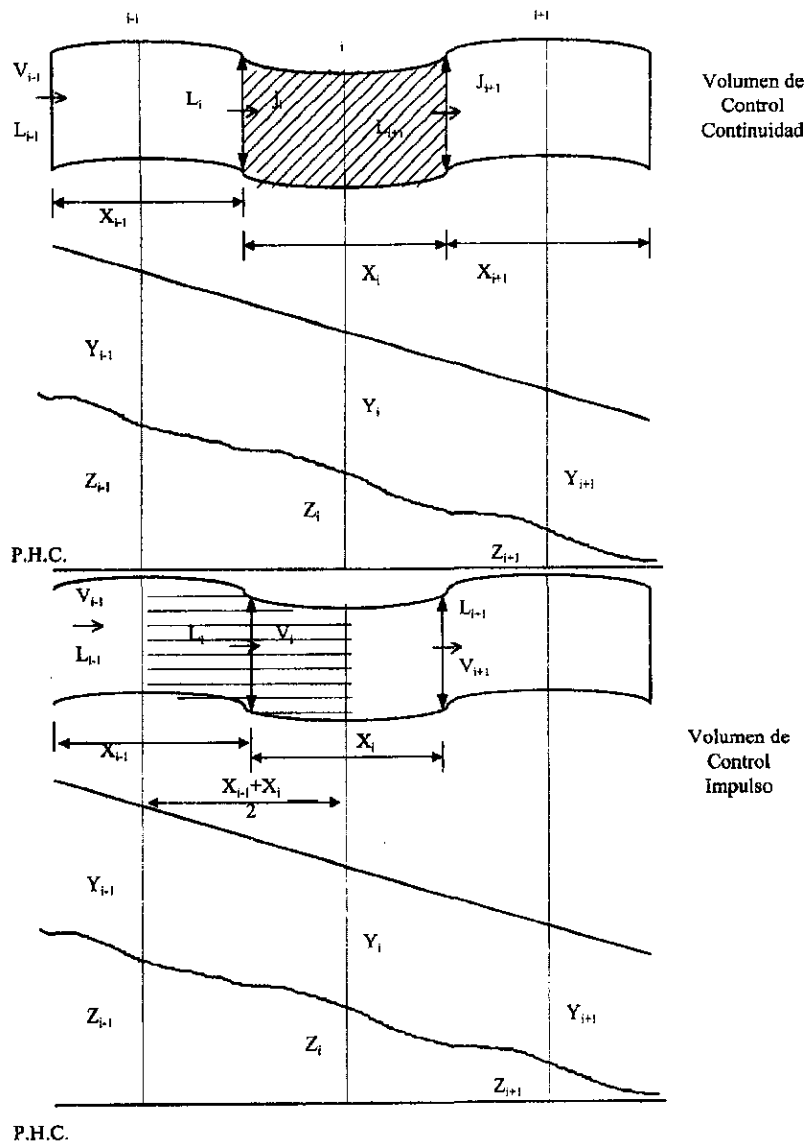
$$f_\tau = -\gamma \frac{v^2}{C^2} \frac{A_i}{R_i} \frac{x_i + x_{i-1}}{2}$$

b) Las fuerzas de Presión ( $f_p$ ) y peso propio ( $f_w$ ) se calculan en forma conjunta, considerando:

- Se considera un plano horizontal por lo tanto no hay componente de peso en la dirección del flujo.
- La presión se distribuye siguiendo una ley hidrostática.

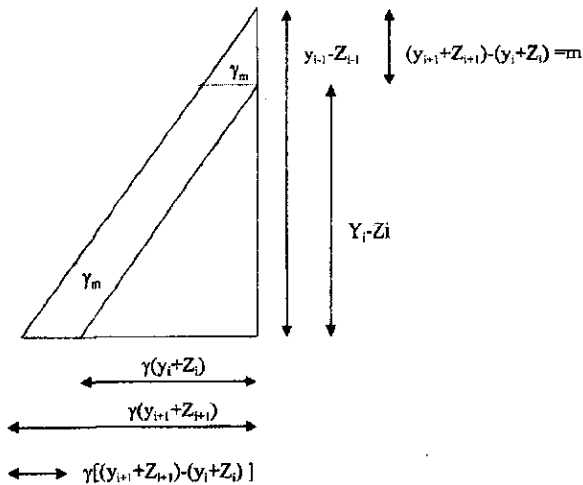
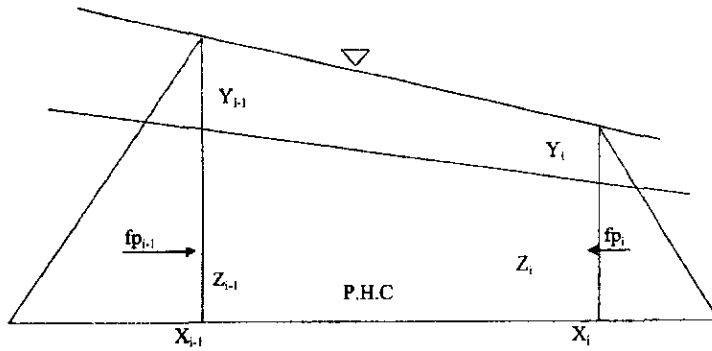
Para encontrar la fuerza de presión resultante se hacen las consideraciones que se observan en la fig.3.5.

La zona rayada de la fig. 3.5 corresponde a la resultante de las fuerzas de presión, que actúan en dirección del flujo e implícitamente considera la componente de peso en esta misma dirección al tomar en cuenta la carga de presión "Z" (energía potencial) en cada una de las secciones.



$$A_i = \frac{y_{i-1} + y_i}{2} L_i$$

fig. 3.5. Fuerzas de Presión y de Peso Propio del Fluido



En la misma figura se puede observar que dicha resultante se calcula de la siguiente manera:

$$fP_{triangular} = \gamma \frac{w}{2} wL$$

Aplicándola al volumen de control

$$fP_{triangular} = \frac{\gamma(y_{i-1} + Z_{i-1} - y_i - Z_i)(y_{i-1} + Z_{i-1} - y_i - Z_i)L_i}{2}$$

$$f_{p \text{ cuadrilatero}} = \gamma w A = \gamma (y_{i-1} + Z_{i-1} - y_i - Z_i) A_{M. Elev. Min.} = f_w$$

A<sub>M. Elevación Mínima</sub> = área correspondiente a la sección de menor elevación.

Con esto obtenemos

$$f_p + f_w = \frac{\gamma (y_{i-1} + Z_{i-1} - y_i - Z_i) (y_{i-1} + Z_{i-1} - y_i - Z_i) L_i}{2} + \gamma (y_{i-1} + Z_{i-1} - y_i - Z_i) A_{M. Elev. Min.}$$

y considerando la fuerza tangencial tenemos:

$$\frac{f_t + f_p + f_w}{\rho} = \frac{\gamma}{\rho} \left( -\frac{\bar{v}^2}{C_i^2 R_i} \frac{\bar{A}_i}{2} (x_i + x_{i-1}) + \frac{(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) (\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) L_i}{2} + (\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{A}_{M. Elev. Min.} \right)$$

en donde el guión indica que las variables están promediadas en el tiempo.

c) Ahora analizaremos el lado derecho de la igualdad aplicándolo a nuestro volumen de control, comenzando con el primer término, por lo que tenemos:

$$\iint_A (v dA) v_j = \frac{(-\bar{v}_{i-1} \bar{A}_{i-1} + \bar{v}_{i+1} \bar{A}_{i+1}) \bar{v}_i}{2}$$

se divide por dos ya que se están tomando dos volúmenes de control en conjunto. El segundo término de esta ecuación queda:

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V v dA = \frac{x_{i-1} + x_i}{2} \bar{A}_i \frac{\partial v_i}{\partial t}$$

En ambos términos el guión indica que están promediadas en el tiempo. Así finalmente la ecuación 3.11 queda expresada de la siguiente forma:

$$\frac{\gamma}{\rho} \left( -\frac{\bar{v}^2 \bar{A}_i}{C_i^2 \bar{R}_i} \frac{x_i + x_{i-1}}{2} + \frac{(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i)(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{L}_i}{2} \right. \\ \left. + (\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{A}_{M.Elev.Min.} \right) = \frac{(-\bar{v}_{i-1} \bar{A}_{i-1} + \bar{v}_{i+1} \bar{A}_{i+1}) \bar{v}_i}{2} + \frac{(x_{i-1} + x_i)}{2} \bar{A}_i \frac{\partial v_i}{\partial t}$$

De esta ecuación despejamos la derivada parcial quedando:

$$\frac{\gamma}{\rho} \left( -\frac{\bar{v}^2 \bar{A}_i}{C_i^2 \bar{R}_i} \frac{x_i + x_{i-1}}{2} + \frac{(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i)(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{L}_i}{2} \right. \\ \left. + (\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{A}_{M.Elev.Min.} \right) + \frac{(\bar{v}_{i-1} \bar{A}_{i-1} - \bar{v}_{i+1} \bar{A}_{i+1}) \bar{v}_i}{2} = \frac{(x_{i-1} + x_i)}{2} \bar{A}_i \frac{\partial v_i}{\partial t}$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} = \frac{2}{\bar{A}_i (x_{i-1} + x_i)} \left[ \frac{\gamma}{\rho} \left( -\frac{\bar{v}^2 \bar{A}_i}{C_i^2 \bar{R}_i} \frac{x_i + x_{i-1}}{2} + \frac{(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i)(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{L}_i}{2} \right. \right. \\ \left. \left. + (\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{A}_{M.Elev.Min.} \right) + \frac{(\bar{v}_{i-1} \bar{A}_{i-1} - \bar{v}_{i+1} \bar{A}_{i+1}) \bar{v}_i}{2} \right]$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} = \frac{\gamma}{\rho} \left( -\frac{\bar{v}^2}{C_i^2 \bar{R}_i} \frac{x_i + x_{i-1}}{(x_{i-1} + x_i)} + \frac{(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i)(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{L}_i}{\bar{A}_i (x_{i-1} + x_i)} \right. \\ \left. + \frac{2(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{A}_{M.Elev.Min.}}{\bar{A}_i (x_{i-1} + x_i)} \right) + \frac{(\bar{v}_{i-1} \bar{A}_{i-1} - \bar{v}_{i+1} \bar{A}_{i+1}) \bar{v}_i}{\bar{A}_i (x_{i-1} + x_i)}$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} = \frac{\gamma}{\rho} \left( -\frac{\bar{v}^2}{C_i^2 \bar{R}_i} + \frac{(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i)(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{L}_i}{\bar{A}_i (x_{i-1} + x_i)} \right. \\ \left. + \frac{2(\bar{y}_{i-1} + Z_{i-1} - \bar{y}_i - Z_i) \bar{A}_{M.Elev.Min.}}{\bar{A}_i (x_{i-1} + x_i)} \right) + \frac{(\bar{v}_{i-1} \bar{A}_{i-1} - \bar{v}_{i+1} \bar{A}_{i+1}) \bar{v}_i}{\bar{A}_i (x_{i-1} + x_i)}$$

Por otra parte sabemos que:

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} = \frac{v_i^{k+1} - v_i^k}{\Delta t}$$

y haciendo  $g = \frac{\gamma}{\rho}$

Para linealizar la ecuación se asignan a las variables con barra los superíndices k y k+1 según corresponda; de esta forma las variables desconocidas (las que se evalúan en el tiempo k+1) resultan en forma lineal, es decir a la primera potencia:

$$v_i^{k+1} - v_i^k = \Delta t \left( -\frac{v_i^{k+1} v_j^k}{C_i^2 R_i^k} + \frac{(y_{i-1}^{k+1} + Z_{i-1} - y_i^{k+1} - Z_i)(y_{i-1}^k + Z_{i-1} - y_i^k - Z_i) L_i^k}{A_i^k (x_{i-1} + x_i)} \right. \\ \left. + \frac{2(y_{i-1}^{k+1} + Z_{i-1} - y_i^{k+1} - Z_i) A_{M.ELEV.MIN.}^k}{A_i^k (x_{i-1} + x_i)} \right) + \frac{(v_{i-1}^k A_{i-1}^k - v_{i+1}^k A_{i+1}^k) v_i^{k+1}}{A_i^k (x_{i-1} + x_i)} \Delta t$$

Despejando

$$y_{i-1}^{k+1} = T^k v_i^{k+1} + U^k y_i^{k+1} + W^k \quad (3.12)$$

donde  $T^k$ ,  $U^k$  y  $W^k$  dependen de los valores conocidos:  $A_i^k$ ,  $v_i^k$ ,  $R_i^k$ ,  $Z_i$ ,  $Z_{i-1}$ ,  $x_i$ ,  $x_{i-1}$ ,  $A_{M.ELEV.MIN.}$ ,  $g$  y  $\Delta t$ ;

y  $y_{i-1}^{k+1}$ ,  $v_i^{k+1}$  y  $y_i^{k+1}$  son variables a calcular.

Estas variables se calculan por medio del programa de simulación por computadora, el cual se enlista en el anexo.

### 3.4 METODO ALTERNATIVO

De igual forma se presenta el desarrollo de las ecuaciones para el Método Alternativo, el cual se realizó a partir del modelo Tuave, a diferencia de éste último, el método alternativo *simula el comportamiento del flujo cuando cambia de régimen a presión, que ocurre cuando los conductos entran en carga.*

A continuación se presentan las ecuaciones con las que se obtuvieron las formulas finales que se utilizan en las simulaciones del programa, el cual se presenta enlistado en el anexo al final del presente trabajo.

#### ECUACION DE LA ENERGIA

$$H = Z + \alpha \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = Z + Y + \frac{V^2}{2g} \quad (3.13)$$

$Z(x)$  = carga de posición;  $Y(x)$  = carga de presión o tirante;  $\frac{V^2}{2g}$  = carga de velocidad (x,t)

$$H(x) = Z(x) + Y(x) + \frac{V^2}{2g} (x,t)$$

$$\frac{\partial H(x,t)}{\partial x} = \frac{\partial Z(x)}{\partial x} + \frac{\partial Y(x)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{V^2}{2g} \right) + \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{V^2}{2g} \right) \frac{dt}{dx} \quad (3.14)$$

$$\frac{dH}{dx} = -Sf \quad \frac{dx}{dt} = V$$



$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial x} + \frac{\partial \left( \frac{V^2}{2g} \right)}{\partial x} + \frac{1}{V} \frac{\partial \left( \frac{V^2}{2g} \right)}{\partial t}$$

(3.15) Ecuación Dinámica del Flujo  
Transitorio a Superficie Libre

$$E = y + \frac{V}{2g} \quad (3.16) \text{ Energía}$$

$$Q = VA \quad V = \frac{Q}{A}$$

$$E = y + \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial \left( \frac{V^2}{2g} \right)}{\partial x}$$

$$\frac{1}{V} \frac{\partial \left( \frac{V^2}{2g} \right)}{\partial t} = \frac{1}{V} \left( \frac{1}{2g} \frac{\partial V^2}{\partial t} \right) = \frac{1}{V} \left( \frac{1}{2g} 2V \frac{\partial V}{\partial t} \right) = \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t}$$

sustituyendo en (3.15)

$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial \left( \frac{V^2}{2g} \right)}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t}$$

$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} \quad (3.17)$$

$$\text{con } V = \frac{Q}{A}$$

$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{Q}{A} \right) \quad (3.18)$$

con  $E(x,y)$  entonces  $\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial x}$

tenemos

$$\frac{\partial E}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left( y + \frac{Q^2}{2A^2g} \right) = \frac{\partial y}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{Q^2}{2A^2g} \right) = 1 + \frac{\partial}{\partial y} \left( Q^2 \frac{1}{2A^2g} \right)$$

$$\frac{\partial E}{\partial y} = 1 + Q^2 \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{1}{2A^2g} \right) + \frac{1}{2A^2g} \left( \frac{\partial Q^2}{\partial y} \right) = 1 + \frac{Q^2}{2g} \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{1}{A^2} \right) + \frac{1}{2A^2g} 2Q \frac{\partial Q}{\partial y}$$

$$\frac{\partial E}{\partial y} = 1 - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial y} + \frac{Q}{A^2g} \frac{\partial Q}{\partial y}$$

De Hidráulica de Canales sabemos que para cualquier sección transversal de un canal

$$\frac{\partial A}{\partial y} = B \quad \text{donde:}$$

$B$  = ancho de la superficie libre del agua.

considerando esto obtenemos:

$$\frac{\partial E}{\partial y} = 1 - \frac{Q^2}{gA^3} B + \frac{Q}{A^2g} \frac{\partial Q}{\partial y} = 1 - F^2 + \frac{Q}{A^2g} \frac{\partial Q}{\partial y}$$

en la que de flujo de canales conocemos  $\frac{Q^2 B}{gA^3} = F^2$  como la definición del Número de

Froude

Por otra parte

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{Q}{A} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \frac{1}{A} Q = \frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + Q \frac{\partial}{\partial t} \frac{1}{A} = \frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{Q}{A^2} \frac{\partial A}{\partial t}$$

y  $\frac{\partial A}{\partial t} = \frac{\partial A}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial t} = B \frac{\partial y}{\partial t}$  por lo que  $\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{QB}{A^2} \frac{\partial y}{\partial t}$

Sustituyendo estos resultados en la ecuación (3.18)

$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{Q}{A} \right)$$

$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \left( 1 - F^2 + \frac{Q}{A^2 g} \frac{\partial Q}{\partial y} \right) \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{1}{g} \left( \frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{QB}{A^2} \frac{\partial y}{\partial t} \right)$$

$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} - F^2 \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{Q}{A^2 g} \frac{\partial Q}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{QB}{A^2 g} \frac{\partial y}{\partial t}$$

$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} - F^2 \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{Q}{A^2 g} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{QB}{A^2 g} \frac{\partial y}{\partial t}$$

$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} (1 - F^2) + \frac{Q}{A^2 g} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} - B \frac{\partial y}{\partial t} \right) + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t}$$

Con la carga piezométrica  $h=z+y$  de donde  $y=h-z$

$$-Sf = \frac{\partial Z}{\partial x} + \left( \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\partial z}{\partial x} \right) (1 - F^2) + \frac{Q}{A^2 g} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} - B \frac{\partial y}{\partial t} \right) + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t}$$

$$-S_f = \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x}(1-F^2) - \frac{\partial Z}{\partial x}(1-F^2) + \frac{Q}{A^2 g} \left( \frac{\partial Q}{\partial X} - B \frac{\partial y}{\partial t} \right) + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t}$$

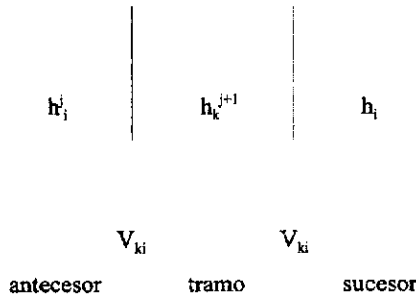
$$-S_f = \frac{\partial Z}{\partial x}(1-F^2) + \frac{\partial h}{\partial x}(1-F^2) + \frac{Q}{A^2 g} \left( \frac{\partial Q}{\partial X} - B \frac{\partial y}{\partial t} \right) + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t}$$

$$-S_f = (1-F^2) \frac{\partial h}{\partial x} + F^2 \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{Q}{A^2 g} \left( \frac{\partial Q}{\partial X} - B \frac{\partial y}{\partial t} \right) + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t}$$

De la fórmula de Manning  $V = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2}$  de donde  $S = \frac{V^2 n^2}{R h^{4/3}}$

$$(1-F^2) \frac{\partial h}{\partial x} + F^2 \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{Q}{A^2 g} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} - B \frac{\partial y}{\partial t} \right) + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{V^2 n^2}{R h^{4/3}} = 0 \quad (3.19)$$

Tomando como esquema de análisis el siguiente:



Se aplica continuidad al tramo k

$$Q=AV$$

$$A_{ki}^j V_{ki}^{j+1} = Q_{ki}^{j+1} \iff Q_{ki}^j = A_{ki}^j V_{ki}^{j+1}$$

$$A_{ki}^j V_{ki}^{j+1} - A_{ki}^j V_{ki}^{j+1} + B_k^j \Delta x_k \frac{\partial h}{\partial x} \pm Q_k^{j+1} \quad (3.20)$$

donde:

$A_{ki}^j$   $A_{kl}^j$  son las áreas de las secciones transversales entre los tramos  $k, i$  y  $k, l$  en el instante  $j$ .

$B_k^j$  es el ancho de la superficie libre del tramo en el instante  $j$ .

$\Delta x_k$  es la longitud del tramo

$Q_k^{j+1}$  es un gasto de egreso (signo +), o un gasto de ingreso (signo -) al tramo  $k$

Se deben hacer las siguientes consideraciones: en el tramo  $k$  por continuidad tenemos  $Q_E - Q_S = \Delta Q$  como sabemos en algunos tramos existen entradas y/o salidas de hidrogramas laterales que para cumplir con la diferencial anterior esta afectado por signo (-) negativo si se trata de una entrada puesto que el gasto de salida aumenta con respecto al de entrada y por lo tanto se suma algebraicamente al  $Q_S$ ; por otro lado estará afectado por un signo (+) positivo si se trata de un gasto de salida ya que en este caso el gasto de entrada es mayor que el de salida y nuevamente se suma algebraicamente, aunado a esto también se considera el almacenaje que se tenga, de la forma en diferencias finitas:

$$B_k^j \Delta x_k \frac{\partial h}{\partial t}$$

donde:

$B$  es el ancho de la superficie libre del tramo

$\Delta x$  es la longitud del mismo tramo en estudio

en la que también se considera la variación de  $h$  con respecto al tiempo  $t$ .

Por lo anterior podemos tomar la derivada parcial de la ecuación de continuidad como:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (3.21)$$

determinándose el gasto de ingreso o egreso al tramo  $k$  dentro de la primera derivada parcial, por lo que se acepta que la parcial  $\frac{\partial Q}{\partial x}$  es equivalente a una suma de gastos en el tramo  $k$  dividida entre la longitud  $\Delta x_k$

Ahora sustituyendo la ecuación de continuidad con la ecuación dinámica obtenemos:

$$(1-F^2)\frac{\partial h}{\partial x} + F^2\frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{Q}{A^2g}\left(\frac{\partial Q}{\partial X} - B\frac{\partial y}{\partial t}\right) + \frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{V^2n^2}{Rh^{4/3}} = 0$$

con  $\frac{\partial Q}{\partial x} = -B\frac{\partial y}{\partial t}$

$$(1-F^2)\frac{\partial h}{\partial x} + F^2\frac{\partial Z}{\partial x} - 2\frac{BQ}{A^2g}\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{V^2n^2}{Rh^{4/3}} = 0$$

considerando  $h=z+y$  y que "z" es constante tenemos:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial h}{\partial t}$$

$$(1-F^2)\frac{\partial h}{\partial x} + F^2\frac{\partial Z}{\partial x} - 2\frac{BQ}{A^2g}\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{gA}\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{V^2n^2}{Rh^{4/3}} = 0$$

Al discretizar en diferencias finitas, se afecta a los términos que cambian en el tiempo y en el espacio.

En el primer término la carga piezométrica cambia en el espacio  $\frac{\partial h}{\partial x}$

$$(1 - F_H^2) \frac{(h_i^{j+1} - h_k^{j+1})}{\Delta x_H}$$

en el segundo término la cota de terreno solo cambia en el espacio  $\frac{\partial Z}{\partial x}$

$$F_H^2 \frac{(Z_i - Z_k)}{\Delta x_H}$$

en el tercer término, el gasto se analiza en ese espacio o tramo en el instante presente y la carga varía con respecto al tiempo  $\frac{\partial h}{\partial t}$

$$-2 \frac{B_H^j |Q_H^j| (h_k^{j+1} - h_k^j)}{A_H^2 g \Delta t}$$

en el cuarto término el gasto varía respecto al tiempo  $\frac{\partial Q}{\partial t}$

$$\frac{1}{g A_H} \frac{(Q_H^{j+1} - Q_H^j)}{\Delta t}$$

finalmente, el último término se analiza con respecto al gasto y su variación en el tiempo.

$$\frac{V^2 n^2}{R h^{4/3}} = \frac{n^2 |Q_H^j| |Q_H^{j+1}|}{A_H^2 R h_H^{4/3}}$$

Por lo que la ecuación queda de la forma

$$(1 - F_u^2) \frac{(h_i^{j+1} - h_k^{j+1})}{\Delta x_{kl}} + F_u^2 \frac{(Z_l - Z_k)}{\Delta x_{kl}} - 2 \frac{B_{kl}^j |Q_{kl}^j| (h_k^{j+1} - h_k^j)}{A_{kl}^2 g \Delta t} + \frac{1}{g A_{kl}} \frac{(Q_{kl}^{j+1} - Q_{kl}^j)}{\Delta t} + \frac{n^2 |Q_{kl}^j| |Q_{kl}^{j+1}|}{A_{kl}^2 R h_{kl}^{4/3}}$$

$$= 0$$

multiplicando por  $\Delta x$

$$(1 - F_u^2)(h_i^{j+1} - h_k^{j+1}) + F_u^2(Z_l - Z_k) - 2\Delta x_{kl} \frac{B_{kl}^j |Q_{kl}^j| (h_k^{j+1} - h_k^j)}{A_{kl}^2 g \Delta t} + \frac{\Delta x_{kl} (Q_{kl}^{j+1} - Q_{kl}^j)}{g A_{kl} \Delta t} + \Delta x_{kl} \frac{n^2 |Q_{kl}^j| |Q_{kl}^{j+1}|}{A_{kl}^2 R h_{kl}^{4/3}} = 0$$

al despejar  $Q_{kl}^{j+1}$  obtenemos:

$$(1 - F_u^2)(h_i^{j+1} - h_k^{j+1}) + F_u^2(Z_l - Z_k) - 2\Delta x_{kl} \frac{B_{kl}^j |Q_{kl}^j| (h_k^{j+1} - h_k^j)}{A_{kl}^2 g \Delta t} + Q_{kl}^{j+1} \left[ \frac{\Delta x_{kl}}{g A_{kl} \Delta t} + \Delta x_{kl} \frac{n^2 |Q_{kl}^j|}{A_{kl}^2 R h_{kl}^{4/3}} \right] - \frac{Q_{kl}^j \Delta x_{kl}}{\Delta t g A_{kl}} = 0$$

tomando

$$C_{kl}^j = \frac{\Delta x_{kl}}{g A_{kl} \Delta t} + \frac{n^2 \Delta x_{kl} |Q_{kl}^j|}{A_{kl}^2 R h_{kl}^{4/3}} \quad y \quad D_{kl}^j = \frac{2 \Delta x_{kl} B_{kl}^j |Q_{kl}^j|}{g \Delta t A_{kl}^2}$$

entonces

$$(1 - F_u^2)(h_i^{j+1} - h_k^{j+1}) + F_u^2(Z_l - Z_k) - D_{kl}^j (h_k^{j+1} - h_k^j) + Q_{kl}^{j+1} C_{kl}^j - \frac{Q_{kl}^j \Delta x_{kl}}{\Delta t g A_{kl}} = 0$$



$$Q_{kl}^{j+1} = \frac{1}{-C_{kl}^j} \left[ (1 - F_{kl}^2)(h_k^{j+1} - h_l^{j+1}) + F_{kl}^2(Z_l - Z_k) - D_{kl}^j(h_k^{j+1} - h_k^j) - \frac{Q_{kl}^j}{\Delta t} \frac{\Delta x_{kl}}{gA_{kl}} \right]$$

$$A_{kl}^{j+1} V_{kl}^{j+1} = \frac{1}{C_{kl}^j} \left[ (1 - F_{kl}^2)(h_k^{j+1} - h_l^{j+1}) + F_{kl}^2(Z_k - Z_l) - D_{kl}^j(h_k^j - h_k^{j+1}) + \frac{A_{kl}^j V_{kl}^j}{\Delta t} \frac{\Delta x_{kl}}{gA_{kl}} \right]$$

$$V_{kl}^{j+1} = \frac{1}{A_{kl}^{j+1} C_{kl}^j} \left[ (1 - F_{kl}^2)(h_k^{j+1} - h_l^{j+1}) + F_{kl}^2(Z_k - Z_l) - D_{kl}^j(h_k^j - h_k^{j+1}) + \frac{A_{kl}^j V_{kl}^j}{\Delta t} \frac{\Delta x_{kl}}{gA_{kl}} \right]$$

$$V_{kl}^{j+1} = \frac{1}{C_{kl}^j} \left[ (1 - F_{kl}^2)(h_k^{j+1} - h_l^{j+1}) + F_{kl}^2(Z_k - Z_l) - D_{kl}^j(h_k^j - h_k^{j+1}) + \frac{V_{kl}^j}{\Delta t} \frac{\Delta x_{kl}}{g} \right]$$

donde

$$C_{kl}^j = \frac{\Delta x_{kl}}{g\Delta t} + \frac{n^2 \Delta x_{kl} |Q_{kl}^j|}{R_{kl}^{4/3}}$$

$$D_{kl}^j = \frac{2\Delta x_{kl} B_{kl}^j |V_{kl}^j|}{g\Delta t A_{kl}}$$

Para agrupar los términos en sumatorias se cambian los subíndices  $l = 1,2$  en la ecuación del gasto para después aplicarla a la ecuación de continuidad

$$Q_{k1}^{j+1} + Q_{k2}^{j+1} + \frac{B_{k1}^j \Delta x_{kl}}{\Delta t} (h_k^{j+1} - h_k^j) - q_k^{j+1} = 0$$

así la ecuación del gasto:

$$Q_{kl}^{j+1} = \frac{1}{C_{kl}^j} \left[ (1 - F_{kl}^2)(h_k^{j+1} - h_l^{j+1}) + F_{kl}^2(Z_k - Z_l) + D_{kl}^j(h_k^{j+1} - h_k^j) + \frac{Q_{kl}^j}{\Delta t} \frac{\Delta x_{kl}}{gA_{kl}} \right]$$

sustituyendo: 
$$D_{ki}^j = \frac{2\Delta x_{ki} B_{ki}^j |Q_{ki}^j|}{g\Delta t A_{ki}^2}$$

$$Q_{ki}^{j+1} = \frac{1}{C_{ki}^j} \left[ (1 - F_{ki}^2)(h_k^{j+1} - h_i^{j+1}) + F_{ki}^2(Z_k - Z_i) + \frac{2\Delta x_{ki} B_{ki}^j |Q_{ki}^j|}{g\Delta t A_{ki}^2} (h_k^{j+1} - h_i^j) + \frac{Q_{ki}^j \Delta x_{ki}}{\Delta t g A_{ki}} \right]$$

ahora sustituyendo en la ecuación de continuidad:

$$\begin{aligned} & \frac{A_{k1}}{C_{k1}^j} \left[ (1 - F_{k1}^2)(h_k^{j+1} - h_1^{j+1}) + F_{k1}^2(Z_k - Z_1) + \frac{2\Delta x_{k1} B_{k1}^j |Q_{k1}^j|}{g\Delta t A_{k1}^2} (h_k^{j+1} - h_1^j) + \frac{Q_{k1}^j \Delta x_{k1}}{\Delta t g A_{k1}} \right] + \\ & \frac{A_{k2}}{C_{k2}^j} \left[ (1 - F_{k2}^2)(h_k^{j+1} - h_2^{j+1}) + F_{k2}^2(Z_k - Z_2) + \frac{2\Delta x_{k2} B_{k2}^j |Q_{k2}^j|}{g\Delta t A_{k2}^2} (h_k^{j+1} - h_2^j) + \frac{Q_{k2}^j \Delta x_{k2}}{\Delta t g A_{k2}} \right] + \\ & \frac{B_{ki}^j \Delta x_{ki}}{\Delta t} (h_k^{j+1} - h_i^j) - q_k^{j+1} = 0 \end{aligned}$$

Agrupando en sumatorias:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \frac{(1 - F_{ki}^2)(h_k^{j+1} - h_i^{j+1})}{C_{ki}^j} A_{ki} + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ki}^2(Z_k - Z_i)}{C_{ki}^j} A_{ki} + \sum_{i=1}^n \frac{2\Delta x_{ki} B_{ki}^j |Q_{ki}^j|}{C_{ki}^j g\Delta t A_{ki}^2} (h_k^{j+1} - h_i^j) A_{ki} + \\ & \sum_{i=1}^n \frac{Q_{ki}^j \Delta x_{ki}}{g\Delta t A_{ki} C_{ki}^j} A_{ki} + \frac{B_{ki}^j \Delta x_{ki}}{\Delta t} (h_k^{j+1} - h_i^j) - q_k^{j+1} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \frac{(1 - F_{ki}^2) h_k^{j+1} A_{ki}}{C_{ki}^j} - \sum_{i=1}^n \frac{(1 - F_{ki}^2) h_i^{j+1} A_{ki}}{C_{ki}^j} + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ki}^2(Z_k - Z_i)}{C_{ki}^j} A_{ki} + \\ & \sum_{i=1}^n 2 \frac{\Delta x_{ki} B_{ki}^j |Q_{ki}^j|}{g\Delta t A_{ki}^2 C_{ki}^j} h_k^{j+1} A_{ki} - \sum_{i=1}^n 2 \frac{\Delta x_{ki} B_{ki}^j |Q_{ki}^j|}{g\Delta t A_{ki}^2 C_{ki}^j} h_i^j A_{ki} + \sum_{i=1}^n \frac{Q_{ki}^j \Delta x_{ki}}{g\Delta t A_{ki} C_{ki}^j} A_{ki} \\ & + \frac{B_{ki}^j \Delta x_{ki} h_k^{j+1}}{\Delta t} - \frac{B_{ki}^j \Delta x_{ki} h_i^j}{\Delta t} - q_k^{j+1} = 0 \end{aligned}$$

tomando como el término de almacenaje a

$$D_k^j = \frac{2\Delta x_k B_k^j |Q_k^j|}{g\Delta t A_k^2}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n \frac{(1-F_k^2)h_k^{j+1} A_k}{C_k^j} - \sum_{i=1}^n \frac{(1-F_k^2)h_i^{j+1} A_k}{C_k^j} + \sum_{i=1}^n \frac{F_k^2(Z_k - Z_i)}{C_k^j} A_k + \\ & \sum_{i=1}^n \frac{D_k^j}{C_k^j} h_k^{j+1} A_k - \sum_{i=1}^n \frac{D_k^j}{C_k^j} h_i^j A_k + \sum_{i=1}^n \frac{Q_k^2 \Delta x_k}{g\Delta t C_k^j} + \frac{B_k^j \Delta x_k h_k^{j+1}}{\Delta t} - \frac{B_k^j \Delta x_k h_k^j}{\Delta t} - q_k^{j+1} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \left[ \sum_{i=1}^n \frac{A_k}{C_k^j} (1-F_k^2) + \sum_{i=1}^n \frac{D_k^j A_k}{C_k^j} + \frac{B_k^j \Delta x_k}{\Delta t} \right] h_k^{j+1} - \sum_{i=1}^n \frac{A_k}{C_k^j} (1-F_k^2) h_i^{j+1} = \\ & q_k^{j+1} + \sum_{i=1}^n \frac{A_k}{C_k^j} F_k^2 (Z_i - Z_k) + \sum_{i=1}^n \left[ \frac{D_k^j A_k}{C_k^j} + \frac{B_k^j \Delta x_k}{\Delta t} \right] h_i^j - \sum_{i=1}^n \frac{Q_k^2 \Delta x_k}{g\Delta t C_k^j} \end{aligned} \quad (3.22)$$

Cuando el conducto trabaja a presión se tiene que el tirante es igual o mayor que el diámetro, por lo que en el término de almacenaje se elimina **B** que es el ancho de la superficie libre del agua, y entonces se elimina el término de almacenaje. De forma similar también desaparece el número de Froude, debido a que para el flujo de canales tenemos:

$$F^2 = \frac{Q^2 B}{gA^3} \quad , \text{ así queda:}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_k}{C_k^j} h_k^{j+1} - \sum_{i=1}^n \frac{A_k}{C_k^j} h_i^{j+1} = q_k^{j+1} - \sum_{i=1}^n \frac{Q_k^2 \Delta x_k}{g\Delta t C_k^j} \quad (3.23)$$

Estas ecuaciones se resuelven por medio del programa de simulación, el cual cambia automáticamente de ecuaciones cuando el flujo se da a presión dentro de las tuberías.

## IV. OBTENCION DE DATOS REALES

Es importante seleccionar el modelo que se adecue lo mejor posible a las condiciones existentes en los elementos que conforman el sistema que se modelará y conocer las consideraciones que se deben tener en los elementos físicos que se simularán; así mismo, tiene gran trascendencia el tipo de datos que se ingresen al modelo para la simulación, ya que de ellos depende la calidad de dicha simulación. Mientras más cercanos sean a la realidad se logrará obtener una mejor representación de las condiciones que prevalecen en el sistema, y se dará una alternativa de solución adecuada al tipo de problema existente.

Para la obtención de los datos necesarios que delimiten la cuenca en estudio y la conformación del sistema por simular, es necesario conocer los requerimientos de los dos modelos.

Cabe aclarar, que en este trabajo sólo se consideraron algunos puntos principales y más relevantes que deben ser tomados en cuenta en cualquier simulación, para obtener mayor referencia al respecto deberá considerarse la bibliografía.

### **4.1 MODELO TUAVE**

El sistema a simular se debe seccionar en tramos, para lo cual es necesario contar con los datos topográficos de la cuenca en estudio. En este caso se requirió de la topografía de la red secundaria y primaria, que se encuentra en el levantamiento de catastro con que cuenta la DGCOH, dicho levantamiento contiene las cotas de plantilla y de brocal (cota del terreno) de cada pozo de visita, así mismo tiene la longitud, pendiente y diámetro de los conductos.

De acuerdo a las tuberías y sus cotas se definió el sistema que se simuló considerando sólo los tramos de tuberías con diámetro superior de 0.61 m. Para la división del sistema en tramos se atendieron las siguientes consideraciones:

- Se tendrá un cambio de tramo en cada cambio de diámetro.
- En un cambio fuerte de pendiente se cambiará de tramo.

- De ser posible, las longitudes de los tramos serán uniformes, si no es así, se verificará que el tramo más largo del sistema no exceda en seis veces la longitud del más pequeño.

A su vez el sistema se dividirá en subsistemas o ríos, a los que se diferenciará como pares e impares, identificando el río principal como par (el río más largo o de mayor diámetro), y los ramales que llegan a él como impares, de tal forma que un río par no se conecte a otro par y de la misma forma para el caso de los ríos impares. Cada río debe tener como mínimo dos tramos.

Los tramos de los ríos que forman el sistema se numerarán en forma ascendente de acuerdo al flujo del agua de aguas arriba hacia aguas abajo, comenzando con el río principal y sucesivamente con los ramales y subramales que descargan a él.

El modelo requiere de algunas condiciones hidráulicas para iniciar el proceso de cálculo, necesita condiciones iniciales para el calentamiento del sistema antes de que ingrese a este sistema el agua pluvial, es decir, el programa a partir de los tirantes y velocidades iniciales debe generar un flujo establecido. Por lo tanto se le deben de dar al programa estos parámetros iniciales para que al realizar las iteraciones encuentren los valores que cumplan con el flujo establecido, los datos iniciales se obtienen a partir del gasto base que escurre por las tuberías y que es el agua producto del escurrimiento de las áreas de aportación de cada uno de los tramos.

Estas áreas de aportación se definieron a partir de la red secundaria y del sentido de escurrimiento de las mismas. Posteriormente se analizan los tramos en los cuales el sistema puede derramar, para esto se consideran las áreas de inundación sobre las cuales podrá derramar el modelo para lo cual habrá que generar las curvas de elevación - volumen que almacenarán los gastos que se derraman por las calles. Para llegar a estas curvas es necesario conocer la capacidad de regulación que tiene la red secundaria en esas zonas, y que será saturada antes de presentarse un encharcamiento. Esta capacidad está definida por la fórmula:

$$V = \frac{6000A}{V_i} + 0.2$$

Donde :

V = capacidad de regulación del sistema secundario, en porcentaje.

A = Area drenada por la celda o tramo en km<sup>2</sup>

V<sub>i</sub> = Volumen del tramo a tubo lleno en m<sup>3</sup>, se obtiene de:

$$V_i = L \left( \frac{\pi D^2}{4} \right)$$

6000 = Factor que indica el volumen de regulación de la red secundaria, en m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

0.2 = Factor que indica el volumen de regulación de los pozos de visita, en porcentaje.

Esta ecuación es empírica y se obtuvo a partir de muestreos realizados en la Ciudad de México y proporciona el volumen regulado por la red secundaria respecto al volumen almacenado en cada tramo de la red primaria o colector secundario a tubo lleno.

La curva elevación - capacidad iniciará a partir de la cota de la clave del tubo (la cota de plantilla más el diámetro del tubo), elevándose hacia la del terreno y la que define la capacidad de almacenamiento de la calle. Por lo tanto, se requieren los datos de la cota de plantilla, diámetros, cota del terreno y las cotas y áreas de la calle que definirán la capacidad de almacenamiento.

En los tramos de interconexión no se consideran áreas de inundación.

La determinación del tiempo total de la simulación se hace considerando la longitud del río principal, con la velocidad del agua en el mismo calculada con la Ecuación de Manning y dividiendo dichas velocidades por el intervalo de tiempo de cada iteración, que en este caso se escogió de 15 segundos considerando que no provoca inestabilidad numérica.

Este programa también necesita que se le proporcionen condiciones de frontera aguas arriba y aguas abajo de cada río, así en el caso aguas arriba se define un hidrograma de ingreso, y aguas abajo estará condicionada al tipo de descarga de que se trate, considerando alguno de los tres casos que se describen a continuación:

**Caso 1. Frontera de gasto constante.** Este caso se utiliza cuando el río en cuestión descarga un gasto conocido.

**Caso 2. Frontera de tirante constante.** Esta frontera se utiliza cuando el río descarga con un tirante constante a un cuerpo de agua cuyo nivel se desconoce. Cabe mencionar que este es el tipo de frontera que se utilizó para esta simulación.

**Caso 3. Descarga hacia una Planta de Bombeo.** Aquí se considera que la descarga es libre hasta que el agua en el tanque de la planta alcanza un nivel mayor que el de la descarga. A partir de este momento se considera que el río descarga con un tirante constante, que corresponde al nivel de agua en la planta de bombeo calculado en el intervalo  $\Delta t$  inmediato anterior. Para saber la forma de la elevación de los niveles en la planta, se requiere proporcionar la relación elevaciones - volúmenes - gastos de descarga de la misma. Es importante mencionar que si en un intervalo de tiempo el gasto de ingreso o egreso de la planta es tal que produce un cambio brusco en el nivel del agua, el programa dará resultados inexactos.

En el caso de los tramos cabeceros de los ríos se definen hidrogramas de punta de las condiciones de frontera aguas arriba.

Por otra parte, el programa también requiere de la especificación de las entradas laterales, ya que se definen los gastos que entran a los tramos del colector en forma de hidrogramas; sólo se dan en los tramos donde no hay confluencias o salidas de otros ríos. En el caso de los hidrogramas de punta y los laterales, éstos se calculan en base a las áreas de aportación correspondientes de cada tramo.

#### 4.2 METODO ALTERNATIVO.

El armado del sistema para éste método es prácticamente el mismo ya que el modelo está basado en el denominado "TUAVE" pero presenta algunas variaciones.

La numeración de los tramos se inicia de aguas abajo hacia aguas arriba, y en la misma forma se numeran los ramales que llegan al río principal.

Para que el modelo pueda generar un flujo estable, también requiere de condiciones iniciales para cada uno de los tramos, así mismo se le deben de indicar las condiciones de frontera.

