



Escola de Camins

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Estudio de Interconexión Barrio-Ciudad de servicios urbanos en proyectos de me- jora de barrios en ciudades intermedias de Nicaragua

Treball realitzat per:

Clara Enciso Fernández

Dirigit per:

Francesc Magrinyà Torner

Marc Pérez Casas

Grau en:

Enginyeria civil

Barcelona, 15 de Juny de 2015

Departament de transport i territori

TREBALL FINAL DE GRAU



RESUMEN

El creciente e incontrolado fenómeno de expansión de las ciudades en países en desarrollo ha dejado como consecuencia en las últimas décadas un gran número de asentamientos con un hábitat deficitario, caracterizado por la ausencia de servicios urbanos que condicionan la calidad de vida de sus ciudadanos.

En 2012 se lanzó el Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat (PRO-HÁBITAT), financiado por el BID y ejecutado por el INVUR, que se encuentra actualmente en la última fase y en el que junto a otras intervenciones provee de infraestructuras de servicios urbanos (pavimentación, red de saneamiento y pluviales) a asentamientos informales en ciudades intermedias de Nicaragua.

*En el presente estudio se analiza la **interconexión barrio-ciudad de servicios urbanos en los casos de las ciudades de León, Chinandega, El Viejo, Matagalpa y Jinotega en el marco del Programa**. Por un lado, se analiza la discusión de alternativas para las soluciones en el Saneamiento estableciendo criterios técnico-económicos para poder comparar los cinco casos de estudio de las ciudades. Y, por otro lado, se evalúa el impacto del Programa en cuanto a la mejora del drenaje pluvial y accesibilidad interna y externa.*

Al analizar los costes por familia y la reducción en la temporalidad de amortización de la construcción de infraestructuras sanitarias según los costes de mantenimiento en los cinco barrios de estudio, se observa una correlación directa con la existencia de elementos de planeamiento urbano, que mejora la integración de los barrios con las ciudades a nivel de servicios y equipamientos y por lo tanto, en la mejora del bienestar de los habitantes.





ABSTRACT

The growing and not controlled phenomenon of expansion in cities of non-developed countries has left, as a result of the last decades, a great number of settlements with a deficit habitat. This is featured by the lack of urban services and therefore, it determines life quality of citizens.

The Housing and Comprehensive Habitat Improvement Program was born in 2012 and it is promoted by BID and executed by INVUR. This Program provides urban services (drainage and sewage network, flooring) to several neighbourhoods of intermediate cities in Nicaragua.

*In the present research we will analyse the interconnection between city and neighbourhood in five specific cases on the frame of the Program: **León, Chinandega, El Viejo, Matagalpa and Jinotega.***

The thesis is based on the achievement and discussion of alternatives to solve the lack of each of the sewage drainage network. Moreover, we will focus mostly in technical and economical criteria. In the end, the main goal is to compare the five studied cases to get some conclusions. Besides, we will evaluate the PIN impact to citizens in the neighbourhoods in water drainage and accessibility.

In the analysis of family expenses, the decrease of amortizes temporality in the sanitary infrastructures building process means a direct correlation with the existence of urban planning elements. These last ones are considered essential to achieve a proper integration of each neighbourhood with its own city.





AGRADECIMIENTOS

Al equipo del Banco Interamericano del Desarrollo, por permitir mi estadía en el Banco para el desarrollo del Trabajo, en especial a Martín Ardanaz y muy afectuosamente a Marc Pérez Casas, Consultor del BID y doctorante en la UPC, por abrirme las puertas de su casa, hacer posible esta investigación y enseñarme a disfrutar de mis estudios. También a todos los técnicos de las Municipalidades de El Viejo, León, Chinandega, Jinotega y Matagalpa por su apoyo en las visitas a los barrios y a las vecinas Maura Julia, de El Viejo, y Laura de Matagalpa.





ÍNDICE

I. Introducción	13
I.1. Objetivos del estudio	13
I.2. Estado del arte	13
I.3. Metodología	14
I.4. Cronograma.....	15
II. Situación urbana en Nicaragua	17
II.1. Contextualización del país	17
II.2. Programa de Vivienda y Mejoramiento del Hábitat PRO-HÁBITAT.....	18
II.2.1. Descripción	18
II.2.2. Casos de estudio	19
II.2.3. Desarrollo del Programa	19
III. Tecnologías de servicios urbanos	21
III.1. Tecnologías de saneamiento.....	21
III.1.1. Saneamiento autónomo.....	21
III.1.2. Plantas de tratamiento de Aguas Residuales (PTARs)	22
III.1.3. Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR).....	25
III.2. Tecnologías de pavimentación.....	26
III.2.1. UNICAPA.....	26
III.2.2. Adoquines de concreto	27
III.2.3. Concreto hidráulico.....	27
III.2.4. Parámetros de estudio	28
III.2.5. Conclusión:	30
III.2.6. Proyección temporal corto, medio y largo plazo.....	30
IV. Análisis de la Interconexión barrio-ciudad de las redes de servicios	33
IV.1. Caso de León y barrio Azarías H. Palláis	33
IV.1.1. Introducción	33
IV.1.2. Situación inicial infraestructura urbana	37
IV.1.3. Análisis de las soluciones para el Saneamiento.....	41



IV.1.4.	Análisis de la accesibilidad	45
IV.1.5.	Análisis de las soluciones al Drenaje Pluvial.....	46
IV.1.6.	Síntesis del análisis en el Caso Azarías H. Palláis	47
IV.2.	Caso de Chinandega y barrio El Limonal	49
IV.2.1.	Introducción	49
IV.2.2.	Situación inicial infraestructura urbana	52
IV.2.3.	Análisis de las soluciones para el Saneamiento	53
IV.2.4.	Análisis de accesibilidad.....	56
IV.2.5.	Análisis de las soluciones de drenaje pluvial.....	57
IV.2.6.	Síntesis del análisis en el Caso de El Limonal	58
IV.3.	Caso de El Viejo y barrios Bello Amanecer y Rosario Murillo	61
IV.3.1.	Introducción	61
IV.3.2.	Situación inicial infraestructura urbana	65
IV.3.3.	Análisis de las soluciones para el Saneamiento	67
IV.3.4.	Análisis de la accesibilidad	69
IV.3.5.	Análisis de las soluciones al Drenaje Pluvial.....	70
IV.3.6.	Síntesis del análisis en el Caso de El Viejo.....	72
IV.4.	Caso de Matagalpa y barrio Paz y Reconciliación.....	74
IV.4.1.	Introducción	74
IV.4.2.	Situación inicial de infraestructura urbana	77
IV.4.3.	Análisis de las soluciones para el Saneamiento	80
IV.4.4.	Análisis de la accesibilidad	83
IV.4.5.	Análisis de las soluciones para el drenaje Pluvial	84
IV.4.6.	Síntesis del análisis de Paz y Reconciliación.....	85
IV.5.	Caso de Jinotega y barrio Diriangén.....	86
IV.5.1.	Introducción	86
IV.5.2.	Situación inicial de infraestructura urbana	90
IV.5.3.	Análisis de las alternativas de saneamiento.....	93
IV.5.4.	Análisis de accesibilidad.....	99
IV.5.5.	Análisis de drenaje pluvial.....	102
IV.5.6.	Síntesis Diriangén	102

V. Comparación entre ciudades de la interconexión de las redes de servicios 104

V.1.	Interconexión de las redes de saneamiento	104
------	---	-----





V.1.1.	Situación topográfica	104
V.1.2.	Estado de la infraestructura actual	104
V.1.3.	Análisis técnico-económico	106
V.2.	Interconexión vial y mejora de la accesibilidad.....	108
V.3.	Interconexión de las soluciones al drenaje pluvial.....	109
VI.	Conclusiones	112
VII.	Bibliografía	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Tabla 2 y figura 1.- Comportamiento del Crecimiento a nivel Nacional y distribución de la población en Nicaragua.....	17
Figura 2.-Situación de las ciudades de Proyectos del Programa de Vivienda y Mejoramiento del Hábitat.....	19
Figura 3.-Vista en planta del desarenador	23
Figura 4.- Representación de la distancia de las plantas de producción a los municipios del proyecto	29
Figura 5.-Mapa de la expansión de León 1.....	33
Figura 6.- Situación Barrio AHP.....	35
Figura 7.- Expansión habitacional histórica de León de 1971 a 2008	36
Figura 8.- Centralidades del PME de León.....	37
Figura 9.- Vías de acceso al barrio Azarías H. Palláis.....	39
Figuras 5 y 10.- Mapa de las tres principales rutas interurbanas de autobús de León.....	41
Figura 11.- Alternativas de red de drenaje sanitario en El Limonal, Chinandega.....	42
Figura 12.- Zonas sin posibilidad de implantar la red de saneamiento	44
Figura 13.- Mapa línea de autobús Veracruz- Repartos Sur Este después del Programa	45
Figura 14.- Comparación de costes por familia de la A2 de red de saneamiento con la expansión poblacional prevista.....	47
Figura 15.- Localización del barrio El Limonal	49
Figura 16.- Mapa de usos del suelo, contextualización del barrio según las zonas de riesgo.....	53
Figura 17.- Mapa de alternativas de saneamiento	54
Figura 18.- Zonas del barrio que tienen diferentes direcciones de drenaje pluvial	58
Figura 19.- Amotización de la infraestructura sanitaria con el mantenimiento.....	59
Figura 20.- Contextualización municipio El Viejo y conurbación del área metropolitana	61





Figura 21.- Emplazamiento barrios Bello Amanecer y Rosario Murillo respecto al municipio de El Viejo	62
Figura 22.- Trama urbana no planificada	64
Figura 23.- Mapa de equipamientos básicos más cercanos a BA y RM y líneas de autobús de El Viejo	66
Figura 24.- Mapa comparativo de beneficiarios de alternativas de saneamiento	68
Figura 25.- Áreas de escorrentía de los barrios de El Viejo.....	71
Figura 26.- Temporalidad de la amortización de los costes por familia de la infraestructura sanitaria con el mantenimiento.....	72
Figura 27.- Contextualización física del municipio de Matagalpa	74
Figura 28.- Clasificación de la red hidrológica del municipio y del barrio (<i>PDU:Alcaldía Municipal de Matagalpa 2005</i>).....	76
Figura 29.- Esquema de síntesis de Potencialidades (<i>PDU Matagalpa</i>)	77
Figura 30.- Líneas de autobús de Matagalpa <i>PDU:Plan de Desarrollo Urbano de Matagalpa 2005</i>	79
Figura 31.- Alternativas de soluciones de saneamiento en Matagalpa para el barrio PyR.....	81
Figura 32 y Figura 33.- Canal de drenaje y obras de mitigación de PyR en planta y perfil	84
Figura 34.- Contextualización física del municipio de Jinotega.....	86
Figura 35.- Se diferencian tres zonas según las características físicas y sociales que presenta la ciudad de Jinotega. <i>Alcaldía de Jinotega, 2012</i>	87
Figura 36.- Plan de Desarrollo Urbano del sector C de 2005 " <i>Alcaldía Municipal de Jinotega, 2005</i> " ..	89
Figura 37.- Vías de acceso y rutas que llegan al barrio de Diriangén de Jinotega.....	91
Figura 38.- Distancia y acceso a los principales equipamientos básicos desde el barrio de Diriangén.	91
Figura 39.- Mapa de usos del suelo barrio de Diriangén, Jinotega.....	92
Figura 40.- Mapa de alternativas de saneamiento propuestas para el barrio de Diriangén	95
Figura 41.- Cobertura de usuarios de las diferentes alternativas de saneamiento.....	99
Figura 42.- Líneas de autobús que circulan por el barrio de Diriangén	100
Figura 43.- Zona inundable y direccionalidad de la escorrentía pluvial del barrio de Diriangén	102
Figura 44.- Amortización de la infraestructura de las diferentes alternativas planteadas para el saneamiento de Jinotega	103
Figura 45.- Comparación de los parámetros de control de las PTARs de las ciudades del Proyecto con el Decreto 35-95	105
Figura 46.- Comparación de los costes por familia de la solución de saneamiento elegida en las cinco ciudades	107
Figura 47.- Reducción de costes por familia de AHP de León con la expansión poblacional.....	108
Figura 48.- Áreas de desvío de la dirección de la red de drenaje hacia el exterior del centro urbano en El Viejo	111





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Cronograma de actividades del TFG	15
Tabla 2 y figura 1.- Comportamiento del Crecimiento a nivel Nacional y distribución de la población en Nicaragua.....	17
Tabla 3.- Inversión por familia en los cinco casos de estudio del Programa de Mejoramiento Integral del HÁBITAT.....	18
Tabla 4.- Comparación de parámetros del Decreto Nacional Nicaragüense 35-95 con el estado de las PTARS (<i>ENACAL 2010</i>).....	21
Tabla 5.- Tipología de tecnología de las PTARS de las ciudades de estudio.....	21
Tabla 6.- Alternativas tecnológicas de Saneamiento Autónomo	22
Tabla 7.- Descripción tipos de PTARS disponibles en Nicaragua	23
Tabla 8.- Costes de explotación y mantenimiento de la planta de tecnología Al'TA desglosados.....	25
Tabla 9.- Comparativa de las tres alternativas de pavimentación.....	28
Tabla 10.- Comparativa de uso adecuado de las alternativas de pavimentación según la infraestructura existente.....	28
Tabla 12.- Comparativa de instalación de planta de materiales en el barrio.....	30
Tabla 13.- Comparativa costes y características de las tres alternativas de pavimentación	31
Tabla 14.- Estado de los servicios de agua potable	37
Tabla 15.- Cobertura de la red eléctrica.....	38
Tabla 16.- Clasificación sistemas de saneamiento individuales existentes en AHP antes del Programa	38
Tabla 17.- Distancia y tiempo de acceso del barrio a los equipamientos básicos.....	39
Tabla 18.- Parámetros químicos de la PTAR de León.....	42
Tabla 19.- Costes construcción y mantenimiento de las alternativas de saneamiento desglosados....	45
Tabla 20.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa	46
Tabla 21.- Distancia y forma de acceso a los principales servicios básicos.....	53
Tabla 22.- Comparación de los parámetros químicos de la PTAR de El Cementerio con los del Decreto 35-95	54
Tabla 23.- Desglose de los usuarios a los que da servicio la EBAR de Carlos Fonseca.....	55
Tabla 24.-Desglose costes construcción y mantenimiento de las alternativas de saneamiento	56
Tabla 25.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa	57
Tabla 26.- Comparación del Decreto Estatal de Sanemaiento con el Funcionamiento de la PTAR de El Viejo- Datos 2010.....	67





Tabla 27.- Desglose de los costes de construcción y mantenimiento por familia de las alternativas de saneamiento de El Viejo.....	69
Tabla 28.- Tecnología PTAR de El Viejo.....	69
Tabla 29.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa	70
Tabla 30.- Comparación de parámetros de control de la PTAR de Matagalpa con el Decreto 35-95 (ENACAL 2010).....	80
Tabla 31.- Composición de la PTAR de Matagalpa	82
Tabla 32.- Costes de construcción y mantenimiento desglosados de las alternativas de saneamiento de PyR	83
Tabla 33.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa	84
Tabla 34.- Caracterización líneas de autobús de Diriangén al Mercado Central- HUB de Jinotega	92
Tabla 35.- Parámetros químicos PTAR de Jinotega	94
Tabla 36.-Costes desglosados de construcción y mantenimiento de alternativas de saneamiento	96
Tabla 37.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa	101
Tabla 38.- Comparación accesibilidad 5 ciudades	109
Tabla 39.- Conclusión económica y técnica de infraestructuras de saneamiento	112

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1,2 y 3.- Construcción de canales Jinotega. Pavimentación con concreto hidráulico en El Viejo y Construcción de la PTAR en León.....	20
Ilustración 2.- Acceso de vendedores ambulantes en El Viejo.....	70
Ilustración 3.- Antes del PMB aguas grises circulando por el barrio Paz y Reconciliación, Matagalpa. 80	
Ilustración 4.- Suelo limoso con alto nivel freático en Diriangén, Jinotega	88
Ilustración 5.- Resultados del Programa de accesibilidad de vendedores ambulantes con la pavimentación UNICAPA.....	101
Ilustración 6.- Estado de la PTAR de El Cementerio, en Chinandega.....	106
Ilustración 7.- Drenaje superficial a través de cunetas en El Viejo.....	110





ACRÓNIMOS

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BA	Bello Amanecer
CDI	Centro de Desarrollo Infantil
EBAR	Estación de Bombeo de Aguas Residuales
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INVUR	Instituto de la Vivienda Urbana y Rural
INIDE	Instituto Nacional de Información de Desarrollo
MTI	Ministerio de Transporte e Infraestructura
ONG	Organización No Gubernamental
PDU	Plan de Desarrollo Urbano
PRODEL	Fundación para el Desarrollo Local
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PVS	Pozo de Visita Sanitario
RM	Rosario Murillo
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería





I. Introducción

El presente estudio se basa en la **evaluación y discusión técnico-económica** de **alternativas** de los servicios urbanos, de **drenaje sanitario, pluvial y pavimentación**, en la **interconexión barrio-ciudad del Programa de Mejoramiento Integral del Hábitat**, ejecutado por el INVUR y financiado por el BID, en Nicaragua.

En concreto, en los 6 barrios de estudio de las **cinco ciudades** que se enmarcan en el **Programa de Vivienda y Mejoramiento del Hábitat** se realizará un **estudio de alternativas en soluciones de drenaje sanitario** en las que se evaluarán posibles alternativas a la solución seleccionada y ejecutada por el Programa de Barrios y se tendrán en cuenta tanto **criterios técnicos como económicos**. También, a nivel de **drenaje pluvial y accesibilidad**, una **evaluación de impacto** del Programa de Vivienda y Mejoramiento del Hábitat con la comparación de la situación inicial y el impacto final del Proyecto de cada barrio.

I.1. Objetivos del estudio

- ❖ Definir soluciones de drenaje sanitario alternativas a las ejecutadas por el Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat en los cinco proyectos de las ciudades del Programa.
- ❖ Analizar estas alternativas con criterios técnicos y económicos en busca de una solución integral que pueda dar uso no sólo al barrio beneficiado sino a la máxima cobertura poblacional posible, siempre considerando el objetivo a medio y largo plazo y analizando detenidamente las zonas de expansión previstas.
- ❖ Evaluar el impacto del Programa en cuanto a drenaje pluvial y la accesibilidad.

I.2. Estado del arte

El **crecimiento acelerado** de la población en los principales **centros urbanos** de **Nicaragua** ha puesto de manifiesto una realidad: la de los **asentamientos informales**. Definimos este último término como **“un conjunto de familias, agrupadas o contiguas, que no cuenten con acceso regular al menos a uno de los servicios básicos (agua potable, luz eléctrica y/o alcantarillado público) y que se encuentren en una situación irregular de tenencia del terreno”**. [Encuentro No. 99, 79-100, 2014 *TECHO-Nicaragua y la Universidad Centroamericana (UCA)*].

En concreto, este fenómeno se amplifica en las ciudades intermedias debido a que “la incidencia relativa de la falta de recursos **en los centros urbanos de tamaño medio** es superior a la de las grandes ciudades. Esto se puede atribuir al mayor dinamismo demográfico reciente de estas ciudades (principales receptoras de los flujos migratorios rurales) y a la mayor incidencia de empleo informal en sus economías [Brakarz, *Construir ciudades* (2002)].

La **crecimiento urbano** presenta una misma causa principal basada en la **emigración campo-ciudad** pero el momento histórico de explosión de este proceso es variable en función de su localización geográfica: “*Per exemple, a Europa aquest procés es va viure principalment a finals del segle XIX i, en molts llocs del sud d'Europa, no va existir fins ben entrat el XX. En els països llatinoamericans, en canvi, el pas del camp a la ciutat es va realitzar principalment en la segona meitat del XX i a Àfrica aquest procés s'està accelerant en les dos últimes dècades.* [Magrinyà, F. (2003)]





En la transición del campo a la ciudad, la necesidad de **funcionar en red** apareció rápidamente, aunque durante décadas los usos y prácticas continuaron siendo propias de una sociedad rural. “Els habitants arribats a les aglomeracions urbanes continuaven amb l'ús de les latrines per al sanejament i amb l'ús de les fonts naturals o pous d'aigua per a l'abastament. L'absència de xarxes de serveis urbans provocava una precarietat dels serveis pel fet que les latrines contaminaven els pous d'aigua i generaven malalties i epidèmies. A això s'afegia moltes vegades que les noves zones urbanes no disposaven de protecció enfront de les aigües pluvials, convertint-se en zones inundables. (MAGRINYA, 2003).

“En vista de que la problemática de la vivienda es compleja y de difícil solución y sumados a las grandes limitaciones de recursos del estado y al bajo nivel de la población, se requiere la creación de productos habitacionales que destinen los recursos de subsidios del Estado a los niveles de la población de más bajos ingresos, proveyendo soluciones habitacionales de bajo costo, acordes a sus niveles de ingreso y posibilidades de aportes o ahorros y a su capacidad de endeudamiento sin exposición al riesgo y adecuadas al cambio climático”. (INVUR 2013)

El caso de Nicaragua, en el siglo XXI, el Gobierno ha ejecutado Programas de vivienda de interés social, pero todavía a una escala muy pequeña comparada con los altos déficits habitacionales que enfrenta el país, así como algunas iniciativas piloto de mejoramiento de barrios.

En 2010 llega el Programa de Mejoramiento Integral del Hábitat, financiado por el BID y desarrollado por el INVUR, con el objetivo de contribuir a mejorar las condiciones de habitabilidad de la población de ingresos más bajos (1 a 3 salarios mínimos) a través de una gama de soluciones habitacionales y de mejoramiento de su entorno. Estas soluciones incluyen las viviendas nuevas de bajo costo, la autoconstrucción, el mejoramiento de vivienda y el mejoramiento integral de asentamientos informales.

Con los resultados de la investigación se espera poder complementar el Tesis de PÉREZ CASAS, M. sobre “Evaluación de las metodologías de intervención en asentamientos informales en ciudades intermedias en Nicaragua” que tienen el objetivo de **“mostrar con evidencia las buenas prácticas y las lecciones aprendidas que se han llevado a cabo en el desarrollo del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat, a nivel de pertinencia de las soluciones técnicas, eficiencia de las intervenciones e impacto sobre la población y sobre la ciudad. Y, por otro lado, demostrar con evidencia la necesidad y beneficios de establecer políticas públicas de prevención de asentamientos para avanzar a la proliferación de estos”.**[Pérez Casas, M. (2015)]

I.3. Metodología

Para adquirir los objetivos planteados en la presente investigación, se estudiará la intervención del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat (ProHábitat) ejecutado por el Instituto de Vivienda Urbana y Rural (INVUR), con préstamos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) y cofinanciado por el Gobierno de Nicaragua.

El estudio se desarrollará básicamente a través de la revisión bibliográfica y visitas a terreno. En particular, a través de las siguientes actividades:

- ❖ **Revisión de la información de base y las carpetas técnicas de cada Proyecto:** Se revisará la información brindada por las municipalidades al INVUR para la solicitud del proyecto, así como las carpetas técnicas de diseño de cada proyecto.





- ❖ **Revisión de la documentación municipal en relación al urbanismo:** Se solicitará y analizarán los Planes de Ordenamiento Territorial o Urbano, o similares, Planes Parciales, Diagnósticos urbanos, Reglamentos y Ordenanzas municipales sobre temas de urbanismo, etc.
- ❖ **Visitas de campo en los barrios:** Se llevarán a cabo visitas de campo constantes a los barrios para poder conocer de forma previa la situación social y técnica del barrio en algunos casos (como son Chinandega, El Viejo, Matagalpa y Jinotega) durante la propia ejecución de las obras físicas y en otros (como es el caso de León) posteriormente a la obra en su funcionamiento.
- ❖ **Entrevistas cualitativas a una muestra de familias:** se llevarán a cabo encuestas cualitativas a familias seleccionadas de cada barrio, con el objetivo de contar con **información directa de familias** y **conocer sus percepciones**, sus valoraciones y opiniones de forma más personal y directa. Se seleccionarán al azar, pero basado en criterios concretos para contar con variedad de opiniones, a 2 o 3 familias por barrio.

Es conveniente añadir que se ha contado con el **soporte del Banco Interamericano del Desarrollo** para realizar las visitas de terreno **acompañando al consultor** que está a cargo del Programa. También, que se contaba con la **aprobación y apertura de los Alcaldes Municipales** de los municipios de estudio, para poder brindar la información necesaria, atender las entrevistas y acompañamiento a los barrios.

I.4. Cronograma

La **temporalidad** correspondiente al estudio se compone de tres meses y medio aproximadamente. Los primeros tres de estudio en Nicaragua (de Marzo a Mayo) y dos semanas de redacción en la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). [Tabla 1]

Actividades	2015				
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Análisis del Estado del Arte					
Visitas de campo					
Revisión bibliográfica					
Entrevistas a muestra de familias					
Redacción Memoria TFG					
Elaboración de conclusiones					
Depósito del TFG					
Defensa TFG					

Tabla 1.- Cronograma de actividades del presente TFG



II. Situación urbana en Nicaragua

II.1. Contextualización del país

Nicaragua es un país localizado en **América Central**, limita al Norte con Honduras y al Sur con Costa Rica, tiene una extensión de 129.494 km² (similar a Grecia) y **clima tropical**¹.

La **población** registrada² en Nicaragua es de 5.142.098 con una densidad demográfica muy baja de 42 hab/km². La población no se encuentra uniformemente repartida, la gran mayoría se concentra en la costa pacífica y la zona central, quedando la costa atlántica prácticamente deshabitada. [Figura 1]

La tasa de crecimiento más elevada se efectuó entre los años 70 y 90 con un 3,57%, también una tasa promedio anual de crecimiento de 1.67% en los últimos 10 años como se aprecia en la [Tabla 2]

Tasa de Crecimiento			
Año	Población	n Años	Tc
1906	501849		
1920	633622	14	1.68%
1940	829831	20	1.36%
1950	1049611	10	2.38%
1963	1535588	13	2.97%
1971	1877952	8	2.55%
1995	4357099	24	3.57%
2005	5142098	10	1.67%



Tabla 2- Comportamiento del Crecimiento a nivel Nacional.

Figura 1. Distribución de la población en Nicaragua.

En Nicaragua los **inicios** de expansión poblacional descontrolada y en consecuencia de la creación de **asentamientos informales**³ fechan de los **años 70** con causas como la **emigración campo-ciudad** en busca de empleo o por **razones políticas**⁴ y ha sido agravado posteriormente por desastres naturales como el **Huracán Mitch** en 1998, el cual arrasó con la mayor parte centro-norte del país provocando importantes movimientos poblacionales en busca de refugio.

En la actualidad el **22% del país** está calificado en **categoría habitacional de asentamiento no regularizado**. Aunque aproximadamente el 80% del país se encuentra provisto de red de suministro de agua potable, sigue existiendo ausencia de el resto de servicios urbanos en gran cantidad de áreas urbanas del país. En concreto, en el momento solamente el 32%⁵ dispone de red de saneamiento.

¹ Clima tropical: La temperatura oscila todo el año entre 22 y 35°C pero con dos estaciones diferenciadas: Húmeda y seca. De Mayo a Noviembre época húmeda, con abundante lluvia de hasta 2000 mm³.

