

# MODELACION HIDRAULICA DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE Y SU APLICACIÓN AL CPM CHIPISPAYA – HEROES ALBARRACIN - TACNA PERU. (SOFTWARE WaterGEMS/ArcGIS 9.3)

## Resumen.

El presente trabajo describe la importancia de difundir la modelación hidráulica de redes de distribución de agua potable y en la gestión de los abastecimientos, así como los aspectos relacionados con esta modelación, el tratamiento de la información que en los modelos se considera introduciendo las componentes de las que se constituye tales como; reservorios, depósitos, líneas de tubería, bombas y diversos tipos de controles, todos conectados entre sí con el propósito de llevar agua hasta los consumidores. En la actualidad la modelación hidráulica se ha posicionado como la principal herramienta para diseñar y operar sistemas de distribución de agua para que tengan la capacidad de ofrecer a los usuarios un servicio confiable y eficiente. Para modelar el presente trabajo se correrá en el WaterGEMS V8i entorno ArcGIS, y que tiene la ventaja de realizar simulaciones en periodo estático y dinámico. El término simulación se refiere al proceso de usar una representación matemática de un sistema real, que es a lo que se le llama modelación hidráulica.

La aplicación del presente trabajo se hará en el Centro Poblado Menor de Chipispaya ubicado en el departamento de Tacna, se tendrá como fuente de información imágenes foto satelital y rasterizada de la zona.

## 1.0 INTRODUCCION

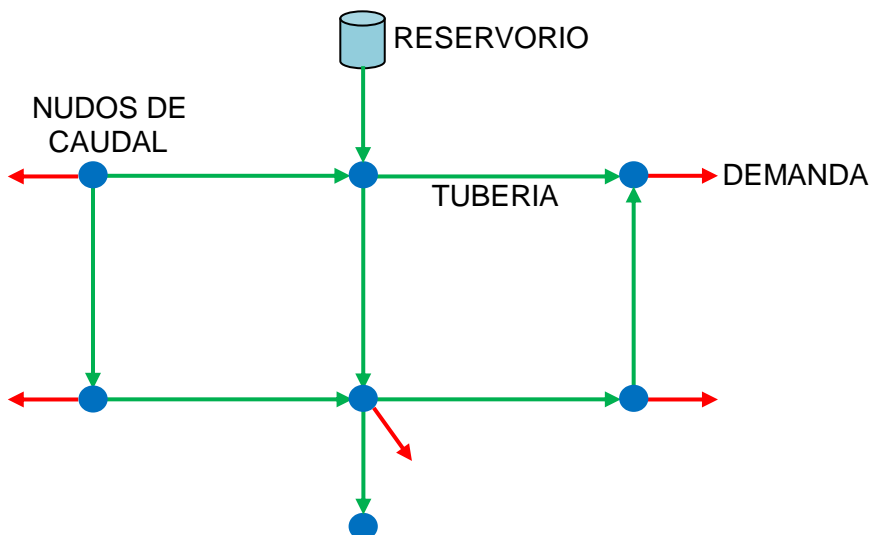
El objetivo del presente trabajo es mostrar los métodos de actualidad empleados en la modelación, análisis y simulación de redes de agua potable, como son los métodos híbridos de GRADIENTES y “ALGORITMOS GENETICOS”, que el Software WaterGEMS tiene como base estos métodos de cálculo y que son potentes de última generación que hoy en día tienen los Ingenieros. Además en el presente trabajo se mostrara como utilizar las posibilidades del Software WaterGEMS v8i, para que los profesionales y estudiantes puedan diseñar, modelar, simular, analizar y gestionar sus propias redes de distribución de agua potable.



**IMAGEN FOTO SATELITE - CHIPISPAYA - HEROES  
ALBARRACIN - TACNA**

Un sistema de distribución de agua potable en su sentido más amplio, está constituido por: la captación, el tratamiento, el almacenamiento y la distribución del agua, desde las fuentes a los consumidores, el objetivo principal del presente trabajo es la de suministrar la cantidad requerida de agua, con una calidad específica y presión mínima desde las fuentes a los consumidores.

Desde el punto de vista topológico, un sistema de distribución de agua, está constituido por líneas y nudos. Las líneas representan a las tuberías, bombas y válvulas, y los nudos identifican con los puntos de consumo y entrada de agua, y con las conexiones entre líneas.



Esquema: Configuración de Sistema de Red de Agua Potable.

