

Modelo Hidráulico Operacional del Oeste



Dr. Jorge Rivera Santos, Ph.D., P.E.
Dr. Walter F. Silva Araya, Ph.D., P.E.

Roy Ruiz Vélez – Técnico GIS, PRWRERI
Maria M. Torres Olán – Estudiante Ing. Civil
Instituto de Investigaciones Sobre
Recursos de Agua y el Ambiente de Puerto Rico
Universidad de Puerto Rico - Mayagüez

Modelo Hidráulico Operacional

- **Objetivo:**
 - Digitalizar los elementos envueltos en los sistemas de distribución de agua potable de Miradero y Ponce de León.
 - Simular el funcionamiento del sistema.
 - Estimar presiones y flujos dentro de las tuberías.
 - Identificar áreas de mal funcionamiento.
 - Proveer información útil para la toma de decisiones.
- **Etapas del proyecto:**
 - Digitalización del sistema
 - Estimación de la demanda
 - Calibración (Mediciones de niveles, presiones y flujos)



Herramientas Utilizadas

- **InfoWater®**
 - Aplicación para el modelaje y manejo de sistemas de distribución de agua que funciona sobre ArcGIS.
 - Compañía MWH Soft®
- **ArcGIS® 9.1**
 - ArcView
 - ArcToolbox: Herramientas NearAnalyst e Intersect
- **GPS**
 - Localización espacial de los elementos del sistema.
 - Localización de puntos de medición.



Digitalización: Elementos del Sistema

- **Tubos:** Planos de construcción y trabajo de campo.

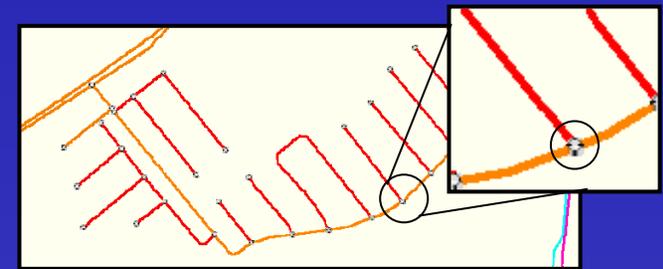
- Año de instalación
- Diámetro
- Material del tubo
- Rugosidad
- Longitud

OBJECT ID	MOID	DESCRIPT	YR_INST	MATERIAL	LENGTH	DIAMETER
1	PMIR_483	Saliendo de Planta Miradero_10"	1965	Cast Iron	315.31	6
2	PMIR_484	Carr.108 Desde Planta hasta Int. Bellas Lomas	1960	Cast Iron	1622.96	10
4	PMIR_486	Carr.108 _Tubo 6"Int. Camino Bonet	1940	Cast Iron	355.45	6
5	PMIR_487	Carr.108 Desde Planta hasta Int. Camino Cuba_6"	1940	Cast Iron	255.50	6
6	PMIR_488	Carr. 108 Tubo 4" _Desde Planta a Valv. Reguladora	1957	Cast Iron	89.31	4
7	PMIR_489	Carr.108 Desde Int. camino Cuba hasta Int. Bellas Lomas	1940	Cast Iron	585.51	6

>>Tabla de atributos de tubería.

- **Nodos:** Asignados en InfoWater

- Puntos de conexión de las tuberías
- Asignación de la demanda estimada



>> Urb. Ramírez de Arellano

- **Válvulas reguladoras de presión:** Mediciones de campo

- Presión de salida
- Elevación
- Diámetro



Digitalización: Elementos del Sistema (cont.)

- **Bombas:** Sección de Mantenimiento de la AAA

- Flujo de diseño
- Presión de diseño
- Elevación
- Diámetro

ID	DESCRIPT	TYPE	SHUT HEAD	DSGN HEAD	DSGN FLOW	HIGH HEAD	HIGH FLOW
PUBAT_22	Pozo Bateyes en Carr 356	1: Design Point Curve	N/A	600	225	N/A	N/A
PUBEN_32	Pozo 2 en Carr 319	2: Exponential 3-Point Curve	465	320	500	291	525
PUBEN_33	Pozo Javieres en Carr 319	1: Design Point Curve	N/A	320	100	N/A	N/A
PUGUA_26	Bomba Valle Hermoso	2: Exponential 3-Point Curve	320	275	40	200	65
PUGUH_29	Bomba Mayagüez Mall	1: Design Point Curve	N/A	323	60	N/A	N/A

>>Tabla de atributos de bombas.

- **Tanques:** Visitas a campo

- Dimensiones
- Niveles de agua
- Elevación



>>Tanque barrio El Limón.

- **Embalses:** Visitas a campo

- Elevación
- Cabezal de salida



*Las elevaciones fueron obtenidas de los Modelos de Elevacion Digital (DEM) del CRIM.



Modelo: InfoWater

The screenshot shows the ArcMap - ArcView interface with the InfoWater extension. The main map displays a network of pipes and tanks overlaid on an aerial photograph. The left pane shows a list of layers, and the right pane shows the properties for a selected pipe.

Layers:

- Junction
- Tank
- Reservoir
- Pump
- Valve
- Pipe
- Rutas_Consumo_
- PDL_Cal_18-ago
- ma_ele
- ro_ele
- carreteras
- Waypoint_Calbra
- barrios
- Tanques_PDL
- Calibraciones_Ap
- Calib_Sep13-06
- prioridad
- New_Shapefile
- Foto

Properties for PIPE: PPBL_169, Salida de la Planta Hac

(ID)	PPBL_169
Description	Salida de la Planta Hac
<input checked="" type="checkbox"/> Geometry	Reverse
Start Node	NPBL_125
End Node	NPBL_001
<input checked="" type="checkbox"/> Modeling	
Length	1261.18
Diameter	20.00
Roughness	60.00
Minor Loss	0.00
Flow Totalizer	No
Check Valve	No
<input checked="" type="checkbox"/> Information	
Installation Year	1935
Retirement Year	
Zone	
Material	Cast Iron
Lining	
Cost ID	
Phase	
PIPE	3
GROUP	
OLDESTPIPE	
TEST	
<input checked="" type="checkbox"/> Output	
Flow	443.07 gpm
Flow Direction	Forward
Velocity	0.45 ft/s

Domain Cleared

697248.67 2012811.84 Meters



Estimación de Demanda

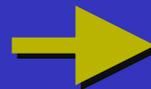
- **Se desarrolló una metodología para la asignación de la demanda utilizando técnicas de GIS y fotointerpretación.**
- **La metodología consta de los siguientes pasos:**
 - Digitalización de rutas de lectura
 - Distribución geoespacial del consumo
 - Asignación geoespacial de la demanda por nodo



