



Título del Trabajo Fin de Máster:

***ANÁLISIS, ESTUDIO Y  
MEJORAMIENTO DE LA RED DE  
ABASTECIMIENTOS DE AGUA  
POTABLE DE LA COMUNIDAD DE  
TEGUCIGALPITA (CORTÉS,  
HONDURAS, C.A.)***

Intensificación:

***HIDRÁULICA URBANA***

Autor:

***GÁMEZ BANEGAS, MARCO RENÉ***

Director/es:

***PÉREZ GARCÍA, RAFAEL  
IZQUIERDO SEBASTIÁN, JOAQUÍN  
AYALA CABRERA, DAVID***

Fecha: **MARZO 2015**

Título del Trabajo Fin de Máster:

**ANÁLISIS, ESTUDIO Y MEJORAMIENTO DE LA RED DE ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE TEGUCIGALPITA (CORTÉS, HONDURAS, C.A.)**

Autor: **GÁMEZ BANEGAS, Marco René**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	RAFAEL PÉREZ GARCÍA	Fecha de Lectura	MARZO 2015
Codirector1	JOAQUÍN IZQUIERDO SEBASTIÁN		
Codirector2	DAVID AYALA CABRERA		
Tutor	RAFAEL PÉREZ GARCÍA		

Resumen:

**RESUMEN**

*El objeto de la tesina es el análisis y mejoramiento del desarrollo de la red de distribución de agua potable de la comunidad de Tegucigalpita, que se localiza en la zona norte del departamento de Cortes, Honduras, CA. Los objetivos que se persiguen son en primer lugar realizar un estudio detallado de toda la red de distribución de agua que actualmente existe en la ciudad, y posteriormente abordar la planificación de futuras soluciones para el mejoramiento de esta red de distribución que se va a realizar en esta comunidad para mejorar su funcionamiento hidráulico. El contenido del plan incluye además una recopilación de antecedentes, un análisis del marco territorial, económico y social de la ciudad y un estudio de soluciones para la situación horizonte. Se adoptan como bases de partida el levantamiento topográfico de la red, los datos de consumo, las características de las tuberías con sus diámetros, datos pluviométricos de la zona, el plan general de ordenación urbana, entre otros. Tras el análisis y procesamiento de estos datos se procederá a la elaboración de un modelo de la red en EPANET, tanto para abordar el diagnóstico de la situación actual como para definir algunas soluciones que resuelvan el mejoramiento de la red para nuevas zonas de expansión de la comunidad. Estas soluciones no sólo tratarán de resolver los problemas de la red sino generaran un adecuado y mejor funcionamiento del sistema para mejorar la calidad de vida de los habitantes en un futuro, generados fruto de la expansión urbanística.*

**SUMMARY**

*The purpose of the thesis is to analyze and improve the development of the distribution of potable water Tegucigalpita community, located in the northern department of Cortes, Honduras, CA. The objectives pursued are first detailed study of the entire water distribution network that currently exists in the city, and then address the planning of future solutions to improve the distribution network is to be performed in this community to improve its hydraulic operation. The content of the plan also includes a compilation of data, an analysis of territorial, economic and social framework of the city and a study of solutions for the horizon situation. Are taken as bases from which the survey network, consumption data, the characteristics of pipes with diameters rainfall data of the area, general urban plan, among others. After analyzing and processing these data shall be developing a network model in Epanet, both to address the diagnosis of the current situation and to define some solutions that solve the improvement of the network to new areas of expansion community. These solutions not only try to troubleshoot the network but generate an adequate and better system to improve the quality of life for residents in the future, generated a result of urban expansion.*

## **RESUM**

***L'objecte de la tesina és l'anàlisi i millora del desenvolupament de la xarxa de distribució d'aigua potable de la comunitat de Tegucigalpa, que es localitza a la zona nord del departament de Cortes, Hondures, CA. Els objectius que es persegueixen són en primer lloc realitzar un estudi detallat de tota la xarxa de distribució d'aigua que actualment hi ha a la ciutat, i posteriorment abordar la planificació de futures solucions per a la millora d'aquesta xarxa de distribució que es va a realitzar en aquesta comunitat per millorar el seu funcionament hidràulic. El contingut del pla inclou a més un recull d'antecedents, una anàlisi del marc territorial, econòmic i social de la ciutat i un estudi de solucions per a la situació horitzó. S'adopten com a bases de partida l'aixecament topogràfic de la xarxa, les dades de consum, les característiques de les canonades amb el seu diàmetres, dades pluviomètriques de la zona, el pla general d'ordenació urbana, entre altres. Després de l'anàlisi i processament d'aquestes dades es procedirà a l'elaboració d'un model de la xarxa en Epanet, tant per abordar el diagnòstic de la situació actual com per definir algunes solucions que resolguin la millora de la xarxa per a noves zones d'expansió de la comunitat. Aquestes solucions no només tractaran de resoldre els problemes de la xarxa sinó generessin un adequat i millor funcionament del sistema per millorar la qualitat de vida dels habitants en un futur, generats fruit de l'expansió urbanística.***

## **Palabras clave:**

***Abastecimiento de agua, diseño, planificación***

## **Agradecimientos.**

A Dios por haberme dado la oportunidad y la salud de llegar hasta este punto para lograr uno más de mis objetivos, además de su gran amor y bondad y sobre todo por darme esas fuerzas y fortalezas para terminar mi trabajo.

A mi Padre y Madre por haberme apoyado en todo momento, por haberme educado y soportar mis errores. Gracias por el amor que siempre me han brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad, respeto y amor que me han enseñado durante toda mi vida. ¡Gracias por darme la vida! ¡Los amo!.

A una gran persona y que es especial para mi vida y mi corazón una gran mujer, mi amiga y mi novia Gloria Yanet Jerezano gracias por haberme apoyado todo este tiempo amor aunque sé que fue muy duro para los dos no estar juntos el uno con el otro durante mucho tiempo pero ya termine amor y creo que este esfuerzo será recompensado por Dios amor. ¡Lo logre mi amor Te amo mucho mi vida!.

A mis hermanos y a mi hermana a mi cuñado y mis cuñadas que siempre estuvieron pendientes de mí durante todo este desarrollo, gracias por darme su apoyo y cariño a la distancia los quiero mucho a todos.

A mi tutor y director Rafael Pérez García por ayudarme y por su entusiasmo mostrado para culminar este trabajo, infinitas gracias. Gracias también a mis codirectores, Joaquín Izquierdo Sebastián y David Ayala Cabrera por su valiosas aportaciones, y al investigador Enrique Campbell por su ayuda y aportación en la calibración del modelo inicial de la red.

A mi compañero y amigo del máster Edgardo Tabora, Gracias por siempre por su apoyo y por darme esos ánimos para finalizar mi trabajo.

A mis amigos, a todos y cada uno que ellos, les doy las gracias ya que de una o de otra manera han estado al pendiente.

## **Resumen.**

El objeto de la tesina es el análisis y mejoramiento del desarrollo de la red de distribución de agua potable de la comunidad de Tegucigalpa, que se localiza en la zona norte del departamento de Cortes, Honduras, CA.

Los objetivos específicos que se persiguen son en primer lugar realizar un estudio detallado de toda la red de distribución de agua que actualmente existe en la ciudad, y posteriormente abordar la planificación de futuras soluciones para el mejoramiento de esta red de distribución que se va a realizar en esta comunidad para mejorar su funcionamiento hidráulico. El contenido del plan incluye, además, una recopilación de antecedentes, un análisis del marco territorial, económico y social de la ciudad y un estudio de soluciones para la situación horizonte.

Se adopta como información de partida el levantamiento topográfico de la red, los datos de consumo, las características de las tuberías con sus diámetros, datos pluviométricos de la zona y el plan general de ordenación urbana, entre otros.

Tras el análisis y procesamiento de estos datos se procederá a la elaboración de un modelo de la red mediante EPANET, tanto para abordar el diagnóstico de la situación actual como para definir algunas soluciones que resuelvan el mejoramiento de la red para nuevas zonas de expansión de la comunidad. Estas soluciones no sólo tratan de resolver los problemas actuales de la red, sino que también persigue un adecuado y mejor funcionamiento del sistema dirigido a mejorar la calidad de vida de los habitantes en un horizonte futuro, como consecuencia de la expansión urbanística.



# INDICE.

<b><i>Plan de desarrollo Comunidad de Tegucigalpa.....</i></b>	<b>11</b>
1.1 Introducción.....	11
1.2 Datos históricos.....	11
1.3 Estudios previos y proyectos realizados.....	12
1.4 Plan de Desarrollo Urbano, (1979).....	12
1.5 Plan Director de alcantarillado sanitario, (2002).....	12
1.6 Plan Director de agua potable, (2002-2024).....	13
1.7 Plan Maestro de Desarrollo Urbano, (2010-2030).....	17
1.8 El Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio, (2010).....	18
1.9 Características generales del área en estudio.....	18
<b><i>Datos de partida.....</i></b>	<b>21</b>
2.1 Introducción.....	21
2.2 Plan Director de agua potable, (2002-2030).....	21
2.3 Generalidades.....	22
2.4 Topografía y topología de la red.....	23
2.5 Levantamiento de calles y cruces.....	23
2.6 Levantamiento de la red (Plan 2002).....	25
2.7 Datos poblacionales.....	25
2.8 Información pluviométrica.....	26
2.9 Caudal de la red de distribución.....	28
2.10 Criterios hidráulicos de diseño.....	29

<b>Marco territorial, económico y social.....</b>	<b>31</b>
3.1 Introducción.....	31
3.2 Marco territorial.....	31
3.2.1 Crecimiento urbano.....	31
3.2.2 Crecimiento poblacional de la ciudad.....	32
3.2.3 Limitantes del crecimiento urbano.....	34
3.2.4 Futuras zonas de expansión urbana.....	36
3.2.5 El nuevo perímetro urbano.....	37
3.3 Marco económico.....	40
3.3.1 Análisis.....	40
3.3.2 Desarrollo urbano turístico.....	42
3.3.3 Futuras necesidades.....	43
3.3.4 Planificación.....	44
3.4 Marco social.....	46
3.4.1 Actuales equipamientos de interés social.....	46
3.4.2 Futuras necesidades.....	47
3.4.3 Planificación.....	48
3.5 Desarrollo urbano residencial.....	48
3.5.1 Análisis del uso residencial y sus tendencias.....	48
3.5.2 Futuras necesidades.....	51
<b>Descripción actual y problemática de la red de Tegucigalpa.....</b>	<b>53</b>
4.1 Descripción de la Comunidad Tegucigalpa.....	53
4.1.1 Línea de conducción.....	53
4.1.2 Tanque de almacenamiento o deposito.....	53
4.1.3 Línea de distribución.....	53
4.1.4 Red de distribución.....	54
4.2 Problemáticas de la Comunidad Tegucigalpa.....	58

4.2.1 Escenario 1.....	58
4.2.2 Escenario 2.....	61
<b>Soluciones a la red de la Comunidad Tegucigalpa.....</b>	<b>66</b>
5.1 Soluciones.....	66
5.1.1 Escenario 1.....	66
5.1.2 Escenario 2.....	66
5.2 Análisis de tubería sobre el depósito actual y el depósito futuro para ver el comportamiento de los depósitos.....	68
5.2.1 Escenario 1.....	69
5.2.2 Escenario 2.....	69
5.2.3 Escenario 3.....	71
5.2.4 Escenario 4.....	71
5.2.5 Escenario 5.....	72
5.3 Análisis y cambio de la tubería que viene de la línea de conducción para ver el comportamiento de los depósitos.....	73
5.3.1 Escenario 1.....	74
5.3.2 Escenario 2.....	75
5.3.3 Escenario 3.....	76
5.3.4 Escenario 4.....	77
5.3.5 Escenario 5.....	78
5.3.6 Escenario 6.....	79
5.4 Análisis de la tubería que viene del depósito futuro a la zona industrial de la Comunidad de Tegucigalpa.....	81
5.5 Calculo del diámetro de la tubería de la zona industrial de la Comunidad de Tegucigalpa.....	82
5.6 Análisis y mejoramiento de la red de distribución de la Comunidad de Tegucigalpa.....	84

5.7 Cambios de tuberías para el mejoramiento de la red de distribución de la Comunidad de Tegucigalpa.....	91
5.8 Control y manejo del agua para un futuro en las comunidades.....	93
<b>Valoración económica de las tuberías.....</b>	<b>95</b>
6.1 Precio de la tubería.....	95
6.2 Unidades de obra.....	95
6.2.1 Excavación (m3).....	95
6.2.2 Tubería de PVC (ml).....	95
6.3 Precios.....	96
6.4 Coste de los cambios de las tuberías y tuberías futuras.....	96
6.4.1 Cambios de tubería de la línea de conducción y la tubería entre depósitos.....	96
6.4.2 Costes de tubería nueva del deposito futuro a la zona industrial.....	98
6.4.3 Costes de cambio de tubería a diámetro mayor de la red de distribución.....	99
6.4.4 Coste del depósito futuro.....	100
<b>Conclusiones.....</b>	<b>102</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>104</b>

# Plan de Desarrollo Comunidad Tegucigalpita.

## 1.1 Introducción.

Se pretende dar a conocer en contexto general las características climatológicas, demográficas, y poblacionales de la comunidad de Tegucigalpita ubicada en el Municipio de Omoa, departamento de Cortes, Honduras, así como los antecedentes históricos de mayor relevancia en cuanto al tema de agua se refiere, los cuales han surgido a lo largo de los últimos cincuenta años. Asimismo se conocerán los estudios previos y actuaciones realizadas que persiguen como principal objetivo poder brindar una solución a las necesidades de abastecimiento de agua potable que demanda la población de la comunidad.

## 1.2 Datos Históricos.

Tras 42 años de existencia y operaciones de la primera Junta de Agua de la ciudad, en el año 1957 se clausuró para dar paso a la creación de la “Empresa de agua y luz eléctrica de Cortes”, como dependencia del Ministerio de Fomento y bajo la vigilancia de la Dirección General de Obras Públicas.

Una vez constituidas las primeras empresas descentralizadas del estado, nace en 1961, el “Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados” (SANAA) y por lo tanto se traslada la estructura administrativa del sistema de agua potable y saneamiento a la municipalidad de Cortes. Desde esa fecha la responsabilidad de la administración, operación y mantenimiento es responsabilidad de la municipalidad de Omoa.

En el marco del proyecto “Fortalecimiento de la gestión municipal del servicio de agua de Cortes” financiado por la “Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo” (AECID), la corporación Municipal, en junio de 2005, aprueba iniciar el proceso de desconcentración y posterior descentralización de los servicios de agua potable y Saneamiento, para lo cual se crea en enero de 2009, la asociación denominada Empresa Municipal

“Aguas de Cortes” que mediante contrato de prestación sería la responsable del manejo de los sistemas de agua potable y de la ciudad.

Actualmente estos servicios se encuentran parcialmente desconcentrados de la municipalidad, ya que financieramente continúan dependiendo de la administración general de ésta, aunque cuenta con su propia administración y estructura organizativa.

La municipalidad de Omoa, ha estado realizando acciones para mejorar la problemática histórica del agua potable y saneamiento en la ciudad, para lo cual concentra todos sus recursos humanos y financieros en la búsqueda de alternativas de solución que permitan suministrar este servicio a la población, elaborando estudios que permitan ejecutar acciones a corto, mediano y largo plazo para lograr la eficiencia en el servicio, Plan Maestro de Desarrollo Urbano (PMUD).

### **1.3 Estudios previos y Proyectos Realizados.**

Seguidamente se describen los planes integrales y sectoriales que fueron elaborados en el pasado y que están relacionados con la planificación urbana, desarrollo urbano y agua potable y saneamiento de la comunidad de Tegucigalpa, sobre el cual muestra los problemas que hay en la actualidad en la red y sobre el cual trabajaremos para dar una mejora a todos los problemas que puedan existir sobre la comunidad y sobre los proyectos futuros que tendrá dicha comunidad.

### **1.4 Plan de Desarrollo Urbano, (1979).**

El plan de desarrollo urbano fue elaborado en 1979 por una consultoría externa y en colaboración de la Secretaría de Comunicaciones, Obras Públicas y Transporte. Este plan contiene elementos de un plan estratégico de desarrollo (definiendo políticas, medidas y proyectos), y de un plan para regular el uso del suelo (definiendo por donde debe de crecer la ciudad y que usos deben ser desarrollados en que área de la mancha urbana). El plan contempló el reglamento de construcción, lotificación y zonificación, haciéndose modificaciones en el año 1995, Plan Maestro de Desarrollo Urbano (PMUD).

### **1.5 Plan Director de alcantarillado sanitario, (2002).**

El estudio y diseño final del plan director de alcantarillado sanitario fue concebido por la alcaldía municipal de Omoa con el objeto de diagnosticar y

modernizar el sistema de alcantarillado de la comunidad de Tegucigalpita y asimismo reducir al mínimo la contaminación ambiental en la ciudad y sus alrededores. El proyecto se llevara a cabo en el 2018, y mientras tanto se continúa realizando estudios para el desarrollo de la elaboración de un buen sistema de alcantarillado sanitario, para así eliminar las letrinas y mejorar el higiene de la comunidad.

### **1.6 Plan Director de agua potable, (2002-2024).**

En el año 2003, la presa donde se encontraba inicialmente la captación de agua para la comunidad de Tegucigalpita tuvo algunos incidentes y colapsó debido a fuertes tormentas en la zona, con la consecuencia de algunos derrumbes. En el año 2005, el SANAA consideró construir otra presa con toma en el vertedero aguas arriba de la comunidad Rio Chiquito, ya que en la toma de esta comunidad se estuvo provocando una pequeña contaminación, por lo que se tomó la idea de ubicar y construir la presa aguas arriba de esta comunidad, con el fin de captar toda el agua proveniente del nacimiento Agua Buena, evitando así los problemas de contaminación, ya que este río es una fuente sin arrastre de sólidos.

Para poder disponer y recolectar el agua del nacimiento Agua Buena, una vez captada en el embalse, se llevará por una línea de conducción con tuberías HG SCH-40 de 8", 6", y 4" en las zonas rocosas, cruces de hondonadas, quebradas y vaguadas, donde finalmente se vierte en un tanque de almacenamiento circular, con capacidad 100,000 galones, de losa de piso, paredes y techo de concreto reforzado, en el que se ubicarán todas las válvulas necesarias para su buen funcionamiento y distribución para la comunidad. Sobre el tanque se construyó un hipoclorador, como para potabilizar el agua, puesto que en la comunidad no existe una planta de tratamiento del agua.

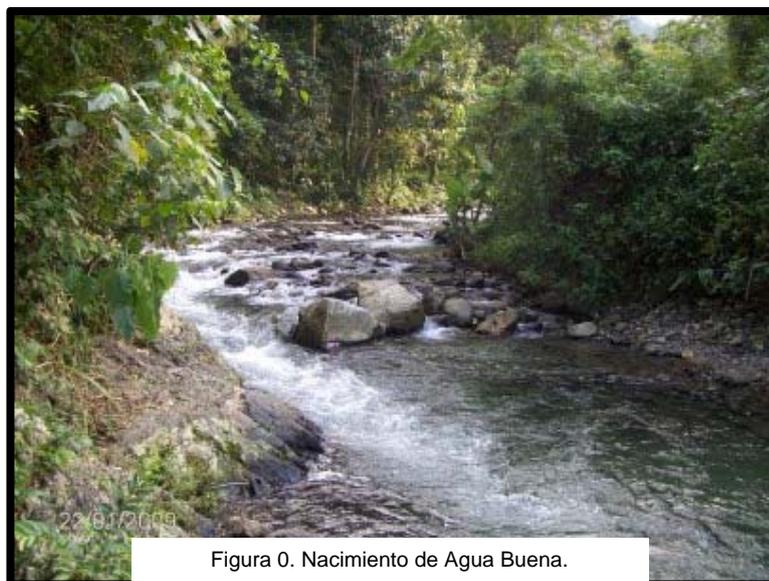


Figura 0. Nacimiento de Agua Buena.



Figura 1. Tanque de Almacenamiento de Agua.

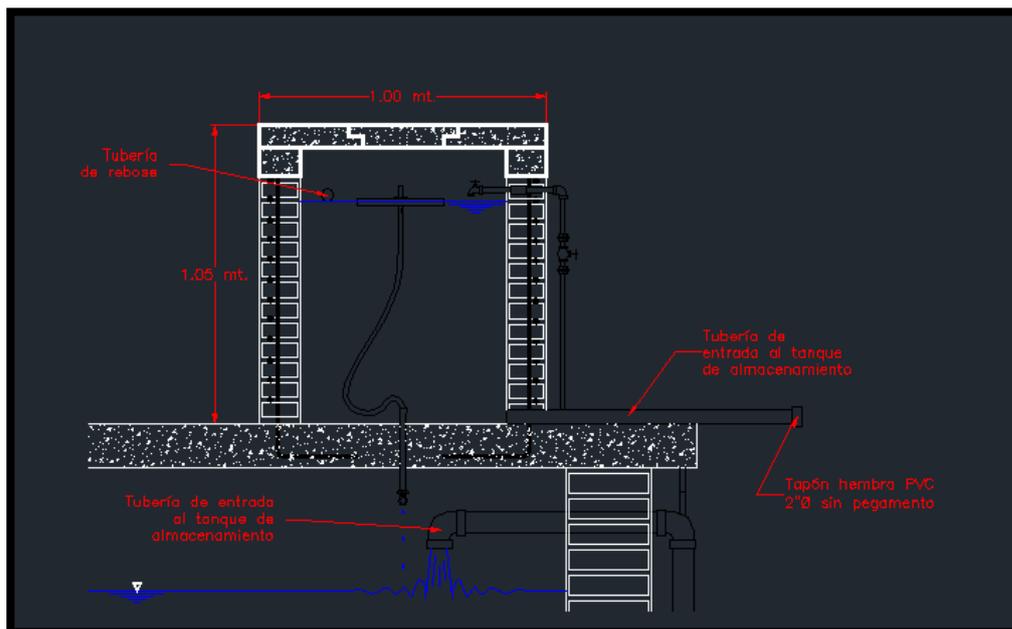


Figura 2. Diseño del hipoclorador.

Para los terrenos excavables se consideró la instalación de tubería PVC biorientada, por tener características especiales en cuanto a resistencia a los impactos, fácil manejo, con el fin de evitar daños por manipulación en el transporte, así como por la hermeticidad del sistema, y evitar fracturas en los mismos. Los diámetros recomendados fueron de 6", 4" y 3" RD-26.



Figura 3. Colocación tubería de PVC biorientada.

Para la red de distribución de la comunidad se realizó un trazado siguiendo la las calles mediante un sistema mallado, con matrices perimetrales, utilizando tubería PVC RD 26 4" y 3" de diámetro, asegurando presiones adecuadas en todos los sectores y las zonas de la red de distribución de la comunidad de Tegucigalpa. También se ubicaron válvulas, bien de presión o de compuerta, para poder sectorizar las 11 sub-zonas de toda la red, lo que facilita la operación y mantenimiento del sistema.



Figura 4. Colocación tubería de PVC.



Figura 5. Colocación y relleno de tubería de PVC.

La tipología de los materiales de construcción en la mayoría de las casas de la comunidad de Tegucigalpita consiste en el uso de ladrillo rafón, mientras que las escuelas y colegio, el centro de salud y la iglesia, así como otras obras de uso colectivo, están elaboradas con bloques de concreto.



Figura 6. Casa de Ladrillo rafón.



Figura 7. Casa de Bloque de Concreto.

En la comunidad de Tegucigalpita no se cuenta con servicio de alcantarillado sanitario, por lo que en su mayoría, la disposición final de las excretas se realiza a través de letrinas.

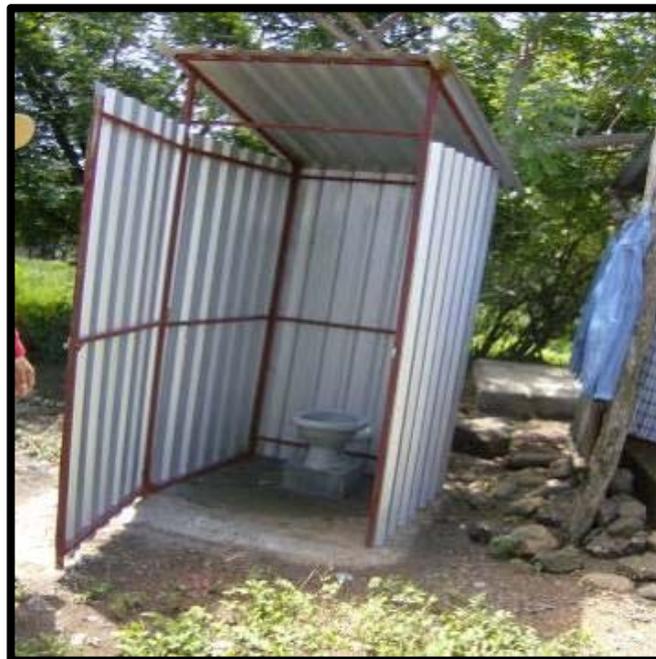


Figura 8. Letrinas.

Las casas de la comunidad e Tegucigalpita cuentan con un contador de agua destinado a medir los consumos, que son registrados por el encargado de la compañía de agua.



Figura 9. Contadores de Agua.

Es sustancial crear conciencia en la población del cuidado que se debe tener en el uso racional del agua, debido al alto costo que significa poder brindar el servicio de agua potable. Dentro de un proyecto piloto desarrollado en el año 2007 para poder asegurar el buen uso del agua, fueron instalados medidores en la zona baja de la ciudad, implementando un sistema de regulación del consumo de agua según el tipo de servicio medido. Con este sistema se pretendió ampliar e incorporar a las nuevas lotificaciones que podrían desarrollarse en un futura en esta comunidad (Fondo de Cooperación para el agua y Saneamiento - FCAS).

### **1.7 Plan Maestro de Desarrollo Urbano, (2010-2030).**

Para lograr el ordenamiento necesario para el desarrollo y crecimiento de la comunidad de Tegucigalpita, se solicitó al Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica (DED) apoyo para elaborar el Plan Maestro de Desarrollo Urbano. Fue así que el DED asignó al Consultor Gabriel Schlemme y se conformó un equipo integrado por miembros de la Corporación Municipal, técnicos municipales y miembros de la sociedad civil, quienes trabajaron por más de un año y medio en el Desarrollo Urbano del municipio de Omoa y para controlar y ordenar sus comunidades, tal y como fue el caso de la comunidad

de Tegucigalpita. Con esto lograron tener una mejor ayuda sectorial de la zona y de la comunidad, para poder controlar de manera ordenada a todos los habitantes que viven en esta zona, y también como proyecto futuro para generar empleo en la comunidad de Tegucigalpita y las comunidades que se encuentran a su alrededor, donde se pretende desarrollar 4 plantas de lavado de la empresa Coca Cola de Honduras (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).



Figura 10. Desarrollo Urbano de la comunidad Tegucigalpita, Omoa, Cortes, (PMUD).

### **1.8 El Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio, (2010).**

Es un modelo de caracterización y planificación territorial que incluye una propuesta de Zonificación Territorial, definida como la representación espacial de un Plan de Uso del Suelo derivado de la aplicación de un procedimiento técnico que incluye: el estudio de la cobertura vegetal, la capacidad de uso, los conflictos de uso, la accesibilidad del territorio, las zonas de riesgo, las áreas protegidas y las áreas productoras de agua (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).

## 1.9 Características Generales del Área en Estudio.

La comunidad de Tegucigalpita se encuentra en Omoa, que es uno de los municipios más importante con una extensión superficial de 382.8 km<sup>2</sup> del departamento de Cortes, que se encuentra a una altitud de 2242 metros sobre el nivel del mar. Esta comunidad consta de una población de 4,145 habitantes, con un clima que está comprendido como parte de la planicie costera del norte, caracterizado como clima Tropical caliente y lluvioso característico de la Zona Costera. La temperatura en el mes más frío está por encima de los 18°C. Las precipitaciones son abundantes todo el año y no hay estación seca definida. La temporada más lluviosa comienza en junio, con un incremento gradual hasta septiembre, presentándose un máximo absoluto en los meses de octubre a diciembre, un promedio de 400 mm; los meses menos lluviosos son abril y mayo con promedio de 80 mm. El promedio anual de humedad relativa es del 82% y la temperatura media anual es de 27°C.



Figura 11. Ubicación de la comunidad de Tegucigalpita, Municipio de Omoa, Cortes

El Municipio de Omoa tiene un ingreso per cápita de U\$\$ 5,259, con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0,727. La Población proyectada a 2010 a nivel urbano es de 43,354 habitantes de los cuales 52% son mujeres, una tasa de analfabetismo en personas mayores de 15 años de un 16,7% y un índice de pobreza humana del 13,2%. Dicha información se basa en el índice de Desarrollo Humano (2008/2009).

De acuerdo a los datos del informe municipal sobre el estado de los objetivos y metas del milenio del Departamento de Cortes 2010, en el municipio de Omoa la tasa de pobreza es del 70,2% y de pobreza extrema del 43,7%, con una tasa de desempleo del 10,1% que en el caso de las mujeres, se eleva hasta un 19,1%. El 53,6% de la población cuenta con servicio de saneamiento y el 93,4% con acceso a fuentes de agua segura (Fondo de Cooperación para el agua y Saneamiento - FCAS).

La pluviometría de Honduras ostenta valores muy desiguales, en correspondencia a su configuración fisiográfica, al ser un país muy montañoso y compartimentado. El régimen de los vientos alisios es el factor más relevante del régimen de las precipitaciones.

A sotaventos del Alisio, la lluvia disminuye ostensiblemente, sobre todo en espacios deprimidos del centro del territorio, donde las masas y corrientes del aire llegan con características foehn, al recalentarse adiabáticamente en su continuo descenso. En ambas fachadas marítimas (Caribe y Pacífico) las lluvias que provoca el aire tropical marítimo son cuantiosas, por encima de los 2000 mm.

Las lluvias torrenciales y copiosas se originan por todo el país a causa de las perturbaciones tropicales, con auténticos diluvios.

La distinción entre la Honduras húmeda y la Honduras seca, utilizando el límite de 1000 mm, sería una primera aproximación a la síntesis pluviométrica hondureña, pero si profundizamos aún más, podríamos introducir nuevos matices y así sería factible diferenciar cuatro sectores; Sector Hiperhúmedo, Sector muy Húmedo, Sector Húmedo y Sector Seco o Subhúmedo.

La comunidad de Tegucigalpa se encuentra en el sector muy Húmedo, ya que las precipitaciones continúan siendo muy abundantes (están entre 2000 y 1500 mm anuales) y se trata de un sector más reducido en extensión por sus núcleos pluviométricos.