## 2.0 METODOLOGIA.

Para alcanzar el objetivo primordial del proyecto, se demarcó en 02 etapas de trabajo con base en los objetivos específicos planteados.

1. Planimetría se realizó un levantamiento topográfico y altimétrico del CPM CHIPISPAYA mediante estación total, incluyendo, depósitos de almacenamiento, nivelación de calles por donde atravesara la red de agua,
2. Trabajos en Gabinete, se determino los consumos y demandas con la información recabada, tales como fotografías satelitales, y otras informaciones de campo; para los cálculos hidráulicos se proceso la información topológica en el software WaterGEMS, entorno ArcGIS 9.3, con ello se lograra el catastro de lotes. Además, se clasificó cada acometida de acuerdo con su uso determinado de los usuarios.

Cabe recalcar la importancia de la modelación hidráulica en el momento actual en nuestro país, ya que el recurso agua es vital y también muy carente en lugares como la Costa Peruana, por ello es necesario aplicar las herramientas y los métodos de cálculo actual, con ello los profesionales podemos proporcionar con la aplicación de la modelación hidráulica para el uso racional del recurso agua optimizando los sistemas existentes y proyectados, para el presente trabajo se tendrá como horizonte de proyecto de 20 años, periodo largo tomando en cuenta el criterio del desarrollo de una pequeña población con crecimiento lento.

### 2.1 Parámetros Básicos de Diseño:

Población al año 2009.	: 548 Habitantes
Tasa de Crecimiento Poblacional promedio anual	: 3.00 %
Consumo Percápita	: 220 l/h/d.

Habitantes por vivienda	:	6 hab/lote
Perdidas físicas años 1 a 20	:	20%
Cobertura del servicio de agua potable	:	año 1: 75%
	:	año 20: 90%

Para el año 10 se tendrá el incremento de caudal en el Nudo 10 (N10) de 2.20 l/s, porque se tendrá la instalación de una planta procesadora de productos agro-industriales, por tanto se creara un escenario para el año 2019.

## 2.2 Calculo de Población y Caudal de Diseño Horizonte 20 AÑOS.

Población de Diseño p/año 2029	:	990 Habitantes
Caudal de diseño demandado	:	7.48 l/s.
Volumen de Reservorio	:	45 m <sup>3</sup>
Área horizonte cobertura de servicio año 2029	:	2.23 Ha.

## 2.3 Formulación del problema Diseño Óptimo.

El diseño optimo de una modelación hidráulica para un trazado dado, y un conjunto específico de modelos de demanda para los nudos, consiste en encontrar la combinación de tamaños de las tuberías y otros componentes, que proporcionen un coste mínimo del sistema, cumpliendo las restricciones impuestas, para cumplir con todo los propósitos tendremos como base el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

## 2.4 Principios Hidráulicos que Gobiernan el Problema Planteado.

Ecuación del flujo en los nudos (ecuación de continuidad).

$$\sum_i Q_{in} - \sum_i Q_{sa} = q_i \quad (1)$$

Donde:

$\sum_i Q_{in}$  = Sumatoria de Flujo o Caudales que ingresan a la red.

$\sum_i Q_{sa}$  = Sumatoria de Flujo o Caudales que salen de la red (Demanda).

$q_i$  = Demanda en el nudo.

Perdida de carga en los circuitos (conservación de la energía).

$$\sum_m h_L = \sum_m E_P \quad (2)$$

Donde:

$\sum_m h_L$  = Sumatoria de pérdidas de carga en el circuito.

$\sum_m E_P$  = Sumatoria de energía de bombeo.

Si no hay bombas en el sistema de agua potable esta ecuación será la siguiente:

$$\sum_m h_L = 0 \quad (3)$$

Límites de presión mínima y máxima en los nudos (restricción).

$$H_{\min} \leq H_i \leq H_{\max} \quad (4)$$

Donde:

$H_{\min}$  = Presión Mínima.

$H_{\max}$  = Presión Máxima.

$H_i$  = Presión Requerida en el sistema de agua potable.

Límites de velocidad mínima y máxima en las líneas (restricción).

$$V_{\min} \leq V_j \leq V_{\max} \quad (5)$$

Donde:

$V_{\min}$  = Velocidad mínima.

$V_{\max}$  = Velocidad máxima.