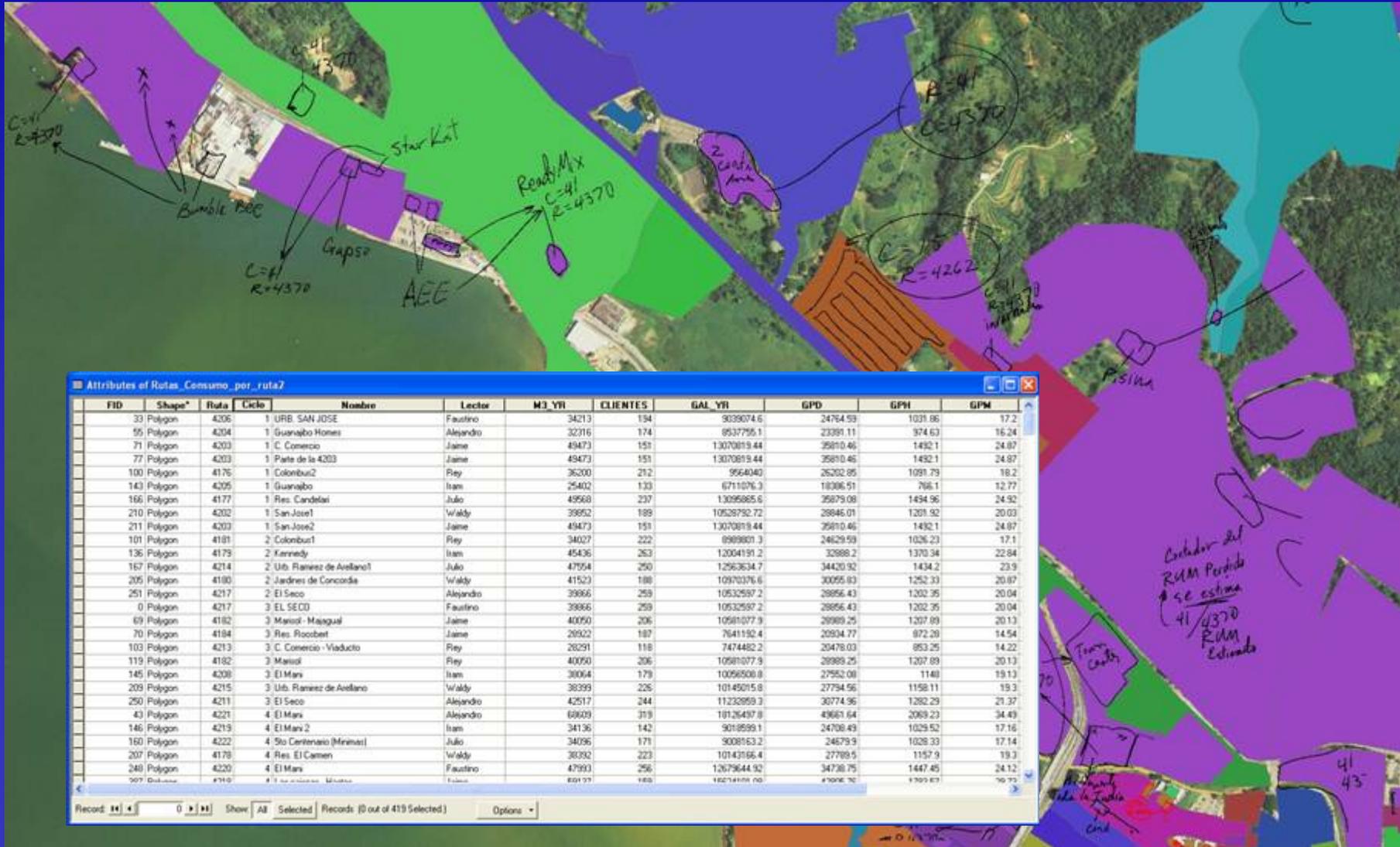
Estimación de Demanda (cont.)

- Digitalización de rutas de lectura
 - Ubicación de las rutas de lectura en un espacio geográfico
 - Tablet PC: anotaciones de las rutas por lector (Oficina Comercial AAA Mayagüez).
 - Fotografía aérea 2004 y 1997
 - Mapa de carreteras, barrios y otros
 - Digitalización de las áreas de ruta a partir de las anotaciones
 - Integración de datos de consumo suministrados por AAA con los datos de rutas.

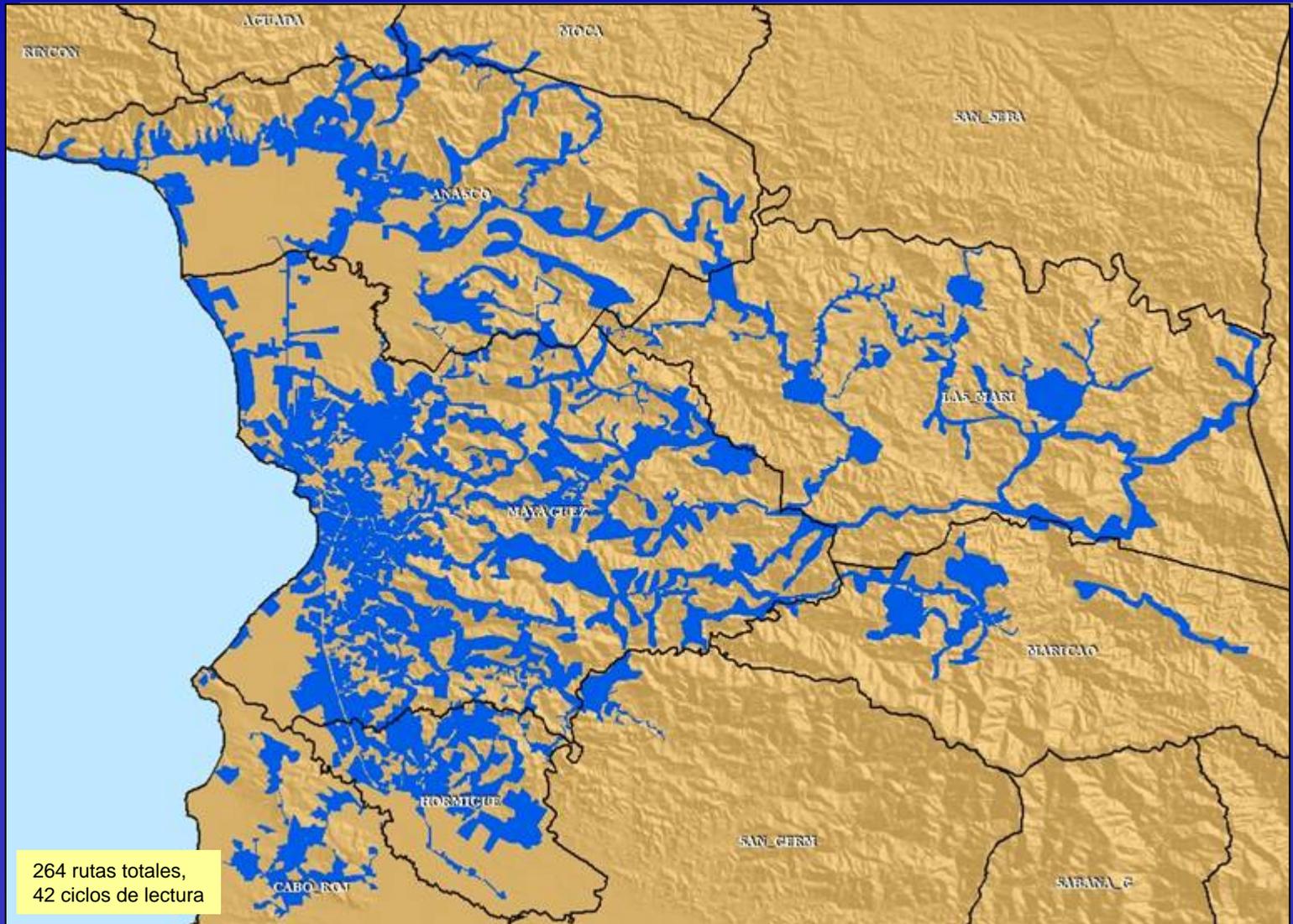
- 09/13/05 CU429E		PUERTO RICO AQUEDUCT & SEWER AUTHORITY CUBIS			
		-----W A T E R-----		07/01/04 TO 06/30/05	RUTA: 4319
CLASS	CUSTOMERS	USAGE	BILLING	USAGE	
0 WATER ONLY					
C	1	136.00	136.77	.00	
G	1	924.00	809.82	.00	
I		.00	.00	.00	
P		.00	.00	.00	
R	1	168.00	84.58	.00	
TOTAL	3	1,228.00	1,031.17	.00	
0 WATER & SEWER					
C		.00	.00	.00	
G	2	4,261.00	3,048.12	4,261.00	
I		.00	.00	.00	
P	50	8,657.00	4,874.29	8,657.00	
R	258	49,755.00	27,184.45	49,755.00	
TOTAL	310	62,673.00	35,106.86	62,673.00	