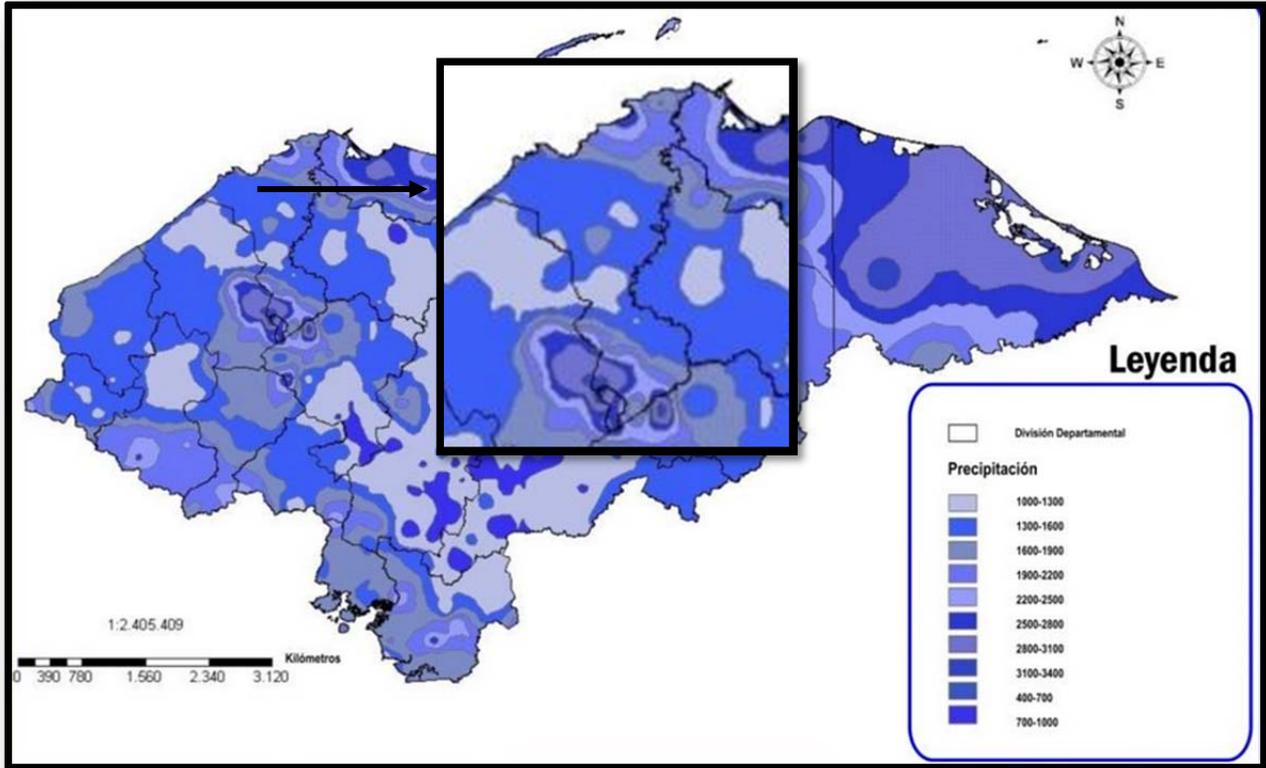


Figura 12. Datos pluviométricos de Honduras, Departamento de Cortés, Municipio Omoa

# Datos de Partida.

## 2.1 Introducción.

Se pretende enfocar en las generalidades del Plan Director de agua potable, 2002-2024 de la comunidad de Tegucigalpa, por parte de la Municipalidad de Omoa de donde fueron tomados en gran parte los datos de partida, como son la topografía y topología de la red de Agua Potable existente. De igual forma se obtuvieron los datos pluviométricos de la estación meteorológica del municipio de Omoa, así como también el conocimiento de los criterios hidráulicos de diseño propuestos en base a lo que establece el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).

## 2.2 Plan Director de agua potable, (2002-2030).

Este estudio fue concebido por la Alcaldía de Omoa con mucha visión, con la idea de obtener una proyección total del desarrollo del sistema de toda la ciudad, y poder, en forma parcial, ir construyendo los diferentes componentes hasta llegar al final del mismo. La elaboración de este plan director dio una idea del alcance de todo el sistema, en el cual se pudo conocer plenamente la magnitud y amplitud real del proyecto de agua potable de la comunidad de Tegucigalpa, al obtener aproximadamente en la línea de conducción 273.01 m de tubería de hierro de diámetros 8, 6 y 4 pulgadas y 2375.31 m de tubería de PVC de diámetros 6, 4 y 3 pulgadas, en la línea de distribución 1226.66 m de tubería de PVC de diámetro 6 pulgadas y en la red de distribución 108.10 m de tubería de hierro de diámetro 6 pulgadas y 24747.20 m de tubería de PVC de diámetros 6, 4, 3, 2 y 1 pulgadas.



Figura 13. Cobertura de la red de Agua Potable

## 2.3 Generalidades.

- ✓ Los límites urbanos de diseño fueron sectorizados por zonas delimitadas por los parte-aguas que confinan las diversas sub-zonas de la ciudad, las que al integrarse permiten definir de manera adecuado la red de distribución de agua sobre la comunidad.
- ✓ Se tomó en consideración el límite de influencia o alcance de la red del sistema de agua potable, para generar un plano, el cual va a servir para regular el alcance actual de la red de distribución a todos los sectores de la comunidad.
- ✓ Las pendientes fuertes de la zona prácticamente ocurren solo en la parte alta del Tanque del Almacenamiento (en un 15% del área tributaria), esto es, en el sector de transición entre la Zona Alta de la toma de Agua y en la parte Media de la línea de Conducción, por lo que es en esta zona donde deberá incorporarse una cierta cantidad y tipos de estructuras de regulación necesarias para la conducción apropiada del agua para que llegue sin problemas al tanque de Almacenamiento y pueda distribuir sin problemas a la red.

- ✓ Conexiones domiciliarias instaladas en forma arbitraria que drenan individualmente a las quebradas aledañas más cercanas, con el agravante de que varias de ellas cruzan a través de casas vecinas como parte de su instalación domiciliaria, aspecto no permitido en los códigos de regulación del SANAA, por lo que tendrá que ser estrictamente regulado a futuro por las autoridades municipales.
  
- ✓ El tipo de terreno rocoso, que hacen difícil adecuar las pendientes apropiadas de diseño (control de velocidades máximas), al encarecerse la excavación, a lo que habría que avanzar el agravante de los trabajos que deben realizarse en zonas completamente urbanizadas.
  
- ✓ De acuerdo al periodo de diseño, el tamaño de la población actual, la densidad urbana prevista y el índice relativamente alto de desarrollo poblacional, crean Sub-sistemas de inversión importante, que en su conjunto constituyen un proyecto con fuerte inversión en infraestructura difícil de ser implementado en su totalidad en una sola Etapa, por lo que se debió adecuar el desarrollo del Plan Director, en apego a sus limitaciones de financiamiento tanto de sus costos de inversión como de operación (Plan Director de Agua Potable - PDAP, 2002).

## **2.4 Topografía y topología de la red.**

Como base para elaborar el diseño, se ejecutaron, como actividades previas, una serie de trabajos tanto de campo como administrativos, los cuales constituyeron el soporte y fuente primaria de información para cuantificar y acotar los objetivos y parámetros de diseño. Estas actividades iniciales fueron las siguientes. (Véase el archivo CAD, Topología de la Comunidad de Tegucigalpa en el CD adjunto).

## **2.5 Levantamiento de Calles y Cruces**

La mayor actividad topográfica realizada fue el levantamiento de 24.75 kilómetros de calles de toda la ciudad. El criterio para definir el área a levantar fue la posición para colocar la tubería necesaria para la distribución del agua en cada zona adecuada para cada habitante de la comunidad. Debido a esto, también fue necesario el levantamiento planimétrico de zonas no construidas pero consideradas como zonas de expansión por estar comprendidas dentro del parte aguas, con el fin de determinar las tendencias de drenaje de dichas zonas a través de las curvas de nivel.

El levantamiento de las calles comprendía el seccionamiento cada 20 metros, y complementado con el levantamiento, se incorporaron detalles y puntos de interés como son: imbornales, postes de luz, puentes, alcantarillas, válvulas, límites de propiedad (edificados o cercado), aceras, pozos de visita, tanques de almacenamiento, para así definir sus secciones respectivas y considerarlas en el diseño respectivo.

Los principales problemas topográficos detectados en el curso de los diseños de la comunidad, fueron reiterados desniveles excesivos en una misma calle.

Para poder obtener mayor detalle dentro de los levantamientos topográficos se consideró de suma importancia el levantamiento de todos los ríos que cruzan la comunidad, ya que todos los ríos tributan a dos principales (El Obispo y Las Raíces), que convergen hacia el sitio donde está ubicado el embalse principal.

Por esto, en su mayoría, se levantaron desde su inicio hasta su desembocadura de cada tributario, terminando el estudio en la zona de ubicación del río Agua Buena donde se ubicó la toma principal para recolectar el agua que se utilizara para la comunidad de Tegucigalpita siendo uno de los ríos con buen caudal y no teniendo presencia de contaminantes.

El amarre altimétrico del proyecto a la red de geodésica nacional se hizo a través de un banco de nivel del Instituto Geográfico Nacional (IGN), el cual está ubicado en el parque central de la comunidad. Por esto se debe entender que el sistema de coordenadas utilizado en los levantamientos topográficos, corresponden a un sistema planimétrico local y un sistema altimétrico amarrado a la red Altimétrica Nacional. Por dicha razón, las coordenadas planimétricas que se utilizaron en el proyecto están referidas a coordenadas arbitrarias (N=366954; E=1728967) y a un azimut magnético. Desde esta estación, se hicieron poligonales cerradas hacia las diferentes zonas de la comunidad, desde las cuales se realizaron los levantamientos de las calles; como era de esperar, con las estaciones totales se registraba la información de cada punto: coordenadas, código descriptor, ángulos, distancia etc. Toda la información fue trasladada directamente a un programa de computadora y desde ésta, a través de una aplicación de AutoCAD denominada "CivilCAD", donde se crearon los planos de los levantamientos.

Finalmente, en las zonas levantadas fueron establecidos puntos de amarre planimétrico y altimétrico, de tal forma que se pudiera garantizar desde ellos el amarre para extensiones futuras del sistema y para replantear los diseños para la construcción (Plan Director de Agua Potable - PDAP).

## 2.6 Levantamiento de la Red (Plan 2002).

Para analizar en detalle la capacidad de los segmentos de la red de distribución existente, y acoplar su posible utilización en el sistema propuesto, fue necesario el levantamiento topográfico de todas las tuberías existentes, de los cuales se determinó la posición y elevación de sus ubicaciones, midiendo además las dimensiones de sus diámetros, la dirección de cada tubería de entrada y salida en cada punto, elevaciones de sus invertidas (Plan Director de Agua Potable - PDAP).

Tuberías		
Material	PVC	HIERRO
Línea de Conducción	396	46
Línea de Distribución	204	0
Red de Distribución	4107	18
<b>Total de Tuberías</b>	4770	

Tabla 1. Cantidad de Tubería de la red de Agua Potable

## 2.7 Datos Poblacionales.

Para la red de distribución de la comunidad de Tegucigalpa, la determinación de la población futura de diseño, se sustentó en la información de la UIES (Unidad de Investigación de Estadística Social de la Alcaldía), donde se contabilizaron las viviendas y los lotes dentro del Área Tributaria definida en el Informe Preliminar. Se estableció la población de saturación de acuerdo a una contabilización exhaustiva dependiente del uso del suelo, conforme al Documento de Parámetros de Diseño actualizado, entregado al Ingeniero Jefe de la Unidad de Obras y Servicios en la Reunión Conjunta de Trabajo celebrada en las Oficinas del AID, conforme a la siguiente tabla:

Datos Poblacionales	
Tamaño de Lote (m2)	Número de Habitantes por lote
Menos de 150	4
150-300	5
300-800	6
800-2000	7
más de 2000	10

Tabla 2. Datos Poblacionales del municipio de Omoa

Para los terrenos aún no desarrollados o con desarrollo incipiente que se encuentra en la comunidad de Tegucigalpa, se utilizó, de acuerdo a los parámetros de diseño establecidos en el Estudio de Optimización de la Administración, Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua Potable de la comunidad y que fueron reportados en el Informe Preliminar, una densidad espacial de 33 habitantes / hectárea, por tratarse del valor más recurrente del estudio.

## 2.8 Información Pluviométrica.

El Análisis Hidrológico es de vital importancia, ya que incluye la determinación espacial y temporal de la lluvia así como la frecuencia y métodos de cálculo hidrológico que como mínimo deben utilizarse para el diseño de obras de distribución de redes de agua potable.

Los datos pluviométricos utilizados fueron tomados del Manual de Referencias Hidrológicas de Honduras, el cual permite la implementación de métodos apropiados para la estimación de caudales a utilizarse en el diseño de estructuras de drenaje. Estos datos pluviométricos provienen de Series de Datos Hidrológicos recopilados de 298 estaciones pluviométricas y entre las cuales se encuentra la estación del Municipio Omoa, de donde se tomaron datos de lluvia diaria así como también de lluvia de corta duración.

Las Precipitaciones Máxima de 24 Horas son valores estimados para diferentes períodos de retorno de igual precipitación para cada frecuencia, considerando la interpolación entre estaciones y criterios orográficos y climáticos del territorio nacional. Manual de Referencias Hidrológicas de Honduras (MRHH, 2000).

Con las Precipitaciones de Corta Duración, que son los datos estimados para los diferentes períodos de retorno, se elaboraron las curvas de intensidad, duración, frecuencia para cada una de las diferentes estaciones pluviográficas, utilizando la expresión funcional potencial de tres parámetros:

$$i = \frac{a}{(d + b)^n}$$

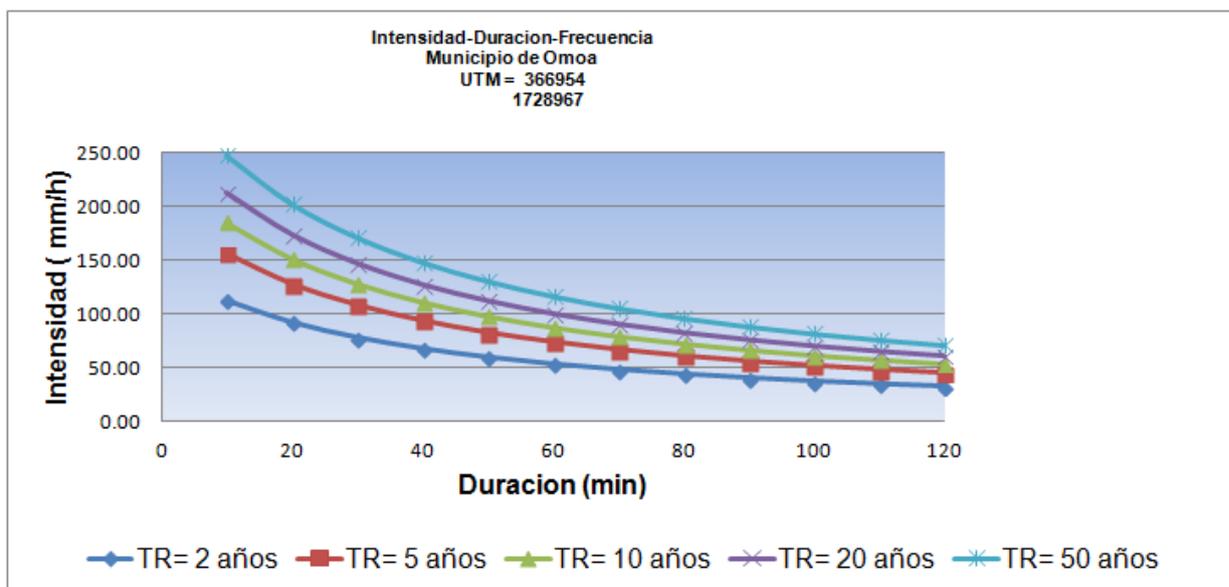
En donde *i* es la intensidad de la lluvia expresada en milímetros hora, *d* es la duración en minutos de la tormenta de igual manera *a*, *b* y *n* son parámetros propios de cada estación (punto geográfico).

TR-AÑOS	a	b
2	5941	38
5	8187	37.7
10	9670	37.6
20	11096	37.6
50	12933	37.5
n= 1.0299		

Tabla 3. Coeficientes a, b y n. Estación meteorológica de Omoa

Periodo de Retorno	T = 2	T = 5	T = 10	T = 20	T = 50
<b>Tiempo 2 horas</b>	<b>Intensidades</b>				
<b>minutos</b>	<b>I (mm/h)</b>	<b>I (mm/h)</b>	<b>I (mm/h)</b>	<b>I (mm/h)</b>	<b>I (mm/h)</b>
10	112.70	156.28	184.99	212.27	247.96
20	92.40	127.97	151.43	173.76	202.89
30	78.20	108.26	128.06	146.95	171.54
40	67.80	93.75	110.88	127.23	148.50
50	59.80	82.63	97.72	112.13	130.85
60	53.40	73.85	87.32	100.19	116.91
70	48.30	66.73	78.89	90.53	105.62
80	44.00	60.85	71.93	82.54	96.29
90	40.50	55.91	66.09	75.84	88.46
100	37.40	51.70	61.11	70.12	81.79
110	34.80	48.07	56.82	65.20	76.05
120	32.50	44.92	53.09	60.92	71.05

Tabla 4. Intensidades para los diferentes periodos de retorno Omoa, (MRHH).



Gráfica 1. Curva Intensidad – Duración – Frecuencia de Omoa (MRHH).

## 2.9 Caudal de la red de distribución.

Una vez conocidos los datos poblaciones antes mencionados de habitantes por lote y según los parámetros establecidos por Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), la dotación estándar que deberá de recibir cada habitante de la comunidad de Tegucigalpa es de ciento diez litros por persona al día (110 m<sup>3</sup>/hb/día) y de esta manera sabremos la cantidad de aportación de uso doméstico que debe de consumir cada persona.

<b>Dotación Domestica</b>		
<b>Alta</b>	200-250	m <sup>3</sup> /hab/día
<b>Media</b>	100-190	m <sup>3</sup> /hab/día
<b>Coefficiente de Retorno</b>	0.75	

Tabla 5. Dotación Sector Público (SANAA).

Para los aportes comerciales de la comunidad de Tegucigalpa, fue estimada sobre la base de un muestreo aleatorio de diferentes comercios, así como escuelas y hoteles, con los valores de la comunidad y con las dotaciones indicadas sobre la base del destino del comercio, se integran los diferentes caudales, aplicándolos al tramo más cercano al comercio en particular.

<b>Dotación Comercial</b>		
<b>Centro Comercial</b>	100	lt/hab/día
<b>Comercio Pequeño (Pulperías)</b>	50	lt/hab/día
<b>Restaurantes</b>	20	lt/hab/día
<b>Motel</b>	100	lt/hab/día

Tabla 6. Dotación Comercial (SANAA).

Para la cuantificación de los aportes del sector público, incluido las escuelas, igual que para la integración comercial, se basó en los resultados de un muestreo de investigación de usuarios de estas instalaciones. La demanda se formó partiendo de las dotaciones consignadas a continuación sobre la base del destino de la Oficina durante una jornada normal.

<b>Dotación Institucional</b>		
<b>Cuartel (Estación de Policías)</b>	100	lt/hab/día
<b>Escuela</b>	80	lt/hab/día
<b>Parques</b>	80	lt/hab/día
<b>Almacenes</b>	90	lt/hab/día
<b>Centro de Salud</b>	100	lt/hab/día

Tabla 7. Dotación Institucional (SANAA).

El uso industrial se debería conformar sobre la base de consideración de un 5-10% sobre la demanda media doméstica, dependiendo del grado de industrialización, para el caso de la comunidad de Tegucigalpa con un desarrollo industrial limitado se optó por el valor inferior del 5% ya que no se trata de una comunidad con mucha implantación de industria.

## 2.10 Criterios hidráulicos de diseño.

Los criterios hidráulicos utilizados fueron considerados según los parámetros de diseño, provenientes de la normativa del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).

<b>Velocidades</b>		
<b>Vel. Maxima</b>	1.50	m/seg
<b>Vel. Max Extrema</b>	2.00	m/seg
<b>Vel. Min</b>	0.60	m/seg

Tabla 8. Velocidades máximas y mínimas (SANAA).

<b>Pendientes</b>	
<b>SoMaxima</b>	2.00%
<b>SoMinima</b>	0.50%

Tabla 9. Pendientes máximas y mínimas (SANAA).

Durante esta fase se realizó el trazo geométrico de todas las tuberías de la red de distribución de la comunidad de Tegucigalpa, ubicándose los cruces de tubería de acuerdo al criterio de uno cada 100 metros como máximo (alcance del sistemas de distribución según el SANAA), de manera de preservar en el tramo una pendiente máxima del 1%, en los cambios de pendiente o de alineamiento y donde se cruzan tuberías de diferentes sistemas.

<b>Numero de Manning</b>		
<b>PVC</b>	0.006	0.01
<b>HIERRO</b>	0.015	0.017

Tabla 10. Numero de Manning (SANAA).

## **Marco Territorial, Económico y Social.**

### **3.1 Introducción.**

Aquí se detallara el marco Territorial, Económico y Social del municipio de Omoa donde se encuentra la comunidad de Tegucigalpita, para poder obtener un panorama del crecimiento urbano así como de su perímetro y ordenamiento territorial, también se establecerán las actividades económicas que se realizan y de igual forma las condiciones sociales actuales que caracterizan la ciudad. Una vez analizados los datos actuales que exponen la planificación que permita un crecimiento ordenado y las soluciones para las necesidades futuras.

### **3.2 Marco Territorial.**

#### **3.2.1 Crecimiento urbano.**

El área urbana de Omoa en el año 1966, incluía, especialmente en el Casco Histórico, unas casas en el camino hacia el cementerio, algunas partes del Tulian Campo y Tulian Rio, así como también una serie de casas al lado de la Carretera Internacional en la parte baja de la ciudad. La Municipalidad, con la visión de ir creciendo ordenadamente, divide la ciudad en varias zonas importantes, Comunidad de Veracruz, Comunidad de Tegucigalpita, Comunidad Buena Vista, Comunidad de Cuyamel, Comunidad Chivana, Comunidad El Paraíso, Comunidad Muchilena y Comunidad Rio Chiquito y muchas más.

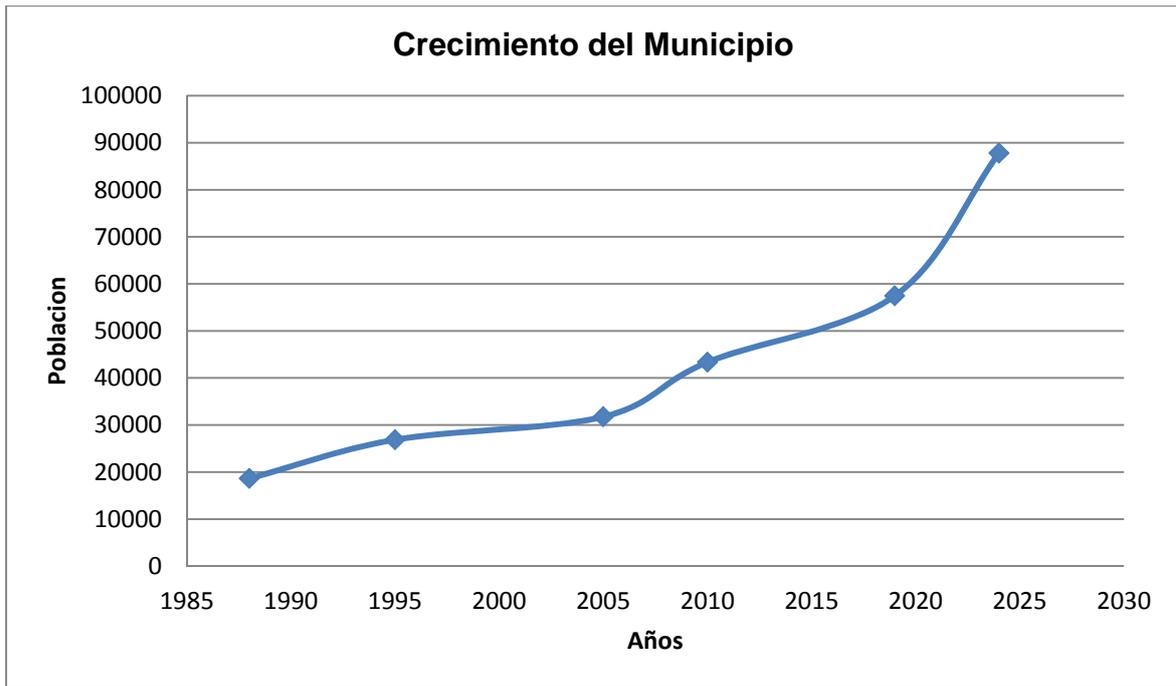
Aproximadamente unos 15 años después la ciudad creció considerablemente por todas direcciones. En la zona baja fue creciendo a los dos lados de la Carretera Internacional como es en el caso de la comunidad de Tegucigalpita, en la parte media se extendió con nuevas casas al lado oriental de la Carretera Internacional y en la zona alta se podía observar el crecimiento urbano más extenso. El Plan de Desarrollo Urbano del año 1979 no fue tomado con la debida seriedad y la ciudad siguió expandiéndose, se puede decir en forma masiva y asimétrica (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).

### 3.2.2 Crecimiento Poblacional de la Ciudad.

Para el año 1988, la ciudad contaba con aún menos que 20.000 habitantes y en 1995 la población urbana ya era mayor de 26.000 personas. El último censo poblacional fue realizado en el año 2005 por parte de la UIES (Unidad de Investigación y Estadísticas de Omoa). En este momento, la población de la zona urbana, incluyendo Comunidad de Veracruz, Comunidad Buena Vista, Comunidad de Cuyamel, Comunidad Chivana, Comunidad El Paraíso, Comunidad Muchilena y Comunidad Rio Chiquito y Comunidad de Tegucigalpita ya era mayor de 31.000 habitantes. Según las proyecciones poblacionales realizadas también por la UIES, en los años 2009, 2010, 2011, 2012 la población tendría un incremento de más de 40.000 personas residiendo en la ciudad y durante los próximos 20 años esta cantidad se aumentará aproximadamente unos 30.000 nuevos habitantes más, teniendo en cuenta que el crecimiento será por comunidades, en este caso la comunidad de Tegucigalpita se espera que tendrá un crecimiento 2.000 habitantes más. Estas proyecciones se basan en el porcentaje del crecimiento anual de 3.6%, considerando tanto el crecimiento por futuros nacimientos como por la migración hacia la ciudad (PMUD).

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Crecimiento</b>
<b>1988</b>	18650	-----
<b>1995</b>	26870	8220
<b>2005</b>	31742	4872
<b>2010</b>	43354	11612
<b>2019</b>	57462	14108
<b>2024</b>	87801	30339

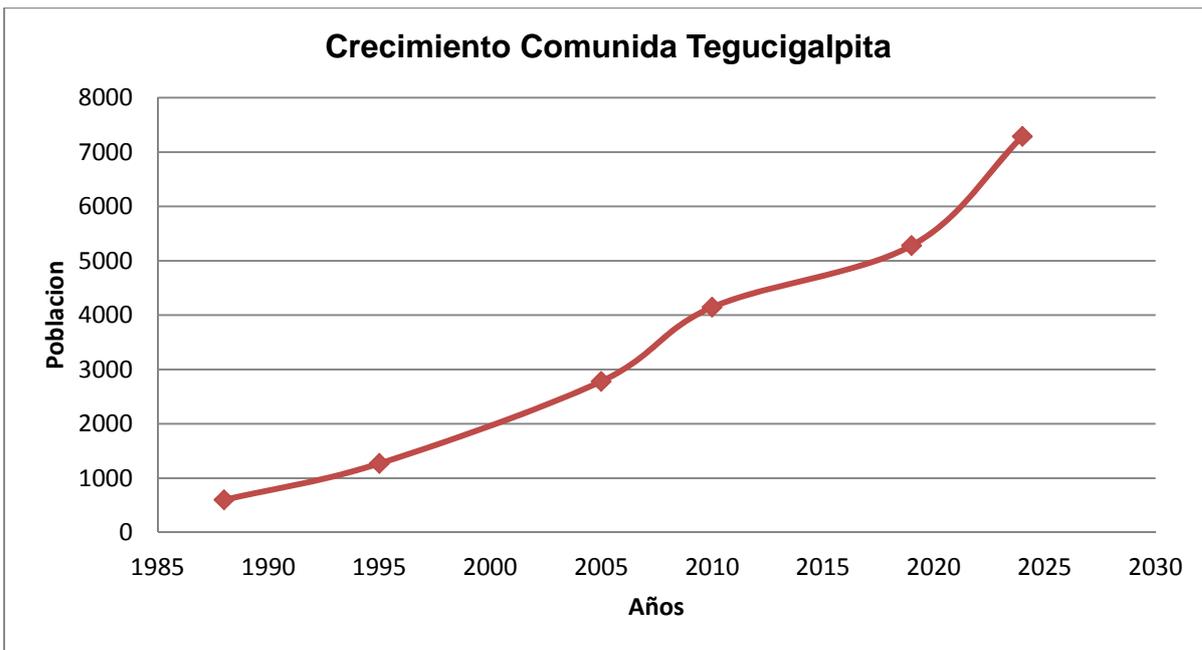
Tabla 11. Evolución del Crecimiento población de Omoa, (UIES).



Grafica 2. Evolución de la población de Omoa

Año	Población	Crecimiento
1988	600	-----
1995	1270	670
2005	2780	1510
2010	4145	1365
2019	5280	1135
2024	7289	2009

Tabla 12. Evolución del Crecimiento Comunidad Tegucigalpita, (UIES).



Grafica 3. Evolución de la población Comunidad Tegucigalpita

### 3.2.3 Limitantes del Crecimiento Urbano.

El municipio de Omoa necesita estar preparado para el futuro crecimiento poblacional, con una definición clara por donde territorialmente debe crecer en las próximas décadas. Para definir las zonas de crecimiento adecuadas para la expansión urbana se necesita tomar en cuenta los limitantes del crecimiento urbano en las orillas periféricas. Estas limitantes se definen en la parte occidental Parque Nacional Cuyamel Omoa, declarado como zona de protección, y al Sur la Cordillera del Merendon, con sus bosques de pino y la zona de alto riesgo por deslizamiento, declarado en 2005. En la periferia urbana este se encuentran bosques, áreas de puerto y la construcción del nuevo sistema de gas del Caribe para el país.



Figura 14. Fábrica de Gas del Caribe, Omoa

En la parte baja de la ciudad, en el Norte de la ciudad se encuentra la fábrica de reposta de asfalto más grande del país, UnoPetrol. Entre el Sector de Tulian Corinto y San Carlos se encuentra la zona de descarga de Combustible de Shell del País, uno de los cuales están considerados como un recurso que deben ser protegidos (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).