² Según el último Censo nacional de 2005, datos del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)

³ Asentamientos Informales: de forma simplificada, nuevos núcleos poblacionales en zonas no aptas para el desarrollo habitacional debido a la falta de redes de servicios urbanos.

⁴ Durante la dictadura de los Somoza se expulsó a los campesinos de sus tierras para apoyar la incipiente industrialización. Durante la guerra, especialmente la guerra Contra-Sandinistas, las fronteras, zonas de frente, quedaron despobladas, y muchos campesinos buscaron refugio en las ciudades.

⁵ Datos obtenidos del informe guía diagnóstico de ENACAL 2012





II.2. Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat- PRO-HÁBITAT

II.2.1. Descripción

El **Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat** es una intervención de **atención** a las **familias de menores recursos de Nicaragua** en soluciones habitacionales y **mejoramiento de barrios**.

El objetivo del Programa es contribuir a mejorar las condiciones de habitabilidad de la población de ingresos más bajos (1 a 3 salarios mínimos) a través de una gama de soluciones habitacionales y de mejoramiento de su entorno. Estas soluciones incluyen las viviendas nuevas de bajo costo, la auto-construcción, el mejoramiento de vivienda y el mejoramiento integral de asentamientos informales.

El Programa cuenta con un financiamiento total de 31,9 millones de U\$⁶, financiados por el **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)**, el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) y el Gobierno de Nicaragua, **ejecutado** a través del **Instituto de la Vivienda Urbana y Rural (INVUR)** y co-ejecutado por Entidades Auxiliares como Alcaldías Municipales, ONG u otras instituciones privadas calificadas. La meta del Programa es ejecutar 8.000 soluciones habitacionales entre mejoramientos de vivienda, módulos básicos progresivos y viviendas de interés social, y brindar 4.000 subsidios para **mejoramiento de barrios para aproximadamente 11 barrios del país**.

El Programa se divide en tres componentes. La primera y la tercera están destinadas a subsidios para soluciones habitacionales y a fortalecimiento institucional. La **segunda componente** se destina al **Mejoramiento de Barrios** con un subsidio de aproximado de **2.000U\$ por familia**. [Tabla 3]

El modelo de **financiamiento** relativo al Programa de Mejoramiento integral del Hábitat está basado en un cofinanciamiento entre: El **INVUR** con recursos del Programa (**BID**) en un **70%** del total y el **30%** restante lo asume la **Alcaldía**; normalmente **10%** son aportes de los **beneficiarios**.

La intervención en Mejoramiento de Barrios se basa en la **participación comunitaria** tanto en el **diseño** como en **aporte en mano de obra no calificada**, lo que permite mayor apropiación y sostenibilidad de la infraestructura ejecutada. Las obras financiadas incluyen redes de servicios de agua potable, **saneamiento** y energía eléctrica, **vialidad y drenaje pluvial**, alumbrado público, obras de prevención y mitigación de riesgo y habilitación de espacios sociales públicos.

	León	Chinandega	El Viejo	Matagalpa	Jinotega
Total/ familia	\$2.701,49	\$2.620,66	\$2.027,46	\$2.525,70	\$2.307,10
Saneamiento	38%	18%	28%	29%	38%
Pluviales	8%	21%	20%	22%	30%
Pavimentación	54%	62%	52%	38%	33%
Agua potable	-	-	-	13%	-

Tabla 3.- Inversión por familia en los cinco casos de estudio del Programa de Mejoramiento Integral del HÁBITAT

⁶ El Programa originalmente contemplaba 8 millones de USD de la *Dutch International Guarantees for Housing Foundation (DIGH)* con la garantía del Consejo Nacional de Hermanamientos Holanda Nicaragua (CNHHN), pero debido a la crisis internacional estos fondos no llegaron para complementar los subsidios con crédito. Este hecho no mermó las metas del Programa y los fondos provinieron de otras fuentes.



II.2.2. Casos de estudio

El Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat realiza su intervención en un total de once barrios localizados en 9 ciudades por toda Nicaragua.



Figura 2.- Situación de las ciudades de Proyectos del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat

El estudio se va a centrar en 6 barrios distribuidos en las cinco ciudades **de León, Chinandega, El Viejo, Jinotega y Matagalpa** entre la franja Pacífico, las tres primeras, y la región Centro-Norte del país, las dos siguientes. [Figura 2]

Las ciudades de estudio pueden agruparse a pares en función de sus características:

Los núcleos de franja Pacífico **León y Chinandega** y de región Centro-Norte **Jinotega y Matagalpa** tienen **características similares** en cuanto a población, tamaño y desarrollo económico⁷. Además, en la zona costera del pacífico a través de su **llana topografía las ciudades** presentan un crecimiento urbano muy expansivo, debido a que la tierra agrícola es fácilmente reconvertible en uso urbano. En cambio, en la región **centro-Norte**, ambas son ciudades **localizadas en zona montañosa**, delimitadas por montañas muy pronunciadas pero que el **crecimiento urbano** se encuentra **limitado** por la saturación del valle.

En el caso de **Matagalpa ya llegó a su límite de crecimiento horizontal** en dicho valle, por lo que busca cómo organizar su espacio interno y establecer nuevas áreas de expansión alejadas y discontinuas con su centro. En cambio, **Jinotega** todavía cuenta con área de expansión dentro de la parte llana de su valle y, hasta la fecha, la ocupación de laderas ha sido leve y más o menos controlada, por lo que cuenta con el reto y la oportunidad de planificar adecuadamente su ocupación a corto y medio plazo.

II.2.3. Desarrollo del Programa

El **Desarrollo de las obras** los Proyectos de Mejora en los barrios de estudio se inició a **inicios de 2014** y se prevé su finalización a lo largo del 2015. A día de hoy se encuentran ya **finalizadas** las obras del barrio de Azarías H. Palláis, en **León** y el resto de ciudades se encuentran en ejecución: **Jinotega y**

⁷ La economía en el Pacífico es la más proliferante del país y se compone a base de servicios, industria, turismo y agricultura extensiva. En cambio, en la zona Centro-Norte presenta una economía basada en ganadería y agricultura especialmente de café, granos básicos o tabaco.



El Viejo, tienen la **red interior de saneamiento, pavimentación** acabada y con más de un **55% del Proyecto global desarrollado**. En cambio, **Chinandega y Matagalpa** se encuentran en una fase inferior, esta última se encuentra en su **15% ejecutado**, en la fase de excavación de zanjas para la red de saneamiento.

Durante los tres meses de estudio, de Marzo a Mayo, se pudo observar y seguir los procesos de:

- Levantamiento topográfico de Matagalpa
- La excavación de zanjas de Chinandega, Matagalpa y Jinotega
- La pavimentación con concreto hidráulico en El Viejo y Chinandega
- Construcción de canales de Jinotega
- Fase de imprimación del pavimentado UNICAPA de Jinotega.
- Construcción de la PTAR de León.



Ilustración 1,2 y 3.- Construcción de canales Jinotega. Pavimentación con concreto hidráulico en El Viejo y Construcción de la PTAR en León.

III. Tecnologías de servicios urbanos

III.1. Tecnologías de saneamiento

En la situación global del país, la población urbana con acceso a servicios de tratamiento de residuales se estima en un 32%⁸. En cuanto a tipología de plantas utilizadas se estiman más del 55% de PTARs de tipología de Lagunas, aunque las restricciones presupuestarias y de obtención de terrenos, ha introducido la implantación exponencial de plantas de tratamiento a través de reactor anaeróbico.

En la actualidad, los efluentes de las PTAR en uso muchas veces **no cumplen** con todos los parámetros del **decreto 33-95** sobre todo en coliformes totales. [Tabla 4]

EFLUENTE	DBO ₅ [mg/L]	DQO [mg/L]	Coliformes fecales [NMP/100ml]
Decreto 35-95	110	220	1,00E+04
El Viejo	37	138	1,30E+07
El Cocal (León)	109	184	6,40E+05
Jinotega	139	208	
Matagalpa	119	210	
Chinandega	70,7	200	1.0E+05

Tabla 4.- Comparación de parámetros del Decreto Nacional Nicaragüense 35-95 con el estado de las PTARs (ENACAL 2010)

Las diferentes tecnologías de saneamiento y tecnologías auxiliares utilizadas en las **infraestructuras ya existentes en las ciudades de estudio** son las que se muestran en la [Tabla 5].

	Sistema	Unidades	Población servida	Conexiones	Caudal [m ³ /día]	Cuerpo receptor
Matagalpa	Lagunas Estabilización	2 anaeróbicas+2 facultativas+1 de maduración	32.288	6.432	6,826	Río Grande
Jinotega			43.700			Lago Apanás
Chinandega		2 módulos (primario + secundario)	28405	4370	3550,5	Río Acome
León /El Cocal	Lag. de Estabilización+ macrófitas	2 Prim +1 Secund + 2 macrófitas	31014	5169	3535	Río Chiquito
El Viejo	T. Imhoff + FAFA	2 módulos	17696	2528	1143	Río Viejo

Tabla 5.- Tipología de tecnología de las PTARs de las ciudades de estudio

Sin embargo existen otras tecnologías alternativas que se estiman en muchos países de alrededor de Nicaragua y que se han ido implementando en previas experiencias en el país:

III.1.1. Saneamiento autónomo

La opción más simple a nivel individual es el sistema de saneamiento autónomo, que significa la mejora de la letrina artesanal, la actual tecnología utilizada por la mayoría de usuarios.

⁸ Datos obtenidos del informe guía diagnóstico de ENACAL 2012





Se define como más simple debido a que **no conlleva la necesidad** de realizar una intervención integral del barrio o zona de estudio como es en el caso de las demás opciones tecnológicas.

Al contrario de las alternativas de redes de saneamiento, la implantación de este tipo de tecnología se lleva a cabo a partir de intervenciones a particulares y puede realizarse de forma progresiva en un barrio.

Las opciones consideradas se han extraído de un manual de opciones tecnológicas en el marco de la *iniciativa de Creación de Alianzas para el Fortalecimiento de las Capacidades Locales para el Saneamiento que se implementó en seis municipios en Nicaragua [Tabla 6].*

“Esta guía sirve además para conocer y dar a conocer los productos y servicios de saneamiento que se pueden ofrecer a las familias interesadas en adquirir un sistema sanitario mejorado mediante una inversión familiar y de esta manera informar adecuadamente a las familias y comunidades acerca de la o las opciones tecnológicas que más se ajustan a sus gustos, preferencias y a su realidad socioeconómica.”.- *Menú de opciones tecnológicas en el marco de la Iniciativa Creación de Alianzas para el Fortalecimiento de las Capacidades locales para el Saneamiento -Consultoría para el Banco Mundial de Marc Pérez Casas.*

		Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
		Tanque 450+zanja	Tanque 750+zanja	Tanque Séptico Plástico de 750 litros + Pozo de Absorción	Biodigestor de 600 litros + Zanja de inf	Conexión Alcantarillado Sanitario Público
Área	m ²	7	8,5	7,5	8,5	0,5
Mantenimiento	\$/año	aprox. 50\$		50 U\$	50 U\$	factura
Coste	Subtotal	266,95	432,42	499,13	673,07	
	Total	215,81	294,39	377,38	551,32	52,66

Tabla 6.- Alternativas tecnológicas de Saneamiento Autónomo

La **alternativa escogida** en los 5 casos del presente estudio es la **Opción 3**, de **Tanque Séptico de Plástico con pozo de absorción** debido a las características socioeconómicas de la población beneficiaria, los principales tipos de suelos, la pluviosidad abundante en las zonas de estudio y la disponibilidad de el servicio de suministro de agua existente en todos los casos de estudio. [Tabla 6]

III.1.2. Plantas de tratamiento de Aguas Residuales (PTARs)

Existen varios sistemas y tecnologías de tratamiento de aguas residuales, las cuales varían entre sí dependiendo del tipo de tratamiento que realizan, sus requerimientos, costos de inversión (de acuerdo al número de personas a las que va a servir), sus impactos ambientales, así como los costos de operación y mantenimiento. [Tabla 7]





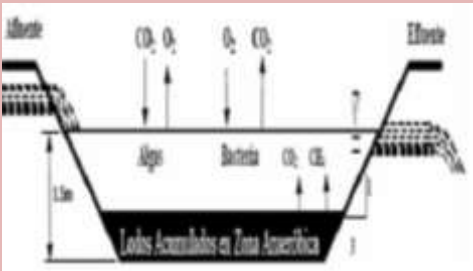

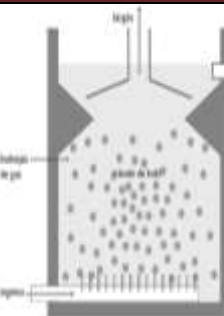
Tecnología	Uds.	A	B	C
		Lagunas de Estabilización	Tanques Imhoff	RAFA
Foto o esquema				
Tipo de tratamiento		Primario, secundario y terciario. Aguas residuales pueden ser aprovechadas		
Requerimientos de aplicación	Área mínima: Dist. Mín. a la población:	4 Ha 100 m	2 Ha 100m	3 Ha 100 m
Costo aproximado	[U\$/habitante]	301-1182	3347- 928	15013- 1714
Costes de operación y mantenimiento	[U\$/año]	15000-40000	5200- 10000	18750-20000

Tabla 7.- Descripción tipos de PTARS disponibles en Nicaragua

Sin embargo, en una PTAR, **todos los procesos de saneamiento** se desarrollan en **dos fases diferenciadas**: el **tratamiento preliminar, común** para todos los tipos de tecnología y una **segunda fase** que **varía según la tipología tecnológica**, que se define a continuación:

- 1. Pretratamiento:** es una fase común en todas las tecnologías de saneamiento existentes. Se basa en la eliminación de sólidos gruesos en suspensión, así como otros cuerpos flotantes⁹ mediante **rejillas de barras y desarenador** con la finalidad de protección contra la obstrucción de los posteriores sistemas de tratamiento, como bombas, registros, etc.



Figura 3.-Vista en planta del desarenador

Los dispositivos en el **tratamiento preliminar** están destinados a **eliminar o separarlos sólidos mayores o flotantes**, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento como grandes variaciones de caudal u obstrucciones a los equipos mecánicos y tuberías.

La separación de las barras de la rejilla se dimensiona en función del tipo de material a retener y del equipo a proteger. El espaciamiento entre barras en plantas de tratamiento de aguas residuales suele ser de 25 mm y la sección de las barras suele ser de 400 mm².

⁹ Como papel, paño, madera, plásticos etc.





Es común la construcción de **dos desarenadores en paralelo**, cada uno con drenaje, uno para **operación y el otro para mantenimiento**.

2. Segunda fase: En esta segunda el procedimiento varía según la tecnología, recursos y espacio disponible y características físicas del terreno. [Tabla 7]

A. Lagunas de facultativas y de maduración:

El tratamiento de las aguas residuales mediante sistemas de Lagunas es uno de los sistemas de mayor uso en el país. El objetivo más importante que consigue este tipo de tecnología es la eliminación de organismos patógenos: Sólidos Suspendedos, DBO y DQO.

El sistema de Lagunas se presenta como una solución **económica**, debido a que las aguas son **drenados por gravedad** y no requiere **ningún tipo de energía externa** para su funcionamiento, pero su construcción requiere una superficie más extensa y su TRH¹⁰ es de **2 semanas**, más largo que las demás alternativas. Además, su eficiencia es de hasta un 85% con una cifra de DBO₅ a la salida de 50mg/l.

Su mantenimiento se realiza a base de la extracción de algas para evitar la colmatación del sistema y tiene un **coste anual de 5,17\$/habitante**.

C. Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA)

Esta alternativa tecnológica se empezó a implantar en el país por parte de la empresa **AI'TA** (Aplicación e Investigación de Tecnología Apropriada) y cuenta con una tecnología basada en un proceso de **reactor Anaeróbico Híbrido de Flujo Ascendente (RAHFA)**, que es la combinación de un reactor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) acompañado de un depósito en ciénaga artificial de lirio acuático.

Esta tecnología elimina del 75-90% de la materia orgánica (DQO) y además **genera biogás**. Las salidas de **DBO₅ que se están registrando son de 30 mg/L¹¹** por cada 10³ coliformes fecales. El TRH¹² es de 18h. Se presenta como el sistema más eficiente para este tipo de temperatura. En casos excepcionales (que requieran una salida de aguas muy purificadas) se puede añadir un proceso de cloración que podría reducir el DBO hasta 25 mg/l.

El mantenimiento se basa en la limpieza del desarenador, extracción de lodos del reactor y mantenimiento del lirio acuático. La limpieza de los lirios **conlleva dos horas diarias de trabajo de un operario**.

Es un sistema que se está implantando recientemente a nivel nacional pero que resulta muy rentable debido a que:

- El coste de construcción es menor al de una planta PTAR tradicional, sobre todo con la reciente creación de reactores de fibra de vidrio exterior y bambú interior que reducen el precio a los tradicionales reactores de hormigón y también reducen la temporalidad de construcción.
- Requiere considerablemente menos de superficie disponible que el sistema de lagunas facultativas y de maduración, 33% a la requerida por la otra alternativa.
- Todas las aguas son drenadas por gravedad, por lo tanto, no requiere de equipos electromecánicos ni energía eléctrica para su funcionamiento.

¹⁰ Tiempo de retención hidráulica

¹¹ El Decreto 35-95 establece un máximo de 120 mg/L de DBO₅.

¹² TRH: El Tiempo de Retención Hidráulica es la duración del ciclo de la PTAR





- El **mantenimiento** es mínimo (se estima que la cuantificación monetaria de este coste puede ser 0,08C\$/m³).
- Es posible ampliar el número de conexiones de nuevos usuarios modularmente.
- El **biogás** extraído de la planta podría ser utilizado para como fuente energética para abastecer el alumbrado u otra fuente.

Este tipo de plantas **no producen olores desagradables** en la digestión, como en el caso de lagunas de estabilización, ya que cuentan con cámaras de digestión anaeróbica.

El coste de mantenimiento de una planta AITA con drenaje por gravedad es de **18,2 U\$/año por familia** teniendo en cuenta el mantenimiento de la instalación y el salario de los operarios. [Tabla 8]

Mantenimiento AITA	Coste anual : U\$/familia
Instalación	14,6
Salario técnicos	3,6
Total	\$18,20

Tabla 8.- Costes de explotación y mantenimiento de la planta de tecnología AITA desglosados

III.1.3. Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR)

En los diseños de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales es posible que se requiera **transportar estas aguas desde un punto a otro más alto topográficamente** lo cual no se puede lograr por medio de la gravedad. Por tal razón se requiere el diseño de **estaciones de bombeo de aguas residuales** dentro del proyecto para suplir esta necesidad.

Generalmente, estas estaciones de bombeo representan un costo muy significativo dentro del diseño del sistema de solución de saneamiento de una ciudad, sobretodo en la fase de explotación, por lo cual es importante considerar todas las alternativas posibles que existen y evaluar los costos y beneficios de cada una de ellas:

“Siempre que se diseña una estación elevadora y/o de bombeo, existen varias alternativas de combinación de tipo de bomba, potencia de bomba, diámetro de tubería de impulsión y material de tubería impulsión, las cuales cumplen con las condiciones hidráulicas de caudal de bombeo y altura estática entre los tanques aguas arriba (succión) y aguas abajo (descarga). Por consiguiente, el diseño de la estación elevadora y/o de bombeo debe buscar la alternativa optima económica de combinación de los diferentes diámetros y materiales de tubería de impulsión, potencia de las bombas y consumo de energía de estas a lo largo del periodo de diseño y que cumpla con todas las restricciones hidráulicas”. Lo expone las Empresas Públicas de Medellín E. S. P, 2009.

Además, existen varias empresas internacionales fabricantes de bombas para EBARs, pero para simplificar el trabajo de evaluación de alternativas que cumplan con los parámetros de diseño se tendrá en cuenta solamente una empresa fabricante. FRANKLING GOLD es la marca con la que trabaja la empresa global encargada de la gestión y suministro nacional de aguas ENACAL.

Normalmente la tipología de bomba utilizada en estaciones de bombeo son **bombas cinéticas centrífugas sumergibles**



Entonces, para el diseño de una estación EBAR óptima se deberá dimensionar el pozo húmedo y seleccionar la **bomba**¹³ adecuada en función de la capacidad (caudal bombeado), el material utilizado en la línea de impulsión y la altura total¹⁴ correspondiente, en este caso siempre será **PVC**.

Se procede según las variables que se presentan a continuación:

1. **Dotación diaria, factor de aprovechamiento y población de diseño:** para diseñar el caudal diario total.
2. **Relación entre diámetro y tiempo de bombeo diario:** para garantizar una velocidad de impulsión entre 0,5 y 1,5 m/s, lo más próximo a 1 m/s posible para garantizar la impulsión y evitar el aumento en altura manométrica por pérdidas lineales si la velocidad excede 1,5 m/s.

En la fase de explotación, el coste energético desarrollado por la bomba depende del balance entre el binomio de **potencia desarrollada y horas de impulsión diarias**. De ahí se determinan los KWH consumidos diariamente y se dividen entre el número de familias servidas.

Por lo tanto, para optimizar los costes del proceso, lo más conveniente es elegir la mínima potencia de bomba posible que garantice una velocidad de impulsión mayor a 0,5 m/s, para no tener mucha inversión inicial, pero sin exceder en horas de bombeo.

Se estima que los **costes de explotación** mensuales totales por familia variarán según las características topográficas del terreno y la distancia a bombear. Para una distancia **de 600 m con un desnivel de 7 m los costes aproximados por familia son de 41U\$/año**.

III.2. Tecnologías de pavimentación

Las alternativas de diseño estructural de pavimento que se han considerado en el momento de elegir la tipología de recubrimiento de cada proyecto del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat son las siguientes:

III.2.1. UNICAPA

El revestimiento UNICAPA es una estructura de pavimento que cuenta con **una sola capa**, construida utilizando el **suelo existente en la rodadura de un camino, mezclado y compactado con un porcentaje de cemento Portland ASTM C-91 Tipo M (11 a 20%)**. Este tratamiento tiene un **coste dos veces menor que el adoquinado** y moderadamente menor que el concreto hidráulico aunque es muy adecuado para vías y caminos con **un tráfico bajo**. Es muy utilizado en **caminos rurales** por su mejora respecto a la antigua adición de balastro en este tipo de terrenos ya que el coste es bajo y se obtiene una resistencia a compresión de **30 a 75 kg/cm²** en suelos finos y plásticos, como es el caso del suelo arcilloso-limoso que se presentan en las zonas de estudio.

¹³ Una bomba es un dispositivo mecánico el cual, mediante un eje rotatorio impulsado por un motor eléctrico, añade energía a un fluido provocándole movimiento y aumento de su presión. Las bombas se utilizan para impulsar líquidos a través de un sistema de tuberías. (Mott, 2006)

¹⁴ En los sistemas de bombeo generalmente la altura es la distancia vertical entre la superficie libre del agua y una cota de referencia. Sin embargo en los sistemas de bombeo se utilizan varios términos referentes a la altura como la altura geométrica, la altura de velocidad, la altura por las pérdidas de rozamiento, la altura por pérdidas menores y la altura total.





Ilustración 2.- Calle I antes y después de la capa de imprimación de Diriangén, Jinotega

El **procedimiento de mantenimiento** se lleva a cabo en **ciclos de cinco años** generando una nueva capa de **imprimación** a base de una **capa de betún, pedrín** y la capa superior de betún con **material 0**. [Ilustración 2] El coste se estima de **10 U\$ por familia**.

III.2.2. Adoquines de concreto

Los adoquines de concreto es una solución adecuada para soportar una carga de tráfico de **3000 psi** de resistencia a la comprensión simple, colocadas sobre una capa base de material seleccionado. Esta tecnología de pavimentación se caracteriza por tener mucha capacidad drenante, un aspecto muy positivo debido al clima en la región durante la época húmeda (de Mayo a Noviembre). Sin embargo, esta tecnología **sufre más la carga del tráfico que la losa de concreto hidráulico** debido a que **la tensión se distribuye en menor superficie** y por lo tanto aparece más concentrada.

En este tipo de revestimiento es indispensable el mantenimiento anual para conservar la pista de rodamiento, sus costes de mantenimiento son de término medio respecto a los costos de mantenimiento del asfalto.

III.2.3. Concreto hidráulico

Losas de concreto hidráulico para la capa de rodamiento, colocadas sobre una capa de base granular. Con mejoramiento debajo de fundaciones mínimo, dado que los asentamientos diferenciales se producen de forma uniforme y no afectan toda la pista, su mantenimiento es totalmente nulo, siempre y cuando se efectúen antes del pavimento, construcción de red hidro-sanitaria. La distribución de la carga del tráfico es mejor que en el caso del adoquinado por su mayor superficie.

El pavimento asfáltico no se consideró debido a que los costes unitarios eran muy elevados, de 50 \$/m², que el país no tiene trayectoria ni infraestructura productora de mezclas bituminosas y además requería una maquinaria muy especializada y consecuentemente la aportación comunitaria en la erección del revestimiento sería muy reducida o nula.

	Concreto hidráulico		Adoquinado		Tecnología UNICAPA: (Pavimento Unicapa de Alto Desempeño, PUAD)
	Pacífico	Norte	Pacífico	Norte	
U\$/m ²	21	40	30	50	16
Tráfico de diseño	Alto		Alto-medio		Bajo
Absorción peso vehicular	Buena: Gran superficie		Regular: Pequeña superficie		Regular
Vida útil	40 años		25 años		7 años
Mantenimiento	0		anual (poco costoso)		Cada 5 años

Tabla 9.- Comparativa de las tres alternativas de pavimentación

III.2.4. Parámetros de estudio

La decisión estratégica del tipo adecuado de alternativa aplicable en cada caso se toma en base a un estudio previo de la zona, una cuantificación de las distintas variables del entorno de la obra y de las alternativas propuestas: tales como tráfico, sub-rasante, disponibilidad de materiales, etc. También, su posterior entrada al proceso de cálculo de espesores mediante el método de AASHTO.

A continuación se evaluarán los factores decisivos en la toma de decisión:

1. Técnicamente: Infraestructura de servicios urbanos colindante:

En primer lugar se evalúa la infraestructura que contiene el barrio. Si toda la superficie a revestir ya contiene las redes básicas de saneamiento y suministro de agua potable entonces no se requerirá una futura incisión en el suelo y se podrán utilizar losas de concreto hidráulico. En cambio, si se prevé una futura apertura del suelo debido a la rehabilitación o adición de alguna red de servicios se estima más adecuado el uso de adoquinado o UNICAPA debido a que es fácilmente reparable.

Además, la instalación de UNICAPA, también se considera como un procedimiento progresivo de recubrimiento del suelo debido a que en su superficie es posible la instalación de otras tecnologías, como CH¹⁵ o Adoquinado, con el ahorro del tratamiento de la base y sub-base.

Con la falta de instalación de algún servicio	Concreto hidráulico	Adoquinado	UNICAPA
Uso adecuado	No	Sí	Sí

Tabla 10.- Comparativa de uso adecuado de las alternativas de pavimentación según la infraestructura existente

2. Económicamente:

Las variables económicas que se valoran son las siguientes:

2.1. Distancia a la fábrica de materiales

A nivel Nacional, existen dos fábricas de cemento: CEMEX situada en el municipio de San Rafael del Sur, se encuentra a 140 km de la zona Pacífica¹⁶ y a 190 km de la franja Norte¹⁷ y HOLCIM en Nagarte.