$V_j$  = Velocidad esperada (calculada)

Para el ingreso de datos topológicos y topográficos es necesario validar toda la información, recomendando tener la disciplina del orden codificando cada elemento que constituye nuestro modelo de red de agua potable, las etapas para la confección del modelo de la red será caracterizar todos los elementos que configuran el sistema, en particular, tuberías, depósitos, válvulas, etc., identificar el trazado de las tuberías y verificar su conectividad.

- Captura de información disponible, habitualmente muy dispersa en cuanto a formatos (CAD, cobertura GIS, Fichero de texto, imagen satelital, papel, etc).
- Captura de temas auxiliares, sirve de apoyo a la hora de trabajar con el modelo de red e interactuar con los temas de resultados de nudos y tuberías una vez corrida el primer escenario.

Antes de introducir datos al software WaterGEMS entorno ArcGIS es recomendable hacer un diagrama de flujo mostrado en el siguiente esquema.

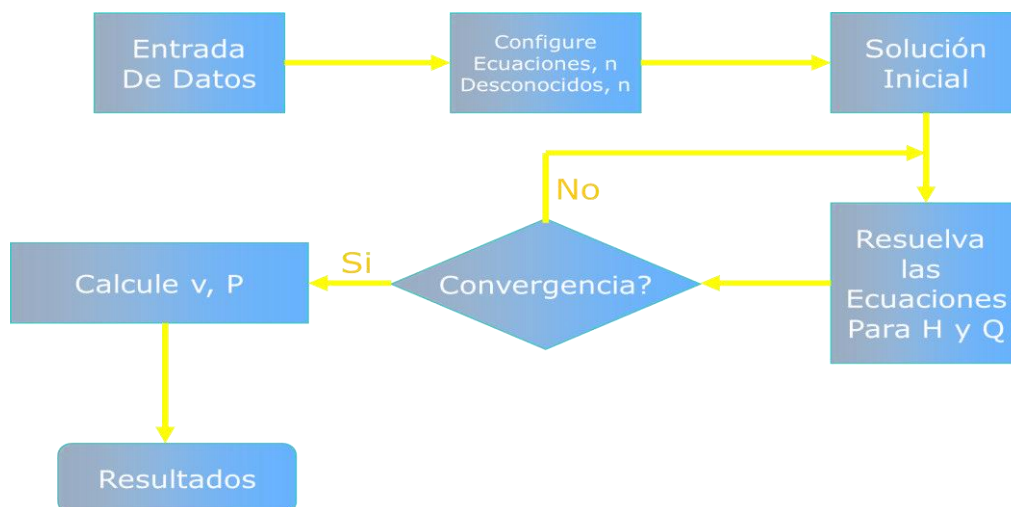


Diagrama de Flujo Modelación Hidráulica Cuasi Estático de la Red de Agua.

**Propiedades de la tubería**

Id	TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO (mm)	MATERIAL	$k_s$ DARCY-WEISBACH
1	T2	25.74	80.1	PVC	0.00015
2	T3	26.01	29.4	PVC	0.00015
3	T4	26.89	29.4	PVC	0.00015
4	T5	19.23	22.9	PVC	0.00015
5	T6	14.93	22.9	PVC	0.00015
6	T7	19.37	29.4	PVC	0.00015
7	T8	17.89	29.4	PVC	0.00015
8	T9	40.26	29.4	PVC	0.00015
9	T10	41.27	54.2	PVC	0.00015
10	T11	29.07	29.4	PVC	0.00015
11	T12	37.57	29.4	PVC	0.00015
12	T13	3.37	29.4	PVC	0.00015
13	T14	16.61	29.4	PVC	0.00015
14	T15	26.44	22.9	PVC	0.00015
15	T16	18.32	22.9	PVC	0.00015
16	T17	36.44	22.9	PVC	0.00015
17	T18	51.11	29.4	PVC	0.00015
18	T19	8.19	29.4	PVC	0.00015
19	T20	54.29	29.4	PVC	0.00015
20	T21	24.52	22.9	PVC	0.00015
21	T22	99.52	80.1	PVC	0.00015
22	T23	14.93	80.1	PVC	0.00015

$K_s$  = Rugosidad relativa – Darcy – Weisbach.