Figura 15. Fábrica de Asfalto UnoPetrol, Omoa



Figura 15. Fábrica de Combustible Shell, Omoa

### 3.2.4 Futuras Zonas de Expansión Urbana.

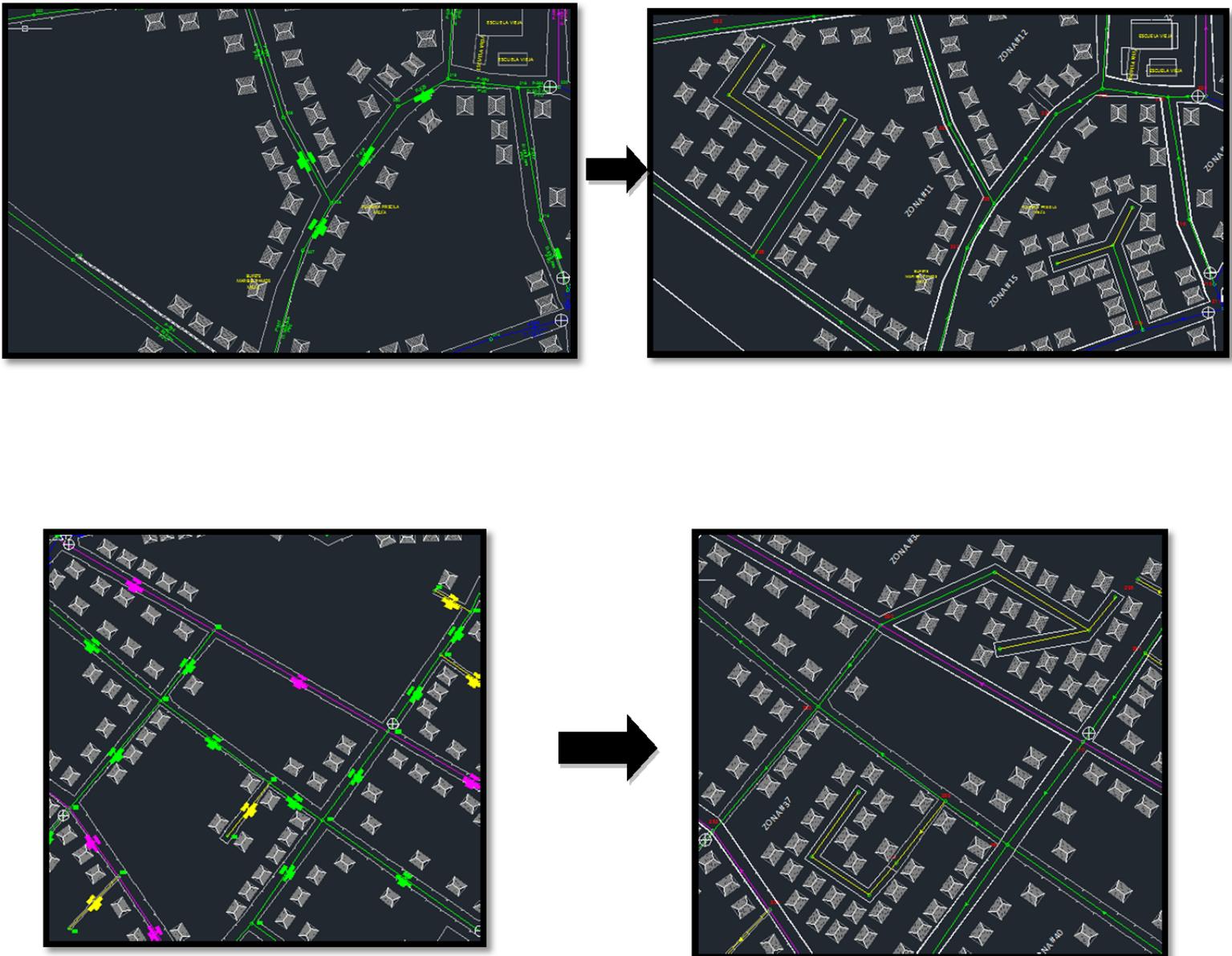
A partir de las reflexiones anteriormente presentadas, fueron identificadas varias áreas adecuadas para la futura expansión urbana del municipio de Omoa. Las dos principales zonas de expansión urbana son:

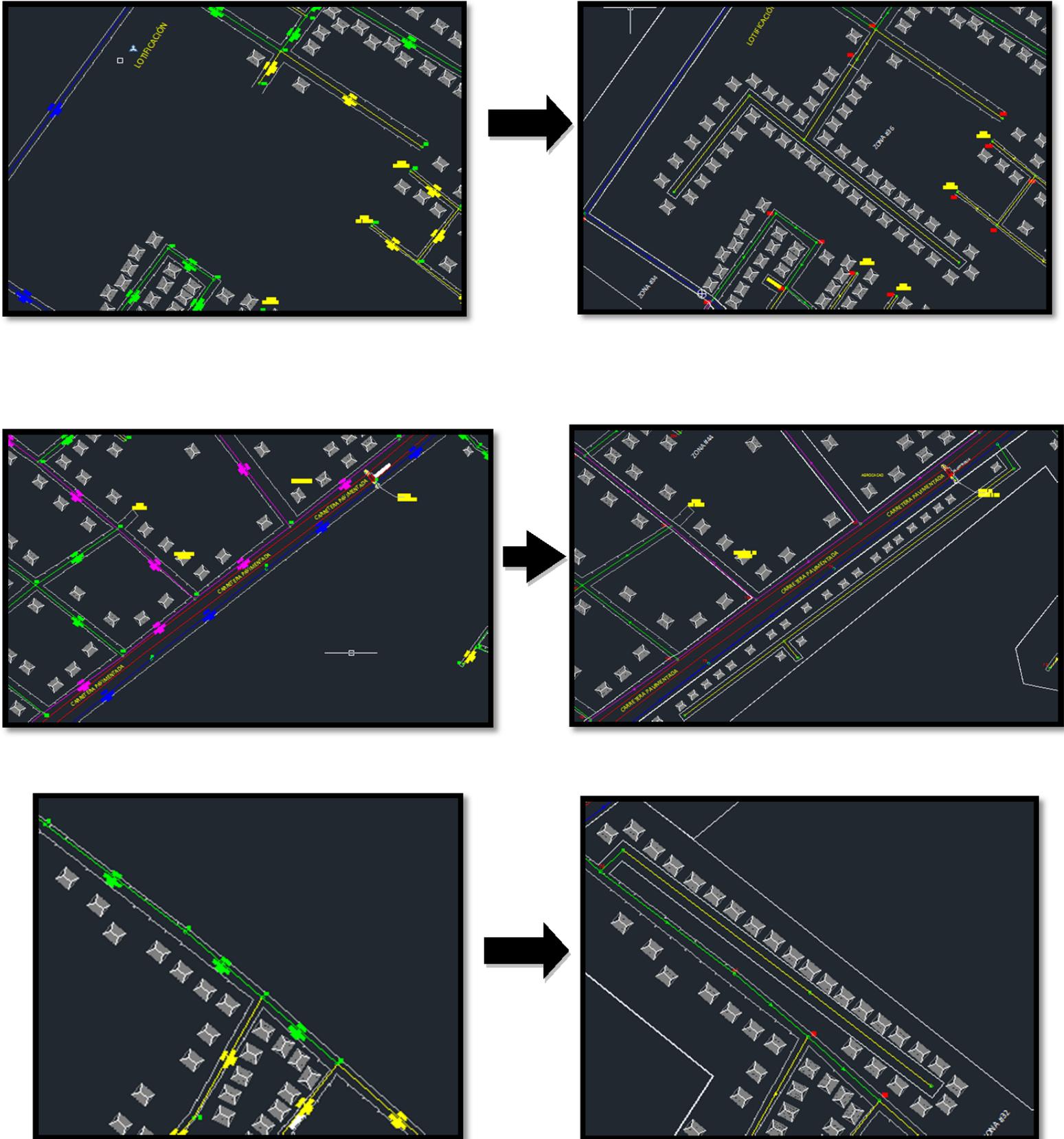
- ✓ La Zona A de expansión urbana con 300,49 hectáreas, se encuentra en la zona baja de la ciudad en continuidad con la Comunidad de Veracruz, Comunidad Buena Vista, Comunidad Chivana, Comunidad El Paraíso, Comunidad Muchilena y Comunidad Rio Chiquito y la Comunidad de Tegucigalpa.
- ✓ La Zona B de expansión urbana está ubicada al sur de la Comunidad Cuyamel con 55,76 hectáreas.

El estudio que se está tomando en cuenta de este municipio de Omoa es en la Zona A, que es donde se encuentra la comunidad de Tegucigalpa, ya que es unas de las primeras comunidades que pretende crecer en un futuro, y por eso se está tomando en cuenta su red de distribución para que no tenga problemas al momento de expandirse.

### 3.2.5 El Nuevo perímetro Urbano.

El desafío de definir los nuevos límites, dónde comienza y dónde termina la ciudad creciente fue realizado en varios momentos y fueron discutidas las consecuencias previsibles que se deberían considerar en la decisión de qué área debe formar parte del nuevo Perímetro Urbano. Se hicieron unas reflexiones sobre el siguiente desarrollo de los núcleos poblacionales que se encuentran en la periferia urbana teniendo en cuenta que en ciertas parte de la comunidad se ha instalado tomas de agua, aunque aún no se han construido las casas (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).





Figuras 16. Futuras Expansiones de la Comunidad de Tegucigalpa. (PMUD)

Al final, considerando el futuro crecimiento poblacional y territorial en los próximos 20 años y a través de las recomendaciones hechas a partir de las informaciones de las reuniones con los jefes de los departamentos municipales y de las visitas de campo, fue elaborada por parte de un Equipo Técnico la presente propuesta del nuevo Perímetro Urbano.

La propuesta del nuevo Perímetro Urbano para el municipio de Omoa abarca un área con un total de 2.428,73 hectáreas. El tamaño del Perímetro amplio refleja el futuro crecimiento dinámico que tendrá cada comunidad y las que tendrán nuevas tierras vírgenes por explotar y sus núcleos poblacionales en su periferia durante los próximos 20 años. Así que el nuevo Perímetro Urbano incluye en la zona urbana a las 33 comunidades que se encuentran dentro del Municipio de Omoa. Para dar una orientación de las futuras tareas que deben cumplir los departamentos municipales de Planificación Urbana, Catastro, División de Desarrollo Social y Ambiente y Obras Públicas en estos núcleos poblacionales fueron elaboradas pautas de desarrollo para cada uno de ellos.

Con el objetivo de garantizar que los recursos naturales en la periferia urbana sean conservados, el nuevo Perímetro Urbano incluye una amplia zona de amortiguamiento, más de 450 hectáreas de bosques que forman un cinturón alrededor de las zonas urbanizadas o por urbanizar. Solamente de esta manera la Municipalidad tendrá las competencias legales de controlar el futuro desarrollo territorial de estas zonas, ya que tampoco se tiene que destruir la naturaleza del Municipio, puesto que hay varios lugares que son reserva nacional y no se puede actuar en modo alguno sobre esas tierras (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).

### 3.3 Marco Económico.

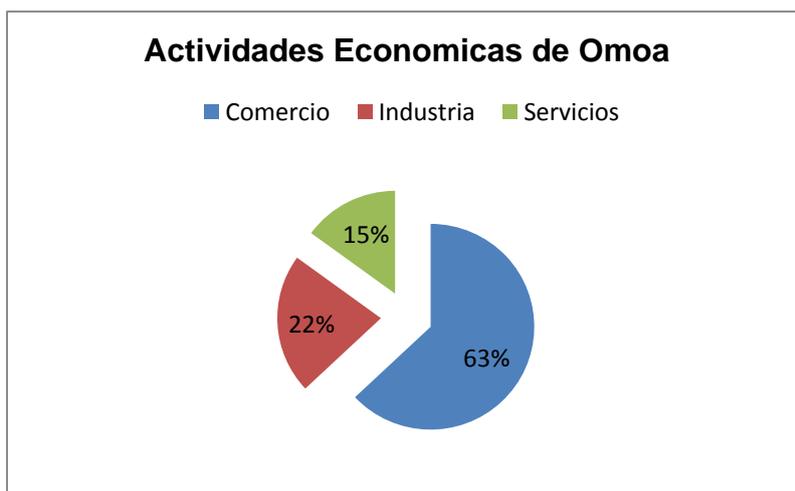
#### 3.3.1 Análisis

El municipio de Omoa es un polo importante de desarrollo económico en la región norte por las siguientes condiciones:

- ✓ Su ubicación estratégica en la carretera internacional entre San Pedro Sula y la frontera de Guatemala.
- ✓ Su amplia oferta educativa (Secundaria y Superior).
- ✓ El tema de la centralidad político – administrativa con instituciones de carácter regional (DEI, Región de salud pública, Hospital Regional del Norte, Corte Suprema de Justicia, Cámara de Comercio, etc.).

Todo esto unido a la actividad comercial y de servicios de los habitantes, muchos visitantes provenientes de las comunidades aledañas acuden a Omoa en busca de servicios financieros, de salud, educativos, legales o comerciales, lo que ha dado a esta ciudad la capacidad de concentrar mercados diarios y semanales.

La ciudad cuenta aproximadamente con 3,370 tipos de negocios, de los cuales el 22% representan las empresas dedicadas a la industria; el 63% representado por las empresas comerciales y el 15% empresas dedicadas a las actividades prestadoras de servicios.



Grafica 4. Actividades Económicas del municipio de Omoa

Se puede decir que la mayoría de las industrias y talleres de la ciudad se ubican en el casco histórico, y en una franja que va desde la fábrica de hamacas en la zona baja de la ciudad hacia el Norte. Otras industrias de mayor escala (Polígono Industrial y VIMACO), están situadas al lado de la comunidad de Cuyamel y de la comunidad de Tulian respectivamente. Actualmente la ciudad no cuenta con una gran zona industrial claramente definida que contiene aun espacios a disposición.

Con relación al uso de suelo, para los industriales es favorable la existencia de áreas de expansión donde se pueden asentar nuevas empresas. Factores importantes que favorecen la actividad industrial son también el poder contar con aguas a precios subvencionados, la posición geográfica de la ciudad y el potencial de almacenar y utilizar agua de lluvias, así como el hecho de que el costo de la mano de obra en la ciudad es relativamente bajo.

La economía de Omoa se mantiene primordialmente activa a base de la pesca. En el municipio se encuentran aproximadamente unos 600 pescadores nativos, que cuentan con unas 400 embarcaciones. Estos llegan a capturar unas 220 mil libras de pescado. Anteriormente se cultivaba cacao y en su oportunidad, los cultivos cítricos de naranja eran aprovechados para ser vendidos en comercios nacionales y en el extranjero. Muchos de los pobladores de las comunidades del municipio de Omoa se dedican a la agricultura, donde predominan el cultivo de granos básicos: maíz, frijol y arroz. Otros habitantes, se dedican a la ganadería. Actualmente es un municipio con mucha prosperidad, pues se ha abierto el paso fronterizo de Corinto, que ayuda al comercio con Guatemala, pero las comunidades de Potrerillos y Cuyamelito quedaron fuera del corredor de la autopista (C5) que estuvo en proyecto por las últimas 3 décadas y finalmente conecta Puerto Cortes con Puerto Barrios en Guatemala.

Los factores limitantes para estos sectores, en el espacio central, son el caos vehicular (ausencia de ordenamiento vial, nomenclatura y señalización), las estrechas vías de acceso y el difícil parqueo para sus clientes, que necesitan transportar la mercadería. La zona baja es propensa a inundaciones y la terminal de transporte se ha convertido en un mercado caótico y desorganizado que además es receptor de las aguas negras de la zona alta. Además de esto, se sacrifican espacios verdes y la municipalidad tiene poco control sobre esto y su capacidad es limitada en la prestación de servicios públicos para el desarrollo adecuado del comercio y servicios (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).

### 3.3.2 Desarrollo Urbano Turístico

Cada año el número de personas que visita la ciudad está aumentando. La mayoría de los visitantes son hondureños, solamente unos pocos extranjeros. Las principales razones para visitar la ciudad son las siguientes:

- ✓ Negocios o asistencia a restaurantes típicos de la zona.
- ✓ Las playas que tienen ciertas comunidades.
- ✓ La visita a la Fortaleza de San Fernando en Omoa.
- ✓ Tramites en las oficinas gubernamentales.
- ✓ Parada en el viaje desde o hacia Guatemala.
- ✓ Visita de la feria Agostina y las procesiones en la Semana Santa.

Dentro de la ciudad, sobre todo en el casco histórico, se encuentra una amplia infraestructura de servicios como hoteles, hospedaje, pensiones, restaurantes, cafeterías y comedores de los que se pueden beneficiar los visitantes. Muchos ciudadanos trabajan en el turismo y es evidente que este sector tiene mucha importancia para la economía urbana.

El Casco Histórico como centro de la ciudad ha sido recuperado, manteniendo las estructuras originales y es donde se concentran los lugares turísticos como la Catedral, el parque central La Libertad, los mercados, las casas históricas y las antiguas calles de piedras.

Fuera del Casco Histórico se ubican varios atractivos turísticos como el parque acuático El Cerrito, la fábrica de hamacas La Flor, el bar Madre Teresa, el cementerio y la terminal de transporte. Además están otros recursos turísticos que faltan ser desarrollados como la Reserva La Hondura para dar paseos en la naturaleza, la planta de tratamiento para construir un mirador y la comunidad de Los Plancitos para hacer recorridos a pie o a caballo, aprovechando de una biodiversidad enorme, comida tradicional de maíz y la hermosa vista sobre el paisaje montañoso.

Para promover el turismo fue creada la Comisión Ciudadana de Turismo. En los últimos años fueron realizados varios proyectos, entre otros la señalización turística vial del Casco Histórico y sus accesos y la rehabilitación del Parque Central. Actualmente se está construyendo la Plaza Artesanal en que se pretende realizar eventos culturales, se comercializarán las artesanías y gastronomía local, se organizarán ferias regionales, además existe la idea de crear un museo de la ciudad.

Muchas de las propuestas del Plan Maestro de Desarrollo Urbano están relacionadas con el desarrollo turístico de la ciudad. Entre ellas están las propuestas para mejorar el sistema vial, la creación de un nuevo parque público como jardín botánico y la declaración de zonas de desarrollo forestal con potencial para proyectos de ecoturismo (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD, 2009).

### 3.3.3 Futuras Necesidades

El siguiente cuadro muestra las actividades económicas por sector que tendrán mayor crecimiento en los próximos 20 años.

	<b>Industria</b>	<b>Comercio</b>	<b>Servicios</b>
<b>1</b>	Producción de hamacas	Mercados, Gasolineras	Servicios profesionales
<b>2</b>	Beneficios de Pescado	Venta de Frutas	Servicios financieros
<b>3</b>	Producción de Ladrillos	Ferreterías	Servicios hoteleros
<b>4</b>	Procesamiento de Pastes	Farmacias	Restaurantes Varios

Tabla 13. Actividades Económicas en crecimiento en Omoa (PMUD).

El siguiente cuadro muestra los espacios en hectáreas que actualmente están ocupados por actividades económicas y las necesidades a futuros espacios para estas actividades según las proyecciones poblacionales.

<b>Actividades Económicas</b>	<b>2009</b>	<b>2019</b>	<b>2024</b>
Mayores Industrias	10,11	16,55	25,98
Comercios, servicio, talleres	45,49	60,78	80,95

Tabla 14. Actividades Económicas en crecimiento en Omoa (PMUD).

Según estas proyecciones dentro del Perímetro Urbano hay que proveer por lo menos unas 16,16 hectáreas como áreas para futuras industrias y unas 86,34 hectáreas para futuros comercios, servicios y talleres (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD, 2009).

En base a lo anterior fueron formulados los siguientes objetivos para dirigir el futuro desarrollo urbano económico:

- ✓ Crecimiento de futuras actividades económicas en lugares adecuadas, sin promover conflictos de usos no adecuado uno al lado del otro.
- ✓ Instalación de nuevos talleres con emisiones e establecimientos industriales fuera de las áreas residenciales cerca las comunidades que tengan actividad industrial.
- ✓ Promover un crecimiento urbano descentralizado, es decir de crear sub-centros de actividades económicas en las nuevas zonas de expansión urbana de las comunidades que tendrán ese crecimiento poblacional.

### 3.3.4 Planificación

El Casco Histórico de la ciudad ya no tiene espacios libres para ubicar nuevos comercios y servicios; se supone que al lado de la Carretera Internacional que es donde se encuentran la mayorías de las comunidades, se aumentará aun la cobertura de estas actividades y se desarrollaran sobre ellas para mejor sus necesidades como comunidad como lo es en el caso de la comunidad de Tegucigalpita, pero también ahí las capacidades son bien limitadas para cumplir las futuras necesidades por el desarrollo territorial, así que se tiene que tener en cuenta que comunidades son las que pueden crecer sin tener problema alguno. Así es necesario proveer nuevas áreas para estas actividades económicas dentro de las zonas de expansión urbana, también para cumplir el objetivo de promover un crecimiento urbano y descentralizada.

En las nuevas zonas de expansión urbana, está previsto establecer nuevas concentraciones de comercios y servicios. Están previstos dos posibles lugares para la futura terminal de transporte. Este equipamiento funcionará también como un motor de desarrollo para futuras actividades económicas en la zona alrededor y está considerado como un proyecto que se realizará con inversiones privadas y en que serán integrados a una serie de comercios y servicios para cada desarrollo de las comunidades como lo es en el caso de la comunidad de Tegucigalpita.

Otro proyecto importante relacionado con el desarrollo urbano económico será la construcción del mal o centro comercial en Omoa. El terreno ya está definido y como tal marcado en el Mapa de Zonificación del uso del suelo.

Como áreas para futuras actividades económicas están previstas un total de 105,73 hectáreas, de las cuales 70,50 hectáreas serán principalmente para el uso de comercios y servicios, pero en estas áreas pueden ser instalados también establecimientos industriales de pequeña escala que no sean molestas.

En la Zona A esta prevista la expansión urbana de todas las comunidades que empezaran a crecer en un futuro y al lado del existente Polígono Industrial está previsto la nueva Zona Industrial B. En estas zonas se debe evitar el mínimo desarrollo urbano por las instalaciones de establecimientos industriales que producen mayores emisiones o aquellos que significan un mayor peligro para las áreas residenciales cercanas (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD, 2009).

Tipo de Actividad	Áreas existentes	Zona A	Zona B	Áreas Futuras Previstas
Áreas Comercios y Servicios	45,49	49,25	21,25	70,50
Áreas Industriales	12,11	7,43	27,80	35,23

Tabla 15. Actividades Económicas en espacios por hectárea en zonas de expansión (PMUD).

Las necesidades en la infraestructura física para potenciar la actividad económica son:

- ✓ Ampliación de la frontera hidrosanitaria de la ciudad y el desarrollo de expansiones del sistema de agua potable en las comunidades que lo ocupen.
- ✓ Mejoramientos del sistema vial para mejorar accesos.
- ✓ Proyección de nuevas calles en las zonas de expansión urbana.
- ✓ Desarrollar nuevos equipamientos de interés social como centros educativos y centros de salud para cada comunidad.
- ✓ Crear nuevos áreas de recreación como parques y centros deportivo en las comunidades principales del municipio.

### 3.4 Marco Social.

#### 3.4.1 Actuales Equipamientos de Interés Social.

Omoa, como centro regional del Norte, es la ciudad que ofrece una gran variedad de equipamientos de interés social y sobre todo, por el desarrollo que tiene sobre sus comunidades. Muchos de estos equipamientos sirven para que los visitantes que provienen de los municipios aledaños, del Departamento de Copán, Ceiba, Francisco Morazán y Comayagua, puedan realizar sus trámites en las diferentes oficinas gubernamentales, hacer sus trámites legales, atender sus requerimientos de salud y educación, y por supuesto, comprar y comercializar diferentes productos. La siguiente tabla muestra la diversidad y cantidad de equipamientos de interés social con que nuestra ciudad cuenta. (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).

<b>Actuales Equipamientos de Interés social de las comunidades y el municipio</b>	
<b>Educación</b>	Kínder (15), Centro Básico (10), Instituto Secundarias (5)
<b>Salud</b>	Centros de Salud (5)
<b>Recreación</b>	Parques (6), Canchas deportivas (10)
<b>Otros</b>	Hogares de niños (5); Centros comunitarios (5); Mercados y ferias municipales (4); Puestos policiales (5); Iglesias (28); Cementerios (5); Plantas de tratamiento de agua potable (1); Cuerpo de bomberos; Oficina de información turística; Centro de la mujer; Gobernación Departamental; Sociedad de Obreros; Casino; Adelsar; Correo central; Plaza artesanal; Granja penal; Secretaría de trabajo; ENEE; Edificio Capitulo de Abogados; Aeronáutica civil; SERNA; Vivero Municipal; Caritas; Jubilados Pensionados (oficinas); Casa de la Cultura; Edificio del Poder Judicial; Rastro Municipal; Centro de las artes y patrimonio; Batallón; Seguro Social; Terminal de transporte; Relleno sanitario

Tabla 16. Actuales equipamientos de interés Social en las comunidades y el municipio de Omoa (PMUD).

### 3.4.2 Futuras Necesidades

La siguiente tabla contiene una proyección de las futuras necesidades del sector educación para todas las comunidades que se encuentran en el municipio de Omoa.

Sector Educacion de todas las Comunidades del Municipio de Omoa									
	2009			2019			2024		
	Poblacion Aprox.	Matriculas	Numero de Equipamientos	Poblacion Aprox.	Matriculas	Numero de Equipamientos	Poblacion Aprox.	Matriculas	Numero de Equipamientos
Kinderes	Aprox. 750 niños de 4 a 6 años	1.371	12 publicos	Aprox. 1250 niños de 4 a 6 años	1.85	15 publicos	Aprox. 2250 niños de 4 a 6 años	3.2	19 publicos
Escuelas	Aprox. 1350 niños de 6 a 15 años	5.056	9 publicas	Aprox. 2450 niños de 6 a 15 años	12.05	11 publicos	Aprox. 4450 niños de 6 a 15 años	19.25	14 publicos
Secundarias	Aprox. 1800 niños de 16 a 18 años	3.451	4 publicas	Aprox. 3140 niños de 16 a 18 años	7.6	8 publicos	Aprox. 5140 niños de 16 a 18 años	9.5	11 publicos

Tabla 17. Proyección de las futuras necesidades del sector educación en todas las comunidades de Omoa (PMUD).

Para estar preparados para el crecimiento poblacional hay que proveer y hacer un levantamiento de cuantos kínderes, centros básicos y institutos públicos para así tener en cuenta que en cada comunidad se ocupara la creación de más o menos de 3 nuevos kínderes, 7 nuevos centros básicos y un nuevo instituto de secundaria hasta el año 2019. Entre 2019 y 2024 deben ser construidos 4 nuevos kínderes oficiales, 3 nuevos centros básicos y 3 nuevos institutos de secundaria.

Cada año es un conflicto la ubicación de la tradicional Feria Agostina, en vista de que la Municipalidad no cuenta con un espacio propio para su ubicación. Por lo anterior se considera de urgencia poder adquirir un predio, que en el resto del año pueda utilizarse para otras actividades de interés comunitario y se está tomando en cuenta hacerlo en la comunidad de Tegucigalpa.

El número de los actuales espacios de recreación, es decir, canchas deportivas y parques públicos, son muy pocos y con la población creciendo se necesitara crear nuevos. Es por ello que debe dársele especial atención a los predios que las lotificadoras dejan para uso social, ya que las necesidades son diversas (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).

### **3.4.3 Planificación**

El actual número de terrenos baldíos que pertenecen a la Municipalidad no es suficiente para poder cumplir las futuras necesidades a usos de interés social, así que un grande reto será la futura compra de otros terrenos para poder ubicar estos usos, es necesario que cada año se deje una partida en el Plan de Inversión Municipal (PIM), para ir cubriendo la demanda.

La construcción de nuevos equipamientos oficiales de educación tendrá prioridad hasta 2019 y hasta 2024. La Municipalidad cuenta con pocos terrenos para la construcción de los nuevos kínderes, centros básicos y para futuros institutos secundarios y por eso están haciendo los estudios para construir en las comunidades principales y con gran expansión territorial.

En un futuro se prevé la construcción de un nuevo hospital. Esta iniciativa la ha estado coordinando la dirigencia de la Iglesia Católica en la ciudad. El terreno donde se pretende ejecutar la obra está marcado en el Mapa del uso del suelo y no debe ser utilizado para uso residencial ni cualquier otra actividad económica.

La recomendación del Plan Maestro de Desarrollo Urbano (PMDU) es de construir una nueva terminal de transporte en donde se encuentran todas las empresas de transportes, para dar una mejor movilidad a los habitantes que viven en las comunidades aledañas a las terminales. Para la construcción de este equipamiento fueron identificadas dos opciones, las dos en terrenos que actualmente son privados. La prioridad tiene la ubicación en la Zona A de expansión urbana, una vez que se ha construido el bulevar hacia el futuro aeropuerto, la segunda opción será en la Zona B de expansión industrial. Una vez que la Municipalidad tenga comprado uno de las dos áreas y comience de desarrollarse para el terminal de transporte, el otro terreno debe ser utilizado para el uso de comercios y servicios con los reglamentos correspondientes y el terreno donde actualmente se encuentra la terminal debe servir para construcción de un nuevo Mercado Municipal.

## **3.5 Desarrollo Urbano Residencial**

### **3.5.1 Análisis del uso Residencial y sus Tendencias**

El área urbana residencial del municipio de Omoa está conformada por aproximadamente 4876 viviendas localizadas en todas sus comunidades y barrios de la ciudad y unas de las comunidades que es Tegucigalpita, la cual estamos estudiando tiene un total de 280 viviendas más otros edificios como del gobierno, apartamentos, pulperías, escuelas, guarderías, fincas, etc. Tomando en cuenta las cifras de la población en este momento se calcula que un promedio de 4.5 hasta 5 personas residen en una misma vivienda.

<b>TODO EL MUNICIPIO DE OMOA</b>		
<b>Tipo de Vivienda</b>	<b>Numero de Vivienda 2012</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Independiente</b>	4100	84%
<b>Apartamento</b>	500	10%
<b>Cuarterías</b>	250	5%
<b>Gobiernos</b>	26	1%
<b>Total</b>	4876	100%

Tabla 18. Tipos de Viviendas Omoa en el año 2012 (PMUD).

<b>COMUNIDAD DE TEGUCIGALPITA</b>		
<b>Tipo de Vivienda</b>	<b>Numero de Vivienda 2012</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Independiente</b>	225	80%
<b>Apartamento</b>	20	7%
<b>Pulperías</b>	15	5%
<b>Gobiernos</b>	20	7%
<b>Total</b>	280	100%

Tabla 19. Tipos de Viviendas Comunidad Tegucigalpa en el año 2012 (PMUD).

<b>AREAS RESIDENCIALES EXISTENTES</b>			
<b>Tipo de Residencial</b>	<b>Código</b>	<b>Tamaño de Lote</b>	<b>Hectáreas</b>
Muy baja Densidad	AR-0	1 manzana= 6000 m <sup>2</sup>	7,86
		1/2 manzana= 3000m <sup>2</sup>	
Baja Densidad	AR-1	Mayor de 450 m <sup>2</sup>	22,07
		Menor de 3000 m <sup>2</sup>	
Media Densidad	AR-2	Entre 300 y 450 m <sup>2</sup>	36,45
Alta Densidad	AR-3	Entre 300 y 150 m <sup>2</sup>	48,65

Tabla 20. Zonificación del uso del suelo urbano de Omoa. (PMUD).

El suministro de la infraestructura técnica y de servicios, al igual que los equipamientos de interés social en estas colonias y barrios varía. Generalmente los barrios y colonias más antiguas o que fueron desarrollados hace ya un tiempo son los que cuentan con mejores condiciones. En la mayoría de las nuevas zonas habitacionales del municipio o sus comunidades, se carece de la infraestructura técnica y de servicios básicos. Es notable la ausencia de la planificación del suelo urbano. Existe como contraparte a lo referido, una nueva tendencia de planificación del suelo urbano, liderada por empresas inmobiliarias que proyectan infraestructura técnica y de servicios, pero que aún están alejadas de una visión integral de cada comunidad como lo es en el caso de la comunidad de Tegucigalpa.