Estas condiciones de frontera, para el caso de Aguas Abajo, presentan tres condiciones:

- A) **Descarga con tirante constante.** Se presenta cuando el sistema de colectores desfoga a un embalse o cuerpo receptor que por sus grandes dimensiones su nivel no se ve afectado por las aportaciones del sistema. Otro caso es cuando se descarga a un colector de grandes dimensiones comparado con el colector de descarga.
- B) **Descarga Libre.** Este caso se observa cuando el flujo desfoga con tirante crítico y se presenta cuando se descarga a cualquier cuerpo receptor.
- C) **Descarga a un carcamo de bombeo.** Debe verificarse la siguiente situación: se calcula el tirante crítico, si el nivel en el carcamo es mayor que el tirante crítico se toma como condición de frontera el tirante en el carcamo y viceversa. Las elevaciones en el carcamo obedecen a una curva elevaciones- capacidades, iniciando con un volumen inicial que corresponde al nivel normal de operación y limitado en su volumen final por el nivel máximo de operación (restringido por un vertedor de excedencias), cabe mencionar que cada caso particular tiene una política de operación diferente.

En el caso de la frontera aguas arriba, dependiendo de la intensidad de la precipitación y de las características de la cuenca será el tipo de hidrograma que se construya, cuando la red de alcantarillado descarga a un colector, las uniones se representan por un hidrograma triangular o trapecial. También se puede tener un hidrograma unitario triangular al existir



una cuenca poco urbanizada, en este caso por las características de la cuenca en estudio se determinaron hidrogramas triangulares y trapeciales de acuerdo a las subcuencas que forman el sistema, como se verá en las tablas de los datos que adelante se presentan.

Para el desarrollo de este trabajo de tesis se contó con información obtenida directamente en campo, considerada de buena calidad. De acuerdo a los reportes de encharcamientos se seleccionó el Colector Iztapalapa I ya que es uno de los colectores que presentan problemas de este tipo. Se utilizó información de catastro de la red secundaria de drenaje para delimitar la cuenca seleccionada.

La DGCOH cuenta con una red de estaciones pluviográficas las cuales emiten reportes en tiempo real al del centro de información. Se registran todas las lluvias que se presentan, de las cuales se seleccionó la lluvia del 7 de julio de 1994 ya que se tienen varios reportes de los usuarios afectados por encharcamientos considerables en el área de influencia del colector, como se verá más adelante.

#### ***4.3 CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS HIDRAULICAS INICIALES DEL SISTEMA POR SIMULAR.***

Para la obtención de las condiciones hidráulicas iniciales que requieren los modelos, antes descritos, se realizó el cálculo hidráulico, a continuación se calculan las características geométricas que permiten generar dichas condiciones.

En la obtención de los datos hidráulicos del sistema se contó con la información del catastro de la red secundaria que define el área de influencia. Así mismo para el cálculo del gasto base se utilizó la información de población para la delegación Iztapalapa así como de las dotaciones, de lo cual se tiene:

Dotación de agua potable	163 lt/hab/día
Población de la Del. Iztapalapa para el año 1995	1,623,726 hab.
Area total de la delegación	118.94 km <sup>2</sup> .
Area urbana	104.32 km <sup>2</sup>
Densidad de población	15,564.86 hab/ km <sup>2</sup>

Con esta información se calculó el gasto base de la siguiente forma:

Q de demanda del área por tramo=(Densidad de población)\*(Area urbana parcial por tramo)\*(Dotación)

$$Q_b = (Q \text{ de demanda del área por tramo}) * 80\%$$

De esta forma se calculan los gastos base de los hidrogramas de entrada de cada tramo.

Por otra parte se calculó la pendiente de cada tramo para poder obtener el tiempo de concentración del agua en la cuenca, de la manera siguiente:

$$S=H/L$$

Donde: H = desnivel entre cotas inicial y final.

L = longitud del tramo.

S = pendiente de los conductos

Así mismo se calculó el tiempo de concentración superficial con la fórmula siguiente:

$$t_c = t_1 + t_{cs}$$

donde:  $t_c$  = tiempo de concentración.

$t_1$  = tiempo de traslado del agua por el conducto principal de la red secundaria.

$t_{cs}$  = tiempo de concentración superficial (sólo en áreas no urbanas).

En este caso la cuenca se considera 100% urbana por lo que el tiempo de concentración superficial se anula; por otra parte en áreas urbanas se calcula el tiempo de concentración de la forma:

$$t_c = 15 + t_1$$

donde:  $t_i$  = tiempo de traslado del agua por el conducto principal de la red secundaria y se calcula por la fórmula de Manning.

15 representa el tiempo en minutos que tarda el agua en llegar desde las azoteas de las casas a la red municipal.

Este tiempo de concentración se utilizará para el cálculo de los gastos picos de los hidrogramas de aportación de cada uno de los tramos del colector.

Para el cálculo del tirante inicial que se genera del gasto base de cada tramo, se considera que los gastos de los tramos se acumulan hacia aguas abajo y se calculan por medio de iteraciones y con ayuda de las siguientes fórmulas:

$$Q_b = A_h V_i$$

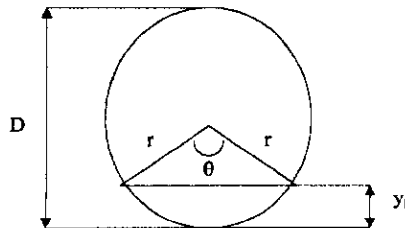
donde

$$V_i = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

en esta fórmula  $R_h$  es el radio hidráulico y  $A_h$  es el área hidráulica, los cuales se calculan por las siguientes fórmulas:

$$R_h = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi\theta} \right) \quad (1)$$

$$A_h = \frac{D^2}{4} \left( \frac{\pi\theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2} \right) \quad (2)$$



Para encontrar  $\theta$  es necesario apoyarse en la figura anterior de donde se tiene lo siguiente:

$$\cos \frac{\theta}{2} = \frac{r - y_i}{r}$$

despejando  $\theta$

$$\theta = 2 \cos^{-1} \frac{r - y_i}{r} \quad (3)$$

si sustituimos 3 en 1 y 2 queda la formula para calcular el radio y el área hidráulica

$$Rh = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \left( 2 \cos^{-1} \frac{r - y_i}{r} \right)}{2\pi \left( 2 \cos^{-1} \frac{r - y_i}{r} \right)} \right)$$

$$Ah = \frac{D^2}{4} \left( \frac{\pi \left( 2 \cos^{-1} \frac{r - y_i}{r} \right) \operatorname{sen} \left( 2 \cos^{-1} \frac{r - y_i}{r} \right)}{360 \cdot 2} \right)$$

y se sustituyen en la formula de continuidad y de Manning respectivamente. Cabe mencionar que estas fórmulas están en función del radio y del tirante inicial  $y_i$  que están definidos por el gasto base que ingresa al inicio en el sistema. De esta forma se calculan los tirantes y velocidades iniciales que se proporcionarán a los modelos para las primeras simulaciones de “calentamiento” y que posteriormente generan los tirantes y velocidades que sirven para la simulación del sistema considerando ya los hidrogramas de entrada y laterales que representan la tormenta analizada.

#### 4.4 ANALISIS HIDROLOGICO.

Para la obtención de los gastos pico de cada hidrograma es necesario obtener los siguientes datos hidrológicos, se analizó la cuenca de aportación al colector en presencia del fenómeno pluviográfico del 7 de julio de 1994. Las estaciones pluviográficas cercanas a la cuenca son:

No.	Nombre	Ubicación
20.	Municipio Libre	Calle Amacuzac y Municipio Libre Col. Ampliación Sinatel. En el interior de las instalaciones de P.B. Municipio Libre DGCOH
28.	Aculco	Av. Río Churubusco y Av. Apatlaco Col. San José Aculco. En el interior de las instalaciones de P.B. Aguas Negras Aculco DGCOH
29	Unidad Ejercito de Oriente	Av. Fijo de Veracruz y Av. Batallón de Zacapoaxtla Col. U. Hab. Ejercito de Oriente. En el interior de las instalaciones de la P.B. Aguas Negras Unid. E. de Oriente. DGCOH
30	La Estrella	Calz. de San Lorenzo Col. U. Hab. San Juan Xalpa. En el interior de las oficinas de la P.T. Cerro de la Estrella. DGCOH
40	Ofic. GAVM Sur	Paseo Sicilia Col. Lomas Estrella. En el interior de las instalaciones de la P.B. de Aguas Negras Chalco DGCOH
53	Sta. Cruz Meyehualco	Reforma Administrativa y Reforma Social Col. Reforma Política. En el interior de las instalaciones de la P. Potabilizadora de Agua Potable Sta. Cruz Meyehualco DGCOH.

Se ubicaron las estaciones pluviográficas en el plano del colector y se procedió a realizar el análisis de la precipitación registrada en cada una de las estaciones empleando el método de los polígonos de Thiessen y el método de las isoyetas que componen las curvas altura de precipitación-área-duración. Estas sirven para determinar el potencial de precipitación que existe en una zona dada.

Con el desarrollo de éste método se tratan de determinar las cantidades máximas de precipitación que se producen en distintas áreas y para diferentes duraciones, a partir de una red de estaciones pluviográficas que registran simultáneamente la precipitación durante una tormenta dada.

Con los datos registrados de la tormenta seleccionada se llevó a cabo el siguiente procedimiento para determinar estas curvas.

- a. Se dibujaron las curvas masa de las estaciones cercanas a la cuenca en estudio, que en este caso fueron:
  20. Municipio Libre.
  28. Aculco.
  29. Unidad Ejercito de oriente.
  30. La Estrella.
  40. Oficinas G.A.V.M. Sur.
  53. Santa Cruz Meyehualco.
- b. Se trazaron los polígonos de Thiessen para las estaciones pluviográficas. Con este análisis se descartaron las estaciones que no tenían influencia en la cuenca y se continuó el análisis con las estaciones:
  28. Aculco.
  30. Cerro de la Estrella.

- c. Se dibujaron las isoyetas correspondientes a la altura de precipitación total de la tormenta, medida en las estaciones pluviográficas.
- d. Se calculó el área encerrada entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca, así como la precipitación media en esa área. Para las isoyetas próximas al parteaguas, el área se consideró como la encerrada entre la isoyeta y el parteaguas.
- e. Se superpuso el plano de isoyetas al de los polígonos de Thiessen y se calculó la porción del área de influencia de cada estación pluviográfica que queda entre cada dos isoyetas.
- f. Se determinó la curva masa media correspondiente al área encerrada por cada isoyeta y el parteaguas, partiendo de la de mayor precipitación, como si ésta fuera una cuenca.
- g. Se seleccionaron diferentes duraciones de interés, en este caso fueron de 15, 30, 60, 90 y 120 minutos.
- h. Para cada duración, se seleccionaron los máximos incrementos de precipitación de las curvas masa calculadas en el inciso (f), de manera que estén situados en intervalos de tiempo contiguo.
- i. Se dibujaron los datos de área, altura de precipitación y duración.

En el desarrollo de los dos métodos para el análisis de la tormenta y su influencia dentro de la cuenca en estudio, el de polígonos de Thiessen y el de Isoyetas, se utilizó la información de los pluviogramas de las estaciones seleccionadas, que a continuación se presenta:

**Alturas de precipitación**  
**Tormenta del 7 de julio de 1995**

Estación	Altura (mm)	Hora de inicio	Hora de término	Altura (mm)	Duración (hrs)
30. Cerro de la Estrella	34.1122	14:43	14:53	5.08	00:10
		15:02	15:03	0.254	00:01
		15:12	15:35	28.0162	00:23
		15:40	14:41	0.254	00:01
		15:45	15:46	0.254	00:01
		16:00	16:01	0.254	00:01
28. Aculco	3.556	15:26	15:49	3.048	00:23
		15:55	15:56	0.254	00:01
		16:10	16:11	0.254	00:01

De acuerdo al proceso descrito se procedió a realizar las curvas masa acumulada de las estaciones, que se muestran en la fig.4.1 así mismo se obtuvieron las tablas de precipitación para las duraciones seleccionadas: 15, 30 y 45 minutos, y con esto se obtuvieron los hietogramas de la tormenta.

**PRECIPITACIONES**

Estación No. 30. Cerro de la Estrella

**Duración en minutos**

HORA	0	15	30	45
14	0	0	0	1.50
15	5.25	9.00	28.20	33.80
16	34.11	34.11	34.11	34.11



Obtención de las intensidades para la estación Cerro de la Estrella en (mm/hr)

$$\begin{aligned}
 i_{15} &= 28.20 - 9.00 = 19.20 & 76.80 \\
 i_{30} &= 33.55 - 5.30 = 28.25 & 56.50 \\
 i_{45} &= 33.80 - 5.25 = 28.55 & 38.07 \\
 i_{60} &= 33.90 - 3.80 = 30.10 & 30.10 \\
 i_{90} &= 34.11 - 1.50 = 32.61 & 21.74 \\
 i_{120} &= 34.11 - 0.00 = 34.11 & 15.055
 \end{aligned}$$

Estación No. 28 Aculco

**Duración en minutos**

HORA	0	15	30	45
15	0	0	0.50	2.50
16	3.37	3.55	3.55	3.55

Obtención de las intensidades para la estación Aculco, en (mm/hr)

$$\begin{aligned}
 i_{15} &= 2.50 - 0.50 = 2.00 & 8.00 \\
 i_{30} &= 3.37 - 0.50 = 2.87 & 5.74 \\
 i_{60} &= 3.55 - 0.00 = 3.55 & 3.55
 \end{aligned}$$

A partir de esta información se calculó la altura de precipitación acumulada, que se presenta a continuación:

**ALTURA DE PRECIPITACION ACUMULADA (mm)**

ESTACION	15 mín.	30 mín.	45 mín.	60 mín.	90 mín.	120 mín.
30. Cerro de la Estrella	0	0	1.50	5.25	28.20	34.11
28. Aculco	0	0	0	0	0.50	3.37

## CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA

Se realizó el cálculo de la precipitación media por medio de tres métodos que a continuación se presentan:

### *Promedio Aritmético.*

Se realizó el cálculo para la duración total de la tormenta de 120 min.  $P_h = 18.74$

### *Polígonos de Thiessen.*

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times a_i}{A}$$

No. De Estación	Area Polígonos	Ph (mm)
Estación 30	3.10	34.11
Estación 28	1.73	3.37
$\Sigma$	4.83	

$$P = \frac{(34.11 \times 3.10) + (3.37 \times 1.73)}{4.83} = \frac{105.741 + 5.8301}{4.83} = 23.10$$

$$P = 23.10 \text{ mm}$$

### *Precipitación Media Isoyetas*

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{P}_i A_i)}{A}$$

ISOYETAS	H <sub>p</sub> (mm)	Area entre isoyetas (km <sup>2</sup> )
30-25	27.5	0.264
25-20	22.5	1.324
20-15	17.5	2.151
15-10	12.5	0.957
10-5	7.5	0.142
Σ		4.838

$$P = \frac{(27.5 \times 0.264) + (22.5 \times 1.324) + (17.5 \times 2.151) + (12.5 \times 0.957) + (7.5 \times 0.142)}{4.83} = 17.98$$

$$P = 17.98 \text{ mm}$$

#### CALCULO PARA LA CURVA MASA MEDIA AJUSTADA.

Para este cálculo se debe considerar la relación que se formara entre el método de los poligonos de Thiessen y el método de Isoyetas, por lo que se requiere de un factor que nos indique precisamente esa relación, el cual se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Factor de Ajuste} \quad \text{Factor} = \frac{17.98}{23.10} = 0.77835$$

Posteriormente se realiza la obtención de las alturas de precipitación para las duraciones de 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos.

$$P_{15} = 0$$

$$P_{30} = 0$$

$$P_{45} = \frac{1.5(3.1) + 0(1.73)}{4.83} = 0.96273$$

$$P_{60} = \frac{5.25(3.1) + 0(1.73)}{4.83} = 3.36957$$

$$P_{90} = \frac{28.20(3.1) + 0.5(1.73)}{4.83} = 18.27847$$

$$P_{120} = \frac{34.11(3.1) + 3.37(1.73)}{4.83} = 23.09961$$

El factor de ajuste obtenido se aplicará a cada uno de los valores de la altura de precipitación media correspondiente al área de influencia de cada estación por polígonos de Thiessen para los valores de cada una de las estaciones involucradas.

*Curva Masa Media Ajustada para la Cuenca*

DURACION (minutos)	PRECIPITACION MEDIA (mm)	FACTOR DE AJUSTE	PRECIPITACION MEDIA AJUSTADA
15	0	0.77835	0
30	0	0.77835	0
45	0.96273	0.77835	0.74935
60	3.36957	0.77835	2.62272
90	18.27847	0.77835	14.22414
120	23.09961	0.77835	17.97970

**CALCULO DE LA CURVA MASA MEDIA AJUSTADA PARA LAS AREAS PARCIALES DE LAS ISOYETAS.**

Este método es similar al de la curva masa ajustada para toda la cuenca, con la diferencia de que en este caso el factor de ajuste se calcula para cada caso, utilizando el área encerrada por cada isoyeta de manera gradual empezando con la de mayor valor, teniendo como límite el partaguas de la cuenca. Los resultados de estos cálculos se muestran en la siguiente tabla:

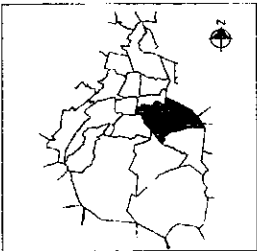
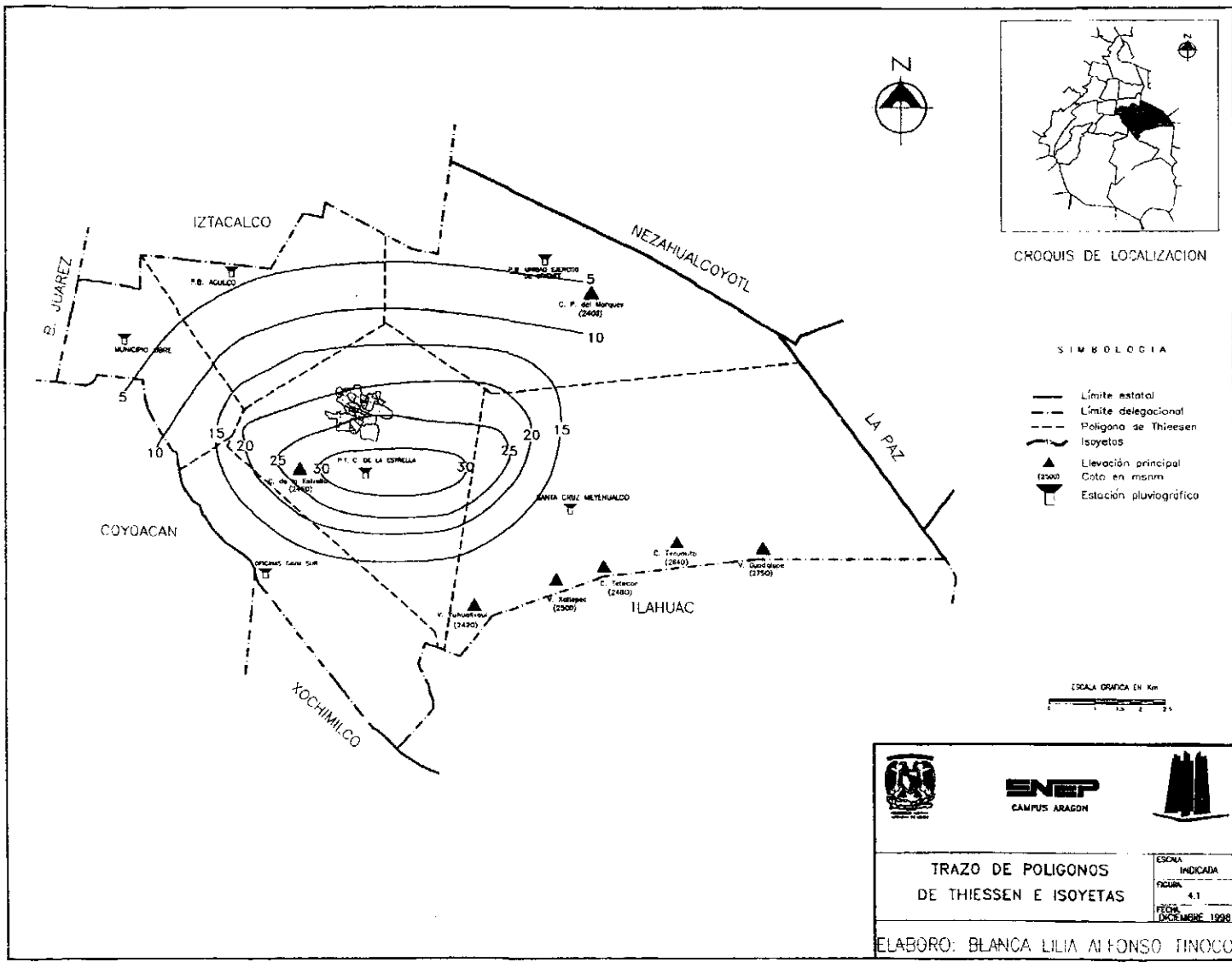
## PRECIPITACION MEDIA-AREA PARA LAS ISOYETAS

1	2	3	4	5	6	7
Isoyetas	Area encerrada (km <sup>2</sup> )	Area parcial (km <sup>2</sup> )	Precipitación media entre Isoyetas (mm)	(3) X (4)	Incremento acumulado de (5)	Precipitación media en mm
25	0.26414	0.26414	27.5	7.26385	7.26385	27.5
20	1.58879	1.32465	22.5	29.804625	37.068475	23.33
15	3.73987	2.15108	17.5	37.6439	74.712375	19.98
10	4.69707	0.95720	12.5	11.965	86.67735	18.45
5	4.83960	0.14253	7.5	1.068975	87.74635	18.13

## TABLA DE VALORES DE ALTURA DE PRECIPITACION-AREA-DURACION

Precipitación (mm)	Precipitación media (mm)	Area total (km <sup>2</sup> )	Descripción	Porcentaje de influencia (%)	Precipitación media Thiessen	Factor de ajuste	Duración					
							15	30	45	60	90	120
25	27.50	0.26414	30. C. De la Estrella	100	34.11	0.806	0	0	1.5	5.25	28.20	34.11
			Curva masa media	100			0	0	1.5	5.25	28.20	34.11
			Curva masa ajustada				0	0	1.209	4.2315	22.729	27.493
20	23.33	1.58879	30. C. De la Estrella	100	34.11	0.684	0	0	1.5	5.25	28.20	34.11
			Curva masa media	100			0	0	1.5	5.25	28.20	34.11
			Curva masa ajustada				0	0	1.026	3.591	19.288	23.331
15	23.33	1.58879	30. C. De la Estrella	82.45			0	0	1.5	5.25	28.20	34.11
			28. Aculco	17.55	28.72	0.696	0	0	0	0	0.5	3.37
			Curva masa media	100			0	0	1.237	4.329	23.339	28.715
			Curva masa ajustada				0	0	0.861	3.013	16.244	19.986
10	18.45	4.69707	30. C. De la Estrella	65.65			0	0	1.5	5.25	28.20	34.11
			28. Aculco	34.35	23.55	0.783	0	0	0	0	0.5	3.37
			Curva masa media	100			0	0	0.9847	3.4466	18.685	23.351
			Curva masa ajustada				0	0	0.7710	2.6987	14.63	18.44
5	18.13	4.8396	30. C. De la Estrella	63.72			0	0	1.5	5.25	28.20	34.11
			28. Aculco	36.28	22.96	0.790	0	0	0	0	0.5	3.37
			Curva masa media	100			0	0	0.9358	3.3453	18.15	22.958
			Curva masa ajustada				0	0	0.7351	2.6428	14.339	18.136

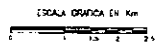
Los datos calculados y obtenidos a partir de este procedimiento se presentan en el siguiente capítulo. Estos datos son los mismos para los dos modelos, sólo cambia la forma de procesamiento de la información para cada uno de los modelos por lo que se presentan de manera distinta, principalmente los hidrogramas.



CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA

- Límite estatal
- - - Límite delegacional
- - - Polígono de Thiessen
- - - Isoyetas
- ▲ Elevación principal  
Cota en msnm
- Estación pluviográfica



**SNEP**  
CAMPUS ARAGON



TRAZO DE POLIGONOS  
DE THIESSEN E ISOYETAS

ESCALA	INDICADA
FIGURA	4.1
FECHA	DICIEMBRE 1998

ELABORO: BLANCA LILIA ALFONSO TINOCO

## V. SIMULACIONES CON DATOS REALES

El objetivo de simular con datos reales es el de observar la confiabilidad de los modelos ya que actualmente no se cuenta con sistemas de mediciones que permitan conocer y verificar el funcionamiento de los mismos. Por este motivo es necesario contar con datos reales que al ser procesados por los modelos de simulación aporten resultados confiables.

Cabe mencionar que los modelos sólo procesan la información que se les ingresa de acuerdo a su programación, y la calidad de los resultados depende en gran porcentaje de la bondad de los datos de entrada.

Para llevar a cabo una comparación cualitativa de los modelos de simulación en cuestión, es necesario contar con un parámetro real que permita verificar el funcionamiento de ambos modelos, en relación al comportamiento que se presentó en este colector; para obtener éste parámetro se consideró a los reportes de encharcamientos que realizaron los usuarios de este colector, de esta forma se seleccionó la tormenta del 7 de Julio. Esta tormenta fue la más representativa de las condiciones desfavorables que se presentaron en la zona de influencia del colector en estudio, debido a que se analizaron estadísticas de los últimos cuatro años considerando los reportes diarios de encharcamientos que registra la DGCOH.

Después de la obtención de los datos reales de este colector en el capítulo anterior, se procede a la generación de los archivos de entrada para los dos modelos matemáticos de simulación. A partir de estos datos se generan los archivos de acuerdo a los requerimientos propios de cada uno de los modelos. Se presentan las tablas 5.1, 5.2 y 5.3, las cuales contienen la información para ambos modelos.

Cabe mencionar que para la comparación de los modelos se analizó únicamente la parte inicial del colector Iztapalapa I; este sistema está dividido en 4 ríos, 2 ríos pares y 2 ríos impares, con un número total de 27 tramos distribuidos como se muestra en las figuras 5.1 y 5.2.

Dentro del objetivo de poder contar con un modelo confiable esta la necesidad de elegir el más adecuado a los problemas de revisión y proyecto de redes primarias de Drenaje por lo cual se determinó que la comparación de ambos modelos se realizará partiendo del hecho de que el modelo TUAVE en el cálculo del tránsito de la avenida utiliza el artificio de la ranura de Preissmann para evitar que el colector entre en carga, ya que se generarían conflictos en el programa mismo, y de forma paralela el método alternativo cambia automáticamente el cálculo identificando el instante en el que el colector entra en carga, es decir, cuando el tirante es igual o mayor que el diámetro. El enfoque del que surge la comparación es el hecho de que en el desarrollo de los modelos matemáticos se busca una similitud de la realidad para estudiar el comportamiento que tienen los colectores ante diversos eventos pluviográficos e hidráulicos, de los cuales se cuenta con registros computarizados, y así poder proponer soluciones que mejoren el funcionamiento en este caso del colector Iztapalapa I, considerando la mejor opción de las diferentes alternativas simuladas.

Estos modelos de simulación tienen diferentes consideraciones para la generación de los archivos de entrada. La numeración del modelo TUAVE se hace de aguas arriba hacia aguas abajo, en cambio la numeración del método alternativo se hace de aguas abajo hacia aguas arriba. Para ambos modelos se tiene el río par I del tramo 1 al 16, el río par II del tramo 25 al 27, el río impar I del tramo 17 al 20 y el río impar II del tramo 21 al 24. Este sistema tiene 3 puntos de interconexión, de donde surge la división en ríos pares e impares ya que por cuestiones de programación un río impar no puede confluir en uno del mismo orden.

Para el modelo TUAVE se proporcionan el armado de los tramos y las condiciones iniciales: velocidad y tirantes iniciales en cada tramo, a partir de los cuales se comienza el “calentamiento” del sistema, es decir se comienza a estabilizar el flujo dentro de los conductos para posteriormente simular la tormenta. También se ingresan las condiciones de frontera de los ríos aguas arriba y aguas abajo, ésta última es la que rige la salida del agua del río ya que durante la simulación no se rebasa el tirante indicado en el tramo final como condición de frontera. Posteriormente se proporciona la descripción de los tramos con áreas



de inundación para finalizar con los hidrogramas de ingreso laterales que son la representación de la tormenta a estudiar.

Se considero que el colector en estudio tiene una descarga a tirante constante para los dos modelos lo que garantiza una igualdad en las condiciones iniciales.

En el método alternativo los hidrogramas de entrada se manejan en forma distinta ya que para comenzar se proporcionan los tiempos en minutos de los hidrogramas, posteriormente se ingresan el gasto base y el gasto pico en cada uno de los tramos. A diferencia del TUAVE, en éste método como condiciones de frontera se tiene la carga de posición y la cota piezométrica inicial, también se ingresa la elevación del terreno natural y el arreglo de los tramos de la red en forma de matriz, a partir de la cual se ingresan la longitud y el diámetro de los mismos.

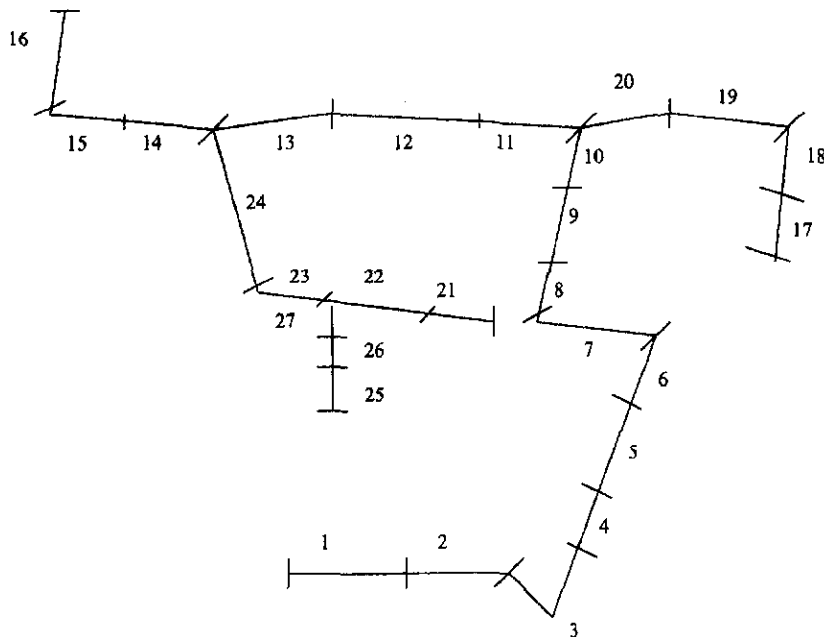


FIG. 5.1. Numeración del Modelo TUAVE

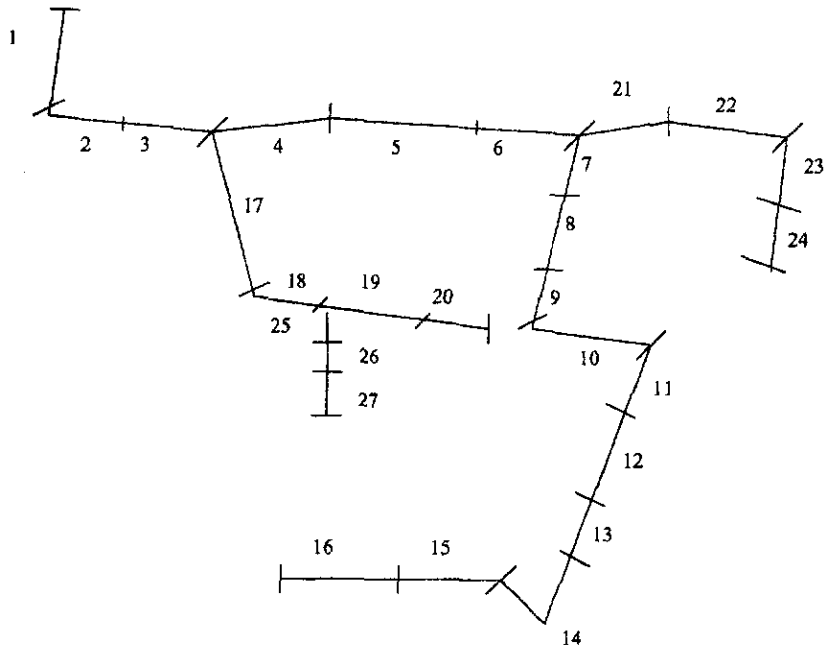


FIG. 5.2. Numeración del Método Alternativo

**TABLA 5.1. DATOS DEL COLECTOR IZTAPALAPA I. MODELO TUAVE**

TRAMO	COTA DE PLANTILLA		COTA DE TERRENO		COTA DE PLANTILLA PROMEDIO	COTA DE TERRENO PROMEDIO	LONGITUD	DIAMETRO	COTA CLAVE	COTA MENOR DEL TERRENO
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL						
1	246.21	242.35	248.81	245.45	243.780	247.130	153.12	0.76	244.540	247.14
2	242.35	241.52	245.45	243.80	241.935	244.525	97.23	0.76	242.695	244.8
3	241.52	240.28	243.80	242.95	240.890	243.275	124.01	0.76	241.650	244.08
4	240.28	238.28	242.95	242.15	239.275	242.550	132.25	0.76	240.035	242.87
5	238.28	238.01	242.15	241.49	238.150	241.820	165.30	0.91	239.060	240.02
6	238.01	237.98	241.49	241.13	237.995	241.310	184.33	0.91	238.895	241.08
7	237.98	236.81	241.13	241.07	237.385	241.100	188.95	0.81	238.285	241.09
8	236.81	236.75	241.07	240.87	236.780	240.970	55.30	0.76	237.540	240.83
9	236.75	236.57	240.87	240.18	236.890	240.525	102.10	0.76	237.420	240.18
10	236.57	235.98	240.18	237.95	236.265	239.065	133.08	0.76	237.025	239.15
11	235.98	235.63	237.95	238.27	236.795	238.110	135.65	0.91	236.705	239.92
12	235.63	235.87	238.27	238.96	236.750	238.485	131.05	0.91	236.680	237.83
13	235.87	235.95	238.96	239.34	235.910	239.000	147.75	0.91	236.820	238.58
14	235.95	236.16	239.34	239.91	236.055	239.625	113.15	0.91	236.965	238.21
15	236.16	236.99	239.91	240.12	236.025	240.015	88.30	0.91	236.935	239.95
16	236.99	235.08	240.12	238.42	235.475	239.770	161.80	1.07	236.545	239.43
17	236.17	237.56	240.90	241.03	237.865	240.985	175.95	0.81	238.475	240.59
18	237.56	236.83	241.03	239.67	237.195	240.350	79.95	0.61	237.805	238.65
19	236.83	236.31	239.67	238.84	236.570	239.255	135.60	0.91	237.480	240.01
20	236.31	236.99	238.84	237.95	236.135	238.395	120.80	0.91	237.045	238.47
21	236.81	237.98	241.07	240.98	237.385	241.025	152.90	0.91	238.295	240.98
22	237.98	237.83	240.98	240.94	237.795	240.960	111.80	0.91	238.705	240.65
23	237.83	237.78	240.94	240.97	237.895	240.955	105.35	0.91	238.605	240.28
24	237.78	235.95	240.97	239.34	236.855	240.155	189.35	0.91	237.785	240.68
25	241.12	239.89	244.34	242.72	240.490	243.530	67.40	0.91	241.400	234.07
26	239.89	239.30	242.72	241.80	238.580	242.180	68.50	0.91	240.490	233.72
27	239.30	237.83	241.80	240.94	238.465	241.270	75.00	0.91	239.375	233.42

TABLA 5.2. DATOS DE LA RED SECUNDARIA Y AREAS DE APORTACION. MODELO TUÁVE

Tramo	Diám.	Long. (Mts.)	Desnivel (Mts.)	Pendientes	Hp (lscy)	Area (Km2)	Velocidad (m/s)	Tt (seg.)	Tc (min.)	Gasto Base (l/día)	Gasto Base (m3/seg.)	Volumen (m3)	Qp (m3/seg)
1	0.3	293.00	8.12	0.02771	27.5	0.0452	2.27741	2.144	17.144	91740.31	0.00106	503.41500	0.40783
2					27.5	0.0111	0.00000		15.000	22488.78	0.00026	123.40350	0.11426
3	0.3	90.00	0.36	0.00400	27.5	0.0094	0.86522	1.734	16.734	16867.85	0.00020	93.10950	0.07726
4	0.3	200.00	1.70	0.00850	27.5	0.0280	1.28127	2.643	17.643	52791.14	0.00061	289.88638	0.22805
5	0.3	582.00	0.80	0.00137	27.5	0.1297	0.50720	19.125	34.125	283248.30	0.00305	14444.53375	5.87901
6	0.3	238.60	0.65	0.00272	27.5	0.0590	0.71403	5.569	20.569	119648.52	0.00138	656.55563	0.44332
7			0.74		23.33	0.0076	0.00000		15.000	15417.19	0.00018	71.77195	0.06646
8	0.3	168.00	1.78	0.01072	23.33	0.0149	1.41682	1.983	16.983	30201.99	0.00036	140.56591	0.11518
9			0.18		23.33	0.0104	0.00000		15.000	21067.42	0.00024	98.07699	0.08061
10	0.3	71.83	0.39	0.00542	23.33	0.0118	1.00734	1.190	16.190	24010.55	0.00026	111.77753	0.08568
11	0.3	60.10	1.65	0.02746	23.33	0.0128	2.29674	0.442	15.442	25634.03	0.00030	119.33645	0.10793
12	0.38	274.28	1.58	0.00569	23.33	0.0627	1.20787	3.784	18.784	127340.82	0.00147	592.80830	0.43831
13	0.45	88.89	0.44	0.00508	23.33	0.0195	1.27713	1.131	16.131	39496.86	0.00046	183.87073	0.15881
14	0.45	174.45	0.77	0.00441	23.33	0.0262	1.19097	2.441	17.441	53238.41	0.00062	247.83809	0.19798
15			0.00		23.33	0.0044	0.00000		15.000	8910.23	0.00010	41.47957	0.03841
16	0.3	66.00	1.27	0.01924	19.98	0.0044	1.89770	0.580	15.580	35640.93	0.00041	35.52344	0.03167
17	0.38	384.32	0.93	0.00242	23.33	0.1111	0.78783	8.130	23.130	225453.78	0.00261	1049.55604	0.83022
18	0.3	167.78	0.36	0.00215	23.33	0.0283	0.63373	4.412	19.412	57439.90	0.00066	267.39680	0.19192
19					23.33	0.0084	0.00000		15.000	16966.34	0.00020	79.98221	0.07313
20	0.38	282.92	2.58	0.00912	23.33	0.0497	1.52939	3.083	18.083	100913.95	0.00117	469.76688	0.36082
21			-0.03		23.33	0.0078	0.00000		15.000	15831.86	0.00018	73.99947	0.06824
22	0.61	369.11	1.16	0.00314	23.33	0.0372	1.23080	4.998	19.998	75401.19	0.00087	351.01735	0.24379
23	0.45	366.68	0.90	0.00245	23.33	0.0179	0.88814	6.881	21.881	36311.18	0.00042	169.03635	0.10730
24	0.38	226.70	1.65	0.00678	23.33	0.0569	1.31848	2.891	17.891	115406.61	0.00134	537.25024	0.41707
25	0.45	572.99	10.14	0.01770	23.33	0.1084	2.38472	4.005	19.005	219974.37	0.00255	1024.04469	0.74889
26	0.3	112.19	1.11	0.00968	23.33	0.0183	1.36076	1.374	16.374	37081.85	0.00043	172.62684	0.14643
27	0.3	82.11	1.18	0.01457	23.33	0.0087	1.63999	0.834	15.834	17676.33	0.00020	82.29774	0.07219

TABLA 5.3. DATOS COLECTOR IZTAPALAPA I. METODO ALTERNATIVO

## TIEMPOS Y GASTOS DE ENTRADA DE LOS HIDROGRAMAS TRAPECIALES EN LOS TRAMOS

TRAMO	CARGA DE POSICION	LOMO DEL TUBO	C. PIEZO. INICIAL	TIRANTE INICIAL	TERRENO NATURAL	TIEMPO EN MIN. DE LOS HIDROGRAMAS DE ENTRADA			GASTO PICO	GASTO BASE	LONG.	DIAM.
						HY	HU	HW				
1	35.475	36.545	35.551	0.078	39.770	15.580	30	51.81	0.032	0.000413	161.80	1.07
2	36.025	36.935	36.114	0.089	1040.015	15.000	30	51.00	0.038	0.000103	88.30	0.91
3	36.055	36.965	36.965	0.910	39.625	17.441	30	54.42	0.197	0.000616	113.15	0.91
4	35.910	36.820	36.513	0.603	39.000	16.131	30	52.84	0.158	0.000457	147.75	0.91
5	35.750	36.660	36.339	0.589	1038.465	18.789	30	56.30	0.438	0.001474	131.05	0.91
6	35.795	36.705	35.869	0.074	38.110	15.442	30	51.82	0.107	0.000297	135.85	0.91
7	36.265	37.025	36.318	0.053	39.065	16.190	30	52.67	0.096	0.000278	133.06	0.76
8	36.660	37.420	36.725	0.065	1040.525	15.000	30	51.00	0.091	0.000244	102.10	0.76
9	36.780	37.540	36.852	0.072	40.970	16.953	30	53.73	0.115	0.000349	55.30	0.76
10	37.385	38.295	37.429	0.044	41.100	15.000	30	51.00	0.068	0.000178	169.95	0.91
11	37.985	38.895	38.077	0.092	1041.310	20.569	30	58.80	0.443	0.001385	184.83	0.91
12	38.150	39.060	38.203	0.053	41.820	34.124	34.124	91.11	0.588	0.003047	165.30	0.91
13	39.275	40.035	39.297	0.022	42.550	17.643	30	54.70	0.228	0.000611	132.25	0.76
14	40.890	41.650	40.911	0.021	43.275	16.734	30	53.43	0.077	0.000196	124.01	0.76
15	41.935	42.695	41.954	0.019	44.525	15.000	30	51.00	0.114	0.00026	97.23	0.76
16	43.780	44.540	43.795	0.015	47.130	17.144	30	54.00	0.408	0.001062	153.12	0.76
17	36.855	37.765	36.891	0.036	40.155	17.891	30	55.05	0.417	0.00133	189.55	0.91
18	37.695	38.605	37.983	0.288	40.955	21.881	30	60.63	0.107	0.00042	105.35	0.91
19	37.795	38.705	37.810	0.015	40.960	19.998	30	58.00	0.244	0.00087	111.80	0.91
20	37.385	38.295	37.449	0.064	41.025	15.000	30	51.00	0.068	0.000183	152.90	0.91
21	38.135	37.045	38.180	0.045	38.395	18.083	30	55.81	0.361	0.00117	120.80	0.91
22	38.570	37.480	38.607	0.037	39.255	15.000	30	51.00	0.073	0.000196	135.80	0.91
23	37.195	37.805	37.227	0.032	40.350	19.412	30	57.18	0.191	0.000685	79.95	0.81
24	37.865	38.475	37.901	0.036	40.965	23.130	30	62.38	0.63	0.00261	175.95	0.81
25	38.485	39.375	38.488	0.023	41.270	15.834	30	52.17	0.072	0.000205	75.00	0.91
26	38.580	40.490	39.809	0.029	42.160	16.374	30	52.92	0.148	0.000429	68.50	0.91
27	40.490	41.400	40.512	0.022	43.530	19.004	30	56.81	0.748	0.002546	67.40	0.91

## VI. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados y su interpretación así como las condiciones en que se realizaron las simulaciones.