**Propiedad de los Nudos de la red.**

Id	NUDOS	COTA TOPOGRAFICA (msnm)	DEMANDA (l/s)
1	N1	2,804.35	0.22
2	N2	2,802.86	0.34
3	N3	2,800.56	0.23
4	N4	2,800.17	0.23
5	N5	2,802.24	0.31
6	N6	2,803.86	0.14
7	N7	2,804.34	0.31
8	N8	2,806.20	0.44
9	N9	2,800.72	0.41
10	N10	2,797.93	2.20
11	N11	2,799.12	1.33
12	N12	2,799.45	1.03
13	N13	2,799.98	0.14
14	N14	2,799.93	0.10
15	N15	2,795.14	0.67
16	N16	2,798.08	0.69
17	N17	2,797.62	0.48

Propiedad: Reservoirio.

Elevación Base : 2872.00 msnm.  
Elevación Inicial : 2874.50 msnm.

Elevación Mínima : 2872.50 msnm.  
Elevación Máxima : 2875.00 msnm.

Volumen Reservoirio : 45.00 m3.

Tipo Reservoirio : Apoyado.

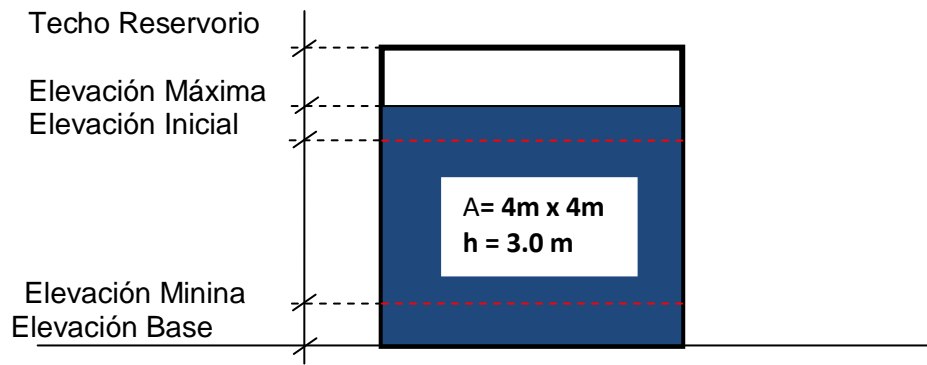


Tabla Flexible de Ingreso de Datos Reservorio.

FlexTable: Tank Table (Current Time: 0.000 hours) (RED.wtg)														
	Id	Label	Zone	Base Elevation (m)	Minimum Elevation (m)	Initial Elevation (m)	Maximum Elevation (m)	Inactive Volume (ML)	Diameter (m)	Outflow (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Tank Mixing Model	Volume (Calculated) (ML)	
24:	R1	24	R1	<Non...	2,872.00	2,872.50	2,874.50	2,875.00	0.00	4.51	9.27	2,874.50	Completely ...	0.03

Ahora queda listo para el trazo de nuestra red modelo, y quedara como es mostrada en la figura N<sup>o</sup>, 1



Fig. N<sup>o</sup> 1. : Trazo de Red de Distribución en Imagen Rasterizado y Georeferenciado.

La proyección de la imagen rasterizada y la coordenada UTM es la WGS84 zona 19S., para la primera corrida de la modelación hidráulica será calculada por Darcy Weisbach, desde el punto de vista académico, la formula de Darcy-Weisbach es la más correcta, y es aplicable a todo tipo de líquidos y regímenes.

Al aplicar la formula de Darcy-Weisbach, WaterGEMS emplea la aproximación explícita de Swamee y Jain a la formula de Colebrook-White., para calcular el factor de fricción f, dependiendo del tipo de régimen:

- Para el flujo laminar  $Re > 2000$
- Para el flujo turbulento  $Re > 4000$

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{N_N^{0.9}} \right) \right]^2} \rightarrow \text{Swamee y Jain.} \quad (6)$$

Formula de Darcy-Weisbach

$$h = f \frac{L.V^2}{D.2g} \quad (7)$$

Donde:

h = Perdida de carga  
L = Longitud  
V = Velocidad

f = Factor de fricción  
D = Diámetro  
g = Aceleración por gravedad

### 3.0 RESULTADOS.

Una vez concluida el ingreso de datos con la depuración de algunos datos inconsistentes se valida los datos correctos y se procede la modelación hidráulica corriendo el primer escenario base, luego se analiza los resultados obtenidos y se aprecia que no cumple con las presiones en los nudos ya que superan por encima de las recomendadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones donde indica que no deben superar 50 mca., en el Nudo N2 la presión es 67 mca., en cuanto a las velocidades estas se encuentran dentro del rango por tanto no amerita realizar cambios físicos de la tubería,

FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (RED.wtg)								
	Id	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
25: N1	25	N1	2,804.35	<None>	<Collecti...	0.22	2,870.53	66.0
27: N2	27	N2	2,802.86	<None>	<Collecti...	0.34	2,869.98	67.0
29: N3	29	N3	2,800.56	<None>	<Collecti...	0.23	2,855.58	54.9
31: N4	31	N4	2,800.17	<None>	<Collecti...	0.23	2,854.68	54.4
33: N5	33	N5	2,802.24	<None>	<Collecti...	0.31	2,855.19	52.8
35: N6	35	N6	2,803.86	<None>	<Collecti...	0.14	2,857.23	53.3
37: N7	37	N7	2,804.34	<None>	<Collecti...	0.31	2,858.37	53.9
39: N8	39	N8	2,806.20	<None>	<Collecti...	0.44	2,860.54	54.2
42: N9	42	N9	2,800.72	<None>	<Collecti...	0.41	2,867.74	66.9
44: N10	44	N10	2,797.93	<None>	<Collecti...	0.41	2,857.57	59.5
46: N11	46	N11	2,799.12	<None>	<Collecti...	1.33	2,851.35	52.1
48: N12	48	N12	2,799.45	<None>	<Collecti...	1.03	2,851.53	52.0
51: N13	51	N13	2,799.98	<None>	<Collecti...	0.14	2,852.46	52.4
54: N14	54	N14	2,799.93	<None>	<Collecti...	0.10	2,852.25	52.2
56: N15	56	N15	2,795.14	<None>	<Collecti...	0.67	2,857.42	62.2
58: N16	58	N16	2,798.08	<None>	<Collecti...	0.69	2,857.73	59.5
61: N17	61	N17	2,797.62	<None>	<Collecti...	0.48	2,848.66	50.9

67 > 50 mca

Cuadro Resultado en los Nudos de la Red. (Presión)

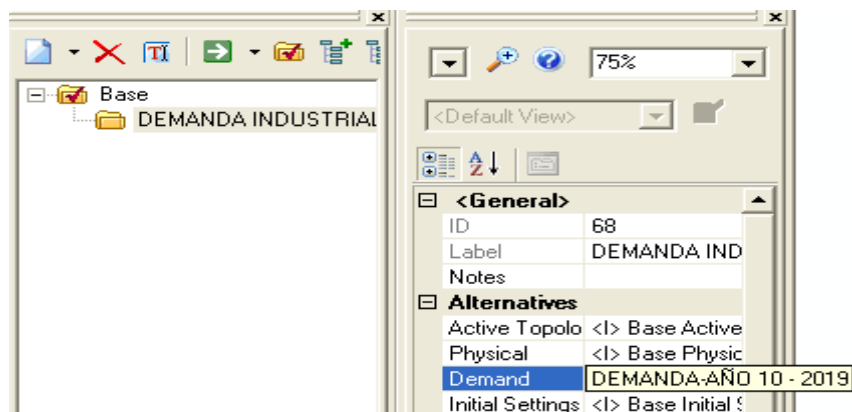
FlexTable: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (RED.wtg)																
	Id	Label	Scaled Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Material	Darcy-Weisbach (m)	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
26: T1	26	T1	114.45	R1	N1	80.1	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	7.48	1.48	0.035
28: T2	28	T2	25.74	N1	N2	80.1	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	5.83	1.16	0.021
30: T3	30	T3	26.01	N2	N3	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	2.15	3.17	0.554
32: T4	32	T4	26.89	N3	N4	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.51	0.75	0.034
34: T5	34	T5	19.23	N4	N5	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.23	0.55	0.027
36: T6	36	T6	14.93	N5	N6	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.54	1.31	0.137
38: T7	38	T7	19.37	N6	N7	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.68	1.00	0.059
40: T8	40	T8	17.89	N7	N8	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.99	1.46	0.121
41: T9	41	T9	40.26	N8	N1	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-1.43	2.10	0.248
43: T10	43	T10	41.27	N2	N9	54.2	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	3.34	1.45	0.054
45: T11	45	T11	29.07	N9	N10	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	1.70	2.51	0.350
47: T12	47	T12	37.57	N10	N11	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	1.16	1.71	0.165
49: T13	49	T13	3.37	N11	N12	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.65	0.96	0.054
50: T14	50	T14	16.61	N12	N3	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-1.42	2.08	0.244
52: T15	52	T15	26.44	N12	N13	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.26	0.64	0.035
53: T16	53	T16	18.32	N13	N4	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.50	1.23	0.121
55: T17	55	T17	36.44	N13	N14	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.10	0.24	0.006
57: T18	57	T18	51.11	N10	N15	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.13	0.20	0.003
59: T19	59	T19	8.19	N15	N16	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.54	0.79	0.037
60: T20	60	T20	54.29	N16	N9	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-1.23	1.81	0.184
62: T21	62	T21	24.52	N11	N17	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.48	1.17	0.110

Cuadro Resultado en las redes de distribución (Velocidades).