¹⁵ Concreto hidráulico

¹⁶ Los municipios de León, El Viejo y Chinandega

¹⁷ Los municipios de Jinotega y Matagalpa





Además, para la producción de concreto es requerida la adquisición de áridos (piedrín y arena) provenientes de la cantera de **Motastepe**, en Managua. Por esta razón, en las zonas más alejadas como la **parte Norte**, se intenta **reducir** al máximo la **cantidad de concreto** utilizado para **reducir costes**. Por ejemplo en el caso de Jinotega, solamente se utiliza concreto para la erección de los andenes y otros detalles menores ya que el recubrimiento utilizado es la tecnología UNICAPA que aprovecha el material del mismo suelo o áridos de canteras cercanas y no requiere el transporte de áridos desde Managua.



Figura 4.- Representación de la distancia de las plantas de producción a los municipios del proyecto

2.2. Facilidades en adquisición de material

En algunos casos, las Alcaldías disponen de descuentos en determinadas tecnologías de pavimentación y este factor disminuye los costes en materia prima y consecuentemente reduce el coste de la obra. Dos casos particulares que muestran esta situación son los municipios de Matagalpa y León.

En el municipio de León el ahorro en materia prima se materializa en $8,13\$/m^2$ de pavimentación lo que constituye un 25% del coste total. Por lo tanto, aparece como un factor relevante por su considerable reducción del coste total.

2.3.- Instalación de la planta en el barrio:

En el caso del uso de concreto hidráulico, el coste global varía de una empresa contratista a otra pero en algunos proyectos las empresas contratistas/ejecutoras deciden realizar la instalación de una planta provisional de concreto para reducir los costes de transporte debido a que el transporte en camiones revolvedores incrementa el coste considerablemente.

En el Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat, los municipios de León y Chinandega instalaron planta en el mismo barrio, sin embargo en el caso de El Viejo aprovechó la misma planta instalada en Chinandega pero incrementando su valor unitario $7,21\$/m^2$ por un tener que ser





transportado una distancia de 7 km desde la planta de El Limonal a los barrios de Bello Amanecer y Rosario Murillo.

	AHP	El Limonal	BA y RM
Planta	Sí	Sí	7 km
Coste unitario	23,47\$	19,94\$	27,06\$

Tabla 11.- Comparativa de instalación de planta de materiales en el barrio

III.2.5. Conclusión

A **nivel técnico** todas las ciudades del Programa cumplen con dispondrán de todas las redes de servicios (punto 1) por lo tanto, este factor **no** será **decisivo** en la elección del material a utilizar en casa caso.

El **factor económico** es determinante en la mayoría de los casos. Como se ha visto en la *Tabla 9* el material que presenta **mejores prestaciones** es la losa de **concreto hidráulico**, debido a su larga vida útil, de 40 años, y su **reducido** o nulo **mantenimiento**. Además, aunque la capacidad drenante de esta tecnología sea inferior a la del caso de adoquinado, en este caso no se considera relevante debido al diseño de la red independiente de escorrentía pluvial considerada en cada proyecto. Aún así, las condiciones económicas no siempre permiten el uso de este material y en algunos casos se opta por la elección de otra alternativa de coste inferior.

Los municipios que optaron por la alternativa de losas de concreto hidráulico fueron los proyectos de ciudades situadas en la **franja pacífico**, El Viejo, Chinandega y León, debido a sus ventajas en cuanto a su alto tráfico de diseño, mitigación del peso vehicular, su larga vida útil y sobre todo, su reducido mantenimiento (*Tabla 9*). También, el reducido coste de transporte, punto *2.1. Distancia a la Fábrica de Materiales*.

En el caso de León, aún y las facilidades de adquisición de material, expuestas en el punto 2.2, que reducía el coste un 25% seguía saliendo más rentable a corto y largo plazo el uso de concreto hidráulico [*Tabla 12*].

En cambio, el proyecto del barrio de **Paz y Reconciliación de Matagalpa** se eligió la alternativa de **adoquinado** debido a las facilidades económicas explicadas en el punto **2.2** con la reducción en materia prima.

Finalmente, el barrio de **Diriangén**, en el municipio de **Jinotega**, debido a su bajo presupuesto, por su alta inversión en la red de saneamiento, y su localización, zona Norte del país, por lo tanto, larga distancia hacia la fábrica de concreto (2.2), decidió aplicar la tecnología más económica como es el revestimiento UNICAPA.

El tipo de tecnología UNICAPA se considera como un tratamiento superficial progresivo en el cual permite, en una fase futura la colocación de una tecnología más especializada como adoquinado o concreto hidráulico en su superficie aprovechando las capas de base y sub-base del mismo UNICAPA.

III.2.6. Proyección temporal corto, medio y largo plazo

La solución de UNICAPA aparece como alternativa muy rentable a corto plazo por su reducida inversión inicial, aún así, sus costes de mantenimiento a medio y largo plazo incrementan mucho el coste en esta tecnología de pavimentación debido a que se deberá preceder a una tarea de mantenimiento cíclica cada 5 años.





		Concreto hidráulico	Adoquinado	UNICAPA
Coste	U\$/m ²	21	32,89	16
Vida útil	años	40 años	25 años	7 años
Mantenimiento		0	anual (poco costoso)	Cada 5 años
Corto Plazo	5 años	21	32,89	32
Medio plazo	10 años	21	40,5	48
Largo Plazo	25 años	21	65,78	96

Tabla 12.- Comparativa costes y características de las tres alternativas de pavimentación

Además de la evaluación de la parte técnico-económica también se han tenido en cuenta factores sociales como la aportación comunitaria y la intervención de organismos locales en cada proyecto. Por este motivo el pavimento asfáltico, que es el material de revestimiento más utilizado en todo el país, fue descartado debido a la necesidad de maquinaria muy especializada que reduciría la aportación de la comunidad local en mano de obra.



IV. Análisis de la Interconexión barrio-ciudad de las redes de servicios

IV.1. Caso de León y barrio Azarías H. Palláis

IV.1.1. Introducción

IV.1.1.1. Contextualización del municipio

La ciudad de **León** es el **segundo** centro urbano de **mayor población en Nicaragua**, con 184.669 habitantes¹⁸. Es la cabecera del departamento de su mismo nombre y conocida como la “ciudad universitaria”. Situada en la **franja este** del país, a 17 km de la costa pacífica y a una distancia de 92 km al Oeste de la capital, Managua.

De acuerdo a su posición geográfica, la ciudad limita: al Norte con las comarcas El Tololar y El Platanal, al Sur con las comarcas de El Almendro, El Chague y Las Chacras, al Este con las comarcas de Monte Redondo, Lechecuagos y Chacaraseca y al Oeste con las comarcas de Abangascas y El Obraje.

La ciudad se desarrolla sobre una superficie de aproximadamente 1.500 ha y presenta dos zonas: La zona más antigua de la ciudad, de características coloniales, se extiende en una planicie al norte del río Chiquito sobre una superficie de aproximadamente 525 ha y los nuevos asentamientos se han desarrollado en la periferia, principalmente en la parte Este y Sur. [Figura 5]

Administrativamente se compone de 15 barrios tradicionales, 20 barrios marginales, 8 residenciales, 94 barrios progresivos y 3 barrios densificados; para un total de 140, distribuidos en cuatro Distritos: Distrito Central, Sureste, Noreste y Oeste.

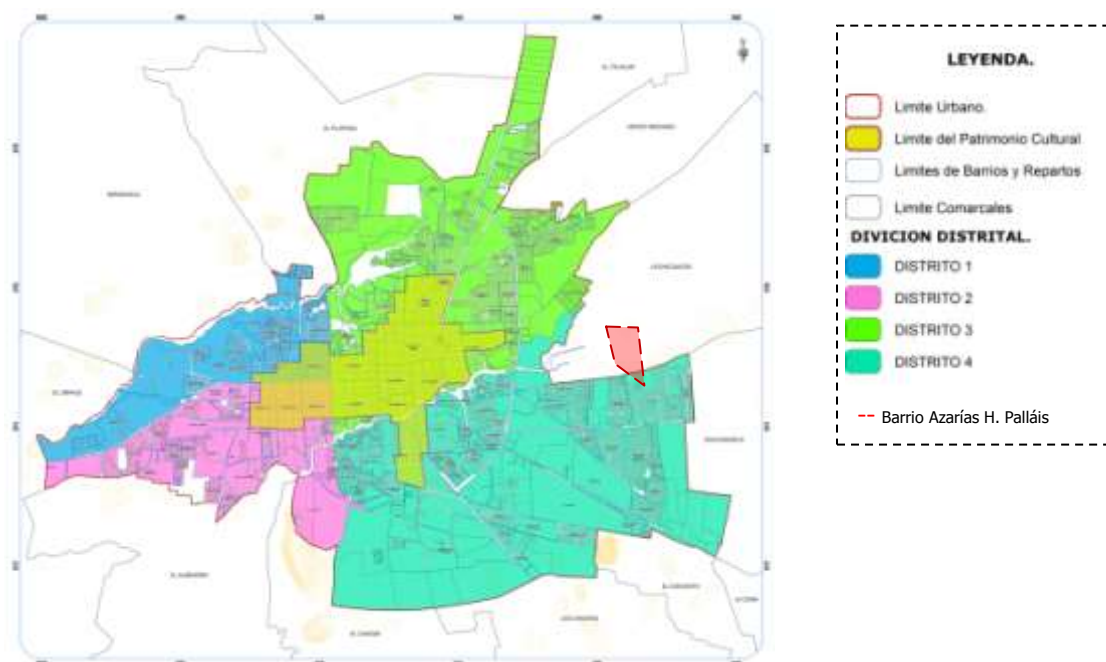


Figura 5.-Mapa de la expansión de León 1

¹⁸ Cifras de 2010





Por otro lado, en las **áreas de nuevo crecimiento** (Barrios constituyentes del Sector III [Figura 5] y demás **Barrios ubicados al Sur Este de la ciudad** requieren soluciones globales, debido al crecimiento de la población, en vista que se tendrá una alta tasa de densidad de población, según los planes de desarrollo de estas zonas.

La **tasa de crecimiento poblacional** del **1995 al 2005** fue del **18%** debido a las consecuencias del Huracán Mitch [Situación Urbana del país] y un **1,7%** anual de desaceleración en la última década.

IV.1.1.2. Contextualización del barrio

El barrio de Azarías H. Palláis se localiza en el **sector III del distrito 4**, situado al este del Municipio de León, y a su vez limita con el casco urbano consolidado de la Ciudad de León. [Figura 5]

El barrio a pesar de no encontrarse dentro del casco urbano consolidado, se **encuentra en zona** cuyo uso de **suelo** está **destinado**, según el plan crecimiento de la ciudad, a **desarrollos urbanos**. El barrio limita al Norte con el Reparto Mariana Sansón, al este con el Reparto Antenor Sandino Hernández, al norte con Campos de la Escuela de Agricultura de la UNAN- León y al oeste con el Reparto Salomón de la Selva.

El Barrio Azarías H. Palláis, fue formado como parte del **proyecto de la Municipalidad en habilitar toda la zona Sur- Este de la ciudad**, para lotificaciones (Proyectos de Vivienda). Por lo que su formación (emplazamiento) está acorde con las zonas establecidas como aptas para el crecimiento habitacional, en el Plan que regula y ordena los usos del Suelo del Municipio en sus áreas urbanas.

IV.1.1.3. Contextualización en el marco del Programa

El Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat da una **cobertura** total al barrio Azarías H. Palláis incluyendo **703 lotes**. Además, el **dimensionamiento** de los colectores de la red sanitaria se ha hecho en base a la proyección de todo **el sector III de la zona de expansión de León Sur-Este**, por lo tanto ha sido dimensionada con una capacidad de hasta **4590 familias**.

El Programa de Mejoramiento integral del HÁBITAT proveerá al barrio de servicios de pavimentación y red de drenaje pluvial y sanitario.

IV.1.1.4. Descripción y características del barrio

El barrio cuenta con una extensión territorial de 25,99 ha, que conforman 686 lotes de terrenos, en los cuales existen construidas 480 viviendas (70% de densidad en viviendas), que alberga una población **actual de 2.381 habitantes** en el barrio y una densidad Poblacional de 91 hab/ha.

El Barrio está dividido físicamente en 2 Sectores por medio de la Avenida Principal del mismo que separa el Sector Norte del Barrio con el Sector Sur, así como también por el retiro de derecho de vía y servidumbre de la Línea de Alta Tensión que corre de Noroeste a Sureste; cabe destacar que el Sector Sur es el que se encuentra mayormente consolidado y con mayores índices de viviendas y familias habitando el Barrio.

El Barrio Azarías H. Palláis se caracteriza por poseer una **trama regular bien definida**, con lotes uniformemente dimensionados de 10 x 15 m, oscilando las áreas de lote mínimo en 150m².



Las calles del barrio también han sido diseñadas y conformadas de forma uniforme y coherente, caracterizándose por el trazado de 1 Avenida principal que conecta y comunica al Barrio con la Carretera y de 4 arterias o Avenidas secundarias internas del Barrio y a su vez hacen de conectoras con el resto del sistema de calles del Barrio.

Los derechos de vías disponibles en Avenidas oscilan en 12m de ancho y de 10 m en los sistemas de Avenidas y calles.



Figura 6.- Situación Barrio AHP

IV.1.1.5. Estudio físico del terreno

El casco urbano presenta una modesta **pendiente de (1.5%)** en dirección Este-Oeste, entre las cotas de 120 y 60 metros sobre el nivel del mar (msnm). **Los ríos Chiquito y Pochote** constituyen los accidentes hidrográficos más destacados.

En general el sector León Sur Este es bastante plano con una pendiente promedio que **no supera el 3%**, cuya pendiente va en su mayor parte de norte a sur, exceptuando el área norte del Barrio Rubén Darío que drena en dirección del Río Chiquito.

Los suelos predominantes superficialmente son **poco aprovechables**: están conformados por **limos orgánicos (OL)**(plasticidad media y consistencia media-baja (dependiendo de profundidad)). Subyace de este estrato un estrato de suelo **arenoso-limoso (SL)**.

IV.1.1.6. Integración del barrio con la ciudad formal vs planificación urbana

Son destacables las buenas prácticas sobre el plan de política habitacional que lleva desarrollando la municipalidad en los pasados años ya que esta ciudad actualmente no cuenta con **asentamientos informales**. Este hecho se debe a la intervención de planificación y expansión habitacional que ha desarrollado la Alcaldía Municipal de León desde mediados de los años 90 con la elaboración del **Plan**



Maestro Estructural (PME) en coerción con organismos no gubernamentales. Ejemplos de éstos podrían ser: Hábitat para la Humanidad, FUNDAPADELE, Cáritas o el mismo Programa PRO-Hábitat financiado por el BID, en la actualidad están desarrollando sus proyectos en conjunto con el Programa del Instituto de Vivienda Urbana y Rural (INVUR).

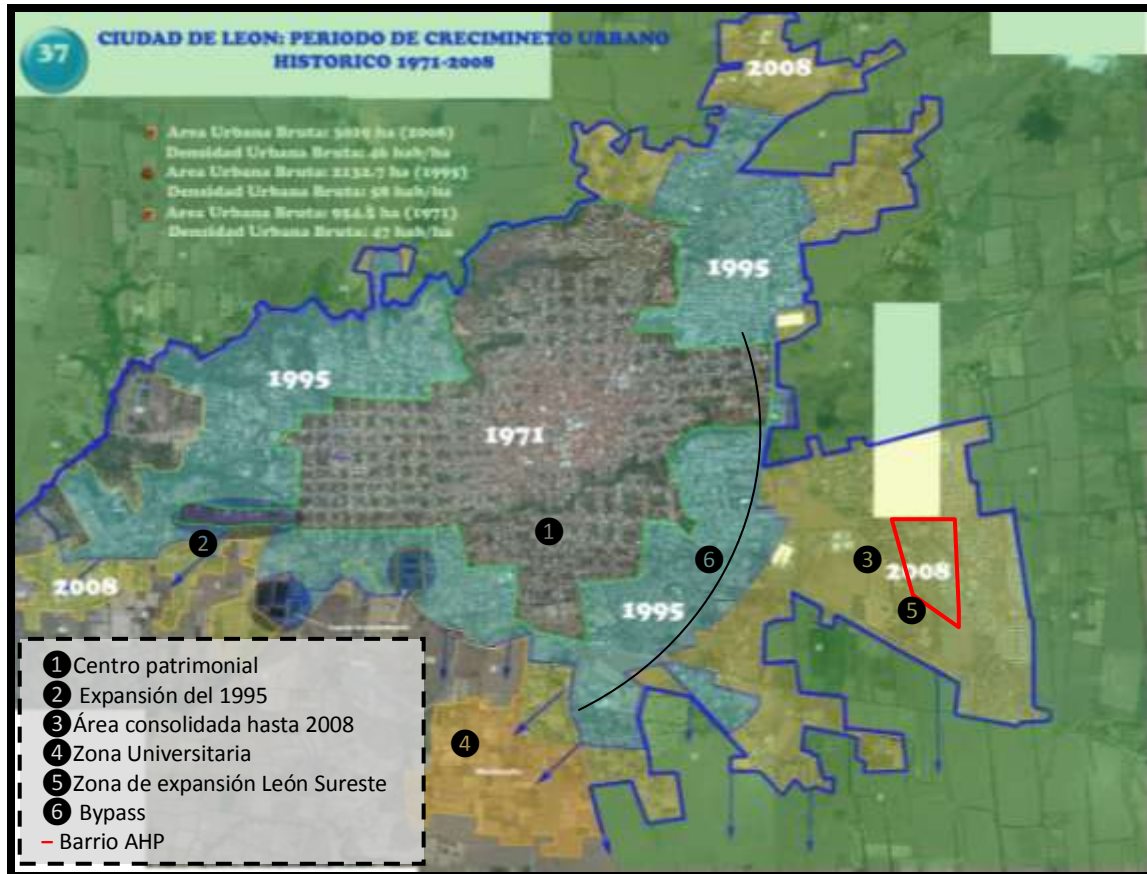


Figura 7.- Expansión habitacional histórica de León de 1971 a 2008

El PME¹⁹ definió la visión de una ciudad futura con tendencias de expansión hacia la periferia de forma extensiva, las zonas de expansión presentadas se caracterizaron por diferentes densidades (30 – 50 lotes/ha) y se localizaban principalmente en las afueras de la ciudad consolidada. Esta franja queda delimitada por el “nuevo” by-pass, que fue creado para desviar el transporte pesado y la carga comercial del centro urbano, previendo así una expansión horizontal de la ciudad en sus cuatro direcciones. [Figura 7]

Además, el barrio de AHP se encuentra perfectamente integrado en el sector León Sur-Este debido a que la trama urbana de la ciudad **presenta integridad vial**. En concreto, **el barrio internamente contiene calles perfectamente articuladas y además la trama urbana contigua presenta continuidad**. Las calles coinciden.

El PME define el barrio de estudio AHP dentro del distrito IV donde define un subcentro de desarrollo poblacional.[Figura 8] En el que favorecerá la conectividad con otros subcentros proyectados en la ciudad y con el centro histórico.

¹⁹Plan Maestro Estructural de León



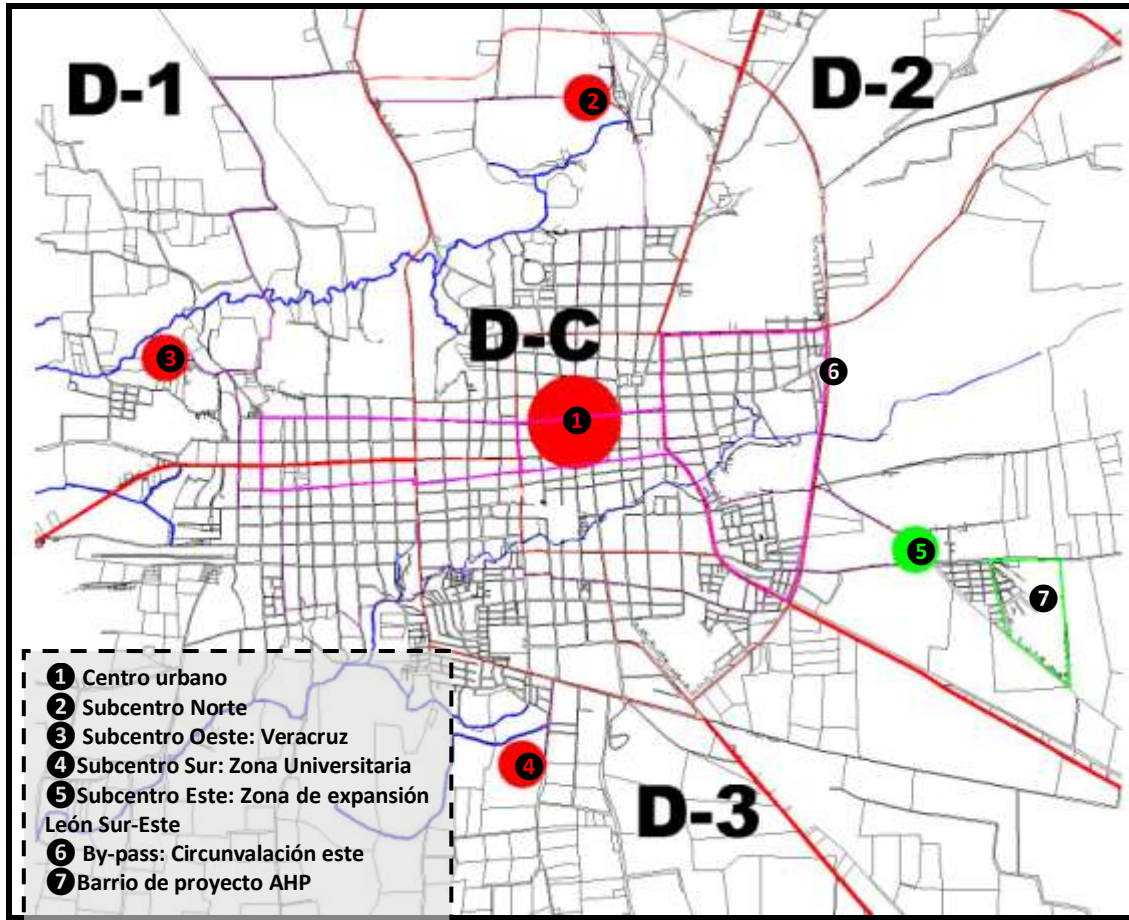


Figura 8.- Centralidades del PME de León

IV.1.2. Situación inicial infraestructura urbana

El barrio **dispone** de servicios básicos de suministro de **agua potable, sistema de distribución de energía eléctrica, alumbrado público y recogida de residuos.**

Los servicios urbanos que el barrio **no dispone** y que serán provistos por el Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat son el sistema de **saneamiento sanitario, pavimentación y drenaje pluvial.**

En cuanto a la forma en que el sector III es provisto del servicio de **agua potable [Tabla 13]** el 99,72 % está conectada a la red pública, únicamente dos viviendas están conectadas al vecino situación que es anormal. Además, del total de viviendas conectadas al sistema público el 31,05% tienen medidor, contra un 62.85% que están conectadas de forma directa se identificó que un 6,10% tienen conexiones ilegales.

Conexión	Familias	Porcent
Red Pública	699	99,72%
Vecino	2	0,28%
TOTAL	701	100%

Tabla 13.- Estado de los servicios de agua potable





El Barrio posee el **mayor índice de conexiones ilegales** de **Sistema de Distribución de Energía Eléctrica domiciliar** de la zona con un total de 21,95% de las familias. [Tabla 14] En lo que respecta al Sistema de Alumbrado Público y al sistema de recolección Municipal el Barrio cuenta en su totalidad de cobertura. La recolección se efectúa a través de camiones con una frecuencia semanal.

	Familias	% del barrio
Conexiones legales	313	78,05
Conexiones ilegales	88	21,95

Tabla 14.- Cobertura de la red eléctrica

En la actualidad Azarías H. Palláis **no dispone** de red de saneamiento, las viviendas funcionan a través de sistemas **saneamiento autónomo** mayoritariamente con el uso de **Fosas sépticas**, aunque el uso de **letrinas artesanales** sigue estando presente en el barrio con una distribución como la que vemos en la [

Tabla 15].

Unidad de Saneamiento	Azarías H Palláis
Fosa Séptica	91,27%
Letrina	6,73%
No tiene	0%
Sumidero	2,00%
Total	100.00%

Tabla 15.- Clasificación sistemas de saneamiento individuales existentes en AHP antes del Programa

El **acceso** rodado al barrio AHP es posible a través de **dos ejes**:

El **primer eje** de acceso es el camino que une la población de La Ceiba y la Paz con la ciudad de León. Da acceso al barrio AHP por la parte sur a través de la vía del departamento de Santa María y lo une con el casco urbano a una distancia de 2,5km y con el centro de patrimonio histórico 3,7km. Esta vía se encuentra **adoquinada** pero el tramo de acceso a la vía desde el barrio no dispone de ningún tipo de revestimiento.





El **segundo eje** da acceso desde la parte norte del barrio y comunica con el casco urbano, con el barrio de la Arrocería, pasado la vía de circunvalación o by-pass en una distancia de 1,7 km y el casco histórico a una distancia de 3,7 km. Esta vía **se encuentra pavimentada** y es la que se encuentra en mejores condiciones de las dos disponibles.

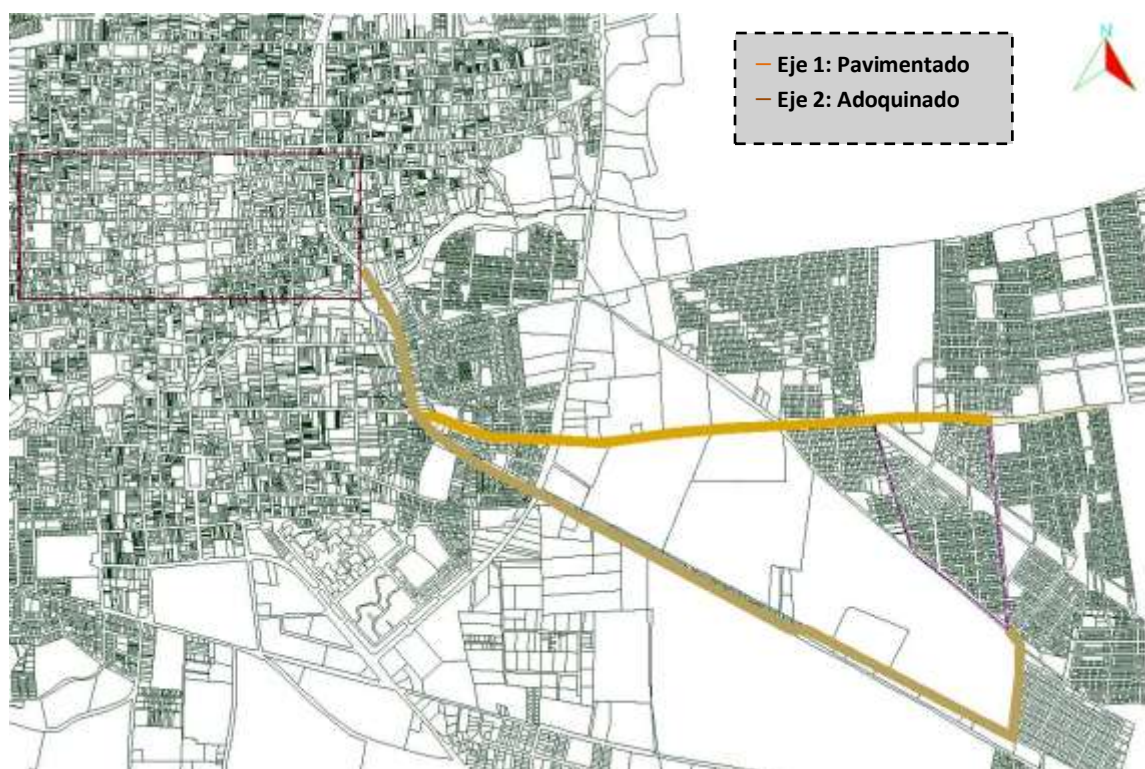


Figura 9.- Vías de acceso al barrio Azarías H. Palláis

Están proyectados en el Plan Maestro Estructural fortalecer estos ejes ya que se designó en el área un subcentro de expansión y el objetivo es la comunicación entre estos subcentros (ver IV.1.1.6)

La **distancia** del **barrio** a los principales **equipamientos básicos** es la que se ve a continuación en la [Tabla 16].