Es importante mencionar el tratamiento que se les dio a las pendientes de los tubos, ya que hay que recordar que los modelos en cuestión sólo simulan flujo subcrítico. Por este motivo fue necesario tratar de estandarizar pendientes, es decir, en los sitios cuyas pendientes propiciaran un flujo crítico o supercrítico se redujo la pendiente de los conductos realizando un promedio entre el inicio y el final del tramo, ya que en algunos tramos cercanos al Cerro de la Estrella las pendientes son muy fuertes. Como se sabe la importancia de las pendientes radica en que al tratarse de sistemas que trabajan por gravedad están directamente relacionadas con la velocidad del flujo. Esto no implica que en estos tramos no se presenten insuficiencias en la realidad y que al bajar su pendiente se provoque la misma, por el contrario en los resultados se observa que en estos tramos se alcanza una carga hidráulica sin que derrame el sistema, por lo cual se puede considerar que estos tramos funcionan óptimamente en la realidad.

Los modelos de simulación utilizados reportan en los listados que se encuentran en el anexo, los resultados de las corridas realizadas. Cada uno tiene formatos distintos para presentar las características hidráulicas simuladas de cada tramo que conforman el colector Iztapalapa I.

El modelo TUAVE presenta al final del listado un resumen de las cargas y gastos máximos que cada tramo presentó durante la simulación así como la distribución de volúmenes en el sistema y la distribución de derrames en aquellos tramos en los que los niveles rebasaron el nivel del terreno. Cabe mencionar que estos datos son los máximos considerados a través del tiempo que duró la simulación por lo que los perfiles que se presentan mas adelante se consideran en el tiempo que alcanzaron su mayor nivel en el conducto por lo que su interpretación es sencilla y fácil de graficar. El Método Alternativo no presenta un resumen final en el listado de resultados por lo que se hace necesario revisar en cada intervalo de impresión los datos arrojados por el modelo; estos datos se conforman por la carga

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

hidráulica, el gasto y tirante de cada tramo, el tirante crítico que se haya presentado en todo el sistema, gastos de entrada a los tramos y finalmente reporta un porcentaje de derrame en tramos conflictivos. Estos datos los proporciona el modelo a cada intervalo de impresión y para observarlos es necesario ver o consultar la pantalla en cada intervalo de tiempo dificultando la interpretación de los resultados. Una de las condiciones necesarias para saber que cualquier modelo está funcionando en óptimas condiciones hidráulicas es la de comprobar que los modelos cumplan con la fórmula de continuidad en cualquiera de sus tramos, por lo cual durante el análisis se observó que el modelo alternativo no cumple con esa condición.

Aunado a lo anterior, la forma en que el método Alternativo presenta los resultados provoca problemas para su interpretación, primeramente no se puede constatar si el sistema al inicio de la tormenta ha alcanzado un flujo permanente ya que la impresión de los resultados inicia después del tiempo de calentamiento. En el caso del resultado de porcentaje de derrames no se menciona el procedimiento por el cual se obtuvo dicho porcentaje y con respecto a que variable se obtiene, si es que se considera a todo el volumen de agua que entra al sistema o lo que se transita parcialmente en los tramos. Tampoco reporta las velocidades que son importantes para observar el flujo y analizarlo de forma más completa. A diferencia del Alternativo, el modelo TUAVE presenta en los resultados el gasto que transita, el gasto de la avenida, tirante y velocidades, con lo que se obtiene un análisis más amplio.

También es conveniente mencionar que el agua que derrama el sistema en el modelo TUAVE no regresa al mismo, por lo que se considera que se pierde. En forma inversa el agua que transita el método Alternativo nunca sale del sistema ya que considera los conductos totalmente cerrados.

## VII. COMPARACIÓN DE LOS MODELOS

La comparación de los algoritmos de solución de los modelos queda fuera de los alcances de este trabajo, sólo se realiza un análisis comparativo de los resultados de ambos modelos para generar una interpretación física que pueda relacionarse cualitativamente con los problemas reales.

Hay algunas características de los modelos que se deben observar antes de realizar la comparación cualitativa y que se enlistan a continuación:

TUAVE	MÉTODO ALTERNATIVO
<i>Programación</i>	
* Escrito en FORTRAN	* Escrito en BASIC
* Programación Estructurada	* Programado para un caso muy específico
* Se puede simular un número grande de tramos	* La versión original sólo funciona para 25 tramos
* Rutina de Lectura independiente	* Los datos se ingresan directamente en el programa - Se modificó la generación de la matriz del armado de los tramos - También se cambió la rutina para la generación de los hidrogramas y de la lectura del gasto pico
<i>Hidráulica</i>	
* Simula el colector a la presión atmosférica para lo cual utiliza el artificio de la ranura de Preissmann logrando siempre un flujo subcrítico	* Cambia automáticamente las ecuaciones para poder simular el colector en carga de presión
* Las condiciones de frontera pueden simular tres situaciones: tirante constante, descarga libre y descarga a un cárcamo de bombeo.	* No maneja condiciones de frontera para cada río, considerando a la cota piezométrica inicial como condición de frontera
* En los resultados presenta cargas máximas	* No se puede verificar el calentamiento del sistema en el listado de resultados
* Da volumen de derrame	* Da porcentaje de volumen de derrame
	* Sólo maneja un coeficiente de rugosidad para todos los tramos
* Considera áreas de inundación de acuerdo a las áreas de aportación.	* Presenta en pantalla un hidrograma de gasto de entrada y gasto de salida.
* El modelo no reingresa el agua que sale del sistema por derrame, por lo que el agua que sale del sistema se pierde.	* El modelo no permite derrames, sólo considera las cargas mayores al nivel de terreno, por lo que el agua del sistema no se pierde.



Con este punto de partida, se logró observar el comportamiento de ambos modelos ante el mismo evento pluviográfico y con las mismas condiciones iniciales y de operación del sistema. Es así como al realizar la comparación se observa que el método alternativo siempre muestra cargas menores a las del modelo TUAVE; en los reportes de inundaciones de los resultados del modelo TUAVE, éste se acerca más a los encharcamientos reales ya que el método alternativo al reportar menores cargas no alcanza el nivel del terreno en la mayoría de los casos.

Se puede decir que el método alternativo realiza simulaciones conservadoras debido al tránsito de las avenidas a presión dentro de los colectores, este cambio de ecuaciones provoca que el flujo aumente su velocidad y salga rápidamente del sistema. La salida está directamente regida por la condición de frontera aguas abajo que se le proporcione, en este caso se utilizó la misma frontera con tirante constante y el flujo no rebasa en ningún momento de la simulación este tirante, como se había mencionado.

De la gráfica comparativa del Río Par I, se puede observar que en los tramos 9 al 16 el comportamiento en los niveles alcanzados por el agua en los dos modelos son similares diferenciándose por el método alternativo ya que los niveles son menores, considerando que con el modelo TUAVE en los tramos 3,6,10,11,12 y 13 el agua rebasa el nivel de la calle, mientras que con el método alternativo sólo lo rebasa en el punto 11. La similitud en los tramos cargados se presenta aguas abajo del río, sin embargo aguas arriba se da el caso contrario ya que a partir del tramo No. 9 los niveles máximos alcanzados por el modelo TUAVE son mayores que los del método alternativo e incluso muy diferentes debido a que mientras el TUAVE reporta carga el alternativo no rebasa en algunos de sus tramos la clave del tubo. Por esta razón se tiene la necesidad de comprobar dichas diferencias y determinar la confiabilidad de ambos modelos; para esta comprobación se utilizó un parámetro real, antes mencionado, que se representa en el plano como reportes de encharcamientos.

Al observar la información citada se determinó que sólo se reportaron encharcamientos en el tramo 4, 6 y 7, lo que coincide con los niveles del modelo TUAVE al principio del Río Par I, sin embargo el derrame que se observa en el perfil en esa zona no es tan grande como

en los tramos 10, 11 y 12 de los cuales no se obtuvo ningún reporte de usuarios; también se puede observar que el Método Alternativo *no coincide con dichos reportes en la zona* y al contrario presenta niveles inferiores incluso dentro del tubo.

Posteriormente se analizó la gráfica del río Impar I, aquí se encontró un comportamiento de perfiles muy similar entre ambos modelos en los tramos 17, 18 y 19; en el tramo 20 el método alternativo cambia significativamente su comportamiento, cabe mencionar que éste tramo se conecta con el río principal en el tramo número 11, y este aumento puede ser debido a la carga que ya transita por el principal ya que están prácticamente a la misma cota. Con referencia a los encharcamientos se reportaron sólo en el tramo 18 y en la gráfica se observa derrame en el tramo 17, 18 y 20. El derrame de las simulaciones en el tramo 18 es ligeramente arriba del nivel del terreno, nuevamente en el tramo 20 el derrame es más considerable y no se tienen reportes de encharcamiento en la zona.

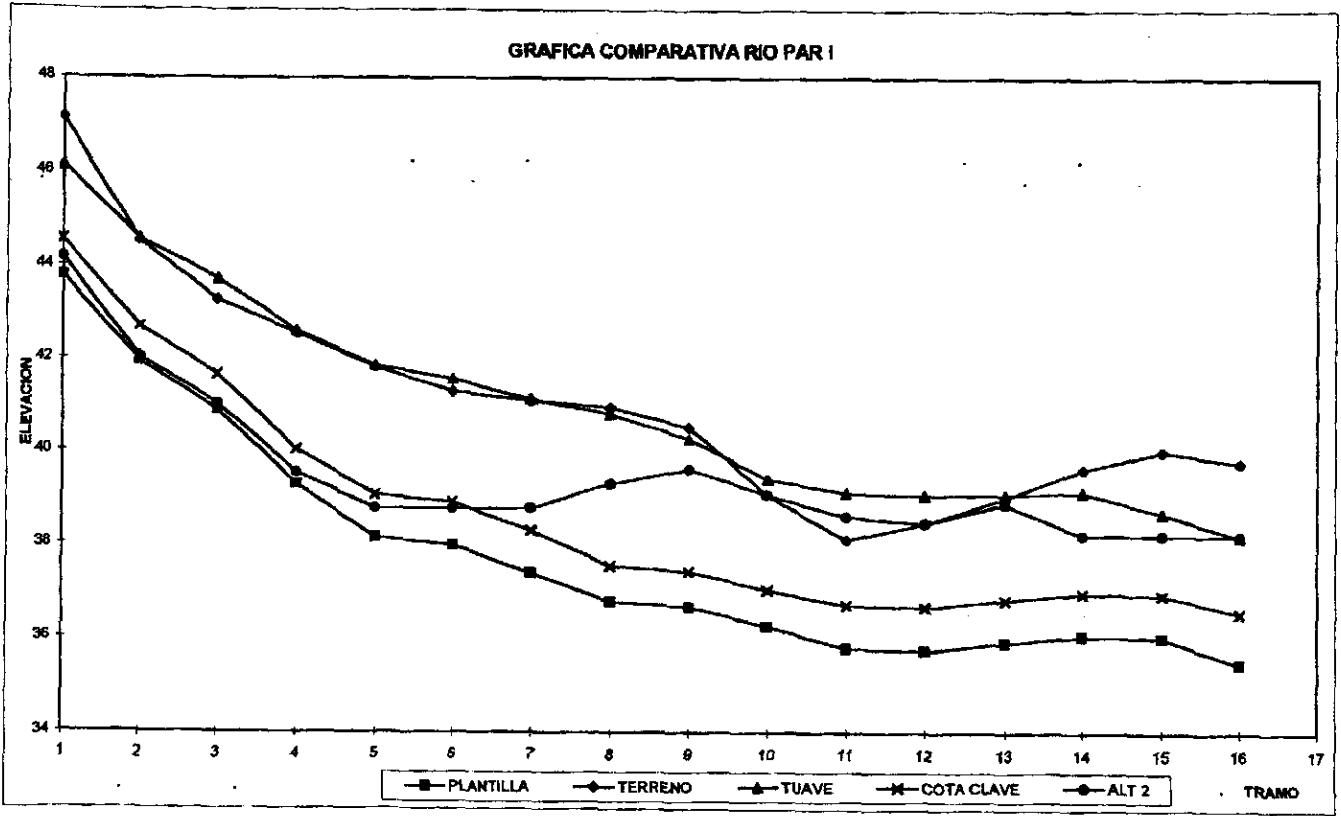
En la gráfica del río Impar II se observa primeramente que la pendiente del tubo es irregular ya que del tramo 21 al 22 está en contrapendiente, del 22 al 23 tiene una pendiente muy ligera y del 23 al 24 ésta se incrementa. En esta gráfica no hay derrames en los primeros tres tramos y en el último tramo el modelo TUAVE alcanza ligeramente el nivel del terreno. El comportamiento del método Alternativo continúa siendo muy conservador, lo que se refleja en la misma al estar muy por debajo del perfil del modelo TUAVE. En esta zona no hay reportes de usuarios lo que indica que los perfiles tienen una similitud relativa con la realidad.

Finalmente, en la gráfica comparativa del río Par II, los derrames se presentan en el perfil del modelo TUAVE en los tramos 26 y 27, el método Alternativo comienza con un tirante alto en el tramo 25 y disminuye la carga hasta llegar casi al nivel de la plantilla en el tramo 27, el cual es el tramo que descarga en el tramo 23 del río Impar II. Los reportes de encharcamientos en este río se sitúan en el área de influencia del tramo 25, el cual no presenta problemas en ninguno de los dos modelos.

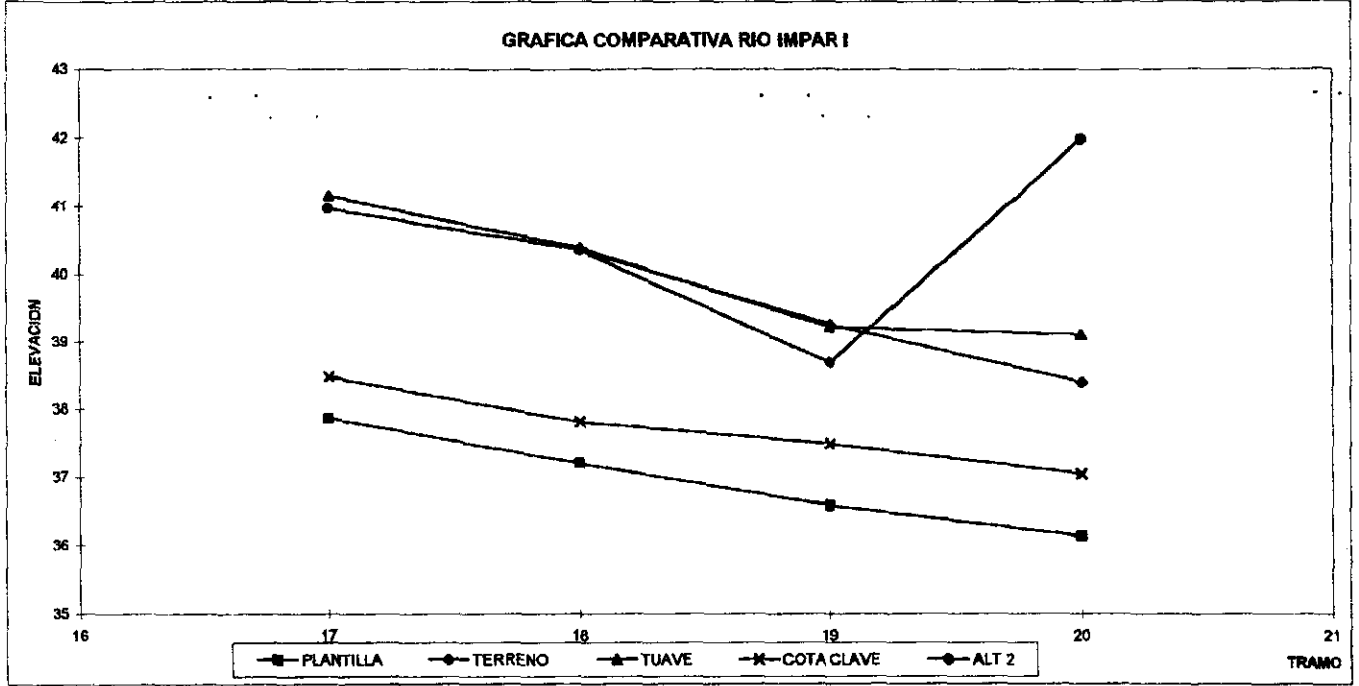
Es importante tener conocimiento del hecho de que no todos los encharcamientos son reportados por los usuarios, y que la mayoría de los mismos son provocados por problemas en la red secundaria, el análisis de dichos problemas queda fuera del alcance de este trabajo ya que los modelos utilizados simulan el tránsito de avenidas solo en colectores. Estos reportes fueron considerados de acuerdo al área de influencia de cada tramo, dicha área se determinó con la planimetría de la red secundaria con que cuenta la DGCOH, y se tomaron como parámetro real ya que están ubicados dentro del área de aportación al sistema.

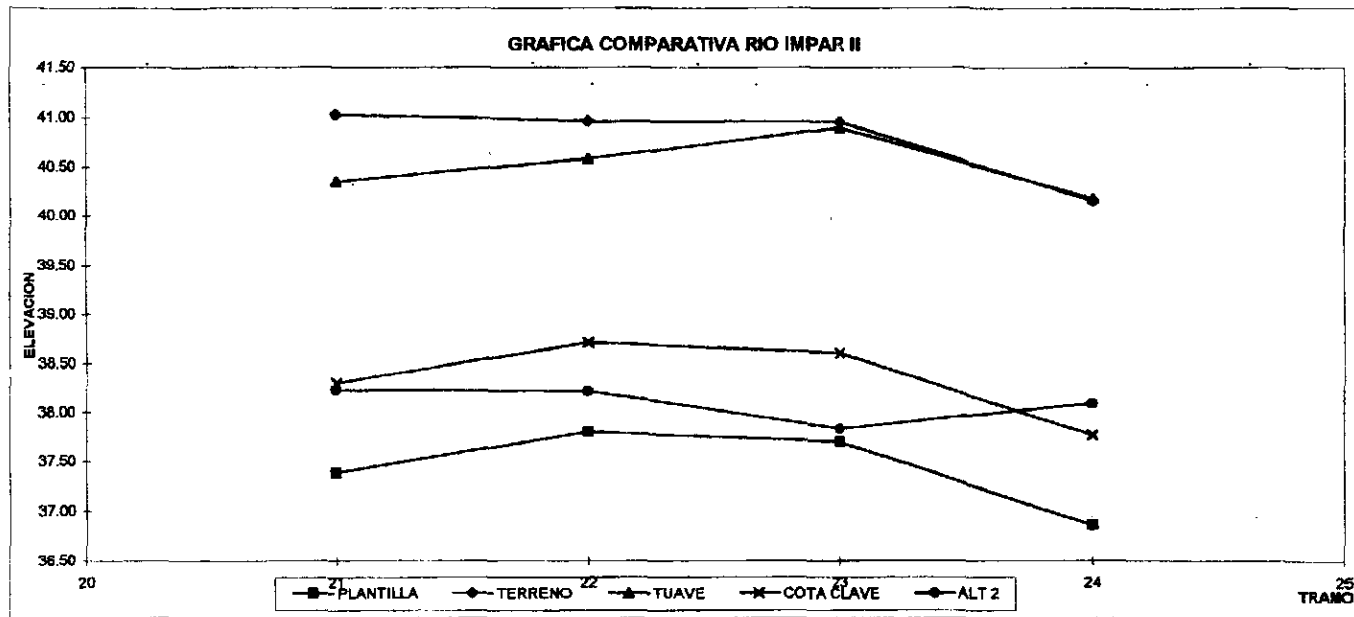
Los reportes de encharcamientos que se tomaron como parámetro, se ilustran en los planos 1 y 2, dentro del área de influencia del colector en estudio. A partir de los mismos se procederá a realizar la comparación cualitativa de ambos modelos que se presenta en el siguiente capítulo. A continuación se presentan las gráficas comparativas de los cuatro ríos en que se subdividió al sistema. Cabe mencionar que para realizar las gráficas fue necesario estandarizar la numeración de los tramos del sistema con ambos modelos, adoptándose el sentido de numeración del modelo TUAVE; dichos tramos quedan como sigue:

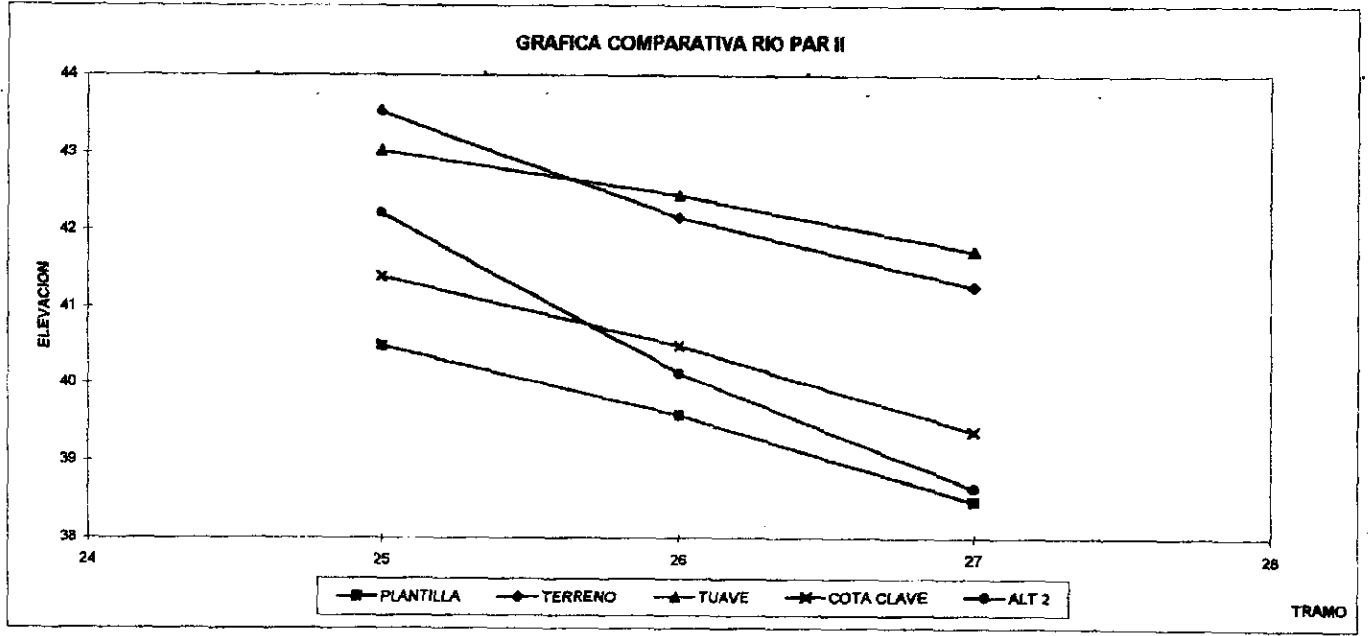
TUAVE	ALTERNATIVO	TUAVE	ALTERNATIVO
1	16	15	2
2	15	16	1
3	14	17	24
4	13	18	23
5	12	19	22
6	11	20	21
7	10	21	20
8	9	22	19
9	8	23	18
10	7	24	17
11	6	25	27
12	5	26	26
13	4	27	25
14	3		



GRAFICA COMPARATIVA RIO IMPAR I







## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término de éste trabajo de tesis se llegó a las siguientes conclusiones.

No se puede comprobar si el algoritmo de solución del método Alternativo es adecuado para las condiciones reales que existen en los colectores del Sistema de Drenaje, ya que no se pudieron realizar simulaciones con sistemas más grandes que proporcionaran mayores datos con los que se realizara un análisis más completo y representativo del funcionamiento de éste modelo.

Basándose en los resultados obtenidos se concluye que el modelo TUAVE reporta un mejor funcionamiento en el tránsito de la avenida tomando como referencia a los reportes de encharcamientos.

No es recomendable el uso del método Alternativo por la dificultad en la captura de datos de ingreso así como en la interpretación de los resultados, ya que además de que es necesario revisar la primera parte del programa para ingresar los datos correspondientes también se debe poner especial cuidado después de la generación de la matriz de interconexiones ya que el orden de los datos posteriores varía de acuerdo a dicha matriz.

Considerando que el modelo alternativo transita la avenida simulando un conducto cerrado, debiese presentar cargas más altas que el modelo TUAVE pero sucede lo contrario alejándose de los resultados reales (encharcamientos), por lo que no se considera como buena la simulación.

Para lograr realizar cambios al algoritmo del modelo Alternativo es necesario tener conocimientos más amplios en hidráulica y programación por lo que no me fue posible modificar el modelo.



A pesar de que el modelo Alternativo ya había sido utilizado en simulaciones con sistemas pequeños no se ha generalizado su utilización por este motivo se considera que está en una etapa inicial, aunque la base teórica esté bien fundamentada para la representación del fenómeno transitorio.

### ***Recomendaciones.***

Se requiere que el modelo TUAVE sea calibrado de manera cuantitativa con mediciones en la cuenca estudiada y aforos en los conductos trabajando a tiempo real para obtener mejores resultados.

Actualmente en el mercado existen otros modelos de simulación que podrían brindar una comparación más exacta ya que han sido utilizados en diferentes partes del mundo. Esto nos daría un parámetro más confiable de comparación tanto cuantitativa como cualitativamente.

Para que el modelo alternativo pueda ser funcional es necesario que se revise su programación a fin de generalizarla para sistemas mayores y así como comprobar sus resultados de manera más amplia. Esto brindaría un mejor criterio de comparación y elección del modelo a utilizar.

Se recomienda que el modelo TUAVE siga siendo utilizado ya que a pesar de que los resultados son aproximados, proporcionan una idea más cercana a la realidad para el tránsito de avenidas que si se analizara en forma estática o para flujo uniforme.

Se recomienda que el modelo alternativo cuente con un manual de manejo para su correcta utilización ya que el personal que desarrollo el método matemático de solución o algoritmo desconoce el procedimiento específico de la programación.

Por último, con lo anterior no se pretende concluir que el modelo Alternativo debe ser descartado para su utilización, pero si deben considerarse los comentarios antes realizados para que posteriormente este modelo sea utilizado ampliamente en trabajos específicos, y que el conocimiento del mismo y su teoría sea difundida en mayor medida.

## BIBLIOGRAFIA

1. Manual para el uso del programa TUAVE, IDESA S.A.. elaborado para la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.
2. Sistema Hidráulico del Distrito Federal. Cronología. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, México D.F. 1994.
3. Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal. Tomos I, II, III y IV México 1975. Editado por la Secretaría General de Obras y Servicios del Departamento del Distrito Federal.
4. Método Alternativo para transitar avenidas en colectores urbanos. Tesis de Maestría, Instituto de Ingeniería UNAM.
5. Manual de Hidráulica Urbana, tomo I, II y III. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, septiembre 1982.
6. Hidráulica General tomo I, Fundamentos, Ing. Gilberto Sotelo Avila. México 1982.
7. Apuntes de Hidráulica II, Ing. Gilberto Sotelo Avila. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.
8. Sistema de Drenaje Profundo, Secretaría de Obras y Servicios, Dirección General de Obras Hidráulicas.
9. Apuntes de Hidrología Aplicada a la Ingeniería, División de Educación Continua UNAM, junio 1988.
10. Demostración de la Efectividad de un programa para el tránsito de avenidas en un sistema de colectores con datos medidos. Tesis Profesional Ma. Telma Lúz Caroz García, Facultad de Ingeniería UNAM 1981.
11. Revisión del colector Iztapalapa 1 por medio de un modelo matemático de simulación denominado Tránsito de Avenidas en Colectores (TUAVE). Tesis Profesional Rubén Pineda Migueles, ENEP Aragón, México D.F. 1997.

PROGRAMA.4  
program tuave

Realiza el Transito de Avenidas por Tubos de Drenaje  
considera el almacenamiento en areas de inundacion  
Hecho en el Instituto de Ingenieria de la U.N.A.M.  
version 1990.

```
character*15 infil,oufil
character*4 tit,comen
common/todo/d(300,4),m(300,3),an(300),ar00(300),tirin(300),
    velin(300),deltpl,i,n
common/lech/tpo(300,11),qaven(300,11),nump(300),ntini(300)
    ,ntinp(300),nunim(300),nunpa(300),ntfii(300),ntfip(300)
    ,ntmax(300),tit(300,5),comen(20),ntins,ninc,ntotr,nriop,
    nrroi,111,111,jjj,impres,tcad,ivac,volpo
common/pqtl/t1(300,11),vol(300,11),q1(300,11),n1(300),vinic(300),
    p(300),q(300),t(300),w(300),yefro(300),zfro(300)
common/gahl/tpq(300,11),qqa(300,11),nqp(300),nu(300),nticon(300),
    nul(300),adtpo
common/pqfl/c(300),fac1(300),fac2(300),r(300),radi(300),nf
common/earl/elev1(300),elevi(300)
common/erce/nar,qy
common/acle/el(300,3),cap(300,3),npun(300),volin(300),altu
common/arel/ele,gasta
common/area/gasto(300)
common/pqal/qy2(300),qfro(300),ntipo(300)
common/pqfs/b,j
common/pags/qr(300)
common/sega/num
common/fags/mm
dimension y(300),v(300),x1(300),y1(300),qmax(300)
write(*,'(a,$)')' Archivo de Entrada ?'
read(*,'(15a)')infil
write(*,'(a,$)')' Archivo de Salida ?'
read(*,'(15a)')oufil
open(5,file=infil,status='old')
open(6,file=oufil,status='new')
```

#### Lectura de Datos

```
call init
call lectu
close(5)
write(*,'(a)')' ** Termine de Leer ** '
do 5 i=1,101
y(i)=0.0
v(i)=0.0
x1(i)=0.0
5 y1(i)=0.0
do 6 i=1,ntotr
qmax(i)=0.
6 continue
nvue=0
adtpo=0.
volco=0.
vsgal=0.
vder=0.
ktk=0
nintc=tcad*60./deltpl
```

```
do 370 ktpo=1,ntins  
adtpo=adtpo+deltp  
nvue=nvue+1  
ktk=ktk+1
```

### Rios Impares

```
if(nrtoi)180,180,10  
10 do 20 i=111,jjj  
n=ntini(i)  
nf=nunim(i)  
call facto  
20 continue  
do 30 i=111,jjj  
n=ntini(i)  
nf=nunim(i)-1  
call pqtw  
30 continue  
do 90 i=111,jjj  
n=ntfii(i)  
nt=nunim(i)-1  
j=m(n,1)  
do 33 j1=1,nump(i)  
x1(j1)=tpo(i,j1)  
33 y1(j1)=qaven(i,j1)  
call inter(adtpo,x1,nump(i),y1,e)  
gasto(i)=e
```

### Tirantes y Velocidades

```
y(n)=q(n)+(fac2(n)*gasto(i))/(1.+fac2(n)*t(n)*ar00(n))  
if(nticon(n).ge.0)go to 35  
nfro=-nticon(n)  
y(n)=y(nfro)  
35 v(n)=w(n)-(t(n)*y(n))  
do 80 k=1,nt  
y(j)=q(j)-(p(j)*v(n))  
if(nt-k)40,40,60  
40 go to (50,60,50)ntipo(i)  
50 v(j)=0.  
go to 70  
60 v(j)=w(j)-(t(j)*y(j))  
70 n=j  
j=m(n,1)  
80 continue  
90 continue  
do 110 i=111,jjj  
n=ntini(i)  
k=nunim(i)-1  
velin(n)=v(n)  
tirin(n)=y(n)  
if(y(n).gt.tmax(n))tmax(n)=y(n)  
do 100 ll=1,k  
j=m(n,2)  
tirin(j)=y(j)  
if(y(j).gt.tmax(j))tmax(j)=y(j)  
velin(j)=v(j)  
n=j  
100 continue  
110 continue
```

```

imprime para rios impares

l=0
do 118 i=111,jjj
n=ntfii(i)
nt=nunim(i)
vel=-velin(n)
gav=ar00(n)*vel
if(abs(gav).gt.qmax(n)) qmax(n)=abs(gav)
if(ktpo.ne.nintc) go to 112
yn=tirin(n)
if(yn.lt.0) yn=-yn
if(yn.ge.d(n,4)) go to 112
yn=d(n,4)-yn
volco=volco+0.9*yn**1.3*d(n,4)**0.7*d(n,2)
12 n=m(n,1)
do 117 kt=2,nt
j=m(n,1)
veli=-velin(n)
ga=ar00(n)*veli
if(abs(ga).gt.qmax(n)) qmax(n)=abs(ga)
if(ktpo.ne.nintc) go to 117
yn=tirin(n)
if(yn.lt.0) yn=-yn
if(yn.ge.d(n,4)) go to 117
yn=d(n,4)-yn
volco=volco+0.9*yn**1.3*d(n,4)**0.7*d(n,2)
17 n=j
18 continue
if(ktpo.lt.impre) go to 180
if(nvue-ninc) 180,120,120
20 if(ivac.eq.0) go to 131
write(6,500)
if(ktpo.lt.impre) go to 131
do 130 il=1,ntotr
if(m(il,3).eq.0) go to 130
m1=m(il,3)
130 write(6,510)m1,volin(m1),elevi(m1)
131 adt=adtpo/3600.
write(6,515)comen
write(6,520)adt
32 format(' TIEMPO DE IMPRESION >>>>>>>>>> ',f10.2)
do 170 i=111,jjj
n=ntfii(i)
nt=nunim(i)
l=l+1
write(6,530)l,(tit(i,l1),l1=1,5)
write(6,540)
vel=-velin(n)
gav=ar00(n)*vel
write(6,550)n,tirin(n),vel,ar00(n),gav,qy2(n),gasto(i)
n=m(n,1)
do 170 kt=2,nt
j=m(n,1)
veli=-velin(n)
ga=ar00(n)*veli
if(nt-kt) 140,140,160
140 go to (150,160,150)ntipo(i)
150 ga=-qfro(i)

```

```

160 write(0,350,n,call(n),call(n),call(n),call(n),call(n),call(n))
n=j
170 continue

Rios Pares

180 if(nriop)350,350,190
190 do 200 i=1,nriop
n=ntinp(i)
nf=nunpa(i)
call facto
200 continue
do 210 i=1,nriop
n=ntinp(i)
nf=nunpa(i)-1
call pqtw
210 continue
do 260 i=1,nriop
n=ntfip(i)
nt=nunpa(i)-1
j=m(n,1)
do 213 j1=1,nump(i)
x1(j1)=tpo(i,j1)
213 y1(j1)=qaven(i,j1)
call inter(adtpo,x1,nump(i),y1,gasto(i))

Tirantes y Velocidades

y(n)=q(n)+(fac2(n)*gasto(i))/(1.+fac2(n)*t(n)*ar00(n))
if(nticon(n).ge.0)go to 215
nfro=-nticon(n)
y(n)=y(nfro)
215 v(n)=w(n)-(t(n)*y(n))
do 260 k=1,nt
y(j)=q(j)-(p(j)*v(n))
if(nt-k)220,220,240
220 go to (230,240,230)ntipo(i)
230 v(j)=0.
go to 250
240 v(j)=w(j)-(t(j)*y(j))
250 n=j
j=m(n,1)
260 continue
do 280 i=1,nriop
n=ntinp(i)
k=nunpa(i)-1
velin(n)=v(n)
tirin(n)=y(n)
if(y(n).gt.tmax(n))tmax(n)=y(n)
do 280 ll=1,k
j=m(n,2)
tirin(j)=y(j)
velin(j)=v(j)
if(y(j).gt.tmax(j))tmax(j)=y(j)
n=j
280 continue

imprime rios pares

l=0

```

```

n=ntfip(i)
nt=nunpa(i)
vel=-velin(n)
gav=ar00(n)*vel
if(abs(gav).gt.qmax(n)) qmax(n)=abs(gav)
if(ktpo.ne.nintc) go to 282
yn=tirin(n)
if(yn.lt.0) yn=-yn
if(yn.ge.d(n,4)) go to 282
yn=d(n,4)-yn
volco=volco+0.9*yn**1.3*d(n,4)**0.7*d(n,2)
282 n=m(n,1)
do 288 kt=2,nt
j=m(n,1)
veli=-velin(n)
ga=ar00(n)*veli
if(abs(ga).gt.qmax(n)) qmax(n)=abs(ga)
if(ktpo.ne.nintc) go to 284
yn=tirin(n)
if(yn.lt.0) yn=-yn
if(yn.ge.d(n,4)) go to 284
yn=d(n,4)-yn
volco=volco+0.9*yn**1.3*d(n,4)**0.7*d(n,2)
284 n=j
288 continue
290 continue
if(ktpo.lt.impre) go to 350
if(nvue-ninc) 350,300,300
300 do 340 i=1,nriop
n=ntfip(i)
nt=nunpa(i)
l=l+1
ll=l+nrioi
write(6,530)ll,(tit(i,ll),ll=1,5)
write(6,540)
vel=-velin(n)
gav=ar00(n)*vel
write(6,550)n,tirin(n),vel,ar00(n),gav,qy2(n),gasto(i)
n=m(n,1)
do 340 kt=2,nt
j=m(n,1)
veli=-velin(n)
ga=ar00(n)*veli
if(nt-kt) 310,310,330
310 go to (320,330,320)ntipo(i)
320 ga=-qfro(i)
330 write(6,550)n,tirin(n),veli,ar00(n),ga,qy2(n),qr(n)
n=j
340 continue
350 if(nvue-ninc) 370,360,360
360 nvue=0
370 continue
c
c
do 375 i1=1,ntotr
if(m(i1,3).eq.0) go to 375
m1=m(i1,3)
vsal=vsal+volin(m1)
if(volin(m1).gt.cap(m1,2)) vder=vder+(volin(m1)-cap(m1,2))

```

Imprime Tirantes Maximos

```

write(6,555)comen
write(6,560)
if(nrnci)410,410,380
380 do 390 i=111,jjj
n=ntfii(i)
nt=nunim(i)
do 390 kt=1,nt
j=m(n,1)
write(6,570)n,tmax(n),qmax(n)
n=j
390 continue
410 if(nrriop)440,440,420
420 do 430 i=1,nriop
n=ntfip(i)
nt=nunpa(i)
do 430 kt=1,nt
j=m(n,1)
write(6,570)n,tmax(n),qmax(n)
n=j
430 continue
440 continue
verss=vsal-vder
valtm=verss+volco
write(6,580) volpo,verss,volco,vder,valtm
write(6,555) comen
write(6,590)
do 450 il=1,ntotr
if(m(il,3).eq.0) go to 450
m1=m(il,3)
if(volin(m1).le.cap(m1,2)) go to 450
voderec=volin(m1)-cap(m1,2)
porde=(voderec)*100./vder
write(6,595) m1,porde,voderec
450 continue
500 format(//,34x,'AREA ASOCIADA DER.',5X,'VOLUMEN ACUMULADO',5X,
'ELEVACION',/)
510 format(41X,I3,12X,F13.3,7X,F13.3)
515 format(//,18x,20a4)
520 format(///,45x,'TIEMPO',2X,F10.2,2X,'HORAS')
530 format(//,47x,'RIO',I3,4X,5A4)
540 format(/,5x,'TRAMO',5X,'TIRANTE',5X,'VELOCIDAD',5X,'AREA',5X,
'GASTO SALIDA',5X,'GASTO SALIDA AREA',5X,'GASTO AVENIDA',/,17X,
'(M)',9X,'(M/S)',7X,'(M2)',8X,'(M3/S)',8X,'INUNDACION (M3/S)',
.9X,'(M3/S)',/)
550 format(5x,i3,3x,f10.3,3x,f10.3,2x,f10.3,2x,f10.3,10x,f10.3,10x,
.f10.3)
555 format(//,18x,20a4)
560 format(//,38x,'C A R G A S Y G A S T O S M A X I M O S',
.///,41x,'TRAMO No',7x,'CARGA (M)',5x,'GASTO (M3/SEG)',/)
570 format(44x,i3,10x,f7.2,10x,f7.3)
580 format(//,39x,'DISTRIBUCION DE VOLUMENES EN EL SISTEMA. EN M3'
.///,2x,'REG. NOMINAL SIST. SEC.',4x,'REG. EFECTIVA SIST. SEC.'
.3x,'REG. COLEC. PPALES.',10x,'D E R R A M E',7x,
'VOL. ALMAC. TEMPORALM.',/,4(f12.2,14x),f12.2)
590 format(//,40x,'DISTRIBUCION DE DERRAMES EN EL SISTEMA',/,34x,
'TRAMO No',5x,'PORC. C/R DERR. TOTAL',4x,'VOLUMEN (M3)',/)

```



```

595 format (36x,i4,14x,f7.3,11x,f12.2)
close(6)
stop
end
subroutine areas
common/todo/d(300,4),m(300,3),an(300),ar00(300),tirin(300),
      velin(300),deltpl,i,n
common/earl/elevl(300),elevi(300)
common/arce/nar,qy
common/arel/ele,gasta
common/area/gasto(300)
common/pqal/qy2(300),qfro(300),ntipo(300)
common/pags/qr(300)
common/ecle/el(300,3),cap(300,3),npun(300),volin(300),altu
dimension x1(300),y1(300)
qy=0.
nar=m(n,3)
if(nar)190,190,10
10 ele=elevl(n)-d(n,1)
ev=elevi(nar)-d(n,1)
if(tirin(n)-ele)190,190,30
30 if(ev-ele)110,110,40
40 if(tirin(n)-ev)190,190,110
110 k=m(n,2)
if(k)160,160,120
120 qf=0.
qnet=qr(n)-ar00(k)*velin(k)+ar00(n)*velin(n)
if(ntipo(i).eq.3 .and. m(n,1).eq.0)go to 170
125 qf=qf-qnet
130 if(qf.gt.0.)qf=0.
qy=qf
gasta=-qy*deltpl
volu=volin(nar)+gasta
do 5 j1=1,npun(nar)
x1(j1)=cap(nar,j1)
5 y1(j1)=el(nar,j1)
call inter(volu,x1,npun(nar),y1,e)
altu=e-d(n,1)
volin(nar)=volu
altu=altu+d(n,1)
elevi(nar)=altu
go to 190
160 qf=- (gasto(i)+ar00(n)*velin(n))
go to 130
170 qnet=qnet+qfro(i)
go to 125
190 qy2(n)=qy
return
end
subroutine gas
common/todo/d(300,4),m(300,3),an(300),ar00(300),tirin(300),
      velin(300),deltpl,i,n
common/gahl/tpq(300,11),qga(300,11),nqp(300),nu(300),nticon(300),
      nul(300),adtpo
common/pags/qr(300)
common/sega/num
common/fags/mm
dimension x1(300),y1(300)
qmien=0.
qr(n)=0.