Insertaremos una Válvula Reguladora de Presión para que cumpla las restricciones que tiene el modelo, para ello se elige el punto de colocación aguas arriba del Nudo N1, como consigna tendrá de 48 mca, y esto hará que no pase la presión en 50 mca., se muestra en la tabla flexible de válvula tipo PRV.

FlexTable: PRV Table (Current Time: 0.000 hours) (RED.wtg)										
	Id	Label	Elevation (m)	Diameter (mm)	Minor Loss	Hydraulic Grade Setting (Initial) (m)	Pressure Setting (Initial) (m H2O)	Flow (L/s)	From Hydraulic Grade (m)	To Hydraulic Grade (m)
63: PRV-1	63	PRV-1	2,804.70	80.1	0.000	2,852.78	48.0	7.48	2,871.05	2,852.81

Antes de correr el modelo con la válvula incorporada, previamente se cumplirá con una de las condiciones que en el nudo N10, tendrá un caudal adicional de 2.20 l/s, debido a que en el año 2019 se instalara una planta procesadora de productos Agro-Industriales, para ello se creara una alternativa hijo como "DEMANDA AÑO 10-2019", todo los datos físicos serán heredadas de la alternativa base, para realizar la modelación con la alternativa creada será contenida en el escenario hijo como "DEMANDA INDUSTRIAL", ante un reto de la Ingeniería deben considerarse múltiples posibilidades de solución, los Escenarios y Alternativas le permiten al usuario modelar un número infinito de soluciones de una manera rápida y organizada dentro de un solo modelo, a continuación se muestra la manera de ingresar las alternativas y escenarios esta debe mostrarse como en la siguiente figura mostrada.