	Distancia ²⁰	Tiempo trayecto ²¹
Mercado	3,2 km	700 m + 30 min
Centro de salud	En el barrio	15 min
Escuela primaria	En la zona de expansión	15 min
Universidad	4,4 km	700 m + 45 min
Zona deportiva	En el barrio	
Iglesia	800m	15 min
Estación central: La terminal	3,6 km	700 m + 30 min
Zona industrial: ENATREL	1 km	20 min

Tabla 16.- Distancia y tiempo de acceso del barrio a los equipamientos básicos

²⁰ Distancia medida desde un punto intermedio al barrio, puede llegar a ser 300 m más.

²¹ La distancia hasta el bus es de un radio máximo de 700 m o 15-20 min a pie.





El barrio AHP está conformado por pequeños negocios, vendedores ambulantes, mercaderes instalados en centros de expendios, los cuales se dedican a comercializar todo tipo de productos en mini-tiendas, ropa, ventas de alimentos, pulperías, bisutería y otros. El barrio se encuentra muy próximo a la zona deportiva y a la iglesia, la más próxima al barrio se localiza en el Sur del Departamento Rubén Darío, muy próxima a AHP, los vecinos acuden a pie.

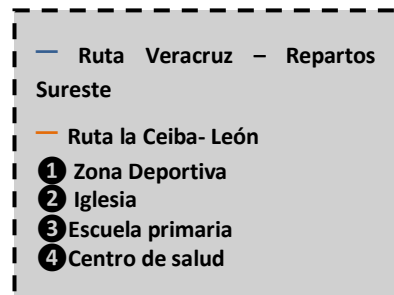
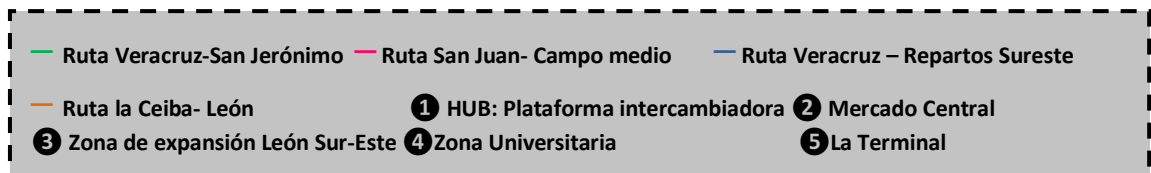
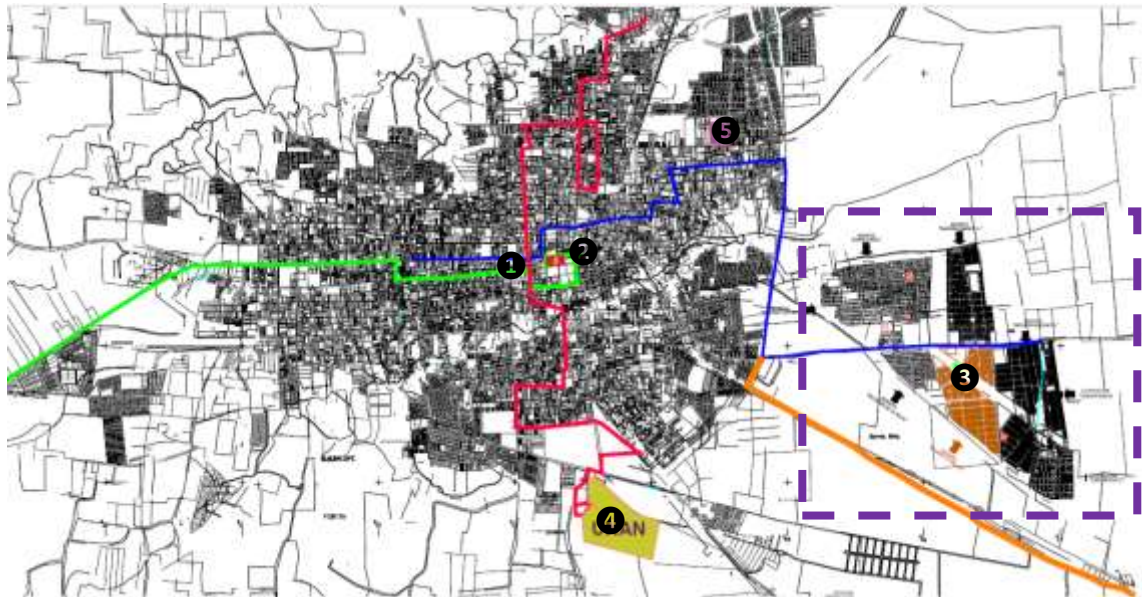
Además, León es conocida por ser **ciudad Universitaria**, así como se menciona en la descripción del barrio. Existen diversos edificios universitarios alrededor del centro histórico aunque la zona Universitaria con la UNAN, la Universidad más importante de la ciudad, se encuentra a 4,4 km de distancia. Accesible desde el barrio con la **ruta hacia la terminal** y cualquiera de los autobuses intermunicipales dirección sur.

Muy cercano al barrio se encuentra **la zona industrial ENATREL** que junto a la venta ambulante, se establece como la principal fuente de empleo de los habitantes del barrio.

Todos los autobuses intermunicipales que unen León con el resto de municipios salen desde la estación central de autobuses llamada **La Terminal**. Se encuentra en la zona noreste del centro histórico de la ciudad, a una distancia de 3,6 km del barrio. Por lo tanto, habitantes de AHP si quieren desplazarse a Managua (Sur) o a Chinandega (Norte), son los destinos más frecuentes, tienen que acudir a La Terminal. El principal acceso es con la **Veracruz- Repartos Sureste** (línea azul en la [Figura 5]), desde la parada de autobús más cercana al barrio (a 700m) tiene una duración de 30 minutos de trayecto y una frecuencia de 20-30 minutos.

Como se aprecia en *Figura 5.-* existen tres líneas principales de autobús que circulan desde todos los ejes y se juntan en un HUB (plataforma central) que coincide con el mercado Central. Todas las líneas de autobús interurbanas tienen un coste de 4C\$ por trayecto.





Figuras 5 y 10.- Mapa de las tres principales rutas interurbanas de autobús de León

IV.1.3. Análisis de las soluciones para el Saneamiento

Previamente al estudio del diseño de la red exterior y la tecnología de tratamiento de aguas residuales se realizó **diagnóstico inicial** de la situación en el que se **analizaron el estado infraestructuras existentes** y su posible ampliación hacia la cobertura del barrio. Se realizaron las premisas siguientes:

1. **Parámetros físicos:** se determinó una **distancia muy grande, de 2,5 km**, desde la red interior del barrio hasta la red central. Topográficamente el terreno se muestra prácticamente llano, por lo tanto, se requieren **diámetros de tubería muy grandes** para que el sistema pueda



drenar por gravedad. Este factor que hace aumentar considerablemente el coste de construcción.

2. **Crecimiento poblacional:** La zona urbana en la que está situado el barrio está proyectada como **zona de expansión**, por lo tanto la población de diseño será superior a la población actual y tendrá su consecuente proyección.
3. **Estado de la planta de tratamiento:** no favorece la situación debido a que se encuentra prácticamente **colmatada**. Por lo tanto, no permite ampliar su cobertura con la conexión de nuevos usuarios. [Tabla 17]

EFLUENTE	Caudal tratado	TRH	Sol.Susp	DBO ₅	DQO	Coliformes fecales
	[m ³ /año]	días	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[NMP/100ml]
Decreto 35-95	Valores máximos		100	110	220	1,00E+04
El Cocal (León)	5674290	19,6	101	40,3	184	6,40E+05

Tabla 17.- Parámetros químicos de la PTAR de León

Se presentan diferentes alternativas en función de diferentes criterios técnico-económicos: [Figura 11]

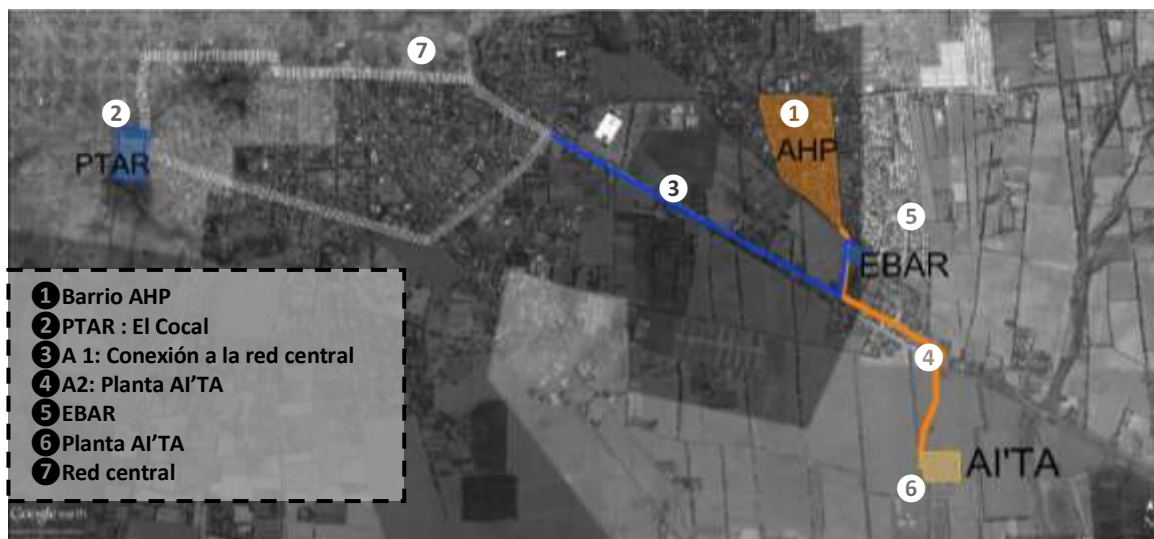


Figura 11.- Alternativas de red de drenaje sanitario en Azarías H. Pallás, León

A0. Alternativa 1: Conexión a la red central

La **alternativa más sencilla** a nivel técnico y económico propuesta fue la de aprovechar las infraestructuras existentes y conectarse a la red central. Se necesitaría construir un colector de **3,1 km** de longitud que llegase al punto de conexión de las lagunas conocidas como "La Curva".

La **planta existente** utiliza un sistema de **lagunas de estabilización** con dos lagunas primarias y una secundaria y dos macrófitas, cuenta con 5.169 conexiones, una cobertura de 31.014 habitantes y las aguas tratadas son abocadas al río Chiquito. [ver Página 21]

Aún así, como expresa la primera premisa, las propiedades del terreno no son las idóneas para realizar este tipo de conexión ya que se trata de una superficie con un desnivel muy bajo y por lo tanto





con el requerimiento de diámetros de tubería muy altos para conseguir que el volumen de aguas residuales drene por gravedad hacia la planta de tratamiento.

Otra opción planteada fue la de realizar **un bombeo desde la salida del barrio hasta la planta de tratamiento** de El Cocal (que abastece a un tercio de la población de la ciudad) con la consecuente instalación de una planta **EBAR**. Se bombearía por la zona sur del sector III con un equipo de bombeo de dos bombas de 7,5 CV en paralelo. Esta opción se descartó debido al riesgo que podía conllevar el intento de conexiones directas por parte de las zonas por las que pasa el colector ya que debido a que el colector circularía a una presión muy elevada el riesgo de daño sería elevado. También, esta solución incrementaría el coste de explotación debido al constante consumo de energía eléctrica para realizar el bombeo.

A1. Alternativa 2: Nueva planta AI'TA

La segunda alternativa planteada, que da respuesta a las tres premisas generadas, es la de la **construcción de una nueva planta de tratamiento con tecnología AI'TA** en un terreno adquirido por el municipio en la zona sureste del barrio.

El terreno tiene una **superficie** total de 4 Ha, de las cuales solamente se haría uso de **0,5 Ha** en el diseño inicial para la cobertura del barrio de Azarías H. Palláis pero las demás quedarían disponibles para futuras ampliaciones de la planta.

Esta nueva planta utilizaría el **sistema de tecnología** provisto por la empresa **AI'TA** basado en un modelo de **tratamiento** combinado **anaeróbico** solo para los 703 lotes del AHP²², en base a dos reactores de 200 m³ cada uno de forma esférica, desarenadores, sistema electromecánico de control de la planta y un sistema de humedales o Ciénaga de lirio acuático. [ver *Página 21*]. Este sistema de tratamiento **no** requiere de altos **costes de mantenimiento ni de elementos electromecánicos**, ni aplicación de compuestos químicos o bacteriales, así como tampoco de personal altamente calificado, pueden encargarse dos personas del mantenimiento de dos plantas. Además, es modular por lo que la inversión con fondos del Programa cubrirá a los 703 lotes del AHP con la posibilidad de ampliarse cuando se vaya completando el resto de barrios del sector.

Las conexiones mínimas requeridas para poner en funcionamiento la planta son 150, por lo tanto un 20% de los beneficiarios del Programa en AHP.

Análisis comparativo

Las **dos alternativas** fueron consideradas con **una visión integral a largo plazo** teniendo en consideración la **cobertura** de no sólo los 708 lotes actuales del barrio AHP **sino todo el área de expansión León Sur-Este** (4590 lotes).

En ambos casos se consideraron unos **diámetros de tubería sobredimensionados para AHP pero adecuados para abastecer** a toda la expansión prevista del sector III, por lo tanto, **6 veces mayor al barrio AHP**.

Todo el sistema global drenaría por gravedad hasta el barrio AHP donde convergería con el colector de la red externa hacia la planta de tratamiento AI'TA. Existen dos áreas ubicadas topográficamente

²² Azarías H. Palláis: Barrio del Proyecto del Programa de Mejora de Barrios desarrollado por el INVUR y financiado por el BID.





más bajas y las que no es posible su drenaje por gravedad hacia el colector central. Estas áreas corresponden al 2% de la población total del proyecto, se estiman 40 viviendas para el Dpto. Rubén Darío y 14 para María Samson, por lo tanto se les podría abastecer con sistemas de tratamiento individuales²³.

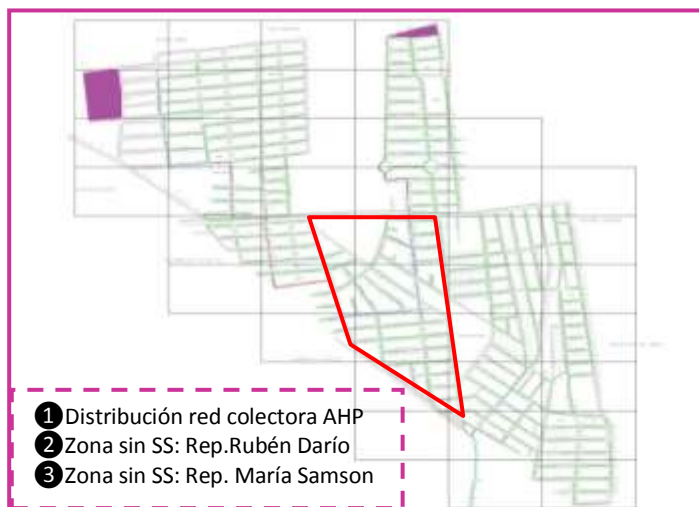


Figura 12.- Zonas sin posibilidad de implantar la red de saneamiento

La primera alternativa generaría un número mayor de beneficiarios indirectos ya que significaría la limpieza de la PTAR existente que actualmente abastece a un tercio de la población de León pero que se encuentra colmatada. Por otro lado, se genera un efecto túnel²⁴ debido a que los barrios colindantes no se pueden beneficiar de conexiones a esta infraestructura debido a que el diámetro no lo permitiría. Por lo tanto, los barrios cercanos deberían construir una nueva infraestructura paralela. Este factor no favorece el diseño integral del proyecto.

Además, la **A1**²⁵ se presenta un **coste de construcción y mantenimiento** más elevado. La diferencia entre costes de construcción de las dos alternativas son prácticamente despreciables con solamente un 3% más la A1 debido a la cantidad de metros de tubería necesarios para unirse con la red central en el PVS ubicado en la entrada al reparto La Arrocería (costado Norte del Restaurante Caña Brava). En cambio, los **costes de explotación y mantenimiento** de la **A1** son **tres veces superiores a la A2** debido a que el bombeo de las aguas residuales que genera un consumo eléctrico mensual fijo bastante elevado. [Tabla 18]

Además, con la **expansión poblacional se reducirían los costes por familia hasta un 43%** debido a que en la ampliación de conexiones a la red se aprovecha el colector central. También se reducirían costes de mantenimiento que, aunque no sean cubiertos directamente por los usuarios, sino que por la empresa nacional ENACAL, son revocados en las facturas de servicios.

²³ Tratamientos individuales corresponden a la tipología de fosa séptica, inodoros ecológicos, etc. Ver capítulo tecnologías de Saneamiento.

²⁴ Efecto túnel: mejor conectividad entre dos puntos pero sin afectar alrededor. "Magrinyà, HERCE (2002)"

²⁵ A1: Alternativa 1





			A1: Red central	A2: AI'TA
Fase 1: Construcción	Red interior		\$ 454,91	\$ 454,91
	Planta tratamiento	Planta AITA		\$ 72,40
		Terreno		\$ 24,89
		Planta PTAR	\$ 69,10	
	Bombeo	EBAR	\$ 54,05	
	Red exterior	Metros tubería	3.100.000	2.465,00
Coste tubería		\$ 507,49	\$ 499,82	
Fase 2: Mantenimiento	Total		\$ 1.085,55	\$ 1.052,03
	Planta tratamiento	Lagunas/AI'TA	\$ 33,51	\$ 18,20
	Planta Bombeo		\$ 41,30	
	Total		\$ 74,81	\$ 18,20

Tabla 18.- Costes construcción y mantenimiento de las alternativas de saneamiento desglosados

Finalmente la **alternativa adoptada** por el Programa fue la **A2** con la construcción de la Planta de tratamiento de tecnología AI'TA por todas las ventajas a corto y largo plazo ya comentadas en el análisis.

IV.1.4. Análisis de la accesibilidad

El barrio de AHP se localiza en la zona de expansión León Sur-Este, la totalidad del trazado de las Avenidas y calles del Barrio antes del Programa no contaban con ningún tipo de Revestimiento (superficie de rodamiento), su estado era de tierra pero transitables, en algunos casos ya contaban con cunetas construidas de regular a mal estado.

Gracias al Programa de mejora de barrios la línea de autobús Veracruz-Repartos Sureste [Figura 13] Tiene acceso al interior del barrio AHP y los habitantes de éste tienen acceso a la línea en un radio máximo de 200m.

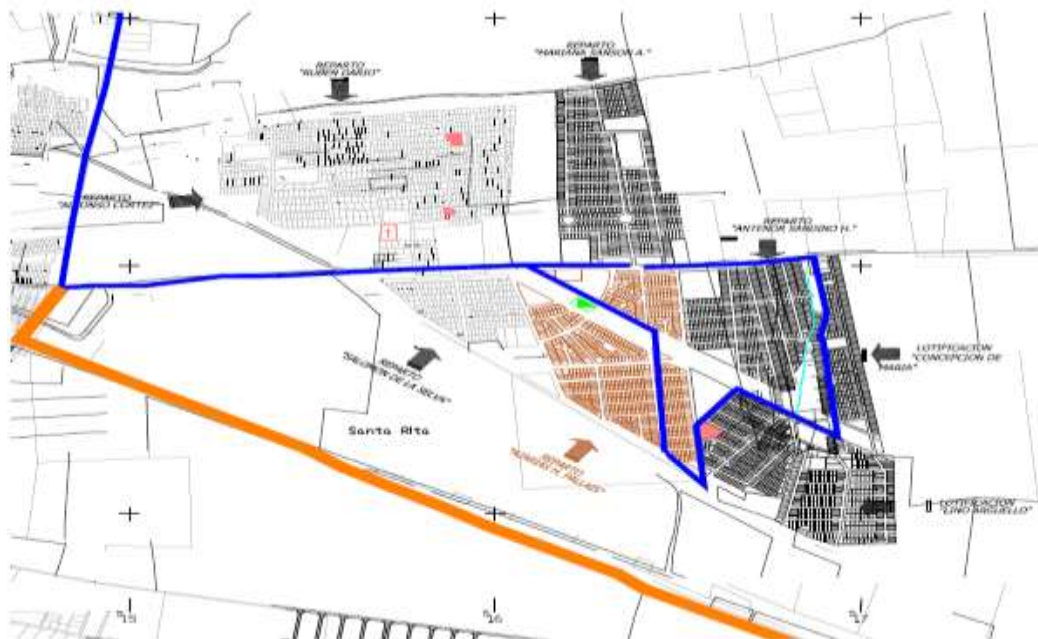


Figura 13.- Mapa línea de autobús Veracruz- Repartos Sur Este después del Programa





Por lo tanto, los habitantes del barrio pueden acceder a cualquiera de los cuatro subcentros mencionados con anterioridad en la [Figura 8.- Centralidades del PME de León] haciendo uso de ésta ruta (azul) y cambiando en el mercado central.

Antes de la intervención del Programa, los vecinos expresaban la negativa de los taxis en acceder al barrio. En la actualidad, es posible también el acceso mediante taxi o transporte privado aunque el coste es 10 veces mayor a la ruta, alrededor de 40 C\$.

El barrio también ha ganado en **seguridad** debido a que con la pavimentación de la trama urbana los servicios públicos como la policía accede y circulan por el barrio y por lo tanto el barrio ha reducido su tasa de delincuencia.

La **intervención del Programa** de barrios con la **pavimentación** del tejido urbano permite una **mejora** substancial de la **calidad de vida** de los **habitantes del barrio** y su debida **la integración a la ciudad** debido a la **facilidad de acceso a los servicios básicos**.

	Antes	Después
Autobús	No circulaba por el barrio. A 700m el más cercano.	Circula una ruta hasta el mercado
Taxis	Negativa de acceso	Llegan al barrio
Emergencias	Inaccesible	Acceden
Mercado	1h de trayecto: 30 minutos a pie y 30 en bus	Autobús directo al mercado: 30 minutos
Vendedores ambulantes	No circulaban	Diariamente, venta de productos frescos (fruta y verdura).
Servicios públicos (policía, correos...)	No accesibles	Accesibles

Tabla 19.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa

IV.1.5. Análisis de las soluciones al Drenaje Pluvial

El Barrio, en un inicio disponía de un 37% (5,597.46metros) de cunetas que permitían la conducción de las aguas pluviales, no así el restante 63% de las calles que no contaba con ningún tipo de obras destinadas a garantizar un adecuado drenaje pluvial de todo el Barrio.

El Programa proyectó el drenaje pluvial de todo el barrio, con la construcción de cunetas (9,689.98metros lineales) y ocho canales pluviales a cielo abierto en sección en «V» en cuatro avenidas: A, B C y E(de Norte a Sur) del barrio, considerados como los puntos críticos de drenaje que deben garantizar una evacuación acumulada y rápida hacia el cauce natural. [Ver página 26].

El cauce que evacua todo la escorrentía acumulada se encuentra localizado en el límite Suroeste del barrio y drena en dirección **al límite Sureste hacia un cauce natural**. Consecuentemente, la **escorrentía pluvial** no drena hacia **el interior del núcleo urbano** y **se libra a éste de volumen de escorrentía**. Así, con estas obras de mitigación se establece una **medida de prevención de inundaciones** en el **centro histórico** que se encuentra **situado a un nivel topográficamente más bajo** y en el que anteriormente drenaban las aguas.





Con la finalidad de evitar la erosión del cauce, se establece la limpieza y colocación de malla de protección a lo largo de 563m en el sector oeste del cauce colindante con el barrio y que sirve de disposición final de las aguas captadas por las nuevas obras.

IV.1.6. Síntesis del análisis en el Caso Azarías H. Palláis

A nivel de **saneamiento las dos alternativas** planteadas, de conexión a la red central y construcción de nueva PTAR de tecnología AI'TA, se han desarrollado en base a una **visión integral** en la que incluyen la proyección de **expansión poblacional** de todo el sector Sur-Este. Por lo tanto, tienen en cuenta a **corto plazo** la previsión para el **barrio AHP con 703 lotes** y a **medio-largo plazo** la adherencia de los 6 repartos colindantes hasta **4590 lotes** que constituyen todo el sector. Por lo tanto, en ambos casos se ha provisto un sobredimensionamiento de los colectores.

Finalmente el Proyecto eligió la segunda Alternativa, de construcción de una nueva PTAR de tecnología AI'TA, debido a varios motivos: Entre ellos, el mal estado de la PTAR existente; el riesgo de poner una colectora a presión cerca de barrios con posibles conexiones futuras y principalmente porque desde un punto de vista **integral, la construcción de una nueva PTAR sería amortizada a medio plazo con la expansión urbana prevista.**

Además el coste de construcción de una nueva infraestructura (A2) es ínfimamente superior al de conexión a la red central, sin embargo mucho más beneficioso a nivel técnico por la obtención de una nueva infraestructura.

Un dato muy interesante que aparece con la previsión de **expansión poblacional** (por lo tanto nuevas conexiones a la red) los demás elementos de la infraestructura crecen proporcionalmente como: la red interior, la ampliación de la PTAR (gracias a que se trata de un sistema modular AI'TA). Sin embargo, con los 2,5 km de colectora hacia la PTAR se aprovecha por 6 veces más usuarios, consecuentemente se establece un factor de escala y el **coste por familia de la infraestructura se reduce hasta un 43%**. La infraestructura pasa de tener un coste por familia de 1052 U\$ a 600 U\$.