```

```

if (nticon(n)) 20, 20, 10
10 num=nticon(n)
do 15 j1=1, nqp(num)
x1(j1)=tpq(num, j1)
15 y1(j1)=gga(num, j1)
call inter(adtpo, x1, nqp(num), y1, qr(n))
qmien=qr(n)
20 if (nu(n)) 30, 50, 40
30 mm=-nu(n)
num=mm
call sec
qr(n)=qr(n)+qmien
qmien=qr(n)
go to 50
40 mm=nu(n)/1000
num=mm
call sec
qmien=qmien+qr(n)
mm=nu(n)-1000*mm
num=mm
call sec
qr(n)=qr(n)+qmien
qmien=qr(n)
50 if (nul(n)) 60, 80, 70
60 mm=-nul(n)
num=mm
call sec
qr(n)=qmien-qr(n)
qmien=qr(n)
go to 80
70 mm=nul(n)/1000
num=mm
call sec
qmien=qmien-qr(n)
mm=nul(n)-1000*mm
num=mm
call sec
qr(n)=qmien-qr(n)
80 continue
mm=0
return
end
subroutine facto
common/todo/d(300,4), m(300,3), an(300), ar00(300), tirin(300),
velin(300), deltp, i, n
common/pqfl/c(300), fac1(300), fac2(300), r(300), radi(300), nf
common/pqfs/b, j
common/fags/mm
nsp=n
do 60 jj=1, nf
k=m(n, 2)
j=m(n, 1)
if(k) 40, 40, 10
10 if(j) 30, 30, 20
20 c(n)=(velin(k)-velin(j))*deltp/(d(j,2)+d(n,2))
go to 40
30 c(n)=0.
go to 50
40 mm=0
call sec

```

```

radi(n)=ar00(n)/b
fac1(n)=19.62*deltp/(d(j,2)+d(n,2))
r(n)=d(n,3)*d(n,3)*9.81*deltp*abs(velin(n))/radi(n)**1.333
50 n=k
60 continue
n=nesp
k=m(n,2)
fac2(n)=deltp/(d(n,2)*an(k))
nf=nf-1
do 90 jj=1,nf
n=k
k=m(n,2)
if(jj-nf)70,80,80
70 anr=(an(n)+an(k))*0.5
fac2(n)=deltp/(d(n,2)*anr)
go to 90
80 fac2(n)=deltp/(d(n,2)*an(n))
90 continue
return
end
subroutine sec
common/todo/d(300,4),m(300,3),an(300),ar00(300),tirin(300),
velin(300),deltp,i,n
common/pqfs/b,j
common/pages/qr(300)
common/sega/num
common/fags/mm
if(mm-1)10,60,60
10 ti=tirin(n)+(tirin(j)-tirin(n))*d(n,2)/(d(n,2)+d(j,2))
radio=d(n,4)/2.
diam=1.98*radio
if(ti-diam)20,40,40
20 if(ti)30,30,25
25 dyy=ti-radio
if(dyy.eq.-radio)go to 30
an(n)=2.*sqrt(radio**2-dyy**2)
teta=3.1416+2.*atan(2.*dyy/an(n))
ar00(n)=0.5*(radio**2)*(teta-sin(teta))
b=0.5*radio*(1.-sin(teta)/teta)
b=ar00(n)/b
go to 50
30 ar00(n)=0.00031416*radio**2.
b=0.01*radio
an(n)=0.01*radio
go to 50
40 ar00(n)=3.1416*radio**2.
an(n)=0.35*radio
b=radio/2.
b=ar00(n)/b
50 if(mm-n)80,70,80
60 kjl=n
ljk=j
j=n
n=num
go to 10
70 n=kjl
j=ljk
qr(n)=-ar00(num)*velin(num)
80 continue
return

```

```

end
subroutine inter(a,x,i,y,e)
dimension x(300),y(300)
if(a-x(1))30,30,10
10 do 20 l=2,i
if(a-x(l))40,20,20
20 continue
l=i
go to 40
30 l=2
40 j=l-1
IF(L.EQ.0) GO TO 50
f=(y(l)-y(j))/(x(l)-x(j))
GO TO 60
50 E=0.0
GO TO 70
60 e=y(j)+f*(a-x(j))
70 CONTINUE
return
end
subroutine pgtw
common/todo/d(300,4),m(300,3),an(300),ar00(300),tirin(300),
velin(300),delp,i,n
common/pqt1/t1(300,11),vol(300,11),q1(300,11),n1(300),vinic(300),
p(300),q(300),t(300),w(300),yefro(300),zfro(300)
common/pqf1/c(300),fac1(300),fac2(300),r(300),radi(300),nf
common/pqal/qy2(300),qfro(300),ntipo(300)
common/pqfs/b,j
common/pags/qr(300)
k=m(n,2)
j=m(n,1)
go to (10,60,140,150)ntipo(i)
10 p(n)=fac2(n)*ar00(k)
call gas
call areas
q(n)=tirin(n)+(fac2(n)*qfro(i))+(fac2(n)*(qy2(n)+qr(n)))
20 do 50 kk=1,nf
n=k
k=m(n,2)
j=m(n,1)
t(n)=fac1(n)/(1.+r(n)+c(n)+p(j)*fac1(n))
w(n)=t(n)*(q(j)+d(j,1)-d(n,1)+velin(n)/fac1(n))
if(nf-kk)40,40,30
30 p(n)=fac2(n)*ar00(k)/(1.+fac2(n)*ar00(n)*t(n))
40 call gas
call areas
q(n)=fac2(n)*(ar00(n)*w(n)+qy2(n)+qr(n))+tirin(n)
q(n)=q(n)/(1.+fac2(n)*ar00(n)*t(n))
50 continue
go to 160
60 if(j)80,80,70
70 yefro(i)=tirin(j)+d(j,1)-zfro(i)
go to 130
80 fac1(n)=19.62*delp/d(n,2)
radio=d(n,4)/2.
diam=1.98*radio
if(yefro(i)-diam)90,90,110
90 dyy=yefro(i)-radio
if(dyy.eq.-radio)go to 100
ar=2.*sqrt(radio**2-dyy**2)

```

```

teta=3.1416+2.*atan(2.*dyy/ar)
ar00(n)=0.5*(radio**2)*(teta-sin(teta))
b=0.5*radio*(1.-sin(teta)/teta)
b=ar00(n)/b
go to 120
100 ar00(n)=0.00031416*(radio**2)
b=0.01*radio
ar=b
go to 120
110 ar00(n)=3.1416*(radio**2)
ar=0.35*radio
b=radio/2.
b=ar00(n)/b
120 anr=(an(k)+ar)*0.5
fac2(n)=deltp/(d(n,2)*anr)
radi(n)=ar00(n)/b
r(n)=d(n,3)*d(n,3)*9.81*deltp*abs(velin(n))/radi(n)**1.333
130 t(n)=fac1(n)/(1.+r(n))
w(n)=t(n)*(yefro(i)+zfro(i)-d(n,1)+velin(n)/fac1(n))
p(n)=fac2(n)*ar00(k)/(1.+fac2(n)*ar00(n)*t(n))
call gas
call areas
q(n)=fac2(n)*(ar00(n)*w(n)+qy2(n)+qr(n))+tirin(n)
q(n)=q(n)/(1.+fac2(n)*ar00(n)*t(n))
go to 20
140 a=tirin(n)
cap=vinic(i)
do 142 kin=1,n1(i)
if(vol(i,kin).gt.cap)go to 143
142 continue
nsup=n1(i)
go to 144
143 nsup=kin
144 ninf=nsup-1
fac=(vol(i,nsup)-cap)/(vol(i,nsup)-vol(i,ninf))
tir=t1(i,nsup)-fac*(t1(i,nsup)-t1(i,ninf))-zfro(i)
qfue=q1(i,nsup)-fac*(q1(i,nsup)-q1(i,ninf))
if(tirin(n).gt.d(n,4))go to 147
radio=d(n,4)/2.
dyy=tirin(n)-radio
ar=2.*sqrt(radio**2-dyy**2)
if(ar.eq.0.0) ar=0.001
teta=3.1416+2.*atan(2.*dyy/ar)
ar00(n)=0.5*(radio**2)*(teta-sin(teta))
if(tirin(n).lt.tir)go to 148
compa=0.7859*d(n,4)**1.5871
if(tirin(n).gt.compa)go to 145
qfro(i)=(tirin(n)*d(n,4)**0.26/0.5718)**1.9837
go to 146
145 qfro(i)=6.8776*(alog(tirin(n))+0.5027)*d(n,4)**2.5
146 qfro(i)=-qfro(i)
go to 149
147 ar00(n)=3.1416*d(n,4)*d(n,4)/4.
148 dicar=tirin(n)-tir
if(tir.lt.0.)dicar=tirin(n)
qfro(i)=-4.43*ar00(n)*dicar/(sqrt(abs(dicar)))
149 vinic(i)=vinic(i)-deltp*(qfro(i)+qfue)
go to 10
150 yefro(i)=0.
go to 80

```

```
160 return
end
subroutine lectu
```

### Lectura e Impresion de Datos de Entrada

```
character tit*4,comen*4,menos*1
common/todo/d(300,4),m(300,3),an(300),ar00(300),tirin(300),
    velin(300),deltp,i,n
common/lech/tpo(300,11),gaven(300,11),nump(300),ntini(300)
    ,ntinp(300),nunim(300),nunpa(300),ntfil(300),ntfip(300)
    ,tmax(300),tit(300,5),comen(20),ntins,ninc,ntotr,nriop,
    nrloi,111,jjj,impres,tcal,ivac,volpo
common/pgtl/tl(300,11),vol(300,11),q1(300,11),n1(300),vinic(300),
    p(300),q(300),t(300),w(300),yefro(300),zfro(300)
common/gahl/tpq(300,11),qqa(300,11),nqp(300),nu(300),nticon(300),
    nul(300),adtpo
common/pqfl/c(300),fac1(300),fac2(300),r(300),radi(300),nf
common/earl/elev1(300),elevi(300)
common/ecle/el(300,3),cap(300,3),npun(300),volin(300),altu
common/pqal/qy2(300),qfro(300),ntipo(300)
dimension ntra(300),menos(300)
data menos/120*'-'/'
```

Comen Titulo o comentario de le Corrida

```
read(5,710)comen
write(6,720)comen
write(6,490)
```

```
read(5,500)ntins,ninc,ntotr,nriop,nrloi,nadin,ngas,deltp,tcal,
    imdat,ingar,impres,ivac
write(6,510)ntins,ninc,ntotr,nriop,nrloi,nadin,ngas,deltp,tcal
volpo=0.
```

```
if(imdat.ne.0)then
write(6,480)
write(6,520)
```

```
endif
```

```
do 10 i=1,ntotr
```

```
read(5,1530)n,(m(n,k),k=1,3),nu(n),nul(n),nticon(n),
    (d(n,j),j=1,4),tirin(n),velin(n)
```

```
ntra(i)=n
```

```
elev1(n)=d(n,1)+d(n,4)
```

```
if(imdat.ne.0)write(6,550)n,(m(n,k),k=1,3),nu(n),nul(n),
    (d(n,j),j=1,4)
```

```
10 continue
```

```
if(imdat.ne.0)then
```

```
write(6,470)
```

```
write(6,560)
```

```
endif
```

```
do 20 n2=1,ntotr
```

```
if(imdat.ne.0)then
```

```
n=ntra(n2)
```

```
write(6,570)n,nticon(n),tirin(n),velin(n),elev1(n)
```

```
endif
```

```
20 velin(n)=-velin(n)
```

```
if(imdat.ne.0)write(6,580)
```

```
if(nrloi.eq.0)go to 100
```

```
111=nriop+1
```

```
jjj=nrloi+nriop
```

do 90 i=111,jjj

### Condiciones de Frontera para Rios Impares

```
read(5,590)ntini(i),ntipo(i),zfro(i),yefro(i),(tit(i,1),l=1,5)
if(imdat.ne.0)write(6,620)ntini(i),ntipo(i),zfro(i),yefro(i),
(tit(i,1),l=1,5)
```

```
if(ntipo(i).ne.3)go to 50
read(5,600)n1(i)
read(5,610)(t1(i,j),vol(i,j),q1(i,j),j=1,n1(i))
vinic(i)=vol(i,1)+0.1
if(imdat.eq.0)go to 50
write(6,630)n1(i)
write(6,645)
write(6,640)(t1(i,j),vol(i,j),q1(i,j),j=1,n1(i))
```

```
50 n=ntini(i)
nunim(i)=1
60 if(m(n,2).eq.0)go to 80
nunim(i)=nunim(i)+1
n=m(n,2)
go to 60
```

```
80 ntfii(i)=n
read(5,540)nump(i),qbas
qpico=0.
itith=0
read(5,610)(tpo(i,j),gaven(i,j),j=1,nump(i))
if(imdat.eq.0)go to 85
write(6,650)nump(i),qbas,qpico,itith
write(6,655)
write(6,635)(tpo(i,j),gaven(i,j),j=1,nump(i))
```

```
85 write(6,'(120al)')(menos(im),im=1,120)
do 90 j=1,nump(i)
tpo(i,j)=tpo(i,j)*60.
if(j.gt.1)tpo(i,j)=tpo(i,j)+tcal*60.
if(qaven(i,j).lt.qbas)qaven(i,j)=qbas
```

```
90 continue
```

```
100 if(nrlop.eq.0)go to 180
do 170 i=1,nriop
read(5,590)ntinp(i),ntipo(i),zfro(i),yefro(i),(tit(i,1),l=1,5)
if(imdat.eq.0)go to 115
write(6,660)ntinp(i),ntipo(i),zfro(i),yefro(i),(tit(i,1),l=1,5)
```

```
115 if((ntipo(i)-3).ne.0)go to 130
read(5,600)n1(i)
read(5,610)(t1(i,j),vol(i,j),q1(i,j),j=1,n1(i))
vinic(i)=vol(i,j)+0.1
if(imdat.eq.0)go to 130
write(6,630)n1(i)
write(6,645)
write(6,640)(t1(i,j),vol(i,j),q1(i,j),j=1,n1(i))
```

```
130 n=ntinp(i)
nunpa(i)=1
140 if(m(n,2).eq.0)go to 160
nunpa(i)=nunpa(i)+1
n=m(n,2)
go to 140
```

```
160 ntfip(i)=n
read(5,540)nump(i),qbas
qpico=0.
itith=0
read(5,610)(tpo(i,j),gaven(i,j),j=1,nump(i))
```

```

if(imdat.eq.0)go to 169
write(6,650)nump(i),qbas,qpico,itith
write(6,655)
write(6,635)(tpo(i,j),qaven(i,j),j=1,nump(i))
169 write(6,'(120a1)')(menos(im),im=1,120)
do 170 j=1,nump(i)
tpo(i,j)=tpo(i,j)*60.
if(j.gt.1)tpo(i,j)=tpo(i,j)+tcal*60.
if(qaven(i,j).lt.qbas)qaven(i,j)=qbas
170 continue

Areas de Inundacion

180 if(nadin.eq.0)go to 205
if(imdat.eq.0)go to 195
write(6,460)
write(6,465)
195 do 200 n=1,nadin
if(ingar.eq.0)go to 197
read(5,1690)l,npun(1),zt,porc
el(1,1)=elev1(1)
cap(1,1)=0.0
el(1,2)=zt
cap(1,2)=porc*0.7854*(d(n,4)**2)*d(n,2)
cap(1,2)=porc
el(1,3)=zt+1.
cap(1,3)=1.0e6
go to 199
197 read(5,690)l,npun(1)
zt=0.
porc=0.
read(5,610)(el(1,j),cap(1,j),j=1,npun(1))
199 volin(1)=0.
volpo=volpo+cap(1,2)
elevi(1)=el(1,1)
if(imdat.eq.0)go to 200
write(6,670)l,npun(1),zt,porc,elevi(1),volin(1),
(el(1,j),cap(1,j),j=1,npun(1))
200 continue

Gastos Laterales

205 if(ngas.le.0)go to 230
if(imdat.eq.0)go to 211
write(6,450)
write(6,455)
211 do 220 j=1,ngas
read(5,700)nq,nqp(ng),qbas
qbas=qbas/4.
itith=0
qpico=0.
read(5,610)(tpq(nq,k),qqa(nq,k),k=1,nqp(ng))
if(imdat.eq.0)go to 217
write(6,680)nq,nqp(ng),qbas,qpico,itith
write(6,681)(tpq(nq,k),qqa(nq,k),k=1,nqp(ng))
217 do 220 k=1,nqp(ng)
tpq(nq,k)=tpq(nq,k)*60.
if(k.ne.1)tpq(nq,k)=tpq(nq,k)+tcal*60.
if(qqa(nq,k).lt.qbas)qqa(nq,k)=qbas
220 continue

```



```

230 return
450 format(/,21x,'GASTOS DE AVENIDAS LATERALES',/)
455 format(2X,'Q LAT.',2X,'N.PUNTS',2X,'Q BASE',2X,'Q PICO',2X,
.' ITH',31X,'PUNTOS HIDROGRAMA',/,39X,5(6X,'TPQ',6X,'QQA'))
460 format(/,26X,'AREAS DE INUNDACION',/)
465 format(2X,'N.AREA',2X,'N.PUNTS',2X,' 2T ',2X,' PORC ',2X,
.'ELEVI.',4X,'VOLIN.',28X,'PUNTOS HIDROGRAMA',/,53X,3(8X,'EL',8X,
.'CAP'))
470 format(/,40X,'CARACTERISTICAS HIDRAULICAS',/)
480 format(33X,'CARACTERISTICAS GEOMETRICAS',/)
490 format(/,37X,'DATOS DE ENTRADA',/)
500 format(7i5,2f10.0,2i3,i5,i3)
510 format(27X,'DATOS GENERALES',/,2X,'INT-',2X,'FRECUENCIA',2X,
.'TRAMOS',2X,'RIO',3X,'RIO',4X,'AREAS',3X,'ENTRADAS',2X,'INTER-',/
.', 'VALOS',3X,'DE IMPRES.',10X,'PAR',2X,'IMPAR',2X,'INUNDAC.',3X,
.'LAT.',4X,'VALO(S)',/,1X,I4,5X,I4,7X,I3,4X,I3,3X,I3,5X,I3,6X,I3,
.5X,F6.0,2X,F4.0,/)
520 format(4X,'# TRAMO',6X,'SUCEOR',2X,'ANTECES',2X,'AREA DE',5X,
.'TRAMO',5X,'TRAMO',5X,'COTA',5X,'LONGITUD',9X,'N DE',6X,
.'DIAMETRO',/,33X,'INUNDACION',3X,'ENTRADA',4X,'SALIDA',2X,
.'PLANTILLA',16X,'MANNING',6X,'TRAMO(M)',/)
530 format(4i4,3i6,6f6.0)
1530 format(4i3,3i6,3f8.0,3f6.0)
540 format(i8,2f8.0,i8)
550 format(4(6x,i4),2i10,2f12.2,2f12.3)
560 format(5X,'TRAMO',5X,'TIPO CONEXION',5X,'TIRANTE INICIAL',5X,
.'VELOCIDAD INICIAL',5X,'ELEVACION CLAVE(M)',/,33X,'CENTRO TRAMO (M
.)',5X,'AGUAS ABAJO (M/S)',/)
570 format(5x,i3,12x,i3,9x,f12.3,9x,f14.3,9x,f15.2)
580 format(/,50X,'CONDICIONES DE FRONTERA',/)
590 format(2i5,2f10.0,5a4)
600 format(16i4)
610 format(12f8.0)
620 format(2X,'T.FINAL IMPAR=',I3,2X,'FRONTERA AGUAS ABAJO',I3,2X,
.'COTA SALIDA (ZFRO)=' ,F9.3,' (M)',2X,'T. CONSTANTE (YEFRO)=' ,F9.3,
.2X,5A4)
630 format(28X,'RELACION TIRANTE-GASTO-VOLUMEN PARA NTIPO=3 NUM PUN
TOS=',I5)
635 format(2x,6(f8.3,2x,f5.2,2x),/,2x)
640 format(10x,4(f9.2,f9.0,f9.2))
645 format(10X,4(5X,' T1',5X,' VOL ',4X,' Q '))
650 format(10x,'HIDROGRAMA DE ENTRADA NUM. PUNTOS NUMP(I)=' ,I5,
.3X,'GASTO BASE=' ,F9.2,3X,'QPICO=' ,F9.2,3X,' ITH=' ,I3)
655 format(7X,7('TPC',2X,'QAVEN',7X))
660 format(2X,'T.FINAL PAR =' ,I3,2X,'FRONTERA AGUAS ABAJO',I3,2X,
.'COTA SALIDA (ZFRO)=' ,F9.3,' (M)',2X,'T. CONSTANTE (YEFRO)=' ,F9.3,
.2X,5A4)
670 format(2(3x,i3),3x,4f10.3,6f11.2)
680 format(3x,i3,5x,i3,3x,2f8.2,2x,i3,1x,10f9.2,/,39x,10f9.2)
681 format(39x,10f9.2)
690 format(2i5,6f10.0)
1690 format(2i8,2f8.0)
700 format(2i8,2f8.0,i8)
710 format(15a4)
720 format(/,30x,15a4,/)
end
subroutine init
character*4 tit,comen
common/todo/d(300,4),m(300,3),an(300),ar00(300),tirin(300),
. velin(300),deltp,i,n

```

```

common/lech/tpo(300,11),qaven(300,11),nump(300),ntini(300)
. ,ntinp(300),nunim(300),nunpa(300),ntfii(300),ntfip(300)
. ,tmax(300),tit(300,5),comen(20),ntins,ninc,ntotr,nriop,
. nrioi,111,111,jjj,impre,tcal,ivac,volpo
common/pqtl/tl(300,11),vol(300,11),q1(300,11),n1(300),vinic(300),
. p(300),q(300),t(300),w(300),yefro(300),zfro(300)
common/gahl/tpq(300,11),qqa(300,11),nqp(300),nu(300),nticon(300),
. nul(300),adtpo
common/pqfl/c(300),fac1(300),fac2(300),r(300),radi(300),nf
common/earl/elev1(300),elevi(300)
common/ecle/el(300,3),cap(300,3),npun(300),volin(300),altu
common/pqal/qy2(300),qfro(300),ntipo(300)
common/area/gasto(300)
common/pags/qr(300)
data 11,12,13,14/101,101,11,11/
do 20 i1=1,11
an(i1)=0.0
ar00(i1)=0.0
tirin(i1)=0.0
velin(i1)=0.0
tmax(i1)=0.0
p(i1)=0.0
q(i1)=0.0
t(i1)=0.0
w(i1)=0.0
nqp(i1)=0
nu(i1)=0
nticon(i1)=0
nul(i1)=0
c(i1)=0.0
fac1(i1)=0.0
fac2(i1)=0.0
r(i1)=0.0
radi(i1)=0.0
elev1(i1)=0.0
elevi(i1)=0.0
npun(i1)=0
volin(i1)=0.0
qy2(i1)=0.0
gasto(i1)=0.0
qr(i1)=0.0
do 10 i2=1,3
m(i1,i2)=0
el(i1,i2)=0.0
10 cap(i1,i2)=0.0
do 20 i2=1,4
20 d(i1,i2)=0.0
do 40 i1=1,12
nump(i1)=0
ntini(i1)=0
ntinp(i1)=0
nunim(i1)=0
nunpa(i1)=0
ntfii(i1)=0
ntfip(i1)=0
n1(i1)=0
vinic(i1)=0.0
yefro(i1)=0.0
zfro(i1)=0.0
qfro(i1)=0.0

```

COLECTOR IZTAPALAPA I

720	120	27	2	2	24	19	15.	30.	1	1	120	1
1	2	0	1	0	0	0	43.780	153.12	0.013	0.76	0.02	0.49
2	3	1	2	0	0	2	41.525	97.23	0.013	0.76	0.02	0.44
3	4	2	3	0	0	3	40.890	124.01	0.013	0.76	0.02	0.44
4	5	3	4	0	0	4	39.275	132.25	0.013	0.76	0.02	0.56
5	6	4	5	0	0	5	38.150	165.30	0.013	0.91	0.05	0.34
6	7	5	6	0	0	6	37.985	184.33	0.013	0.91	0.09	0.19
7	8	6	7	0	0	7	37.385	169.95	0.013	0.91	0.04	0.59
8	9	7	8	0	0	8	36.780	55.30	0.013	0.76	0.07	0.32
9	10	8	9	0	0	9	36.660	102.10	0.013	0.76	0.07	0.39
10	11	9	10	0	0	10	36.265	133.06	0.013	0.76	0.05	0.55
11	12	10	0000020	0	0	0	35.795	135.65	0.013	0.91	0.07	0.50
12	13	11	12	0	0	12	35.750	131.05	0.013	0.91	0.59	0.03
13	14	12	13	0	0	13	35.910	147.75	0.013	0.91	0.60	0.03
14	15	13	0000024	0	0	0	36.055	113.15	0.013	0.91	0.91	0.03
15	16	14	15	0	0	15	36.025	88.30	0.013	0.91	0.09	0.63
16	0	15	16	0	0	0	35.475	161.80	0.013	1.07	0.08	0.74
17	18	0	17	0	0	0	37.865	175.95	0.013	0.61	0.04	0.37
18	19	17	18	0	0	18	37.195	79.95	0.013	0.61	0.03	0.56
19	20	18	19	0	0	19	36.570	135.60	0.013	0.91	0.04	0.40
20	11	19	20	0	0	20	36.135	120.80	0.013	0.91	0.04	0.39
21	22	0	21	0	0	0	37.385	152.90	0.013	0.91	0.06	0.01
22	23	21	22	0	0	22	37.795	111.80	0.013	0.91	0.01	0.19
23	24	22	0000027	0	0	0	37.695	105.35	0.013	0.91	0.29	0.02
24	14	23	24	0	0	24	36.855	189.35	0.013	0.91	0.04	0.62
25	26	0	25	0	0	0	40.490	67.40	0.013	0.91	0.02	0.62
26	27	25	26	0	0	26	39.580	68.50	0.013	0.91	0.03	0.49
27	23	26	27	0	0	27	38.465	75.00	0.013	0.91	0.03	0.71
20	2	35.96				0.0	RIO 3 IMPAR					
6	0.0002					0.0002	15.00	0.07	30.0	0.07	51.000	0.0002
60.000	0.0002											
24	2	35.95				0.0	RIO 4 IMPAR					
6	0.0026					0.0026	23.13	0.63	30.0	0.63	62.380	0.0026
75.000	0.0026											
16	2	35.06				0.0	RIO 1 PAR					
6	0.0011					0.0011	17.14	0.41	30.0	0.41	54.000	0.0011
60.000	0.0011											
27	2	37.63				0.0	RIO 2 PAR					
6	0.0025					0.0025	19.00	0.75	30.0	0.75	56.600	0.0025
65.000	0.0025											
1	3	47.130				4.1						
2	3	44.525				1.7						
3	3	43.275				1.1						
4	3	42.550				2.8						
5	3	41.820				7.4						
6	3	41.310				3.1						
7	3	44.100				0.6						
8	3	40.970				3.8						
9	3	40.525				1.5						
10	3	39.065				1.4						
12	3	38.465				4.6						
13	3	39.000				1.4						





DECLARE SUB GRAFICOS1 (TT!, IMH!, XI, Z!, QEI!), G10!(), H!(), HF!())  
COMMON SHARED TT, X, Y, W, IMH, Z, QE, G10()  
10 REM PROGRAMA PARA TRANSITAR AVENIDAS EN COLECTORES URBANOS  
REM SISTEMA DE COLECTORES DEL SISTEMA IZTAPALAPA I

30 CLEAR

40 CLS

OPEN "O", #1, "C:\2PART1n.RES"

READ N, M, RG, TT, X, Z, N!

DATA 27,0,.014,30,50,450,5

L = N + M

PI = 3.1416

DIM HY(N), HW(N), HU(N)

HY(16) = 17.144

HY(20) = 15

HY(24) = 23.13

HY(27) = 19.004

HY(1) = 15.58

HY(2) = 15

HY(4) = 16.131

HY(5) = 16.789

HY(7) = 16.19

HY(8) = 15

HY(9) = 16.953

HY(10) = 15

HY(11) = 20.589

HY(12) = 34.124

HY(13) = 17.643

HY(14) = 16.734

HY(15) = 15

HY(17) = 17.891

HY(19) = 19.998

HY(21) = 18.083

HY(22) = 15

HY(23) = 19.412

HY(25) = 15.834

HY(26) = 16.374

HU(16) = 30

HU(20) = 30

HU(24) = 30

HU(27) = 30

HU(1) = 30

HU(2) = 30

HU(4) = 30

HU(5) = 30

HU(7) = 30

HU(8) = 30

HU(9) = 30

HU(10) = 30

HU(11) = 30

HU(12) = 34.124

HU(13) = 30

HU(14) = 30

HU(15) = 30

HU(17) = 30

HU(19) = 30

HU(21) = 30

HU(22) = 30

HU(23) = 30

HU(25) = 30  
HU(26) = 30

HW(16) = 54.002  
HW(20) = 51  
HW(24) = 62.382  
HW(27) = 56.606

HW(1) = 51.812  
HW(2) = 51  
HW(4) = 52.838  
HW(5) = 56.296  
HW(7) = 52.666  
HW(8) = 51  
HW(9) = 53.734  
HW(10) = 51  
HW(11) = 58.797  
HW(12) = 81.111  
HW(13) = 54.7  
HW(14) = 53.428  
HW(15) = 51  
HW(17) = 55.047  
HW(19) = 57.997  
HW(21) = 55.613  
HW(22) = 51  
HW(23) = 57.177  
HW(25) = 52.168  
HW(26) = 52.924  
TMH = 132  
IMH = (80 \* TMH) / TT  
DIM QE(IMH + 1), G10(IMH + 1)

```
PRINT "tiempo de impresi3n en minutos"; NI
60 PRINT "n3mero de ceidas inc3gnita="; N
80 PRINT "n3mero de condiciones de frontera adem s del cero="; M
90 PRINT "coeficiente de rugosidad de Manning="; RG
PRINT "tiempo de calentamiento en minutos="; X
PRINT "gasto base en m3/s="; QB
130 PRINT "delta T, intervalo de tiempo en segundos="; TT
160 PRINT "n3mero de intervalos de tiempo="; Z
170 TS = (Z * TT) / 3600
180 DT = 9.810001 * TT
190 PRINT "tiempo de simulaci3n en horas="; TS
STOP
CLS
200 DIM T(L, L), L(L, L), MN(L, L), BB(L, L), VD(N), SUM(N), VF(N)
210 DIM H(L), Z(L), TN(L), QB(N), Q(N), HF(1), O(L, L), OO(N)
REM CARGA DE POSICION
220 FOR K = 0 TO L
230 READ Z(K)
240 NEXT K
```

```
250 DATA 35.475
DATA 35.475, 36.025, 36.055, 35.91, 35.75, 35.795, 36.285, 36.66, 36.78, 37.385, 37.985
DATA 36.15, 39.275, 40.89, 41.935, 43.78, 36.855, 37.695, 37.795, 37.385, 36.135, 36.57
DATA 37.195, 37.865, 38.465, 39.58, 40.49
```

```
270 FOR K = 0 TO L
280 PRINT "carga de posici3n z("; K; ")="; Z(K);
```

```
290 NEXT K
300 STOP
CLS
REM CARGA PIEZOMETRICA INICIAL
310 FOR K = 0 TO L
320 READ H(K)
330 NEXT K
DATA 35.551
DATA 35.551, 36.114, 36.965, 36.513, 36.339, 35.889, 36.318, 36.725, 36.852, 37.429, 38.077
DATA 38.203, 39.297, 40.911, 41.954, 43.795, 36.891, 37.983, 37.81, 37.449, 36.18, 36.807
DATA 37.227, 37.901, 38.488, 39.609, 40.512
```

```
360 FOR K = 0 TO L
370 PRINT "carga piezometrica inicial H("; K; ")="; H(K);
380 NEXT K
STOP
CLS
```

```
REM ELEVACION DEL TERRENO NATURAL
390 FOR K = 1 TO N
READ TN(K)
NEXT K
```

```
DATA 39.77, 40.015, 1039.625, 39, 38.465, 1038.11, 39.065, 40.525, 40.97, 41.1, 41.31
DATA 41.82, 42.55, 43.275, 44.525, 47.13, 1040.155, 1040.956, 40.96, 41.025, 1038.395
DATA 39.255, 40.36, 40.965, 1041.27, 42.18, 43.53
```

```
365 FOR K = 1 TO N
PRINT "nivel del terreno TN("; K; ")="; TN(K);
NEXT K
400 HF(0) = H(0)
450 PRINT "condicion de frontera inicial HF(0)="; HF(0)
470 STOP
```

```
REM GASTOS BASE
FOR K = 1 TO N
READ QB(K)
NEXT K
DATA .00041
DATA .0001, 0.0, .00046, .00147, 0.0, 0.00028, .00024, .00035, .00018
DATA .00139, .00305, .00061, .0002, .00026, .00106, .00133, 0.0, .00087, .00018
DATA .00117, .0002, .00067, .00261, .00021, .00043, .00255
```

```
FOR J = 1 TO N
PRINT "QB("; J; ")="; QB(J);
NEXT J
STOP
```

```
REM ARREGLO DE LOS TRAMOS CONECTADOS DE LA RED
CLS
READ N, TR
DATA 27,3
REM TRAMOS A LOS QUE SE CONECTAN LOS RAMALES
FOR J = 1 TO TR
READ TC(J)
DATA 3,6,18
NEXT J
REM TRAMOS QUE SE CONECTAN AL RIO PRINCIPAL
FOR J = 1 TO TR
READ CO(J)
DATA 17,21,25
NEXT J
```



```

DIM MN(N, N)
F = 0
V1 = 0
471 C = 0
472 C = C + 1
    FOR J = 1 TO TR
        IF F = CO(J) - 1 AND F = C - 1 THEN GOTO 473
        NEXT J
        IF F = C - 1 THEN MN(F, C) = C
        IF F = C - 1 THEN PRINT "MN("; F; ", "; C; ")="; MN(F, C);
        GOTO 474
473 MN(F, C) = V1
    PRINT "MN("; F; ", "; C; ")="; MN(F, C);
474 FOR J = 1 TO TR
        IF F = TC(J) AND C = CO(J) THEN 475
        NEXT J
        IF C - 1 <> F THEN MN(F, C) = V1
        IF C - 1 <> F THEN PRINT "MN("; F; ", "; C; ")="; MN(F, C);
        GOTO 476
475 MN(F, C) = C
    PRINT "MN("; F; ", "; C; ")="; MN(F, C);
STOP
476 IF C < N GOTO 472
STOP
    F = F + 1
    IF F <= N - 1 GOTO 471
    IF F < N - 1 THEN STOP

FOR K = 0 TO L - 1
    FOR I = K + 1 TO L
        READ MN(K, I)
        MN(I, K) = MN(K, I)
    NEXT I
NEXT K

FOR J = 0 TO L - 1
    FOR I = J + 1 TO L
        IF MN(J, I) = 0 THEN 479
        PRINT "tramos conectados ."; J; "con"; MN(J, I);
479 NEXT I
    NEXT J
STOP
CLS
REM LONGITUD DE LOS TRAMOS
480 FOR K = 0 TO L - 1
490 FOR I = K + 1 TO L
    IF MN(K, I) = 0 THEN 510
500 READ L(K, I)
510 NEXT I
520 NEXT K

DATA 161.8, 88.3, 113.15, 189.55, 147.75, 131.05, 135.65, 120.8, 133.06, 102.1
DATA 55.3, 169.95, 184.83, 165.3, 132.25, 124.01, 97.23, 153.12
DATA 105.35, 75, 111.8, 152.9, 135.8, 79.95, 175.95, 88.5, 67.4

650 FOR J = 0 TO L - 1
660 FOR I = J + 1 TO L

```

```

670 L(I, J) = L(J, I)
680 IF L(J, I) = 0 THEN 700
690 PRINT "longitud del tramo L("; J; ", "; I; ")="; L(J, I);
700 NEXT I
710 NEXT J
REM 720 STOP
CLS
REM DIAMETRO DE LOS TRAMOS
730 FOR K = 0 TO L - 1
740 FOR I = K + 1 TO L
    IF MN(K, I) = 0 THEN 760
750 READ T(K, I)
760 NEXT I
770 NEXT K

```

```

DATA 1.07, .91, .81, .91, .91, .91, .91, .91, .76, .76, .76
DATA .91, .91, .91, .76, .76, .76, .76
DATA .91, .91, .91, .91, .91, .81, .81, .91, .91

```

```

900 FOR J = 0 TO L - 1
910 FOR I = J + 1 TO L
920 T(I, J) = T(J, I)
930 IF T(J, I) = 0 THEN 950
940 PRINT "diametro del tubo T("; J; ", "; I; ")="; T(I, J);
950 NEXT I
960 NEXT J
ERASE MN
970 STOP
CLS

```

1160 REM VELOCIDADES Y GASTOS INICIALES \* PARA EL 1er TIEMPO DE CALENTAMIENTO\*

```

1170 DIM V(L, L), G(L, L), R(L, L), F(L, L), Y(L, L), E(L, L)
    DIM W(L, L), U(L, L)
1180 FOR J = 0 TO L - 1
1190 FOR I = J + 1 TO L
1200 IF L(J, I) = 0 THEN 1360
1210 Y(J, I) = .5 * ((H(J) - Z(J)) + (H(I) - Z(I)))
    IF Y(J, I) >= T(J, I) THEN Y(J, I) = T(J, I)
1220 Y(I, J) = Y(J, I)
    RC = T(J, I) / 2
    IF Y(J, I) < T(J, I) THEN 1225
    TETA = 2 * PI: GOTO 1230
1225 TETA = PI + 2 * ATN((Y(J, I) / RC - 1) / (SQR(-(Y(J, I) / RC - 1) ^ 2 + 1)))
1230 E(J, I) = (T(J, I) ^ (2 / 6)) * (TETA - SIN(TETA))
1240 E(I, J) = E(J, I)
    PM = TETA * T(J, I) * .5
    RH = E(I, J) / PM
    BB = 2 * SQR(Y(J, I) * (T(J, I) - Y(J, I)))
1250 IF H(J) = H(I) THEN 1360
1260 SG = (H(J) - H(I)) / ABS(H(J) - H(I))
1270 VE = (1 / RG) * SQR(ABS(H(J) - H(I)) / L(J, I)) * (RH ^ (2 / 3))
1280 V(J, I) = SG * VE
1290 V(I, J) = -V(J, I)
    IF Y(J, I) >= T(J, I) THEN YM = 0 ELSE YM = E(J, I) / BB
    IF Y(J, I) >= T(J, I) THEN F(J, I) = 0 ELSE F(J, I) = (V(J, I) ^ 2) / (9.81 * YM)
1310 F(I, J) = F(J, I)
1320 G(J, I) = E(J, I) * V(J, I)
1330 G(I, J) = -G(J, I)
1340 R(J, I) = ((RG ^ 2) * L(J, I) * ABS(V(J, I))) / RH ^ (4 / 3)
    R(J, I) = R(J, I) + L(J, I) / DT
1350 R(I, J) = R(J, I)
1360 NEXT I

```

1370 NEXT J

1380 REM VELOCIDADES Y GASTOS RED DINAMICA \*\*\*\*\*MAIN\*\*\*\*\*

1390 FOR T = 0 TO Z

TM = T \* (TT / 60) - X

TS = (T - X) \* TT

TM = TS / 60

TI = TM / NI

TP = INT(TI)

IF TM = 120 THEN STOP

REM HIDROGRAMAS DE ENTRADA

IF TM <= 0 THEN

FOR I = 1 TO N

Q(I) = QB(I)

NEXT I

Q(3) = 0

Q(6) = 0

Q(18) = 0

GOTO 1400

END IF

REM GASTOS PICO

REDIM PIC(N)

PIC(1) = .032

PIC(2) = .038

PIC(3) = 0

PIC(4) = .158

PIC(5) = .438

PIC(6) = 0

PIC(7) = .098

PIC(8) = .091

PIC(9) = .115

PIC(10) = .088

PIC(11) = .443

PIC(12) = .588

PIC(13) = .228

PIC(14) = .077

PIC(15) = .114

PIC(16) = .408

PIC(17) = .417

PIC(18) = 0

PIC(19) = .244

PIC(20) = .088

PIC(21) = .381

PIC(22) = .073

PIC(23) = .191

PIC(24) = .63

PIC(25) = .072

PIC(26) = .146

PIC(27) = .748

FOR K = 1 TO N

IF PIC(K) = 0 THEN 1391

IF TM <= HY(K) THEN Q(K) = QB + ((PIC(K) - QB) \* TM) / HY(K)

IF TM <= HU(K) AND TM > HY(K) THEN Q(K) = QB + PIC(K)

IF TM <= HW(K) AND TM > HU(K) THEN Q(K) = QB + ((PIC(K) - QB) \* (HW(K) - TM)) / (HW(K) -

HU(K))

```

      IF TM > HW(K) THEN Q(K) = QB
1391  NEXT K

      IF TM = LL THEN
      FOR I = 1 TO N
      REM 1392 IF TP < TI THEN 1393
      PRINT #1, "Q("; I; ")="; Q(I);
1393  NEXT I
      END IF
1400  CLS
      PRINT "TIEMPO DEL TRANSITORIO EN MINUTOS="; TM
      FOR K = 1 TO N
      QE = QE + Q(K)
      NEXT K
      PRINT "    QE="; QE
      IF TM < 0 OR TM > TMH THEN
      ELSE
      Irowqe = Irowqe + 1
      QE(Irowqe) = QE
      END IF
1401  IF TM = LL THEN

      REM IF tp < TI THEN 1402
      PRINT #1, "TIEMPO EN MINUTOS="; TM
      PRINT #1, "QE="; QE

1402  END IF
      QE = 0
      FOR I = 1 TO N
      PRINT "    H("; I; ")="; H(I)
      NEXT I
      IF TM <= LL THEN 1405
      FOR I = 1 TO N
      IF TP < TI THEN 1403
      PRINT #1, "H("; I; ")="; H(I)
1403  NEXT I
1405  FOR J = 0 TO L - 1
1410  FOR I = J + 1 TO L
1420  IF L(J, I) = 0 THEN 1560
1426  Y(J, I) = .5 * (H(J) - Z(J) + H(I) - Z(I))
      IF Y(J, I) >= T(J, I) THEN Y(J, I) = T(J, I)
      Y(I, J) = Y(J, I)
1428  RC = T(J, I) / 2
      IF Y(J, I) < T(J, I) THEN 1427
      TETA = 2 * PI: GOTO 1428
1427  TETA = PI + 2 * ATN((Y(J, I) / RC - 1) / (SQR(-(Y(J, I) / RC - 1) ^ 2 + 1)))
1428  E(J, I) = (T(J, I) ^ 2 / 8) * (TETA - SIN(TETA))
      E(I, J) = E(J, I)
1430  V(J, I) = (L(J, I) / (DT * R(J, I))) * V(J, I)
      V(J, I) = V(J, I) + (H(J) - H(I)) / R(J, I)
      V(J, I) = V(J, I) - (((H(J) - H(I)) * F(J, I)) / R(J, I))
      V(J, I) = V(J, I) + (F(J, I) / R(J, I)) * (Z(J) - Z(I))
1445  V(I, J) = -V(J, I)
      BB(J, I) = 2 * SQR(Y(J, I) * (T(J, I) - Y(J, I)))
      BB(I, J) = BB(J, I)
      IF Y(J, I) >= T(J, I) THEN YM = 0 ELSE YM = E(J, I) / BB(J, I)
      IF Y(J, I) >= T(J, I) THEN F(J, I) = 0 ELSE F(J, I) = (V(J, I) ^ 2) / (.81 * YM)
1458  F(I, J) = F(J, I)
      IF Y(J, I) >= T(J, I) THEN BB(J, I) = 0
1460  G(J, I) = V(J, I) * E(J, I)