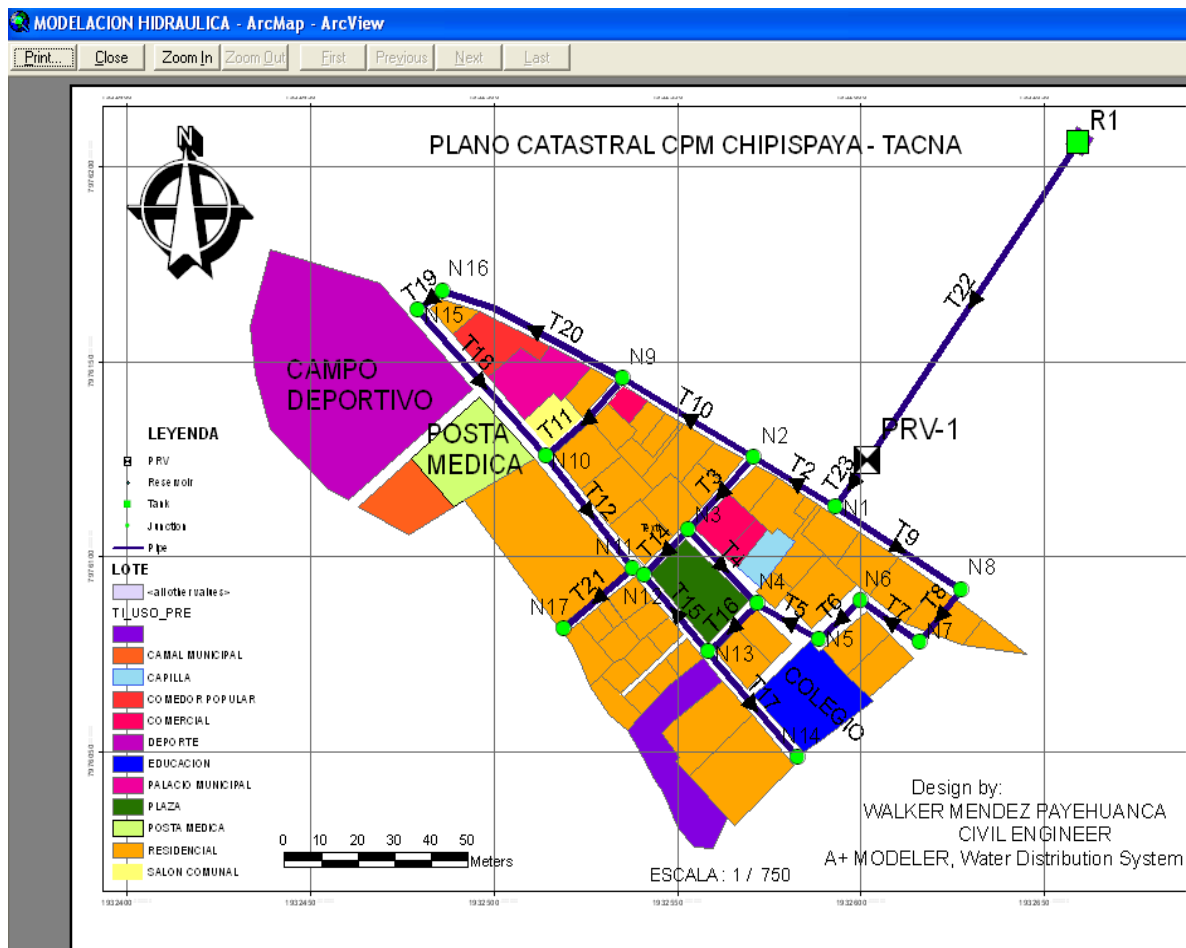
FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (RED.wtg)								
	Id	Label	Elevacion (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
25: N1	25	N1	2,804.35	<None>	<Collecti...	0.22	2,852.03	47.6
27: N2	27	N2	2,802.86	<None>	<Collecti...	0.34	2,851.14	48.2
29: N3	29	N3	2,800.56	<None>	<Collecti...	0.23	2,831.24	30.6
31: N4	31	N4	2,800.17	<None>	<Collecti...	0.23	2,830.39	30.2
33: N5	33	N5	2,802.24	<None>	<Collecti...	0.31	2,831.78	29.5
35: N6	35	N6	2,803.86	<None>	<Collecti...	0.14	2,835.15	31.2
37: N7	37	N7	2,804.34	<None>	<Collecti...	0.31	2,836.86	32.4
39: N8	39	N8	2,806.20	<None>	<Collecti...	0.44	2,839.75	33.5
42: N9	42	N9	2,800.72	<None>	<Collecti...	0.41	2,846.98	46.2
44: N10	44	N10	2,797.93	<None>	<Collecti...	2.20	2,825.92	27.9
46: N11	46	N11	2,799.12	<None>	<Collecti...	1.33	2,824.08	24.9
48: N12	48	N12	2,799.45	<None>	<Collecti...	1.03	2,824.66	25.2
51: N13	51	N13	2,799.98	<None>	<Collecti...	0.14	2,826.79	26.8
54: N14	54	N14	2,799.93	<None>	<Collecti...	0.10	2,826.58	26.6
56: N15	56	N15	2,795.14	<None>	<Collecti...	0.67	2,826.77	31.6
58: N16	58	N16	2,798.08	<None>	<Collecti...	0.69	2,827.83	29.7
61: N17	61	N17	2,797.62	<None>	<Collecti...	0.48	2,821.39	23.7

Cuadro de Resultados Escenario "Demanda Industrial", presión 48.20 mca < 50 mca. Ok.