Además, pasa de ser amortizado por mantenimiento en 16,5 años a 5 años, reduce 2 veces la temporalidad de amortización y pasa a ser de largo plazo a corto. [Figura 14]

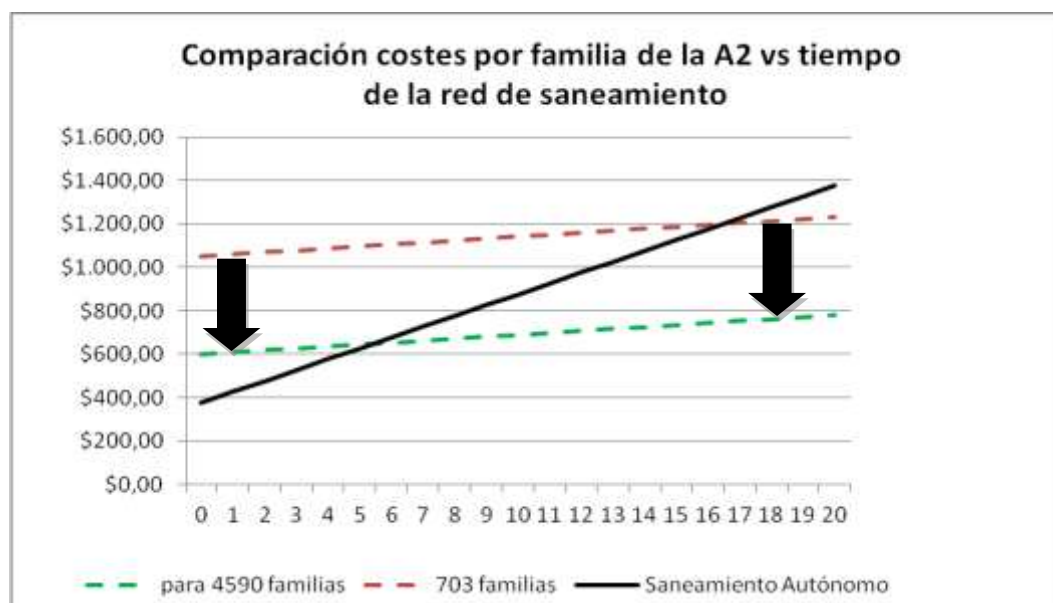


Figura 14.- Comparación de costes por familia de la A2 de red de saneamiento con la expansión poblacional prevista





A nivel de accesibilidad el Proyecto ha promovido que la línea de autobús Veracruz-Repartos Sureste tenga acceso al interior del barrio AHP , así los vecinos de AHP tienen acceso a la línea de autobús en un radio máximo de 200m. En consecuencia los habitantes del barrio **reducen la temporalidad y facilidad de acceso**²⁶ al **mercado central**.

En cuanto a la **implantación de la red de drenaje pluvial**, ésta funciona con un sistema superficial a base de cunetas que drenan dirección sur, en donde son dirigidas por ocho canales de Norte a Sur hacia el exterior del barrio. Con esto, se **alivia volumen de escorrentía en el interior del centro urbano**. Además con la implantación de la red, se **reducirá la inversión en mantenimiento vial** debido a que se evitará la creación de charcos y aguas estancadas que producían daños en la trama vial.

²⁶ Antes de la implantación del Programa de barrios los habitantes del barrio tenían que andar 700 m hasta la parada de autobús más cercana, lo que significaba cargar la compra realizada en el mercado toda esta distancia.





IV.2. Caso de Chinandega y barrio El Limonal

IV.2.1. Introducción

IV.2.1.1. Contextualización del municipio

El municipio de Chinandega se encuentra situado en la **franja pacífica** del país, en el extremo Noroccidental. Pertenece al Departamento del mismo nombre, ubicada a 131 km al Noroeste de la Capital, Managua. Asimismo, la ciudad de Chinandega es una de las **ciudades de mayor importancia del país económicamente** y es la cabecera del departamento de Chinandega.

El municipio limita al norte con Somotillo y Villanueva, al Sur con los municipios de Chichigalpa, El Realejo y Posoltega, al este con los municipios de Villanueva y Telica y al oeste con El Viejo y Puerto Morazán.

Es destacable, a nivel de localización espacial, el paso del **Corredor pacífico** por la ciudad de Chinandega a nivel de accesibilidad y desarrollo económico, este corredor enlaza físicamente los principales puertos centroamericanos²⁷.

Esta situación de **conectividad privilegiada** favorece la instalación de actividades industriales como las zonas francas, o agroindustrias relacionadas con la transformación de los productos agropecuarios locales. También podría beneficiar el desarrollo de una **actividad turística**, relacionada directamente con el sector terciario, y con los numerosos atractivos regionales, y **comercial** debido a que alberga **principales puertos nacionales** como el de El Realejo, Corinto y Potosí.

El Municipio de Chinandega cuenta con una población total de 463.817,00 habitantes de los cuales 287.566,54 se concentran en el área urbana.

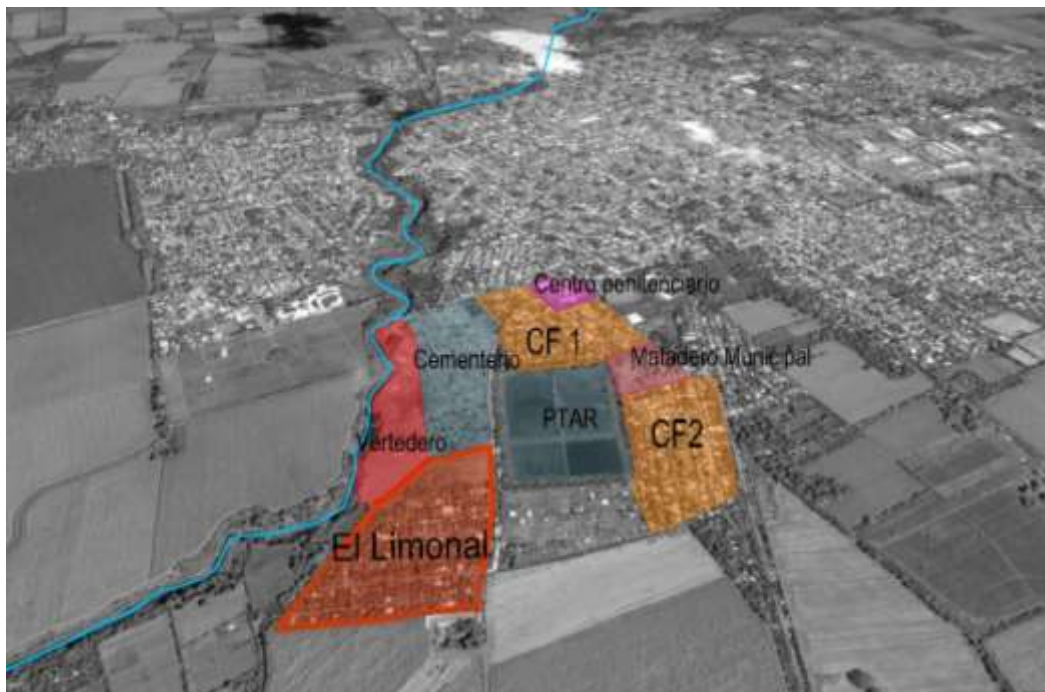


Figura 15.- Localización del barrio El Limonal

²⁷ Veracruz en México, Acajutla, La Unión y Puerto Cutuco en El Salvador y con San Lorenzo en Honduras.





IV.2.1.2. Contextualización del barrio

El barrio **El Limonal** se ubica en el **límite suroccidental** de la zona urbana de la Ciudad de Chinandega, en el llamado “triángulo de la muerte”, en el lado sur del **cementerio de la ciudad**. El barrio limita al norte con el **vertedero municipal** de Basura, al sur y al este con terreno privado destinado a cultivos, al oeste con el río Acome.

La fundación del barrio data del año 2000, como **asentamiento temporal** para dar **refugio a familias damnificadas por el huracán Mitch**. Por iniciativa de la municipalidad se reubicaron en estos terrenos a familias que se encontraban en áreas con riesgo de inundación por crecidas del río Acome.

Debido a la prolongación temporal del asentamiento las **familias encontraron un modo de subsistencia económica basado en la clasificación de residuos del vertedero municipal** ubicado contiguo al barrio. Posteriormente la Municipalidad ha intentado reubicar a estas familias, por encontrarse en **zona no habitable y con alto riesgo**, sin éxito. Debido a que en la actualidad la población del barrio es dependiente económicamente de esta actividad separativa de residuos sólidos.

Dada la presión social y la necesidad de dar atención a la seguridad de estas familias, **en la actualidad** el barrio de El Limonal está **en proceso de ser legalizado**, así como también ha sido **priorizado por la Alcaldía para dotarlo de Programas y proyectos** que mejoren las condiciones de calidad de vida de sus pobladores, sin embargo es importante mencionar que su emplazamiento en la zonificación y usos del suelo regulados para el Municipio, el Barrio está en una zona **no apta** para el desarrollo habitacional (Vivienda), cuya regulación está sujeta a ser actualizada con criterios de la situación actual del crecimiento urbano del Municipio, en donde se espera que esta zonificación para El Limonal le favorezca.

IV.2.1.3. Contextualización en el marco del Programa

Debido a la **priorización de acción del Municipio** sobre el barrio se decidió intervenir en el **Programa de Mejora de Barrios** el cual tendrá una **cobertura de la totalidad de las familias** residentes en el barrio. Los beneficiarios del Programa serán un total de **280 lotes**, que representan a 254 familias.

El Programa de Mejoramiento integral del HÁBITAT proveerá al barrio de servicios de pavimentación y red de drenaje pluvial y sanitario.

La **condición socio-económica** en que se encuentran actualmente las **familias** de este Barrio, reúnen las características establecidas por el Programa de Mejoramiento Integral del Hábitat en cuanto a su condición de **Pobreza Extrema (85.9%)** con un índice de servicios insuficientes del 35.4%. Así como de familias con niveles de hacinamiento de hasta un 62.8%.

IV.2.1.4. Descripción y características del barrio

El área Total del Barrio El Limonal comprende 8.4 Ha, que conforman 280 lotes distribuidos en 12 manzanas. De los 280 lotes existen 254 viviendas construidas en el Barrio, es decir 90.7% de ocupación constructiva por vivienda en todo el barrio. El Barrio cuenta con una población actual de 1270 habitantes, teniendo una densidad poblacional de 151 hab/ha.

El barrio de El Limonal corresponde al distrito III del área urbana de la ciudad, posee una **estructura reticular**, compuesta por **manzanas rectangulares** las cuales a su vez poseen lotes uniformemente dimensionados de **8 x 17 m**, oscilando las áreas de lote mínimo en 136m². Las calles del Barrio también han sido diseñadas y conformadas de manera uniforme y coherente, caracterizándose por el trazado de 3 Avenidas principales en sentido Norte-Sur que sirven como ejes de Acceso principales al





Barrio, y el resto de la vialidad interna está conformada por un sistema de calles o callejones que sirven de distribuidores hacia los lotes o viviendas del Barrio.

El **crecimiento del barrio de El Limonal, en cambio, es un limitante por condiciones espaciales**. En la actualidad residen 254 familias y la máxima capacidad proyectada es de 280 por lo tanto tiene un margen de crecimiento de 9,3%.

El sector no está proyectado como zona de desarrollo habitacional, se encuentra en el límite urbano Sur. El único crecimiento previsto es la densificación de la toma de terreno y lotificación del terreno que se encuentra al Este del Limonal y que en la actualidad se define como la expansión de Carlos Fonseca pero lo quieren caracterizar como Comandante Daniel Ortega con una capacidad máxima de 120 lotes.

IV.2.1.5. Características físicas del terreno

El barrio presenta una topografía bastante llana aunque su **localización** se encuentra por **debajo del nivel topográfico de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)** que abastece al resto de la ciudad. Consecuentemente, **no será posible** utilizar un sistema de **drenaje por gravedad** de aguas residuales como se verá más adelante. La pendiente máxima que presenta el barrio es del 3% orientada en dirección sureste.

Se trata de **una zona en riesgo de inundación** debido a las crecidas del **río Acome**, que se establece como límite Oeste del barrio. Se ubican 7 viviendas en zona de riesgo por deslizamiento, familias que se han asentado en zonas no aptas, por la alta peligrosidad en lo que respecta a la franja del costado oeste del Barrio donde se localiza una depresión topográfica (camino cauce) que se observa en continua erosión.

El **suelo** en las calles del Reparto El Limonal son de origen Cuaternario, el primer estrato presenta suelos del tipo Arenos-limosos de origen volcánico, el cual corresponde a una mezcla de arena con limo volcánico, los cuales son productos de **mezclas de arenas con limos** o cenizas volcánicas que se han depositado por fenómenos aluviales.

En el caso del camino de acceso mejorado los primeros estratos presentan suelos de buena consistencia, los cuales son provenientes de materiales de préstamos de trabajos anteriores y el actual mejoramiento a dicha calle presenta un estrato de 1,50 metros superficial estabilizado con materiales selectos provenientes del banco de Cosmapa cuyos suelos corresponden a Materiales del tipo SP-SM, o materiales entre arenas mal graduadas a bien graduadas y materiales del tipo GP-GM o gravas mal graduadas a bien graduadas.

IV.2.1.6. Integración del barrio con la ciudad formal vs planificación urbana

El municipio **no dispone** de **Plan de Ordenamiento Urbano** aprobado con la consecuente clasificación de los usos del suelo, aún así existe un documento disponible: El **Plan de desarrollo Urbano (PDU)** donde presenta criterios técnicos y anhelos sociales sistematizados técnicamente y propuestos en forma de unidades de gestión y proyectos para la acción. De acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal el crecimiento físico de la ciudad está encaminado hacia la zona norte y Este de Chinandega, siendo la zona sur de la ciudad destacadas como zona de crecimiento industrial no apta para la vivienda ya que ésta representa focos contaminación ambiental como es el caso de empresa CAMANICA la cual deposita aguas con malos olores con alto índice de contaminación afectando directamente la salud de la población aledaña.





Recientemente la consultora INDES junto con el INVUR han generado una propuesta de Plan de Desarrollo Urbano en conjunto en el que se proyecta la conurbación de los centros urbanos de Chinandega y el Viejo en un modelo de ciudad compacta la cual se propone la conciliación de la expansión de estas dos ciudades en categoría de Mancomunidad, con la conservación de sus respectivos gobiernos. Este Plan aunque no ha sido aprobado aún por las respectivas Alcaldías, contempla una propuesta de ciudad consolidada definiendo usos del suelo, redes viales y redes de transporte urbano colectivo.

En el Plan se destina la parte Sur de las ciudades con categoría del suelo no apta para el desarrollo poblacional sino como zona industrial. El barrio del Limonal se encuentra en el límite urbano de la ciudad y su zona no se proyecta como zona de expansión. Consecuentemente la población actual se mantiene como factor limitante a la hora de definir sistemas de infraestructura.

IV.2.2. Situación inicial infraestructura urbana

En la actualidad el barrio **dispone** de red **de suministro de agua potable y energía eléctrica formal**. El servicio de agua potable llegó al barrio en 2001 en un proyecto de la ONG canadiense VENTURI y la gestión la asume la empresa nacional de aguas ENACAL. Los habitantes pagan mensualmente 90 C\$/mes por vivienda. La red de energía eléctrica llegó al barrio a finales de 2013 con un proyecto de cooperación entre la Alcaldía y ENATREL. Actualmente la gestión de la red va a cargo de Unión Fenosa y cada vivienda paga 2,5 C\$/KW consumido hasta un máximo de 150 KWh al mes debido al subsidio de electricidad que presenta el barrio. Si hay un consumo en exceso a partir de 151 KW consumidos se retiraría el subsidio y se pagaría la factura en su totalidad.

En lo que respecta al **Sistema de Alumbrado Público, pavimentación y red de drenaje sanitaria y pluvial el Barrio no cuenta con este tipo de servicio**. En consecuencia, el Limonal está **diagnosticado como uno de los barrios más vulnerables en riesgo de inundación** que, junto a las condiciones colindantes de **acumulación de residuos y generación de lixiviados**, conlleva un **grave riesgo** y por lo consiguiente se caracteriza como **no apto** para la **habitabilidad**.

Antes de la llegada del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat, el **acceso al barrio** desde la trama urbana de la ciudad discurría **a través de:** en primer lugar, **el cementerio de la ciudad**, que es el utilizado por los habitantes del barrio, **a través de una propiedad privada** o de un camino regular de 450 m en pésimas condiciones. Por lo tanto, quedaba **totalmente inaccesible el acceso rodado** en época húmeda (de Mayo a Noviembre). Esta falta de accesibilidad pone en vulnerabilidad social y ambiental a los pobladores del Barrio, siendo de extrema necesidad dar solución a este aspecto.

Otra vía que empezaron a utilizar, desde la reciente lotificación del barrio Carlos Fonseca, es el camino hacia oriente a través del barrio, que les une con la vía dirección al Sur, a la costa de Pasocaballos, o al Noreste hacia el centro urbano y la antigua estación.

Las distancias desde el barrio a los principales servicios básicos se muestran en [Tabla 20]

	Distancia²⁸	Tiempo trayecto²⁹
Mercado	2,8 km	45 min
Centro de salud	2 km	35min
Escuela primaria	En el barrio	5 min
Escuela secundaria	1,1 km en Carlos Fonseca	30 min a pie

²⁸ Distancia medida desde un punto intermedio al barrio, puede llegar a ser 200 m más.

²⁹ La distancia hasta el bus es de un radio máximo de 1km m o 20-25 min a pie.





Universidad	1,9 km	30 min
Zona deportiva	1,5 km	25 min
Iglesia	3 evangélicas y 1 católica en el Barrio	5 min
Estación central: La terminal	1,9 km	30 min
Hospital España	1,3km	20 min a pie + taxi

Tabla 20.- Distancia y forma de acceso a los principales servicios básicos

El barrio del Limonal **antes de la intervención del Programa** se encontraba **completamente aislado** por acceso rodado, en consecuencia ningún tipo de transporte público accedía al barrio. **No llegaban líneas de autobús ni taxis.**

IV.2.3. Análisis de las soluciones para el Saneamiento

Inicialmente el barrio **no poseía** de **red de saneamiento** y el volumen de excretas generado por los habitantes del barrio es depositado en **sistemas individuales de letrinas artesanales.**

Antes de presentar las alternativas de saneamiento propuestas se **evalúan** las **condiciones de contorno** en base a la determinación de diversas soluciones para el sistema de saneamiento urbano. Se elaboran tres premisas:

1. A **nivel topográfico**, el barrio se encuentra localizado a un **nivel inferior que la PTAR** existente de la ciudad. Consecuentemente los costes de transporte se encarecerán debido a que **no se podrá utilizar el sistema de drenaje por gravedad.**
2. La zona urbana en la que está situado el barrio **no está proyectada como zona de expansión**, sino como **zona de desarrollo industrial**, [Figura 16] por lo tanto la población de diseño no distará mucho de la población actual. No merece la pena sobredimensionar no hacer previsiones a gran escala debido a este limitante poblacional.
3. El **Estado de la PTAR actual es deficitario**, se encuentra prácticamente **colmatada**. Los niveles de sólidos en suspensión y coliformes fecales no cumplen con el Decreto 35-95³⁰ y la cantidad de DBO₅ en caudal efluente se encuentra solo al 18% de batir el máximo admisible y llegar a la saturación. [Tabla 21]

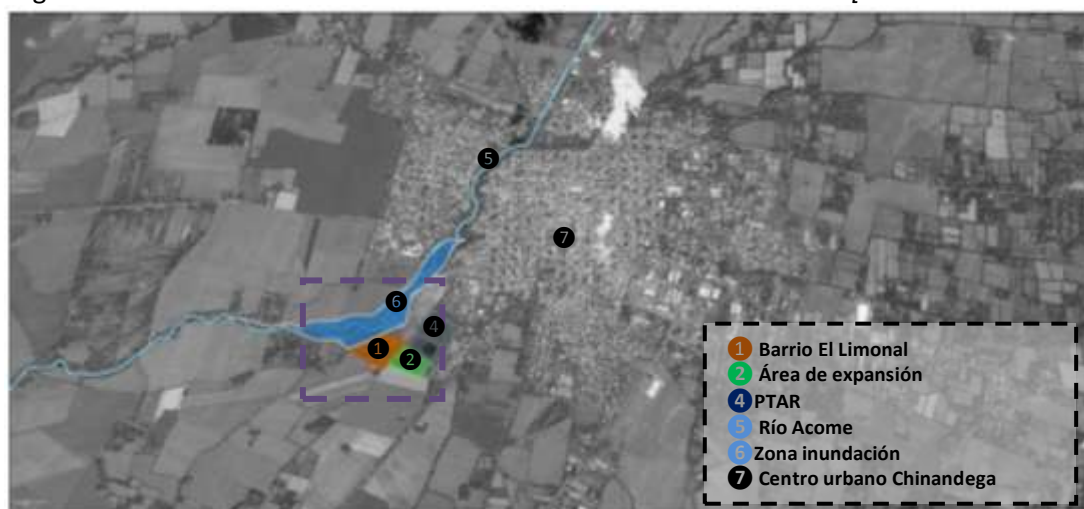


Figura 16.- Mapa de usos del suelo, contextualización del barrio según las zonas de riesgo

³⁰ Norma sanitaria Nicaragüense



EFLUENTE	Caudal tratado	Sol.Susp	DBO ₅	DQO	Coliformes fecales
	[m ³ /año]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[NMP/100ml]
Decreto 35-95		100	110	220	1,00E+04
Chinandega	2591865	181,7	90		1.0E+05

Tabla 21.- Comparación de los parámetros químicos de la PTAR de El Cementerio con los del Decreto 35-95

Las alternativas de saneamiento presentadas son las siguientes: [Figura 17]

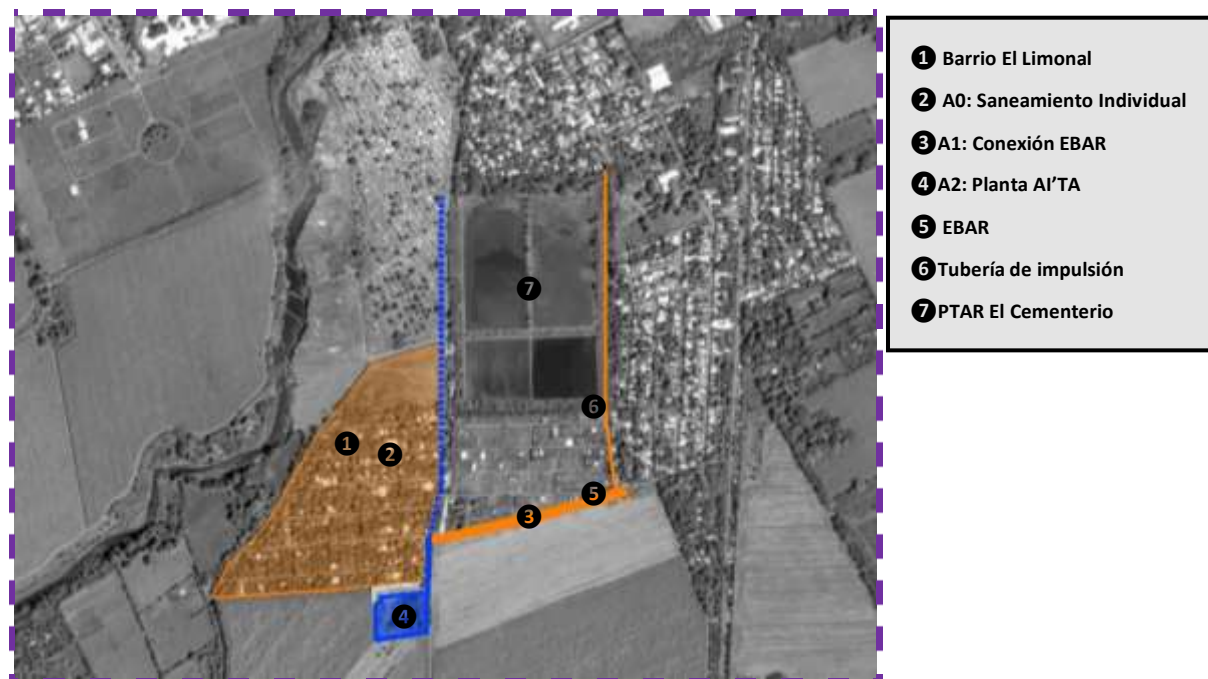


Figura 17.- Mapa de alternativas de saneamiento

A.0. Situación actual: Saneamiento individual/autónomo

En base a la primera premisa generada, se opta por abastecer a la población con **sistemas de saneamiento autónomo**.

Después de evaluar diferentes tecnologías de saneamiento individual existentes³¹ se opta por la elección de un sistema **de Tanque Séptico Plástico** (de 750 l) acompañado de un pozo de absorción debido a que la población dispone de suministro de agua potable, al espacio disponible y las condiciones de nivel freático.

La **inversión** inicial prevista **por familia serían 377,38\$** para la instalación de esta tecnología de saneamiento. Sin tener en cuenta la caseta, que iría a cargo del beneficiario.

En la **fase de explotación** este tipo de tecnología requiere un **mantenimiento bienal de vaciado de los lodos acumulados en el tanque**. Este proceso es recomendable de realizarlo con personal especializado debido a las dimensiones del tanque y tiene un **coste de 100 U\$**.





A1. Alternativa 1: Conexión a la red antigua: EBAR

En segundo lugar, partiendo de las dos primeras premisas generadas inicialmente, debido a la **limitación en crecimiento poblacional**, que **no se considera conveniente invertir** en una **infraestructura** como puede ser la construcción de otra planta de tratamiento, y al desnivel topográfico que para aprovechar la infraestructura existente se tendrá que realizar un bombeo de las aguas residuales del barrio. Además, **el reducido número de beneficiarios** del barrio **no llega a cubrir la demanda mínima para la construcción de una infraestructura EBAR propia para el barrio**. Por lo tanto, se decide **prolongar la red interna** con un colector hacia una **estación de bombeo existente** en el barrio **situado en el reparto Carlos Fonseca** en la zona este del Limonal.

Se trataría de un **colector de 267m** de longitud y de 8" de diámetro cuantificado en 15.554 \$ por lo tanto, **55,35 \$ por familia**. También se consideraría **una ampliación del pozo húmedo de la estación de bombeo existente**, cuantificado en \$10.851,88, **38\$ por familia**.

La EBAR funciona con **dos bombas de 5HP en régimen alterno** con una **tubería emisora de 893 m que salva un desnivel de 7 m**. Fue construida en 2013 y dimensionada para una **cobertura máxima de población de 5000 habitantes**. En la actualidad da servicio a los barrios de Carlos Fonseca 2 (300 familias, 1500 hab) y con los barrios en proyección de conexión de: El Limonal (280 familias), Carlos Fonseca 1 (220 familias) y la extensión (130 familias). [Tabla 22]

	Familias	Habitantes	Área
CF2	250	1500	84507,58
CF1	223	1340	75492,58
El Limonal	280	1680	71472
Extensión	131	787	44363
TOTAL		5307	275835,16

Tabla 22.- Desglose de los usuarios a los que da servicio la EBAR de Carlos Fonseca

En cuanto a la ampliación de cargar en la PTAR del municipio se considera despreciable debido al reducido número de familias del barrio relativo al resto de la ciudad.

Esta alternativa establece un **ahorro inicial debido al aprovechamiento de infraestructuras existentes**, sin embargo, los costes de explotación de la EBAR serían **de 41 \$ de consumo eléctrico anual** que sería asumido directamente por la empresa ENACAL, encargada de la explotación de la estación pero, también, **indirectamente por los usuarios en sus facturas mensuales**. La factura mensual media es de **9,4 \$ por vivienda** y un 25% va destinado al mantenimiento de la red. Por lo tanto aproximadamente 29\$ por vivienda. Aún así, como se ve, el aporte por familia anual en mantenimiento no es suficiente y la empresa de aguas **ENACAL tiene que subsidiar el equivalente a 12 U\$ anuales por familia**.