La tendencia general del municipio ha sido el crecimiento en forma horizontal y no vertical, la mayoría de las construcciones en el municipio son de una planta (unas 600 construcciones tienen 2 plantas y menos de 40 construcciones tienen más de dos plantas) y en casi todas las comunidades las construcciones de las viviendas son de una planta.

Una condición notable en las comunidades son las áreas de riesgos por deslizamiento de suelos e inundaciones. Aun con este escenario muchas viviendas han sido construidas en dichas zonas. Por citar un ejemplo, la Comunidad Ojo de Agua donde residen aproximadamente 20 familias, que han sido objeto de inundaciones. Otro ejemplo por deslizamiento de suelo es el sector comprendido por la Comunidad El Derrumbo, parte de la comunidad de Los Plancitos, que fueron declaradas como zonas de alto riesgo. En la actualidad existen aproximadamente 300 viviendas en las zonas descritas y se está pretendiendo mover a estas familias por cualquier fallo o problemas que haya en un futuro con el suelo o los derrumbes.

A partir del año 2005 el Gobierno Municipal decidió crear La Comisión de Infraestructura, conformada por los responsables de las áreas Planificación Urbana, Catastro Municipal, Unidad Municipal Ambiental, Obras Públicas y dos Regidores Municipales. El objetivo de esta comisión es revisar y verificar las nuevas solicitudes y propuestas de urbanización para que cada comunidad se apeguen a la normativa y reglamentación municipal vigente. Esta comisión posteriormente somete a la Corporación Municipal el expediente con las observaciones necesarias para su aprobación.

La dinámica de crecimiento económico que ha venido experimentando las comunidades, en los últimos años ha sido reflejada en diversos factores y actores de la economía, el sector vivienda no es la excepción. Muchas de las nuevas viviendas han sido construidas por empresas inmobiliarias, que cierran sus ciclos de producción y venta. Estas empresas construyen aproximadamente 90 nuevas viviendas por año.

Un hecho particular ligado al tema de construcción es el propiciado por la oferta educativa de la ciudad, que a nivel de la zona occidental es líder, y que ha conllevado a la inmigración de estudiantes al mismo tiempo se ha dado una

inmigración de personas que, por diversas razones, ven en la ciudad la oportunidad de empleo. Estas dos acciones han creado una demanda alta por la resta de apartamentos, solamente para en el año 2008 fueron construido unos 191 nuevos apartamentos. Se proyecta un crecimiento en la demanda para los próximos años.

Lo anterior trae como consecuencia una alta densificación del suelo urbanizado y por urbanizar, y es posible observar que cada vez se dejan menos espacios libres, áreas verdes, en los terrenos, lo cual se expresa en un factor de ocupación cada vez más alto. Hace cinco años, el factor de ocupación era de 70% por medio, actualmente el factor es de 85%. Hasta ahora no se controla este factor de ocupación en ninguna parte de la ciudad. La pérdida de áreas verdes en los terrenos tiene una serie de efectos negativos para el medioambiente: modificación del microclima, filtración de aguas de lluvias, aumento de la producción de escorrentía, etc. (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).

### 3.5.2 Futuras necesidades

Se está observando que la demanda de apartamentos está subiendo cada vez más ya que la mayoría de las personas quieren salir de las comunidades para vivir en el municipio y tener un educación mejor. Se supone que la segregación en los tipos de viviendas se cambiará en los próximos años de manera que el 75% de todas viviendas serán viviendas independientes y el 15% serán apartamentos. La siguiente tabla muestra la cantidad de viviendas que tendrá la ciudad en 2019 y 2024 tomando en cuenta las reflexiones anteriores y las proyecciones poblacionales.

AREAS DE VIVIENDAS Y DEPARTAMENTOS DEL MUNICIPIO		
Tipo de Vivienda	Viviendas 2019	Viviendas 2024
Independientes	8.8	12
Apartamentos	1.75	3.5
Totales	10.55	15.5

Tabla 21. Evolución de las Viviendas de Omoa. (PMUD).

Para poder cumplir las futuras necesidades de viviendas hay que proveer suficientes espacios para que se puedan desarrollar, por eso en ciertas partes del municipio hay terrenos con superficie plana y se encuentran fuera del centro de la ciudad y se pretende desarrollar la construcción de unas 1000 nuevas viviendas independientes, 500 nuevos apartamentos hasta el año 2024

con parada de transporte público para que los jóvenes que quieren venirse de las comunidades no tengan problemas para su movilidad al centro de la ciudad o a los centros de estudios (Plan Maestro de Desarrollo Urbano - PMUD).

# Descripción Actual y Problemática de la Red de Tegucigalpa.

## 4.1 Descripción de la Comunidad Tegucigalpa.

El agua provista a La Comunidad de Tegucigalpa procede del río Agua Buena, sobre el cual se construyó una presa y un vertedero por medio del cual se capta el agua hacia la red. Esta red consta de 4 partes:

1. Una Línea de Conducción.
2. Un Tanque de Almacenamiento o Depósito.
3. Una Línea de Distribución.
4. Una Red de Distribución.

### 4.1.1 Línea de Conducción.

Este tramo de tubería consta en ciertas zonas con tubería de Hierro de diámetros de 8", 6" y 4", debido al terreno rocoso, y las irregularidades como quebradas y vaguadas. La otra parte de la tubería consta de tubería de PVC de 6" y 4", ya que se trata de una zona con terreno excavable. Esta línea de Conducción lleva el agua hasta el Tanque de Almacenamiento o Depósito y consta de una longitud de 2,648.32 m. La diferencia de cotas que tenemos en la línea de Conducción es en el punto más alto de 300 m. y en el punto más bajo de 112.77 m.

### 4.1.2 Tanque de Almacenamiento o Depósito.

El tanque de Almacenamiento es un tanque circular, con losa de piso, paredes de bloque y techo de concreto reforzado, y tiene una capacidad de 100,000 galones. Sobre el techo de concreto reforzado se encuentra un hipoclorador de medidas de 1m x 1m x 1.05m. La diferencia de cotas que tenemos en el tanque es el punto más alto de 112.77 m.

### 4.1.3 Línea de Distribución.

Este tramo de tubería consta del Tanque de Almacenamiento hasta uno de los nodos de la red de Distribución, el N-55, en este tramo de tubería todo el terreno es excavable por lo que toda la tubería que se colocó es de PVC de 6".

Esta línea de Distribución consta de una longitud de 1,226.66 m. La diferencia de cotas que tenemos en la línea de Distribución es en el punto más alto de 112.77 m. y en el punto más bajo de 38.59 m.

#### 4.1.4 Red de Distribución.

Este tramo de tubería consta de todo el sistema de agua potable de la Comunidad de Tegucigalpa favoreciendo a que el terreno en toda la comunidad es excavable, la tubería que se instaló en la red es de PVC de diámetro de 6", 4", 2" y 1". Esta red de Distribución consta de una longitud de 24,747.20 m. La diferencia de cotas que tenemos sobre la red de Distribución es en el punto más alto de 48.42 m. y en el punto más bajo de 30.81 m.

La clasificación de diámetros y cantidad de tuberías que hay en la actualidad en toda la red de la Comunidad de Tegucigalpa es la siguiente:

*Línea de Conducción:*

<b>LÍNEA DE CONDUCCION</b>		
<b>TUBERIA (plg.)</b>	<b>LONGITUD (m.)</b>	<b># TUBOS (Lance= 3m)</b>
HG 8"	165.52	55
HG 6"	42.93	14
HG 4"	64.56	22
PVC 6"	261.55	87
PVC 4"	2113.76	705

Tabla 22. Evolución de las tuberías de la Línea de Conducción.

*Línea de Distribución:*

<b>LÍNEA DE DISTRIBUCION</b>		
<b>TUBERIA (plg.)</b>	<b>LONGITUD (m.)</b>	<b># TUBOS (Lance= 3m)</b>
PVC 6"	1226.66	409

Tabla 23. Evolución de las tuberías de la Línea de Distribución.

Red de Distribución:

<b>RED DE DISTRIBUCION</b>		
<b>TUBERIA (plg.)</b>	<b>LONGITUD (m.)</b>	<b># TUBOS (Lance= 3m)</b>
HG 6"	108.10	36
PVC 6"	432.57	144
PVC 4"	3910.03	1303
PVC 2"	15340.94	5114
PVC 1"	4955.56	1652

Tabla 24. Evolución de las tuberías de la Red de Distribución.

La Comunidad de Tegucigalpa cuenta con una población de 4145 habitantes actualmente, y también dentro de la comunidad hay pequeños negocios como comercios pequeños, mercados, superes, restaurantes, pulperías, una posta policial, hospitales, hoteles, escuelas, colegios e iglesias, los cuales requieren un consumo distinto debido a sus dotaciones. Para los habitantes de la comunidad la dotación debe ser doméstica, mientras a dotación comercial para el caso de los negocios y la dotación institucional para las empresas, según el SANAA, deben de ser los siguientes:

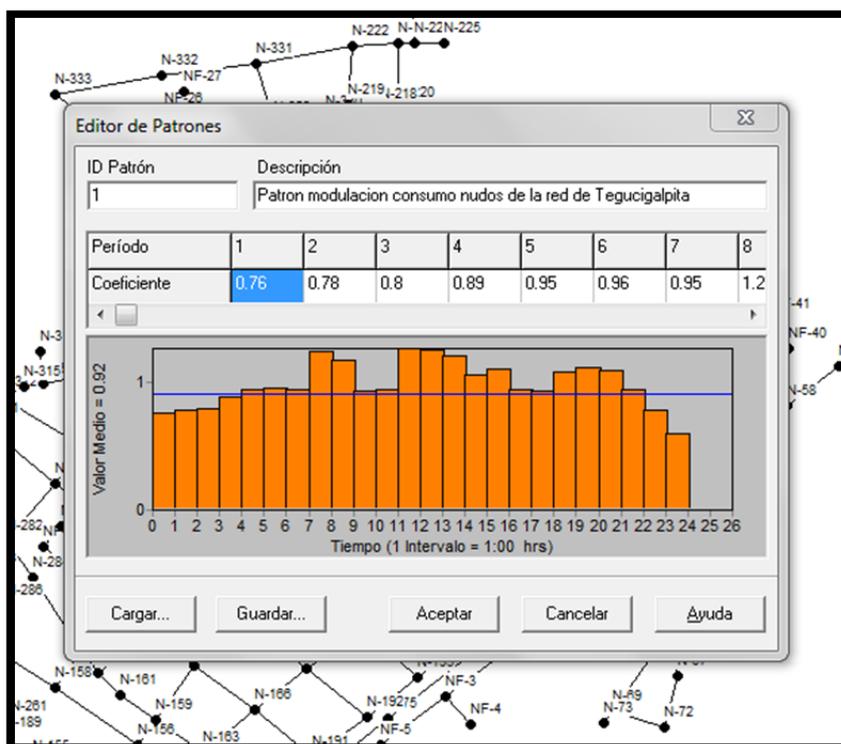
<b>Dotacion Domestica (SANAA)</b>		
Habitantes	180	Lppd
<b>Dotacion Comercial (SANAA)</b>		
Centro Comercial	100	Lppd
Comercio Pequeño	50	Lppd
Restaurante	230	Lppd
Hotel	160	Lppd
<b>Dotacion Institucional (SANAA)</b>		
Hospital/centro de salud	400	Lppd
Fabricas	900	Lppd
Posta Policial	180	Lppd
Escuela	90	Lppd
Oficinas	90	Lppd

Tabla 25. Dotaciones de Consumos para la Comunidad según el SANAA.

### Curvas de Modulación para la Comunidad de Tegucigalpita

Tenemos que tener en cuenta la variabilidad temporal de los consumos de la población en la Comunidad de Tegucigalpita, plasmada en la Curva de Modulación para la dotación doméstica, que asigna una secuencia de factores multiplicativos, que aplicados sobre un valor medio, nos presentan la variación diaria de tales consumos.

En la red de la Comunidad de Tegucigalpita no se dispone de micromedición, y el único caudalímetro instalado se encuentra a la salida del depósito. La única curva de modulación de los caudales de la que se dispone corresponde al consumo general, y es la que muestra la siguiente figura.



Naturalmente cabe esperar que la modulación de caudal para el consumo en los nudos de la red tenga una variabilidad o un rango mayor de valores, aunque por desgracia, no se dispone de información adicional que permita calcular dicha modulación.

Por este motivo, y al efecto de su utilización en las modificaciones de la red, se ha calculado una curva de modulación para el consumo doméstico a partir de la curva disponible, con las siguientes premisas:

1.- Si denominamos  $k_i$  a los coeficientes de la curva para la hora  $i$ , los nuevos coeficientes de modulación  $k_i^N$  deben de ser lo más próximos al valor

$k_i^N = 1 + \alpha(k_i - 1)$  , siendo  $\alpha$  un coeficiente multiplicador común a todos los coeficientes.

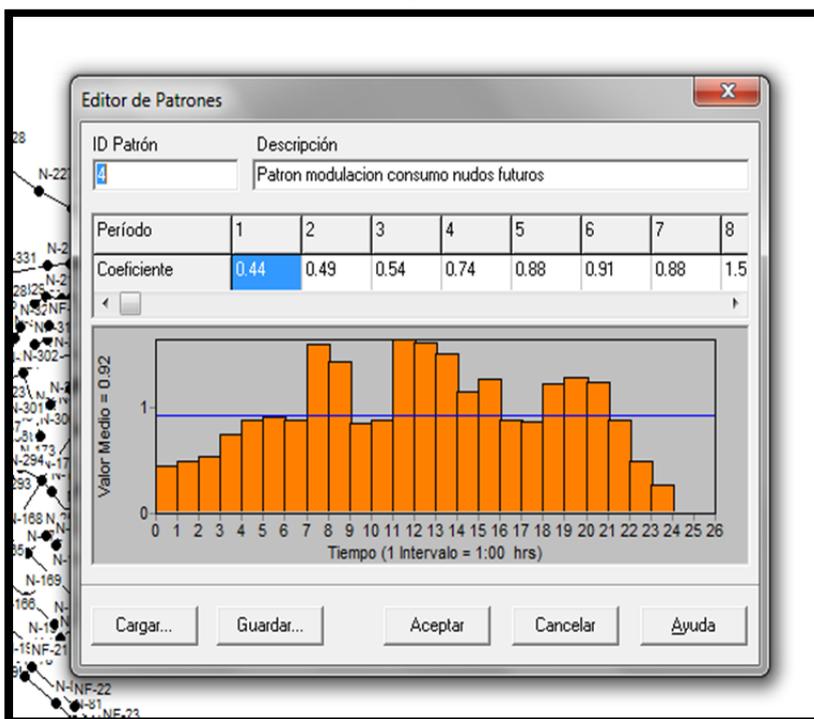
2.- Los valores de los nuevos coeficientes de modulación  $k_i^N$  se encuentran acotados entre 2,0 y 0,2:  $(0,2 \leq k_i^N \leq 2,0)$ .

Para obtener el valor de los coeficientes, se ha planteado un problema de optimización, siendo los valores  $k_i^N$  las variables de decisión (así como  $\alpha$ ):

$$MIN: Err = \sum_{i=1}^{24} |k_i^N - 1 - \alpha(k_i - 1)|^2$$

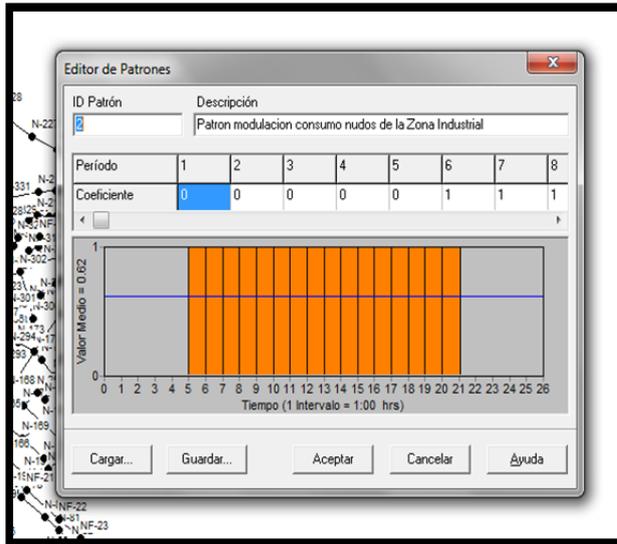
$$s.a.: 0,2 \leq k_i^N \leq 2,0 \text{ y } \alpha > 0$$

Con este procedimiento, obtenemos la siguiente curva de modulación:



Naturalmente, a efectos de diseño y de comprobación de la capacidad de la red, consideramos la hora punta del consumo, que corresponde a un coeficiente de punta de 1,64. Dicho coeficiente es compatible con las características de la población (núcleo urbano residencial sin variaciones estacionales importantes).

Para las futuras industrias que se plantea instalar en la población, tendremos en cuenta que su dotación será industrial, de modo que su curva de modulación corresponderá a un trabajo de dos turnos empezando a las 5 de la mañana y terminando a las 9 de la noche (ver siguiente figura). De este modo representamos la demanda de las industrias, y podremos calcular su papel en la capacidad de la red futura.



## 4.2 Problemáticas de la Comunidad Tegucigalpita.

### 4.2.1 Escenario 1.

En este escenario vamos a observar el estado y comportamiento del sistema de agua potable la comunidad de Tegucigalpita actualmente. Analizaremos los problemas que presenta en la actualidad, para así tratar de mejorar y obtener un mejor abastecimiento de agua para la comunidad, así como para solucionar todos sus problemas que puedan presentar durante su desarrollo y para un futuro.

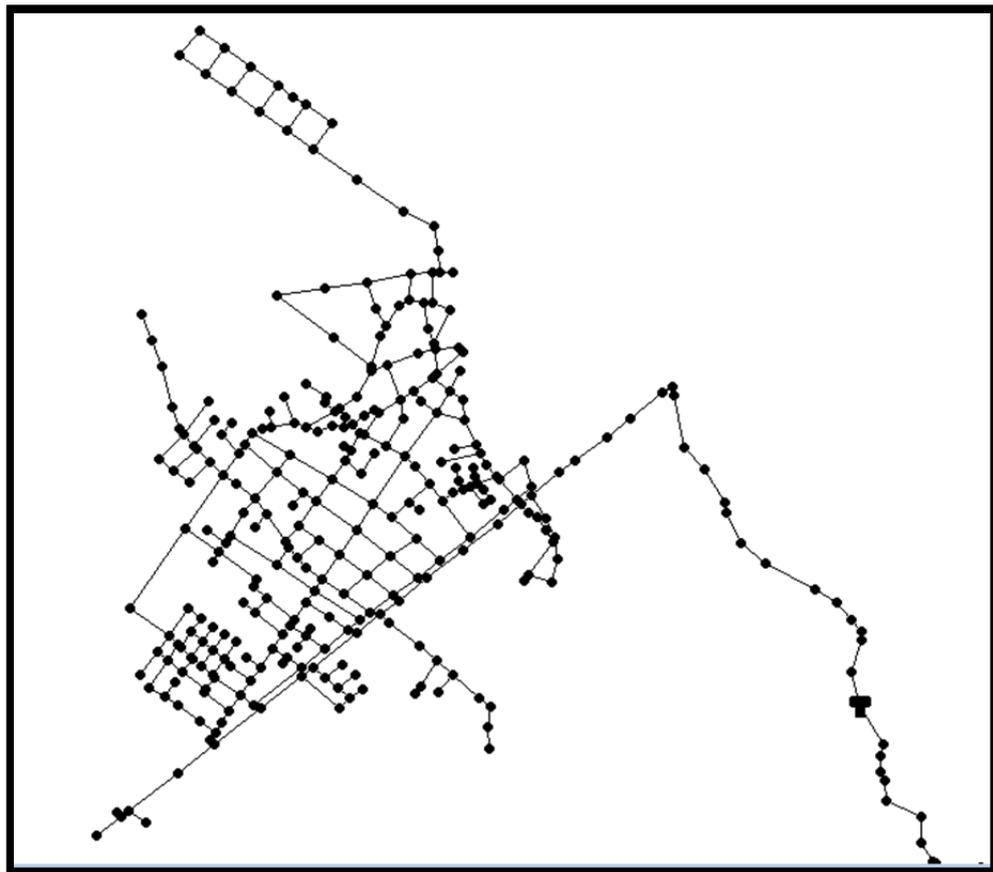


Figura 17. Diseño Actual de la comunidad de Tegucigalpita. (EPANET)

Para este escenario, la comunidad de Tegucigalpita se ha considerado que además de los consumos domésticos y los consumos institucionales, se incluye un porcentaje de fugas del 20% (no existe información al respecto en el sistema actual, por lo que se estima este valor), para poder cumplir la demanda que se ocupa en cada sector de la comunidad. En las siguientes tablas mostraremos ciertos consumos domésticos e institucionales, que nos detallarán por zonas la cantidad de viviendas existente y el promedio de habitantes por vivienda (que se estima en 5 para los consumos domésticos) y de este modo sabremos la cantidad de agua necesaria para cumplir con la demanda requerida por los habitantes de esta comunidad.

Consumo Domésticos:

CONSUMO DE PERSONAS POR ZONAS Y NUMERO DE CASAS COMUNIDAD TEGUCIGALPITA					
ZONAS	NUMERO DE CASAS	PROMEDIO DE PERSONAS POR CASAS	TOTAL DE PERSONAS	Consumo Domestico	Consumo Total ( %Fugas (1.2))
1	3	5.00	15.00	0.031	0.038
2	2	5.00	10.00	0.021	0.025
3	1	5.00	5.00	0.010	0.013
4	4	5.00	20.00	0.042	0.050
5	6	5.00	30.00	0.063	0.075
6	4	5.00	20.00	0.042	0.050
7	5	5.00	25.00	0.052	0.063
8	1	5.00	5.00	0.010	0.013
9	3	5.00	15.00	0.031	0.038
10	19	5.00	95.00	0.198	0.238
24	6	5.00	30.00	0.063	0.075
25	13	5.00	65.00	0.135	0.163
26	31	5.00	155.00	0.323	0.388
27	8	5.00	40.00	0.083	0.100
28	10	5.00	50.00	0.104	0.125
29	17	5.00	85.00	0.177	0.213
40	33	5.00	165.00	0.344	0.413
41	27	5.00	135.00	0.281	0.338
42	53	5.00	265.00	0.552	0.663
43	58	5.00	290.00	0.604	0.725
44	20	5.00	100.00	0.208	0.250

Tabla 26. Dotaciones de Consumos Domésticos de la Comunidad de Tegucigalpita.

Consumos Institucionales:

ZONA	EDIFICIO	# PERSONAS TOTALES, MAS PERSONAS DE MANTENIMIENTO	Consumo Comercial / Institucional	Consumo Total Comercial / Institucional * 1.2% de Fugas
11	BUFETE	5	0.005208333	0.00625
13	ESCUELAS	500	0.5208	0.625
15	PULPERIA	3	0.001736111	0.002083333
18	POSTA POLICIAL	35	0.072916667	0.0875
21	RESTAURANTE	70	0.186342593	0.293055556
	MINI COMERCIO	50	0.05787037	
22	IGLESIA	150	0.086805556	0.104166667
23	FAMARCIA	5	0.002893519	0.430555556
	JARDIN DE NIÑOS	55	0.057291667	
	CENTRO DE SALUD	80	0.37037037	
26	CENTRO SOCIAL	280	0.162037037	0.194444444
29	MINI COMERCIO	50	0.028935185	0.034722222
33	COMEDOR MARISCOS	70	0.186342593	0.223611111
34	TALLER	4	0.004166667	0.005
35	COMERCIO	150	0.173611111	0.298611111
	IGLESIA	130	0.075231481	
36	HOSPEDAJE	140	0.259259259	0.311111111
40	LA PEÑA DE HOREB	30	0.017361111	0.0625
	IGLESIA	5	0.002893519	
	PULPERIA	3	0.001736111	
	CENTRO DE ESTUDIO	70	0.040509259	
42	PULPERIA	3	0.001736111	0.08275463
	PULPERIA	3	0.001736111	
	IGLESIA	130	0.075231481	
	PULPERIA	3	0.001736111	
	CARNICERIA	4	0.002314815	

Tabla 27. Dotaciones de Consumos Institucionales de la Comunidad de Tegucigalpita.



## 4.2.2 Escenario 2.

En este escenario vamos a analizar el estado y funcionamiento del sistema de agua potable la comunidad de Tegucigalpa, considerando un incremento de población futura y también la implantación de las 4 industrias de lavado de la Coca Cola de Honduras el cual estará ubicada en cierta zona la comunidad de Tegucigalpa, analizaremos y veremos los problemas que presentan con el incremento de la población y las fabricas para así ver si generara algún problema o si hay incremento de mayores consumos y si existe trataremos de mejorar y lograr un mejor abastecimiento de agua para toda comunidad incluyendo las zonas futuras y las industrias de lavado y para solucionar todos sus problemas que puedan presentar durante su desarrollo y para un futuro.

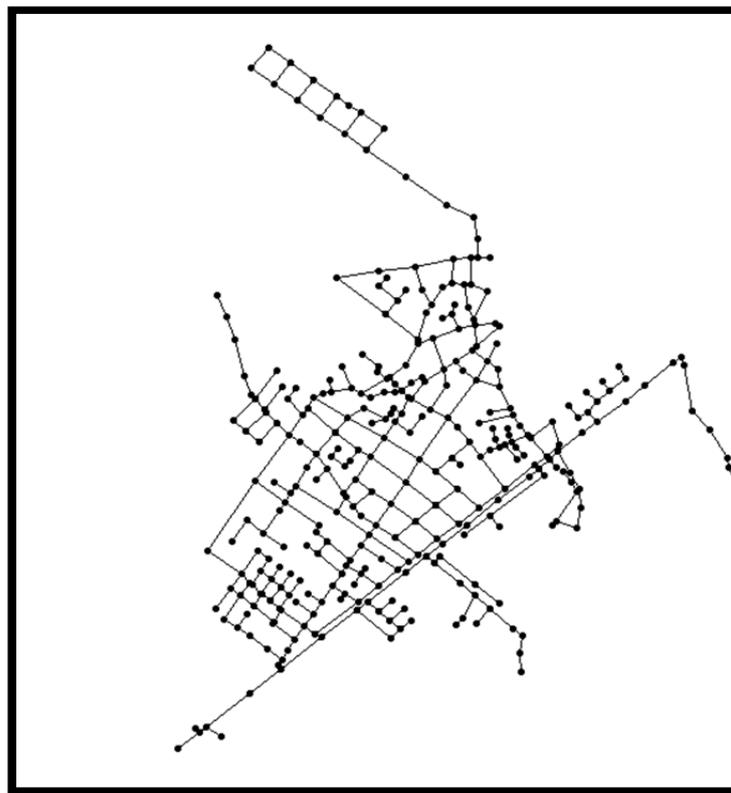


Figura 19. Diseño Futuro de la comunidad de Tegucigalpa con sus zonas futuras y las 4 plantas de lavado de la Coca Cola. (EPANET)

Para este escenario de la comunidad de Tegucigalpa, se tendrá unos consumos domésticos futuros incluyendo los actuales, así como comerciales e institucionales, y también tendremos unos consumos industriales de las plantas de lavado, en los cuales se incluirá un porcentaje de fugas del 20% para poder cumplir la demanda que se ocupa en cada sector de la comunidad y para las demandas futuras que se nos presenten en la comunidad. A continuación mostraremos las zonas de expansión futura, y los nuevos consumos domésticos futuros e industriales en las siguientes tablas los cuales nos

detallaran la cantidad requerida que ocupara la zona futura y las plantas industriales. De este modo podremos estimar la cantidad de agua que ocuparemos para cumplir con la demanda requerida.

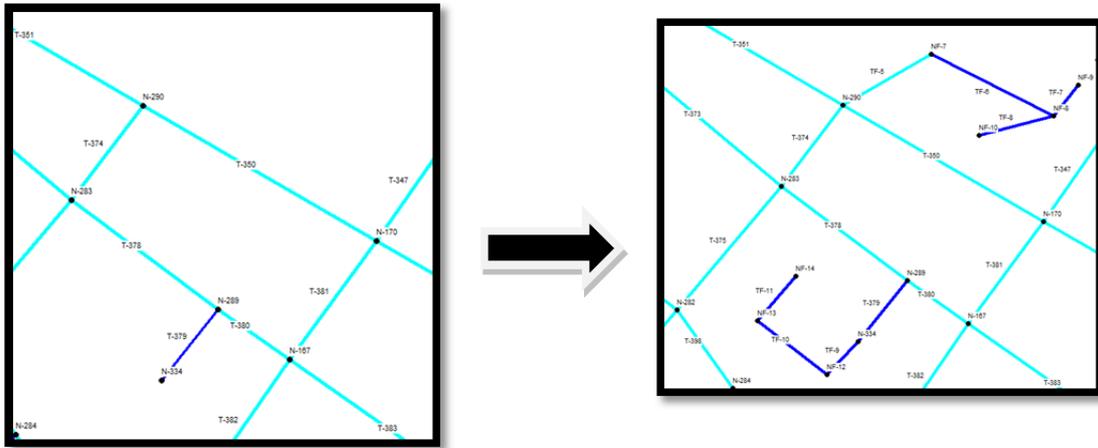


Figura 20. Zonas Futuras de la Comunidad de Tegucigalpa. (EPANET)

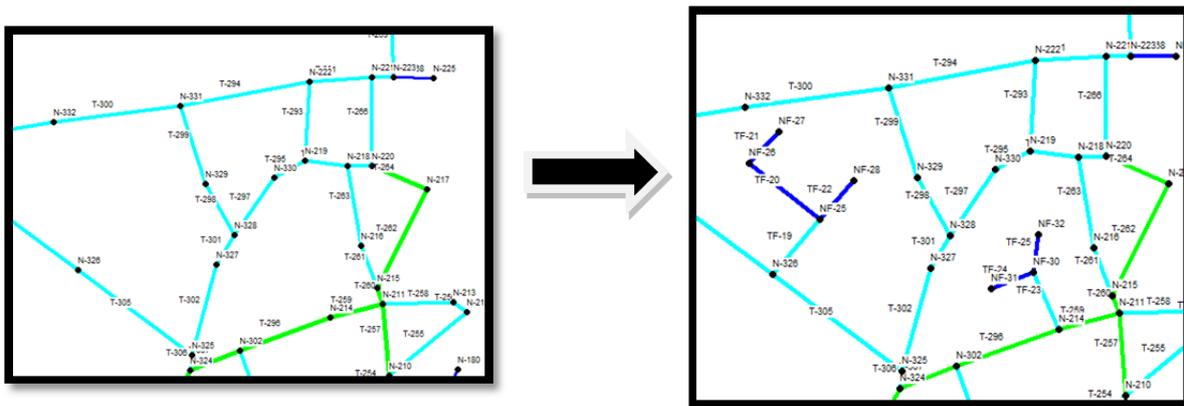


Figura 21. Zonas Futuras de la Comunidad de Tegucigalpa. (EPANET)

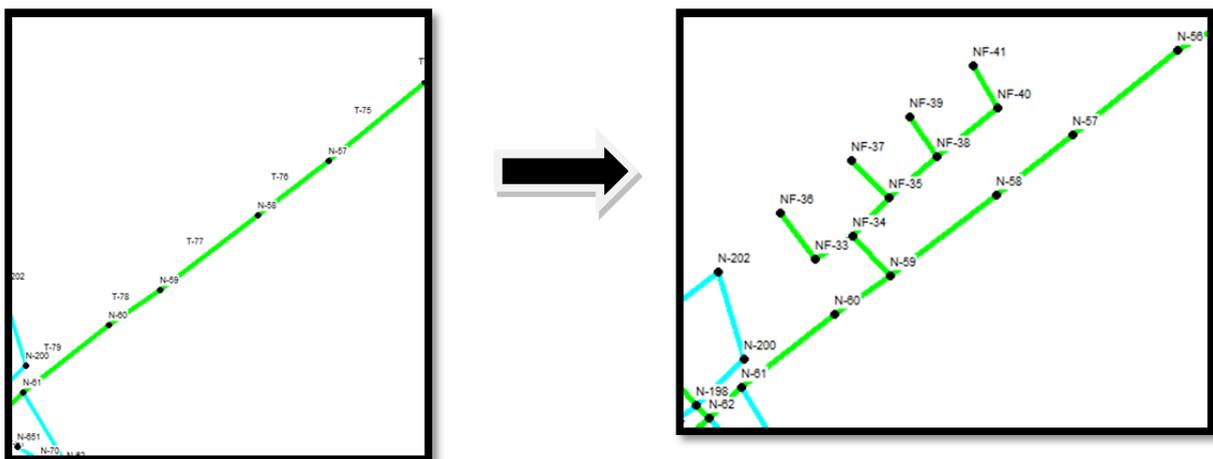


Figura 22. Ubicación de las plantas de lavado de la Coca Cola. (EPANET)

Consumos Domésticos Futuros y Consumos Industriales:

Zona Expasion Futura	# de Casas Promedios Futuras	# de Personas Promedios Futuras	Consumo Poblacion Futura y Zona Industrial	Caudal de Fugas (20%)	Consumo Total Poblacion Futura y Zona Industrial
1	20	4.5	0.1875	0.038	0.2250
2	16	4.5	0.1500	0.030	0.1800
3	34	4.5	0.3188	0.064	0.3825
4	5	4.5	0.0469	0.009	0.0563
5	12	4.5	0.1125	0.023	0.1350
6	26	4.5	0.2438	0.049	0.2925
7	11	4.5	0.1031	0.021	0.1238
8	4	600	25.0000	5.000	30.0000

Tabla 28. Dotaciones futuras añadidas de Consumos Domésticos Futuros y Zona Industrial.