FlexTable: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (RED.wtg)																
	Id	Label	Scaled Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Material	Darcy-Weisbach (m)	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
28: T2	28	T2	25.74	N1	N2	80.1	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	7.46	1.48	0.035
30: T3	30	T3	26.01	N2	N3	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	2.54	3.73	0.765
32: T4	32	T4	26.89	N3	N4	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.49	0.72	0.032
34: T5	34	T5	19.23	N4	N5	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.39	0.94	0.073
36: T6	36	T6	14.93	N5	N6	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.70	1.69	0.226
38: T7	38	T7	19.37	N6	N7	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.84	1.23	0.088
40: T8	40	T8	17.89	N7	N8	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-1.15	1.69	0.162
41: T9	41	T9	40.26	N8	N1	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-1.59	2.34	0.305
43: T10	43	T10	41.27	N2	N9	54.2	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	4.59	1.99	0.101
45: T11	45	T11	29.07	N9	N10	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	2.47	3.63	0.725
47: T12	47	T12	37.57	N10	N11	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.62	0.91	0.049
49: T13	49	T13	3.37	N11	N12	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-1.19	1.76	0.175
50: T14	50	T14	16.61	N12	N3	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-1.81	2.67	0.396
52: T15	52	T15	26.44	N12	N13	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.41	0.99	0.081
53: T16	53	T16	18.32	N13	N4	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.65	1.58	0.196
55: T17	55	T17	36.44	N13	N14	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.10	0.24	0.006
57: T18	57	T18	51.11	N10	N15	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.35	0.52	0.017
59: T19	59	T19	8.19	N15	N16	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-1.02	1.50	0.129
60: T20	60	T20	54.29	N16	N9	29.4	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-1.71	2.52	0.353
62: T21	62	T21	24.52	N11	N17	22.9	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.48	1.17	0.110
64: T22	64	T22	99.52	R1	P...	80.1	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	9.27	1.84	0.053
65: T23	65	T23	14.93	P...	N1	80.1	<input type="checkbox"/>	0.00	PVC	0.000150	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	9.27	1.84	0.053

Cuadro de Resultados de tuberías (Velocidad), Escenario "Demanda Industrial", son óptimos y están dentro de los rangos de restricción de nuestro RNE.

Finalmente para concluir nuestro trabajo y plasmar en la presentación se prepara el formato de papel y el tamaño como la escala a plotear para ello se configura para un formato A3, escala 1 / 750, y esta es mostrada listo para su ploteo en la figura mostrada a continuación.



#### 4.0 CONCLUSIONES.

En la presente comunicación se ha descrito el papel que el proceso de modelación de redes de abastecimiento de agua juega en la gestión del mismo. El modelo se convierte, cuando el tratamiento de la información es el adecuado, en una herramienta de modelación hidráulica muy eficiente en los resultados esperados y que permite conocer tanto el comportamiento en su análisis en estado estático y dinámico del abastecimiento en todo lugar y momento como el posible comportamiento del mismo en escenarios que todavía no han tenido lugar.

Los datos arrojados por el WaterGEMS resultan concordantes con las metas de diseño, al mismo tiempo que satisfacen las expectativas para el dimensionamiento de las componentes de la red de agua potable, además de dar resultados robustos también ayudan en la toma de decisiones con la incorporación del ArcGIS,

#### 5.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Water Distribution Modeling First Edition, Thomas M. Walski, Dragan A. Savic, Donald V Chase, Waterbury, CT, USA. June 2001.
2. Hidráulica de Tuberías. Abastecimiento de agua, redes, riegos; Juan Saldarriaga, Universidad de Los Andes (Ediciones Uniandes) Alfaomega, 2007.
3. Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.
4. Optimal Design of Water Distribution Network Using Shuffled Complex Evolution, Shie-Yui Liong, Journal of The Institution of Engineers, Singapore Vol. 44 Issue 1, 2004.
5. WaterGEMS V8i, User's Guide, Bentley CT, USA, 2008.
6. Network Analyst, Esri, for ArcGIS, 2007.
7. Using ArcMAP Esri, For ArcGIS, 2008.
8. Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, Sexta Edición, Terense J. McGhee, Mc, Graw Hill, 1999.

## **DATOS DEL PONENTE.**

Ing. WALKER MENDEZ PAYEHUANCA

Estudios de Ingeniería Civil, en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca (Perú).  
Diplomado El Desafío de la Provisión de Agua Potable Segura, Misiones Rep. (Argentina).  
Modelador; A+ Modeler, Water Distribution System, Haestad Methods, Las Condes Santiago Rep.  
(Chile).  
Ex Docente Universidad Alas Peruanas Filial Tacna.

Email personal  
[mendezpay\\_123@hotmail.com](mailto:mendezpay_123@hotmail.com).

Email de Trabajo.  
[wcadservice@yahoo.com](mailto:wcadservice@yahoo.com)

Teléfono oficina (Tacna Perú)  
052-244384

Teléfono casa (Tacna Perú).  
052-245557

Celular (Tacna Perú).  
Movistar 952-514653  
Claro 952-332728.

Dirección oficina (Tacna Perú).  
Pasaje Arce Mz A, Lote 2. Urb. Miraflores (Cercado Tacna).

Dirección Domicilio (Tacna Perú).  
Pasaje Arce Mz A, Lote 2. Urb. Miraflores (Cercado Tacna).