Una vez realizado el proceso de bombeo, las aguas residuales son descargadas en la PTAR de la ciudad constituida **por dos lagunas de estabilización facultativa**, localizadas al sureste de la ciudad y la salida de las aguas tratadas es vertida en el río Acome. La planta tiene un volumen total de tratamiento de 81,84 m³ y una capacidad diaria de 4.579 m³.

La planta no está trabajando adecuadamente, pues el COD y la concentración de sólidos suspendidos en la descarga de la laguna no cumplen con los parámetros estipulados, los niveles observados





son mayores aguas abajo que aguas arriba del río. Se ha observado un alto nivel de coniformes fecales antes de la descarga del afluente de la laguna, lo que supone la práctica de defecación al aire libre en algunas zonas de la ciudad.

A2.Alternativa 2: Nueva planta AI'TA

En base a la última premisa se plantea la alternativa de **proveer al barrio de una planta de tratamiento con diferente tecnología** a la de la PTAR existente, con sistema AI'TA³².

Esta nueva tecnología permite el abastecimiento de **un número flexible de usuarios** debido a la su **capacidad de ampliación modular**. Otro factor determinante es el **reducido mantenimiento** que requiere este tipo de planta de tratamiento.

Sin embargo, la construcción de esta nueva planta requeriría la **adquisición de un terreno** para su emplazamiento y **encarecería el coste de construcción** y dado el limitante en crecimiento poblacional del sector podría considerarse una inversión sobredimensionada.

			A 0: Sol. individual	A 1: Conexión EBAR	A 2: Nueva planta AI'TA	
Fase 1: Construcción	Red interior		\$377,38	\$367,70	\$367,70	
	Planta tratamiento	Planta AITA			\$284,70	
		Terreno			\$53,38	
		Planta PTAR			Se desprecia	
	Red exterior	Metros tubería			267	100,00
		Diametro tub			8"	8"
		Coste tubería			55,35	55,35
		EBAR			38,62	
	Total		377,38	\$461,67	\$780,90	
	Fase 2: Explotación	Mantenimiento	Planta		\$31,02	\$18,20
EBAR				\$41,30		
TOTAL			\$50,00	\$61,02	\$18,20	

Tabla 23.-Desglose costes construcción y mantenimiento de las alternativas de saneamiento

Finalmente la **alternativa adoptada fue la A1**, la prolongación de la red hasta la EBAR del reparto Carlos Fonseca debido a su rentabilidad inicial y la no conveniente inversión en la zona del barrio por su restringida capacidad de crecimiento urbano.

IV.2.4. Análisis de accesibilidad

El barrio de El Limonal presenta un **aislamiento** del centro urbano **no** debido a su **distancia física** del centro, debido que se encuentra a 750 m o a 10 minutos en bus [Tabla 20], **sino** debido a su **emplazamiento**, en el que los habitantes acceden al barrio a través del cementerio por las **deficientes condiciones que presenta el camino en época lluviosa**, que contribuye a contextualizar a sus habitantes

³² Ver III.1 tecnologías de saneamiento





en un ambiente marginal. **Alejado de los equipamientos públicos básicos** y otras facilidades que se encuentran concentradas en la centralidad urbana.

Como se describió anteriormente, las condiciones viales internas del barrio se encontraban muy precarias, imposibilitando la entrada de servicios públicos y privados, como taxis, ambulancias, bomberos, la policía o el camión de la basura.

Con la **intervención del proyecto** de mejora de barrios, se planteó la **mejora vial** de todas las vías internas del barrio, lo **que benefició a la población** en la **posibilidad de movilidad** y circulación interna del barrio.

El Programa también asumirá la reforma de **la vía de acceso a la carretera**, brindando una **alternativa de acceso** y salida del barrio hacia el centro de Chinandega permitiendo el acceso de **servicios públicos**, como policía, correos; o **emergencias**, como ambulancias.

Además, en la actualidad, por el barrio también discurren **vendedores ambulantes** con productos frescos como fruta y verdura pero con una frecuencia inconstante y un doble coste en comparación con el mercado.

	Antes	Después
Acceso al barrio	Por el cementerio e imposibilidad de acceso rodado	Carretera de acceso
Autobús	No circulaba por el barrio.	Circula una ruta hasta el mercado
Taxis	Negativa de acceso	Llegan al barrio
Emergencias	Inaccesible	Acceden
Mercado	1h de trayecto	Autobús directo al mercado: 30 minutos
Vendedores ambulantes	No circulaban	Diariamente, venta de productos frescos (fruta y verdura).
Servicios públicos (policía, correos...)	No accesibles	Accesibles

Tabla 24.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa

IV.2.5. Análisis de las soluciones de drenaje pluvial

El Barrio carecía de sistema de Drenaje Pluvial. **No existían revestimientos ni cunetas en sus calles**, que garantizaran un drenaje superficial de manera adecuada, lo cual provocaba que las aguas drenaran a través de las calles y avenidas. En algunos casos, por los patios de las viviendas dañando de esta manera la superficie de las calles a causa del arrastre de sedimentos, lo que **provocaba inundaciones** en algunos puntos del Barrio.

El proyecto determinó el **encauzamiento de la escorrentía del barrio hacia dos fuentes diferentes** con la nivelación topográfica adecuada. La línea central del barrio se estableció como parte más elevada y toda la **superficie oeste del barrio se niveló a contrapendiente** para facilitar, así, su drenaje **hacia el cauce que drenaría posteriormente en el río Acome**. En cambio, la **zona este** del barrio dreña en **dirección sur hacia un cauce natural** de infiltración que posteriormente converge en el mismo río. [Ver Figura 18]



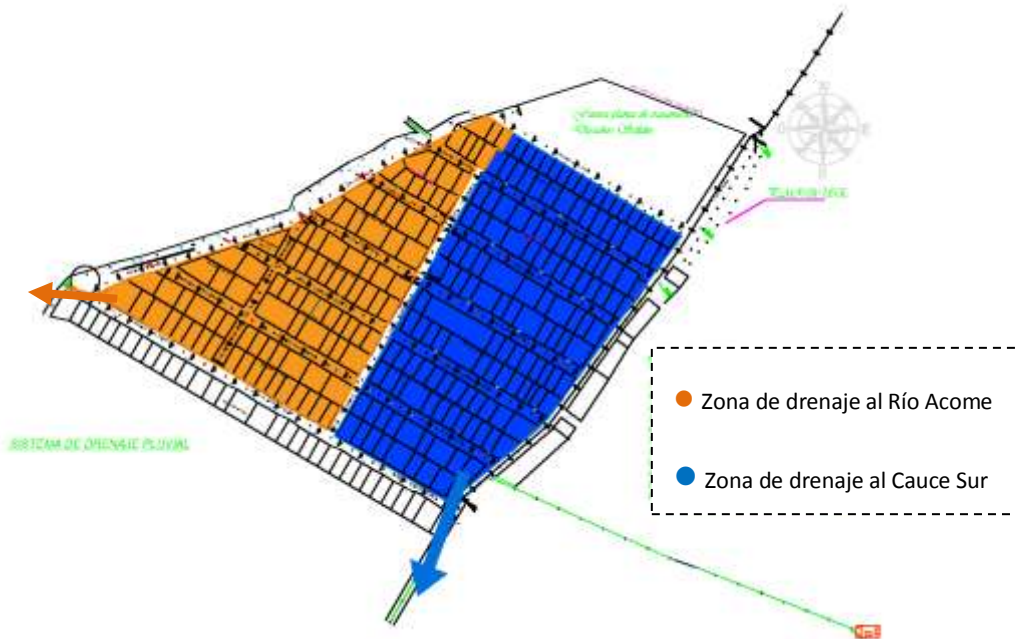


Figura 18.- Zonas del barrio que tienen diferentes direcciones de drenaje pluvial

IV.2.6. Síntesis del análisis en el Caso de El Limonal

El proyecto del barrio del Limonal, como se ha visto en este capítulo, es un **proyecto clasificado como excepcional** debido a su **localización y a las condiciones de habitabilidad se considera en situación de riesgo**. Fue la misma **Alcaldía la que solicitó la inversión en infraestructura** en el mismo barrio aún y tratarse de un uso del suelo clasificado como no habitable.

La **localización del barrio no incentiva la inversión en infraestructura** debido al **limitante poblacional** que posee, al estar situado en el límite urbano Sur de la ciudad, en una **zona** destinada para **desarrollo industrial**. Por esta razón, no convendrá el sobredimensionamiento de infraestructuras de servicios urbanos por la falta de proyección en desarrollo habitacional.

En la **evaluación inicial** de los servicios urbanos del barrio se observa la **ausencia de sistemas** de solución de las **aguas pluviales, sanitarias**, que juntamente con la ausencia de **pavimentado vial** hace que en todo el barrio se observen gran cantidad de charcas, que **constituyen focos de contaminación** y que ponen en condición de **vulnerabilidad a enfermedades a las familias de este barrio**, con la dotación de un sistema sanitario, pluvial y vial adecuado se eliminara por completo esta situación, mejorando el entorno y la calidad de vida de las familias.

En el análisis de las tres alternativas de saneamiento se parte de una **situación topográfica perjudicial** debido a que la **PTAR que abastece al municipio** se encuentra situada a un **nivel topográfico más alto que el barrio** y por lo tanto el **drenaje no** podrá ser efectuado por **gravidad, aumentando los costes de transporte** de las aguas residuales. Por otro lado, debido a la falta de proyección habitacional no merece la pena invertir en nuevas infraestructuras como nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales.

De esta manera, la **alternativa 2**, de construcción de **una nueva planta AITTA** en la que se invertirá 705\$ por familia, el **doble inicialmente** que en una solución individual o un 1/3 más que la alternativa





de conexión a EBAR, se descarta, aunque el coste de mantenimiento sea 1,3 veces más reducido, debido a que a largo plazo se observa un **limitante poblacional** que no permite dar proyección al potencial de las plantas de tratamiento de ésta tecnología.

Como se observa en la *Figura 19* la conexión a la EBAR es la opción que se considera más rentable a nivel **de costes por familia** debido a que el subsidio de explotación lo asume ENACAL. Por lo tanto, con la **alternativa 1 por parte del usuario** la infraestructura sería **amortizada** a corto plazo, en apenas **dos años**. En cambio la A2 se amortizaría por parte del usuario en 4 veces esta temporalidad, a medio-largo plazo, en 8 años.

En este caso **no se prevé reducción de coste por familia** debido a que el **crecimiento poblacional** está **limitado** por lo tanto, no se ampliará la cobertura de la infraestructura a largo plazo.

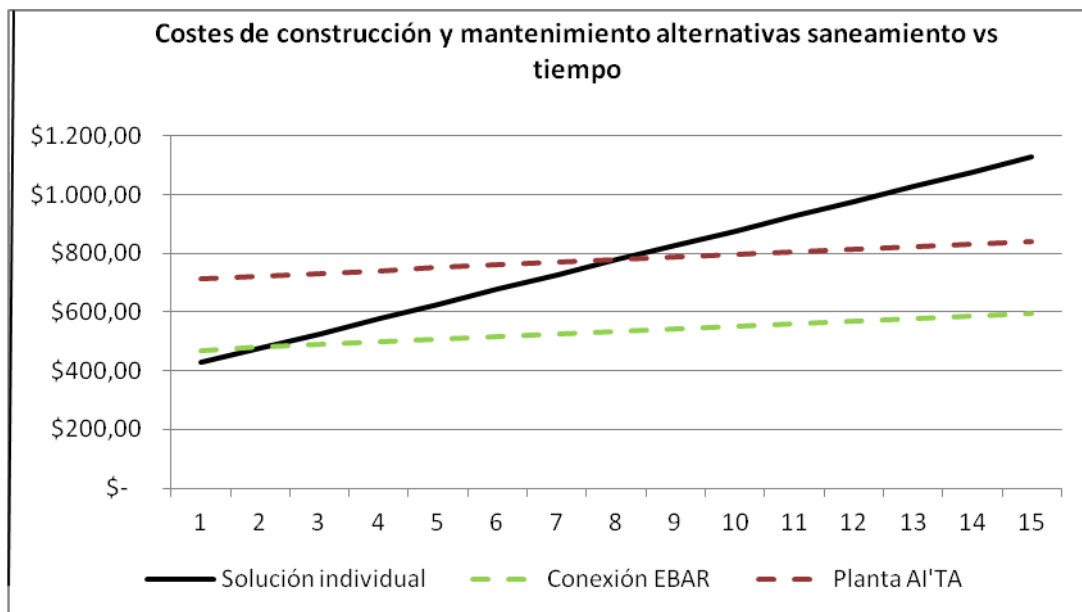


Figura 19.- Amortización de la infraestructura sanitaria con el mantenimiento

Por otro lado, la **discusión entre la alternativa de solución individual o de conexión a la EBAR** del barrio contiguo presenta una ventaja a favor de la primera opción debido a que la inversión inicial, de 377 \$, es un 20% menor a la segunda opción. Sin embargo, **a nivel técnico**, el **sistema autónomo** tiene el inconveniente de que el **mantenimiento va a cargo del mismo usuario** y en el caso de no realizar este proceso bienalmente existe un elevado **riesgo de colmatación y falla del sistema**. Además, en el caso de optar por la construcción de **una red de saneamiento** (alternativa 1 o 2) el **mantenimiento va a cargo** de la empresa nacional gestora de redes **ENACAL**.

Como se ha visto en la [Tabla 21.- Comparación de los parámetros químicos de la PTAR de El Cementerio con los del Decreto 35-95] la **PTAR del municipio** se encuentra prácticamente **colmatada**. ENACAL cuantificó el coste de su **rehabilitación en 965.653 U\$**. Si se divide entre todas las conexiones servidas serían **220 U\$/familia**. Además, con la adhesión del barrio del Limonal y consecuentemente la ampliación de 280 conexiones a la red central, este monto por familia se reduciría a 207 U\$.

El barrio del Limonal presenta un **aislamiento** del centro urbano **no** debido a su **distancia física** del centro, debido que se encuentra a 750 m o a 10 minutos en bus [Tabla 20], **sino** debido a su **emplazamiento**, en el que los habitantes acceden al barrio a través del cementerio por las **deficientes con-**





diciones que presenta el camino en época lluviosa, que contribuye a contextualizar a sus habitantes en un ambiente marginal. **Alejado de los equipamientos públicos básicos** y otras facilidades que se encuentran concentradas en la centralidad urbana.

La topografía de las vías interiores del barrio fue levemente modificada para evitar las frecuentes inundaciones que se producían en época húmeda, quedando dividida en dos áreas de drenaje *Figura 18*: la zona de occidente a contrapendiente para poder drenar la escorrentía hacia el río Acome, que discurren en el límite oeste del barrio. Todo el área Este del barrio drena en dirección Sur hacia un cauce natural de infiltración en campos agrícolas.





IV.3. Caso de El Viejo y barrios Bello Amanecer y Rosario Murillo

IV.3.1. Introducción

IV.3.1.1. Contextualización del municipio

El Viejo es un municipio situado en el **área Noroccidental** de Nicaragua, en la **franja Pacífico** del país. El Municipio de El Viejo, pertenece al **Departamento de Chinandega**, que su cabecera municipal, la ciudad del mismo nombre, se encuentra a 6 km. Se caracteriza por ser el municipio más grande del departamento y se encuentra a 137 kilómetros de la capital, Managua.

La conurbación³³ del desarrollo metropolitano de la ciudad de Chinandega y los poblados aledaños supera los límites municipales afectando a las ciudades de El Viejo y Chichigalpa de los municipios vecinos que consecuentemente se consideran integrados en ella.

En el municipio de El Viejo se genera la **bifurcación de la carretera Panamericana**, vía intermunicipal número 12 que une Chinandega con todo el área Noroeste. En este desvío, el ramal Oeste avanza hasta el límite Noroeste del país, hacia el puerto de Potosí y la reserva Natural del Volcán Cosigüina, mientras que el ramal Este pasa a ser la carretera intermunicipal 50 que finaliza en la Reserva Natural Estero Real.

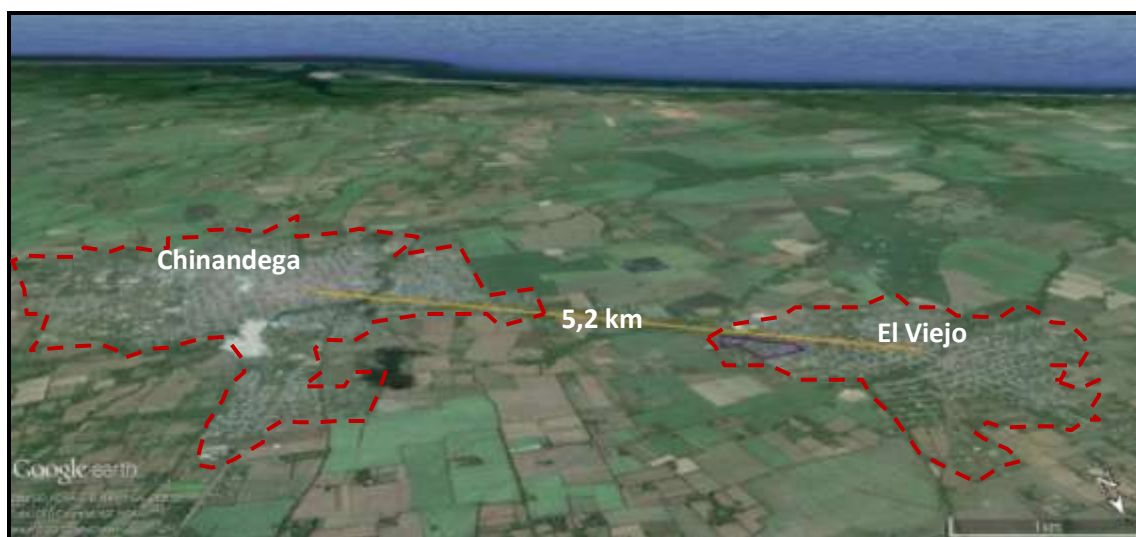


Figura 20.- Contextualización municipio El Viejo y conurbación del área metropolitana

Cuenta con una extensión territorial de 1.308 Km² y una población estimada en 93.000 habitantes, de los cuales **45.000 es población urbana** y 48.000 es población rural³⁴. La Población Urbana corresponde al 51% y la rural al 49%.

³³ La **conurbación** es la unión de varias urbes o ciudades por su crecimiento (una de las cuales puede encabezar al grupo), las que se integran para formar un solo sistema que suele estar jerarquizado.

³⁴ Fuente: Censos nacionales de 2005.





Figura 21.- Emplazamiento barrios Bello Amanecer y Rosario Murillo respecto al municipio de El Viejo

IV.3.1.2. Contextualización de los barrios

IV.3.1.2.1. Bello Amanecer

El **Bello Amanecer**, fue formado en el año 2005 como parte del proyecto de la Municipalidad en habilitar toda la zona de la ciudad, para lotificaciones (Proyectos de Vivienda). Por lo que su formación (emplazamiento) está acorde con las **zonas establecidas como aptas para el crecimiento habitacional** de acuerdo con el Plan que regula y ordena los usos del Suelo del Municipio en sus áreas urbanas.

El área Total del Barrio Bello Amanecer comprende 9.5 Ha, que conforman **391 lotes** distribuidos en 13,58 manzanas. De los 391 lotes existen 228 viviendas construidas en el Barrio, es decir 58,31% de ocupación constructiva por vivienda en todo el barrio.

El Barrio posee una trama urbana uniforme, compuesta por manzanas rectangulares en su mayoría, las cuales a su vez poseen lotes uniformemente dimensionados de 8 x 17m, oscilando las áreas de lote mínimo en 136m². Las calles del barrio están conformadas por 4 Avenidas principales en sentido Norte-Sur que sirven como ejes de distribución hacia los lotes y el resto de la vialidad interna está conformada por un sistema de calles que sirven de acceso al barrio.

IV.3.1.2.2. Rosario Murillo

El lugar donde actualmente se emplaza el Barrio (finca matriz) fue adquirido por la Alcaldía Municipal, con el objetivo de construir equipamiento urbano para beneficio de sus habitantes más cercanos, dando origen al Barrio Rosario Murillo en el año 2009 **producto de la toma ilegal de estas tierras**, toma que fue generada por 152 familias necesitadas de viviendas.

En consideración de lo anterior, se puede plantear el **origen de este Barrio como de asentamiento informal**, sin embargo el barrio se emplaza en **una zonificación y uso del suelo del municipio en su plan regulador como apto para vivienda**.

El área Total del Barrio Rosario Murillo comprende 3,2 Ha, que conforman **152 lotes** distribuidos en 4,66 manzanas. De los 152 lotes existen 144 viviendas construidas en el Barrio, es decir 94,7% de ocupación constructiva por vivienda en todo el barrio.





El Barrio posee una trama urbana uniforme, compuesta por manzanas rectangulares en su mayoría las cuales a su vez poseen lotes uniformemente dimensionados de 7,5 x 17m, oscilando las áreas de lote mínimo en 127,5m². Las calles del barrio están conformadas por 3 Avenidas principales en sentido Noroeste-Sureste que sirven como ejes de distribución hacia los lotes y el resto de la vialidad interna está conformada por un sistema de calles que sirven de acceso al barrio.

IV.3.1.3. Contextualización en el marco del Programa

En el proyecto de la ciudad de El Viejo se decidió intervenir en **dos barrios: Bello Amanecer y Rosario Murillo**, se trata de dos barrios diferentes pero que se encuentran **localizados uno anexo al otro**.

La población beneficiaria del barrio **Bello Amanecer es de 1.254 personas**, correspondientes a **228 familias** y en el caso del barrio **Rosario Murillo es de 792 personas, correspondientes a 144 familias**. Por lo tanto, la población total del proyecto se estima en 2.046 habitantes, el 100% de la población, además de 163 lotes en proyección de BA³⁵, que serán beneficiados con la construcción de un Sistema de Disposición de Aguas Negras, con una cobertura igual al área de influencia de intervención en mejoramiento de Avenidas y calles, que erradicará la formación de charcas y conducción de las aguas grises en las calles, garantizándoles mejores condiciones salubres de vida.

Además, en el caso del barrio **Rosario Murillo**, se beneficiarán directamente **22 lotes más que en un principio quedaron excluidos del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat debido a que se sitúan exteriores al límite administrativo del barrio**, serán abastecidos del sistema de saneamiento y pavimentación ya que una vía construida por el proyecto forma parte de su salida al exterior y por lo tanto incide en sus viviendas y era lógico proporcionarles servicio.

El Programa de Mejoramiento integral del HÁBITAT proveerá al barrio de servicios de pavimentación y red de drenaje pluvial y sanitario.

IV.3.1.4. Descripción y características del barrio

El proyecto en estudio se trata de una lotificación, la cual ya tiene definido el número de lotes que la conformará, por lo que el crecimiento poblacional ya está limitado al número de viviendas que se proyectan en la urbanización, por lo tanto **se considera trabajar bajo el criterio de saturación**, considerando el índice de hacinamiento por viviendas de **6 personas/viv**.

El barrio BA tiene sólo un 58,31% de ocupación constructiva, por lo tanto tiene proyección de crecimiento de 163 familias, 798 habitantes.

IV.3.1.5. Estudio físico del terreno

El municipio de El Viejo se encuentra localizado en la **Cuenca Hidrogeológica de León-Chinandega** la cual está constituida por depósitos piroclásticos que generan el acuífero de que provee al abastecimiento de agua de toda el área. **Las fluctuaciones de nivel freático** debido al cambio de estación se estiman de **2m**: altos en Octubre-Noviembre y bajos en Abril-Mayo.

³⁵ BA: Bello Amanecer





La **topografía** de los barrios de estudio se caracteriza por tener **una pendiente orientada en dirección oeste**. La zona topográfica más baja en el barrio BA se encuentra en su área Oeste así como en la zona Noroeste en el barrio de RM.

El suelo en las calles del Reparto Rosario Murillo son de origen Cuaternario, el primer estrato de 60cm presenta suelos de tipo **SM** o **ML** de origen volcánico, el cual corresponde a una mezcla de arena con limo volcánico³⁶. En el caso de los estratos comprendidos por debajo de los sesenta centímetros, presentan suelo más estables y con mejores propiedades portantes. Pero en **general este tipo de suelo carece de una base y sub-base adecuada** por deficiencias en propiedades portantes y capacidad drenante. Por lo tanto, **se deberán remover por completo y reemplazar por un material equivalente a una roca triturada natural con menor desgaste**.

IV.3.1.6. Integración del barrio con la ciudad formal vs planificación urbana

La ciudad de **El Viejo** en la actualidad **no dispone** de **Plan de Ordenamiento Urbano u Ordenanza Municipal** sobre aspectos urbanísticos. En 1999 un cooperante japonés elaboró un Plan de Desarrollo que nunca fue aprobado ni aplicado. En 2005, con el apoyo de la Unión Europea, se elaboró un Plan Maestro Estructural, pero de carácter municipal, por lo que tampoco definió ninguna estructura de uso de suelo ni se elaboró una normativa pertinente.

El **Plan de Acción Municipal**³⁷ fue constituido en base a un proceso participativo y define una serie de líneas estratégicas: En una de ellas menciona el aprovechamiento del sistema vial existente para promover proyectos encaminados al mantenimiento de dichas vías. También define la posible proyección de una Terminal interurbana de autobuses que hasta ahora aparece inexistente.

Los barrios BA y Rosario Murillo fueron planificados por el PME pero aún y estar continuos a la trama urbana de la ciudad **no presentan integridad vial**. En concreto, el barrio internamente contiene **calles perfectamente articuladas debido** a la **previa lotificación** del barrio, sin embargo, la **relación** entre el barrio y la trama urbana contigua **no presenta** ningún tipo de **continuidad**, ninguna calle coincide.



Figura 22.- Trama urbana no planificada de BA y RM, El Viejo

³⁶ Productos de mezclas de arenas con limos o cenizas volcánicas que se han depositado por fenómenos aluviales.

³⁷ Plan Maestro Estructural 2005-2020 emitido por la Alcaldía Municipal con colaboración de la UE y DECOPANN.





IV.3.2. Situación inicial infraestructura urbana

Los barrios de proyecto **disponen** de servicio de **agua potable** a través de un sistema CAP³⁸ debido a que por condiciones topográficas la empresa nacional de gestión del suministro no tiene cobertura en los barrios BA y RM. Las familias pagan una **tarifa mensual única de 80 córdobas** (3 U\$) por lote, sin embargo el sistema lo consideran deficiente. El suministro no se efectúa las 24 h del día sino que solamente de 5-12h y de 14 a 17h.

En RM y en BA los barrios **no poseen** de un **Sistema de Distribución de Energía Eléctrica** domiciliar adecuado, de manera que el 100% de las viviendas en RM y el 50 % en BA se encuentran conectadas de manera artesanal poniendo en peligro a sus habitantes, sin embargo las familias reciben un cobro mensual por parte de la empresa distribuidora (Gas Natural) de 9 U\$ según los aparatos electrónicos que poseen en la vivienda. Está previsto que PNER provea de un sistema de energía eléctrica formal a ambos barrios durante este año 2015.