En las imágenes anteriores podemos observar donde se ubicará la población (nuevas zonas urbanizadas) y la ubicación de las 4 plantas de lavado previstas, así como su demanda de agua prevista. El diagnóstico que vamos a efectuar se centra en los problemas o el cambio que puede sufrir la población con estos incrementos de la demanda, y en caso de que no sea posible, proponer las medidas para conseguir la capacidad suficiente en la red (cambios en la red de distribución y otros)



Figura 23. Diagnóstico de presiones de la población futura, las 4 plantas de lavado más la población actual de Tegucigalpa. (EPANET)

Lo que podemos comprobar con el incremento de población y las 4 plantas de lavado de la Coca Cola, es que la comunidad experimenta muchos cambios, y una de las principales consecuencias es la falta de presión en casi toda la red, incluyendo las zonas futuras, si bien ciertas zonas logran mantener una presión normal. Esto puede suceder por el incremento de consumo de agua en la red, por las zonas de crecimiento del consumo doméstico y el industrial, como lo es en el caso de las industrias de lavado ya que ocuparan un buen porcentaje del volumen de agua.

Un problema añadido puede ser la falta de abastecimiento de agua en la situación futura porque el tanque de abastecimiento no cuenta con la suficiente capacidad de manejar la demanda de agua que requieren la comunidad y las plantas de lavado.

A pesar del incremento de la población futura y la presencia de las 4 plantas de lavado, continuamos teniendo presiones altas, lo que nos indica que se puede generar algunos problemas de rotura y fallos en las tuberías. El problema está causado por la altura del tanque de abastecimiento, muy superior a la necesaria, pues cuenta con mucho desnivel respecto de la red de distribución.



Figura 24. Problemas de roturas de tubería por exceso de presión en la comunidad de Tegucigalpa.

# Soluciones a la Red de la Comunidad Tegucigalpita.

## 5.1 Soluciones

### 5.1.1 Escenario 1.

En el primer escenario, para mejorar los problemas que nos presenta la comunidad de Tegucigalpita, es fundamental controlar las presiones altas para prevenir los daños, fallos y roturas que se están generando en la actualidad sobre la red de agua, y lo podríamos solucionar utilizando controladores de presión sobre la red o directamente con una cámara de rotura de carga a la salida del depósito actual.

Posiblemente, al reducir la presión de alimentación, puede que en algunos casos se experimente una menor presión en horas punta, y en el caso de ser insuficiente, tal vez sea necesario sustituir tuberías para reducir las pérdidas.

En el caso de tener que sustituir algún tramo de tubería se intentará emplear el mismo material, aunque sea necesario un diámetro más grande para poder controlar los consumos mayores que podamos tener durante su desarrollo.

Otra medida que hay que adoptar es la implantación de micro-medición, tanto a efectos de una mejor gestión económica del sistema, para que pague más quien más consume, como para controlar los consumos en el sistema y poder evaluar adecuadamente las necesidades, así como para estimar las fugas en el sistema.

También resulta necesario implantar algunos puntos de medida de la presión, distribuidos por el sistema, para poder diagnosticar situaciones problemáticas.

### 5.1.2 Escenario 2.

En el segundo escenario, con un incremento de la población, más la actividad de las 4 plantas de lavado de la Coca Cola que tendremos sobre la comunidad de Tegucigalpita, va a resultar necesario ampliar la capacidad del depósito de agua con una capacidad de 500,000 galones (según el plan de la empresa SANAA), que cubriría las necesidades de regulación con los nuevos consumos y dotaría de una reserva adicional de seguridad.

Este objetivo es compatible con el Escenario 1, en el sentido de que podemos ubicar un nuevo depósito con una menor cota, reduciendo así los problemas provocados por las elevadas presiones de alimentación. El nuevo depósito actuaría como punto de alimentación principal y además, como elemento de

rotura de carga, conectado al depósito antiguo aguas arriba. El depósito antiguo actuaría como volumen de reserva de agua.

Con la ubicación de un segundo depósito ayudara a tener un mejor control de regulación, porque estará ubicado próximo a la ciudad, y con este nuevo tanque tendremos un mejor control sobre la regulación de las presiones y del consumo en la red ya que nuestro primer deposito ahora nos servirá de reserva adicional.

También es necesario tener en cuenta las nuevas zonas urbanizadas y las nuevas tuberías necesarias para abastecer a la población futura, y sobre todo, las nuevas tuberías en la zona industrial. Dado que el consumo de la nueva zona industrial supone un gran incremento de las necesidades de agua, se ha optado por plantear la instalación de una línea de alimentación independiente desde el nuevo depósito. De este modo, las fluctuaciones de consumo o los problemas asociados al abastecimiento de las plantas queda independizado del abastecimiento a la ciudad, lo que seguramente nos permitirá aprovechar la mayor parte del sistema de tuberías actualmente en servicio, aunque habrá que diseñar la línea de alimentación para las plantas y las tuberías de distribución en la zona industrial.



Figura 25. Solución planteada para la población futura, las 4 plantas de lavado de la comunidad actual de Tegucigalpa. (EPANET)

Una vez planteadas las posibles soluciones que podremos desarrollar sobre la red, se pretende diseñar el sistema de nuevas tuberías e introducir los cambios en las tuberías existentes para garantizar que el sistema sea capaz de mantener la presión adecuada con cualquier demanda de carga a la que sea sometido. Al mismo tiempo, debemos tener en cuenta la satisfacción de cada una de las necesidades de demanda se realice de forma eficiente y asequible para el desarrollo y crecimiento de la comunidad.

Para que el papel del nuevo depósito sea efectivo en su papel de cubrir los consumos de la comunidad dentro de unos márgenes de presión adecuados, hay que diseñar adecuadamente la conexión entre depósito nuevo (aguas abajo) y el antiguo (aguas arriba) de forma que el sistema sea capaz de trabajar de manera cíclica, en ciclos de llenado y vaciado sostenidos, de modo que el depósito nuevo (principal) no quede vacío en ningún momento. Este será el principal objetivo para diseñar las conducciones que conectan ambos depósitos, y también puede ser necesario rediseñar algunas de las conducciones de traída de agua desde el río hasta el depósito antiguo.

## **5.2 Análisis del comportamiento del depósito actual y el depósito futuro.**

Para ver la solución que estamos planteando de colocar un nuevo depósito para que sirva de regulación y trabajando con el depósito actual como depósito de almacenamiento para mejorar la distribución de los consumos o demandas en la comunidad haremos varias pruebas sobre el sistema el cual serán cambios en la tubería futura que tendremos entre los depósitos Actual y el depósito Futuro para ver el funcionamiento y comportamiento que tendrá las depósitos, para analizar esta situación tendremos un nudo consumo de 36.78 l/seg y veremos cómo se comportan durante una semana los dos depósitos y haremos ciertas pruebas sobre una longitud de 318.92 m cambiando ciertos diámetros ya sean de 75, 100, 150, 200, 250 y 300 mm para saber si con estos cambios nuestros depósitos trabajaran de manera cíclica y si al momento de analizar esta situaciones vemos que no hay buenos resultados trabajaremos con la tubería que se encuentra en la Línea de Conducción del embalse al depósito Actual.

### 5.2.1 Escenario 1.

Trabajando con un diámetro de 75 mm con una longitud de 318.92 m entre los dos depósitos y viendo cómo trabajan durante una semana tenemos el siguiente resultado de los dos depósitos:

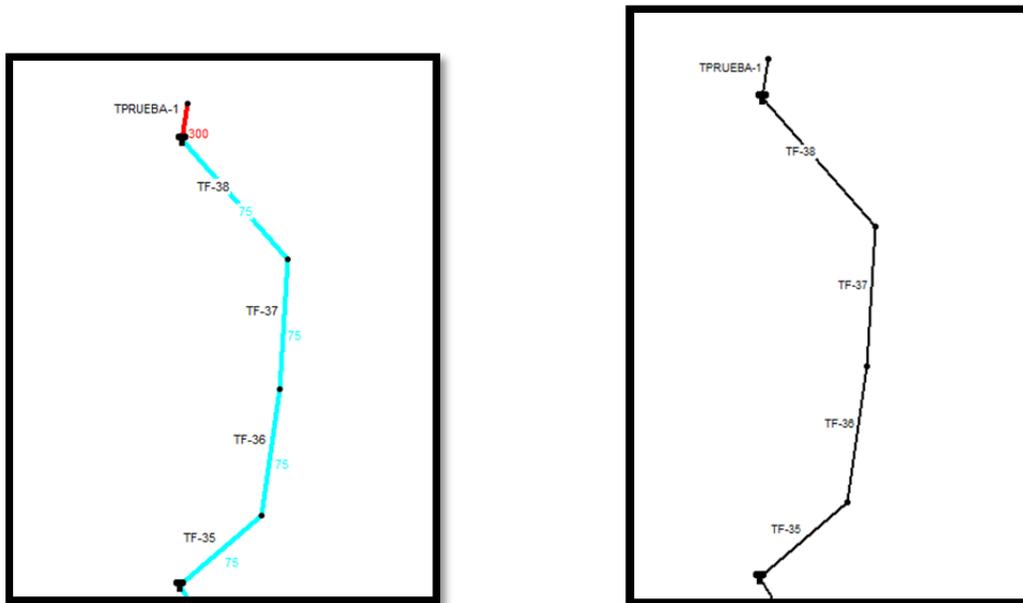


Figura 27. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

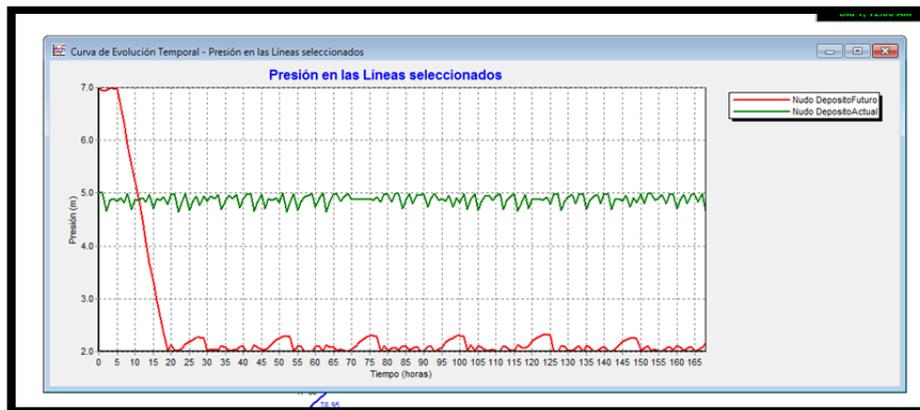


Figura 26. Posible Funcionamiento de los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

Lo que observamos es que el depósito futuro trabaja lleno hasta cierta hora de la mañana y luego cae sobre el nivel mínimo, y no logra llenarse durante el resto de la semana, mientras que el depósito actual mantiene una forma cíclica y siempre se mantiene lleno toda la semana con variaciones mínimas de nivel.

### 5.2.2 Escenario 2.

Trabajando con un diámetro de 100 mm sobre la longitud de 318.92 m entre los dos depósitos y viendo cómo trabajan durante una semana tenemos el siguiente resultado de los dos depósitos:

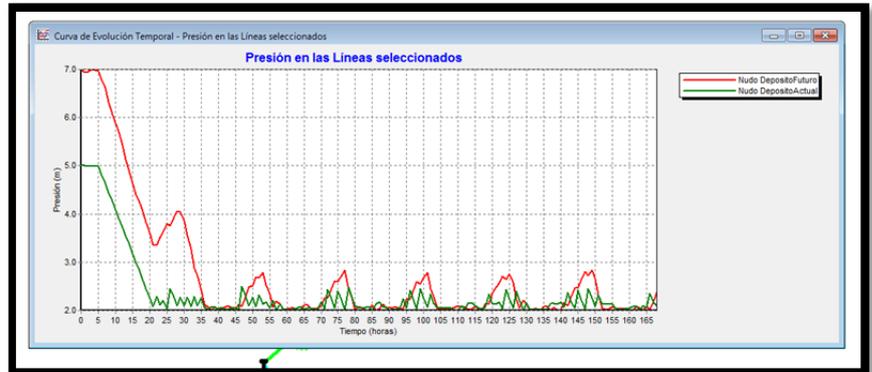
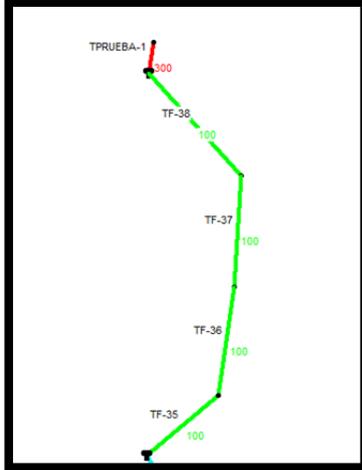


Figura 28. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

Trabajando con un diámetro de 150 mm sobre la longitud de 318.92 m entre los dos depósitos y viendo cómo trabajan durante una semana tenemos el siguiente resultado de los dos depósitos:

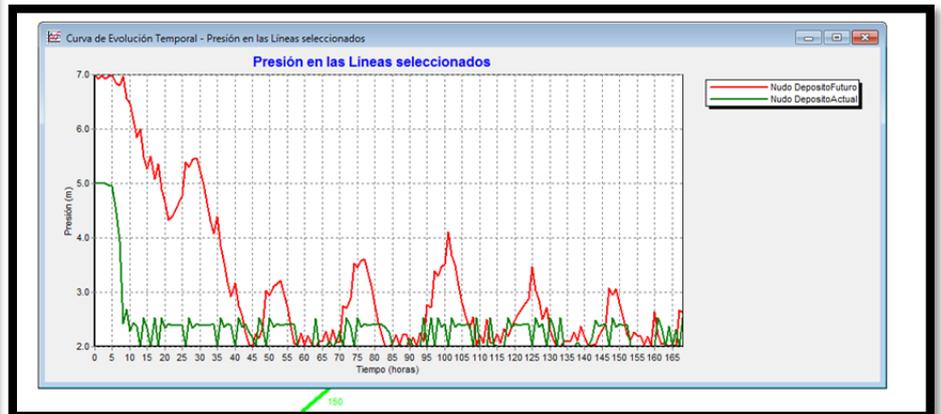
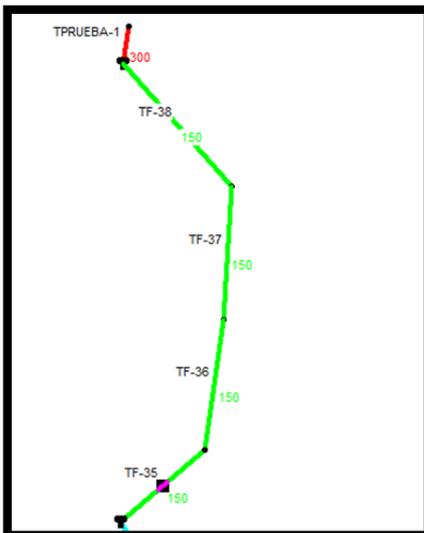


Figura 29. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

Lo que vemos en la gráfica de los depósitos es que el depósito futuro está trabajando lleno durante ciertas horas del día y luego cae el nivel, volviendo a llenarse un poco en varias ocasiones, pero con niveles moderadamente bajos. Al depósito Actual algo similar, pues está lleno al principio, si bien después se

vacía y esporádicamente aumenta un poco de nivel, siempre cerca del mínimo, lo que implica que pierde su papel de depósito de reserva.

### 5.2.3 Escenario 3.

Trabajando con un diámetro de 200 mm sobre la longitud de 318.92 m entre los dos depósitos y viendo cómo trabajan durante una semana tenemos el siguiente resultado de los dos depósitos:

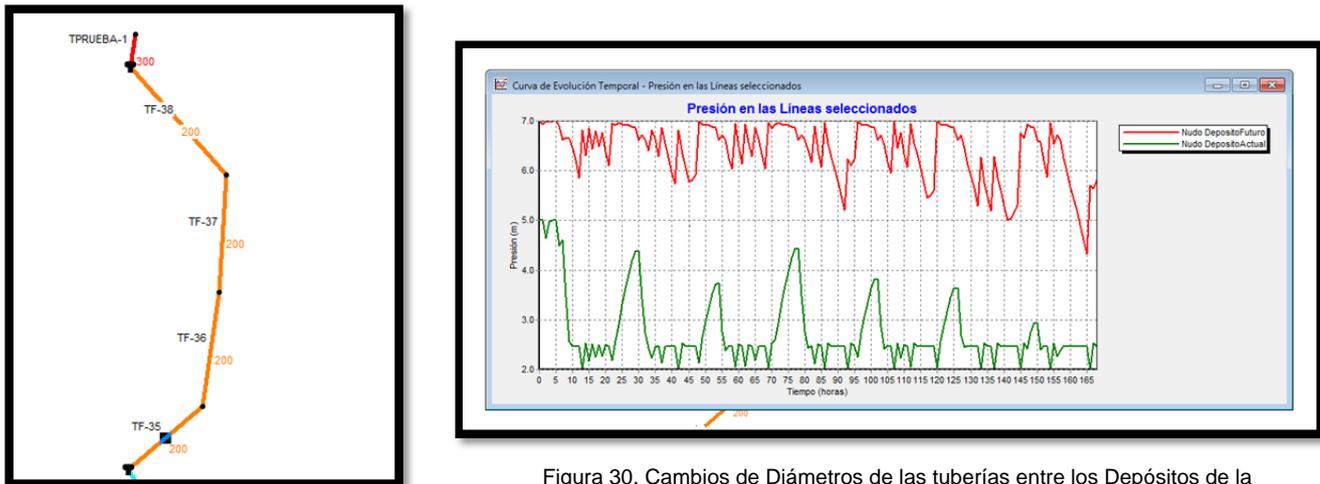


Figura 30. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

Con el cambio de este diámetro lo que vemos en el depósito futuro es que siempre se mantiene en su nivel máximo y logra vaciarse parcialmente pero no llega nunca al nivel mínimo, siempre manteniéndose en el nivel requerido, mientras que el depósito actual empieza lleno pero finalmente se vacía y se logra llenar parcialmente de forma cíclica, pero en ciertas horas de la semana se mantiene en el nivel mínimo, lo que significa que no recupera buena parte del agua que ha derivado al depósito nuevo, pudiendo llegar un momento en el que se encuentre vacío (pierde la capacidad de almacenamiento).

### 5.2.4 Escenario 4.

Trabajando con un diámetro de 250 mm sobre la longitud de 318.92 m entre los dos depósitos y viendo cómo trabajan durante una semana tenemos el siguiente resultado de los dos depósitos:

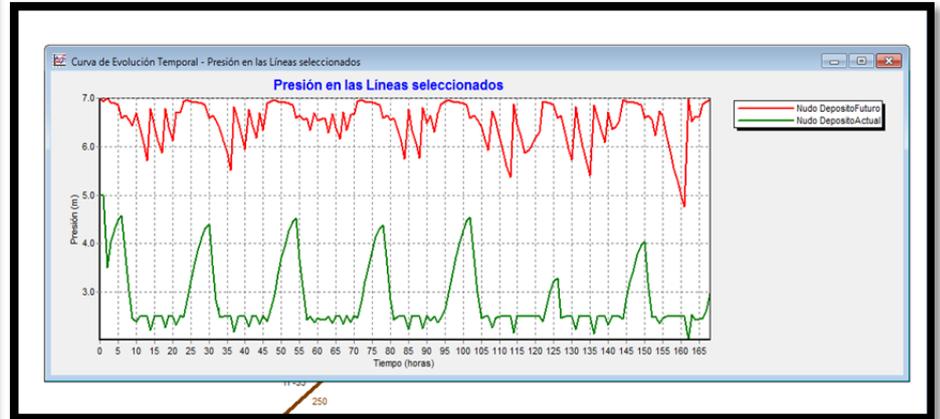
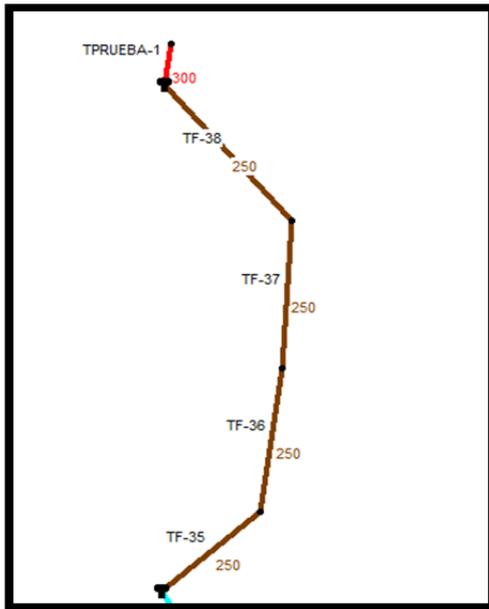


Figura 31. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

Sucede lo mismo que el caso anterior: lo que vemos en el depósito futuro es que siempre se mantiene en su nivel máximo logra vaciarse pero no llega nunca al nivel mínimo siempre logra mantenerse en el nivel óptimo, mientras que el depósito actual empieza lleno pero logra vaciarse y se logra llenar pero en ciertas horas de la semana se mantiene en el nivel mínimo esto quiere decir que inyecta el agua que ocupa el depósito futuro para mantenerse en sus niveles pero este depósito no recupera esa agua ya que mayor parte del tiempo pasa siempre en su nivel mínimo y esto generar problemas porque nunca vamos a tener un lleno estable.

### 5.2.5 Escenario 5.

Trabajando con un diámetro de 300 mm sobre la longitud de 318.92 m entre los dos depósitos y viendo cómo trabajan durante una semana tenemos el siguiente resultado de los dos depósitos:

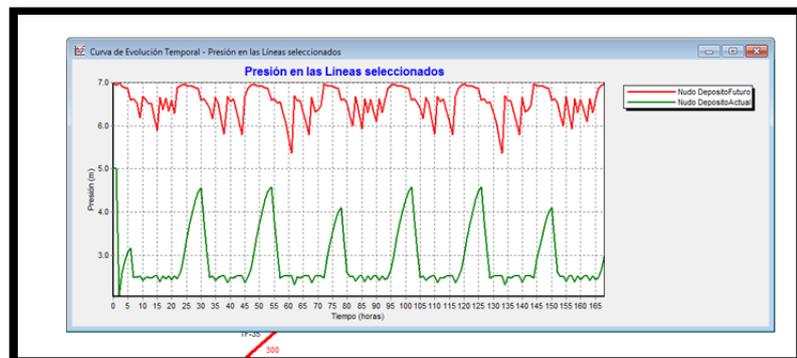
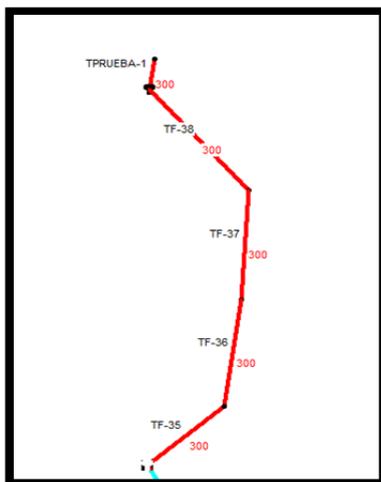


Figura 32. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

Sucede lo mismo que el caso anterior lo que vemos en el depósito futuro es que siempre se mantiene en su nivel máximo logra vaciarse pero no llega nunca al nivel mínimo siempre se mantiene en los niveles de llenado, mientras que el depósito actual empieza lleno pero logra vaciarse y se logra llenar pero en ciertas horas de la semana se mantiene en el nivel mínimo esto quiere decir que inyecta el agua que ocupa el depósito futuro para mantenerse en sus niveles pero este depósito no recupera esa agua ya que mayor parte del tiempo pasa siempre en su nivel mínimo y esto generar problemas porque nunca vamos a tener un lleno estable en este depósito siempre variara durante el tiempo y llegara a un punto que quedara vacío.

En conclusión con este primer proceso lo que podemos observar es que no logramos mantener una variación cíclica en los depósitos, siempre tendremos variaciones que nos mantienen en el nivel máximo aunque en ciertos escenario no logramos mantener ese nivel, mientras que en otros escenarios los depósitos trabajan de una manera mínima esto nos indica que no están recibiendo el suficiente caudal para lograr equilibrar sus niveles y esto en cierto tiempo puede lograr fallar y nos generar problemas al momento de querer demandar el agua adecuada a la población actual, futura y las industrias que tendremos en la comunidad de Tegucigalpa. Por ello cabe plantearse realizar cambios en la tubería de aducción que viene desde el punto de toma en el río hasta el depósito actual, al objeto de garantizar el mantenimiento de un nivel de reserva.

### **5.3 Análisis y cambio de la tubería que viene de la línea de conducción y respuesta del comportamiento de los depósitos.**

Vamos a estudiar el cambio de algunos tramos de tubería para comprobar si es posible equilibrar los depósitos para que puedan tener una variación cíclica de volumen y así podremos tener una buena regulación y una buena capacidad de almacenamiento.

El tramo de tubería que estudiaremos es de la línea de conducción, el cual tiene una longitud de 2178.32 m con un diámetro de 100 mm, comenzando en el nodo N-10A y terminando en el depósito actual, siendo el último tramo de tubería de diámetro 75 mm con una longitud de 145.40 m. Tomando la referencia de este último tramo previo al depósito actual, simularemos inicialmente el tramo de 318.92 m entre los dos depósitos (actual y nuevo) con un diámetro de 75 mm, para posteriormente ir modificando dicho diámetro, si fuese necesario para garantizar su adecuada funcionalidad.

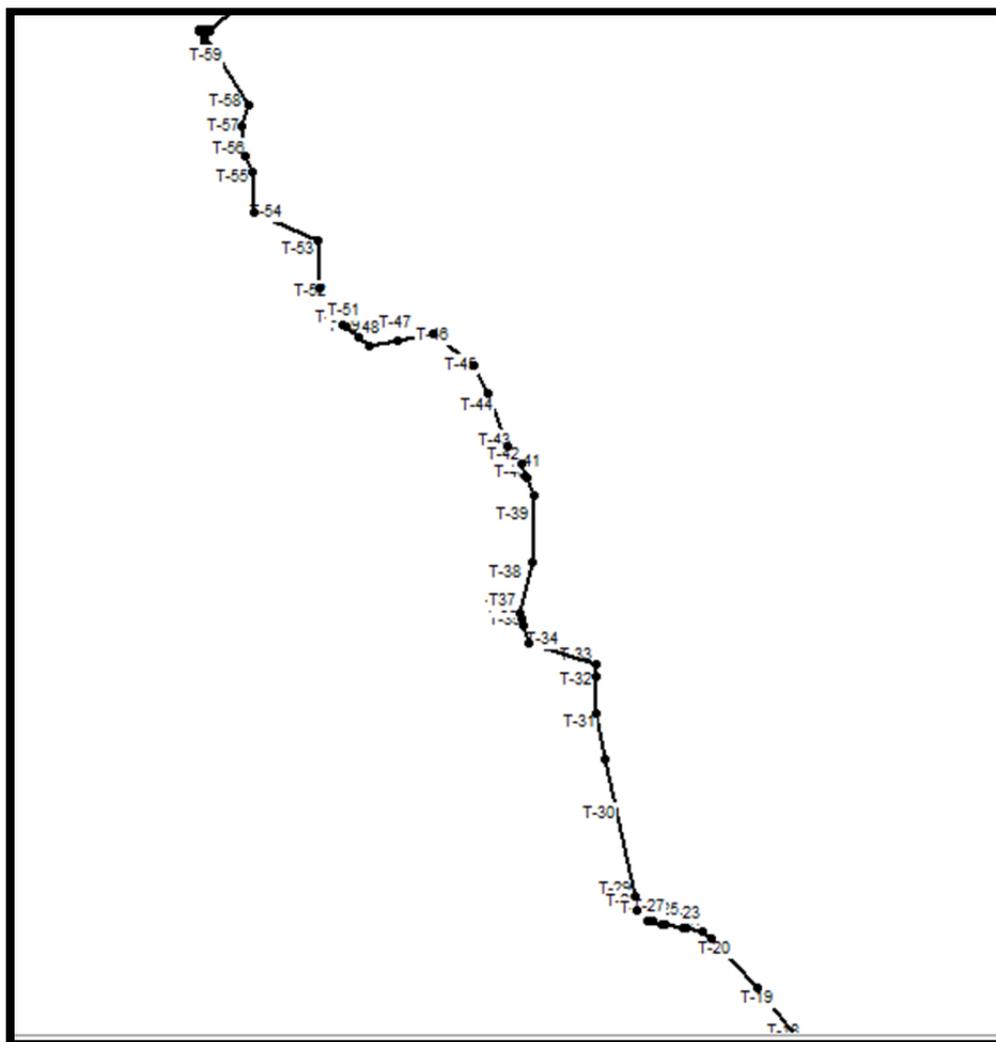


Figura 33. Cambios de Diámetros de las tuberías de la Línea de Conducción de la Comunidad de Tegucigalpa.