```

```

      G(I, J) = -G(J, I)
      IF TM = LL THEN 1510
1500   IF TP < TI THEN 1501
      IF TM = LL THEN
        PRINT #1, "G("; I; ", "; J; ")="; G(I, J),
1501   IF TP < TI THEN
      ELSE PRINT #1, "Y("; I; ", "; J; ")="; Y(I, J)
      PRINT #1, "Y("; I; ", "; J; ")="; Y(I, J)
1510   END IF
      PRINT "G("; I; ", "; J; ")="; G(I, J),
      PRINT "Y("; I; ", "; J; ")="; Y(I, J)
      PM = TETA * T(J, I) / 2
      RH = E(J, I) / PM
      R(J, I) = ((RG ^ 2) * L(J, I) * ABS(V(J, I))) / RH ^ (4 / 3)
      R(J, I) = R(J, I) + L(J, I) / DT
      R(I, J) = R(J, I)
1520   O(J, I) = BB(J, I) * L(J, I)
      W(J, I) = (2 * O(J, I) * ABS(V(J, I))) / (DT * E(J, I))
      W(I, J) = W(J, I)
      OO(J) = O(J, I)
1560   NEXT I
1570   NEXT J
      IF TM < 0 OR TM > TMH THEN
      ELSE
        Irow = Irow + 1
        G10(Irow) = G(1, 0)
      END IF
      REM CALCULO DE VOLUMENES Y GASTOS DERRAMADOS
      FOR K = 1 TO N
        FOR I = 0 TO L
          IF L(K, I) = 0 THEN 1574
          IF H(K) >= TN(K) THEN
          IF TM <= 0 GOTO 1574
          SUM(K) = SUM(K) + G(K, I)
          END IF
1574   NEXT I
          IF H(K) >= TN(K) THEN
          IF TM <= 0 GOTO 1577
          SUM(K) = SUM(K) - Q(K)
          IF SUM(K) > 0 THEN SUM(K) = 0
          SUM(K) = ABS(SUM(K))
          VD(K) = VD(K) + SUM(K) * TT
          PRINT "QD("; K; ")="; SUM(K),
          PRINT "VD("; K; ")ACUMULADO="; VD(K)
          END IF
1575   IF TM = LL THEN
          IF H(K) < TN(K) THEN 1577
          IF TP < TI THEN 1576
          ELSE
            IF TP = 30 THEN PRINT #1, "QDI("; K; ")="; SUM(K),
            IF TP = 30 THEN PRINT #1, "VDA("; K; ")="; VD(K)
            PRINT #1, "QDI("; K; ")="; SUM(K),
            PRINT #1, "VDA("; K; ")="; VD(K)
          END IF
1576   END IF
1577   NEXT K

```

```

REM AREA EN PLANTA TRAMOS AGUAS ARRIBA
OO(16) = O(15, 16)

```

OO(20) = O(19, 20)  
OO(24) = O(23, 24)  
OO(27) = O(26, 27)

1580 REM ELEMENTOS DE LA MATRIZ

1590 DIM A(L, L), B(L), C(N), D(N)

1600 FOR K = 1 TO N

1610 FOR I = 0 TO L

1620 IF L(K, I) = 0 THEN 1650

1630 A(K, I) = -(1 - F(K, I)) \* (E(K, I) / R(K, I))

1640 A(I, K) = A(K, I)

U(K, I) = W(K, I) \* (E(K, I) / R(K, I))

U(I, K) = U(K, I)

1650 NEXT I

1660 NEXT K

1670 FOR K = 1 TO N

1680 FOR I = 0 TO L

1690 IF L(K, I) = 0 THEN 1710

1700 A(K, K) = A(K, K) + ABS(A(K, I)) + U(K, I)

1710 NEXT I

1720 A(K, K) = A(K, K) + OO(K) / TT

1730 NEXT K

1740 FOR K = 1 TO N

IF H(K) >= TN(K) THEN Q(K) = 0

1750 B(K) = H(0) \* ABS(A(K, 0)) + Q(K)

1760 NEXT K

1770 FOR K = 1 TO N

1780 FOR I = N + 1 TO L

1790 IF M = 0 THEN 1830

1800 B(K) = B(K) + H(I) \* ABS(A(K, I))

1810 NEXT I

1820 NEXT K

1830 FOR K = 1 TO N

1840 FOR I = 0 TO L

1850 IF L(K, I) = 0 THEN 1900

1860 VK = (L(K, I) / R(K, I)) \* (-G(K, I))

1870 FK = (F(K, I) \* E(K, I)) / R(K, I)

1880 FK = FK \* (Z(I) - Z(K))

1890 B(K) = B(K) + VK / DT + FK + U(K, I) \* H(K)

1900 NEXT I

1910 B(K) = B(K) + (OO(K) \* H(K)) / TT

1920 NEXT K

REM METODO DE CROUT

FOR J = 2 TO N

IF A(1, J) = 0 THEN 1925

A(1, J) = A(1, J) / A(1, 1)

1925 NEXT J

B(1) = B(1) / A(1, 1)

FOR J = 2 TO N

FOR I = J TO N

FOR K = 1 TO J - 1

IF A(I, K) = 0 THEN 1935

A(I, J) = A(I, J) - A(I, K) \* A(K, J)

1935 NEXT K

NEXT I

FOR I = J + 1 TO N

A(J, I) = A(I, J) / A(J, J)

NEXT I

1955 SUT = 0

FOR K = 1 TO J - 1

IF A(J, K) = 0 THEN 1965

```

      SUT = SUT + A(J, K) * B(K)
1985 NEXT K
      B(J) = (B(J) - SUT) / A(J, J)
      NEXT J
      H(N) = B(N)
      FOR I = N - 1 TO 1 STEP -1
      SUR = 0
      FOR K = I + 1 TO N
      SUR = SUR + A(I, K) * H(K)
      NEXT K
      H(I) = B(I) - SUR
      NEXT I
2001 REM CALCULO DEL TIRANTE CRITICO
REM METODO DE BISECCION
      IF TM < 0 THEN 2110
      IF G(1, 0) <= 0 THEN 2110
      AL = .005
      BL = T(1, 0)
      ER = .001
      RL = (G(1, 0)) ^ 2 / 9.81
      RC = T(1, 0) / 2
2020   PL = (AL + BL) / 2
      TETA1 = PI + 2 * ATN((PL / RC - 1) / (SQR(-(PL / RC - 1) ^ 2 + 1)))
      E1 = (T(1, 0) ^ 2 / 8) * (TETA1 - SIN(TETA1))
      B1 = 2 * SQR(PL * (T(1, 0) - PL))
      YL = RL - (E1 ^ 3 / B1)
      IF ABS(YL) < ER THEN 2030
      TETA2 = PI + 2 * ATN((AL / RC - 1) / (SQR(-(AL / RC - 1) ^ 2 + 1)))
      E2 = (T(1, 0) ^ 2 / 8) * (TETA2 - SIN(TETA2))
      B2 = 2 * SQR(AL * (T(1, 0) - AL))
      YY = RL - (E2 ^ 3 / B2)
      SL = YL * YY
      IF SL > 0 THEN AL = PL ELSE BL = PL
      GOTO 2020
2030 PRINT "Y critico ="; PL
      IF TP < TI THEN 2109
      PRINT #1, "Y critico ="; PL
2108 H(0) = Z(0) + PL

2110 IF TM = LL THEN LL = LL + NI
      ERASE A, B, C, D
2111 FOR I = 1 TO N
      SUM(I) = 0
      IF H(I) >= TN(I) THEN H(I) = TN(I)
      IF H(I) <= Z(I) THEN H(I) = Z(I) + .01
      NEXT I
      IF T = Z THEN
      PRINT "PORCENTAJE DE DERRAME EN TRAMOS CONFLICTIVOS"
      IF TP < TI THEN 2112
      PRINT #1, "PORCENTAJE DE DERRAME EN TRAMOS CONFLICTIVOS"
2112 END IF
      FOR I = 1 TO N
      VOLT = VOLT + VD(I)
      NEXT I
      FOR I = 1 TO N
      IF VD(I) = 0 THEN 2119
      VF(I) = (VD(I) / VOLT) * 100
      PRINT "VF("; I; ")="; VF(I),
      PRINT "VD("; I; ")="; VD(I)
      IF TP < TI THEN 2119
      PRINT #1, "VF("; I; ")="; VF(I),

```

```

PRINT #1, "VD("; I; ")="; VD(I)

2119 NEXT I
END IF
2120 NEXT T
CLS
CALL GRAFICOS1(TT, IMH, X, Z, QE(), G10(), H(), HF())
END
REM Rutina para graficar hidrograma entrada-salida

REM Rutina para graficar hidrograma entrada-salida
SUB GRAFICOS1 (TT, IMH, X, Z, QE(), G10(), H(), HF())
SCREEN 9 '(840X350)
'-----eje x (t)-----
LINE (0, 349)-(640, 349)
LOCATE 25, 78: PRINT "t"
'-----eje Q (G(1,0))-----
LINE (3, 349)-(0, 0)
LOCATE 1, 1: PRINT "Q"
'-----max de G10-----
FOR I = 1 TO (IMH + 1)
  IF QE(I) > Gmax THEN Gmax = QE(I)
  IF G10(I) > G10max THEN
    G10max = G10(I)
    Tmax = I
  ELSE
  END IF
NEXT I
'-----escala vertical-----
escG10 = 349 / Gmax
'-----escala horizontal-----
escT = 639 / (IMH + 1)
PSET (0, 349), 5
FOR I = 0 TO IMH
  X1 = escT * I
  Y1 = escG10 * G10(I + 1)
  LINE -(X1, 349 - Y1), 5
NEXT I
PSET (0, 349), 5
FOR I = 0 TO IMH
  X1 = escT * I
  Y2 = escG10 * QE(I + 1)
  LINE -(X1, 349 - Y2), 3
NEXT I
LOCATE 2, 50: PRINT "QEmax="; Gmax; "[m^3/s]"
LOCATE 3, 60: PRINT "QSmx="; G10max; "[m^3/s]"
LOCATE 4, 50: PRINT "Tmax="; Tmax * TT / 60; "[min]"
LOCATE 5, 60: PRINT "DT="; TT; "[s]"
22 K$ = INKEY$
21 IF K$ = "" THEN 22
END
END SUB

```



COLECTOR IZTAPALAPA I

DATOS DE ENTRADA

DATOS GENERALES

INT-ALOS	FRECUENCIA DE IMPRES.	TRAMOS	RIO PAR	RIO IMPAR	AREAS INUNDAC.	ENTRADAS LAT.	INTER-VALO(S)
780	120	106	2	12	95	81	15. 0.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

# TRAMO	SUCESOR	ANTECES	AREA DE INUNDACION	TRAMO ENTRADA	TRAMO SALIDA	COTA PLANTILLA	LONGITUD	N DE MANNING	DIAMETRO TRAMO(M)
1	2	0	1	0	0	40.15	153.12	.016	.760
2	3	1	2	0	0	39.65	97.23	.016	.760
3	4	2	3	0	0	39.15	124.01	.016	.760
4	5	3	4	0	0	38.65	132.25	.016	.760
5	6	4	5	0	0	38.15	165.30	.016	.910
6	7	5	6	0	0	37.78	184.83	.016	.910
7	8	6	7	0	0	37.28	169.95	.016	.910
8	9	7	0	0	0	36.78	55.30	.016	.760
9	10	8	9	0	0	36.66	102.10	.016	.760
10	11	9	10	0	0	36.26	133.06	.016	.760
11	12	10	0	50	0	35.79	130.64	.016	.910
12	13	11	12	0	0	35.75	131.05	.016	.910
13	14	12	13	0	0	35.91	147.75	.016	.910
14	15	13	0	54	0	36.06	113.15	.016	.910
15	16	14	15	0	0	35.97	88.30	.016	.910
16	17	15	16	0	0	35.47	161.80	.016	1.070
17	18	16	17	0	0	35.31	86.20	.016	1.070
18	19	17	18	0	0	35.44	62.10	.016	1.070
19	20	18	0	64067	0	35.17	114.20	.016	1.070
20	21	19	20	0	0	35.00	163.45	.016	1.070
21	22	20	21	0	0	35.40	147.70	.016	1.070
22	23	21	0	72074	0	35.52	115.40	.016	1.070
23	24	22	23	0	0	35.60	108.60	.016	1.070
24	25	23	24	0	0	35.10	94.30	.016	1.220
25	26	24	25	0	0	34.60	89.35	.016	1.220
26	27	25	26	0	0	34.51	728.40	.016	1.220

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

TRAMO TIPO CONEXION TIRANTE INICIAL VELOCIDAD INICIAL ELEVACION CLAVE(M)  
CENTRO TRAMO (M) AGUAS ABAJO (M/S)

1	0	.004	.218	40.91
2	2	.031	.247	40.41
3	3	.007	.278	39.91
4	4	.076	.349	39.41
5	5	.001	.193	39.00
6	6	.067	.400	38.59
7	7	.058	.739	38.19
8	8	.190	.654	37.54
9	9	.117	.517	37.42
10	10	.021	.044	37.02
11	0	.487	.025	36.70
12	12	.351	.035	36.60
13	13	.371	.076	36.52
14	0	.222	.525	36.91
15	15	.003	.400	36.88
16	16	.346	.060	36.54
17	17	.207	.065	36.58
18	18	.382	.059	36.51
19	0	.647	.053	36.24
20	20	.821	.067	36.07
21	21	.420	.148	36.47
22	0	.291	.432	36.59
23	23	.105	.197	36.57
24	24	.151	.150	36.32
25	25	.692	.077	36.82
26	26	.716	.145	35.75
27	27	.252	.438	35.27

T.FINAL INTR=100 FRONTERA AGUAS ABAJO 3 COTA SALIDA (ZFRO)= 33.438 (M) T. CONSTANTE (YEFRO)= .000 RIO 14 INTRAR  
HIDROGRAMA DE ENTRADA NUM. PUNTOS NUMP(I)= 6 GASTO BASE= .00 QPICO= .00 ITIH= 0  
TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN  
.000 .00 .000 .00 15.000 .10 30.000 .10 51.000 .00 60.000 .00

T.FINAL PAR = 46 FRONTERA AGUAS ABAJO 2 COTA SALIDA (ZFRO)= 25.890 (M) T. CONSTANTE (YEFRO)= .760 RIO 1 PAR  
HIDROGRAMA DE ENTRADA NUM. PUNTOS NUMP(I)= 6 GASTO BASE= .00 QPICO= .00 ITIH= 0  
TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN  
.000 .00 .000 .00 17.140 .41 30.000 .41 53.996 .00 65.000 .00

T.FINAL PAR =106 FRONTERA AGUAS ABAJO 2 COTA SALIDA (ZFRO)= 36.220 (M) T. CONSTANTE (YEFRO)= .000 RIO 2 PAR  
HIDROGRAMA DE ENTRADA NUM. PUNTOS NUMP(I)= 6 GASTO BASE= .00 QPICO= .00 ITIH= 0  
TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN TPC QAVEN  
.000 .00 .000 .50 19.600 .75 30.000 .75 56.600 .00 65.000 .00

N. AREA	N. PUNTS	ZT	PORC	ELEVI.	VOLIM.	EL	CAP	PUNTOS HIDROGRAMA	EL	CAP	EL	CAP
1	3	43.500	4.100	40.910	.000	40.91	.00	43.50	4.10	44.50	1000000.00	
2	3	42.650	1.700	40.410	.000	40.41	.00	42.65	1.70	42.65	1000000.00	
3	3	41.535	1.100	39.910	.000	39.91	.00	41.53	1.10	42.53	1000000.00	
4	3	41.925	2.800	39.410	.000	39.41	.00	41.92	2.80	42.92	1000000.00	
5	3	41.820	7.400	39.060	.000	39.06	.00	41.82	7.40	42.82	1000000.00	
6	3	41.195	3.100	38.690	.000	38.69	.00	41.10	3.10	42.10	1000000.00	
7	3	40.995	.600	38.190	.000	38.19	.00	40.99	.60	41.99	1000000.00	
9	3	40.525	1.500	37.420	.000	37.42	.00	40.53	1.50	41.53	1000000.00	
10	3	39.065	1.400	37.025	.000	37.02	.00	39.06	1.40	40.06	1000000.00	
12	3	38.465	4.500	36.660	.000	36.66	.00	38.47	4.60	39.47	1000000.00	
13	3	39.000	1.400	36.820	.000	36.82	.00	39.00	1.40	40.00	1000000.00	
15	3	39.965	.700	36.885	.000	36.88	.00	39.97	.70	40.97	1000000.00	
16	3	39.770	.900	36.545	.000	36.54	.00	39.77	.90	40.77	1000000.00	
17	3	39.570	.700	36.385	.000	36.38	.00	39.57	.70	40.57	1000000.00	
18	3	39.685	.700	36.510	.000	36.51	.00	39.69	.70	40.69	1000000.00	
20	3	37.790	1.300	36.070	.000	36.07	.00	37.79	1.30	38.79	1000000.00	
21	3	38.785	2.900	36.470	.000	36.47	.00	38.78	2.90	39.78	1000000.00	
23	3	36.390	2.000	36.670	.000	36.67	.00	36.39	2.00	37.39	1000000.00	
24	3	38.835	5.300	36.320	.000	36.32	.00	38.83	5.30	39.83	1000000.00	
25	3	37.275	.800	35.820	.000	35.82	.00	37.28	.80	38.28	1000000.00	
26	3	37.390	3.000	35.725	.000	35.73	.00	37.39	3.00	38.39	1000000.00	
27	3	38.585	2.700	36.170	.000	36.17	.00	38.58	2.70	39.58	1000000.00	

GASTOS DE AVENIDAS LATERALES

Q LAT.	N. PUNTS	Q BASE	Q PICO	ITIM	TPQ	QQA	TPQ	PUNTOS HIDROGRAMA	QQA	TPQ	QQA	TPQ	QQA	TPQ	QQA
2	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	15.00	.11	30.00	.11	51.00	.00	
3	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	16.73	.08	30.00	.08	53.42	.00	
4	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	17.64	.23	30.00	.23	54.70	.00	
5	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	34.12	.59	77.77	.00	85.00	.00	
6	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	20.57	.44	30.00	.44	58.80	.00	
7	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	15.00	.07	30.00	.07	51.00	.00	
8	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	16.95	.12	30.00	.12	53.73	.00	
9	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	15.00	.09	30.00	.09	51.00	.00	
10	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	16.19	.10	30.00	.10	52.67	.00	
12	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	18.78	.44	30.00	.44	56.29	.00	
13	6	.00	.00	0	.00	.00	.00	.00	18.13	.16	30.00	.16	52.58	.00	

LOCID. (M/S)	TRAMO	TIRANTE (M)	VELOCIDAD (M/S)	AREA (M2)	GASTO SALIDA (M3/S)	GASTO SALIDA INUNDACION (M3/S)	AREA (M2)	GASTO AVENIDA (M3/S)
.162	16	6	.00	.00	0	.00	.00	.00
.232	17	6	.00	.00	0	.00	.00	15.53
.284								.03
.352								30.00
.681	18	6	.00	.00	0	.00	.00	.03
.776								51.81
.842								.00
1.232	20	6	.00	.00	0	.00	.00	.00
1.261								15.00
1.279								.05
.866	21	6	.00	.00	0	.00	.00	30.00
.885								.04
.905								30.00
1.359	24	6	.00	.00	0	.00	.00	.04
1.369								51.00
1.003								.00
1.009	24	6	.00	.00	0	.00	.00	15.00
1.012								.20
.757								30.00
.765	25	6	.00	.00	0	.00	.00	.20
.772								53.83
1.062								.00
.981	26	6	.00	.00	0	.00	.00	15.00
.719								.67
.721								30.00
.931	27	6	.00	.00	0	.00	.00	.07
1.441								52.15
1.441								.00
1.441								83.49
1.441								.33
1.441								30.00
1.441								.33
1.441								55.19
1.441								.00

RIO 15 RIO 1 PAR

LOCIDA (M/S)	TRAMO	TIRANTE (M)	VELOCIDAD (M/S)	AREA (M2)	GASTO SALIDA (M3/S)	GASTO SALIDA INUNDACION (M3/S)	AREA (M2)	GASTO AVENIDA (M3/S)
.499	1	2.570	.902	.454	.409	.000	.410	.110
.402	2	2.632	1.144	.454	.519	.000	.454	.080
.224	3	2.832	.223	.454	.101	-.498	.454	.230
.180	4	3.523	.594	.454	.269	-.062	.454	.519
.323	5	3.672	1.174	.650	.764	-.025	.650	.440
.561	6	3.572	1.005	.650	.654	-.550	.650	.070
.418	7	3.754	.943	.650	.614	-.119	.650	.120
.628	8	4.040	1.617	.454	.733	.000	.454	.090
.663	9	3.800	1.615	.454	.721	.000	.454	.100
.705	10	3.143	1.081	.454	.430	-.433	.454	.108
.711	11	3.313	.588	.650	.152	.000	.650	.440
.742	12	3.313	-.297	.650	-.293	-1.015	.650	.160
.774	13	3.164	-.267	.650	-.274	-.141	.650	.000
1.037	14	3.060	1.385	.650	.991	.000	.650	.040
1.038	15	2.663	1.446	.650	.940	.000	.650	.030
.761	16	2.704	1.078	.899	.869	.000	.899	.050
.772	17	2.668	1.152	.899	1.018	.000	.899	.040
.778	18	2.396	1.176	.899	1.057	.000	.899	-.384
.455	19	2.504	.747	.899	.671	.000	.899	.200
.460	20	2.574	.963	.899	.866	.000	.899	.330
.628	21	1.934	1.320	.899	1.187	.000	.899	-.612
1.124	22	1.499	.625	.899	.562	.000	.899	.200
1.096	23	1.395	.275	.899	.248	-.498	.899	.670
.521	24	1.901	.766	1.169	.896	.000	1.169	.070
.443	25	2.327	.801	1.169	.937	.000	1.169	.363
.607	26	2.303	1.026	1.169	1.199	.000	1.169	.330
1.123	27	1.617	1.273	1.169	1.488	.000	1.169	

TRAMO	TIRANTE (M)	VELOCIDAD (M/S)	AREA (M2)	GASTO SALIDA (M3/S)	GASTO SALIDA AREA INUNDACION (M3/S)	GASTO AVENIDA (M3/S)
1	.373	.162	.429	.070	.000	.001
2	.849	.232	.454	.105	.000	.000
3	1.320	.284	.454	.129	.000	.000
4	1.783	.352	.454	.160	.000	.001
5	2.226	.691	.650	.449	.000	.242
6	2.432	.776	.650	.504	.000	.001
7	2.736	.842	.650	.548	.000	.000
8	3.074	1.232	.454	.559	.000	.000
9	2.892	1.261	.454	.572	.000	.000
10	2.852	1.279	.454	.580	.000	.000
11	2.835	.866	.650	.563	.000	-.025
12	2.711	.885	.650	.575	.000	.002
13	2.347	.905	.650	.589	.000	.001
14	1.982	1.359	.650	.884	.000	.285
15	1.687	1.369	.650	.891	.000	.000
16	1.782	1.003	.899	.902	.000	.000
17	1.777	1.009	.899	.907	.000	.000
18	1.540	1.012	.899	.910	.000	.000
19	1.686	.757	.899	.681	.000	-.235
20	1.754	.765	.899	.688	.000	.001
21	1.221	.772	.899	.694	.000	.001
22	.975	1.062	.771	.818	.000	.116
23	.739	.981	.848	.832	.000	.001
24	1.141	.719	1.169	.840	.000	.002
25	1.592	.721	1.169	.843	.000	.000
26	1.573	.931	1.137	1.059	.000	.204
27	.942	1.441	.740	1.066	.000	.001

RIO 13 RIO 1 PAR

TRAMO	TIRANTE (M)	VELOCIDAD (M/S)	AREA (M2)	GASTO SALIDA (M3/S)	GASTO SALIDA AREA INUNDACION (M3/S)	GASTO AVENIDA (M3/S)
1	.104	.499	.016	.009	.000	.001
2	.039	.402	.011	.005	.000	.000
3	.059	.224	.003	.001	.000	.000
4	-.023	.180	.000	.000	.000	.001
5	.015	.323	.028	.009	.000	.003
6	.138	.561	.123	.125	.000	.001
7	.496	.418	.640	.268	.000	.000
8	.967	.628	.454	.285	.000	.000
9	1.007	.563	.454	.301	.000	.000
10	1.282	.705	.454	.320	.000	.000
11	1.898	.711	.650	.462	.000	.125
12	1.518	.742	.650	.483	.000	.002
13	1.215	.774	.650	.504	.000	.001
14	.915	1.097	.640	.663	.000	.136
15	.815	1.038	.650	.675	.000	.000
16	1.033	.761	.899	.685	.000	.000
17	1.149	.772	.894	.690	.000	.000
18	.966	.778	.893	.695	.000	.000
19	1.175	.455	.899	.409	.000	-.291
20	1.316	.460	.899	.414	.000	.001
21	.865	.628	.676	.424	.000	.001
22	.663	1.124	.405	.456	.000	.018
23	.331	1.096	.433	.475	.000	.001
24	.678	.531	.962	.501	.000	.002
25	1.173	.443	1.162	.515	.000	.000
26	1.233	.607	.896	.544	.000	.003
27	.706	1.123	.499	.560	.000	.001

TRAMO	TIRANTE (M)	VELOCIDAD (M/S)	AREA (M2)	GASTO SALIDA (M3/S)	GASTO SALIDA AREA INUNDACION (M3/S)	GASTO AVENIDA (M3/S)
1	.031	.311	.007	.002	.000	.001
2	.036	.321	.007	.002	.000	.000
3	.028	.317	.008	.003	.000	.000
4	.047	.208	.003	.001	.000	.001
5	-.016	.264	.040	.011	.000	.003
6	.232	.555	.026	.014	.000	.001
7	-.067	.343	.013	.004	.000	.000
8	.088	.226	.003	.001	.000	.000
9	-.093	.130	.005	.001	.000	.000
10	.189	.034	.260	.009	.000	.000
11	.659	.150	.542	.078	.000	.057
12	.699	.193	.473	.091	.000	.002
13	.530	.349	.289	.104	.000	.001
14	.344	.832	.148	.123	.000	.012
15	.180	.671	.198	.133	.000	.000
16	.551	.279	.575	.160	.000	.000
17	.703	.325	.547	.178	.000	.000
18	.566	.329	.562	.192	.000	.000
19	.822	.100	.806	.081	.000	-.132
20	1.001	.155	.714	.111	.000	.001
21	.599	.319	.432	.138	.000	.001
22	.452	.839	.193	.162	.000	.013
23	.127	.919	.186	.171	.000	.001
24	.406	.287	.654	.188	.000	.002
25	.909	.211	.962	.203	.000	.000
26	.998	.371	.656	.244	.000	.003
27	.516	.836	.311	.260	.000	.001
28	.292	.301	.301	.207	.000	.001

RIO 13 RIO 1 PAR

TRAMO	TIRANTE (M)	VELOCIDAD (M/S)	AREA (M2)	GASTO SALIDA (M3/S)	GASTO SALIDA AREA INUNDACION (M3/S)	GASTO AVENIDA (M3/S)
1	-.029	.301	.009	.003	.000	.001
2	.082	.399	.009	.004	.000	.000
3	-.014	.304	.009	.003	.000	.000
4	.099	.398	.012	.005	.000	.001
5	-.016	.233	.015	.003	.000	.003
6	.126	.487	.027	.013	.000	.001
7	.030	.624	.046	.029	.000	.000
8	.141	.531	.039	.021	.000	.000
9	.056	.390	.014	.005	.000	.000
10	.055	.043	.157	.007	.000	.000
11	.523	.044	.408	.012	.000	.007
12	.568	.066	.360	.024	.000	.002
13	.407	.143	.204	.029	.000	.001
14	.252	.630	.060	.038	.000	.006
15	.043	.453	.091	.041	.000	.000
16	.429	.118	.451	.053	.000	.000
17	.592	.132	.433	.057	.000	.000
18	.467	.124	.477	.059	.000	.000
19	.731	.095	.723	.069	.000	.006
20	.904	.108	.615	.066	.000	.001
21	.500	.208	.331	.069	.000	.001
22	.363	.625	.144	.090	.000	.009
23	.108	.886	.101	.000	.000	.001
24	.246	.209	.456	.095	.000	.002
25	.748	.116	.781	.088	.000	.000
26	.840	.227	.477	.109	.000	.003
27	.376	.607	.186	.113	.000	.001

RIO 13 RIO 1 PAR

TRAMO	TIRANTE (M)	VELOCIDAD (M/S)	AREA (M2)	GASTO SALIDA (M3/S)	GASTO SALIDA AREA INUNDACION (M3/S)	GASTO AVENIDA (M3/S)
1	-.018	.189	.003	.001	.000	.001
2	-.040	.237	.003	.001	.000	.000
3	-.008	.332	.004	.001	.000	.000
4	.059	.312	.008	.002	.000	.001
5	.007	.228	.010	.002	.000	.003
6	.076	.428	.024	.010	.000	.001
7	.061	.713	.063	.045	.000	.000
8	.168	.598	.055	.033	.000	.000
9	.093	.460	.017	.008	.000	.000
10	.019	.042	.137	.066	.000	.000
11	.496	.023	.383	.011	.000	.004
12	.540	.040	.384	.013	.000	.002
13	.379	.085	.183	.016	.000	.001
14	.230	.546	.039	.021	.000	.005
15	-.001	.376	.061	.023	.000	.000
16	.387	.061	.404	.025	.000	.000
17	.548	.065	.387	.025	.000	.000
18	.424	.060	.431	.026	.000	.000
19	.690	.067	.634	.046	.000	.021
20	.863	.038	.574	.050	.000	.001
21	.461	.192	.293	.056	.000	.001
22	.329	.538	.126	.068	.000	.012
23	.102	.844	.082	.069	.000	.001
24	.204	.178	.406	.072	.000	.002
25	.707	.101	.733	.074	.000	.000
26	.800	.192	.424	.083	.000	.003
27	.342	.546	.159	.036	.000	.001

COLECTOR IZTAPALAPA I

CARGAS Y GASTOS MAXIMOS

TRAMO No CARGA (M) GASTO (M3/SEG)

1	2.37	.409
2	2.63	.519
3	2.83	.428
4	3.32	.505
5	3.70	.776
6	3.53	.829
7	3.75	.717
8	4.04	.749
9	3.61	.823
10	3.14	.581
11	3.31	.572
12	3.31	.584
13	3.17	.604
14	3.07	.969
15	2.66	.985
16	2.71	1.010
17	2.67	1.030
18	2.40	1.063

19	2.51	.741
20	2.58	.878
21	1.96	1.207
22	1.58	.831
23	1.47	.854
24	1.97	1.224
25	2.44	1.221
26	2.47	1.432
27	1.82	1.757

DISTRIBUCION DE VOLUMENES EN EL SISTEMA. EN M3

REG. NOMINAL SIST. SEC.	REG. EFECTIVA SIST. SEC.	REG. COLEC. PPALES.	D E R R A M E	VOL. ALMAC. TEMPORALM.
760.80	739.59	.00	35439.92	739.59

COLECTOR IZTAPALAPA I

DISTRIBUCION DE DERRAMES EN EL SISTEMA

TRAMO No	PORC. C/R DERR. TOTAL	VOLUMEN (M3)
2	.013	4.70
3	1.721	609.94
4	.082	29.07
5	.052	18.44
6	1.921	680.63
7	.292	103.45
9	.096	2.09
10	2.218	785.91
12	4.773	1691.44
13	.348	125.45
15	.003	1.04
16	.012	4.14
17	.005	1.76
18	.001	.44
20	.001	.41
23	2.135	756.67
25	.003	1.00
26	.004	1.44
27	.002	1.02



TIEMPO EN MINUTOS= 0

QE= .02028

H( 1 )= 35.51551

H( 2 )= 36.035

H( 3 )= 36.07008

H( 4 )= 36.04701

H( 5 )= 36.07345

H( 6 )= 36.08783

H( 7 )= 36.275

H( 8 )= 36.72621

H( 9 )= 36.81399

H( 10 )= 37.43081

H( 11 )= 38.01159

H( 12 )= 38.18423

H( 13 )= 38.28458

H( 14 )= 40.90028

H( 15 )= 41.94508

H( 16 )= 43.78377

H( 17 )= 36.87025

H( 18 )= 37.70127

H( 19 )= 37.805

H( 20 )= 37.50592

H( 21 )= 36.145

H( 22 )= 36.58366

H( 23 )= 37.21217

H( 24 )= 37.91827

H( 25 )= 38.475

H( 26 )= 38.58

H( 27 )= 40.5

G( 1 , 0 )= -2.203897E-03 Y( 1 , 0 )=

5.825615E-02

G( 2 , 1 )= 1.504672E-03 Y( 2 , 1 )= .0252552

G( 3 , 2 )= 6.899849E-05 Y( 3 , 2 )=

1.252937E-02

G( 4 , 3 )= -3.142886E-03 Y( 4 , 3 )=

7.603455E-02

G( 17 , 3 )= 5.877604E-04 Y( 17 , 3 )=

1.515579E-02

G( 5 , 4 )= 2.966971E-02 Y( 5 , 4 )= .2302303

G( 6 , 5 )= 5.900534E-02 Y( 6 , 5 )= 3130436

G( 7 , 6 )= 5.958595E-02 Y( 7 , 6 )= 1583168

G( 21 , 6 )= 2.608068E-02 Y( 21 , 6 )=

.1563168

G( 8 , 7 )= 3.294319E-03 Y( 8 , 7 )=

3.810501E-02

G( 9 , 8 )= 3.851467E-03 Y( 9 , 8 )=

5.010033E-02

G( 10 , 9 )= 3.768205E-03 Y( 10 , 9 )=

3.989792E-02

G( 11 , 10 )= 2.889404E-03 Y( 11 , 10 )=

3.619957E-02

G( 12 , 11 )= 1.108805E-03 Y( 12 , 11 )=

3.041287E-02

G( 13 , 12 )= 1.465646E-03 Y( 13 , 12 )=

2.190399E-02

G( 14 , 13 )= 4.038101E-04 Y( 14 , 13 )=

9.929657E-03

G( 15 , 14 )= 3.826831E-04 Y( 15 , 14 )=

1.018333E-02

G( 16 , 15 )= 2.017613E-04 Y( 16 , 15 )=

6.92749E-03

G( 18 , 17 )= 3.4669E-04 Y( 18 , 17 )=

1.076126E-02

G( 19 , 18 )= 4.684331E-05 Y( 19 , 18 )=

8.134842E-03

G( 25 , 18 )= 1.617414E-04 Y( 25 , 18 )=

8.134842E-03

G( 20 , 19 )= -8.063212E-03 Y( 20 , 19 )=

.0654583

G( 22 , 21 )= 2.71521E-04 Y( 22 , 21 )=

1.182747E-02

G( 23 , 22 )= 6.008323E-04 Y( 23 , 22 )=

1.541519E-02

G( 24 , 23 )= 2.404919E-03 Y( 24 , 23 )=

3.521919E-02

G( 26 , 25 )= 4.077031E-04 Y( 26 , 25 )=

9.998322E-03

G( 27 , 26 )= 3.713147E-04 Y( 27 , 26 )=

9.998322E-03

Y critico= .138125

Q( 1 )= 1.026958E-02 Q( 2 )= 1.266667E-02 Q(

3 )= 0 Q( 4 )= 4.897403E-02 Q( 5 )= .1165576

Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 2.964793E-02 Q( 8 )=

3.033333E-02 Q( 9 )= .0339173 Q( 10 )= .022

Q( 11 )= .1076863 Q( 12 )= 8.615837E-02 Q(

13 )= 6.461486E-02 Q( 14 )= 2.300705E-02 Q(

15 )= .038 Q( 16 )= .1189821 Q( 17 )= .116539

Q( 18 )= 0 Q( 19 )= .0610061 Q( 20 )=

2.266667E-02 Q( 21 )= 9.981751E-02 Q( 22 )=

2.433333E-02 Q( 23 )= 4.919637E-02 Q( 24 )=

.1361868 Q( 25 )= 2.273588E-02 Q( 26 )=

4.458287E-02 Q( 27 )= .1968007 TIEMPO EN

MINUTOS= 5

QE= 1.516688

H( 1 )= 35.60426

H( 2 )= 36.03305

H( 3 )= 36.065

H( 4 )= 36.18011

H( 5 )= 36.20898

H( 6 )= 36.20827

H( 7 )= 36.275

H( 8 )= 36.83745

H( 9 )= 36.86534

H( 10 )= 37.4722

H( 11 )= 38.1375

H( 12 )= 38.16

H( 13 )= 39.285

H( 14 )= 40.9

H( 15 )= 41.945

H( 16 )= 43.79

H( 17 )= 36.865

H( 18 )= 37.705

H( 19 )= 37.84285

H( 20 )= 37.58861

H( 21 )= 36.24627

H( 22 )= 36.6296

H( 23 )= 37.24885

H( 24 )= 38.10409

H( 25 )= 38.52198

H( 26 )= 39.88158

H( 27 )= 40.906

G( 1 , 0 )= -1.887195E-03 Y( 1 , 0 )= .1336918

G( 2 , 1 )= 1.499649E-02 Y( 2 , 1 )=

6.865501E-02

G( 3 , 2 )= 6.741755E-05 Y( 3 , 2 )=

9.025574E-03

G( 4 , 3 )= 1.852285E-02 Y( 4 , 3 )= .1400528

G( 17 , 3 )= 8.199472E-04 Y( 17 , 3 )=

9.998322E-03

G( 5 , 4 )= .065602 Y( 5 , 4 )= .3645458

G( 6 , 5 )= 4.608621E-02 Y( 6 , 5 )= .4361267

G( 7, 6 )= 9.320833E-02 Y( 7, 6 )= .2116337  
G( 21, 6 )= 5.394922E-02 Y( 21, 6 )=  
.2622681  
G( 8, 7 )= 2.188444E-02 Y( 8, 7 )= .0937252  
G( 9, 8 )= 1.808519E-02 Y( 9, 8 )= .1313953  
G( 10, 9 )= 1.828438E-02 Y( 10, 9 )=  
8.627129E-02  
G( 11, 10 )= 3.637073E-02 Y( 11, 10 )=  
.1198502  
G( 12, 11 )= 6.713913E-03 Y( 12, 11 )=  
8.124733E-02  
G( 13, 12 )= 9.485648E-04 Y( 13, 12 )=  
9.998322E-03  
G( 14, 13 )= 1.052192E-03 Y( 14, 13 )=  
9.998322E-03  
G( 15, 14 )= 9.205192E-04 Y( 15, 14 )=  
9.998322E-03  
G( 16, 15 )= 1.118381E-03 Y( 16, 15 )=  
9.998322E-03  
G( 18, 17 )= 9.971142E-04 Y( 18, 17 )=  
9.998322E-03  
G( 19, 18 )= 1.25429E-03 Y( 19, 18 )=  
2.892303E-02  
G( 25, 18 )= 2.171852E-03 Y( 25, 18 )=  
3.349113E-02  
G( 20, 19 )= -3.057053E-02 Y( 20, 19 )=  
.1257286  
G( 22, 21 )= 1.545572E-02 Y( 22, 21 )=  
8.543587E-02  
G( 23, 22 )= 1.148484E-02 Y( 23, 22 )=  
5.672648E-02  
G( 24, 23 )= .0454132 Y( 24, 23 )=  
.1464691  
G( 26, 25 )= .030271 Y( 26, 25 )=  
7.927132E-02  
G( 27, 26 )= .176367 Y( 27, 26 )=  
.2587776  
Q( 1 )= 2.053915E-02 Q( 2 )= 2.533333E-02 Q(  
3 )= 0 Q( 4 )= 9.794805E-02 Q( 5 )= .2331151  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 5.929586E-02 Q( 8 )=  
6.066687E-02 Q( 9 )= 6.783481E-02 Q( 10 )=  
.044 Q( 11 )= .2153728 Q( 12 )= .1723127 Q(  
13 )= .1292297 Q( 14 )= .0460141 Q( 15 )=  
.076 Q( 16 )= .2379841 Q( 17 )= .2330781 Q(  
18 )= 0 Q( 19 )= .1220122 Q( 20 )= 4.533334E-  
02 Q( 21 )= .189635 Q( 22 )= 4.866687E-02 Q(  
23 )= 9.839274E-02 Q( 24 )= .2723736 Q( 25 )=  
4.547177E-02 Q( 26 )= 8.916575E-02 Q( 27 )=  
.3936014 TIEMPO EN MINUTOS= 10  
QE= 3.033377  
H( 1 )= 35.5115  
H( 2 )= 36.035  
H( 3 )= 36.08457  
H( 4 )= 36.40051  
H( 5 )= 36.43323  
H( 6 )= 36.4294  
H( 7 )= 36.41216  
H( 8 )= 36.97932  
H( 9 )= 37.01888  
H( 10 )= 37.58473  
H( 11 )= 38.25818  
H( 12 )= 38.26229  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.97084

H( 17 )= 36.99197  
H( 18 )= 37.705  
H( 19 )= 37.88743  
H( 20 )= 37.80811  
H( 21 )= 36.45067  
H( 22 )= 36.58  
H( 23 )= 37.205  
H( 24 )= 38.3615  
H( 25 )= 38.56265  
H( 26 )= 39.70178  
H( 27 )= 40.86875  
G( 1, 0 )= -9.281723E-03 Y( 1, 0 )= .0873127  
G( 2, 1 )= 3.639807E-03 Y( 2, 1 )=  
2.324867E-02  
G( 3, 2 )= 3.397398E-04 Y( 3, 2 )=  
1.978493E-02  
G( 4, 3 )= 9.541076E-02 Y( 4, 3 )= .2600422  
G( 17, 3 )= 4.131816E-05 Y( 17, 3 )=  
8.327103E-02  
G( 5, 4 )= .1772857 Y( 5, 4 )= .5868702  
G( 6, 5 )= 4.598757E-02 Y( 6, 5 )= .6588135  
G( 7, 6 )= 1.416942E-02 Y( 7, 6 )= .3907795  
G( 21, 6 )= .1324739 Y( 21, 6 )= .4750347  
G( 8, 7 )= .132742 Y( 8, 7 )= .233242  
G( 9, 8 )= 7.981173E-02 Y( 9, 8 )= .2791023  
G( 10, 9 )= .1253547 Y( 10, 9 )= .2193089  
G( 11, 10 )= .1434424 Y( 11, 10 )=  
.2364445  
G( 12, 11 )= 3.58861E-03 Y( 12, 11 )=  
.1927242  
G( 13, 12 )= 2.637211E-03 Y( 13, 12 )=  
8.114578E-02  
G( 14, 13 )= 8.552506E-05 Y( 14, 13 )=  
9.998322E-03  
G( 15, 14 )= 8.982264E-05 Y( 15, 14 )=  
9.998322E-03  
G( 16, 15 )= -9.061379E-04 Y( 16, 15 )=  
.10042  
G( 18, 17 )= 4.527454E-03 Y( 18, 17 )=  
7.348442E-02  
G( 19, 18 )= 4.737125E-03 Y( 19, 18 )=  
5.121613E-02  
G( 25, 18 )= 2.461515E-03 Y( 25, 18 )=  
5.382538E-02  
G( 20, 19 )= -9.812216E-02 Y( 20, 19 )=  
.2577724  
G( 22, 21 )= 5.003626E-02 Y( 22, 21 )=  
.1628342  
G( 23, 22 )= 5.451867E-04 Y( 23, 22 )=  
9.998322E-03  
G( 24, 23 )= .1543838 Y( 24, 23 )=  
.2532463  
G( 26, 25 )= 3.098235E-02 Y( 26, 25 )=  
.1097031  
G( 27, 26 )= .3239527 Y( 27, 26 )=  
.2502518  
Q( 1 )= 3.080873E-02 Q( 2 )= .038 Q( 3 )= 0 Q(  
4 )= .1489221 Q( 5 )= .3486727 Q( 6 )= 0 Q( 7  
)= 8.894379E-02 Q( 8 )= .091 Q( 9 )= .1017519  
Q( 10 )= .066 Q( 11 )= .323059 Q( 12 )=  
.2584691 Q( 13 )= .1938446 Q( 14 )=  
6.902116E-02 Q( 15 )= .114 Q( 16 )= .3569782  
Q( 17 )= .3496171 Q( 18 )= 0 Q( 19 )=  
.1830183 Q( 20 )= .068 Q( 21 )= .2994525 Q(  
22 )= .073 Q( 23 )= .1475891 Q( 24 )=  
.4085603 Q( 25 )= 6.820766E-02 Q( 26 )=