En lo que respecta al sistema de **alumbrado público, sistema de saneamiento, red de canalización de aguas pluviales y pavimentación ninguno de los dos barrios disponía** de este tipo de servicio, dejando a las familias habitantes del barrio **vulnerables a inundaciones** y otros riesgos, enfermedades y delincuencia durante la noche. El barrio es muy vulnerable a la inundación en los meses de Mayo a Noviembre debido al gran volumen de escorrentía que circula por las calles del barrio. Además, antes de la intervención del Programa de Barrios la escorrentía acumulada en el barrio drenaba en su totalidad hacia el interior del centro urbano incrementando el caudal de escorrentía y generando muchos desperfectos en la zona central de la ciudad.

El **acceso al barrio** desde la carretera municipal de Chinandega se realiza a través de **800m de camino sin ningún tipo de revestimiento**, que se podría considerar una vía alterna de conexión al barrio, aunque parte del mismo punto del barrio que la que lo une con la trama de la ciudad. La **pavimentación de esta vía de acceso** hacia la carretera intermunicipal será **provista por el Programa**.

Los barrios BA y RM disponen de **pequeños comercios** como pulperías, ventas, o pequeños artesanos y además el barrio BA dispone de **tres iglesias evangélicas** y una escuela primaria. Aunque los barrios **no disponen de área verde** el Programa financiará la construcción de un **parque** pero, a causa de la ausencia de terrenos baldíos en el área de intervención, se realizará en el **barrio contiguo Narciso Velázquez**, situado a 400m de la zona de estudio³⁹ y en el que también se encuentra la escuela secundaria juntamente con la zona deportiva más cercana.

El resto de infraestructura básica se encuentra localizada mayormente en el **centro urbano**: [Figura 23]

³⁸ Comité de Agua Potable. Son asociaciones privadas legalizadas y reguladas que dan servicio de agua y saneamiento sobre todo en áreas rurales y zonas periféricas, donde las redes de ENACAL no dan cobertura.

³⁹ Todas las distancias son medidas desde la salida del barrio con el resto de la ciudad, desde este punto a el lote más alejado del barrio RM se puede incrementar 500m y el de BA 450m.



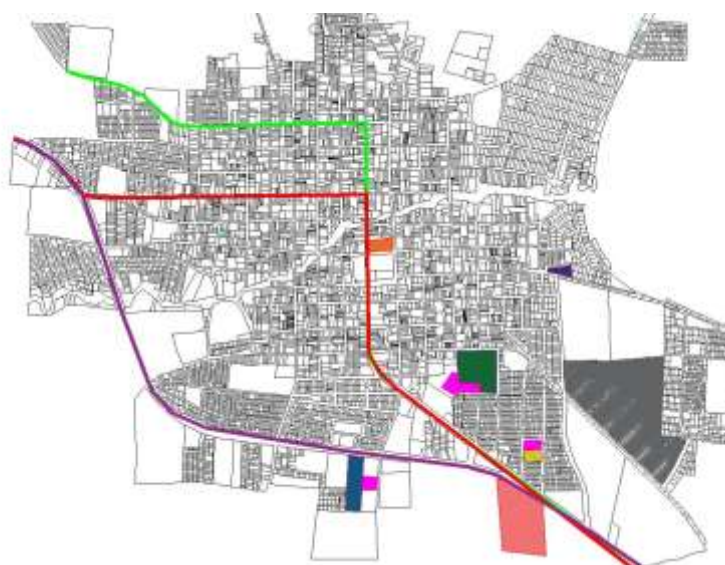


Figura23.- Mapa de equipamientos básicos más cercanos a BA y RM y líneas de autobús de El Viejo

El Mercado Central de El Viejo y el centro de salud más cercano a la zona se encuentran situados a 1,3 km del límite más cercano de la zona de estudio pero en diferentes direcciones. Para los habitantes de RM 1,8 km y el único acceso es a pie que les conlleva 40 minutos de trayecto debido a la inexistencia de transporte público.

La única **red de transporte público** existente en el municipio son las **líneas que unen el mercado BISNE de Chinandega**, capital del municipio **con el centro de El Viejo (verde)** o con el resto de comunidades del norte como Jiquilillo o Morazán pero transcurren por la ciudad (Iila). Por lo tanto, la ciudad **no dispone de Terminal de transporte**. Si los habitantes de El Viejo desean desplazarse a otras ciudades deben coger la ruta desde el Mercado hasta Chinandega (6 km) y cambiar. Solamente existe un autobús que El Viejo-Managua diario, a las 4h am desde el mercado.

El coste del autobús es de 5,5 C\$⁴⁰ por trayecto en tarifa normal y 2,5 C\$ para los estudiantes. Este transporte cubre tanto la dirección interior a la ciudad de El Viejo (0,7 km) como hasta la capital de la Municipalidad, Chinandega (6km).

Los habitantes del barrio trabajan mayormente en zonas industriales como YASAKI⁴¹ o SALMAN⁴², que se localizan en la salida Sur del núcleo urbano, a 600 m de BA. Los vecinos acuden a pie.

Los vecinos expresan la **negativa de acceso de los taxis al barrio antes de la intervención del Programa** debido a las precarias condiciones de la vía. Además, el perfil de población beneficiaria del Programa se encuentra en el sector con menores recursos de todo el municipio comúnmente no tienen acceso a transporte privado ni a taxis, que tienen un coste de 1 U\$/persona del barrio al centro, por lo tanto el medio de transporte más utilizado en el caso de largas distancias es el autobús (ruta) o la bicicleta.

⁴⁰ Precio de Mayo del 2015 acaban de incrementarlo 0,5C\$.

⁴¹ YASAKI: industria textil

⁴² SALMAN: Industria procesadora de marisco





IV.3.3. Análisis de las soluciones para el Saneamiento

En 2005 la municipalidad contaba con una red de 1.370 m lineales de tubería y con una cobertura de 583 conexiones, esto significaba que solamente era cubierta un 6% de la población total del municipio en 2010 se observó un 19,6% total de cobertura de este servicio.

En la actualidad, las familias habitantes del barrio carecen de un sistema de red de eliminación de excretas formal, es por ello que la todas las familias han construidos letrinas artesanales no adecuadas como alternativa económica a esta problemática.

En primer lugar se generarán tres premisas de caracterización del estado inicial las cuales servirán para escoger las alternativas de soluciones y tecnologías de saneamiento:

1. En cuanto a las características físicas del barrio, **la topografía es favorable**: la PTAR existente se encuentra a 20 m por debajo del nivel del barrio y a una distancia de 2,5km. Con una tasa de desnivel media de -1,3%. En cambio el suelo es limoso y presenta muy poca capacidad de infiltración.
2. **No se prevé un crecimiento poblacional muy extenso dentro del barrio** debido al factor limitante de terreno disponible. Sin embargo, la zona oriental del barrio tendera al desarrollo habitacional según la previsión de la Alcaldía municipal.
3. **La PTAR existente se encuentra en buen estado**, puede absorber la cobertura del barrio. La **Tabla 25** muestra las cantidades máximas admisibles de carga contaminante por la norma sanitaria estatal 35-95 y las cantidades contenidas en las aguas tratadas por la planta de El Viejo.

EFLUENTE	Caudal tratado	Sol.Susp	DBO ₅	DQO	Coliformes fecales
	[m ³ /año]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[NMP/100ml]
Decreto 35-95		100	110	220	1,00E+04
El Viejo	417195	62	37	138	1,30E+07

Tabla 25.- Comparación del Decreto Estatal de Saneamiento con el Funcionamiento de la PTAR de El Viejo- Datos 2010

Las diferentes alternativas planteadas se presentan a continuación: [Figura 24]

A0. Saneamiento individual/autónomo

La primera alternativa que se plantea es la de proveer adecuados sistemas de **saneamiento autónomo** para cada familia del barrio.

Después de la evaluación de los diferentes sistemas autónomos (*ver capítulo III.1*) teniendo en cuenta las características físicas y socioeconómicas del barrio se eligió un sistema **de tanque séptico de plástico de 750 l acompañado de pozo de absorción** y con conexiones domiciliarias de agua potable. Las principales razones que contribuyeron a la elección de este sistema fueron la baja capacidad de infiltración que presenta el suelo del barrio y el limitante espacial a que está sometido cada uno de los lotes del barrio. Así como denotan las primeras premisas.

El **coste** estimado de la construcción de este sistema de saneamiento autónomo es de **372U\$ por familia** y el **mantenimiento** debería de realizarse bienalmente con un equipo especializado para la extracción de lodos. El **coste anual del mantenimiento** se traduce en **50 U\$** que son **asumidos por el**



usuario, que resulta de estimar un vaciado cada 2 o 3 años con un costo del servicio de vaciado de tanques con camión cisterna de 100 USD por viaje

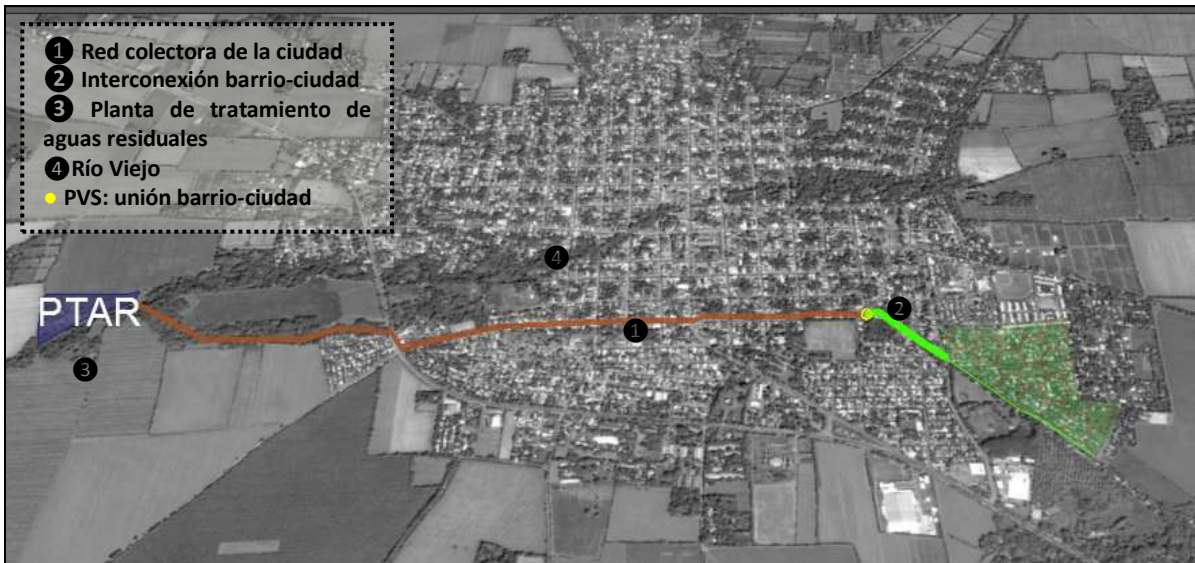


Figura 24.- Mapa comparativo de beneficiarios de alternativas de saneamiento

La **problemática** que aparece en esta alternativa es **la tendencia a la colmatación** debido a un no adecuado proceso de mantenimiento ya que, en este caso, deberían de ser las familias quienes asumieran este proceso. En cambio en la alternativa de la creación de un sistema de red de alcantarillado es la empresa proveedora (en este caso ENACAL) quien asume esta responsabilidad.

Alternativa 1: Conexión a la red central

La **segunda alternativa** es incorporar al barrio una red interior de saneamiento y **conectarla a la red central de la ciudad**, al sistema público de ENACAL en el pozo de visita que está ubicado propiamente al norte de los campos de fútbol en la calle principal, este pozo fue levantado con topografía y su profundidad es de 1.65m, que permite la conexión de los dos barrios.

La red de Alcantarillado sanitario propuesta se proyecta con un periodo de diseño de 25 años y estará conformada por 4,850 metros lineales de tubería PVC, 6" de diámetro, SDR – 40 y 90 pozos de visita sanitarios (PVS), de los cuales 29 son cabeceros, 61 son pozos intermedios de caída.

La cobertura mínima en los pozos es de 1,40m sobre la corona de la tubería, con una pendiente mínima utilizada correspondiente a 0.31%. La máxima longitud de tubería en el sistema corresponde a 91,88m. Las profundidades de los PVS oscilan entre los 1,40 y 1,81 metros.

Esta alternativa se presenta como una **inversión inicial levemente mayor** que el caso de **saneamiento autónomo** pero a **medio y largo plazo mucho más eficiente**. No solo por el **ahorro en mantenimiento y explotación** por parte de los beneficiarios sino también, porque **permite la ampliación de la red global** del municipio e **incentiva la conexión de barrios colindantes**.

Para crear una **solución integral** de saneamiento es necesario tener en cuenta la proyección a medio y largo plazo para el dimensionamiento de los colectores principales.

			A 0: Saneamiento autónomo	A 1: Conexión a la red central
--	--	--	---------------------------	--------------------------------





Fase 1: Construcción	Red/tecnología interior		\$ 377,00	\$519,54
	Red exterior	Metros tubería		\$ 356
		Coste tubería		\$50,49
	Total		\$ 377,00	\$570,03
Fase 2: Exp. lotación	Mantenimiento anual		\$50	\$8,99

Tabla 26.- Costes de construcción y mantenimiento por familia de las alternativas de saneamiento de El Viejo

La planta de tratamiento de aguas residuales existente en el municipio de El Viejo funciona con dos módulos: un sistema de tanque Imhoff acompañado de filtro percolador. Su cobertura es de 17.696 población servida, representando un 19,6% de la población total del municipio. Las aguas tratadas son abocadas al río Viejo, principal curso natural que discurre por todo el centro urbano. [Tabla 27] Las aguas residuales tratadas son aprovechadas desde el 2012 con la irrigación de 15 ha de caña.

43

	Sistema	Unidades	Población servida	Conexiones	Caudal [m ³ /dia]	Cuerpo receptor
El Viejo	T. Imhoff + FAFA	2 módulos	17.696	2.528	1,143	Río Viejo

Tabla 27.- Tecnología PTAR de El Viejo

IV.3.4. Análisis de la accesibilidad

Los barrios del proyecto se localizan contiguos a la trama urbana del municipio de El Viejo, habitualmente los habitantes de RA y BA utilizan la vía transversal que parte desde el límite oeste de BA para llegar al centro urbano de la ciudad. En este caso, **no** se puede hablar de **aislamiento geográfico** ya que debido a la localización de los barrios los habitantes se encuentran integrados en el límite urbano pero **sí a nivel de conectividad** debido a que la infraestructura de transporte existente no es favorable al barrio como se verá a continuación.

Como se describió anteriormente, las condiciones viales internas del barrio se encontraban muy precarias, imposibilitando la entrada de servicios públicos y privados, como taxis, ambulancias, bomberos, la policía o el camión de la basura.

Con la **intervención del proyecto** de mejora de barrios, se planteó la **mejora vial** de todas las vías internas de ambos barrios, lo **que benefició a la población** en la **posibilidad de movilidad** y circulación interna del barrio con unos **beneficiarios** tanto **directos**, los **vecinos del barrio**, como **indirectos**, **los habitantes de los barrios colindantes** que cruzan el barrio para acceder al centro. [Tabla 28]

También **se ejecutó la vía de acceso a la carretera**, brindando una **alternativa de acceso** y salida del barrio hacia Chinandega, la cual en la actualidad genera un acceso al barrio mucho más directo hacia la carretera urbano y permite el acceso de **servicios públicos**, como policía, correos; o **emergencias**, como ambulancias.

⁴³ Fuentes del proyecto de reutilización de aguas residuales del Banco Mundial.





Ilustración 3.- Acceso de vendedores ambulantes en El Viejo

Además, en la actualidad, por el barrio también discurren **vendedores ambulantes** [Ilustración 3] con productos frescos como fruta y verdura pero con una frecuencia inconstante y un doble coste en comparación con el mercado⁴⁴.

	Antes	Después
Acceso al barrio	Por el centro urbano	Carretera de acceso y por el centro urbano
Autobús	No circulaba por el barrio.	No circula, la vía de acceso a la parada ha sido pavimentada
Taxis	Negativa de acceso	Llegan al barrio
Emergencias	Inaccesible	Acceden
Mercado	45 min de trayecto, muy malas condiciones de estado de vía	40 min pero en vía pavimentada
Vendedores ambulantes	No circulaban	Diariamente, venta de productos frescos (fruta y verdura).
Servicios públicos (policía..)	No accesibles	Accesibles

Tabla 28.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa

IV.3.5. Análisis de las soluciones al Drenaje Pluvial

En la actualidad el sistema de drenaje pluvial obedece en términos técnicos a la conducción y dirección de las aguas sobre el sistema vial existente conformado y no conformado. Además, en los barrios de proyecto no existe cobertura de rejillas ni cajas de desagüe lo que lleva a convertir el área Norte del Barrio BA en un punto crítico a nivel pluvial con mucho riesgo de inundación. Hasta el momento la escorrentía acumulada en el barrio era dirigida principalmente hacia el centro de la ciudad de El Viejo, causando graves daños por inundación. [Ver Figura 25]

⁴⁴ El coste de un tomate es de 5 C\$ y en el mercado 2,5 C\$.



Para reducir el caudal de escorrentía de la zona de estudio, se decidió dividirla en tres áreas drenantes:



Figura 25.- Áreas de escorrentía de los barrios de El Viejo

El **área 1** que tiene una cobertura de la zona norte del barrio de BA y drena en dirección norte hacia el núcleo urbano de la ciudad y la planta de tratamiento de aguas residuales.

El **área 2** que se encuentra constituida por la mitad Sur del barrio BA y la mayor parte del barrio RM y drena hacia la zona inundable y posteriormente en dirección sur hacia el cauce natural, que termina descargando en el río Chiquito.

El **área 3** que pertenece a medio bloque de lotes en la parte sur del barrio RM y drena en dirección sureste hacia el río Chiquito.

Con esta división de la escorrentía el 67% del área del barrio BA y la mayor parte de RM es drenada en dirección hacia la calle de acceso al barrio desde la carretera a Chinandega y posteriormente al río Chiquito, situado al sureste del barrio.

Por lo tanto, la zona más problemática se desarrolla en el área 2 debido a que se genera un cauce natural sin revestimiento que es saturado muy usualmente cuando el caudal de escorrentía aumenta. Debido a la previsión del aumento del caudal de escorrentía a causa de la construcción de la red interior del barrio el proyecto proveerá la creación de 622m de canal en la salida del área 2 para garantizar el buen encauzamiento de la escorrentía pluvial y así mitigar la zona inundable.

Se generaron **obras de mitigación** como el canal de salida, el coste total es de 122.100 \$ por lo tanto, **223\$ por familia** beneficiaria del Programa que significa un 11% de la inversión total por familia.





IV.3.6. Síntesis del análisis en el Caso de El Viejo

En general el sector es bastante plano con una pendiente promedio que no supera el 3%, haciendo viable costes menores de intervención.

Debido a que se trata de una zona de conurbación se prevé que la expansión habitacional se proyecte en dirección oriental a los barrios y que el camino desde el barrio (vía de peregrinación) gane importancia y se convierta en una vía de acceso peatonal, por lo tanto, las viviendas del límite sur quedarían afectadas y se proveería una de las vías entre los dos centros de la conurbación entre el Viejo y Chinandega.

A nivel de **saneamiento**, después de analizar las alternativas entre saneamiento individual y su conexión a la red central del municipio, a **corto plazo**, aunque la segunda alternativa, de **construcción de la propia red representa un 13% más de inversión por familia**, los **beneficios de la red son muy superiores a los de la construcción del sistema individual**, sobre todo en la **fase de explotación**. La inversión inicial es amortizada por el coste de explotación a partir del 5º año, [Figura 26] por lo tanto, se considera rentable económicamente a corto-medio plazo.

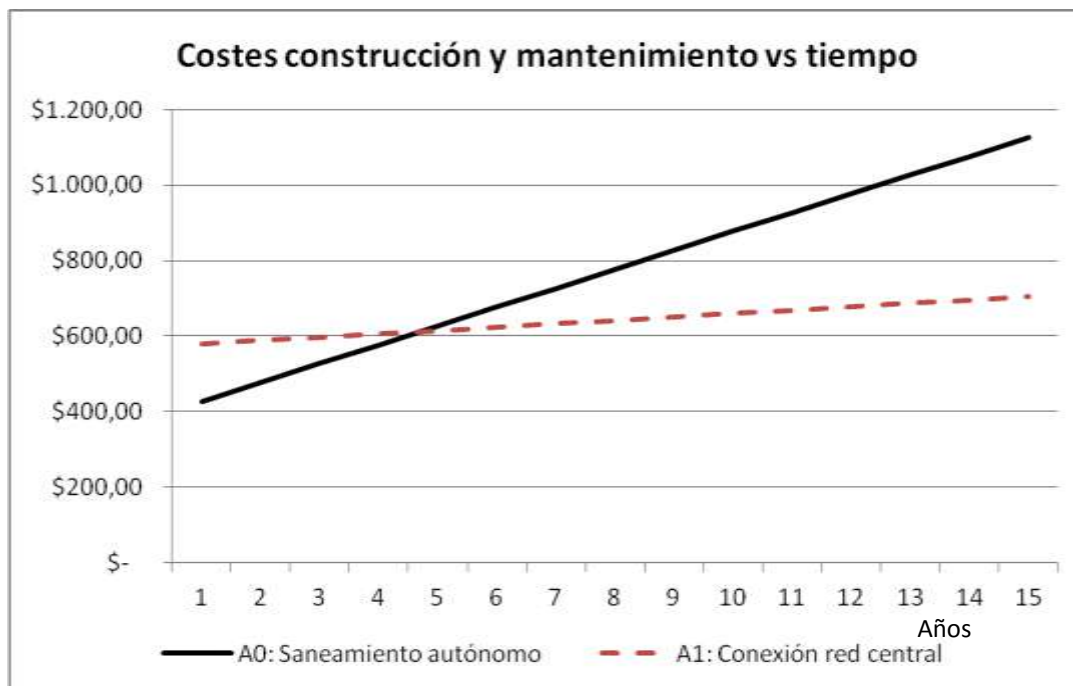


Figura 26.- Temporalidad de la amortización de los costes por familia de la infraestructura sanitaria con el mantenimiento

Además, en el sistema red, el **mantenimiento no lo asume** directamente el **usuario**, como en la primera alternativa, sino una **empresa a nivel nacional ENACAL**. Este factor genera, una **reducción de costes**, debido a que los vecinos pagan el mantenimiento a través de la factura mensual.

En adición, a **largo plazo**, la red, conformaría una pieza del puzzle fundamental por la localización del barrio, debido a que barrios que se desarrollen en sus alrededores deberán conectarse a su red para poder canalizar sus aguas hacia la PTAR central.

La escorrentía pluvial, que hasta el momento era conducida en dirección al centro histórico de la ciudad, se ha conseguido **canalizar 67%** del área de proyecto y desviar su **encauzamiento en direc-**





ción sureste, hacia el río Chiquito. Se ha acompañado de las respectivas obras de mitigación con la construcción de un canal desde la salida del barrio al río. Consecuentemente, se **reducirá el volumen de escorrentía acumulada en el centro de la ciudad** y el riesgo de inundación.

En cuanto a la accesibilidad de los barrios de estudio con el centro histórico y consecuentemente con la infraestructura de equipamientos básicos este caso, **no** se puede hablar de **aislamiento geográfico** ya que debido a la localización de los barrios los habitantes se encuentran integrados en el límite urbano pero **sí a nivel de conectividad** debido a que la infraestructura de transporte existente no es favorable al barrio.

Los **beneficiarios directos** del Programa a **corto plazo son 371 familias** que se encuentran en la actualidad residentes en el barrio. Además, el proyecto tiene una cobertura de **543 lotes** que se proyectan de crecimiento a **medio plazo** en la zona. También, 22 lotes, aunque se encuentren en una zona no apta para habitabilidad, son beneficiados por localización contigua a la zona sur del límite de ambos barrios.

Así mismo, no solamente los vecinos del mismo barrio se **beneficiarán** del Programa, **indirectamente**, toda la **zona de expansión este adherirá su red de saneamiento** a los colectores que salen del barrio y también la gran mayoría de la población del centro urbano de El Viejo serán beneficiados del Programa debido a que podrán circular por las calles del barrio. Por lo tanto, se trata de un **proyecto integral** que con el desarrollo puntual de un barrio contribuye al mejoramiento de una mayor área.





IV.4. Caso de Matagalpa y barrio Paz y Reconciliación

IV.4.1. Introducción

IV.4.1.1. Contextualización del municipio

El municipio de Matagalpa se encuentra situado en la **franja central del país**, al Norte. Pertenece al Departamento del mismo nombre, región ubicada a 130 km al Norte de la Capital Managua. Asimismo, la ciudad de Matagalpa tercera ciudad más Poblada y segunda en producción del país. Es la cabecera del departamento de Matagalpa, conocida como la "Perla del Septentrión" y se encuentra ubicada sobre **zona montañosa**, situada en la ribera del Río Grande.

El límite urbano de la ciudad de Matagalpa se encuentra bordeado por una serie de barreras naturales como **la topografía accidentada** lo que origina una **carencia de terrenos aptos para su expansión**, desafortunadamente, los únicos terrenos accesibles que quedan dentro del perímetro de la ciudad presentan problemas de pendientes y la única oportunidad que se tiene para determinar áreas con potenciales de crecimiento urbano son las comunidades próximas al casco urbano. Por lo tanto, el valle donde se ha desarrollado el actual límite urbano se encuentra colapsado.



Figura 27.- Contextualización física del municipio de Matagalpa

El Municipio de Matagalpa es el **primer Municipio del departamento en cuanto a población** y densidad poblacional. De acuerdo al último censo oficial de INIDE (2005), el Municipio de Matagalpa cuenta con una población total de 103.606.00 habitantes de los cuales un 40% se concentran en el área urbana.

IV.4.1.2. Contextualización del barrio

El **Barrio Paz y Reconciliación** se ubica en la **zona periurbana** de la Ciudad de Matagalpa, en el sector Oeste de la Ciudad, en la cuenca Waswalí Abajo, **exteriormente al centro urbano de la ciudad**, aproximadamente a **8km**.

Es una zona cuyo **uso de suelo está destinado** según el plan crecimiento de la ciudad a **desarrollos urbanos habitacionales**, limitando al norte con la carretera Matagalpa – Sébaco, al sur con la base militar Sexta Legión, terrenos del Ejército de Nicaragua y al este con beneficios de café, hacia el oeste terrenos futuros a ser urbanizados por la Municipalidad y en donde ya se observan caseríos dispersos.





El Barrio Paz y Reconciliación junto con los barrios Horizonte Azul y Primavera originalmente era llamado Waswalí abajo, PyR⁴⁵ fue **formado en el año 1990** como parte del proyecto de la Municipalidad en beneficiar a familias carentes de viviendas y relacionadas con el hermanamiento social de los movimientos de: Madres de Héroes y Mártires de la Revolución y Madres de Caídos de la Resistencia, dándose de esta manera al origen del Barrio de: Paz y Reconciliación cuyo propósito fue brindar el beneficio a estas familias de un lote de terreno, para la construcción de sus viviendas, por lo que se puede caracterizar la formación de este barrio como del tipo formal de urbanización progresiva.