### 5.3.1 Escenario 1.

Este análisis que realizaremos comienza en el nodo N-10A y termina en el nodo N-22B. En este tramo de tubería realizaremos un cambio de tubería de 100 mm a 150 mm, para un tramo de longitud de 1868.22 m, manteniendo los 145.40 m de diámetro de 75 mm que está situado justo antes del depósito actual. La tubería que está entre ambos depósitos mantendrá un diámetro de 75 mm con una longitud de 318.92 m.

En la siguiente gráfica de la simulación realizada observamos que con los cambios en la línea de conducción, el depósito futuro comienza lleno durante las primeras horas del primer día y luego cae sobre el nivel mínimo durante toda la semana, y no logra llenarse, mientras que el depósito actual se mantiene estable y lleno siempre durante toda la semana, aunque no está inyectando caudal al depósito futuro. Esto representa un problema, puesto que no estamos alimentando adecuadamente los caudales requeridos.

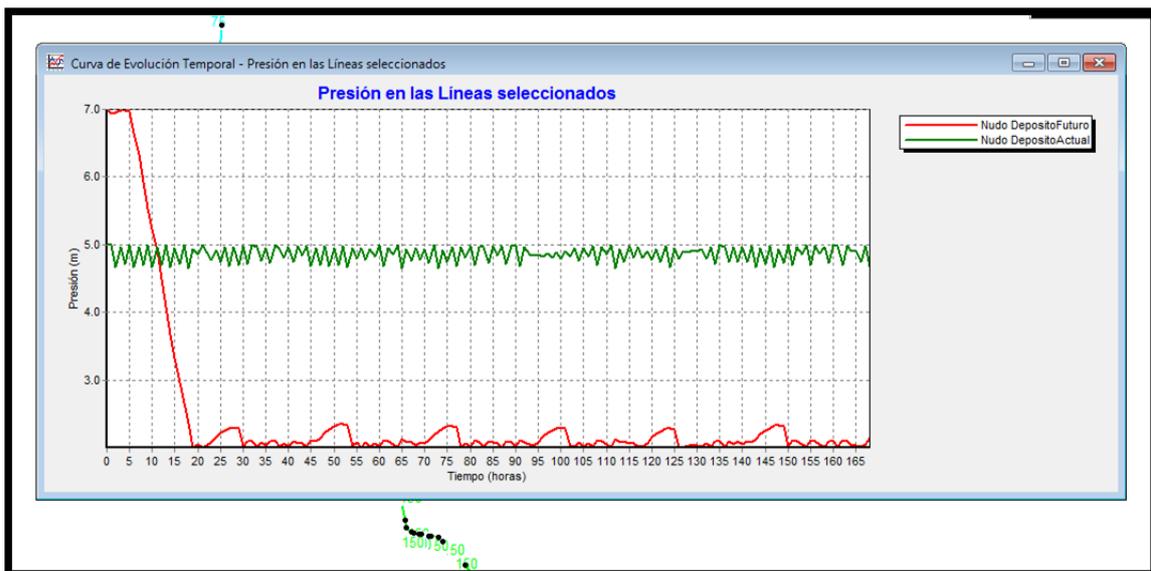
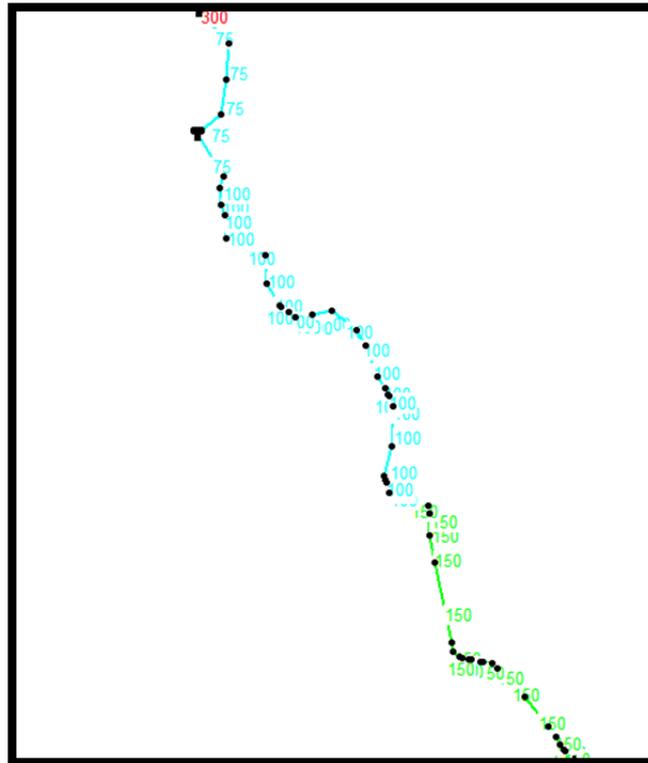


Figura 34. Cambios de Diámetros de las tuberías de la Línea de Conducción de la Comunidad de Tegucigalpa.

### 5.3.2 Escenario 2.

Este análisis comienza en el nodo N-22B y termina en el nodo N-40. En este tramo de tubería realizaremos un cambio de tubería de 100 mm a 150 mm, con una longitud de 1564.67, manteniendo el cambio de diámetro de 150 mm de los 1868.22 m que realizamos en el análisis anterior. Asimismo se mantendrá el diámetro de 75 mm en el tramo de 145.40 m previo al depósito actual y la tubería entre ambos depósitos, con un diámetros de 75 mm con una longitud de 318.92 m.

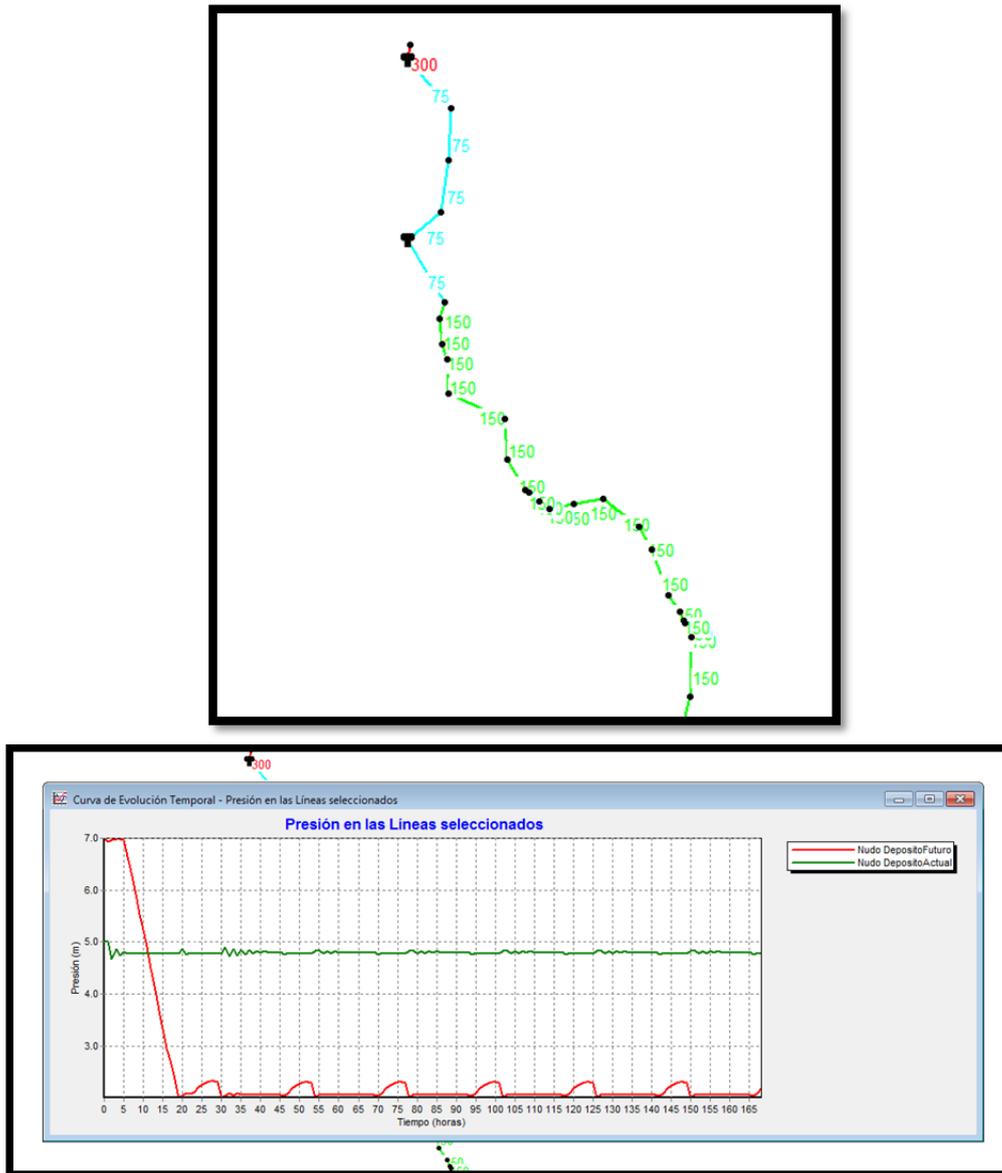


Figura 35. Cambios de Diámetros de las tuberías de la Línea de Conducción de la Comunidad de Tegucigalpa.

Podemos comprobar que seguimos con el mismo patrón de comportamiento que en el caso anterior, pues el depósito futuro empieza lleno durante las primeras horas del primer día luego cae sobre el nivel mínimo durante toda la

semana y no logra llenarse mientras que el depósito actual se mantiene estable y lleno siempre durante toda la semana aunque no le está inyectando caudal al depósito futuro, con lo que, de nuevo, tendremos dificultades para aportar los caudales necesarios en la red.

Los resultados nos muestran claramente que las tuberías de diámetro 75 mm que se encuentra antes del depósito actual, y entre los dos depósitos está actuando como un “cuello de botella” en la modulación del nivel del depósito actual, de modo que la siguiente prueba consistirá en aumentar dichos diámetros para comprobar su influencia en la regulación del sistema.

### 5.3.3 Escenario 3.

En nuestro primer análisis cambiaremos la longitud de 145.40 m de diámetro de 75 mm a 150 mm y el tramo entre los dos depósitos que es de 318.92 lo dejaremos con su diámetro de 75 mm.

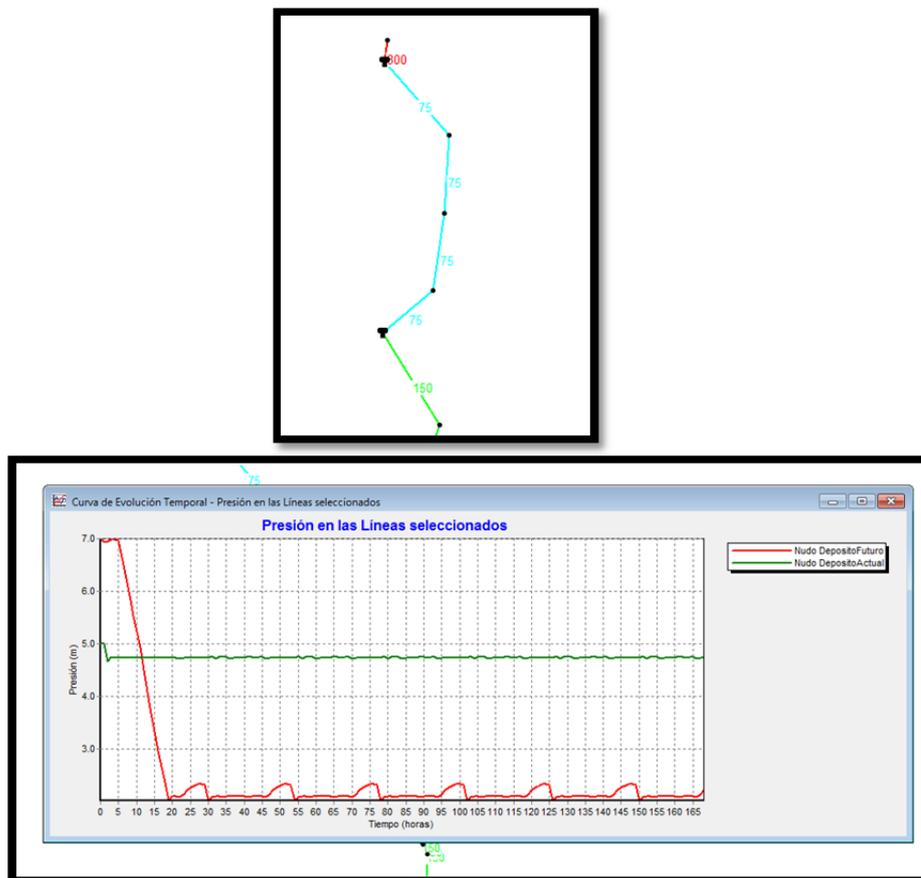


Figura 36. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

Podemos comprobar que el comportamiento del depósito futuro sigue el mismo patrón que en los casos anteriores (vaciado temprano), por lo que sigue sin trabajar de manera correcta. El depósito actual apenas experimenta variaciones de nivel.

Este resultado nos muestra la insuficiencia de la tubería de diámetro de 75 mm que se encuentra entre ambos depósitos, por lo que vamos a modificarla con un diámetro de 100 mm para ver cómo actúan sobre los depósitos y lograr mantener una variación cíclica entre ambos.

### 5.3.4 Escenario 4.

En este análisis lo que haremos es cambiar toda la tubería de 75 mm a 100 mm el cual equivale a una longitud de 318.92 m que se encuentra entre los dos depósitos y así veremos cómo se comportan y trabajan los dos depósitos.

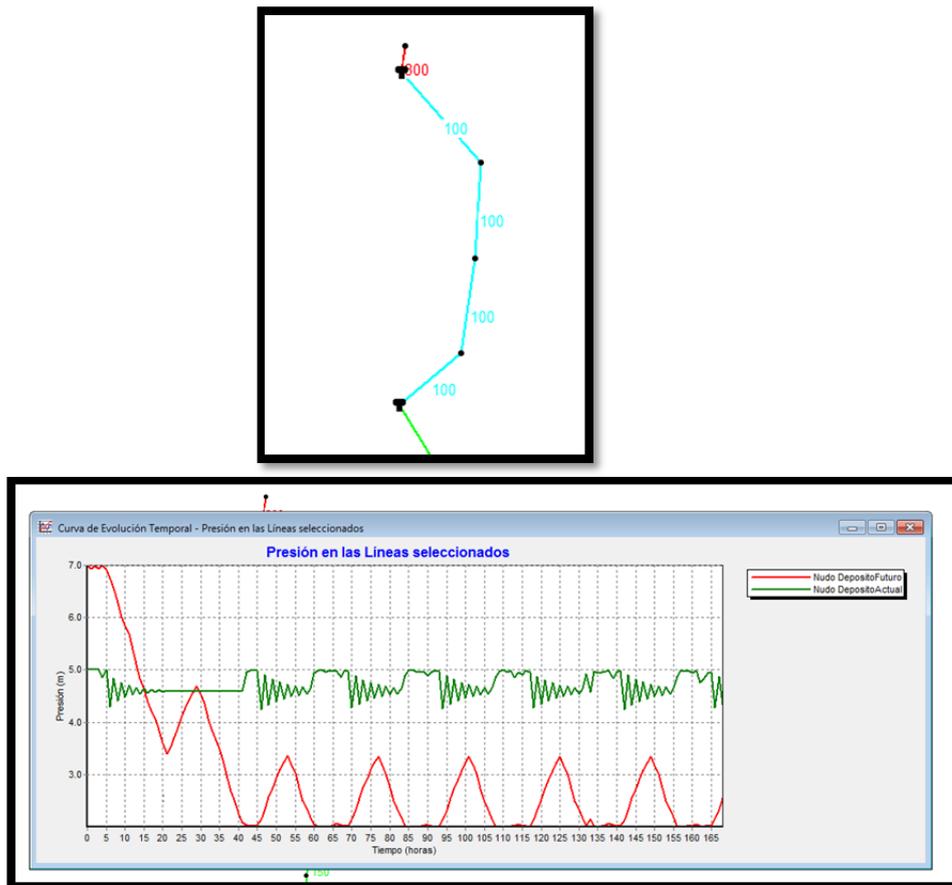


Figura 37. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

Con el último cambio realizado, comprobamos que el depósito actual experimenta ligeras oscilaciones de nivel, si bien mantiene una gran parte de su volumen de reserva, mientras que el depósito futuro se vacía igualmente pero tarda más tiempo (algo más de 40 horas), por lo que concluimos que la actuación de aumentar el diámetro de la tubería entre ambos depósitos ha tenido el efecto esperado, aunque no en la suficiente medida.

### 5.3.5 Escenario 5.

En este análisis aumentaremos el diámetro de tubería que se encuentre entre los dos depósitos de 100 mm a 150 mm, en un primer tramo de longitud de 78.95 m y así veremos cómo se comportan los dos depósitos.

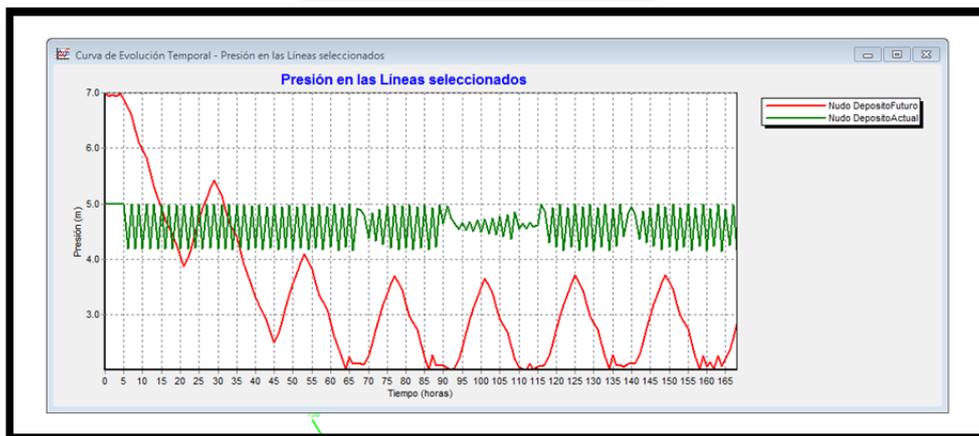
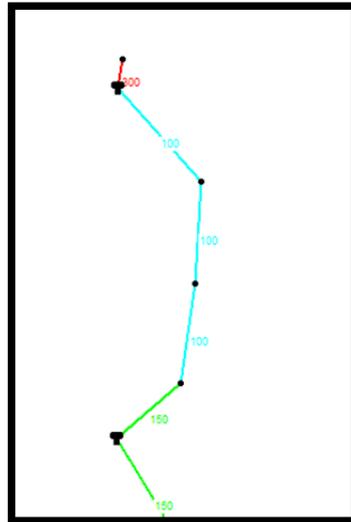


Figura 38. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

De nuevo observamos que el deposito futuro empieza lleno a las primeras horas y no se vacía hasta pasadas 64 horas, teniendo posteriormente ciclos de llenado y vaciado muy leves sobre el nivel mínimo.

El deposito actual logra mantenerse lleno durante toda la semana, con oscilaciones de nivel de aprox. 1m, manteniendo una buena capacidad de reserva

### 5.3.6 Escenario 6.

En este caso, aumentaremos el diámetro de tubería que se encuentre entre los dos depósitos de 100 mm a 150 mm, en el siguiente tramo, de longitud de 174.42 m y así veremos cómo se comportan y trabajan los dos depósitos.

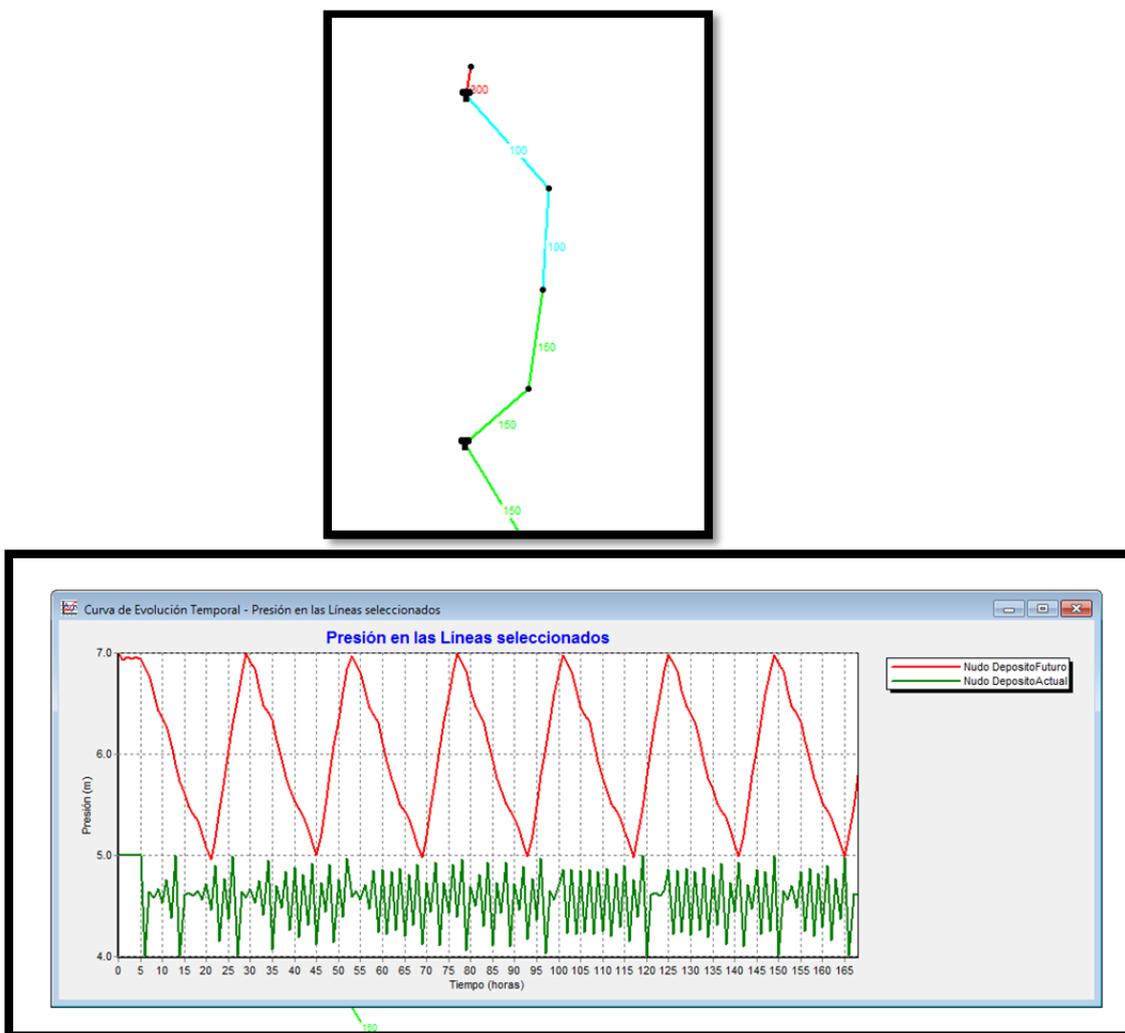


Figura 39. Cambios de Diámetros de las tuberías entre los Depósitos de la Comunidad de Tegucigalpa.

Con este último cambio podemos comprobar que finalmente hemos logrado encontrar un comportamiento cíclico entre ambos depósitos, de modo que el depósito futuro comienza lleno y trabaja con ciclos de llenado y vaciado entre los niveles de 5 y 7 m, sin llegar a vaciarse, mientras que el depósito actual registra oscilaciones de nivel entre 4 y 5 m, manteniendo un volumen de reserva adecuado (80 a 100% de su capacidad).

Con los cambios realizados en las tuberías se ha logrado establecer un patrón cíclico de llenado-vaciado, y que trabajen de una manera adecuada ambos depósitos, lo que nos indica que podremos alimentar los consumos de la red la comunidad de Tegucigalpa y las Industrias de lavado de forma adecuada.

Para que pudieran trabajar de una buena manera correcta ambos depósitos y lograr que tuvieran un comportamiento cíclico tuvimos que cambiar una longitud de 2352.74 m de tubería de 100 mm y 75 mm a una tubería de diámetro de 150 mm y también un tramo de tubería de longitud 144.8 m de 75 mm a 100 mm, obteniendo con estos cambios de diámetros una mejoría entre los dos depósitos.

Con esta actuación se ha conseguido que el depósito actual trabaje siempre con un buen almacenamiento de agua, lo que ayudara a asegurar el nivel de los consumos que puedan aparecer en un futuro, y también a garantizar el funcionamiento del sistema ante el posible fallo de la línea de alimentación desde el río. Por otra parte, el depósito futuro trabajará con ciclos de llenado-vaciado en función de las demandas de agua, pero siempre dentro del rango de niveles máximo y mínimo.

Dentro de la comunidad tendremos tres tipos de consumos, a saber, doméstico, comercial e industrial, en los que contabilizamos, además de las dotaciones previstas por el SANAA, un porcentaje de fugas que será entre 15% a 20%. La empresa del SANAA especifica que para la demanda doméstica la dotación será de 180 m<sup>3</sup>/hab/día, teniendo en cuenta que este consumo será para la población actual y para la población de un futuro. Las dotaciones para la demanda comercial se muestran en la tabla correspondiente y para la zona industrial que tendremos se prevé una dotación de 900 m<sup>3</sup>/hab./día para cada una de las plantas y teniendo en cuenta que en cada planta trabajaran 600 personas en dos turnos de 8 horas.

#### **5.4 Estudio de la conducción que viene del depósito futuro a la zona industrial de la Comunidad de Tegucigalpa.**

Como ya se ha comentado en apartados previos, una de las decisiones de proyecto que se ha planteado para mejorar el abastecimiento futuro de la Comunidad de Tegucigalpa es hacer una separación de la distribución del agua desde el depósito futuro, planteando una línea independiente para la zona industrial, directamente desde el depósito y manteniendo (en la medida de lo posible) las conducciones originales de transporte y distribución de agua para la población. Dado que la dotación de la zona industrial supone un incremento significativo de la demanda, se ha pensado en esta medida como una forma de independizar ambos tipos de abastecimiento, aportando una mayor fiabilidad al sistema que en el caso de utilizar una única conducción principal.

El planteamiento consiste en ubicar una tubería para la zona industrial, partiendo del depósito nuevo, tubería que se trazará paralelamente a la línea ya existente, al otro lado de la carretera. Ello permitirá disponer de un mejor

control y derivación para consumos industriales, puesto que representa la demanda más fuerte de agua.

También hay que instalar una tubería de empalme que ira conectada desde el depósito futuro a la red actual, anulando un tramo de 353.21 m que venía del depósito actual a la red actual. Esta anulación se realiza para que el depósito actual ya no tenga la salida de agua a la red actual, sino que trabaje ahora como un depósito de almacenamiento, que estará conectado al depósito futuro, que será ahora nuestro depósito de regulación para toda la comunidad y para la zona industrial.

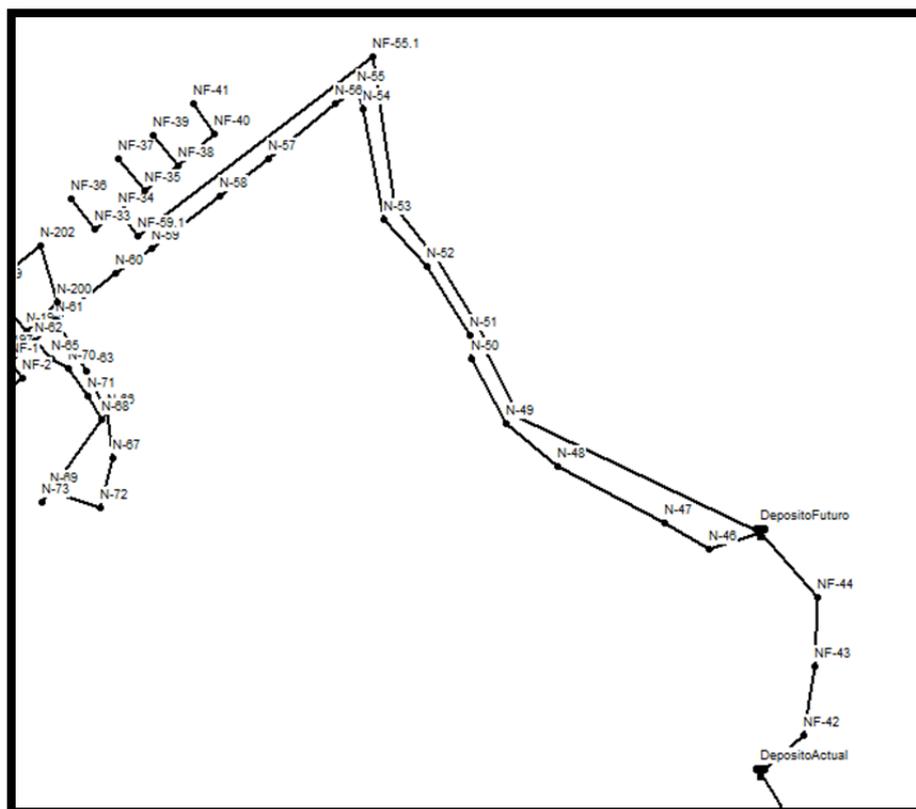


Figura 40. Diseño de la Tubería en Paralelo para Zona Industrial y Tubería de Empalme para Comunidad de Tegucigalpa.

## 5.5 Calculo del diámetro de la tubería de la zona industrial de la Comunidad de Tegucigalpa.

Para este cálculo de diámetro de la zona industrial vamos a analizar cuál es el punto más crítico que tendremos en la zona donde estarán ubicadas las plantas de lavado. Sabiendo cuál será ese punto, procedemos a calcular los diámetros aplicando el Método de la Pendiente Uniforme.

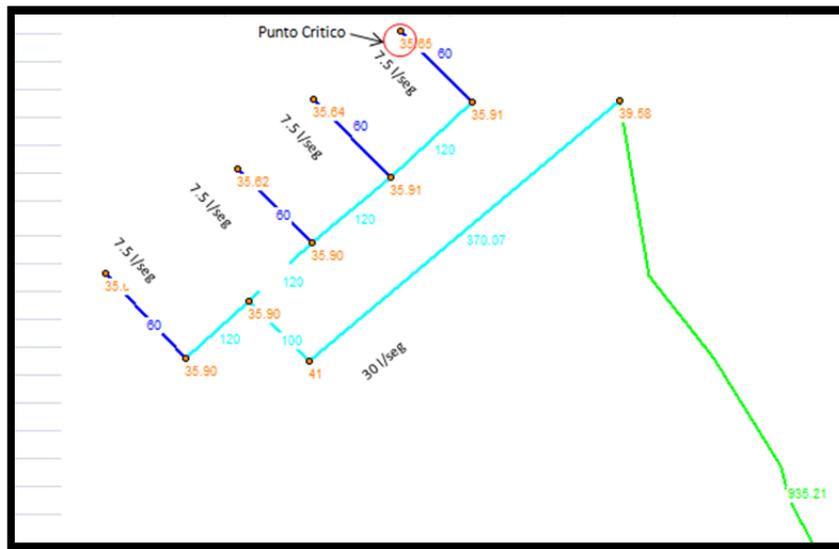


Figura 41. Calculo de la tubería de la Zona Industrial para Comunidad de Tegucigalpa.