Estimación de Demanda (cont.)



Estimación de Demanda (cont.)



Rutas de lectura, oficina AAA comercial de Mayagüez.



Estimación de Demanda (cont.)

- **Distribución geoespacial del consumo**

- Centroides

- Utilizando la cobertura de edificios del CRIM se generó un archivo de puntos marcando cada estructura o casa.
- Urbanizaciones o estructuras nuevas fueron digitalizadas sobre las fotos del 2004.

- Intersect

- Intersección geométrica entre los centroides y las rutas de lectura.
- Se calculó un consumo por estructura.

- Consumo por Estructura (CPE)

$$\frac{\text{Consumo por ruta}}{\# \text{ de estructuras por ruta}} = \text{CPE}$$

- De esta forma se mantiene el consumo.

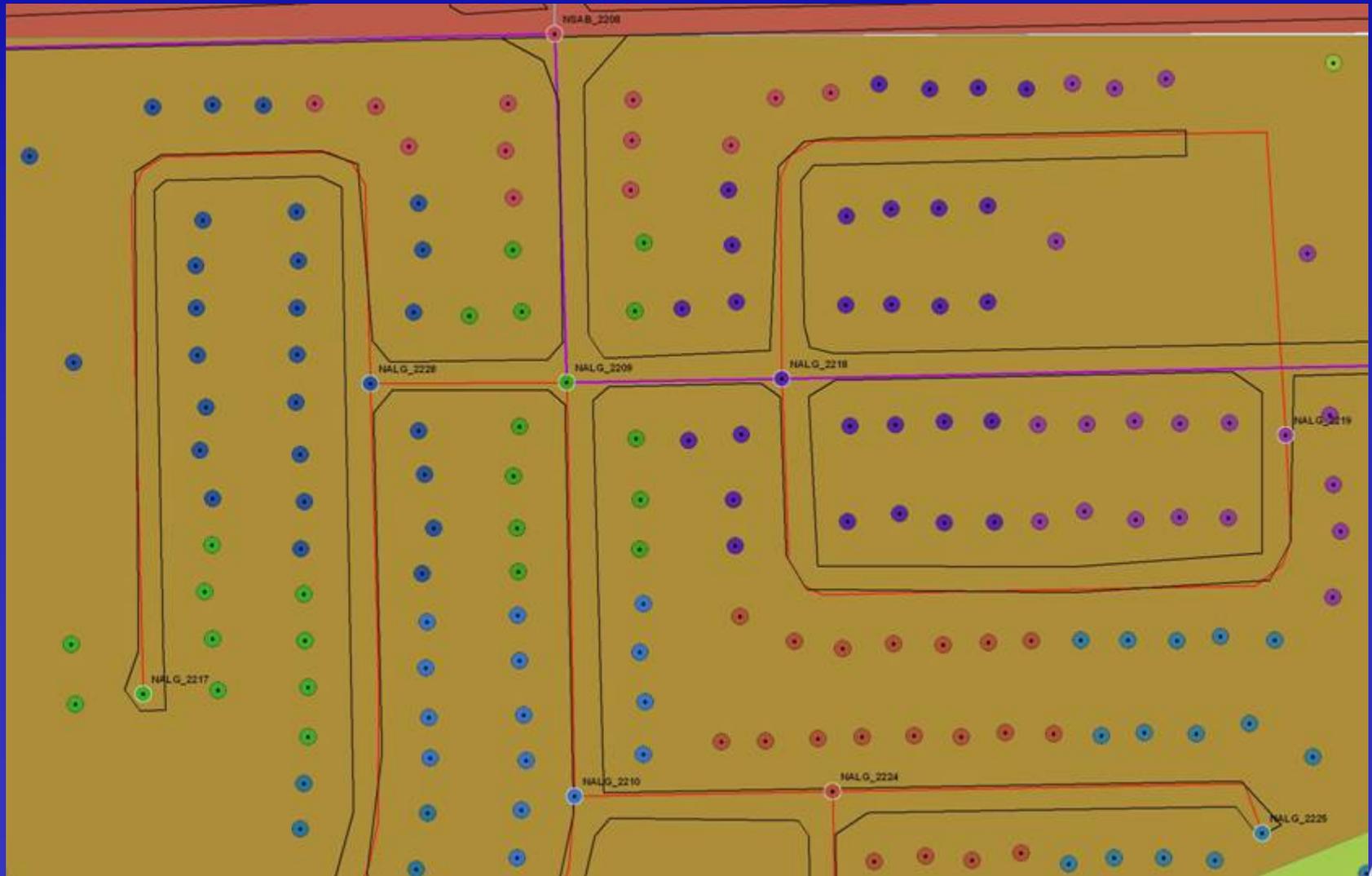


Estimación de Demanda (cont.)

- **Asignación geoespacial de la demanda por nodo**
 - Near Analyst:
 - Se asignan los centroides al nodo mas cercano.
 - “Nearjunction”: Se genera un nuevo campo en la tabla de atributos con el ID del nodo mas cercano.
 - Cálculo de la demanda:
 - Se asume que la demanda de un nodo es igual a la sumatoria del consumo de los centroides cercanos a el.
 - Se hace un resumen de la tabla de centroides por “Nearjunction” donde se suman los consumos de los centroides con el mismo nodo.
 - Join Table
 - Unión de las tabla resumida de “nearjunction” y la tabla de nodos usando el campo FID como denominador común.



Estimación de Demanda (cont.)