.1337488 Q( 27 ) = .5904021 TIEMPO EN

MINUTOS= 15

QE= 4.550065

H( 1 ) = 35.50596

H( 2 ) = 36.04801

H( 3 ) = 38.22798

H( 4 ) = 38.76832

H( 5 ) = 38.79689

H( 6 ) = 38.75281

H( 7 ) = 38.77802

H( 8 ) = 38.97358

H( 9 ) = 37.1773

H( 10 ) = 37.64471

H( 11 ) = 38.3352

H( 12 ) = 38.44489

H( 13 ) = 39.43787

H( 14 ) = 41.01813

H( 15 ) = 42.03361

H( 16 ) = 44.10822

H( 17 ) = 37.1856

H( 18 ) = 37.701

H( 19 ) = 38.0217

H( 20 ) = 38.04132

H( 21 ) = 38.67407

H( 22 ) = 36.57917

H( 23 ) = 37.27083

H( 24 ) = 38.56611

H( 25 ) = 38.475

H( 26 ) = 38.59

H( 27 ) = 41.45279

G( 1 , 0 ) = 7.803088E-03 Y( 1 , 0 ) =

8.454323E-02

G( 2 , 1 ) = 8.604302E-04 Y( 2 , 1 ) =

2.898328E-02

G( 3 , 2 ) = 1.444467E-02 Y( 3 , 2 ) =

9.799194E-02

G( 4 , 3 ) = 4.022964 Y( 4 , 3 ) = 5156498

G( 17 , 3 ) = .2492701 Y( 17 , 3 ) = .251791

G( 5 , 4 ) = .3658339 Y( 5 , 4 ) = .91

G( 6 , 5 ) = .0351882 Y( 6 , 5 ) = .91

G( 7 , 6 ) = .3048944 Y( 7 , 6 ) = .7354145

G( 21 , 6 ) = .2015479 Y( 21 , 6 ) = .7484436

G( 8 , 7 ) = .3364137 Y( 8 , 7 ) = .4132996

G( 9 , 8 ) = .2516396 Y( 9 , 8 ) = .355442

G( 10 , 9 ) = .2733038 Y( 10 , 9 ) = .3285046

G( 11 , 10 ) = .2380207 Y( 11 , 10 ) =

.3049545

G( 12 , 11 ) = .0474224 Y( 12 , 11 ) = 322548

G( 13 , 12 ) = .1783372 Y( 13 , 12 ) = 228878

G( 14 , 13 ) = 5.687818E-02 Y( 14 , 13 ) =

.1444969

G( 15 , 14 ) = 3.146933E-02 Y( 15 , 14 ) =

.1123876

G( 16 , 15 ) = .3086802 Y( 16 , 15 ) =

.2134113

G( 18 , 17 ) = 9.618722E-02 Y( 18 , 17 ) =

.1683006

G( 19 , 18 ) = 3.116607E-02 Y( 19 , 18 ) =

.1183502

G( 25 , 18 ) = 9.018366E-04 Y( 25 , 18 ) =

7.997513E-03

G( 20 , 19 ) = -3.446736E-03 Y( 20 , 19 ) =

.441516

G( 22 , 21 ) = 9.758809E-03 Y( 22 , 21 ) =

.2741241

G( 23 , 22 ) = 2.194037E-04 Y( 23 , 22 ) =

4.250145E-02

G( 24 , 23 ) = .2621724 Y( 24 , 23 ) = .38797

G( 26 , 25 ) = 1.887002E-03 Y( 26 , 25 ) =

9.998322E-03

G( 27 , 26 ) = -.4916414 Y( 27 , 26 ) =

.486393

Q( 1 ) = .032 Q( 2 ) = .038 Q( 3 ) = 0 Q( 4 ) = .158

Q( 5 ) = .438 Q( 6 ) = 0 Q( 7 ) = .096 Q( 8 ) = .091

Q( 9 ) = .115 Q( 10 ) = .066 Q( 11 ) = .4307453

Q( 12 ) = .3446255 Q( 13 ) = .228 Q( 14 ) = .077

Q( 15 ) = .114 Q( 16 ) = .408 Q( 17 ) = .417 Q( 18

) = 0 Q( 19 ) = .244 Q( 20 ) = .068 Q( 21 ) = .381

Q( 22 ) = .073 Q( 23 ) = .191 Q( 24 ) = .5447471

Q( 25 ) = .072 Q( 26 ) = .146 Q( 27 ) = .748

TIEMPO EN MINUTOS= 20

QE= 5.501118

H( 1 ) = 35.5384

H( 2 ) = 36.05809

H( 3 ) = 36.15531

H( 4 ) = 38.83204

H( 5 ) = 36.93363

H( 6 ) = 36.98051

H( 7 ) = 36.98922

H( 8 ) = 37.1086

H( 9 ) = 37.31409

H( 10 ) = 37.65619

H( 11 ) = 38.40129

H( 12 ) = 38.16

H( 13 ) = 39.285

H( 14 ) = 40.9

H( 15 ) = 41.945

H( 16 ) = 43.79

H( 17 ) = 36.8439

H( 18 ) = 37.70082

H( 19 ) = 38.2248

H( 20 ) = 38.23595

H( 21 ) = 36.83578

H( 22 ) = 36.66986

H( 23 ) = 37.30903

H( 24 ) = 38.61997

H( 25 ) = 38.475

H( 26 ) = 39.59

H( 27 ) = 42.09023

G( 1 , 0 ) = 8.600028E-03 Y( 1 , 0 ) = .1007633

G( 2 , 1 ) = 5.369652E-03 Y( 2 , 1 ) =

4.724503E-02

G( 3 , 2 ) = 7.480246E-03 Y( 3 , 2 ) =

6.569862E-02

G( 4 , 3 ) = 5012707 Y( 4 , 3 ) = 5111713

G( 17 , 3 ) = 5.848782E-02 Y( 17 , 3 ) =

9.460449E-02

G( 5 , 4 ) = .3869539 Y( 5 , 4 ) = .91

G( 8 , 5 ) = 5.104033E-02 Y( 6 , 5 ) = .91

G( 7 , 6 ) = .3704286 Y( 7 , 6 ) = .91

G( 21 , 6 ) = .3976808 Y( 21 , 6 ) = .76

G( 8 , 7 ) = .4512624 Y( 8 , 7 ) = .5864086

G( 9 , 8 ) = .4331775 Y( 9 , 8 ) = .4913425

G( 10 , 9 ) = .3803349 Y( 10 , 9 ) = .4026413

G( 11 , 10 ) = .3091437 Y( 11 , 10 ) =

.3437405

G( 12 , 11 ) = 5.639404E-02 Y( 12 , 11 ) =

.2131424

G( 13 , 12 ) = 2.10202E-03 Y( 13 , 12 ) =

9.998322E-03

$G(14, 13) = 2.838417E-03$   $Y(14, 13) = 9.998322E-03$   
 $G(15, 14) = 2.695224E-03$   $Y(15, 14) = 9.998322E-03$   
 $G(16, 15) = 2.215346E-03$   $Y(16, 15) = 9.998322E-03$   
 $G(18, 17) = 2.175602E-02$   $Y(18, 17) = 4.741287E-02$   
 $G(19, 18) = .1295245$   $Y(19, 18) = .217865$   
 $G(25, 18) = 9.872442E-04$   $Y(25, 18) = 7.961273E-03$   
 $G(20, 19) = -2.276328E-02$   $Y(20, 19) = .6403809$   
 $G(22, 21) = -5.14294E-04$   $Y(22, 21) = .400322$   
 $G(23, 22) = 1.910485E-02$   $Y(23, 22) = .1069469$   
 $G(24, 23) = .3422247$   $Y(24, 23) = .4344978$   
 $G(26, 25) = 1.854694E-03$   $Y(26, 25) = 9.998322E-03$   
 $G(27, 26) = -.4496041$   $Y(27, 26) = .8051128$   
 $Q(1) = .032$   $Q(2) = .038$   $Q(3) = 0$   $Q(4) = .168$   
 $Q(5) = .438$   $Q(6) = 0$   $Q(7) = .096$   $Q(8) = .091$   
 $Q(9) = .115$   $Q(10) = .066$   $Q(11) = .443$   $Q(12) = .4307818$   
 $Q(13) = .228$   $Q(14) = .077$   $Q(15) = .114$   
 $Q(16) = .408$   $Q(17) = .417$   $Q(18) = 0$   
 $Q(19) = .244$   $Q(20) = .068$   $Q(21) = .361$   $Q(22) = .073$   
 $Q(23) = .191$   $Q(24) = .63$   $Q(25) = .072$   $Q(26) = .146$   $Q(27) = .748$   
**TIEMPO EN MINUTOS = 25**  
**QE = 5.684782**  
 $H(1) = 35.65146$   
 $H(2) = 36.29205$   
 $H(3) = 37.00288$   
 $H(4) = 36.90016$   
 $H(5) = 36.81499$   
 $H(6) = 36.69718$   
 $H(7) = 37.14483$   
 $H(8) = 37.68652$   
 $H(9) = 37.95006$   
 $H(10) = 37.88719$   
 $H(11) = 38.45092$   
 $H(12) = 38.61208$   
 $H(13) = 39.285$   
 $H(14) = 40.9$   
 $H(15) = 41.945$   
 $H(16) = 44.11026$   
 $H(17) = 36.865$   
 $H(18) = 37.705$   
 $H(19) = 37.805$   
 $H(20) = 38.14595$   
 $H(21) = 36.32182$   
 $H(22) = 37.52682$   
 $H(23) = 37.205$   
 $H(24) = 37.875$   
 $H(25) = 38.475$   
 $H(26) = 39.59$   
 $H(27) = 41.10208$   
 $G(1, 0) = -5.403683E-03$   $Y(1, 0) = .1572933$   
 $G(2, 1) = .1518809$   $Y(2, 1) = .221756$   
 $G(3, 2) = .6984974$   $Y(3, 2) = .6074677$   
 $G(4, 3) = .6575637$   $Y(4, 3) = .91$   
 $G(17, 3) = .628239$   $Y(17, 3) = .478941$   
 $G(5, 4) = .4995571$   $Y(5, 4) = .91$

$G(6, 5) = .4995603$   $Y(6, 5) = .91$   
 $G(7, 6) = .137562$   $Y(7, 6) = .8859062$   
 $G(21, 6) = 2740547$   $Y(21, 6) = .5395031$   
 $G(8, 7) = 4.256205E-02$   $Y(8, 7) = .78$   
 $G(9, 8) = 4.844289E-02$   $Y(9, 8) = .76$   
 $G(10, 9) = .1237137$   $Y(10, 9) = .7361279$   
 $G(11, 10) = .3618682$   $Y(11, 10) = .384058$   
 $G(12, 11) = .0976548$   $Y(12, 11) = .4639674$   
 $G(13, 12) = .2378899$   $Y(13, 12) = .2360268$   
 $G(14, 13) = 1.632312E-03$   $Y(14, 13) = 9.998322E-03$   
 $G(15, 14) = 1.3644E-04$   $Y(15, 14) = 9.998322E-03$   
 $G(16, 15) = .024712$   $Y(16, 15) = .1701279$   
 $G(18, 17) = 6.435265E-05$   $Y(18, 17) = 9.998322E-03$   
 $G(19, 18) = 1.091966E-03$   $Y(19, 18) = 9.998322E-03$   
 $G(25, 18) = 6.066708E-05$   $Y(25, 18) = 9.998322E-03$   
 $G(20, 19) = .1943199$   $Y(20, 19) = .3854752$   
 $G(22, 21) = 8.498725E-07$   $Y(22, 21) = .5718193$   
 $G(23, 22) = .1280729$   $Y(23, 22) = .483408$   
 $G(24, 23) = 1.300367E-03$   $Y(24, 23) = 9.998322E-03$   
 $G(26, 25) = 6.069085E-05$   $Y(26, 25) = 9.998322E-03$   
 $G(27, 26) = .5804728$   $Y(27, 26) = .311039$   
 $Y_{critico} = .138125$   
 $Y_{critico} = .138125$   
 $Y_{critico} = .138125$   
 $Y_{critico} = .138125$   
 $Q(1) = .032$   $Q(2) = .038$   $Q(3) = 0$   $Q(4) = .168$   
 $Q(5) = .438$   $Q(6) = 0$   $Q(7) = .096$   $Q(8) = .091$   
 $Q(9) = .115$   $Q(10) = .066$   $Q(11) = .443$   $Q(12) = .4307818$   
 $Q(13) = .228$   $Q(14) = .077$   $Q(15) = .114$   
 $Q(16) = .408$   $Q(17) = .417$   $Q(18) = 0$   
 $Q(19) = .244$   $Q(20) = .068$   $Q(21) = .361$   $Q(22) = .073$   
 $Q(23) = .191$   $Q(24) = .63$   $Q(25) = .072$   $Q(26) = .146$   $Q(27) = .748$   
**TIEMPO EN MINUTOS = 30**  
**QE = 5.770938**  
 $H(1) = 35.52628$   
 $H(2) = 36.1002$   
 $H(3) = 36.77035$   
 $H(4) = 37.06855$   
 $H(5) = 37.10301$   
 $H(6) = 37.01862$   
 $H(7) = 37.36289$   
 $H(8) = 37.87506$   
 $H(9) = 38.1603$   
 $H(10) = 38.06483$   
 $H(11) = 38.37142$   
 $H(12) = 38.6789$   
 $H(13) = 39.59431$   
 $H(14) = 41.03381$   
 $H(15) = 42.03423$   
 $H(16) = 44.16855$   
 $H(17) = 36.865$   
 $H(18) = 37.705$

H( 10 )= 38.18544  
H( 20 )= 38.18411  
H( 21 )= 36.65326  
H( 22 )= 38.35715  
H( 23 )= 37.65408  
H( 24 )= 37.875  
H( 25 )= 38.85405  
H( 26 )= 40.46144  
H( 27 )= 40.5  
G( 1, 0 )= -8.296783E-03 Y( 1, 0 )= 9.470367E-02  
G( 2, 1 )= 1.284096E-02 Y( 2, 1 )= 6.324005E-02  
G( 3, 2 )= .2374848 Y( 3, 2 )= .3952751  
G( 4, 3 )= .8678019 Y( 4, 3 )= .91  
G( 17, 3 )= .3556923 Y( 17, 3 )= .3626747  
G( 5, 4 )= .7098057 Y( 5, 4 )= .91  
G( 6, 5 )= .709808 Y( 6, 5 )= .91  
G( 7, 6 )= .3487978 Y( 7, 6 )= .91  
G( 21, 6 )= .3810044 Y( 21, 6 )= .76  
G( 8, 7 )= .3488029 Y( 8, 7 )= .76  
G( 9, 8 )= .2577998 Y( 9, 8 )= .76  
G( 10, 9 )= .1427997 Y( 10, 9 )= .91  
G( 11, 10 )= .5517158 Y( 11, 10 )= .5331249  
G( 12, 11 )= .1878731 Y( 12, 11 )= .4578607  
G( 13, 12 )= 5.331148E-02 Y( 13, 12 )= .4241047  
G( 14, 13 )= 8.227199E-02 Y( 14, 13 )= .2315598  
G( 15, 14 )= 2.315532E-02 Y( 15, 14 )= .1215191  
G( 16, 15 )= .334712 Y( 16, 15 )= .2438989  
G( 18, 17 )= 2.094742E-03 Y( 18, 17 )= 9.998322E-03  
G( 19, 18 )= .0911801 Y( 19, 18 )= .2002182  
G( 25, 18 )= 3.928162E-03 Y( 25, 18 )= .1995239  
G( 20, 19 )= 8.832181E-02 Y( 20, 19 )= .5947762  
G( 22, 21 )= 2.275983E-06 Y( 22, 21 )= .91  
G( 23, 22 )= 7.535058E-07 Y( 23, 22 )= .61  
G( 24, 23 )= .0891739 Y( 24, 23 )= .2345371  
G( 26, 25 )= 1.4905 Y( 26, 25 )= .6352425  
G( 27, 26 )= .4281749 Y( 27, 26 )= .4457169  
Q( 1 )= 2.466459E-02 Q( 2 )= 2.895238E-02 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= .1234085 Q( 5 )= .3547237 Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 7.482281E-02 Q( 8 )= 6.933333E-02 Q( 9 )= 9.077318E-02 Q( 10 )= 5.028672E-02 Q( 11 )= .3880823 Q( 12 )= .5789813 Q( 13 )= .1818462 Q( 14 )= 6.056667E-02 Q( 15 )= 8.666714E-02 Q( 16 )= .3230071 Q( 17 )= .3337565 Q( 18 )= 0 Q( 19 )= .2004239 Q( 20 )= 5.180953E-02 Q( 21 )= .290528 Q( 22 )= 5.561905E-02 Q( 23 )= .15586 Q( 24 )= .5327237 Q( 25 )= 5.576037E-02 Q( 26 )= .1141556 Q( 27 )= .8074302 TIEMPO EN MINUTOS= 35 QE= 4.812352 H( 1 )= 35.485

H( 2 )= 36.036  
H( 3 )= 36.34721  
H( 4 )= 37.08532  
H( 5 )= 37.23117  
H( 6 )= 37.2388  
H( 7 )= 37.79898  
H( 8 )= 38.04388  
H( 9 )= 38.21767  
H( 10 )= 38.57603  
H( 11 )= 38.69807  
H( 12 )= 38.16  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.90318  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.79  
H( 17 )= 37.26049  
H( 18 )= 37.705  
H( 19 )= 38.18531  
H( 20 )= 38.13626  
H( 21 )= 38.83265  
H( 22 )= 38.30333  
H( 23 )= 37.26258  
H( 24 )= 37.875  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 41.72434  
G( 1, 0 )= -7.764534E-03 Y( 1, 0 )= 7.406235E-02  
G( 2, 1 )= 4.789108E-04 Y( 2, 1 )= 9.998322E-03  
G( 3, 2 )= 2.867335E-02 Y( 3, 2 )= .1511059  
G( 4, 3 )= .813338 Y( 4, 3 )= .7337666  
G( 17, 3 )= .2536815 Y( 17, 3 )= .3488503  
G( 5, 4 )= .8144525 Y( 5, 4 )= .91  
G( 6, 5 )= .8144564 Y( 6, 5 )= .91  
G( 7, 6 )= .516886 Y( 7, 6 )= .91  
G( 21, 6 )= .2975717 Y( 21, 6 )= .76  
G( 8, 7 )= .5168908 Y( 8, 7 )= .76  
G( 9, 8 )= .4453879 Y( 9, 8 )= .76  
G( 10, 9 )= .3522029 Y( 10, 9 )= .91  
G( 11, 10 )= .3003367 Y( 11, 10 )= .91  
G( 12, 11 )= 4.871831E-03 Y( 12, 11 )= .3615322  
G( 13, 12 )= 2.565025E-03 Y( 13, 12 )= 9.998322E-03  
G( 14, 13 )= 1.69497E-04 Y( 14, 13 )= 1.158714E-02  
G( 15, 14 )= 1.538392E-03 Y( 15, 14 )= 1.158714E-02  
G( 16, 15 )= 1.989802E-03 Y( 16, 15 )= 9.998322E-03  
G( 18, 17 )= .1295275 Y( 18, 17 )= .2077427  
G( 19, 18 )= .12487 Y( 19, 18 )= .2001572  
G( 25, 18 )= 8.408705E-04 Y( 25, 18 )= 9.998322E-03  
G( 20, 19 )= .1011382 Y( 20, 19 )= .5707874  
G( 22, 21 )= 4.196461E-06 Y( 22, 21 )= .91  
G( 23, 22 )= 1.40514E-06 Y( 23, 22 )= .61  
G( 24, 23 )= 9.350005E-03 Y( 24, 23 )= 3.878784E-02  
G( 26, 25 )= 1.212207E-03 Y( 26, 25 )= 9.998322E-03

G( 27 , 28 )=-.4676668 Y( 27 , 26 )=  
.8221676  
Q( 1 )= 1.732818E-02 Q( 2 )= 1.990476E-02 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 8.881707E-02 Q( 5 )= .2714474  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 5.364582E-02 Q( 8 )=  
4.786887E-02 Q( 9 )= 6.654631E-02 Q( 10 )=  
3.457143E-02 Q( 11 )= .2891646 Q( 12 )=  
.5273708 Q( 13 )= .1358923 Q( 14 )=  
4.413335E-02 Q( 15 )= 5.971428E-02 Q( 16 )=  
.2380141 Q( 17 )= .250513 Q( 18 )= 0 Q( 19 )=  
.1568478 Q( 20 )= 3.581805E-02 Q( 21 )=  
.2200559 Q( 22 )= 3.823809E-02 Q( 23 )=  
.12072 Q( 24 )= .4354475 Q( 25 )= 3.952075E-  
02 Q( 26 )= 8.231129E-02 Q( 27 )= .4688804  
TIEMPO EN MINUTOS= 40  
QE= 3.740151  
H( 1 )= 35.48452  
H( 2 )= 36.29711  
H( 3 )= 37.04788  
H( 4 )= 37.5274  
H( 5 )= 37.79005  
H( 6 )= 37.89365  
H( 7 )= 38.03045  
H( 8 )= 38.28667  
H( 9 )= 38.37252  
H( 10 )= 38.47779  
H( 11 )= 38.52831  
H( 12 )= 38.52802  
H( 13 )= 38.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.9758  
H( 17 )= 38.865  
H( 18 )= 37.705  
H( 19 )= 38.14173  
H( 20 )= 38.09769  
H( 21 )= 37.8325  
H( 22 )= 37.76781  
H( 23 )= 37.53731  
H( 24 )= 38.18252  
H( 25 )= 38.55798  
H( 26 )= 39.80077  
H( 27 )= 41.19044  
G( 1 , 0 )=-7.201508E-03 Y( 1 , 0 )=  
7.382393E-02  
G( 2 , 1 )= 9.896243E-02 Y( 2 , 1 )= .1408138  
G( 3 , 2 )= 8647648 Y( 3 , 2 )= 632494  
G( 4 , 3 )= 8895583 Y( 4 , 3 )= .91  
G( 17 , 3 )= .3813469 Y( 17 , 3 )= 50144  
G( 5 , 4 )= .7972824 Y( 5 , 4 )= .91  
G( 6 , 5 )= .5175023 Y( 6 , 5 )= .91  
G( 7 , 6 )= .6820701 Y( 7 , 6 )= .91  
G( 21 , 6 )=-.0445725 Y( 21 , 6 )= .76  
G( 8 , 7 )= .5063075 Y( 8 , 7 )= .76  
G( 9 , 8 )= .4564727 Y( 9 , 8 )= .76  
G( 10 , 9 )= .3875076 Y( 10 , 9 )= .91  
G( 11 , 10 )= .2926151 Y( 11 , 10 )=  
.8180523  
G( 12 , 11 )= 5.087579E-02 Y( 12 , 11 )=  
.4596653  
G( 13 , 12 )= 5.339677E-02 Y( 13 , 12 )=  
.1930084  
G( 14 , 13 )= 3.345308E-04 Y( 14 , 13 )=  
9.998322E-03  
G( 15 , 14 )= 1.32107E-04 Y( 15 , 14 )=  
9.998322E-03

G( 16 , 15 )=-2.603081E-03 Y( 16 , 15 )=  
.1029015  
G( 18 , 17 )= 3.306998E-04 Y( 18 , 17 )=  
9.998322E-03  
G( 19 , 18 )= 7.447804E-02 Y( 19 , 18 )=  
.1783657  
G( 25 , 18 )= 1.371867E-02 Y( 25 , 18 )=  
5.148868E-02  
G( 20 , 19 )=-4.686272E-02 Y( 20 , 19 )=  
.5297146  
G( 22 , 21 )=-.2716725 Y( 22 , 21 )= .91  
G( 23 , 22 )=-.3116471 Y( 23 , 22 )= .61  
G( 24 , 23 )= .1723579 Y( 24 , 23 )=  
.3299141  
G( 26 , 25 )= 7.131274E-02 Y( 26 , 25 )=  
.1568718  
G( 27 , 26 )= .8087626 Y( 27 , 26 )=  
.4606037  
Q( 1 )= 9.993766E-03 Q( 2 )= 1.085714E-02 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= .0542258 Q( 5 )= .1881711 Q( 6 )=  
0 Q( 7 )= 3.246872E-02 Q( 8 )= .026 Q( 9 )=  
4.231946E-02 Q( 10 )= 1.885714E-02 Q( 11 )=  
.2122468 Q( 12 )= .4757798 Q( 13 )=  
8.953846E-02 Q( 14 )= 2.770002E-02 Q( 15 )=  
3.257143E-02 Q( 16 )= .1530212 Q( 17 )=  
.1672695 Q( 18 )= 0 Q( 19 )= .1132717 Q( 20 )=  
1.942857E-02 Q( 21 )= .1495839 Q( 22 )=  
2.085714E-02 Q( 23 )= 8.557997E-02 Q( 24 )=  
.3381712 Q( 25 )= 2.328112E-02 Q( 26 )=  
5.046693E-02 Q( 27 )= .3282908 TIEMPO EN  
MINUTOS= 45  
QE= 2.667952  
H( 1 )= 35.485  
H( 2 )= 36.035  
H( 3 )= 36.83309  
H( 4 )= 37.35409  
H( 5 )= 37.8073  
H( 6 )= 37.75835  
H( 7 )= 37.88776  
H( 8 )= 38.14851  
H( 9 )= 38.27551  
H( 10 )= 38.39673  
H( 11 )= 38.49419  
H( 12 )= 38.5744  
H( 13 )= 38.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.9841  
H( 16 )= 43.95156  
H( 17 )= 37.04068  
H( 18 )= 37.74119  
H( 19 )= 38.17281  
H( 20 )= 38.16539  
H( 21 )= 37.79603  
H( 22 )= 37.81052  
H( 23 )= 37.7406  
H( 24 )= 38.22388  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.5  
G( 1 , 0 )=-7.543546E-03 Y( 1 , 0 )=  
7.406235E-02  
G( 2 , 1 )= 9.812268E-04 Y( 2 , 1 )=  
9.998322E-03  
G( 3 , 2 )= 5239823 Y( 3 , 2 )= 4440422  
G( 4 , 3 )= 8099403 Y( 4 , 3 )= .91

G( 17, 3 )= 7.480303E-02 Y( 17, 3 )=  
 .5318832  
 G( 5, 4 )= .752248 Y( 5, 4 )= .91  
 G( 8, 5 )= .5557547 Y( 8, 5 )= .91  
 G( 7, 6 )= .5794904 Y( 7, 6 )= .91  
 G( 21, 6 )= -2.373782E-02 Y( 21, 8 )= .76  
 G( 8, 7 )= .5449035 Y( 8, 7 )= .76  
 G( 8, 8 )= .5167303 Y( 8, 8 )= .76  
 G( 10, 9 )= .4719908 Y( 10, 9 )= .81  
 G( 11, 10 )= .395951 Y( 11, 10 )=  
 .7904618  
 G( 12, 11 )= .1541377 Y( 12, 11 )=  
 .4667969  
 G( 13, 12 )= .2025388 Y( 13, 12 )=  
 .2171993  
 G( 14, 13 )= 2.238959E-04 Y( 14, 13 )=  
 9.998322E-03  
 G( 15, 14 )= 9.951222E-04 Y( 15, 14 )=  
 2.954674E-02  
 G( 16, 15 )= .1433239 Y( 16, 15 )=  
 .1103287  
 G( 18, 17 )= 5.850302E-02 Y( 18, 17 )=  
 .1159383  
 G( 19, 18 )= .1232642 Y( 19, 18 )=  
 .2119099  
 G( 25, 18 )= 5.154198E-03 Y( 25, 18 )=  
 2.809525E-02  
 G( 20, 19 )= 4.374934E-02 Y( 20, 19 )=  
 .5790977  
 G( 22, 21 )= -.1803623 Y( 22, 21 )= .91  
 G( 23, 22 )= -.2029618 Y( 23, 22 )= .81  
 G( 24, 23 )= .289162 Y( 24, 23 )= .45224  
 G( 26, 25 )= 2.053197E-03 Y( 26, 25 )=  
 9.998322E-03  
 G( 27, 26 )= 4.187995E-03 Y( 27, 26 )=  
 9.998322E-03  
 Q( 1 )= 2.856354E-03 Q( 2 )= 1.809524E-03 Q(  
 3 )= 0 Q( 4 )= 1.963413E-02 Q( 5 )= .1048948  
 Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 1.128163E-02 Q( 8 )=  
 4.333333E-03 Q( 9 )= 1.809262E-02 Q( 10 )=  
 3.142857E-03 Q( 11 )= .1353291 Q( 12 )=  
 .4241892 Q( 13 )= 4.338462E-02 Q( 14 )=  
 1.126666E-02 Q( 15 )= 5.428571E-03 Q( 16 )=  
 6.802832E-02 Q( 17 )= .084026 Q( 18 )= 0 Q(  
 19 )= 6.998562E-02 Q( 20 )= 3.238095E-03 Q(  
 21 )= 7.911188E-02 Q( 22 )= 3.47619E-03 Q(  
 23 )= 5.043996E-02 Q( 24 )= .2408949 Q( 25 )=  
 7.041499E-03 Q( 26 )= 1.862258E-02 Q( 27 )=  
 .1857208 TIEMPO EN MINUTOS= 50  
 QE= 1.595751  
 H( 1 )= 35.485  
 H( 2 )= 36.10051  
 H( 3 )= 36.9511  
 H( 4 )= 37.44502  
 H( 5 )= 37.76967  
 H( 6 )= 38.02512  
 H( 7 )= 38.08543  
 H( 8 )= 38.20006  
 H( 9 )= 38.26063  
 H( 10 )= 38.33516  
 H( 11 )= 38.38826  
 H( 12 )= 38.6295  
 H( 13 )= 38.285  
 H( 14 )= 40.91703  
 H( 15 )= 41.945  
 H( 16 )= 43.79

H( 17 )= 36.865  
 H( 18 )= 37.705  
 H( 19 )= 38.1338  
 H( 20 )= 38.14719  
 H( 21 )= 38.19518  
 H( 22 )= 38.23008  
 H( 23 )= 38.43575  
 H( 24 )= 38.73922  
 H( 25 )= 38.475  
 H( 26 )= 39.59  
 H( 27 )= 40.5  
 G( 1, 0 )= -6.711409E-03 Y( 1, 0 )=  
 7.406235E-02  
 G( 2, 1 )= 2.091411E-04 Y( 2, 1 )=  
 4.275131E-02  
 G( 3, 2 )= .4431517 Y( 3, 2 )= 4857998  
 G( 4, 3 )= 8897638 Y( 4, 3 )= .91  
 G( 17, 3 )= -7.505581E-02 Y( 17, 3 )=  
 .4530468  
 G( 5, 4 )= .866671 Y( 5, 4 )= .91  
 G( 6, 5 )= .7534442 Y( 6, 5 )= .91  
 G( 7, 6 )= .3574914 Y( 7, 6 )= .91  
 G( 21, 6 )= .3959474 Y( 21, 6 )= .76  
 G( 8, 7 )= .344072 Y( 8, 7 )= .76  
 G( 8, 8 )= .3375777 Y( 8, 8 )= .76  
 G( 10, 9 )= .3170582 Y( 10, 9 )= .91  
 G( 11, 10 )= .2243092 Y( 11, 10 )=  
 .6767082  
 G( 12, 11 )= .2166131 Y( 12, 11 )=  
 .4413795  
 G( 13, 12 )= .1775021 Y( 13, 12 )=  
 .2447491  
 G( 14, 13 )= 1.249339E-03 Y( 14, 13 )=  
 1.851654E-02  
 G( 15, 14 )= 1.54677E-03 Y( 15, 14 )=  
 1.851654E-02  
 G( 16, 15 )= 7.110509E-04 Y( 16, 15 )=  
 9.998322E-03  
 G( 18, 17 )= 1.318093E-03 Y( 18, 17 )=  
 9.998322E-03  
 G( 19, 18 )= 8.698646E-02 Y( 19, 18 )=  
 .1744603  
 G( 25, 18 )= 3.6215E-04 Y( 25, 18 )=  
 9.998322E-03  
 G( 20, 19 )= 2.574609E-02 Y( 20, 19 )=  
 .5504971  
 G( 22, 21 )= .3097916 Y( 22, 21 )= 91  
 G( 23, 22 )= .3045754 Y( 23, 22 )= .61  
 G( 24, 23 )= .2506228 Y( 24, 23 )= .61  
 G( 26, 25 )= 1.439315E-04 Y( 26, 25 )=  
 9.998322E-03  
 G( 27, 26 )= 6.642261E-05 Y( 27, 26 )=  
 9.998322E-03  
 Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )=  
 2.161853E-02 Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q(  
 9 )= 0 Q( 10 )= 0 Q( 11 )= 5.841134E-02 Q( 12  
 )= .3725985 Q( 13 )= 0 Q( 14 )= 0 Q( 15 )= 0  
 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 7.825036E-04 Q( 18 )= 0  
 Q( 19 )= 2.611953E-02 Q( 20 )= 0 Q( 21 )=  
 8.639856E-03 Q( 22 )= 0 Q( 23 )= 1.529995E-  
 02 Q( 24 )= .1436187 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0 Q(  
 27 )= .045151 TIEMPO EN MINUTOS= 55  
 QE= .6922399  
 H( 1 )= 35.505  
 H( 2 )= 36.19896  
 H( 3 )= 36.93467

H( 4 )= 37.26271  
H( 5 )= 37.4895  
H( 6 )= 37.70797  
H( 7 )= 37.77785  
H( 8 )= 37.93447  
H( 9 )= 38.01929  
H( 10 )= 38.11761  
H( 11 )= 38.18653  
H( 12 )= 38.50864  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.78001  
H( 17 )= 36.8914  
H( 18 )= 37.705  
H( 19 )= 38.09558  
H( 20 )= 38.09818  
H( 21 )= 37.79529  
H( 22 )= 37.82863  
H( 23 )= 37.98451  
H( 24 )= 38.13221  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.63386  
G( 1, 0 )= -7.550436E-03 Y( 1, 0 )= 8.406636E-02  
G( 2, 1 )= 7.503783E-02 Y( 2, 1 )= .101884  
G( 3, 2 )= .6160111 Y( 3, 2 )= .5268154  
G( 4, 3 )= .7288231 Y( 4, 3 )= .91  
G( 17, 3 )= -7.965904E-02 Y( 17, 3 )= .4580384  
G( 5, 4 )= .7286214 Y( 5, 4 )= .91  
G( 6, 5 )= .6989758 Y( 6, 5 )= .91  
G( 7, 8 )= .4213043 Y( 7, 8 )= .91  
G( 21, 6 )= .2776834 Y( 21, 6 )= .76  
G( 8, 7 )= .4213026 Y( 8, 7 )= .76  
G( 9, 8 )= .4213038 Y( 9, 8 )= .76  
G( 10, 9 )= .4213067 Y( 10, 9 )= .91  
G( 11, 10 )= .2398128 Y( 11, 10 )= .4670715  
G( 12, 11 )= .1218091 Y( 12, 11 )= .2790833  
G( 13, 12 )= .1176038 Y( 13, 12 )= .1833172  
G( 14, 13 )= 3.731255E-04 Y( 14, 13 )= 9.998322E-03  
G( 15, 14 )= 2.46216E-04 Y( 15, 14 )= 9.998322E-03  
G( 16, 15 )= 9.624704E-05 Y( 16, 15 )= 5.00679E-03  
G( 18, 17 )= 4.517953E-04 Y( 18, 17 )= 2.320099E-02  
G( 19, 18 )= 5.244329E-02 Y( 19, 18 )= .1552906  
G( 25, 18 )= 1.221001E-04 Y( 25, 18 )= 9.998322E-03  
G( 20, 19 )= 2.327752E-02 Y( 20, 19 )= .5058804  
G( 22, 21 )= .2619782 Y( 22, 21 )= .91  
G( 23, 22 )= .261981 Y( 23, 22 )= .61  
G( 24, 23 )= .1895292 Y( 24, 23 )= .5283604  
G( 26, 25 )= 3.665587E-04 Y( 26, 25 )= 9.998322E-03  
G( 27, 26 )= 2.765491E-02 Y( 27, 26 )= 7.682991E-02

Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )= 0  
Q( 11 )= 0 Q( 12 )= .3210077 Q( 13 )= 0 Q( 14 )= 0  
Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q( 18 )= 0  
Q( 19 )= 0 Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22 )= 0  
Q( 23 )= 0 Q( 24 )= 4.634241E-02 Q( 25 )= 0  
Q( 26 )= 0 Q( 27 )= 0 TIEMPO EN MINUTOS= 60  
QE= .3673501  
H( 1 )= 35.485  
H( 2 )= 36.035  
H( 3 )= 36.88494  
H( 4 )= 37.15163  
H( 5 )= 37.33601  
H( 6 )= 37.52686  
H( 7 )= 37.59077  
H( 8 )= 37.73288  
H( 9 )= 37.80985  
H( 10 )= 37.82818  
H( 11 )= 37.995  
H( 12 )= 38.18  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.78008  
H( 17 )= 36.91887  
H( 18 )= 37.7386  
H( 19 )= 38.04382  
H( 20 )= 38.0437  
H( 21 )= 37.59901  
H( 22 )= 37.62673  
H( 23 )= 37.76808  
H( 24 )= 37.82059  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49881  
G( 1, 0 )= -7.253651E-03 Y( 1, 0 )= 7.406235E-02  
G( 2, 1 )= 8.908341E-04 Y( 2, 1 )= 9.998322E-03  
G( 3, 2 )= .4656099 Y( 3, 2 )= .4199715  
G( 4, 3 )= .6513652 Y( 4, 3 )= .91  
G( 17, 3 )= -3.849636E-02 Y( 17, 3 )= .446909  
G( 5, 4 )= .6513683 Y( 5, 4 )= .91  
G( 6, 5 )= .6513631 Y( 6, 5 )= .91  
G( 7, 8 )= .4004118 Y( 7, 8 )= .91  
G( 21, 6 )= .2509575 Y( 21, 6 )= .76  
G( 8, 7 )= .4004126 Y( 8, 7 )= .76  
G( 9, 8 )= .4004117 Y( 9, 8 )= .76  
G( 10, 9 )= .2776062 Y( 10, 9 )= .7365189  
G( 11, 10 )= .1032069 Y( 11, 10 )= .2265911  
G( 12, 11 )= 6.831315E-04 Y( 12, 11 )= 9.998322E-03  
G( 13, 12 )= 1.637197E-03 Y( 13, 12 )= 9.998322E-03  
G( 14, 13 )= 1.76044E-04 Y( 14, 13 )= 9.998322E-03  
G( 15, 14 )= 2.002853E-04 Y( 15, 14 )= 9.998322E-03  
G( 16, 15 )= 8.778137E-05 Y( 16, 15 )= 5.039215E-03  
G( 18, 17 )= 1.324586E-02 Y( 18, 17 )= 5.383492E-02



G( 19 , 18 )= 4.848824E-02 Y( 19 , 18 )= .1483108  
G( 25 , 18 )= 1.896071E-03 Y( 25 , 18 )= 2.689743E-02  
G( 20 , 19 )= 2.621522E-02 Y( 20 , 19 )= .453764  
G( 22 , 21 )= .2508533 Y( 22 , 21 )= .91  
G( 23 , 22 )= .2508574 Y( 23 , 22 )= .81  
G( 24 , 23 )= .1312286 Y( 24 , 23 )= .3143349  
G( 26 , 25 )= 3.965675E-04 Y( 26 , 25 )= 9.998322E-03  
G( 27 , 26 )= 4.620613E-04 Y( 27 , 26 )= 9.405138E-03  
Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )= 0  
Q( 11 )= 0 Q( 12 )= .268417 Q( 13 )= 0 Q( 14 )= 0  
Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q( 18 )= 0  
Q( 19 )= 0 Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22 )= 0 Q( 23 )= 0  
Q( 24 )= 0 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0 Q( 27 )= 0  
TIEMPO EN MINUTOS= 65  
QE= .268417  
H( 1 )= 35.485  
H( 2 )= 36.09067  
H( 3 )= 36.88544  
H( 4 )= 37.07013  
H( 5 )= 37.18783  
H( 6 )= 37.33  
H( 7 )= 37.37169  
H( 8 )= 37.47171  
H( 9 )= 37.52578  
H( 10 )= 37.54284  
H( 11 )= 37.995  
H( 12 )= 38.34552  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.78781  
H( 17 )= 36.865  
H( 18 )= 37.705  
H( 19 )= 38.00208  
H( 20 )= 38.00308  
H( 21 )= 37.37989  
H( 22 )= 37.39927  
H( 23 )= 37.42884  
H( 24 )= 37.875  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49888  
G( 1 , 0 )= -6.720013E-03 Y( 1 , 0 )= 7.406235E-02  
G( 2 , 1 )= 3.886071E-04 Y( 2 , 1 )= 3.783417E-02  
G( 3 , 2 )= 3832552 Y( 3 , 2 )= 4480553  
G( 4 , 3 )= 5513777 Y( 4 , 3 )= .81  
G( 17 , 3 )= -2.963327E-02 Y( 17 , 3 )= .4202194  
G( 5 , 4 )= 5513778 Y( 5 , 4 )= .91  
G( 6 , 5 )= 5513747 Y( 6 , 5 )= .91  
G( 7 , 6 )= 3436524 Y( 7 , 6 )= .91  
G( 21 , 6 )= .2077239 Y( 21 , 6 )= .76  
G( 8 , 7 )= 3436433 Y( 8 , 7 )= .76  
G( 9 , 8 )= 3436413 Y( 9 , 8 )= .76  
G( 10 , 9 )= .1528737 Y( 10 , 9 )= 4518089  
G( 11 , 10 )= 1.853071E-02 Y( 11 , 10 )= 8.391762E-02

G( 12 , 11 )= -4.105855E-04 Y( 12 , 11 )= .1027603  
G( 13 , 12 )= 9.357675E-03 Y( 13 , 12 )= .1027603  
G( 14 , 13 )= 2.771153E-04 Y( 14 , 13 )= 9.998322E-03  
G( 15 , 14 )= 1.076393E-04 Y( 15 , 14 )= 9.998322E-03  
G( 16 , 15 )= 1.38802E-04 Y( 16 , 15 )= 8.905411E-03  
G( 18 , 17 )= 6.436423E-04 Y( 18 , 17 )= 9.998322E-03  
G( 19 , 18 )= 2.978218E-02 Y( 19 , 18 )= .1085396  
G( 25 , 18 )= 5.110348E-04 Y( 25 , 18 )= 9.998322E-03  
G( 20 , 19 )= 1.491851E-02 Y( 20 , 19 )= .4125805  
G( 22 , 21 )= .2077219 Y( 22 , 21 )= .91  
G( 23 , 22 )= 1839614 Y( 23 , 22 )= .5315552  
G( 24 , 23 )= 3.338258E-02 Y( 24 , 23 )= .1219196  
G( 26 , 25 )= 4.04772E-04 Y( 26 , 25 )= 9.998322E-03  
G( 27 , 26 )= 4.420225E-04 Y( 27 , 26 )= 9.439468E-03  
Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )= 0  
Q( 11 )= 0 Q( 12 )= .2178263 Q( 13 )= 0 Q( 14 )= 0  
Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q( 18 )= 0  
Q( 19 )= 0 Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22 )= 0  
Q( 23 )= 0 Q( 24 )= 0 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0  
TIEMPO EN MINUTOS= 70  
QE= .2178263  
H( 1 )= 35.50168  
H( 2 )= 36.17538  
H( 3 )= 36.85466  
H( 4 )= 36.9707  
H( 5 )= 37.05093  
H( 6 )= 37.13398  
H( 7 )= 37.16463  
H( 8 )= 37.21558  
H( 9 )= 37.24548  
H( 10 )= 37.395  
H( 11 )= 38.00218  
H( 12 )= 38.41491  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.79  
H( 17 )= 36.865  
H( 18 )= 37.73786  
H( 19 )= 37.97533  
H( 20 )= 37.97549  
H( 21 )= 37.15734  
H( 22 )= 37.17347  
H( 23 )= 37.205  
H( 24 )= 37.87427  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49889  
G( 1 , 0 )= -7.422942E-03 Y( 1 , 0 )= 8.239174E-02  
G( 2 , 1 )= 5.272195E-02 Y( 2 , 1 )= 8.851624E-02