Calcularemos la pendiente hidráulica sabiendo la cota del depósito, y también la del punto crítico, junto con el valor de la de la presión mínima y la longitud total desde el depósito al punto crítico, aplicamos la ecuación de la pendiente hidráulica para obtener el resultado que ocupamos:

$$j^* = \frac{Z1 - (Z2 + Pmin)}{\sum LTA\text{PuntoCrítico}}$$

Luego de obtener la pendiente hidráulica, procedemos a encontrar los diámetros adecuados de cada tramo de la Zona Industrial. A partir de los caudales, y conociendo el valor de la pendiente hidráulica de referencia, factor de fricción, podemos obtener el valor del diámetro teórico para cada tramo de tubería:

$$D = \sqrt[5]{\frac{8 \cdot f \cdot Q^2}{\pi \cdot g \cdot j^*}}$$

A continuación presentaremos los resultados obtenidos en el cual aplicamos las ecuaciones mencionadas anteriormente:

Aplicando el Metodo de la Pendiente Uniforme	
Z1 (m)	75
Z2 (m)	35.65
Pmin	30
LT (m)	1825.21
<b>j*</b>	<b>0.005123</b>

Tabla 29. Calculo Pendiente Hidráulica Comunidad Tegucigalpa Zona Industrial.

Calculando el Diametro		
ff	0.02	
g	9.81	
j*	0.005123	
$\pi$	3.141592654	
Q (l/seg)	Diametro	Diametro Nominal
7.5	0.113	100
15	0.149	150
22.5	0.175	200
30	0.196	200

Tabla 30. Calculo de Diámetros de Tuberías para la Zona Industrial Comunidad de Tegucigalpa.

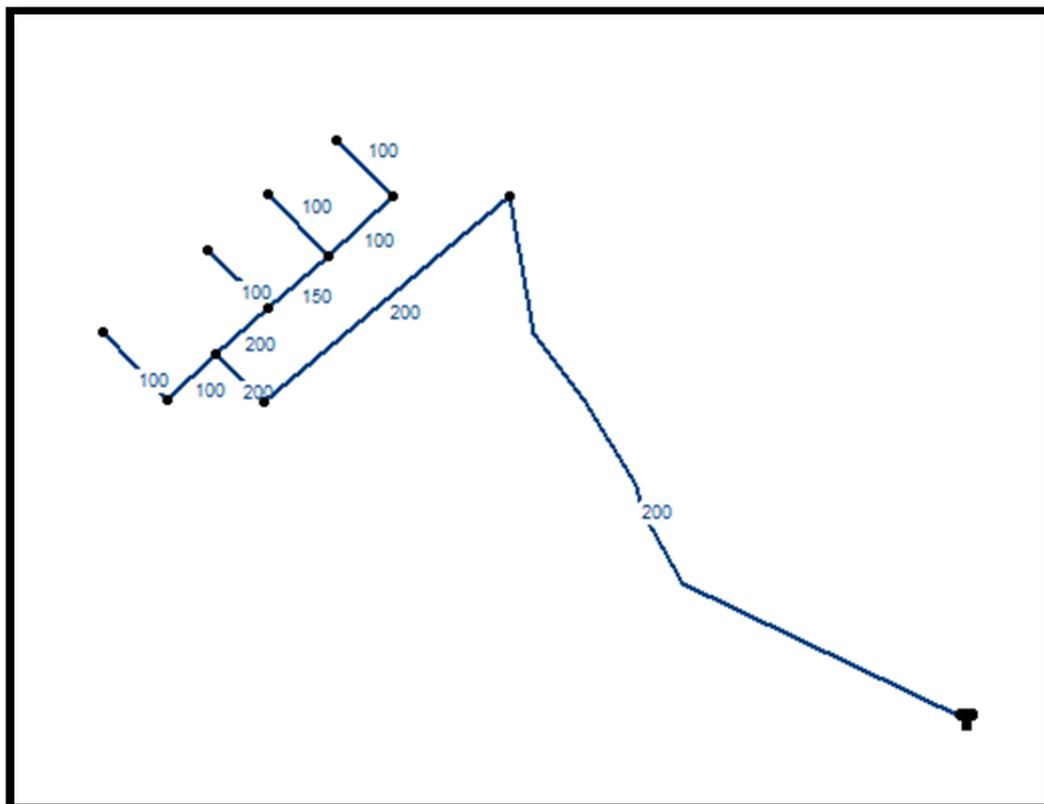


Figura 42. Diseño de la tubería de la Zona Industrial para Comunidad de Tegucigalpa.

## 5.6 Análisis y mejoramiento de la red de distribución de la Comunidad de Tegucigalpa.

Uno de los problemas principales con los que hemos contado desde el inicio es la falta de información técnica sobre la red y su funcionamiento actual, simplemente porque no existe. Este es el motivo por el que es difícil establecer un modelo matemático preciso que sirva de apoyo para el correcto diagnóstico de su funcionamiento y, sobre todo, el papel que juega la red actual (o la parte de ella que se conserve) sobre las mejoras que se pretende introducir.

Cabe recordar que, por ejemplo, solamente se cuenta con un caudalímetro a la salida del depósito actual, por lo que la determinación de las demandas en los nudos de la red se ha realizado de un modo un tanto heurístico, asignando dichas demandas en función de parámetros de población y vivienda, repartiendo ponderadamente los totales registrados en el punto de inyección.

Puesto que tampoco contamos con registros de presiones (no existen manómetros de control en la red), es complicado efectuar una calibración adecuada de los parámetros del modelo.

La revisión del funcionamiento actual de la red nos ha llevado a pensar que las elevadas presiones de funcionamiento revierten de forma notable en las fugas de agua en el sistema, aunque no disponemos de información suficiente para realizar una asignación espacial y temporal de dichas fugas, que presumiblemente existen, dadas las características y funcionamiento del sistema. De algún modo, podemos considerar que las fugas ya están incluidas en el caudal entrante en la red, y que si no adoptamos ningún análisis adicional, estamos asignando las fugas a los nudos de consumo de forma proporcional al consumo real. Esta visión se aleja un tanto de la realidad, por cuanto que las fugas siguen un comportamiento diferente del consumo ordinario, con una fuerte dependencia de la presión, de tal modo que cuanto mayor es la presión en la red (momentos que corresponden a las horas valle de consumo), mayor sería la magnitud de dichas fugas. La forma más sencilla de representar este comportamiento sería asimilando la fuga a un orificio por el que se pierde caudal, en función de la presión.

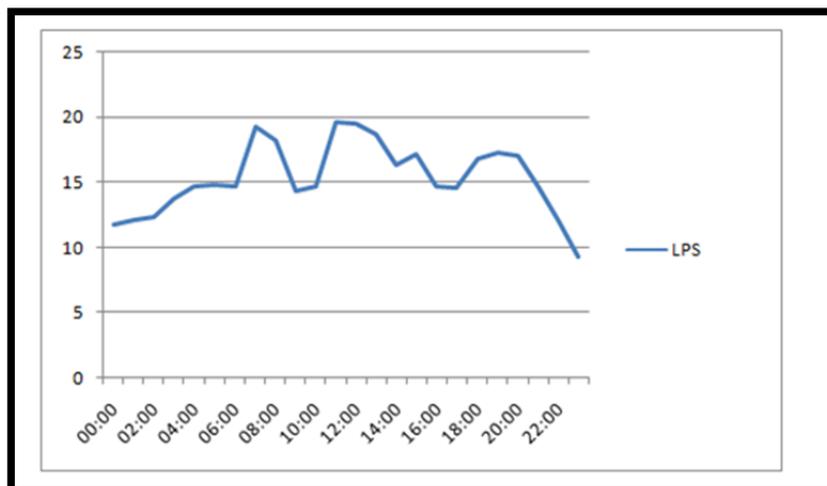
A pesar de la escasa información disponible, es posible realizar un cierto ajuste de posibles fugas imputando en el modelo EPANET la presencia de las posibles fugas como un emisor en los nudos, con un exponente de presión de 0,5 y un coeficiente variable en cada fuga, a determinar en el procedimiento de calibración.

En este punto vamos a realizar una calibración parcial de la red actual, mediante la asignación de un porcentaje de fugas en el sistema. Para ello hemos contado con la inestimable ayuda del investigador Enrique Campbell, del grupo Flulng, quien ha aplicado un procedimiento de optimización sobre el

modelo de la red, ajustando la curva de modulación del consumo y asignando fugas potenciales en los nudos del sistema mediante el modelo simplificado del emisor en EPANET. El resultado obtenido, sin ser un modelo calibrado definitivo, nos proporciona al menos una visión más realista del estado del sistema, y se ajusta un poco mejor al funcionamiento real del mismo por el efecto de las fugas, en mayor medida que si no considerásemos este factor.

El primer paso para este ajuste consiste en asignar un porcentaje de fugas al sistema. Realmente se desconoce este valor, pues los puntos de consumo no cuentan con micro-medidores. Por este motivo, y dado que el sistema actual es relativamente reciente, se optó por utilizar un porcentaje de referencia del 20% de fugas, que sería la cifra establecida en la normativa a efectos de diseño.

Así pues, el primer paso consiste en utilizar la curva de modulación del caudal del punto de alimentación (el único dato real relevante de consumo del que disponemos), que constituye la llamada **curva de caudales de referencia** (ver gráfica 5). Del total del consumo diario se detraerá un 20% del volumen consumido diariamente en concepto de fugas, lo que implica reducir la demanda base en los nudos del sistema con un coeficiente 0,8.



Gráfica 5. Curva de Caudales de Referencia durante 24 horas de la comunidad de Tegucigalpa.

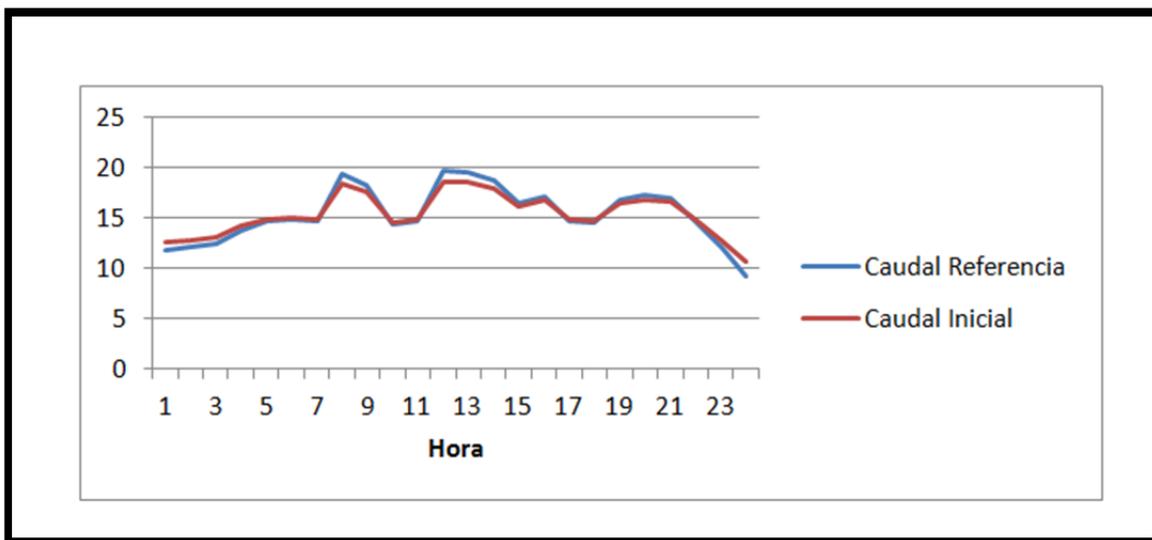
Aunque realmente las fugas pueden aparecer en cualquier punto de la tubería, puesto que desconocemos su ubicación real, finalmente las ubicaremos en los nudos del sistema, incorporándolas como emisores. Por ello es necesario asignar algún tipo de peso de los nudos en relación a las fugas, que lo relacione con las tuberías conectadas, y el método utilizado para ello es el de la *longitud ponderada*, que consiste en asignar a cada nudo el 50% de la longitud de todas las tuberías conectadas a él, y dividir por la longitud total de las tuberías de la red; de este modo contamos con un coeficiente de peso adimensional para cada nudo, de forma que la suma de las longitudes ponderadas de todos los nudos será igual a la unidad.

Como tercera etapa, se calculó el valor de un coeficiente de emisor que permitiese hacer coincidir la suma y el promedio para el conjunto de 24 horas (ver ecuación siguiente), si bien el caudal calculado no coincide hora a hora con el caudal de referencia (ver gráfica 6 y tabla 31). El coeficiente de emisor resultante se repartió entre todos los nudos de la red con base a los valores de longitud ponderada (el valor de coeficiente de emisor para cada nudo es igual a el coeficiente de emisor general multiplicado por su valor de longitud ponderada).

$$C_e = \frac{CF}{P^{0,5}}$$

donde  $C_e$  es el coeficiente de emisor general,  $CF$  denota Caudal de Fugas y  $P$  denota Presión Promedio en el punto de elevación media de la red.

El punto de elevación media se busca calculando el promedio de elevación de todos los nudos y luego comparando la elevación de cada nudo con el valor promedio resultante.



Grafica 5. Curva de Caudales de Referencia usando el coeficiente emisor en la red de la comunidad de Tegucigalpa.

	<b>Curva de caudal referencia</b>	<b>Curva de caudal calculado</b>
<b>Suma</b>	368.32	368.2204189
<b>Desviación típica</b>	2.725041151	2.080163434
<b>Promedio</b>	15.34666667	15.34251746

Tabla 31. Comparación entre las curvas de Caudal Referencia y la del Caudal Calculado usando el Coeficiente Emisor.

La cuarta fase consistirá en el ajuste del valor del patrón de demanda para hacer coincidir los caudales de entrada hora a hora. Para poder hacer coincidir los caudales hora a hora, se hizo un despeje del valor de coeficiente de demanda de la siguiente ecuación:

$$\forall \text{ hora } Q_{\text{entrada}} = CD * \overline{DB} + CF * \overline{DF}$$

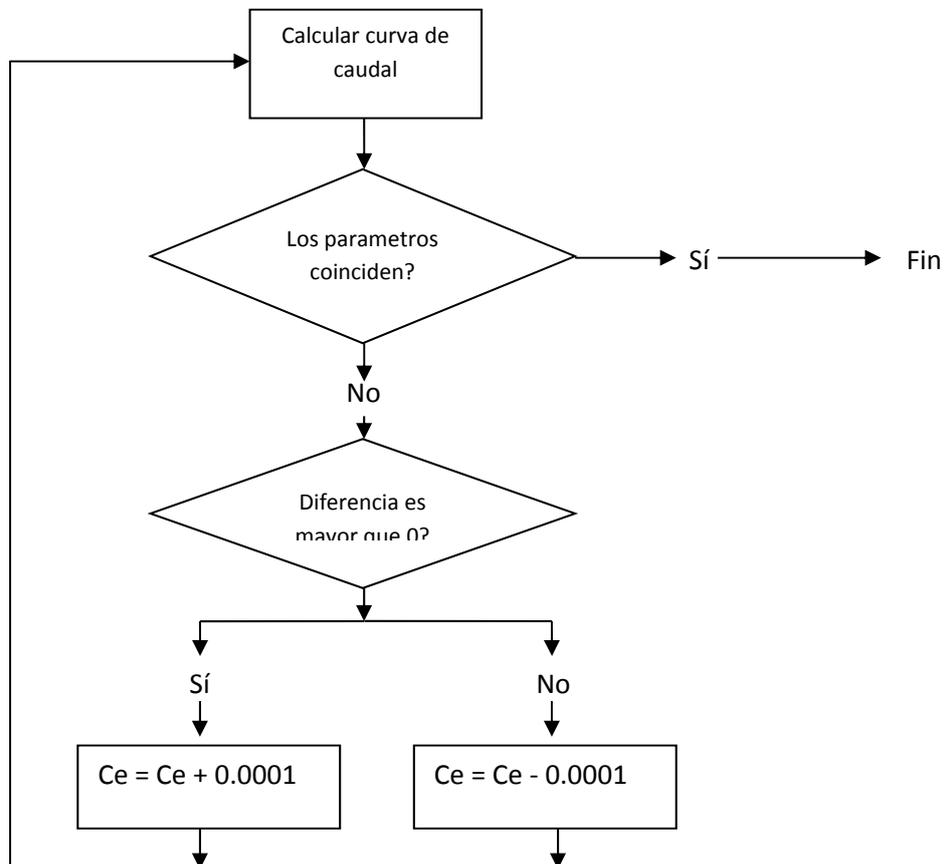
donde: CD denota coeficiente de demanda;  $\overline{DB}$  denota demanda base media; CF denota coeficiente de fugas y  $\overline{DF}$  denota demanda media de fugas.

Para cada hora es posible despejar el valor de CF mediante la siguiente ecuación:

$$CF = \frac{\overline{DF}}{p^{0.5}}$$

Con lo cual, la única incógnita corresponde al valor de CD.

Iterativamente, se puede hacer un ajuste de este valor mediante una actualización del valor de presión. No obstante, dada la incertidumbre que existe en que el punto de elevación media represente la presión media real de la red, en este trabajo se opta por modificar en cada iteración el valor de Ce general de la red hasta que los parámetros de la curva de caudal calculado coincidan con los parámetros de la curva de caudal de referencia. En el siguiente flujograma se muestra el proceso de ajuste:

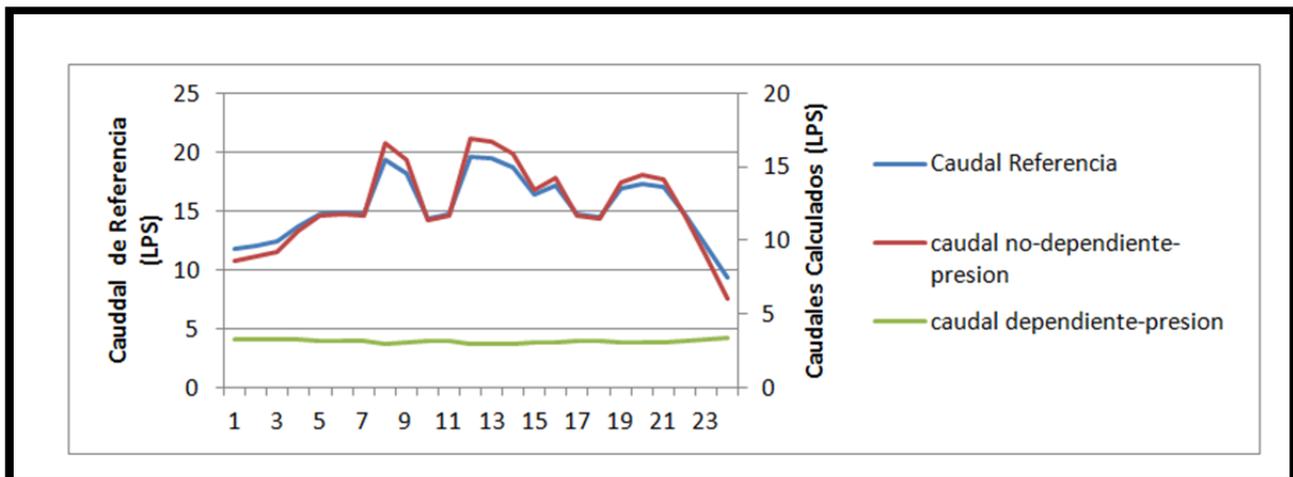


Al final de un cierto número de iteraciones (en menos de 30 segundos), se realiza el ajuste entre la curva de caudal de referencia y la curva de caudal calculado (ver tabla 32).

	Curva de caudal referencia	Curva de caudal calculado
<b>Suma</b>	368.32	368.4193
<b>Desviación típica</b>	2.725041	2.734264
<b>Promedio</b>	15.34667	15.3508

Tabla 32. Comparación entre las curvas de Caudal Referencia y la del Caudal Calculado usando el Coeficiente de Demanda.

Finalmente, en la gráfica 6 se muestra el balance de caudales, incluyendo el caudal de fugas.



Gráfica 6. Curva de Caudales usando el coeficiente de Demanda en la red de la comunidad de Tegucigalpa.

Una vez calculado el coeficiente de los emisores y el coeficiente de demanda y ya una vez ajustado sus patrones de consumos adecuados durante 24 horas sobre la red, vamos a realizar un reajuste de la curva de demanda general, a efectos de diseño de las futuras modificaciones, para contemplar el hecho de que la variabilidad de la demanda en los nudos es mayor que en el punto de alimentación general. El procedimiento ya se ha explicado en secciones precedentes, y consiste en “amplificar” las diferencias del caudal medio, de forma que (1) estas diferencias sean proporcionales entre horas en ambas curvas de modulación y (2) la curva de modulación nodal está acotada entre los valores de 0,2 y 2,0. Una vez realizada la optimización logramos obtener la siguiente tabla con sus nuevos patrones de consumo y así podremos probar

nuestra red con el programa EPANET para ver su evolución con la nueva curva de modulación.

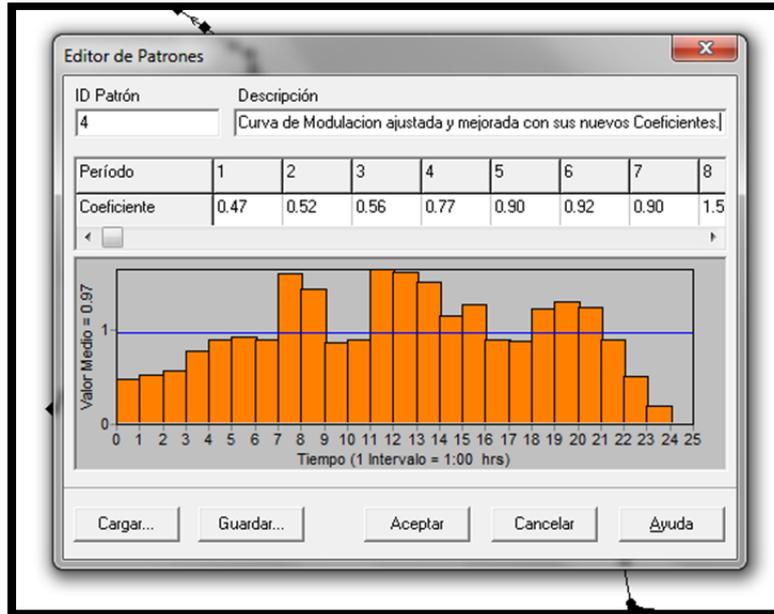


Figura 43. Curva de Modulación mejora y ajustada con sus Coeficientes para la red de Distribución Comunidad de Tegucigalpa.

Se ha probado el modelo de la red actual con la nueva curva de modulación y añadiendo el efecto de los emisores, así como las nuevas demandas. Al mostrar los resultados al programa EPANET encontramos varias advertencias por falta de presión a ciertas horas del día. Esto nos llevó a analizar el comportamiento de las tuberías, especialmente aquellas que llevan mucha velocidad o con una pendiente hidráulica elevada, de lo que hablaremos en la siguiente sección.

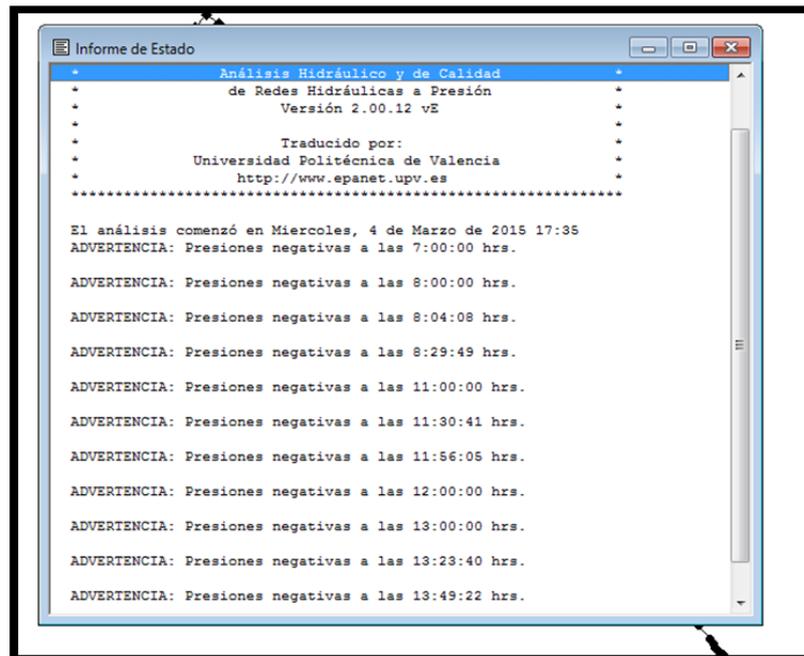


Figura 44. Advertencia de la Red de Distribución Comunidad de Tegucigalpa.

## 5.7 Cambios de tuberías para el mejoramiento de la red de distribución de la Comunidad de Tegucigalpa.

Una vez analiza la red de la comunidad en estudio, observamos que ciertas tuberías llevan una perdida unitaria y una velocidad muy elevada, lo cual puede ser debido al flujo del agua o al diámetro de la tubería, lo que nos conduce a utilizar mayores diámetros, que redundan tanto en la reducción de la velocidad como las pérdidas. La selección de las tuberías a modificar se realizará a partir de la pendiente hidráulica, seleccionando inicialmente los valores más elevados y sustituyendo su diámetro por el inmediato superior.

Tubería	Longitud	Diametro	a	Diametro
T-102	91.77	25		50
T-379	49.99	25		50
T-222	30.19	25		50
T-215	37.5	25		50
T-223	37.61	25		50
T-228	23.3	25		50
T-329	17.21	25		50
T-107	39.32	25		50
T-239	122.1	25		50
T-106	110.6	25		50
T-108	63.7	25		50
T-227	25.7	25		50
T-241	70.8	25		50
T-345	63.2	25		50
T-328	41.99	25		50
T-403	32.8	25		50
TF-02	236.6	25		50
TF-12	97.44	25		50
TF-14	74.18	25		50
TF-20	80.91	25		50

Tabla 33. Cambios de ciertas tuberías por diámetros mayores en la red de distribución.

Tubería	Longitud	Diametro	a	Diametro
T-226	26	50		75
T-224	22.6	50		75
T-231	59.3	50		75

Tubería	Longitud	Diametro	a	Diametro
T-211	113.5	75		100

Tubería	Longitud	Diametro	a	Diametro
T-219	132.4	75		125
T-418	50.39	75		125
T-236	84.44	100		125

Tubería	Longitud	Diametro	a	Diametro
T-80	40.68	100		150
T-93	17.02	100		150

Tubería	Longitud	Diametro	a	Diametro
T-65	74	150		200
T-72	161.4	150		200
T-73	27.8	150		200
T-69	32.47	150		200
T-71	89.69	150		200
T-70	116.4	150		200
T-66	171.4	150		200
T-68	103.3	150		200
T-67	96.98	150		200
T-75	123.7	150		200
T-76	88.7	150		200
T-74	36.2	150		200

Tabla 34. Cambios de ciertas tuberías por diámetros mayores en la red de distribución.

Para encontrar estas tuberías susceptibles de cambio en nuestra red de distribución, hicimos varias pruebas aumentando el diámetro en las zonas que se veían afectadas o trabajando con las tuberías que fueran aumentando su tamaño debido a su pendiente hidráulica, una vez que encontramos los diámetros adecuados para estas tuberías finalmente para nuestra red de distribución hemos llegado a un punto que todos los nudos superan los 15 mca de presión mínima (límite marcado por la compañía SANAA) y no caen en ninguna hora del día, lo cual nos indica que nuestra red trabaja de manera adecuada a la hora de distribuir sus consumos o dotaciones de agua requerida durante el día como lo podremos observar en la imagen haciendo referencia nuestra hora punta que es a las 12:00 del mediodía.

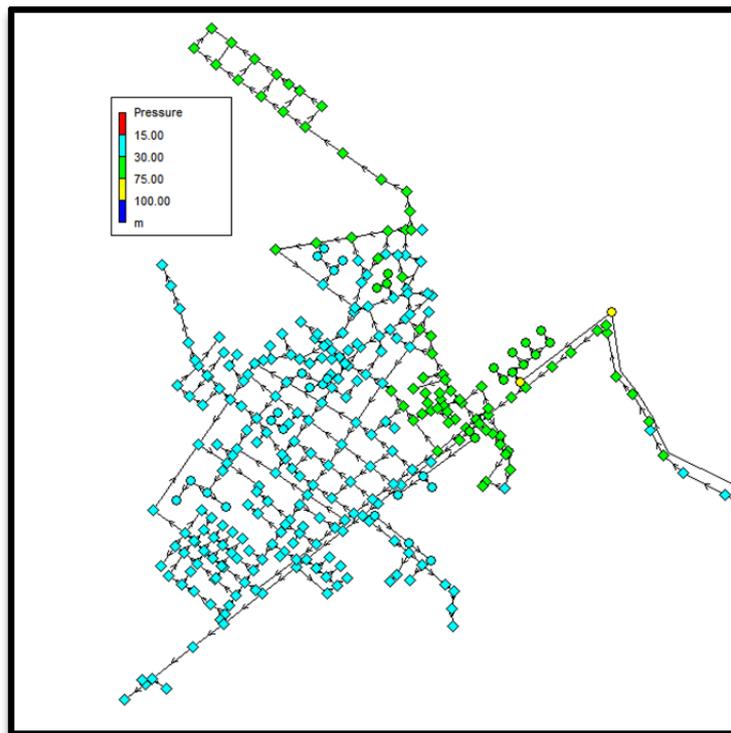


Figura 45. Funcionamiento final y correcto de la red de distribución Comunidad de Tegucigalpa.

## **5.8 Control y manejo del agua para un futuro en las Comunidades.**

La palabra clave, que refleja la situación actual del agua y sus perspectivas futuras a nivel global como en todas las comunidades que no tienen un control sobre este recurso se le llama escasez. Esta escasez es consecuencia de que el crecimiento de la economía del territorio también se produce por las pérdidas que podamos tener por no llegar a controlar con los instrumento adecuados o sobre todo el no tener un control del uso del agua o durante la distribución. Por eso, en muchas comunidades se están condicionando de forma decisiva la vida de muchas personas por este tipo de limitaciones del agua. La aparición simultánea de un déficit de agua que aumenta con rapidez en tantas comunidades exige un estudio totalmente nuevo de la política hidráulica que existe en las comunidades para así saber qué comunidad ocupará un mayor beneficio hidráulico, no sólo ocuparnos de un enfoque por encima sino que se centre en el incremento del suministro o en la gestión de la demanda que podrá tener cada comunidad para su futuro o en su crecimiento poblacional que habrá dentro de cada comunidad.

La explosión demográfica que pueda haber en la comunidades o en la comunidad de Tegucigalpita, y las perspectivas de crecimiento de la población a largo plazo han creado una presión sobre los recursos del agua sin tener precedentes en la historia de la Humanidad. Tradicionalmente se han considerado los sectores urbano, industrial y agrícola como los principales beneficiarios del agua en cada crecimiento de las comunidades ya que son los sectores que más crecen y tienen que tener una buena gestión del suministro y de la demanda requerida. El orden de prioridad está justificado ya que estas demandas no solo deben entenderse con el objeto de preservar el entorno ya que incluso desde un punto de vista utilitario juegan un gran papel esencial en la renovación y depuración de los recursos de cada sector de las comunidades como lo será en el caso de la comunidad de Tegucigalpita.