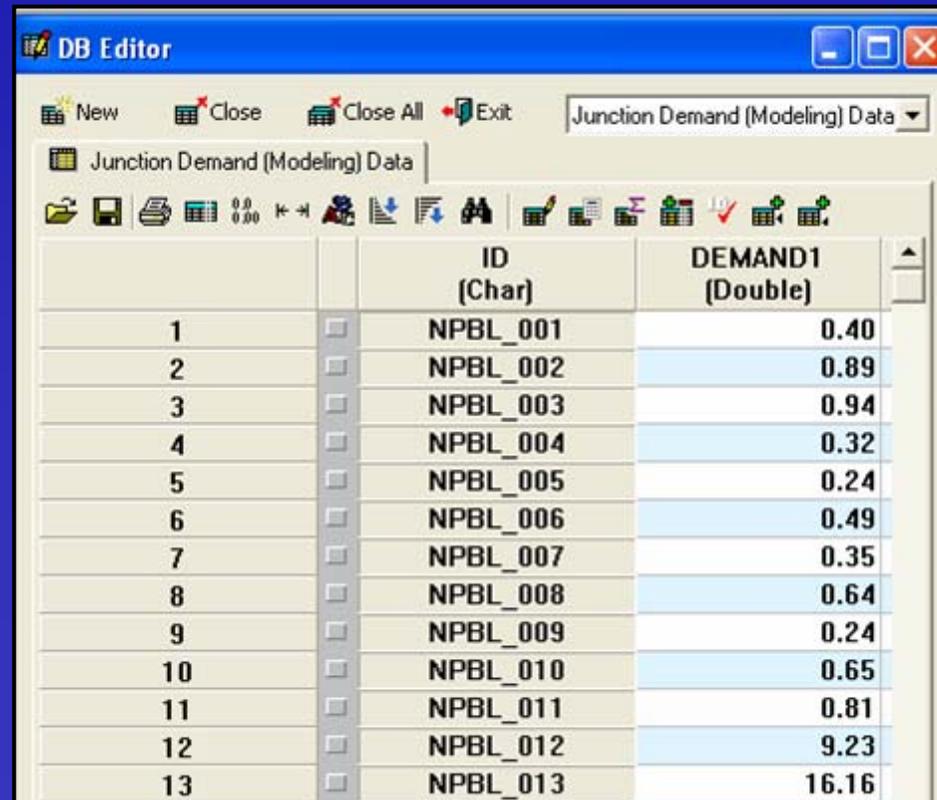


Ejemplo de la asignación y distribución de la demanda. Urb. Alturas de Mayagüez



Estimación de Demanda (cont.)

- Los datos obtenidos del cálculo de demanda se entran a *Infowater*.

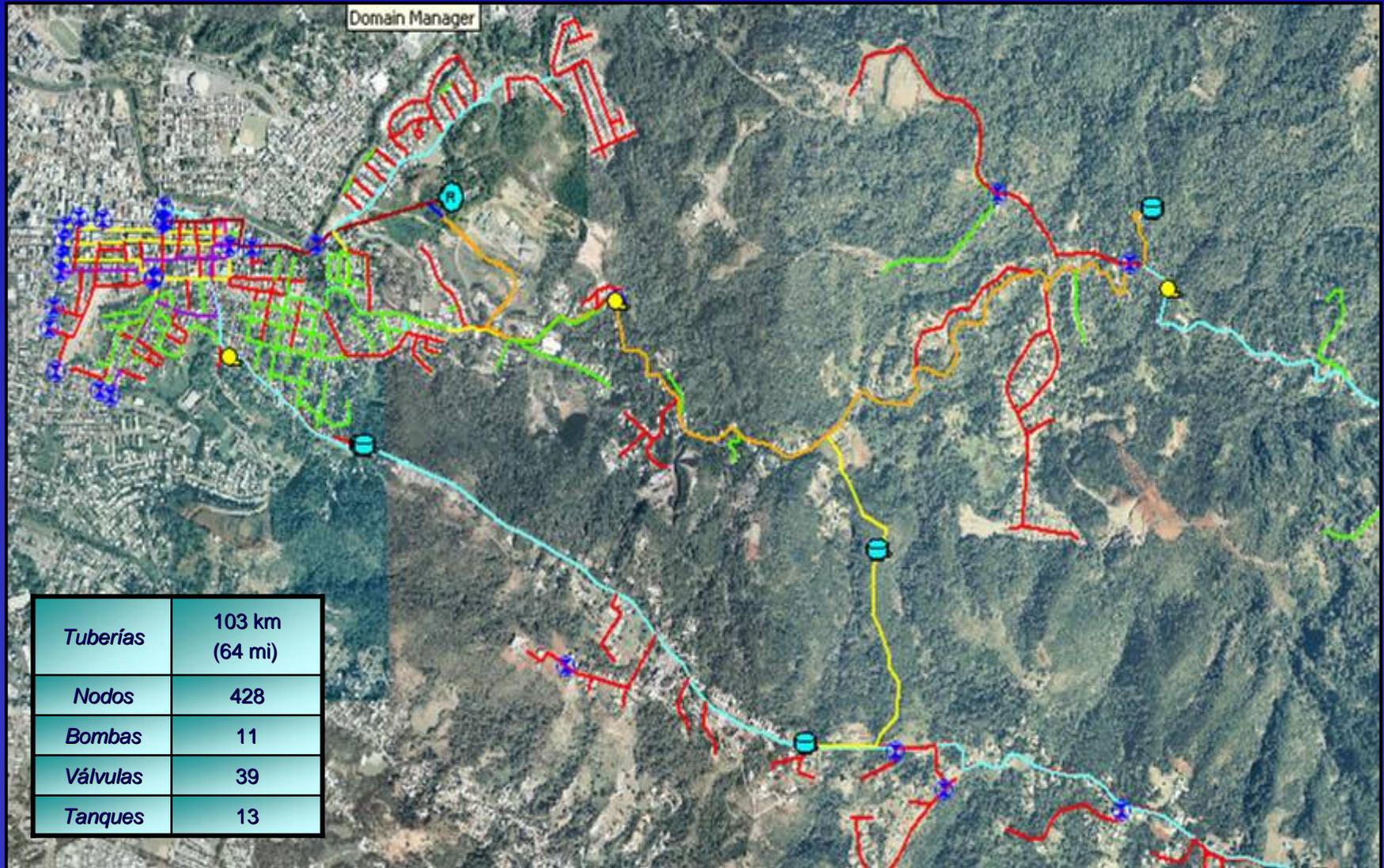


The screenshot shows the 'DB Editor' window with a table titled 'Junction Demand (Modeling) Data'. The table has three columns: 'ID (Char)', 'DEMAND1 (Double)', and a checkbox column. The data is as follows:

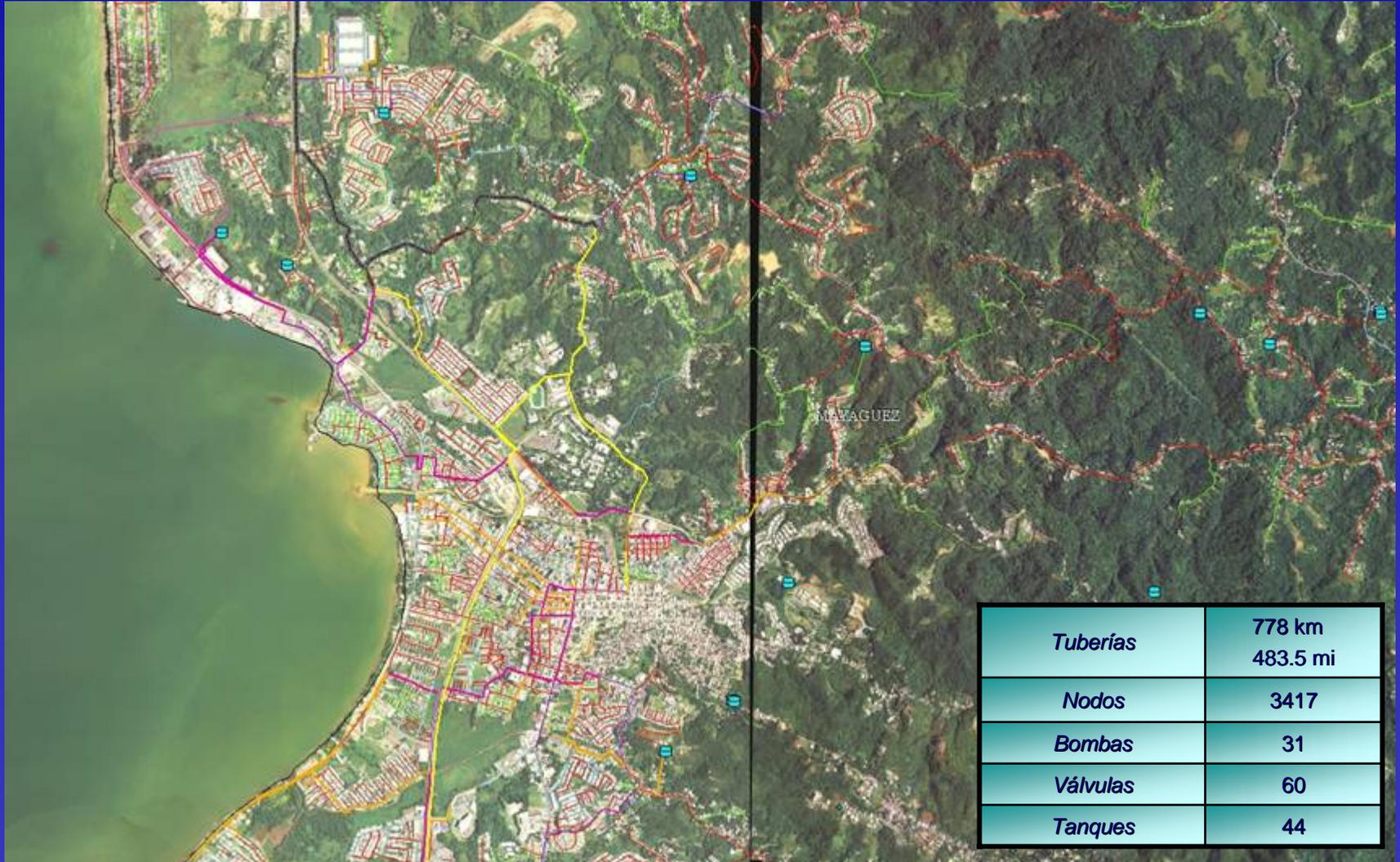
	<input type="checkbox"/>	ID (Char)	DEMAND1 (Double)
1	<input type="checkbox"/>	NPBL_001	0.40
2	<input type="checkbox"/>	NPBL_002	0.89
3	<input type="checkbox"/>	NPBL_003	0.94
4	<input type="checkbox"/>	NPBL_004	0.32
5	<input type="checkbox"/>	NPBL_005	0.24
6	<input type="checkbox"/>	NPBL_006	0.49
7	<input type="checkbox"/>	NPBL_007	0.35
8	<input type="checkbox"/>	NPBL_008	0.64
9	<input type="checkbox"/>	NPBL_009	0.24
10	<input type="checkbox"/>	NPBL_010	0.65
11	<input type="checkbox"/>	NPBL_011	0.81
12	<input type="checkbox"/>	NPBL_012	9.23
13	<input type="checkbox"/>	NPBL_013	16.16