G( 3 , 2 ) = .5054441    Y( 3 , 2 ) = .4750156  
 G( 4 , 3 ) = .4417153    Y( 4 , 3 ) = .91  
 G( 17 , 3 ) = 3.511422E-02    Y( 17 , 3 ) =  
 .4048271  
 G( 5 , 4 ) = .4417135    Y( 5 , 4 ) = .91  
 G( 6 , 5 ) = .4417163    Y( 6 , 5 ) = .91  
 G( 7 , 6 ) = .2881259    Y( 7 , 6 ) = .91  
 G( 21 , 6 ) = .1535753    Y( 21 , 6 ) = .76  
 G( 8 , 7 ) = .2789557    Y( 8 , 7 ) = .7276058  
 G( 9 , 8 ) = .2238509    Y( 9 , 8 ) = .5105305  
 G( 10 , 9 ) = .1052405    Y( 10 , 9 ) = .2377396  
 G( 11 , 10 ) = 2.576381E-04    Y( 11 , 10 ) =  
 1.358986E-02  
 G( 12 , 11 ) = 4.600776E-02    Y( 12 , 11 ) =  
 .1410465  
 G( 13 , 12 ) = 7.808235E-02    Y( 13 , 12 ) =  
 .137455  
 G( 14 , 13 ) = 2.952065E-04    Y( 14 , 13 ) =  
 9.998322E-03  
 G( 15 , 14 ) = 2.320984E-04    Y( 15 , 14 ) =  
 9.998322E-03  
 G( 16 , 15 ) = 2.51108E-04    Y( 16 , 15 ) =  
 9.998322E-03  
 G( 18 , 17 ) = 1.904155E-03    Y( 18 , 17 ) =  
 2.642822E-02  
 G( 19 , 18 ) = 2.607643E-02    Y( 19 , 18 ) =  
 .1115952  
 G( 25 , 18 ) = 1.901813E-03    Y( 25 , 18 ) =  
 2.642822E-02  
 G( 20 , 19 ) = 1.185226E-02    Y( 20 , 19 ) =  
 .3854141  
 G( 22 , 21 ) = .1327392    Y( 22 , 21 ) =  
 .8129063  
 G( 23 , 22 ) = .1513828    Y( 23 , 22 ) =  
 .3087341  
 G( 24 , 23 ) = 1.442884E-04    Y( 24 , 23 ) =  
 9.634018E-03  
 G( 26 , 25 ) = 4.089372E-04    Y( 26 , 25 ) =  
 9.998322E-03  
 G( 27 , 26 ) = 4.34892E-04    Y( 27 , 26 ) =  
 9.44619E-03  
 Q( 1 ) = 0    Q( 2 ) = 0    Q( 3 ) = 0    Q( 4 ) = 0    Q( 5 ) = 0  
 Q( 6 ) = 0    Q( 7 ) = 0    Q( 8 ) = 0    Q( 9 ) = 0    Q( 10 ) = 0  
 Q( 11 ) = 0    Q( 12 ) = 0    Q( 13 ) = 0    Q( 14 ) = 0  
 Q( 15 ) = 0    Q( 16 ) = 0    Q( 17 ) = 0    Q( 18 ) = 0  
 Q( 19 ) = 0    Q( 20 ) = 0    Q( 21 ) = 0    Q( 22 ) = 0  
 Q( 23 ) = 0    Q( 24 ) = 0    Q( 25 ) = 0    Q( 26 ) = 0    Q( 27 ) = 0  
 TIEMPO EN MINUTOS = 75  
 QE = .1682356  
 H( 1 ) = 35.485  
 H( 2 ) = 36.035  
 H( 3 ) = 36.79578  
 H( 4 ) = 36.8199  
 H( 5 ) = 36.8355  
 H( 6 ) = 36.85165  
 H( 7 ) = 36.88203  
 H( 8 ) = 36.94796  
 H( 9 ) = 37.0531  
 H( 10 ) = 37.395  
 H( 11 ) = 37.99199  
 H( 12 ) = 38.16  
 H( 13 ) = 39.285  
 H( 14 ) = 40.9  
 H( 15 ) = 41.945  
 H( 16 ) = 43.78954  
 H( 17 ) = 36.865

H( 18 ) = 37.72161  
 H( 19 ) = 37.95355  
 H( 20 ) = 37.95237  
 H( 21 ) = 36.82866  
 H( 22 ) = 36.72748  
 H( 23 ) = 37.1958  
 H( 24 ) = 37.87221  
 H( 25 ) = 38.475  
 H( 26 ) = 39.59  
 H( 27 ) = 40.4989  
 G( 1 , 0 ) = -7.174501E-03    Y( 1 , 0 ) =  
 7.406235E-02  
 G( 2 , 1 ) = 7.906181E-04    Y( 2 , 1 ) =  
 9.998322E-03  
 G( 3 , 2 ) = 3.664721    Y( 3 , 2 ) = .3753872  
 G( 4 , 3 ) = .237175    Y( 4 , 3 ) = .8253384  
 G( 17 , 3 ) = .1978467    Y( 17 , 3 ) = .3753872  
 G( 5 , 4 ) = .2357925    Y( 5 , 4 ) = .91  
 G( 6 , 5 ) = .2357939    Y( 6 , 5 ) = .91  
 G( 7 , 6 ) = .3749954    Y( 7 , 6 ) = .8368397  
 G( 21 , 6 ) = .1503917    Y( 21 , 6 ) = .76  
 G( 8 , 7 ) = .2550683    Y( 8 , 7 ) = .4524937  
 G( 9 , 8 ) = .1451067    Y( 9 , 8 ) = .2805309  
 G( 10 , 9 ) = 5.233983E-02    Y( 10 , 9 ) =  
 .1415501  
 G( 11 , 10 ) = 2.057881E-04    Y( 11 , 10 ) =  
 8.491516E-03  
 G( 12 , 11 ) = 4.109429E-04    Y( 12 , 11 ) =  
 8.491516E-03  
 G( 13 , 12 ) = 1.217239E-03    Y( 13 , 12 ) =  
 9.998322E-03  
 G( 14 , 13 ) = 2.86424E-04    Y( 14 , 13 ) =  
 9.998322E-03  
 G( 15 , 14 ) = 2.312577E-04    Y( 15 , 14 ) =  
 9.998322E-03  
 G( 16 , 15 ) = 3.958264E-04    Y( 16 , 15 ) =  
 9.787532E-03  
 G( 18 , 17 ) = 9.517565E-04    Y( 18 , 17 ) =  
 1.830673E-02  
 G( 19 , 18 ) = 1.766715E-02    Y( 19 , 18 ) =  
 9.258461E-02  
 G( 25 , 18 ) = 8.782577E-04    Y( 25 , 18 ) =  
 1.830673E-02  
 G( 20 , 19 ) = 7.382205E-03    Y( 20 , 19 ) =  
 .3829627  
 G( 22 , 21 ) = .1554245    Y( 22 , 21 ) =  
 .4255714  
 G( 23 , 22 ) = 2.148945E-02    Y( 23 , 22 ) =  
 7.913971E-02  
 G( 24 , 23 ) = 4.65412E-05    Y( 24 , 23 ) =  
 4.003525E-03  
 G( 26 , 25 ) = 4.075032E-04    Y( 26 , 25 ) =  
 9.998322E-03  
 G( 27 , 26 ) = 4.326955E-04    Y( 27 , 26 ) =  
 9.449005E-03  
 Q( 1 ) = 0    Q( 2 ) = 0    Q( 3 ) = 0    Q( 4 ) = 0    Q( 5 ) = 0  
 Q( 6 ) = 0    Q( 7 ) = 0    Q( 8 ) = 0    Q( 9 ) = 0    Q( 10 ) = 0  
 Q( 11 ) = 0    Q( 12 ) = .1146449    Q( 13 ) = 0    Q( 14 ) = 0  
 Q( 15 ) = 0    Q( 16 ) = 0    Q( 17 ) = 0    Q( 18 ) = 0  
 Q( 19 ) = 0    Q( 20 ) = 0    Q( 21 ) = 0    Q( 22 ) = 0  
 Q( 23 ) = 0    Q( 24 ) = 0    Q( 25 ) = 0    Q( 26 ) = 0    Q( 27 ) = 0  
 TIEMPO EN MINUTOS = 80  
 QE = .1146449  
 H( 1 ) = 35.485  
 H( 2 ) = 36.08356  
 H( 3 ) = 36.72278

H( 4 )= 36.71986  
H( 5 )= 36.71767  
H( 6 )= 36.7154  
H( 7 )= 36.70794  
H( 8 )= 36.69942  
H( 9 )= 36.98819  
H( 10 )= 37.395  
H( 11 )= 37.9904  
H( 12 )= 38.23378  
H( 13 )= 38.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.79  
H( 17 )= 36.885  
H( 18 )= 37.73528  
H( 19 )= 37.93456  
H( 20 )= 37.9324  
H( 21 )= 36.71241  
H( 22 )= 36.58  
H( 23 )= 37.205  
H( 24 )= 37.87405  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49891  
G( 1 , 0 )= -6.722686E-03 Y( 1 , 0 )=  
7.408235E-02  
G( 2 , 1 )= 4.430453E-04 Y( 2 , 1 )=  
3.428078E-02  
G( 3 , 2 )= .2720987 Y( 3 , 2 )= .3631725  
G( 4 , 3 )= 5.712233E-03 Y( 4 , 3 )= .7388229  
G( 17 , 3 )= .4034896 Y( 17 , 3 )= .3388901  
G( 5 , 4 )= 5.18514E-03 Y( 5 , 4 )= .8887891  
G( 6 , 5 )= 5.189254E-03 Y( 6 , 5 )= .91  
G( 7 , 6 )= 7.430223E-02 Y( 7 , 6 )= .6618711  
G( 21 , 6 )= -7.688185E-02 Y( 21 , 6 )=  
.7489071  
G( 8 , 7 )= 4.461908E-02 Y( 8 , 7 )= .2281791  
G( 9 , 8 )= 2.239153E-02 Y( 9 , 8 )=  
9.780884E-02  
G( 10 , 9 )= 2.375998E-02 Y( 10 , 9 )=  
9.809885E-02  
G( 11 , 10 )= 1.628164E-04 Y( 11 , 10 )=  
7.898059E-03  
G( 12 , 11 )= 4.950482E-04 Y( 12 , 11 )=  
.04459  
G( 13 , 12 )= 1.429271E-03 Y( 13 , 12 )=  
4.689026E-02  
G( 14 , 13 )= 3.089199E-04 Y( 14 , 13 )=  
9.998322E-03  
G( 15 , 14 )= 2.047046E-04 Y( 15 , 14 )=  
9.998322E-03  
G( 16 , 15 )= 2.250873E-04 Y( 16 , 15 )=  
9.998322E-03  
G( 18 , 17 )= 2.033553E-03 Y( 18 , 17 )=  
2.513123E-02  
G( 19 , 18 )= 1.569086E-02 Y( 19 , 18 )=  
8.991051E-02  
G( 25 , 18 )= 1.800201E-03 Y( 25 , 18 )=  
2.513123E-02  
G( 20 , 19 )= 6.198068E-03 Y( 20 , 19 )=  
.3434811  
G( 22 , 21 )= -9.205718E-02 Y( 22 , 21 )=  
.2937031  
G( 23 , 22 )= 6.745144E-04 Y( 23 , 22 )=  
9.998322E-03

G( 24 , 23 )= 3.950142E-04 Y( 24 , 23 )=  
9.521484E-03  
G( 26 , 25 )= 4.076508E-04 Y( 26 , 25 )=  
9.998322E-03  
G( 27 , 26 )= 4.320024E-04 Y( 27 , 26 )=  
9.450912E-03  
Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )=  
0 Q( 11 )= 0 Q( 12 )= 6.305417E-02 Q( 13 )= 0  
Q( 14 )= 0 Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q(  
18 )= 0 Q( 19 )= 0 Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22  
)= 0 Q( 23 )= 0 Q( 24 )= 0 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0  
Q( 27 )= 0 TIEMPO EN MINUTOS= 85  
QE= 6.305417E-02  
H( 1 )= 35.56066  
H( 2 )= 36.11953  
H( 3 )= 36.42849  
H( 4 )= 36.51977  
H( 5 )= 36.52932  
H( 6 )= 36.52742  
H( 7 )= 36.52446  
H( 8 )= 36.67  
H( 9 )= 36.97054  
H( 10 )= 37.395  
H( 11 )= 37.89646  
H( 12 )= 38.26742  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.78954  
H( 17 )= 36.865  
H( 18 )= 37.74447  
H( 19 )= 37.91848  
H( 20 )= 37.91866  
H( 21 )= 36.52433  
H( 22 )= 36.58  
H( 23 )= 37.2047  
H( 24 )= 37.87095  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49891  
G( 1 , 0 )= -1.054877E-02 Y( 1 , 0 )= .1118946  
G( 2 , 1 )= 2.558253E-02 Y( 2 , 1 )=  
9.009361E-02  
G( 3 , 2 )= .1048318 Y( 3 , 2 )= .2340069  
G( 4 , 3 )= .2072056 Y( 4 , 3 )= .4916306  
G( 17 , 3 )= .1285695 Y( 17 , 3 )= .1917439  
G( 5 , 4 )= .1715485 Y( 5 , 4 )= .6945457  
G( 6 , 5 )= .1372815 Y( 6 , 5 )= .7558727  
G( 7 , 6 )= 6.070023E-02 Y( 7 , 6 )= .4959431  
G( 21 , 6 )= 4.262639E-02 Y( 21 , 6 )=  
.5608768  
G( 8 , 7 )= 3.934372E-02 Y( 8 , 7 )= .1347294  
G( 9 , 8 )= 2.124279E-02 Y( 9 , 8 )= .1002712  
G( 10 , 9 )= 2.474878E-02 Y( 10 , 9 )=  
.1002712  
G( 11 , 10 )= 2.738399E-04 Y( 11 , 10 )=  
1.072693E-02  
G( 12 , 11 )= 7.240817E-03 Y( 12 , 11 )=  
.0594368  
G( 13 , 12 )= 1.824408E-02 Y( 13 , 12 )=  
5.870819E-02  
G( 14 , 13 )= 2.775524E-04 Y( 14 , 13 )=  
9.998322E-03  
G( 15 , 14 )= 1.937158E-04 Y( 15 , 14 )=  
9.998322E-03

G( 16 , 15 )= 4.533058E-04 Y( 16 , 15 )=  
8.76944E-03  
G( 18 , 17 )= 2.813589E-03 Y( 18 , 17 )=  
2.973557E-02  
G( 19 , 18 )= 1.399557E-02 Y( 19 , 18 )=  
8.647919E-02  
G( 25 , 18 )= 2.559976E-03 Y( 25 , 18 )=  
2.973557E-02  
G( 20 , 19 )= 5.261234E-03 Y( 20 , 19 )=  
3.286732  
G( 22 , 21 )= 2.344363E-02 Y( 22 , 21 )=  
.1996632  
G( 23 , 22 )= 3.364501E-04 Y( 23 , 22 )=  
9.849548E-03  
G( 24 , 23 )= 1.046994E-04 Y( 24 , 23 )=  
7.823944E-03  
G( 26 , 25 )= 4.076894E-04 Y( 26 , 25 )=  
9.998322E-03  
G( 27 , 26 )= 4.317832E-04 Y( 27 , 26 )=  
9.450912E-03  
Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )= 0  
Q( 11 )= 0 Q( 12 )= 1.146346E-02 Q( 13 )= 0  
Q( 14 )= 0 Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q( 18 )= 0  
Q( 19 )= 0 Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22 )= 0  
Q( 23 )= 0 Q( 24 )= 0 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0  
Q( 27 )= 0 TIEMPO EN MINUTOS= 90  
QE= 1.146346E-02  
H( 1 )= 35.54464  
H( 2 )= 36.05291  
H( 3 )= 36.3137  
H( 4 )= 36.45446  
H( 5 )= 36.47015  
H( 6 )= 36.4784  
H( 7 )= 36.47565  
H( 8 )= 36.86139  
H( 9 )= 36.9781  
H( 10 )= 37.395  
H( 11 )= 37.99983  
H( 12 )= 38.16  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.79  
H( 17 )= 36.865  
H( 18 )= 37.71014  
H( 19 )= 37.90607  
H( 20 )= 37.90569  
H( 21 )= 36.4818  
H( 22 )= 36.58  
H( 23 )= 37.18569  
H( 24 )= 37.87041  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49891  
G( 1 , 0 )= -1.010985E-02 Y( 1 , 0 )= .1038818  
G( 2 , 1 )= 6.926475E-03 Y( 2 , 1 )=  
4.877472E-02  
G( 3 , 2 )= 3.509875E-02 Y( 3 , 2 )= .1433067  
G( 4 , 3 )= .1699003 Y( 4 , 3 )= .4015789  
G( 17 , 3 )= 5.440754E-02 Y( 17 , 3 )=  
.1343498  
G( 5 , 4 )= .1328681 Y( 5 , 4 )= .6323013  
G( 6 , 5 )= .1156983 Y( 6 , 5 )= .7007751  
G( 7 , 6 )= 3.026962E-02 Y( 7 , 6 )= .4460278

G( 21 , 6 )= 7.142593E-02 Y( 21 , 6 )=  
.5141048  
G( 8 , 7 )= 2.500876E-02 Y( 8 , 7 )= .10602  
G( 9 , 8 )= 2.040358E-02 Y( 9 , 8 )=  
9.874344E-02  
G( 10 , 9 )= 2.611915E-02 Y( 10 , 9 )=  
.1030483  
G( 11 , 10 )= 2.931993E-04 Y( 11 , 10 )=  
1.241302E-02  
G( 12 , 11 )= 2.735382E-04 Y( 12 , 11 )=  
1.241302E-02  
G( 13 , 12 )= 4.35203E-04 Y( 13 , 12 )=  
9.998322E-03  
G( 14 , 13 )= 2.458781E-04 Y( 14 , 13 )=  
9.998322E-03  
G( 15 , 14 )= 1.52707E-04 Y( 15 , 14 )=  
9.998322E-03  
G( 16 , 15 )= 1.85201E-04 Y( 16 , 15 )=  
9.998322E-03  
G( 18 , 17 )= 7.052053E-04 Y( 18 , 17 )=  
1.256943E-02  
G( 19 , 18 )= 9.047849E-03 Y( 19 , 18 )=  
6.310654E-02  
G( 25 , 18 )= 7.581207E-04 Y( 25 , 18 )=  
1.256943E-02  
G( 20 , 19 )= 4.222254E-03 Y( 20 , 19 )=  
.3158798  
G( 22 , 21 )= 5.617271E-02 Y( 22 , 21 )=  
.1784019  
G( 23 , 22 )= 5.962179E-05 Y( 23 , 22 )=  
5.443573E-03  
G( 24 , 23 )= 1.12185E-05 Y( 24 , 23 )=  
3.149033E-03  
G( 26 , 25 )= 4.076994E-04 Y( 26 , 25 )=  
9.998322E-03  
G( 27 , 26 )= 4.317859E-04 Y( 27 , 26 )=  
9.450912E-03  
Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )= 0  
Q( 11 )= 0 Q( 12 )= 0 Q( 13 )= 0 Q( 14 )= 0  
Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q( 18 )= 0 Q( 19 )= 0  
Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22 )= 0 Q( 23 )= 0  
Q( 24 )= 0 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0 Q( 27 )= 0  
TIEMPO EN MINUTOS= 95  
QE= 0  
H( 1 )= 35.52216  
H( 2 )= 36.03882  
H( 3 )= 36.1917  
H( 4 )= 36.42659  
H( 5 )= 36.43406  
H( 6 )= 36.4363  
H( 7 )= 36.43411  
H( 8 )= 36.68439  
H( 9 )= 36.97889  
H( 10 )= 37.395  
H( 11 )= 37.99973  
H( 12 )= 38.17065  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.79  
H( 17 )= 36.865  
H( 18 )= 37.705  
H( 19 )= 37.8947  
H( 20 )= 37.89631  
H( 21 )= 36.441

H(22) = 36.58  
H(23) = 37.205  
H(24) = 37.87019  
H(25) = 38.475  
H(26) = 39.59  
H(27) = 40.49891  
G(1, 0) = -8.97524E-03 Y(1, 0) =  
9.284565E-02  
G(2, 1) = 2.715402E-03 Y(2, 1) = .0303936  
G(3, 2) = 7.508956E-03 Y(3, 2) =  
7.518098E-02  
G(4, 3) = .1383825 Y(4, 3) = .328643  
G(17, 3) = 1.533935E-02 Y(17, 3) =  
.073349  
G(5, 4) = .1138866 Y(5, 4) = .6003208  
G(6, 5) = .1064135 Y(6, 5) = .8628797  
G(7, 6) = 2.975653E-02 Y(7, 6) = .4052087  
G(21, 6) = 6.322001E-02 Y(21, 6) =  
.4738538  
G(8, 7) = 2.143573E-02 Y(8, 7) =  
9.875028E-02  
G(9, 8) = 2.700404E-02 Y(9, 8) = .111839  
G(10, 9) = 2.894642E-02 Y(10, 9) =  
.1044426  
G(11, 10) = 2.987119E-04 Y(11, 10) =  
1.236634E-02  
G(12, 11) = 3.498874E-04 Y(12, 11) =  
1.769257E-02  
G(13, 12) = 6.588895E-04 Y(13, 12) =  
1.532555E-02  
G(14, 13) = 2.91782E-04 Y(14, 13) =  
9.998322E-03  
G(15, 14) = 2.684441E-04 Y(15, 14) =  
9.998322E-03  
G(16, 15) = 2.638294E-04 Y(16, 15) =  
9.998322E-03  
G(18, 17) = 4.564359E-04 Y(18, 17) =  
9.998322E-03  
G(19, 18) = 6.54147E-03 Y(19, 18) =  
5.485153E-02  
G(25, 18) = 4.275521E-04 Y(25, 18) =  
9.998322E-03  
G(20, 19) = 5.673885E-03 Y(20, 19) =  
.3055066  
G(22, 21) = 4.986712E-02 Y(22, 21) =  
.1580009  
G(23, 22) = 1.443765E-04 Y(23, 22) =  
9.998322E-03  
G(24, 23) = 4.077967E-05 Y(24, 23) =  
7.593155E-03  
G(28, 25) = 4.077019E-04 Y(28, 25) =  
9.998322E-03  
G(27, 26) = 4.317884E-04 Y(27, 26) =  
9.450912E-03  
Q(1) = 0 Q(2) = 0 Q(3) = 0 Q(4) = 0 Q(5) = 0  
Q(6) = 0 Q(7) = 0 Q(8) = 0 Q(9) = 0 Q(10) =  
0 Q(11) = 0 Q(12) = 0 Q(13) = 0 Q(14) = 0  
Q(15) = 0 Q(16) = 0 Q(17) = 0 Q(18) = 0 Q(  
19) = 0 Q(20) = 0 Q(21) = 0 Q(22) = 0 Q(23  
) = 0 Q(24) = 0 Q(25) = 0 Q(26) = 0 Q(27) = 0  
TIEMPO EN MINUTOS = 100  
QE = 0  
H(1) = 35.49496  
H(2) = 36.03521  
H(3) = 36.13343  
H(4) = 36.39338

H(5) = 36.40146  
H(6) = 36.40921  
H(7) = 36.4125  
H(8) = 36.72813  
H(9) = 36.98111  
H(10) = 37.395  
H(11) = 38.00033  
H(12) = 38.17276  
H(13) = 39.285  
H(14) = 40.9  
H(15) = 41.9453  
H(16) = 43.7893  
H(17) = 38.865  
H(18) = 37.74415  
H(19) = 37.98848  
H(20) = 37.88796  
H(21) = 36.41367  
H(22) = 38.58  
H(23) = 37.19601  
H(24) = 37.86868  
H(25) = 38.475  
H(26) = 39.59  
H(27) = 40.49891  
G(1, 0) = -7.157949E-03 Y(1, 0) =  
7.904625E-02  
G(2, 1) = 1.089875E-03 Y(2, 1) =  
1.508904E-02  
G(3, 2) = 2.353064E-03 Y(3, 2) =  
4.432106E-02  
G(4, 3) = .1042661 Y(4, 3) = .2809048  
G(17, 3) = 7.967756E-03 Y(17, 3) =  
4.421425E-02  
G(5, 4) = .1086561 Y(5, 4) = .5674191  
G(6, 5) = 9.798627E-02 Y(6, 5) = .6328335  
G(7, 6) = 3.586585E-02 Y(7, 6) = .3808556  
G(21, 6) = 4.957626E-02 Y(21, 6) =  
.4484417  
G(8, 7) = 2.795213E-02 Y(8, 7) = .1078186  
G(9, 8) = 3.416631E-02 Y(9, 8) = .1246223  
G(10, 9) = 2.272592E-02 Y(10, 9) =  
9.555435E-02  
G(11, 10) = 3.036848E-04 Y(11, 10) =  
1.266289E-02  
G(12, 11) = 4.159401E-04 Y(12, 11) =  
1.904106E-02  
G(13, 12) = 7.611455E-04 Y(13, 12) =  
.0163765  
G(14, 13) = 2.647418E-04 Y(14, 13) =  
9.998322E-03  
G(15, 14) = 3.561586E-04 Y(15, 14) =  
1.014709E-02  
G(18, 15) = 5.993295E-04 Y(18, 15) =  
9.799957E-03  
G(18, 17) = 3.108621E-03 Y(18, 17) =  
2.957344E-02  
G(19, 18) = 8.943102E-03 Y(19, 18) =  
7.031441E-02  
G(25, 18) = 2.876458E-03 Y(25, 18) =  
2.957344E-02  
G(20, 19) = 3.370733E-03 Y(20, 19) =  
.2972202  
G(22, 21) = 4.332491E-02 Y(22, 21) =  
.1443367  
G(23, 22) = 6.672602E-05 Y(23, 22) =  
5.506516E-03

G( 24 , 23 )= 8.251582E-06 Y( 24 , 23 )= 2.347946E-03  
G( 26 , 25 )= 4.077026E-04 Y( 26 , 25 )= 9.998322E-03  
G( 27 , 26 )= 4.317865E-04 Y( 27 , 26 )= 9.450912E-03  
Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )= 0  
Q( 11 )= 0 Q( 12 )= 0 Q( 13 )= 0 Q( 14 )= 0  
Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q( 18 )= 0 Q( 19 )= 0  
Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22 )= 0 Q( 23 )= 0  
Q( 24 )= 0 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0 Q( 27 )= 0  
TIEMPO EN MINUTOS= 105  
QE= 0  
H( 1 )= 35.58444  
H( 2 )= 36.09012  
H( 3 )= 36.27469  
H( 4 )= 36.37515  
H( 5 )= 36.38482  
H( 6 )= 36.38882  
H( 7 )= 36.39078  
H( 8 )= 36.75052  
H( 9 )= 36.92379  
H( 10 )= 37.38546  
H( 11 )= 38.06119  
H( 12 )= 38.17458  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.78951  
H( 17 )= 38.865  
H( 18 )= 37.74754  
H( 19 )= 37.87974  
H( 20 )= 37.88017  
H( 21 )= 36.39079  
H( 22 )= 36.58  
H( 23 )= 37.205  
H( 24 )= 37.86742  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.69  
H( 27 )= 40.49891  
G( 1 , 0 )= -1.058729E-02 Y( 1 , 0 )= .1237831  
G( 2 , 1 )= .02453 Y( 2 , 1 )= 8.727837E-02  
G( 3 , 2 )= 3.642516E-02 Y( 3 , 2 )= .1424026  
G( 4 , 3 )= 9.673888E-02 Y( 4 , 3 )= .3424206  
G( 17 , 3 )= 5.164895E-02 Y( 17 , 3 )= .1148434  
G( 5 , 4 )= 9.071984E-02 Y( 5 , 4 )= .5498848  
G( 6 , 5 )= 8.191737E-02 Y( 6 , 5 )= .8142178  
G( 7 , 6 )= 3.232039E-02 Y( 7 , 6 )= .3597889  
G( 21 , 6 )= .04203 Y( 21 , 6 )= .4248028  
G( 8 , 7 )= 2.878008E-02 Y( 8 , 7 )= .1081409  
G( 9 , 8 )= 2.849043E-02 Y( 9 , 8 )= .117157  
G( 10 , 9 )= 1.326427E-02 Y( 10 , 9 )= 7.212839E-02  
G( 11 , 10 )= 1.671707E-04 Y( 11 , 10 )= 8.323869E-03  
G( 12 , 11 )= 4.828105E-04 Y( 12 , 11 )= 2.038002E-02  
G( 13 , 12 )= 6.631164E-04 Y( 13 , 12 )= .0172863  
G( 14 , 13 )= 2.118294E-04 Y( 14 , 13 )= 9.998322E-03  
G( 15 , 14 )= 2.488769E-04 Y( 15 , 14 )= 9.998322E-03

G( 16 , 15 )= 4.198654E-04 Y( 16 , 15 )= 9.752274E-03  
G( 18 , 17 )= 3.240859E-03 Y( 18 , 17 )= 3.127098E-02  
G( 19 , 18 )= 7.928135E-03 Y( 19 , 18 )= 6.864186E-02  
G( 25 , 18 )= 2.987617E-03 Y( 25 , 18 )= 3.127098E-02  
G( 20 , 19 )= 2.690972E-03 Y( 20 , 19 )= .2899551  
G( 22 , 21 )= 3.766849E-02 Y( 22 , 21 )= .1328926  
G( 23 , 22 )= 1.68843E-04 Y( 23 , 22 )= 9.998322E-03  
G( 24 , 23 )= 3.533588E-05 Y( 24 , 23 )= 6.206512E-03  
G( 26 , 25 )= 4.077026E-04 Y( 26 , 25 )= 9.998322E-03  
G( 27 , 26 )= 4.317865E-04 Y( 27 , 26 )= 9.450912E-03  
Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )= 0  
Q( 11 )= 0 Q( 12 )= 0 Q( 13 )= 0 Q( 14 )= 0  
Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q( 18 )= 0 Q( 19 )= 0  
Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22 )= 0 Q( 23 )= 0  
Q( 24 )= 0 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0 Q( 27 )= 0  
TIEMPO EN MINUTOS= 110  
QE= 0  
H( 1 )= 35.53226  
H( 2 )= 36.05811  
H( 3 )= 36.28765  
H( 4 )= 36.35729  
H( 5 )= 36.36581  
H( 6 )= 36.36816  
H( 7 )= 36.36578  
H( 8 )= 36.73855  
H( 9 )= 36.8856  
H( 10 )= 37.38908  
H( 11 )= 37.99866  
H( 12 )= 38.176  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.94164  
H( 16 )= 43.78943  
H( 17 )= 38.885  
H( 18 )= 37.73711  
H( 19 )= 37.8737  
H( 20 )= 37.87371  
H( 21 )= 36.37061  
H( 22 )= 36.58  
H( 23 )= 37.19576  
H( 24 )= 37.86715  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49891  
G( 1 , 0 )= -9.534824E-03 Y( 1 , 0 )= 8.769249E-02  
G( 2 , 1 )= .0058089 Y( 2 , 1 )= 4.518127E-02  
G( 3 , 2 )= 2.915115E-02 Y( 3 , 2 )= .1328754  
G( 4 , 3 )= 9.624613E-02 Y( 4 , 3 )= .3398986  
G( 17 , 3 )= .0455191 Y( 17 , 3 )= .1213226  
G( 5 , 4 )= 8.192343E-02 Y( 5 , 4 )= .5315514  
G( 6 , 5 )= .0710763 Y( 6 , 5 )= .5944881  
G( 7 , 6 )= 2.297257E-02 Y( 7 , 6 )= .3369713

G( 21, 6) = 3.929517E-02 Y( 21, 6) =  
 .4043884  
 G( 8, 7) = 1.922712E-02 Y( 8, 7) =  
 8.868501E-02  
 G( 9, 8) = .0163945 Y( 9, 8) = .0910759  
 G( 10, 9) = 7.510345E-03 Y( 10, 9) =  
 5.482864E-02  
 G( 11, 10) = 2.299684E-04 Y( 11, 10) =  
 7.858276E-03  
 G( 12, 11) = 4.058291E-04 Y( 12, 11) =  
 1.882835E-02  
 G( 13, 12) = 9.347151E-04 Y( 13, 12) =  
 1.799985E-02  
 G( 14, 13) = 1.353265E-04 Y( 14, 13) =  
 9.998322E-03  
 G( 15, 14) = 1.447627E-04 Y( 15, 14) =  
 8.317947E-03  
 G( 16, 15) = 3.607003E-04 Y( 16, 15) =  
 8.03566E-03  
 G( 18, 17) = 2.144671E-03 Y( 18, 17) =  
 2.605247E-02  
 G( 19, 18) = 6.123394E-03 Y( 19, 18) =  
 6.040573E-02  
 G( 25, 18) = 2.031321E-03 Y( 25, 18) =  
 2.605247E-02  
 G( 20, 19) = 2.081268E-03 Y( 20, 19) =  
 .2837086  
 G( 22, 21) = 3.279837E-02 Y( 22, 21) =  
 .1228048  
 G( 23, 22) = 6.262231E-06 Y( 23, 22) =  
 5.378723E-03  
 G( 24, 23) = 3.023027E-06 Y( 24, 23) =  
 1.455307E-03  
 G( 28, 25) = 4.077028E-04 Y( 28, 25) =  
 9.998322E-03  
 G( 27, 26) = 4.317885E-04 Y( 27, 26) =  
 9.450912E-03  
 Q( 1) = 0 Q( 2) = 0 Q( 3) = 0 Q( 4) = 0 Q( 5) = 0  
 Q( 6) = 0 Q( 7) = 0 Q( 8) = 0 Q( 9) = 0 Q( 10) = 0  
 Q( 11) = 0 Q( 12) = 0 Q( 13) = 0 Q( 14) = 0  
 Q( 15) = 0 Q( 16) = 0 Q( 17) = 0 Q( 18) = 0 Q( 19) = 0  
 Q( 20) = 0 Q( 21) = 0 Q( 22) = 0 Q( 23) = 0  
 Q( 24) = 0 Q( 25) = 0 Q( 26) = 0 Q( 27) = 0  
 TIEMPO EN MINUTOS = 115  
 QE = 0  
 H( 1) = 35.51307  
 H( 2) = 36.03668  
 H( 3) = 36.16083  
 H( 4) = 36.33857  
 H( 5) = 36.3429  
 H( 6) = 36.34417  
 H( 7) = 36.3425  
 H( 8) = 36.71471  
 H( 9) = 36.88127  
 H( 10) = 37.395  
 H( 11) = 37.99343  
 H( 12) = 38.17772  
 H( 13) = 39.285  
 H( 14) = 40.9  
 H( 15) = 41.945  
 H( 16) = 43.78931  
 H( 17) = 36.85582  
 H( 18) = 37.70352  
 H( 19) = 37.88914  
 H( 20) = 37.86811  
 H( 21) = 36.3473

H( 22) = 36.58  
 H( 23) = 37.20468  
 H( 24) = 37.86639  
 H( 25) = 38.475  
 H( 26) = 39.59  
 H( 27) = 40.49891  
 G( 1, 0) = -8.40855E-03 Y( 1, 0) =  
 8.809853E-02  
 G( 2, 1) = 1.828774E-03 Y( 2, 1) =  
 2.487564E-02  
 G( 3, 2) = 4.127292E-03 Y( 3, 2) =  
 5.865479E-02  
 G( 4, 3) = 8.311739E-02 Y( 4, 3) = .2671013  
 G( 17, 3) = 8.54437E-03 Y( 17, 3) =  
 5.322456E-02  
 G( 5, 4) = 6.850837E-02 Y( 5, 4) = .5107346  
 G( 6, 5) = 6.182741E-02 Y( 6, 5) = .5710316  
 G( 7, 6) = 1.626304E-02 Y( 7, 6) = .3133354  
 G( 21, 6) = 3.540317E-02 Y( 21, 6) =  
 .3807354  
 G( 8, 7) = 1.043974E-02 Y( 8, 7) = .0661068  
 G( 9, 8) = 8.861383E-03 Y( 9, 8) =  
 6.799316E-02  
 G( 10, 9) = 4.539193E-03 Y( 10, 9) =  
 4.563713E-02  
 G( 11, 10) = 1.119138E-04 Y( 11, 10) =  
 9.212494E-03  
 G( 12, 11) = 3.827954E-04 Y( 12, 11) =  
 1.807213E-02  
 G( 13, 12) = 1.065963E-03 Y( 13, 12) =  
 1.885796E-02  
 G( 14, 13) = 1.150017E-04 Y( 14, 13) =  
 9.998322E-03  
 G( 15, 14) = 1.886107E-04 Y( 15, 14) =  
 9.998322E-03  
 G( 16, 15) = 5.733328E-04 Y( 16, 15) =  
 9.656906E-03  
 G( 18, 17) = 6.786495E-05 Y( 18, 17) =  
 4.871097E-03  
 G( 19, 18) = 2.747998E-03 Y( 19, 18) =  
 4.133415E-02  
 G( 25, 18) = 1.710512E-04 Y( 25, 18) =  
 9.260178E-03  
 G( 20, 19) = 1.544672E-03 Y( 20, 19) =  
 .2786312  
 G( 22, 21) = 2.732748E-02 Y( 22, 21) =  
 .1111507  
 G( 23, 22) = 2.700884E-04 Y( 23, 22) =  
 9.840012E-03  
 G( 24, 23) = 5.684846E-05 Y( 24, 23) =  
 5.537033E-03  
 G( 28, 25) = 4.077028E-04 Y( 28, 25) =  
 9.998322E-03  
 G( 27, 26) = 4.317865E-04 Y( 27, 26) =  
 9.450912E-03  
 Q( 1) = 0 Q( 2) = 0 Q( 3) = 0 Q( 4) = 0 Q( 5) = 0  
 Q( 6) = 0 Q( 7) = 0 Q( 8) = 0 Q( 9) = 0 Q( 10) = 0  
 Q( 11) = 0 Q( 12) = 0 Q( 13) = 0 Q( 14) = 0  
 Q( 15) = 0 Q( 16) = 0 Q( 17) = 0 Q( 18) = 0 Q( 19) = 0  
 Q( 20) = 0 Q( 21) = 0 Q( 22) = 0 Q( 23) = 0  
 Q( 24) = 0 Q( 25) = 0 Q( 26) = 0 Q( 27) = 0  
 TIEMPO EN MINUTOS = 120  
 QE = 0  
 H( 1) = 35.485  
 H( 2) = 36.035  
 H( 3) = 36.065

H( 4 )= 36.31052  
H( 5 )= 36.31966  
H( 6 )= 36.32166  
H( 7 )= 36.32158  
H( 8 )= 36.70611  
H( 9 )= 36.84609  
H( 10 )= 37.38644  
H( 11 )= 37.99471  
H( 12 )= 38.17533  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.93547  
H( 16 )= 43.78955  
H( 17 )= 38.865  
H( 18 )= 37.71974  
H( 19 )= 37.8647  
H( 20 )= 37.86527  
H( 21 )= 36.32293  
H( 22 )= 36.58  
H( 23 )= 37.19936  
H( 24 )= 37.86808  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49891  
G( 1, 0 )= 8.155411E-03 Y( 1, 0 )=  
7.406235E-02  
G( 2, 1 )= 5.559434E-04 Y( 2, 1 )=  
9.998322E-03  
G( 3, 2 )= 1.160347E-04 Y( 3, 2 )=  
9.998322E-03  
G( 4, 3 )= .0808092 Y( 4, 3 )= .2052574  
G( 17, 3 )= 3.077386E-04 Y( 17, 3 )=  
9.998322E-03  
G( 5, 4 )= 5.982892E-02 Y( 5, 4 )= .4850903  
G( 6, 5 )= 4.617224E-02 Y( 6, 5 )= .5481606  
G( 7, 6 )= 9.770881E-03 Y( 7, 6 )= .2818183  
G( 21, 6 )= 2.764228E-02 Y( 21, 6 )=  
.357296  
G( 8, 7 )= 6.118582E-03 Y( 8, 7 )=  
5.134583E-02  
G( 9, 8 )= 5.799089E-03 Y( 9, 8 )=  
5.610085E-02  
G( 10, 9 )= 2.63315E-03 Y( 10, 9 )=  
3.379579E-02  
G( 11, 10 )= 7.773589E-05 Y( 11, 10 )=  
5.573273E-03  
G( 12, 11 )= 3.568938E-04 Y( 12, 11 )=  
1.751709E-02  
G( 13, 12 )= 9.076037E-04 Y( 13, 12 )=  
1.768398E-02  
G( 14, 13 )= 2.218937E-04 Y( 14, 13 )=  
9.998322E-03  
G( 15, 14 )= 9.855342E-05 Y( 15, 14 )=  
5.235672E-03  
G( 16, 15 )= 1.408333E-04 Y( 16, 15 )=  
5.01442E-03  
G( 18, 17 )= 9.445541E-04 Y( 18, 17 )=  
1.736832E-02  
G( 19, 18 )= 3.719243E-03 Y( 19, 18 )=  
4.722214E-02  
G( 25, 18 )= 7.812813E-04 Y( 25, 18 )=  
1.736832E-02  
G( 20, 19 )= 1.701493E-03 Y( 20, 19 )=  
.2749882  
G( 22, 21 )= .0218575 Y( 22, 21 )=  
.0989666

G( 23, 22 )= 1.144385E-04 Y( 23, 22 )=  
7.181168E-03  
G( 24, 23 )= 9.747368E-06 Y( 24, 23 )=  
2.721786E-03  
G( 26, 25 )= 4.077028E-04 Y( 26, 25 )=  
9.998322E-03  
G( 27, 26 )= 4.317865E-04 Y( 27, 26 )=  
9.450912E-03  
Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )=  
0 Q( 11 )= 0 Q( 12 )= 0 Q( 13 )= 0 Q( 14 )= 0  
Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q( 18 )= 0 Q(  
19 )= 0 Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22 )= 0 Q( 23  
)= 0 Q( 24 )= 0 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0 Q( 27 )= 0  
TIEMPO EN MINUTOS= 125  
QE= 0  
H( 1 )= 35.57408  
H( 2 )= 36.05368  
H( 3 )= 36.27379  
H( 4 )= 36.29472  
H( 5 )= 36.29739  
H( 6 )= 36.29803  
H( 7 )= 36.29774  
H( 8 )= 36.70955  
H( 9 )= 36.83326  
H( 10 )= 37.38778  
H( 11 )= 37.99642  
H( 12 )= 38.17712  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.945  
H( 16 )= 43.78938  
H( 17 )= 36.865  
H( 18 )= 37.70584  
H( 19 )= 37.86106  
H( 20 )= 37.86024  
H( 21 )= 36.29892  
H( 22 )= 36.58  
H( 23 )= 37.19723  
H( 24 )= 37.86594  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49891  
G( 1, 0 )= -.0107069 Y( 1, 0 )= .1186047  
G( 2, 1 )= 1.264548E-02 Y( 2, 1 )=  
6.388283E-02  
G( 3, 2 )= 2.524344E-02 Y( 3, 2 )= .1237373  
G( 4, 3 )= 5.405152E-02 Y( 4, 3 )= .3017559  
G( 17, 3 )= 4.119204E-02 Y( 17, 3 )=  
.1143951  
G( 5, 4 )= 4.801108E-02 Y( 5, 4 )= .4660568  
G( 6, 5 )= 3.877618E-02 Y( 6, 5 )= .5252113  
G( 7, 6 )= 6.449358E-03 Y( 7, 6 )= .2678671  
G( 21, 6 )= 2.380233E-02 Y( 21, 6 )=  
.3334751  
G( 8, 7 )= 3.846774E-03 Y( 8, 7 )=  
4.114532E-02  
G( 9, 8 )= 4.610454E-03 Y( 9, 8 )=  
5.140305E-02  
G( 10, 9 )= .0017503 Y( 10, 9 )=  
2.802277E-02  
G( 11, 10 )= 8.215666E-05 Y( 11, 10 )=  
7.101059E-03  
G( 12, 11 )= 4.315189E-04 Y( 12, 11 )=  
1.926613E-02