En los últimos años en el desarrollo de las comunidades y en la comunidad de Tegucigalpita se ha visto reforzada la convicción de que la gestión de los recursos del agua ha de llevarse a cabo de forma integrada, de que la evaluación de los recursos es fundamental para la toma de decisiones racionales y que deben apoyarse sin reservas las capacidades nacionales para llevar a cabo las evaluaciones necesarias en cada comunidad. Las decisiones administrativas que pretenden aliviar la pobreza, propiciar el desarrollo económico, garantizar la seguridad alimentaria y la salud de la población, así como preservar los ecosistemas vitales como es el del agua, deben basarse en

una mayor comprensión de todos los sistemas implicados. Frente a esta situación, se ha venido trabajando en modelos de gestión del agua y saneamiento básico, teniendo en cuenta la participación de las comunidades.

Este es el modelo que debe implementarse, ya que se ha comprobado que la participación de la comunidades en los proyectos de desarrollo dan buenos resultados, porque si les mostramos lo importante que es el recurso del agua ellos mostraran interés en querer solucionar los problemas que puedan a ver en su red de distribución. Cuando la población se ve afectada en este problema se involucra en los proyectos y se le permite contribuir con sus conocimientos a la configuración de estos, y hace que la comunidad sea más eficaz y productiva al momento de preocuparse por su distribución de su suministro de agua. Al mismo tiempo, si se aumenta la capacidad de los individuos para organizarse a fin de hallar soluciones a los problemas que los aquejan a sus comunidades podrán generar una mejor capacidad de gestión en las comunidades, al implicarse y asumir proyectos relacionados con las problemática del agua, desde puntos de vista más amplios.

Tenemos que demostrar a los habitantes de la comunidad que hay que recuperar el valor primitivo del agua, su valor social y personal ya que para ellos es un beneficio muy grande, porque si no lo tiene no podrán crecer o tener el suministro adecuado para su demanda diaria. El agua para ellos tiene que ser un tesoro dinámico que se acrecienta, con una filosofía del uso en la que participan todo los miembros y partes sectoriales que haya en la comunidad. Una filosofía del uso que se fundamenta en dos pilares: en el ahorro y la progresiva disminución de su pérdida o fallos que puedan tener en un futuro en la red de distribución.

# VALORACION ECONOMICA DE LAS TUBERIAS.

## 6.1 Precio de la Tubería.

Para obtener una valoración económica en los tramos principales de la red en general de la comunidad de Tegucigalpita será necesario observar el trazado por el cual discurren. Establecido el trazado se puede proceder a cuantificar las unidades de obra principales y los tramos en los cuales analizaremos y cambiaremos las tuberías nuevas que se colocaran sobre la red para mejorar la utilidad del agua y para el beneficio de distribución a las personas o los proyectos futuros.

## 6.2 Unidades de Obra.

### 6.2.1 Excavación (m3).

Una vez realizado el trazado de la red se procede a la excavación de las zanjas en donde serán ubicadas las tuberías que transportarán el agua. La excavación se medirá en metros cúbicos tomando en cuenta la profundidad y el ancho de la zanja la cual también estará directamente relacionada con la calidad del suelo y el diámetro de la tubería a instalar.

Según el Fondo Hondureños de Inversión Social (FHIS) que regula las actividades e insumos de construcción, se entiende como Excavación Tipo II (Material Semiduro) por medios manuales en cualquier tipo de suelo semi-duro desde arcilla, pasando por limos hasta arenas y gravas que no requieren el uso de maquinaria pesada, pero que por condiciones de humedad, plasticidad, mezcla con roca suelta u otras características, se presentan con mayor dureza para ser removido.

Deberá controlarse la estabilidad del suelo y de ser necesario y aprobado por la supervisión, deberá apuntalarse las paredes de los zanjos, para lo cual se hará el pago respectivo como ítem aparte. El material producto de la excavación debe colocarse a un mínimo de 60 centímetros de la orilla del zanja y deberá desalojarse a un máximo de 10 m para su posterior acarreo.

### 6.2.2 Tubería de PVC (ml).

Las tuberías en una obra se miden en metros de tuberías debidamente instaladas y respetando las pendientes, velocidades y conexiones propuestas por el proyectista evitando la entrada en carga del sistema y de esta manera los caudales de aguas residuales y pluviales puedan ser transportados sin ningún problema a la comunidad de Tegucigalpita. Según el Fondo Hondureños de Inversión Social (FHIS), la actividad consiste el suministro de

tubería, en lances completos, la cual deberá ser transportada, almacenada y manejada de modo que se evite el daño.

### 6.3 Precios.

Los precios son el valor al cual se adquiere en el mercado los materiales a utilizar durante el proceso de construcción de una obra, como ser tuberías, cemento, arena, ladrillos etc. Además de estos también se añade el precio de mano de obra por el cual los obreros están dispuestos a trabajar. Los precios en el mercado son muy variables ya que cada obra adquiere un valor diferente dependiendo de la zona donde se vaya a realizar en este caso tenemos el precio de las tuberías que hay en el mercado de Honduras y el cual usaremos por si cambiamos tuberías y también por las tuberías nuevas que vamos a incluir en la comunidad de Tegucigalpa.

PRECIOS y MANO DE OBRA DE TUBERIA DE AGUA POTABLE YA INSTALADA				
Diametro (mm)	Diametro (plg.)	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml
300	12	80.00	3.56	2.81 €
250	10	60.00	2.67	2.11 €
200	8	50.00	2.23	1.76 €
150	6	40.00	1.78	1.41 €
100	4	30.00	1.34	1.06 €
75	3	29.00	1.29	1.02 €
50	2	23.00	1.02	0.81 €
25	1	18.00	0.80	0.63 €

Tabla 35. Precios de Tuberías para la Comunidad de Tegucigalpa.

### 6.4 Coste de los Cambios de las Tuberías y Tuberías Futuras.

#### 6.4.1 Cambios de Tubería de la Línea de Conducción y la tubería entre Depósitos.

Lo que hemos hecho fue analizar ciertos tramos de la tubería de la red para lograr una mejor distribución de agua a la comunidad de Tegucigalpa según las pruebas que hicimos en los escenarios anteriores para mejorar el abastecimiento a los depósitos y la distribución del agua y según el análisis y las pruebas optamos por cambiar ciertos tramos de la tubería de la Línea de Conducción que tiene una longitud de 2178.32 m, que esta de 100 mm a una tubería nueva que será de 150 mm para así controlar el consumo que abra en la red y para lograr mantener en equilibrio los depósitos para cuando estén trabajando durante el día, a continuación mostraremos la tabla donde mostraremos el coste por cambiar la tubería de esos tramos.

TUBERIA NUEVA DE LA LINEA DE CONDUCCION Y TRAMOS ENTRE DEPOSITOS DE LA COMUNIDAD TEGUCIGALPITA							
DIAMETRO = 300 mm Y DIAMETRO = 150 mm							
De	a	De	Longitud (m)	Diametro ( mm)	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml
NA-10a		NA-11	103.79	150.00	5189.50	184.75	146.34
NA-11		NA-12	109.65	150.00	5482.50	195.18	154.61
NA-12		NA-13	19.48	150.00	974.00	34.67	27.47
NA-13		NA-13a	23.65	150.00	1182.50	42.10	33.35
NA-13a		NA-13b	8.49	150.00	424.50	15.11	11.97
NA-13b		NA-14	26.85	150.00	1342.50	47.79	37.86
NA-14		NA-14a	5.79	150.00	289.50	10.31	8.16
NA-14a		NA-14b	16.61	150.00	830.50	29.57	23.42
NA-14b		NA-15	7.98	150.00	399.00	14.20	11.25
NA-15		NA-16	24.18	150.00	1209.00	43.04	34.09
NA-16		NA-17	23.87	150.00	1193.50	42.49	33.66
NA-17		NA-18	228.01	150.00	11400.50	405.86	321.49
NA-18		NA-19	75.88	150.00	3794.00	135.07	106.99
NA-19		NA-20	61.22	150.00	3061.00	108.97	86.32
NA-20		NA-21	20.50	150.00	1025.00	36.49	28.91

DIAMETRO 150	
Lps.	50.00
\$	1.78
€	1.41 €

DIAMETRO 100	
Lps.	30.00
\$	1.34
€	1.06 €

NA-21	NA-22	113.24	150.00	5662.00	201.57	159.67
NA-22	NA-22a	30.40	150.00	1520.00	54.11	42.86
NA-22a	NA-22b	9.34	150.00	467.00	16.63	13.17
NA-22b	NA-23	10.66	150.00	533.00	18.97	15.03
NA-23	NA-24	84.29	150.00	4214.50	150.04	118.85
NA-24	NA-25	111.48	150.00	5574.00	198.43	157.19
NA-25	NA-25a	29.03	150.00	1451.50	51.67	40.93
NA-25a	NA-25b	4.96	150.00	248.00	8.83	6.99
NA-25b	NA-26	19.86	150.00	993.00	35.35	28.00
NA-26	NA-27	36.49	150.00	1824.50	64.95	51.45
NA-27	NA-28	92.82	150.00	4641.00	165.22	130.88
NA-28	NA-29	50.70	150.00	2535.00	90.25	71.49
NA-29	NA-30	85.05	150.00	4252.50	151.39	119.92
NA-30	NA-31	55.77	150.00	2788.50	99.27	78.64
NA-31	NA-32	47.59	150.00	2379.50	84.71	67.10
NA-32	NA-32a	24.13	150.00	1206.50	42.95	34.02

NA-32a	NA-32b	25.16	150.00	1258.00	44.78	35.48
NA-32b	NA-33	7.04	150.00	352.00	12.53	9.93
NA-33	NA-34	68.65	150.00	3432.50	122.20	96.80
NA-34	NA-35	77.33	150.00	3866.50	137.65	109.04
NA-35	NA-36	115.82	150.00	5791.00	206.16	163.31
NA-36	NA-37	65.07	150.00	3253.50	115.82	91.75
NA-37	NA-38	29.12	150.00	1456.00	51.83	41.06
NA-38	NA-39	48.69	150.00	2434.50	86.67	68.65
NA-39	NA-40	34.23	150.00	1711.50	60.93	48.26
NA-40	DepositoActual	145.45	150.00	7272.50	258.90	205.08
DepositoActual	NF-42	78.95	150.00	3947.50	140.53	111.32
NF-42	NF-43	95.47	150.00	4773.50	169.94	134.61
NF-43	NF-44	65.98	100.00	1979.40	88.41	69.94
NF-44	DepositoFuturo	78.52	100.00	2355.60	105.22	83.23
<b>TOTALES</b>				<b>121,972.00</b>	<b>4,381.51</b>	<b>3,470.53</b>

Tabla 36. Coste de Tubería nueva en Línea de Conducción para la Comunidad de Tegucigalpa.

### 6.4.2 Costes de tubería nueva del deposito futuro a la zona industrial.

Lo que hemos hecho ya una vez calculado el diámetro que irán en esas zona según el capítulo 5.5 fue calcular el precio de los tramos de tuberías que van en paralelo en la red actual a la zona industrial y el empalme que va del depósito futuro a la red actual, esto lo hicimos para lograr una mejor distribución de agua a la comunidad de Tegucigalpita y a la industrias de lavado que abran en la zona industrial ya que llevara por separado su agua, a continuación mostraremos la tabla de los coste de las nuevas tubería de esos tramos.

TUBERIA NUEVA PARALELA DESDE EL DEPOSITO FUTURO A LA ZONA INDUSTRIAL DE LA COMUNIDAD TEGUCIGALPITA								
DIAMETRO = 200, 150 y 100 mm								
De	a	De	Longitud (m)	Diametro (mm)	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml	
DepositoFuturo		NF-55.1	935.21	200.00	46760.50	2085.52	1645.97	
DepositoFuturo		NA-46	51.87	200.00	2593.50	115.67	91.29	
		NF-55.1	NF-59.1	370.07	200.00	18503.50	825.26	651.32
		NF-59.1	NF-34	100.00	200.00	5000.00	223.00	176.00
		NF-34	NF-33	120.00	100.00	3600.00	160.80	127.20
		NF-33	NF-36	60.00	100.00	1800.00	80.40	63.60
		NF-34	NF-35	120.00	200.00	6000.00	267.60	211.20
		NF-35	NF-37	60.00	100.00	1800.00	80.40	63.60
		NF-35	NF-38	120.00	150.00	4800.00	213.60	169.20
		NF-38	NF-39	60.00	100.00	1800.00	80.40	63.60
		NF-38	NF-40	120.00	100.00	3600.00	160.80	127.20
		NF-40	NF-41	60.00	100.00	1800.00	80.40	63.60
<b>TOTALES</b>						<b>98,057.50</b>	<b>4,373.84</b>	<b>3,453.78</b>

Diametro 200	
Lps.	50.00
\$	2.23
€	1.76 €

Diametro 150	
Lps.	40.00
\$	1.78
€	1.41 €

Diametro 100	
Lps.	30.00
\$	1.34
€	1.06 €

Tabla 37. Coste de Tubería nueva para la zona Industrial de la Comunidad de Tegucigalpita.

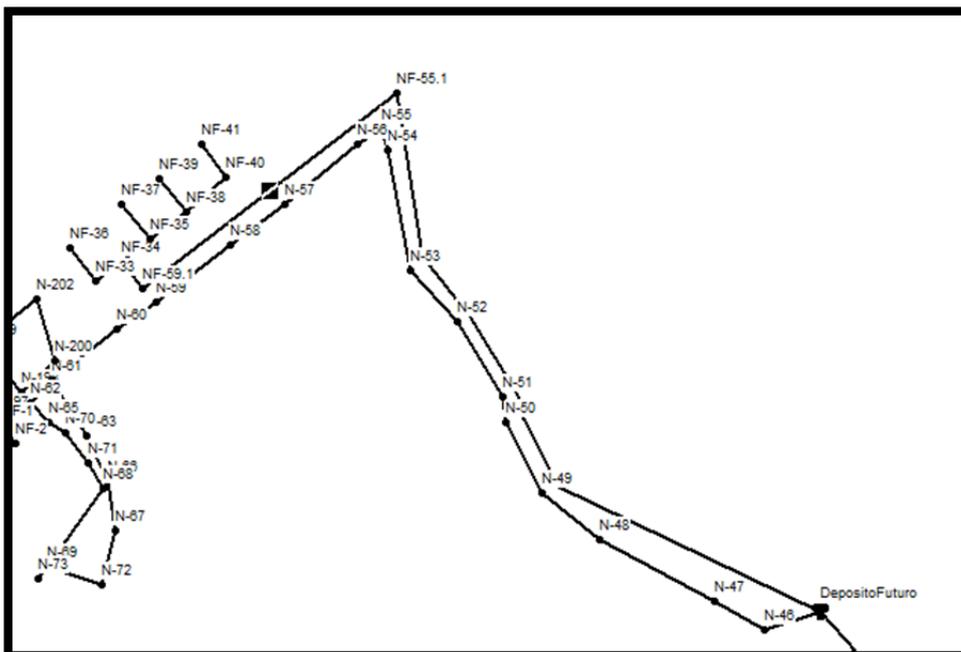


Figura 46. Diseño de la tubería en paralelo del Deposito Futuro a la Zona Industrial para Comunidad de Tegucigalpita.

### 6.4.3 Costes de cambio de tubería a diámetro mayor de la red de distribución.

Lo que hemos hecho ya una vez calculado el diámetro que irán en esas zona según el capítulo 5.7 fue calcular el precio de los tramos de tuberías que van a ser cambiados por diámetros mayores en la red de distribución de la comunidad de Tegucigalpita con el fin de mejorar la distribución de agua a la comunidad de Tegucigalpita y para mejorar sus beneficios a lo hora de dar sus dotaciones o consumos de agua durante el día, a continuación mostraremos la tabla de los coste de las nuevas tubería de esos tramos.

CAMBIO DE DIAMETRO Y COSTES DE TUBERIA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE LA COMUNIDAD TEGUCIGALPITA										
DIAMETRO = 50, 75, 100, 150 y 200 mm										
Tubería	Longitud (m)	CAMBIO TUBERIA		COSTE ACTUAL			COSTE NUEVO			
		Diametro (mm)	a	Diametro (mm)	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml
T-102	91.77	25		50	1651.86	73.416	57.82 €	2110.71	93.6054	74.33 €
T-379	49.99	25		50	899.82	39.992	31.49 €	1149.77	50.9898	40.49 €
T-222	30.19	25		50	543.42	24.152	19.02 €	694.37	30.7938	24.45 €
T-215	37.5	25		50	675	30	23.63 €	862.5	38.25	30.38 €
T-223	37.61	25		50	676.98	30.088	23.69 €	865.03	38.3622	30.46 €
T-241	70.8	25		50	1274.4	56.64	44.60 €	1628.4	72.216	57.35 €
T-345	63.2	25		50	1137.6	50.56	39.82 €	1453.6	64.464	51.19 €
T-328	41.99	25		50	755.82	33.592	26.45 €	965.77	42.8298	34.01 €
T-403	32.8	25		50	590.4	26.24	20.66 €	754.4	33.456	26.57 €
TF-02	236.6	25		50	4258.8	189.28	149.06 €	5441.8	241.332	191.65 €
TF-12	97.44	25		50	1753.92	77.952	61.39 €	2241.12	99.3888	78.93 €
TF-14	74.18	25		50	1335.24	59.344	46.73 €	1706.14	75.6636	60.09 €
TF-20	80.91	25		50	1456.38	64.728	50.97 €	1860.93	82.5282	65.54 €
<b>TOTALES</b>					<b>24,244.38</b>	<b>1,077.53</b>	<b>848.55</b>	<b>30,978.93</b>	<b>1,373.85</b>	<b>1,091.00</b>

Tabla 38. Diferencia de costes de los cambios de tubería en la red de distribución de la Comunidad de Tegucigalpita.

CAMBIO DE DIAMETRO Y COSTES DE TUBERIA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE LA COMUNIDAD TEGUCIGALPITA										
DIAMETRO = 50, 75, 100, 150 y 200 mm										
Tubería	Longitud (m)	CAMBIO TUBERIA		COSTE ACTUAL			COSTE NUEVO			
		Diametro (mm)	a	Diametro (mm)	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml
T-226	26	50		75	598	26.52	21.06 €	728	32.5	25.48 €
T-224	22.6	50		75	519.8	23.052	18.31 €	632.8	28.25	22.15 €
T-231	59.3	50		75	1363.9	60.486	48.03 €	1660.4	74.125	58.11 €
<b>TOTALES</b>					<b>2,481.70</b>	<b>110.06</b>	<b>87.40</b>	<b>3,021.20</b>	<b>134.88</b>	<b>105.74</b>

Tabla 39. Diferencia de Costes de los cambios de Tubería en la Red de Distribución de la Comunidad de Tegucigalpita.

CAMBIO DE DIAMETRO Y COSTES DE TUBERIA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE LA COMUNIDAD TEGUCIGALPITA										
DIAMETRO = 50, 75, 100, 150 y 200 mm										
		CAMBIO TUBERIA			COSTE ACTUAL			COSTE NUEVO		
Tubería	Longitud (m)	Diametro (mm)	a	Diametro (mm)	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml
T-211	113.5	75		100	3178	141.875	111.23 €	3405	152.09	120.31 €
<b>TOTALES</b>					<b>3,178.00</b>	<b>141.88</b>	<b>111.23</b>	<b>3,405.00</b>	<b>152.09</b>	<b>120.31</b>
Tubería	Longitud (m)	Diametro (mm)	a	Diametro (mm)	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml
T-219	132.4	75		125	3707.2	165.5	129.75 €	4501.6	199.924	158.88 €
T-418	50.39	75		125	1410.92	62.9875	49.38 €	1713.26	76.0889	60.47 €
T-236	84.44	100		125	2533.2	113.1496	89.51 €	2870.96	127.5044	101.33 €
<b>TOTALES</b>					<b>7,651.32</b>	<b>341.64</b>	<b>268.64</b>	<b>9,085.82</b>	<b>403.52</b>	<b>320.68</b>
Tubería	Longitud (m)	Diametro (mm)	a	Diametro (mm)	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml
T-80	40.68	100		150	1220.4	54.5112	43.12 €	1627.2	72.4104	57.36 €
T-93	17.02	100		150	510.6	22.81 €	18.04 €	680.8	30.2956	24.00 €
<b>TOTALES</b>					<b>1,731.00</b>	<b>77.32</b>	<b>61.16</b>	<b>2,308.00</b>	<b>102.71</b>	<b>81.36</b>

Tabla 40. Diferencia de Costes de los cambios de Tubería en la Red de Distribución de la Comunidad de Tegucigalpa.

CAMBIO DE DIAMETRO Y COSTES DE TUBERIA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE LA COMUNIDAD TEGUCIGALPITA										
DIAMETRO = 50, 75, 100, 150 y 200 mm										
		CAMBIO TUBERIA			COSTE ACTUAL			COSTE NUEVO		
Tubería	Longitud (m)	Diametro (mm)	a	Diametro (mm)	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml	Precio (Lps.) el ml	Precio (\$) el ml	Precio (€) el ml
T-65	74	150		200	2960	131.72	104.34 €	3700	165.02	130.24 €
T-72	161.4	150		200	6456	287.292	227.57 €	8070	359.922	284.06 €
T-73	27.8	150		200	1112	49.484	39.20 €	1390	61.994	48.93 €
T-69	32.47	150		200	1298.8	57.7966	45.78 €	1623.5	72.4081	57.15 €
T-71	89.69	150		200	3587.6	159.6482	126.46 €	4484.5	200.0087	157.85 €
T-70	116.4	150		200	4656	207.192	164.12 €	5820	259.572	204.86 €
T-66	171.4	150		200	6856	305.092	241.67 €	8570	382.222	301.66 €
T-68	103.3	150		200	4132	183.874	145.65 €	5165	230.359	181.81 €
T-67	96.98	150		200	3879.2	172.6244	136.74 €	4849	216.2654	170.68 €
T-75	123.7	150		200	4948	220.186	174.42 €	6185	275.851	217.71 €
T-76	88.7	150		200	3548	157.886	125.07 €	4435	197.801	156.11 €
T-74	36.2	150		200	1448	64.436	51.04 €	1810	80.726	63.71 €
<b>TOTALES</b>					<b>44,881.60</b>	<b>1,997.23</b>	<b>1,582.08</b>	<b>56,102.00</b>	<b>2,502.15</b>	<b>1,974.79</b>

Tabla 41. Diferencia de Costes de los cambios de Tubería en la Red de Distribución de la Comunidad de Tegucigalpa.

#### 6.4.4 Coste del Depósito Futuro.

Para mejorar los consumos en un futuro en la comunidad de Tegucigalpa se optó por instalar un depósito nuevo con una capacidad de 500,000 galones. Con este depósito obtendremos un mejor control de la distribución de agua también para tener un mejor control de presiones y sobre todo garantizar una buena distribución de agua para el proyecto futuro de las industrias de lavado. Con ello se evitarán problemas de falta de agua y así tendremos una buena capacidad de almacenamiento y un mejor control de la regulación del agua que será inyectada a las plantas y a la comunidad.

COSTE TOTAL DE DEPOSITO NUEVO DE 500,000 GALONES								
COMUNIDAD TEGUCIGALPITA, CORTES, HONDURAS								
Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Lps.)	Precio Total (Lps.)	Precio Total (\$)	Precio Total (€)	Cambio de Moneda	
Excavación a mano material Semi duro	m3	479.48	178.20	85,443.34	\$3,803.94	3,005.04 €	1 Lps.	\$0.04
Mampostería 60% Piedra , 40% Mortero 1:3	m3	394.88	1,280.27	505,553.02	\$22,507.22	17,780.30 €	1 Lps.	0.03517 €
Zapata Concreto Reforzada 1.2 x 1.2 x 0.20 m espesor, Var. No 5 @ 15 cm ambos sentidos	Pieza	42	1,658.12	69,641.04	\$3,100.42	2,449.28 €		
Losa de Piso Concreto Reforzado: 0.15 m espesor, Varilla No 3 @ 0.20 m, ambos sentidos, Fc=210 k/cm2, Fy= 2800	m2	452.4	782.35	353,935.14	\$15,757.19	12,447.90 €		
Columna C1 de Concreto Reforzado, fC =210 k/cm2, Fy= 2800 K/cm2, 0.50 x 0.50 m. 9 Var. N 4 Long., Anillos No 3 @ 25 cms.	ml	178.36	1,795.40	320,227.54	\$14,256.53	11,262.40 €		
Pared de Concreto Reforzado 0.30 m ,(H= 1.20), Resistencia Concreto Fc= 210 K/cm2, Acero Refuerzo 2800 K/cm2, 2 Capas Var. n 5 en a.s.@ 15 cms	m2	213.76	2,989.25	638,982.08	\$28,447.48	22,473.00 €		
Pared de Concreto Reforzado 0.30 m e.,(h=2.3), Resistencia Concreto Fc= 210 K/cm2, Acero Refuerzo 2800 K/cm2, Var. n 4 en a.s. cara interior @15 cm. Varillas n 3 en a.s. cara	m2	285.74	2,869.75	820,002.37	\$36,506.51	28,839.48 €		
Viga V1, Concreto Reforzado, Resistencia Concreto Fc= 210 K/cm2, Acero Refuerzo 2800 K/cm2, 0.25 x 0.50 monolitica con losa, 3 var. inf No 5, 2 Var. intermedias No 4, 3 Var. sup. No 4, Anillos No 2 @ 0.20 m.	ml	168	1,772.78	297,827.04	\$13,259.26	10,474.58 €		
Losa de Techo Concreto Reforzado, Resistencia Concreto Fc= 210 K/cm2, Acero Refuerzo 2800 ambos sentidos	m2	421.15	782.35	329,486.70	\$14,668.75	11,588.05 €		
Escalones de varilla No5 0.30 x 0.30 m, pintado con anticorrosivo, anclada a pared	ml	7	123.45	864.15	\$38.47	30.39 €		
Hipoclorador	Pieza	2	2,964.47	5,928.94	\$263.96	208.52 €		
Repello y Afinado (Acabado tipo Pila)	m2	421.12	149.24	62,847.95	\$2,797.99	2,210.36 €		
Repello y pulido de Paredes	m2	421.12	131.74	55,478.35	\$2,469.90	1,951.17 €		
Pintura de Aceite para exteriores	m2	421.12	87.78	36,965.91	\$1,645.72	1,300.09 €		
Accesorios Tanque Distribución Tegucigalpita	Lote	3	40,292.33	120,876.99	\$5,381.44	4,251.24 €		
Construcción de Caja de 0.85 x 0.85 x 0.65 m h. de ladrillo rafón, fondo y tapa de concreto reforzado, varilla de 1/2" @ 15 cms y espesor de concreto de 0.10 m en el fondo, varilla de 1/2" @ 10 cms y espesor de concreto de 0.15 m en la	Pieza	8	2,965.13	23,721.04	\$1,056.06	834.27 €		
			<b>Precio Total</b>	<b>3,727,781.60</b>	<b>\$165,960.84</b>	<b>131,106.08 €</b>		

Tabla 42. Coste de Deposito Futuro para la Comunidad de Tegucigalpita.

## CONCLUSIONES.

1. Uno de los problemas principales detectados en la red es la falta de equipamiento de medición, necesario para poder controlar y regular adecuadamente el funcionamiento de la red. Es necesario instalar instrumentos que pueden mejorar estos problemas, tales como los contadores de agua, medidores de presión, válvulas de roturas de carga, válvulas de presión, válvulas de alivio y medidores de caudales. De otro modo, resulta imposible determinar los problemas que se puedan estar generando dentro de la comunidad.
2. Este sistema de la red de Distribución de Tegucigalpita es uno de los más grandes sistemas de la ciudad de Puerto Cortes, ya que es una de las redes principales en la zona de mayor expansión a futuro de la ciudad. Por este motivo, la tesina se centra en el desarrollo, mejora y funcionamiento de la red de distribución de la Comunidad de Tegucigalpita, con dos objetivos principales:
  - a) Diagnosticar la situación actual del sistema de la comunidad de Tegucigalpita.
  - b) Plantear el esquema de la red en la situación horizonte, incorporando al sistema las nuevas zonas de expansión urbanística.
3. Una vez realizada la recolección de los datos de partida topográficos, poblacionales, e hidráulicos antes mencionados, así como analizada su validez y teniendo en cuenta los parámetros de diseño que marca el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), podemos proceder a enmarcar los datos Territoriales, Económicos y Sociales de la ciudad de Puerto Cortes donde se encuentra la comunidad de Tegucigalpita, donde se enmarca el plan director planteado en la presente tesina.
4. Conociendo los escenarios planificados respecto a los aspectos territoriales, económicos y sociales, se puede establecer en área las líneas para difundir el ámbito de la situación horizonte que se planificará en el presente para mejorar el desarrollo, mejora y funcionamiento de la red de la comunidad.

5. Una vez realizadas todas simulaciones posibles y observando los problemas que existen en la red actual, y planteando las soluciones que harán mejorar el sistema de la Comunidad de Tegucigalpa se observa que la red actual de la comunidad de Tegucigalpa realiza una excelente función en cuanto al transporte y distribución del consumo del agua ya sea actualmente y para los proyectos futuros. En las posibles expansiones de esta comunidad se estudiará la incorporación al sistema de las nuevas áreas de expansión para saber cómo trabajara y si afectara a la red a la hora de distribuir sus consumos o dotaciones adecuadas, tal y como se establecen las directrices para nuevos desarrollos.
  
6. También se ha propuesto la presencia de los dos depósitos, que nos ayudaran a mejorar el almacenamiento del agua y sobre todo a mejorar las condiciones de regulación a la hora de distribuir los consumos ya sean actuales y futuros. Esto también condujo a la mejora y cambio de las tuberías en la línea de conducción dentro de la red, ya que el diámetro actualmente instalado era insuficiente para controlar la regulación en los depósitos. Por ello fue necesario cambiar por un diámetro mayor y también la instalación de nuevas tuberías en una línea independiente para abastecer las demandas de la zona Industrial con sus diámetros correspondientes, pensando que este proyecto es una previsión futura y que la instalación de nuevas conducciones de la zona industrial no afectase a las conducciones que actualmente abastecen a la población.
  
7. Por último, se ha incorporado al proyecto un conjunto de tuberías que responden a los nuevos nudos de demanda (expansión poblacional) y se han modificado algunas de las tuberías existentes, todo ello para garantizar unas presiones mínimas de servicio por encima de los 15 mca en horas de consumo punta. Los cambios han sido menores de los esperados, pese a que se ha reducido la presión de alimentación actual en casi 40 mca.

## BIBLIOGRAFIA.

La información bibliográfica manejada en este trabajo se ha basado en las siguientes fuentes:

1. Manual del programa Epanet 2.0.
2. Empresa Privada de Honduras SANAA (Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados).
3. Municipalidad del Departamento de Cortes, Honduras, C.A
4. Empresa Privada de Honduras IP (Instituto de la Propiedad).
5. Empresa Privada de Honduras CCHIC (Cámara de Comercio Hondureña de la Industria de la Construcción).
6. MRHH (Manual de Referencias Hidrológicas de Honduras).