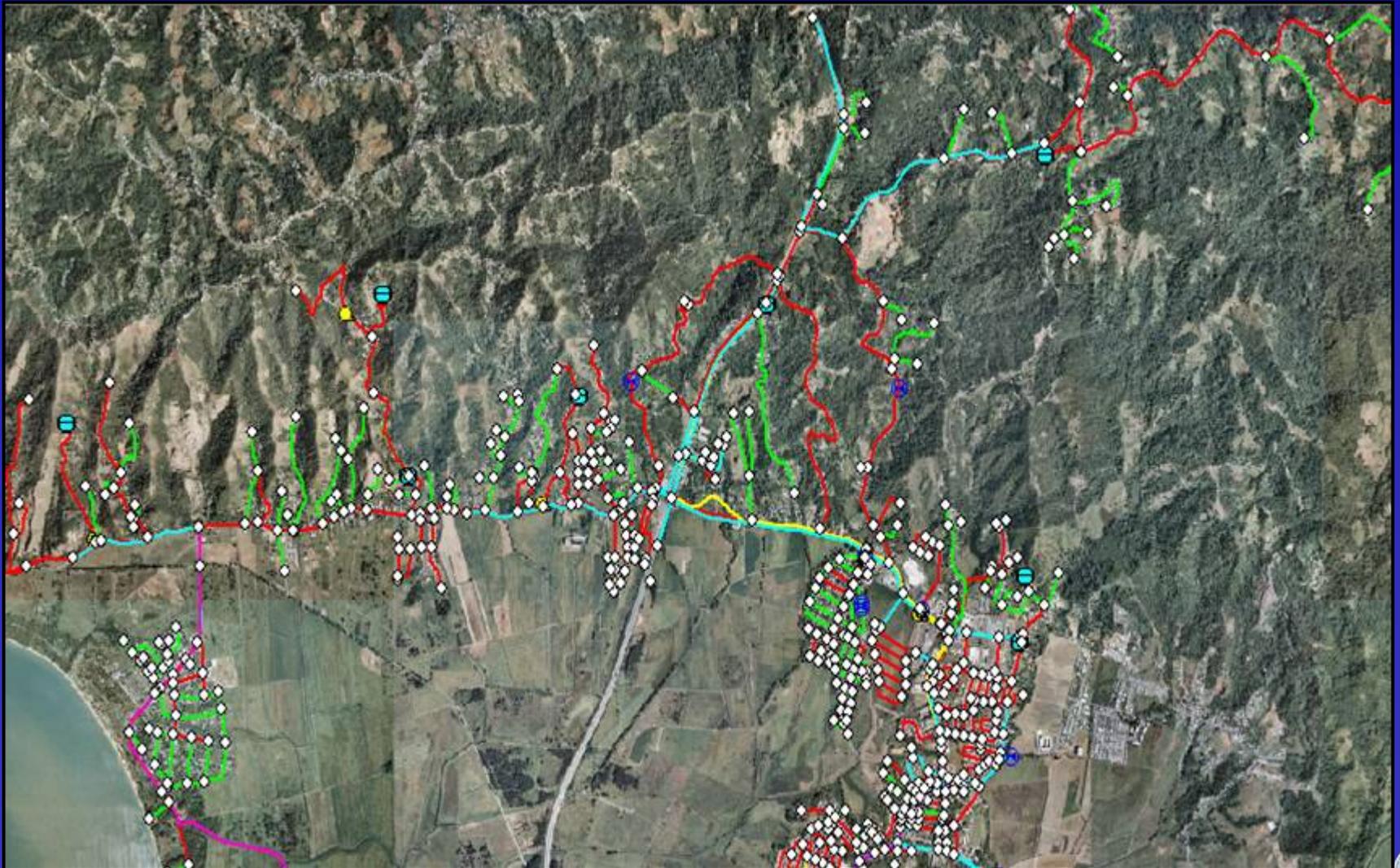
Modelo Ponce de León



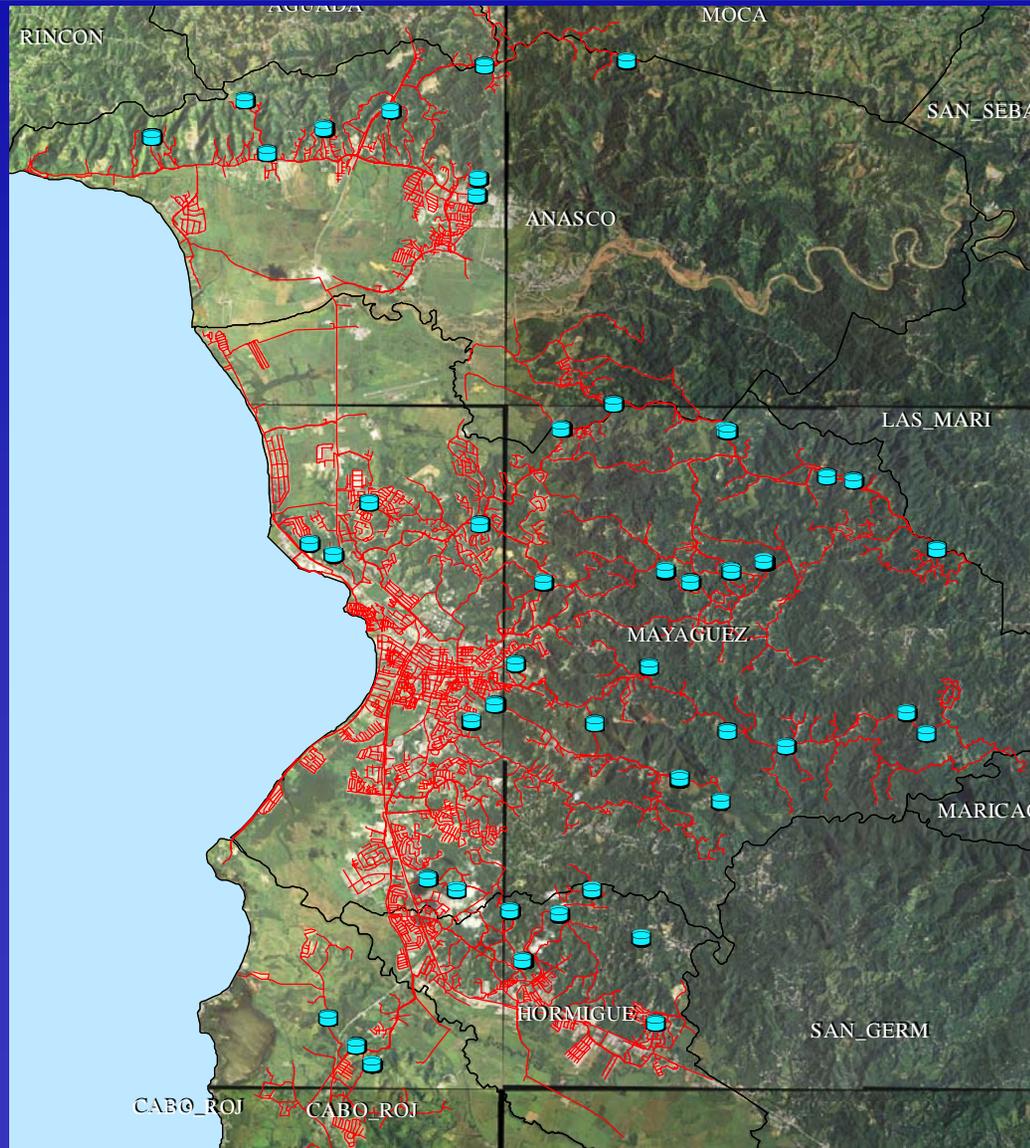
Modelo de Miradero



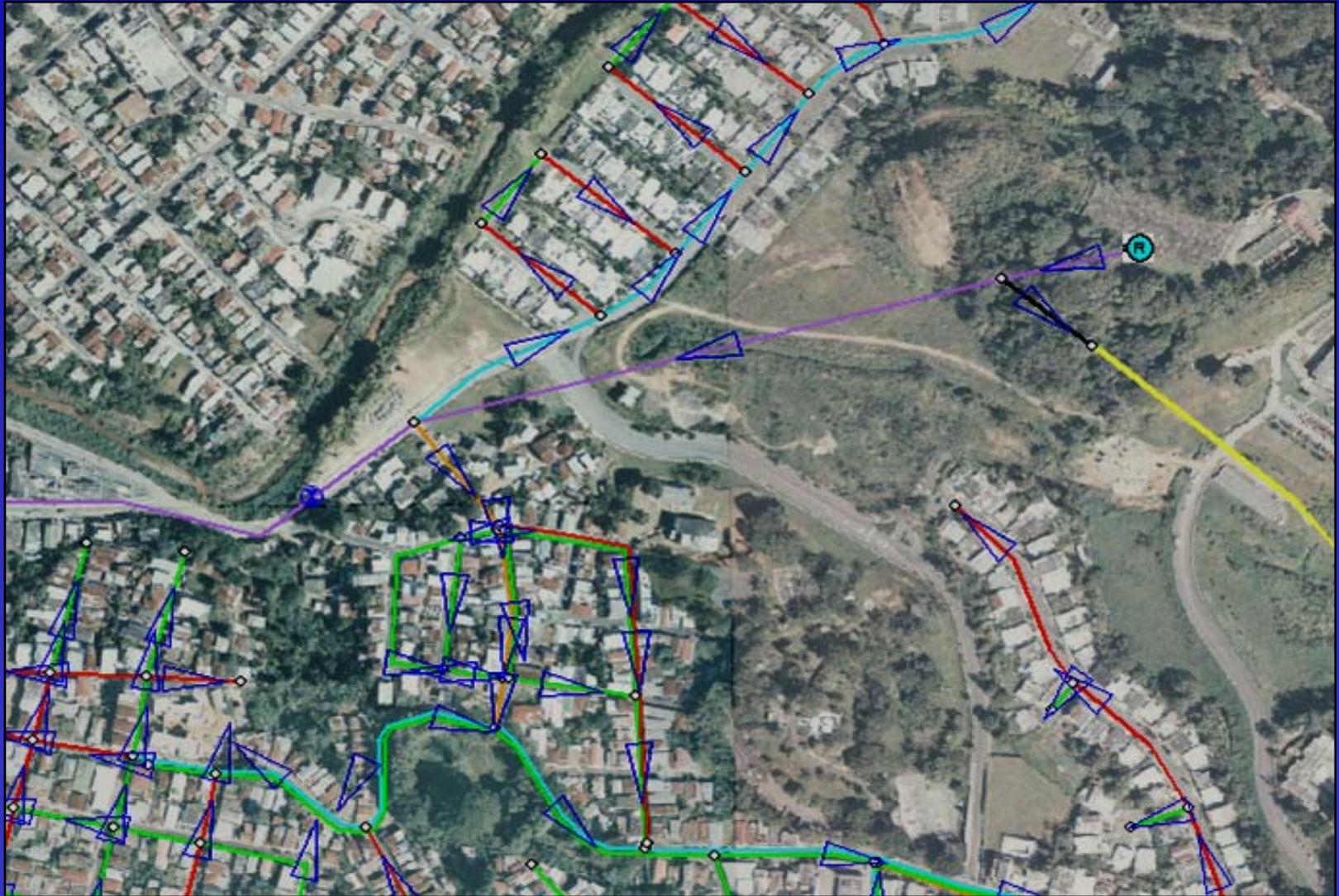
Modelo de Miradero, Parte de Añasco



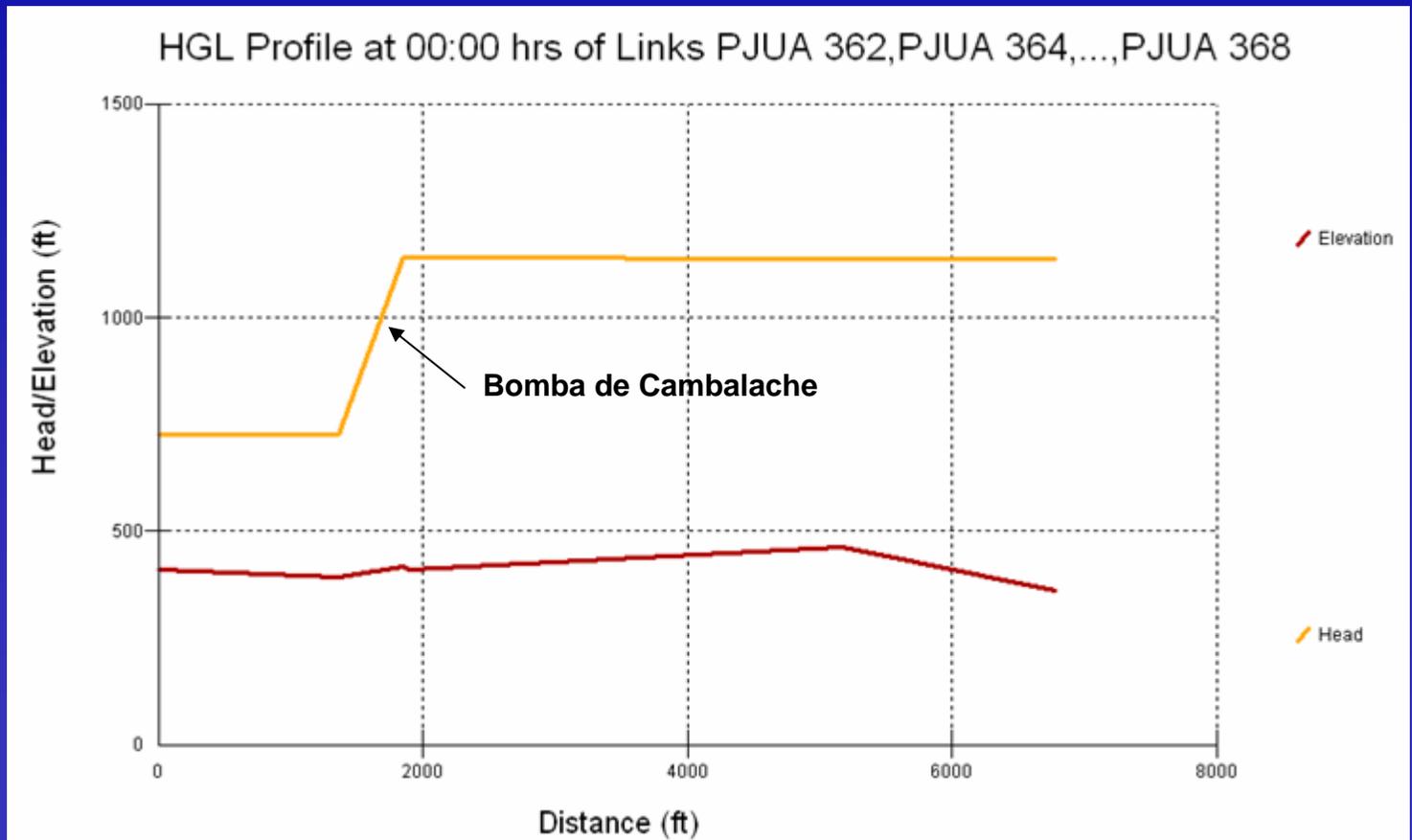
Sistema de Tuberías y Tanques



Resultados: Flujos



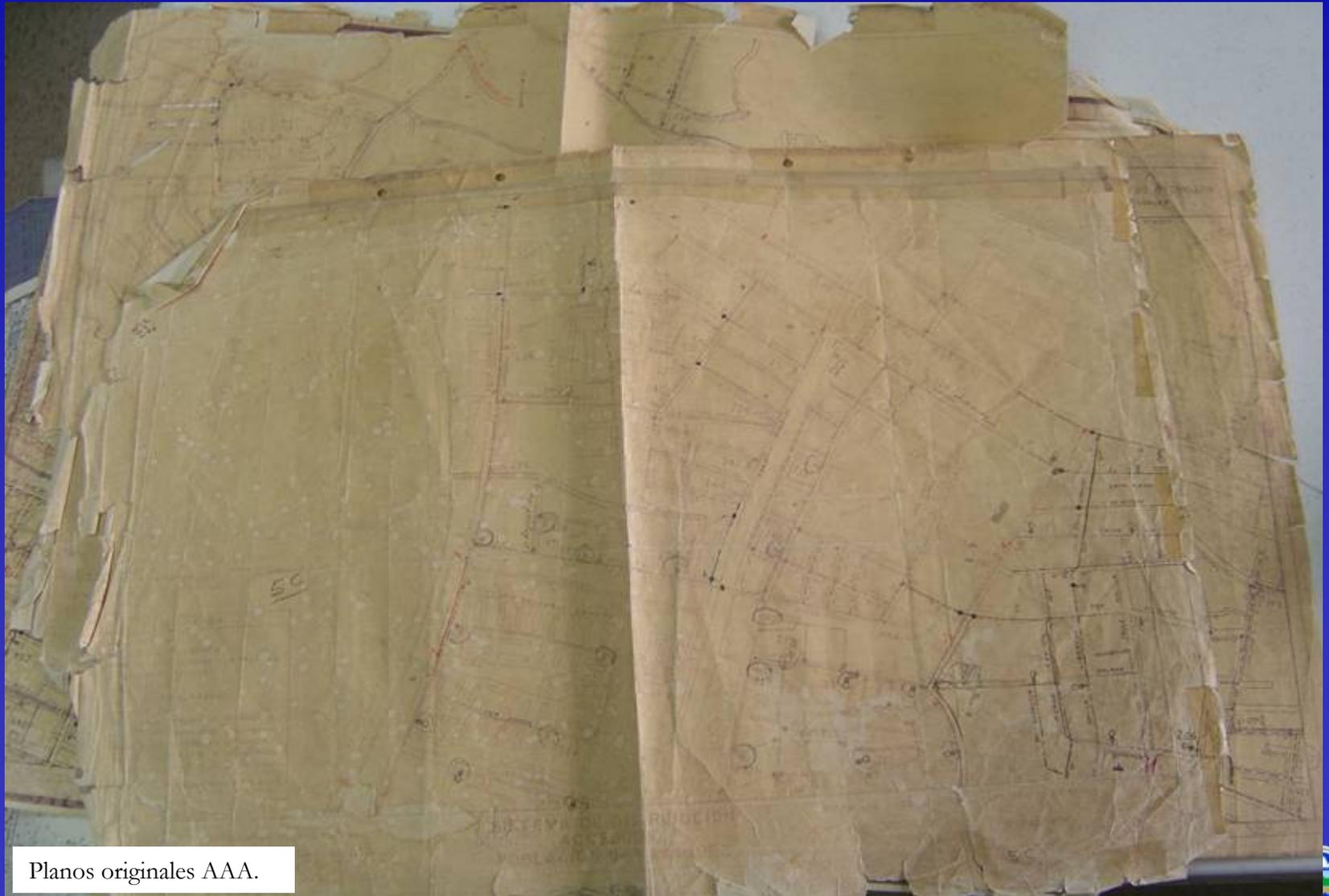
Resultados: Gradiente Hidráulico



Gráfica del gradiente hidráulico.



Resultados: Actualización de Planos

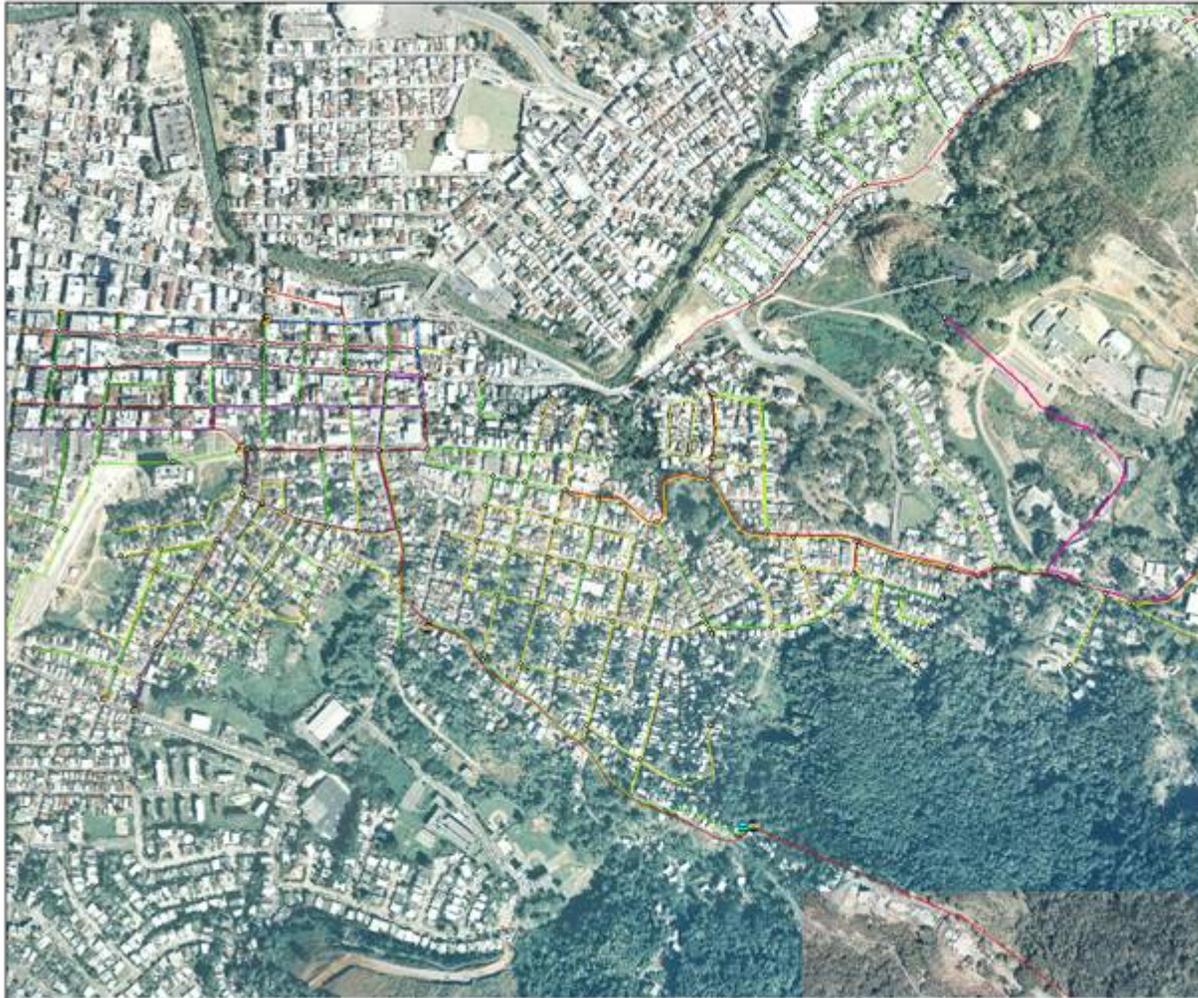


Planos originales AAA.



Resultados: Actualización de Planos

Sistema Ponce de León



Autoridad de Acueductos y Alcantarillados
Instituto de Recursos de Agua y el
Ambiente de Puerto Rico
Municipio de Mayagüez

Modelo Hidráulico del Oeste

Sistema Ponce de León

Preliminar
Marzo-2006

Sujeto a revisión

Leyenda	
Bombas	Tubería
Planta	Diámetro (pulg.)
Tanques	2
Válvulas	4
Nodos	6
	8
	10
	12
	14
	16
	20

Rutas de Lecturas

Rutas	2
	4
	6
	8
	10
	12
	14
	16
	20

ESCALA 1:5,000

Fuente: Autoridad de Acueductos y Alcantarillados / Centro de Actualización de Injenería / División de Datos de Campo



Figura 1 - Abrigamiento del modelo Ponce de León



Etapa actual

- **Calibración**
 - Medición de presiones en el campo.
 - Calibrador



Resumen

- **El Modelo Hidráulico del Oeste permitirá:**
 - Estimar presiones y flujos en las tuberías.
 - Identificar y proponer soluciones a problemas de funcionamiento
 - Analizar alternativas para nuevas expansiones, rehabilitación y otros estudios





Preguntas