G( 13, 12) = 1.008943E-03 Y( 13, 12) = 1.855659E-02  
G( 14, 13) = 1.55855E-04 Y( 14, 13) = 9.998322E-03  
G( 15, 14) = 2.423098E-04 Y( 15, 14) = 9.998322E-03  
G( 16, 15) = 5.262461E-04 Y( 16, 15) = 9.987424E-03  
G( 18, 17) = 3.089161E-04 Y( 18, 17) = 1.041794E-02  
G( 19, 18) = 2.418496E-03 Y( 19, 18) = 3.845024E-02  
G( 25, 18) = 2.418919E-04 Y( 25, 18) = 1.041794E-02  
G( 20, 19) = 1.818028E-03 Y( 20, 19) = .2706509  
G( 22, 21) = 1.700384E-02 Y( 22, 21) = 8.696984E-02  
G( 23, 22) = 8.02357E-05 Y( 23, 22) = 6.11498E-03  
G( 24, 23) = 3.068464E-06 Y( 24, 23) = 1.585007E-03  
G( 26, 25) = 4.077028E-04 Y( 26, 25) = 9.998322E-03  
G( 27, 26) = 4.317865E-04 Y( 27, 26) = 9.450912E-03  
Q( 1) = 0 Q( 2) = 0 Q( 3) = 0 Q( 4) = 0 Q( 5) = 0  
Q( 6) = 0 Q( 7) = 0 Q( 8) = 0 Q( 9) = 0 Q( 10) = 0  
Q( 11) = 0 Q( 12) = 0 Q( 13) = 0 Q( 14) = 0  
Q( 15) = 0 Q( 16) = 0 Q( 17) = 0 Q( 18) = 0 Q( 19) = 0  
Q( 20) = 0 Q( 21) = 0 Q( 22) = 0 Q( 23) = 0  
Q( 24) = 0 Q( 25) = 0 Q( 26) = 0 Q( 27) = 0  
TIEMPO EN MINUTOS = 130  
QE = 0  
H( 1) = 35.51279  
H( 2) = 36.03979  
H( 3) = 36.18388  
H( 4) = 36.27324  
H( 5) = 36.27698  
H( 6) = 36.27822  
H( 7) = 36.27862  
H( 8) = 36.71882  
H( 9) = 36.8182  
H( 10) = 37.3883  
H( 11) = 37.99857  
H( 12) = 38.17713  
H( 13) = 39.285  
H( 14) = 40.9  
H( 15) = 41.94531  
H( 16) = 43.78932  
H( 17) = 36.865  
H( 18) = 37.7348  
H( 19) = 37.85636  
H( 20) = 37.85736  
H( 21) = 36.28011  
H( 22) = 36.58  
H( 23) = 37.19503  
H( 24) = 37.86591  
H( 25) = 38.475  
H( 26) = 39.59  
H( 27) = 40.49891  
G( 1, 0) = -8.397408E-03 Y( 1, 0) = 8.795738E-02  
G( 2, 1) = 1.78478E-03 Y( 2, 1) = 2.628899E-02

G( 3, 2) = 6.735166E-03 Y( 3, 2) = 7.183647E-02  
G( 4, 3) = 5.449082E-02 Y( 4, 3) = .2460832  
G( 17, 3) = 1.310458E-02 Y( 17, 3) = 6.944084E-02  
G( 5, 4) = 4.038979E-02 Y( 5, 4) = .4451103  
G( 6, 5) = 3.158608E-02 Y( 6, 5) = .5051022  
G( 7, 6) = 5.718113E-03 Y( 7, 6) = .2484226  
G( 21, 6) = 1.812158E-02 Y( 21, 6) = .314167  
G( 8, 7) = 2.978267E-03 Y( 8, 7) = 3.622055E-02  
G( 9, 8) = .0037919 Y( 9, 8) = 4.851151E-02  
G( 10, 9) = 8.347893E-04 Y( 10, 9) = .0197506  
G( 11, 10) = 9.277628E-05 Y( 11, 10) = 7.434845E-03  
G( 12, 11) = 4.925524E-04 Y( 12, 11) = .0203476  
G( 13, 12) = 1.02163E-03 Y( 13, 12) = 1.856232E-02  
G( 14, 13) = 1.983895E-04 Y( 14, 13) = 9.998322E-03  
G( 15, 14) = 3.266785E-04 Y( 15, 14) = 1.015472E-02  
G( 16, 15) = 5.839879E-04 Y( 16, 15) = 9.817123E-03  
G( 18, 17) = 1.738001E-03 Y( 18, 17) = 2.490044E-02  
G( 19, 18) = 4.091573E-03 Y( 19, 18) = 5.058098E-02  
G( 25, 18) = 1.883958E-03 Y( 25, 18) = 2.490044E-02  
G( 20, 19) = 1.885349E-03 Y( 20, 19) = .2668629  
G( 22, 21) = 1.350445E-02 Y( 22, 21) = .0775528  
G( 23, 22) = 5.224084E-05 Y( 23, 22) = 5.01442E-03  
G( 24, 23) = 2.31794E-07 Y( 24, 23) = 4.673004E-04  
G( 26, 25) = 4.077028E-04 Y( 26, 25) = 9.998322E-03  
G( 27, 26) = 4.317865E-04 Y( 27, 26) = 9.450912E-03  
Q( 1) = 0 Q( 2) = 0 Q( 3) = 0 Q( 4) = 0 Q( 5) = 0  
Q( 6) = 0 Q( 7) = 0 Q( 8) = 0 Q( 9) = 0 Q( 10) = 0  
Q( 11) = 0 Q( 12) = 0 Q( 13) = 0 Q( 14) = 0  
Q( 15) = 0 Q( 16) = 0 Q( 17) = 0 Q( 18) = 0 Q( 19) = 0  
Q( 20) = 0 Q( 21) = 0 Q( 22) = 0 Q( 23) = 0  
Q( 24) = 0 Q( 25) = 0 Q( 26) = 0 Q( 27) = 0  
TIEMPO EN MINUTOS = 135  
QE = 0  
H( 1) = 35.485  
H( 2) = 36.035  
H( 3) = 36.085  
H( 4) = 36.25639  
H( 5) = 36.26296  
H( 6) = 36.26464  
H( 7) = 36.26742  
H( 8) = 36.72472  
H( 9) = 36.80147  
H( 10) = 37.39262  
H( 11) = 38.00047  
H( 12) = 38.17776

H( 13 ) = 39.285  
 H( 14 ) = 40.9  
 H( 15 ) = 41.94248  
 H( 16 ) = 43.78925  
 H( 17 ) = 36.865  
 H( 18 ) = 37.72348  
 H( 19 ) = 37.85369  
 H( 20 ) = 37.8533  
 H( 21 ) = 36.26087  
 H( 22 ) = 36.58  
 H( 23 ) = 37.20117  
 H( 24 ) = 37.87236  
 H( 25 ) = 38.475  
 H( 26 ) = 39.59  
 H( 27 ) = 40.49891  
 G( 1, 0 ) = 8.671758E-03 Y( 1, 0 ) = 7.406235E-02  
 G( 2, 1 ) = 9.408967E-05 Y( 2, 1 ) = 9.998322E-03  
 G( 3, 2 ) = 8.175598E-05 Y( 3, 2 ) = 9.998322E-03  
 G( 4, 3 ) = 4.023958E-02 Y( 4, 3 ) = .1781921  
 G( 17, 3 ) = 2.289721E-04 Y( 17, 3 ) = 9.998322E-03  
 G( 5, 4 ) = 3.157514E-02 Y( 5, 4 ) = .4296722  
 G( 6, 5 ) = 2.501557E-02 Y( 6, 5 ) = .4913025  
 G( 7, 6 ) = 1.327442E-02 Y( 7, 6 ) = .2390325  
 G( 21, 6 ) = 1.206332E-02 Y( 21, 6 ) = .2977681  
 G( 8, 7 ) = 2.956175E-03 Y( 8, 7 ) = 3.356743E-02  
 G( 9, 8 ) = 2.717733E-03 Y( 9, 8 ) = 4.309273E-02  
 G( 10, 9 ) = 4.386673E-04 Y( 10, 9 ) = 1.454544E-02  
 G( 11, 10 ) = 2.582632E-04 Y( 11, 10 ) = 1.154327E-02  
 G( 12, 11 ) = 5.471985E-04 Y( 12, 11 ) = 2.161028E-02  
 G( 13, 12 ) = 1.044613E-03 Y( 13, 12 ) = 1.887703E-02  
 G( 14, 13 ) = 1.503889E-04 Y( 14, 13 ) = 9.998322E-03  
 G( 15, 14 ) = 2.277577E-04 Y( 15, 14 ) = 8.737584E-03  
 G( 16, 15 ) = 5.089962E-04 Y( 16, 15 ) = 8.365631E-03  
 G( 18, 17 ) = 1.166317E-03 Y( 18, 17 ) = 1.922989E-02  
 G( 19, 18 ) = 3.023044E-03 Y( 19, 18 ) = 4.357529E-02  
 G( 25, 18 ) = 1.078284E-03 Y( 25, 18 ) = 1.922989E-02  
 G( 20, 19 ) = 7.472757E-04 Y( 20, 19 ) = .2634945  
 G( 22, 21 ) = 1.028926E-02 Y( 22, 21 ) = 6.793404E-02  
 G( 23, 22 ) = 1.469844E-04 Y( 23, 22 ) = 8.083344E-03  
 G( 24, 23 ) = 7.839892E-05 Y( 24, 23 ) = 6.793458E-03  
 G( 28, 25 ) = 4.077028E-04 Y( 28, 25 ) = 9.998322E-03  
 G( 27, 26 ) = 4.317865E-04 Y( 27, 26 ) = 9.450912E-03

Q( 1 ) = 0 Q( 2 ) = 0 Q( 3 ) = 0 Q( 4 ) = 0 Q( 5 ) = 0  
 Q( 6 ) = 0 Q( 7 ) = 0 Q( 8 ) = 0 Q( 9 ) = 0 Q( 10 ) = 0  
 Q( 11 ) = 0 Q( 12 ) = 0 Q( 13 ) = 0 Q( 14 ) = 0  
 Q( 15 ) = 0 Q( 16 ) = 0 Q( 17 ) = 0 Q( 18 ) = 0 Q( 19 ) = 0  
 Q( 20 ) = 0 Q( 21 ) = 0 Q( 22 ) = 0 Q( 23 ) = 0  
 Q( 24 ) = 0 Q( 25 ) = 0 Q( 26 ) = 0 Q( 27 ) = 0  
 TIEMPO EN MINUTOS = 140  
 QE = 0  
 H( 1 ) = 35.56561  
 H( 2 ) = 36.05103  
 H( 3 ) = 36.24078  
 H( 4 ) = 36.25298  
 H( 5 ) = 36.25744  
 H( 6 ) = 36.26194  
 H( 7 ) = 36.275  
 H( 8 ) = 36.71382  
 H( 9 ) = 38.78671  
 H( 10 ) = 37.39283  
 H( 11 ) = 38.00216  
 H( 12 ) = 38.17604  
 H( 13 ) = 38.265  
 H( 14 ) = 40.9  
 H( 15 ) = 41.94321  
 H( 16 ) = 43.78936  
 H( 17 ) = 36.865  
 H( 18 ) = 37.70469  
 H( 19 ) = 37.85063  
 H( 20 ) = 37.85  
 H( 21 ) = 36.26244  
 H( 22 ) = 36.58  
 H( 23 ) = 37.2001  
 H( 24 ) = 37.87154  
 H( 25 ) = 38.475  
 H( 26 ) = 39.59  
 H( 27 ) = 40.49891  
 G( 1, 0 ) = -1.067216E-02 Y( 1, 0 ) = .1143703  
 G( 2, 1 ) = 1.045165E-02 Y( 2, 1 ) = .058321  
 G( 3, 2 ) = 1.744309E-02 Y( 3, 2 ) = .1059055  
 G( 4, 3 ) = .034519 Y( 4, 3 ) = .2643814  
 G( 17, 3 ) = 2.986283E-02 Y( 17, 3 ) = 9.789085E-02  
 G( 5, 4 ) = 4.080221E-02 Y( 5, 4 ) = .425211  
 G( 6, 5 ) = 4.475044E-02 Y( 6, 5 ) = .4871941  
 G( 7, 6 ) = 4.203014E-02 Y( 7, 6 ) = .238472  
 G( 21, 6 ) = 1.026771E-02 Y( 21, 6 ) = .2971935  
 G( 8, 7 ) = 2.308624E-03 Y( 8, 7 ) = 3.190804E-02  
 G( 9, 8 ) = .0012548 Y( 9, 8 ) = 3.026199E-02  
 G( 10, 9 ) = 9.853448E-05 Y( 10, 9 ) = 7.266998E-03  
 G( 11, 10 ) = 2.950475E-04 Y( 11, 10 ) = 1.249504E-02  
 G( 12, 11 ) = 5.442508E-04 Y( 12, 11 ) = 2.160072E-02  
 G( 13, 12 ) = 9.433766E-04 Y( 13, 12 ) = 1.801672E-02  
 G( 14, 13 ) = 1.743638E-04 Y( 14, 13 ) = 9.998322E-03  
 G( 15, 14 ) = 2.48696E-04 Y( 15, 14 ) = 9.101866E-03  
 G( 16, 15 ) = 4.684594E-04 Y( 16, 15 ) = 8.78334E-03  
 G( 18, 17 ) = 2.870513E-04 Y( 18, 17 ) = 9.841919E-03

$G(19, 18) = 1.735684E-03$   $Y(19, 18) = 3.265762E-02$   
 $G(25, 18) = 2.934458E-04$   $Y(25, 18) = 9.841819E-03$   
 $G(20, 19) = 1.520596E-03$   $Y(20, 19) = .2803149$   
 $G(22, 21) = 1.049627E-02$   $Y(22, 21) = 6.871988E-02$   
 $G(23, 22) = 1.260263E-04$   $Y(23, 22) = 7.549286E-03$   
 $G(24, 23) = 5.115224E-05$   $Y(24, 23) = 5.819321E-03$   
 $G(26, 25) = 4.077028E-04$   $Y(26, 25) = 9.898322E-03$   
 $G(27, 26) = 4.317865E-04$   $Y(27, 26) = 9.450912E-03$   
 $Q(1) = 0$   $Q(2) = 0$   $Q(3) = 0$   $Q(4) = 0$   $Q(5) = 0$   
 $Q(6) = 0$   $Q(7) = 0$   $Q(8) = 0$   $Q(9) = 0$   $Q(10) = 0$   
 $Q(11) = 0$   $Q(12) = 0$   $Q(13) = 0$   $Q(14) = 0$   
 $Q(15) = 0$   $Q(16) = 0$   $Q(17) = 0$   $Q(18) = 0$   $Q(19) = 0$   
 $Q(20) = 0$   $Q(21) = 0$   $Q(22) = 0$   $Q(23) = 0$   
 $Q(24) = 0$   $Q(25) = 0$   $Q(26) = 0$   $Q(27) = 0$   
 TIEMPO EN MINUTOS= 145  
 QE= 0  
 $H(1) = 35.5057$   
 $H(2) = 36.03537$   
 $H(3) = 36.12202$   
 $H(4) = 36.28043$   
 $H(5) = 36.26686$   
 $H(6) = 36.27135$   
 $H(7) = 36.275$   
 $H(8) = 36.89891$   
 $H(9) = 36.78805$   
 $H(10) = 37.39456$   
 $H(11) = 38.00382$   
 $H(12) = 38.17542$   
 $H(13) = 39.285$   
 $H(14) = 40.9$   
 $H(15) = 41.9455$   
 $H(16) = 43.78927$   
 $H(17) = 36.88401$   
 $H(18) = 37.72712$   
 $H(19) = 37.84734$   
 $H(20) = 37.8481$   
 $H(21) = 38.27392$   
 $H(22) = 38.58$   
 $H(23) = 37.19899$   
 $H(24) = 37.8709$   
 $H(25) = 38.475$   
 $H(26) = 39.59$   
 $H(27) = 40.49891$   
 $G(1, 0) = -7.822892E-03$   $Y(1, 0) = 8.441182E-02$   
 $G(2, 1) = 1.148468E-03$   $Y(2, 1) = .0205307$   
 $G(3, 2) = 1.315214E-03$   $Y(3, 2) = 3.869247E-02$   
 $G(4, 3) = 4.802894E-02$   $Y(4, 3) = .208725$   
 $G(17, 3) = 3.650313E-03$   $Y(17, 3) = 3.801537E-02$   
 $G(5, 4) = 4.690712E-02$   $Y(5, 4) = .433691$   
 $G(6, 5) = 4.730983E-02$   $Y(6, 5) = .4966545$   
 $G(7, 6) = 4.770108E-02$   $Y(7, 6) = .2431774$   
 $G(21, 6) = 7.896481E-03$   $Y(21, 6) = .3076401$   
 $G(8, 7) = 1.27361E-03$   $Y(8, 7) = 2.445602E-02$

$G(9, 8) = 7.800115E-04$   $Y(9, 8) = 2.348328E-02$   
 $G(10, 9) = 1.811938E-04$   $Y(10, 9) = 8.806229E-03$   
 $G(11, 10) = 3.829586E-04$   $Y(11, 10) = 1.409149E-02$   
 $G(12, 11) = 5.737115E-04$   $Y(12, 11) = 2.202225E-02$   
 $G(13, 12) = 9.204177E-04$   $Y(13, 12) = 1.770973E-02$   
 $G(14, 13) = 1.527772E-04$   $Y(14, 13) = 9.998322E-03$   
 $G(15, 14) = 3.048669E-04$   $Y(15, 14) = 1.024628E-02$   
 $G(16, 15) = 8.343932E-04$   $Y(16, 15) = 9.883881E-03$   
 $G(18, 17) = 1.374439E-03$   $Y(18, 17) = 2.056503E-02$   
 $G(19, 18) = 2.745837E-03$   $Y(19, 18) = 4.223061E-02$   
 $G(25, 18) = 1.302973E-03$   $Y(25, 18) = 2.105904E-02$   
 $G(20, 19) = 1.12214E-03$   $Y(20, 19) = .2577229$   
 $G(22, 21) = 1.226164E-02$   $Y(22, 21) = 7.446098E-02$   
 $G(23, 22) = 1.068411E-04$   $Y(23, 22) = 8.998155E-03$   
 $G(24, 23) = 3.555771E-05$   $Y(24, 23) = 4.947662E-03$   
 $G(26, 25) = 4.077028E-04$   $Y(26, 25) = 9.898322E-03$   
 $G(27, 26) = 4.317865E-04$   $Y(27, 26) = 9.450912E-03$   
 $Q(1) = 0$   $Q(2) = 0$   $Q(3) = 0$   $Q(4) = 0$   $Q(5) = 0$   
 $Q(6) = 0$   $Q(7) = 0$   $Q(8) = 0$   $Q(9) = 0$   $Q(10) = 0$   
 $Q(11) = 0$   $Q(12) = 0$   $Q(13) = 0$   $Q(14) = 0$   
 $Q(15) = 0$   $Q(16) = 0$   $Q(17) = 0$   $Q(18) = 0$   $Q(19) = 0$   
 $Q(20) = 0$   $Q(21) = 0$   $Q(22) = 0$   $Q(23) = 0$   
 $Q(24) = 0$   $Q(25) = 0$   $Q(26) = 0$   $Q(27) = 0$   
 TIEMPO EN MINUTOS= 150  
 QE= 0  
 $H(1) = 35.60165$   
 $H(2) = 36.03563$   
 $H(3) = 36.27716$   
 $H(4) = 36.27268$   
 $H(5) = 36.27283$   
 $H(6) = 36.27325$   
 $H(7) = 36.275$   
 $H(8) = 36.68887$   
 $H(9) = 36.78372$   
 $H(10) = 37.39669$   
 $H(11) = 38.00466$   
 $H(12) = 38.17615$   
 $H(13) = 39.285$   
 $H(14) = 40.9$   
 $H(15) = 41.94042$   
 $H(16) = 43.78994$   
 $H(17) = 36.865$   
 $H(18) = 37.69979$   
 $H(19) = 37.84566$   
 $H(20) = 37.84448$   
 $H(21) = 36.27222$   
 $H(22) = 38.58$   
 $H(23) = 37.19787$   
 $H(24) = 37.87043$

H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49891  
G( 1, 0 )= -8.41319E-03 Y( 1, 0 )= .132391  
G( 2, 1 )= 1.740856E-02 Y( 2, 1 )= 6.864357E-02  
G( 3, 2 )= 2.451844E-02 Y( 3, 2 )= .116396  
G( 4, 3 )= 2.933834E-02 Y( 4, 3 )= 2924118  
G( 17, 3 )= 4.359863E-02 Y( 17, 3 )= .1180793  
G( 5, 4 )= 4.134839E-02 Y( 5, 4 )= 442749  
G( 6, 5 )= 4.830475E-02 Y( 6, 5 )= .5005455  
G( 7, 6 )= 4.185259E-02 Y( 7, 6 )= .2441273  
G( 21, 6 )= 1.273758E-02 Y( 21, 6 )= .3077374  
G( 8, 7 )= 7.767896E-04 Y( 8, 7 )= 1.943588E-02  
G( 9, 8 )= 3.822254E-04 Y( 9, 8 )= 1.629829E-02  
G( 10, 9 )= 1.111508E-04 Y( 10, 9 )= 7.705888E-03  
G( 11, 10 )= 4.804108E-04 Y( 11, 10 )= 1.587469E-02  
G( 12, 11 )= 6.128034E-04 Y( 12, 11 )= 2.290535E-02  
G( 13, 12 )= 9.489985E-04 Y( 13, 12 )= 1.807404E-02  
G( 14, 13 )= 1.796474E-04 Y( 14, 13 )= 9.998322E-03  
G( 15, 14 )= 1.87414E-04 Y( 15, 14 )= 7.709503E-03  
G( 16, 15 )= 3.403881E-04 Y( 16, 15 )= 7.411957E-03  
G( 18, 17 )= 1.677238E-04 Y( 18, 17 )= 7.398698E-03  
G( 19, 18 )= 1.229378E-03 Y( 19, 18 )= 2.772713E-02  
G( 25, 18 )= 1.380307E-04 Y( 25, 18 )= 7.398698E-03  
G( 20, 19 )= 7.612546E-04 Y( 20, 19 )= .2550897  
G( 22, 21 )= 1.208128E-02 Y( 22, 21 )= .0736084  
G( 23, 22 )= 8.912515E-05 Y( 23, 22 )= 6.433487E-03  
G( 24, 23 )= 2.428194E-05 Y( 24, 23 )= 4.148483E-03  
G( 28, 25 )= 4.077028E-04 Y( 28, 25 )= 9.998322E-03  
G( 27, 26 )= 4.317865E-04 Y( 27, 26 )= 9.450912E-03  
Q( 1 )= 0 Q( 2 )= 0 Q( 3 )= 0 Q( 4 )= 0 Q( 5 )= 0  
Q( 6 )= 0 Q( 7 )= 0 Q( 8 )= 0 Q( 9 )= 0 Q( 10 )= 0  
Q( 11 )= 0 Q( 12 )= 0 Q( 13 )= 0 Q( 14 )= 0  
Q( 15 )= 0 Q( 16 )= 0 Q( 17 )= 0 Q( 18 )= 0 Q( 19 )= 0  
Q( 20 )= 0 Q( 21 )= 0 Q( 22 )= 0 Q( 23 )= 0  
Q( 24 )= 0 Q( 25 )= 0 Q( 26 )= 0 Q( 27 )= 0  
TIEMPO EN MINUTOS= 155  
QE= 0  
H( 1 )= 35.54242  
H( 2 )= 36.03617  
H( 3 )= 36.18156  
H( 4 )= 36.26458  
H( 5 )= 36.26992  
H( 8 )= 36.27293  
H( 7 )= 36.275

H( 8 )= 36.67986  
H( 9 )= 36.7823  
H( 10 )= 37.39946  
H( 11 )= 38.00517  
H( 12 )= 38.17548  
H( 13 )= 39.285  
H( 14 )= 40.9  
H( 15 )= 41.94548  
H( 16 )= 43.78928  
H( 17 )= 36.865  
H( 18 )= 37.71834  
H( 19 )= 37.84284  
H( 20 )= 37.84365  
H( 21 )= 36.27663  
H( 22 )= 36.58  
H( 23 )= 37.19877  
H( 24 )= 37.87008  
H( 25 )= 38.475  
H( 26 )= 39.59  
H( 27 )= 40.49891  
G( 1, 0 )= -1.002427E-02 Y( 1, 0 )= .1027756  
G( 2, 1 )= 4.498796E-03 Y( 2, 1 )= 3.929901E-02  
G( 3, 2 )= 6.250348E-03 Y( 3, 2 )= 6.886673E-02  
G( 4, 3 )= 5.027502E-02 Y( 4, 3 )= .2405682  
G( 17, 3 )= 1.361609E-02 Y( 17, 3 )= 6.827927E-02  
G( 5, 4 )= 4.458353E-02 Y( 5, 4 )= .4372501  
G( 6, 5 )= 4.296014E-02 Y( 6, 5 )= .49893  
G( 7, 6 )= 3.438917E-02 Y( 7, 6 )= .2439671  
G( 21, 6 )= 1.377965E-02 Y( 21, 6 )= .3097839  
G( 8, 7 )= 4.379943E-04 Y( 8, 7 )= 1.492691E-02  
G( 9, 8 )= 1.619791E-04 Y( 9, 8 )= 1.107979E-02  
G( 10, 9 )= 1.306527E-04 Y( 10, 9 )= 8.382797E-03  
G( 11, 10 )= 5.948415E-04 Y( 11, 10 )= .017313  
G( 12, 11 )= 6.148833E-04 Y( 12, 11 )= 2.282333E-02  
G( 13, 12 )= 9.214059E-04 Y( 13, 12 )= 1.774025E-02  
G( 14, 13 )= 1.548937E-04 Y( 14, 13 )= 9.998322E-03  
G( 15, 14 )= 2.988828E-04 Y( 15, 14 )= 1.023865E-02  
G( 16, 15 )= 8.285939E-04 Y( 16, 15 )= 9.878159E-03  
G( 18, 17 )= 1.016867E-03 Y( 18, 17 )= 1.668832E-02  
G( 19, 18 )= 1.937978E-03 Y( 19, 18 )= 3.558922E-02  
G( 25, 18 )= 7.888978E-04 Y( 25, 18 )= 1.668832E-02  
G( 20, 19 )= 1.017525E-03 Y( 20, 19 )= .2532463  
G( 22, 21 )= .0128295 Y( 22, 21 )= .0758152  
G( 23, 22 )= 7.339412E-05 Y( 23, 22 )= 5.882263E-03  
G( 24, 23 )= 1.600754E-05 Y( 24, 23 )= 3.421783E-03

G( 26, 25) = 4.077028E-04 Y( 26, 25) =  
9.998322E-03  
G( 27, 26) = 4.317865E-04 Y( 27, 26) =  
9.450912E-03  
Q( 1) = 0 Q( 2) = 0 Q( 3) = 0 Q( 4) = 0 Q( 5) = 0  
Q( 6) = 0 Q( 7) = 0 Q( 8) = 0 Q( 9) = 0 Q( 10) =  
0 Q( 11) = 0 Q( 12) = 0 Q( 13) = 0 Q( 14) = 0  
Q( 15) = 0 Q( 16) = 0 Q( 17) = 0 Q( 18) = 0 Q( 19) =  
0 Q( 20) = 0 Q( 21) = 0 Q( 22) = 0 Q( 23) = 0  
Q( 24) = 0 Q( 25) = 0 Q( 26) = 0 Q( 27) = 0  
TIEMPO EN MINUTOS = 160  
QE = 0  
H( 1) = 35.49482  
H( 2) = 36.03548  
H( 3) = 36.085  
H( 4) = 36.2627  
H( 5) = 36.27124  
H( 6) = 36.27188  
H( 7) = 36.275  
H( 8) = 36.67282  
H( 9) = 36.78271  
H( 10) = 37.40255  
H( 11) = 38.00497  
H( 12) = 38.17604  
H( 13) = 39.285  
H( 14) = 40.9  
H( 15) = 41.94032  
H( 16) = 43.7894  
H( 17) = 38.865  
H( 18) = 37.71728  
H( 19) = 37.8415  
H( 20) = 37.84132  
H( 21) = 38.2698  
H( 22) = 36.58  
H( 23) = 37.19569  
H( 24) = 37.86982  
H( 25) = 38.475  
H( 26) = 39.59  
H( 27) = 40.49891  
G( 1, 0) = -7.152016E-03 Y( 1, 0) =  
7.897377E-02  
G( 2, 1) = 8.094974E-04 Y( 2, 1) =  
1.515198E-02  
G( 3, 2) = 1.696397E-04 Y( 3, 2) =  
1.024055E-02  
G( 4, 3) = 4.280399E-02 Y( 4, 3) = .1813507  
G( 17, 3) = 4.839003E-04 Y( 17, 3) =  
9.998322E-03  
G( 5, 4) = 3.915729E-02 Y( 5, 4) = .4369717  
G( 6, 5) = 3.877541E-02 Y( 6, 5) = .4990616  
G( 7, 6) = 3.586009E-02 Y( 7, 6) = .2434406  
G( 21, 6) = 1.018856E-02 Y( 21, 6) =  
.3058414  
G( 8, 7) = 2.442127E-04 Y( 8, 7) =  
1.141187E-02  
G( 9, 8) = 7.701849E-05 Y( 9, 8) =  
7.766724E-03  
G( 10, 9) = 1.980885E-04 Y( 10, 9) =  
1.012802E-02  
G( 11, 10) = 7.062571E-04 Y( 11, 10) =  
1.875877E-02  
G( 12, 11) = 6.184604E-04 Y( 12, 11) =  
2.300453E-02  
G( 13, 12) = 9.417347E-04 Y( 13, 12) =  
1.801872E-02

G( 14, 13) = 1.802549E-04 Y( 14, 13) =  
9.998322E-03  
G( 15, 14) = 1.853249E-04 Y( 15, 14) =  
7.659912E-03  
G( 16, 15) = 3.380265E-04 Y( 16, 15) =  
7.360458E-03  
G( 18, 17) = 7.691172E-04 Y( 18, 17) =  
1.613808E-02  
G( 19, 18) = 1.798102E-03 Y( 19, 18) =  
3.438759E-02  
G( 25, 18) = 7.074455E-04 Y( 25, 18) =  
1.613808E-02  
G( 20, 19) = 5.149659E-04 Y( 20, 19) =  
.2514076  
G( 22, 21) = 1.164161E-02 Y( 22, 21) =  
7.239914E-02  
G( 23, 22) = 5.963832E-05 Y( 23, 22) =  
5.344391E-03  
G( 24, 23) = 1.002747E-05 Y( 24, 23) =  
2.756119E-03  
G( 26, 25) = 4.077028E-04 Y( 26, 25) =  
9.998322E-03  
G( 27, 26) = 4.317865E-04 Y( 27, 26) =  
9.450912E-03  
Q( 1) = 0 Q( 2) = 0 Q( 3) = 0 Q( 4) = 0 Q( 5) = 0  
Q( 6) = 0 Q( 7) = 0 Q( 8) = 0 Q( 9) = 0 Q( 10) =  
0 Q( 11) = 0 Q( 12) = 0 Q( 13) = 0 Q( 14) = 0  
Q( 15) = 0 Q( 16) = 0 Q( 17) = 0 Q( 18) = 0 Q( 19) =  
0 Q( 20) = 0 Q( 21) = 0 Q( 22) = 0 Q( 23) = 0  
Q( 24) = 0 Q( 25) = 0 Q( 26) = 0 Q( 27) = 0  
TIEMPO EN MINUTOS = 165  
QE = 0  
H( 1) = 35.54318  
H( 2) = 36.04866  
H( 3) = 36.22854  
H( 4) = 36.26131  
H( 5) = 36.2663  
H( 6) = 36.26938  
H( 7) = 36.275  
H( 8) = 36.68784  
H( 9) = 36.78432  
H( 10) = 37.40561  
H( 11) = 38.00405  
H( 12) = 38.17547  
H( 13) = 39.285  
H( 14) = 40.9  
H( 15) = 41.94548  
H( 16) = 43.78927  
H( 17) = 38.865  
H( 18) = 37.70681  
H( 19) = 37.83921  
H( 20) = 37.83902  
H( 21) = 36.27068  
H( 22) = 36.58  
H( 23) = 37.20473  
H( 24) = 37.86865  
H( 25) = 38.475  
H( 26) = 39.59  
H( 27) = 40.49891  
G( 1, 0) = -1.005013E-02 Y( 1, 0) = .1031551  
G( 2, 1) = 6.285886E-03 Y( 2, 1) =  
4.591751E-02  
G( 3, 2) = 1.460567E-02 Y( 3, 2) =  
9.859467E-02  
G( 4, 3) = 4.358016E-02 Y( 4, 3) = .2624226

$G(17, 3) = 2.574845E-02$   $Y(17, 3) = 9.176826E-02$   
 $G(5, 4) = 4.445467E-02$   $Y(5, 4) = .4339017$   
 $G(6, 5) = 4.474887E-02$   $Y(6, 5) = .4853403$   
 $G(7, 6) = 3.859904E-02$   $Y(7, 6) = .2421913$   
 $G(21, 8) = .0141449$   $Y(21, 8) = .3050327$   
 $G(8, 7) = 1.426886E-04$   $Y(8, 7) = 8.918762E-03$   
 $G(9, 8) = 4.614279E-05$   $Y(9, 8) = 6.080627E-03$   
 $G(10, 9) = 3.071356E-04$   $Y(10, 9) = 1.246643E-02$   
 $G(11, 10) = 7.96603E-04$   $Y(11, 10) = 1.983452E-02$   
 $G(12, 11) = 5.863554E-04$   $Y(12, 11) = 2.226448E-02$   
 $G(13, 12) = 9.213603E-04$   $Y(13, 12) = 1.773453E-02$   
 $G(14, 13) = 1.548414E-04$   $Y(14, 13) = 9.998322E-03$   
 $G(15, 14) = 2.987354E-04$   $Y(15, 14) = 1.023865E-02$   
 $G(16, 15) = 6.30228E-04$   $Y(16, 15) = 9.876251E-03$   
 $G(18, 17) = 3.576833E-04$   $Y(18, 17) = 1.080322E-02$   
 $G(19, 18) = 1.24352E-03$   $Y(19, 18) = 2.791023E-02$   
 $G(25, 18) = 4.011687E-04$   $Y(25, 18) = 1.080322E-02$   
 $G(20, 19) = 1.242807E-03$   $Y(20, 19) = .2491188$   
 $G(22, 21) = 1.186026E-02$   $Y(22, 21) = 7.283074E-02$   
 $G(23, 22) = 2.941061E-04$   $Y(23, 22) = 9.866714E-03$   
 $G(24, 23) = 9.878872E-05$   $Y(24, 23) = 6.882886E-03$   
 $G(26, 25) = 4.077028E-04$   $Y(26, 25) = 9.998322E-03$   
 $G(27, 26) = 4.317865E-04$   $Y(27, 26) = 9.450912E-03$   
 $Q(1) = 0$   $Q(2) = 0$   $Q(3) = 0$   $Q(4) = 0$   $Q(5) = 0$   
 $Q(6) = 0$   $Q(7) = 0$   $Q(8) = 0$   $Q(9) = 0$   $Q(10) = 0$   
 $Q(11) = 0$   $Q(12) = 0$   $Q(13) = 0$   $Q(14) = 0$   
 $Q(15) = 0$   $Q(16) = 0$   $Q(17) = 0$   $Q(18) = 0$   $Q(19) = 0$   
 $Q(20) = 0$   $Q(21) = 0$   $Q(22) = 0$   $Q(23) = 0$   
 $Q(24) = 0$   $Q(25) = 0$   $Q(26) = 0$   $Q(27) = 0$   
 TIEMPO EN MINUTOS = 170  
 QE = 0  
 $H(1) = 35.49447$   
 $H(2) = 36.03539$   
 $H(3) = 36.10006$   
 $H(4) = 36.26205$   
 $H(5) = 36.26815$   
 $H(6) = 36.27164$   
 $H(7) = 36.275$   
 $H(8) = 36.66473$   
 $H(9) = 36.78695$   
 $H(10) = 37.40825$   
 $H(11) = 38.0025$   
 $H(12) = 38.17636$   
 $H(13) = 39.285$   
 $H(14) = 40.9$   
 $H(15) = 41.94032$   
 $H(16) = 43.7894$

$H(17) = 36.865$   
 $H(18) = 37.71798$   
 $H(19) = 37.83735$   
 $H(20) = 37.83775$   
 $H(21) = 38.27272$   
 $H(22) = 38.58$   
 $H(23) = 37.19594$   
 $H(24) = 37.86842$   
 $H(25) = 38.475$   
 $H(26) = 39.59$   
 $H(27) = 40.49891$   
 $G(1, 0) = -7.134432E-03$   $Y(1, 0) = .0798002$   
 $G(2, 1) = 5.081742E-04$   $Y(2, 1) = 1.493073E-02$   
 $G(3, 2) = 7.000909E-04$   $Y(3, 2) = 2.772331E-02$   
 $G(4, 3) = .0453794$   $Y(4, 3) = .1985531$   
 $G(17, 3) = 1.783019E-03$   $Y(17, 3) = 2.752876E-02$   
 $G(5, 4) = 4.382033E-02$   $Y(5, 4) = .4350967$   
 $G(6, 5) = 4.045635E-02$   $Y(6, 5) = .4973927$   
 $G(7, 6) = 4.042354E-02$   $Y(7, 6) = .2433186$   
 $G(21, 6) = 8.805147E-03$   $Y(21, 6) = .3071804$   
 $G(8, 7) = 9.378663E-05$   $Y(8, 7) = 7.362366E-03$   
 $G(9, 8) = 4.274902E-05$   $Y(9, 8) = 5.840302E-03$   
 $G(10, 9) = 4.64683E-04$   $Y(10, 9) = 1.510048E-02$   
 $G(11, 10) = 8.420555E-04$   $Y(11, 10) = 2.037239E-02$   
 $G(12, 11) = 5.625625E-04$   $Y(12, 11) = 2.182688E-02$   
 $G(13, 12) = 9.599851E-04$   $Y(13, 12) = 1.817703E-02$   
 $G(14, 13) = 1.799007E-04$   $Y(14, 13) = 9.998322E-03$   
 $G(15, 14) = 1.852858E-04$   $Y(15, 14) = 7.658005E-03$   
 $G(16, 15) = 3.378959E-04$   $Y(16, 15) = 7.358551E-03$   
 $G(18, 17) = 7.895853E-04$   $Y(18, 17) = 1.648903E-02$   
 $G(19, 18) = 1.58425E-03$   $Y(19, 18) = 3.266335E-02$   
 $G(25, 18) = 7.706985E-04$   $Y(25, 18) = 1.648903E-02$   
 $G(20, 19) = 4.336793E-04$   $Y(20, 19) = 2.47551$   
 $G(22, 21) = 1.208483E-02$   $Y(22, 21) = 7.385017E-02$   
 $G(23, 22) = 6.114507E-05$   $Y(23, 22) = 5.468369E-03$   
 $G(24, 23) = 5.487526E-06$   $Y(24, 23) = 2.178192E-03$   
 $G(26, 25) = 4.077028E-04$   $Y(26, 25) = 9.998322E-03$   
 $G(27, 26) = 4.317865E-04$   $Y(27, 26) = 9.450912E-03$   
 $Q(1) = 0$   $Q(2) = 0$   $Q(3) = 0$   $Q(4) = 0$   $Q(5) = 0$   
 $Q(6) = 0$   $Q(7) = 0$   $Q(8) = 0$   $Q(9) = 0$   $Q(10) = 0$   
 $Q(11) = 0$   $Q(12) = 0$   $Q(13) = 0$   $Q(14) = 0$   
 $Q(15) = 0$   $Q(16) = 0$   $Q(17) = 0$   $Q(18) = 0$   $Q(19) = 0$   
 $Q(20) = 0$   $Q(21) = 0$   $Q(22) = 0$   $Q(23) = 0$

$\mu = 0 Q(24) = 0 Q(25) = 0 Q(26) = 0 Q(27) = 0$   
TIEMPO EN MINUTOS = 175

QE = 0

H(1) = 35.60429

H(2) = 36.04944

H(3) = 36.26731

H(4) = 36.26713

H(5) = 36.26873

H(6) = 36.27021

H(7) = 36.275

H(8) = 36.66329

H(9) = 36.7908

H(10) = 37.40992

H(11) = 38.0008

H(12) = 38.17608

H(13) = 39.285

H(14) = 40.9

H(15) = 41.94548

H(16) = 43.78928

H(17) = 38.865

H(18) = 37.70998

H(19) = 37.83613

H(20) = 37.83558

H(21) = 38.2894

H(22) = 38.58

H(23) = 37.205

H(24) = 37.8658

H(25) = 38.475

H(26) = 39.59

H(27) = 40.49891

G(1, 0) = 9.450434E-03 Y(1, 0) = .133709

G(2, 1) = 1.904033E-02 Y(2, 1) =

7.886424E-02

G(3, 2) = 2.325924E-02 Y(3, 2) = .1183739

G(4, 3) = 3.270103E-02 Y(4, 3) = .2847195

G(17, 3) = 3.930299E-02 Y(17, 3) =

.1111546

G(5, 4) = 4.173458E-02 Y(5, 4) = .4379272

G(6, 5) = 4.478932E-02 Y(6, 5) = .4986692

G(7, 6) = 4.120057E-02 Y(7, 6) = .2426052

G(21, 6) = .0130894 Y(21, 6) = .3048058

G(8, 7) = 7.471388E-05 Y(8, 7) =

6.643295E-03

G(9, 8) = 6.278702E-05 Y(9, 8) =

6.944656E-03

G(10, 9) = 8.592655E-04 Y(10, 9) =

1.776123E-02

G(11, 10) = 8.314600E-04 Y(11, 10) =

2.025795E-02

G(12, 11) = 5.152532E-04 Y(12, 11) =

2.082634E-02

G(13, 12) = 9.567089E-04 Y(13, 12) =

1.802626E-02

G(14, 13) = 1.538845E-04 Y(14, 13) =

9.998322E-03

G(15, 14) = 2.991187E-04 Y(15, 14) =

1.023885E-02

G(16, 15) = 8.301489E-04 Y(16, 15) =

9.878159E-03

G(18, 17) = 4.629593E-04 Y(18, 17) =

1.248169E-02

G(19, 18) = 1.166759E-03 Y(19, 18) =

2.804758E-02

G(25, 18) = 3.803325E-04 Y(25, 18) =

1.248169E-02

G(20, 19) = 6.701875E-04 Y(20, 19) =

.2458553

G(22, 21) = 1.163754E-02 Y(22, 21) =

7.219887E-02

G(23, 22) = 1.855963E-04 Y(23, 22) =

9.988322E-03

G(24, 23) = 2.557901E-05 Y(24, 23) =

5.399704E-03

G(26, 25) = 4.077028E-04 Y(26, 25) =

9.988322E-03

G(27, 26) = 4.317865E-04 Y(27, 26) =

9.450912E-03

PORCENTAJE DE DERRAME EN TRAMOS

CONFLICTIVOS

VF(5) = 20.60913

VD(5) = 183.2548

VF(7) = 10.50809

VD(7) = 93.43715

VF(22) = 64.132

VD(22) = 570.257

VF(24) = 4.750781

VD(24) = 42.24359