El barrio se emplaza en **una zonificación y uso de suelo destinado para vivienda**, conforme el Plan de Regulación Urbana del Municipio, sobre todo en la zona de expansión urbana.

IV.4.1.3. Contextualización en el marco del Programa

Los beneficiarios del Programa será la **totalidad del barrio** y con proyección de crecimiento debido a que se dará cobertura a **282 lotes** aunque en la actualidad residen en total 254 familias.

La condición socio-económica en que se encuentran actualmente las familias de este Barrio, reúnen las características establecidas por el Programa de Mejoramiento Integral del Hábitat en cuanto a su condición de **Pobreza Extrema (85.9%)** con un índice de servicios insuficientes del 35.4%. Así como de familias con niveles de hacinamiento de hasta un 62.8%.

El Programa de Mejoramiento integral del HÁBITAT proveerá al barrio de servicios de pavimentación, red de drenaje pluvial y sanitario y red de suministro de agua potable.

IV.4.1.4. Descripción y características del barrio

El **área** Total del Barrio Paz y Reconciliación comprende **8,8 Ha**, que conforman 282 lotes distribuidos en 12,61 manzanas. De los 282 lotes existen 260 viviendas construidas en el Barrio, es decir **92.1% de ocupación** constructiva por vivienda en todo el barrio. Con una densidad poblacional de 177 hab/ha .

El Barrio posee **una trama urbana uniforme**, compuesta por manzanas rectangulares las cuales a su vez poseen lotes uniformemente dimensionados de 8 x 17 m, oscilando las áreas de lote mínimo en 136m². Las calles del Barrio también han sido diseñadas y conformadas de manera uniforme y coherente, caracterizándose por el trazado de 3 Avenidas principales en sentido Norte-Sur que sirven como ejes de acceso principales al Barrio, y el resto de la vialidad interna está conformada por un sistema de calles o callejones que sirven de distribuidores hacia los lotes o viviendas del Barrio.

Cabe lugar destacar la participación activa de la Organización Comunitaria del barrio, que ha impulsado la dotación y atención de la población en equipamiento como la escuela primaria dentro del Barrio, el sistema de suministro de agua potable y el alcance de la red de transporte público, que ha conseguido que discurra por el barrio.

En el barrio de Paz y Reconciliación, en la actualidad, residen 254 familias aunque la máxima capacidad proyectada es de 340 por lo tanto tiene un margen de crecimiento de 25% solamente el barrio, también, se encuentra en una **zona de expansión del municipio** y se proyecta un crecimiento en el sector mucho mayor, solamente a corto plazo se proyecta un crecimiento en el área oeste del barrio de **206 lotes**.

⁴⁵ Paz y Reconciliación



Tiene 1530 habitantes (censo de 2004) y un área de 18,1 Ha, cuenta con 255 viviendas y una **densidad poblacional** de 14 lotes/ha clasificada como **baja**⁴⁶.

IV.4.1.5. Características físicas del terreno

La topografía del barrio mayormente se presenta adecuada para la intervención de los servicios urbanos, con pendientes no superiores al 3% aunque **no** se presenta **uniforme**.

La localización del barrio se encuentra en una ladera diferente a la del casco antiguo de la ciudad y consecuentemente de la PTAR que abastece al municipio. Por lo tanto, **no será posible utilizar un sistema de drenaje por gravedad** de aguas residuales hacia la planta como se verá más adelante.

El nivel topográfico de la **zona sur-oeste del barrio** presenta **un factor de riesgo debido a las inundaciones** que se producen en las calles durante los meses de Mayo a Noviembre, la estación húmeda. Es preciso destacar que se ejecutaron obras de mitigación con el revestimiento del cauce para evitar que las aguas pluviales provenientes del cerro drenen por las calles y avenidas, y así evitar erosiones, charcas e inundaciones dentro del barrio. Aún así, en la zona central del cauce revestido, debido a que se encuentra en una zona cóncava (con un nivel topográfico menor) se siguen generando inundaciones.*[Figura 31]*

Por otro lado, se suman **3 viviendas localizadas en el sector sur-oeste** del barrio, **vulnerables a los deslizamientos** provenientes del cerro ubicado en la parte oeste del Barrio, contabilizándose **9 viviendas en total**, bajo condición de **reubicación**.

El barrio se encuentra situado en la cuenca Waswalí Abajo, con **una red hídrica** clasificada como **inconstante sencilla**, por lo tanto, sólo presente de Mayo a Noviembre en época húmeda.

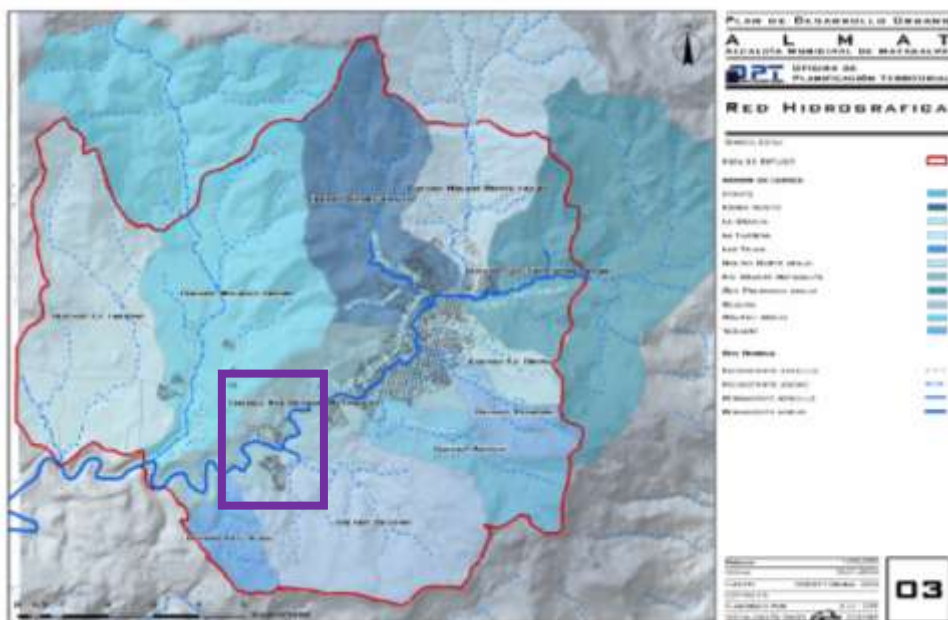


Figura 28.- Clasificación de la red hidrológica del municipio y del barrio (PDU:Alcaldía Municipal de Matagalpa 2005)

El terreno del barrio está constituido a base de **grava, arcilla y roca**, la última dificulta mucho la tarea de excavación de zanjas para la implantación de la red de saneamiento. La parte Oeste está formada por depósitos de flujos piroclásticos⁴⁷.

⁴⁶ 0-30 lotes/ha es considerada densidad poblacional baja.





IV.4.1.6. Integración del barrio con la ciudad formal vs planificación urbana

El Municipio de Matagalpa cuenta con un **Plan de Desarrollo Municipal** desarrollado en 2004 que regula los usos del suelo (Zonificación Urbana), que se encuentra vigente y en aplicación, así como también en estudio de ser actualizado.

En el PDM⁴⁸ se explica que Matagalpa se encuentra bordeada por una serie de barreras naturales como la topografía accidentada lo que origina una carencia de terrenos aptos para el crecimiento urbano, desafortunadamente, los únicos terrenos accesibles que quedan dentro del perímetro urbano de la ciudad no son habitables, presentan problemas de pendientes, por lo tanto el desarrollo poblacional se prevé en áreas exteriores a la cuenca, como el área Sur, donde se encuentra localizado el barrio de estudio.

Así como se ve en la *Figura 31* el barrio de Paz y Reconciliación se encuentra localizado en una zona donde el Municipio prevé un sector de expansión calificado por el PDU⁴⁹ como uso potencial del suelo en centro poblado.

El barrio Paz y Reconciliación se sitúa en el Plan de Acciones como área con un tratamiento especial, la define como un sector de mejora urbana: un área en la que es necesario mejorar la urbanización y las dotaciones de un sector de la ciudad. Ya se realizaron algunas operaciones en 2005 con la construcción de 90 letrinas en el barrio, y en 2006 se “proveía” un Programa de agua potable en coordinación con FISE.

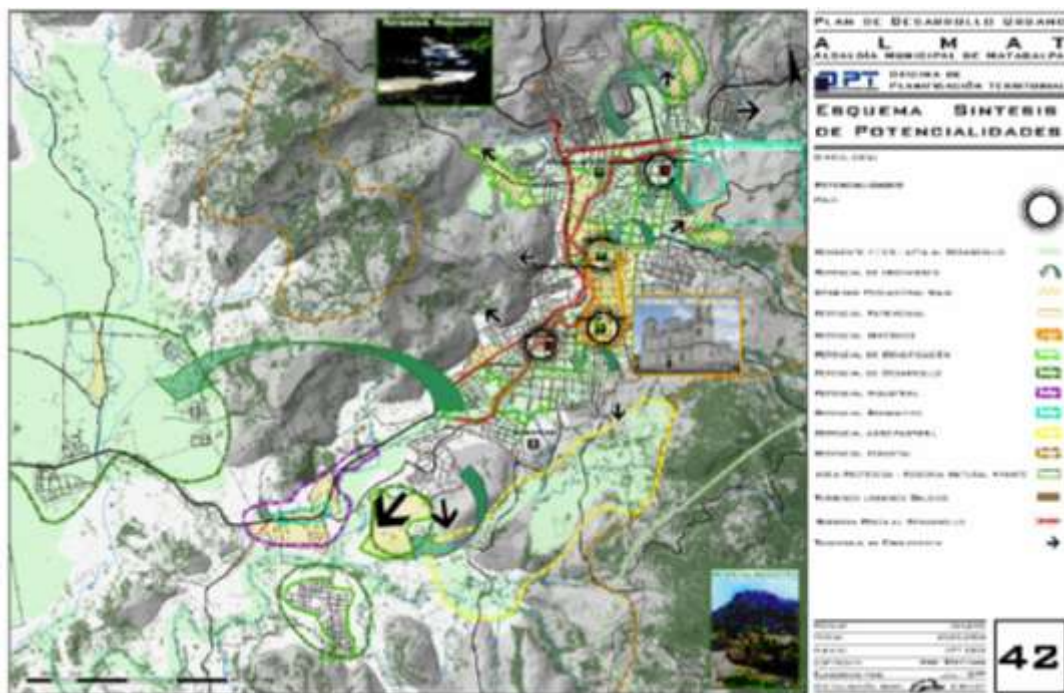


Figura 29.- Esquema de síntesis de Potencialidades (PDU Matagalpa)

IV.4.2. Situación inicial de infraestructura urbana

⁴⁷ Según el Mapa de Constitución Geológica del Plan de Desarrollo Urbano (2005)

⁴⁸ Plan de Desarrollo Municipal

⁴⁹ Plan de Desarrollo Urbano





El Barrio **no dispone** de red de suministro de **agua potable** y sistema de **energía eléctrica adecuadas**. Debido a que un grupo de alrededor 40 familias residen en esta zona se generarán puestos públicos para abastecer las familias del área de expansión.

Las viviendas en su totalidad, se encontraban conectadas a la red eléctrica de manera ilegal. Se está proveyendo por parte de PNSER un sistema de **energía domiciliar y alumbrado público** dentro del marco del convenio INVUR-ENATREL⁵⁰.

Además, el barrio **no dispone** ni de **alumbrado público**, ni de sistema de drenaje de **aguas pluviales y saneamiento**: se diseñó un sistema de alumbrado público que por falta de presupuesto no se podrá llevar a cabo de inmediato en el marco del proyecto, ni de un tratamiento centralizado de las aguas pluviales y residuales, producidas por las familias del barrio, sino a través de soluciones sanitarias independientes que dependen de la capacidad económica familiar.

El barrio PyR se encuentra inaccesible desde el centro urbano de Matagalpa sin un medio motorizado, debido a que se encuentra localizado **exteriormente al límite urbano de la ciudad**, en concreto, a **7 km del centro urbano** por la carretera intermunicipal desde Matagalpa hacia el Sébaco.

Los **equipamientos básicos disponibles** en el interior del barrio son: una escuela primaria, un Centro de desarrollo Infantil (CDI), cementerio, cinco iglesias y se encuentra en construcción un campo deportivo. El barrio también dispone de pequeños comercios como pulperías, artesanos, reparaciones de calzado. Además, diariamente transitan por el barrio vendedores ambulantes con productos frescos como fruta y verdura y con precios parecidos a los del mercado. La escuela secundaria más cercana se localiza en el barrio contiguo y es accesible a 15 min a pie. Las Universidades se encuentran todas localizadas en el centro urbano de la ciudad.

	Distancia ⁵¹	Tiempo trayecto en bus ⁵²
Mercado	7,5 km	35 min
Centro de salud	2 km	45 min en bus
Escuela primaria	En el barrio	5 min a pie
Escuela secundaria	1,2 km	25 min a pie
Universidad	6,5 km	30 min en bus
Zona deportiva	En construcción	-
Iglesia	5 en el barrio	5 min
Estación central: La terminal	5,5 km	30 min en bus

Tabla 29.- Distancias y tiempo de trayecto desde PyR hasta los principales equipamiento básicos de Matagalpa

Los demás equipamientos básicos se sitúan en el centro urbano y consecuentemente los habitantes deben desplazarse en **transporte motorizado** por su larga distancia.

El transporte utilizado popularmente es el **autobús** (con un coste de 4,5 C\$ (0,16U\$) por trayecto) debido a que los costes del taxi son elevados, 120C\$ por trayecto. Por el interior del barrio transita la ruta número 4 con una frecuencia horaria y un trayecto desde el barrio hasta el límite Norte de la ciudad, el Hotel Barcelona, cruzando todo el casco urbano de Sur a Norte. También es posible coger la ruta 5 en el cruce con la carretera intermunicipal con el doble de frecuencia que proviene de Quebrada Honda cruza también todo el centro urbano hasta el Hospital Regional. (Tabla 29)

⁵⁰ ENATREL: Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica

⁵¹ Distancia medida desde un punto intermedio al barrio, puede llegar a ser 200 m más.

⁵² La distancia hasta el bus es de un radio máximo de 0,5km pero muy poca frecuencia de paso, cada 2,5h.



El coste de la ruta es de 4,5 C\$ por trayecto.

Para desplazarse hacia el exterior de Matagalpa el posible tomar las rutas intermunicipales desde la Terminal de autobuses, por la cual discurren las dos rutas de autobús (4 y 5) disponibles desde el barrio. [Figura 30]

La mayor parte de los habitantes del barrio trabajan en fincas cafeteras durante los meses de octubre a marzo. Para desplazarse diariamente a las fincas algunos habitantes andan hasta el cruce en el que toman la primera ruta que transite.

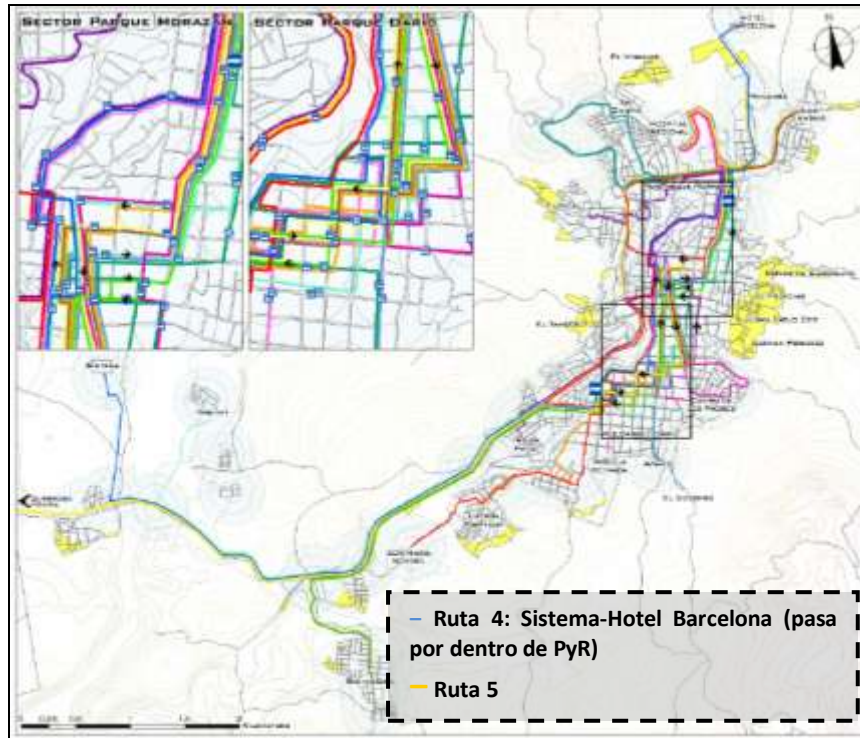


Figura 30.- Líneas de autobús de Matagalpa PDU: Plan de Desarrollo Urbano de Matagalpa 2005

El Barrio carece de un sistema de Drenaje Pluvial. No hay revestimientos ni cunetas en sus calles, que garanticen un drenaje superficial de manera adecuada, lo cual provoca que la escorrentía drene a través de las calles y avenidas. En algunos casos, por los patios de las viviendas dañando de esta manera la superficie de las calles a causa del arrastre de sedimentos, lo que provoca inundaciones en algunos puntos del Barrio.



Ilustración 4.- Antes del PMB aguas grises circulando por el barrio Paz y Reconciliación, Matagalpa.

IV.4.3. Análisis de las soluciones para el Saneamiento

Actualmente el barrio no posee ningún tipo de red de saneamiento y el volumen de excretas generado por los habitantes del barrio es depositado en sistemas individuales de letrinas domésticas.

En primer lugar se evalúan las condiciones de contorno en base a la determinación de diferentes alternativas como solución al sistema de saneamiento urbano. Se elaboran tres premisas:

1. A nivel topográfico, el barrio se encuentra localizado en un lugar inaccesible para la conexión de la planta existente de la ciudad debido a que se encuentra situada exterior al límite urbano, en una ladera diferente a la de la PTAR. Consecuentemente los costes de transporte se encarecerán debido a que no se podrá utilizar el sistema de drenaje por gravedad.
2. La zona urbana en la que está situado el barrio está proyectada como zona de expansión, por lo tanto la población de diseño será superior a la población actual y tendrá su consecuente proyección.
3. El Estado de la PTAR actual es deficitario, se encuentra colmatada. [Tabla 30]

EFLUENTE	TRH	Sol.Susp	DBO ₅	DQO	Coliformes fecales
	días	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[NMP/100ml]
Decreto 35-95		100	110	220	1,00E+04
Matagalpa	18	105	119	210	1,00E+06

Tabla 30.- Comparación de parámetros de control de la PTAR de Matagalpa con el Decreto 35-95 (datos ENACAL 2010)



Las alternativas presentadas según criterios técnico-económicos son las siguientes [Figura 31]

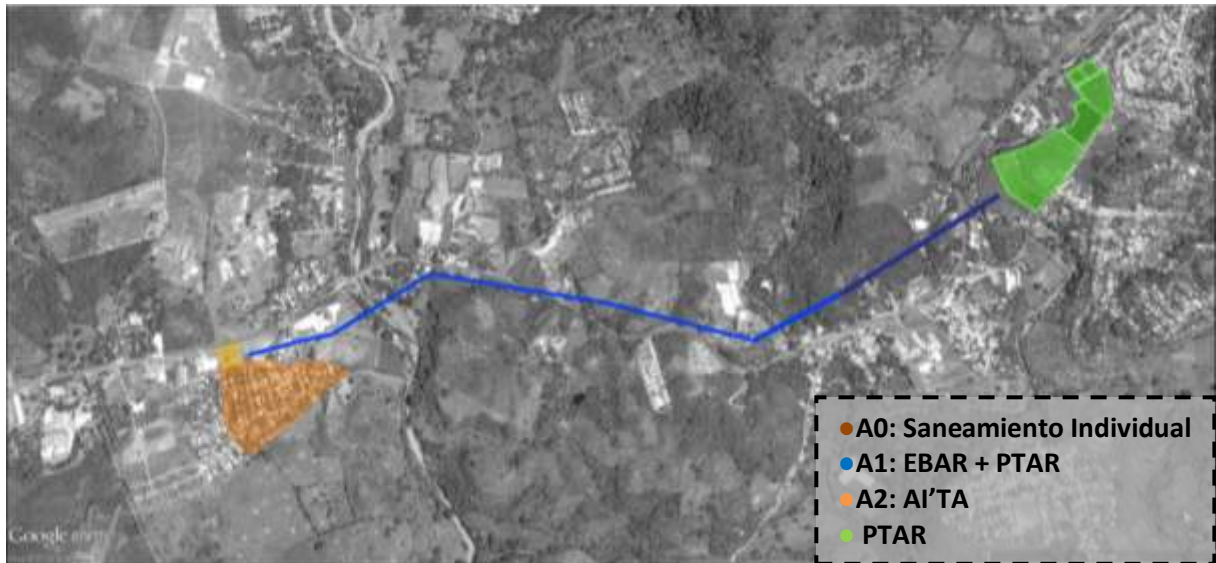


Figura 31.- Alternativas de soluciones de saneamiento en Matagalpa para el barrio PyR

A0. Saneamiento individual

Partiendo de la primera premisa generada, la cual la situación geográfica del barrio aparece como factor obstaculizante en el desarrollo de una red de saneamiento, se opta por abastecer a la población con sistemas de **saneamiento autónomo**.

Después de evaluar diferentes tecnologías de saneamiento individual existentes⁵³ se opta por la elección de un **sistema de Tanque Séptico Plástico** (de 750 l) acompañado de un pozo de absorción debido a que la población dispone de suministro de agua potable (aunque el estado del servicio no sea óptimo), al espacio disponible y las condiciones de nivel freático.

La inversión inicial prevista por familia serían **377,38\$** para la instalación de esta tecnología de saneamiento. Sin tener en cuenta la caseta, que iría a cargo del beneficiario.

En la fase de explotación este tipo de tecnología requiere un **mantenimiento bienal de vaciado de los lodos** acumulados en el tanque. Este proceso es recomendable de realizarlo con personal especializado debido a las dimensiones del tanque y tiene un **coste de 100\$**.

A1. Conexión a la red antigua: EBAR

La opción de conexión a la infraestructura de PTAR existente que da servicio el núcleo urbano de Matagalpa debería de realizarse **indirectamente, a través de un bomebeo de aguas** debido a la situación topográfica del barrio descrita con anterioridad. Por lo tanto se requeriría la construcción de una EBAR para el barrio.

Como se ve en la Figura 31 las aguas residuales deberían de transportarse una distancia de 3,1 km y salvar un desnivel de 87m, por lo tanto requeriría una línea emisora de 1,85 km y una EBAR con bombas de 15 KW de potencia mínimos que tendrían un consumo desorbitado.

⁵³ Ver en *Tecnologías de saneamiento*



La **PTAR que da servicio a la ciudad** funciona a partir de 8,32Ha de Lagunas de estabilización. Las aguas tratadas son vertidas al río Grande, en el extremo Sur del Centro urbano. Sin embargo, el número de conexiones actuales ha sobrepasado el límite de funcionamiento de la planta y consecuentemente la planta se encuentra **colmatada**.

La ubicación de esta infraestructura a la orilla del Río Grande Matagalpa al extremo sur de la ciudad, representa un inconveniente siendo que se encuentra en el área de extensión de la ciudad y que por consiguiente constituye una barrera física para el crecimiento urbano. Además, la topografía del valle de Matagalpa no permite que el barrio PyR pueda conectarse por gravedad a la planta y consecuentemente será necesaria la construcción de una estación de bombeo.

	Nº	Volumen (m ³)	Área (Ha)	TRH (días)
Anaeróbicas	4	18510	1,02	1,8
Facultativas	3	64780	3,9	6,4
Maduración	2	38390	3,4	3,8
Total	9	121680	8,32	12 (288 horas)

Tabla 31.- Composición de la PTAR de Matagalpa

El coste de construcción de la EBAR se estima de 111 U\$/familia y su explotación 41 U\$ anuales por familia. Además que el **coste de mantenimiento anual por familia** de la PTAR que abastece a Matagalpa sería de **31,02 U\$**.

Por estas razones esta alternativa se descartó desde el principio en la decisión estratégica de soluciones para el saneamiento del barrio de PyR del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat.

A2. Nueva planta AI'TA

En base a satisfacer las tres premisas anteriores se plantea la alternativa de proveer al barrio de una planta de tratamiento de aguas residuales. Después de analizar las opciones tecnológicas existentes en el mercado [ver III.1.III.1 *Tecnologías de saneamiento*] se decidió optar por una planta con diferente tecnología a la de la PTAR existente, un sistema AI'TA⁵⁴.

Esta nueva tecnología permite el abastecimiento de un número flexible de usuarios debido a la su capacidad de ampliación modular. Por lo tanto, no sería necesaria una inversión inicial muy sobredimensionada sino que se podría aumentar su cobertura paulatinamente.

Otro factor determinante es el reducido mantenimiento que requiere este tipo de planta de tratamiento y a la vez, la producción de biogás.

⁵⁴ Ir a III.1. *Tecnologías de saneamiento*





Fase 1: Construcción			A0: Saneamiento individual	A1: EBAR + PTAR	A2: AI'TA
	Red interior			\$377,38	\$447,18
Planta tratamiento	Planta AITA				\$284,92
	Terreno				\$44,12
	Planta PTAR			Se desprecia	
Red exterior	Metros tubería				300,00
	Diametro tub				6"
	Coste tubería				\$17,89
	EBAR			111,7647059	
Total			377,38	\$558,94	\$794,11
Fase 2: Explotación y mantenimiento	Mantenimiento	Planta		\$31,02	\$18,20
		EBAR		\$41,30	
	Total		\$50,00	\$72,32	\$18,20

Tabla 32.- Costes de construcción y mantenimiento desglosados de las alternativas de saneamiento de PyR

IV.4.4. Análisis de la accesibilidad

El barrio de proyecto se localizan exterior a la trama urbana de Matagalpa, habitualmente los habitantes de PyR utilizan el transporte público para acceder al centro urbano de la ciudad. En este caso, se puede hablar de **aislamiento geográfico** ya que debido a la localización de los barrios los habitantes se encuentran a 8 km de los principales servicios públicos y equipamientos básicos.

Como se describió anteriormente, las condiciones viales internas del barrio se encontraban muy precarias, imposibilitando la entrada de servicios públicos y privados, como taxis, ambulancias, bomberos, la policía o el camión de la basura.

Con la **intervención del proyecto** de mejora de barrios, se planteó la **mejora vial** de todas las vías internas de ambos barrios, lo **que benefició a la población** en la **posibilidad de movilidad** y circulación interna del barrio con unos **beneficiarios** tanto **directos**, los **vecinos del barrio**, como **indirectos**, **los habitantes de los barrios colindantes** que cruzan el barrio para acceder a la parada de autobús para ir al centro. [Tabla 28]

También, gracias al Proyecto, la línea 4 de autobús discurre por el interior del barrio y los habitantes de PyR tienen acceso a transporte público en un radio máximo de 250m.

Además, en la actualidad, por el barrio también discurren **vendedores ambulantes** con productos frescos como fruta y verdura pero con una frecuencia inconstante y un doble coste en comparación con el mercado⁵⁵.

⁵⁵ El coste de un tomate es de 5 C\$ y en el mercado 2,5 C\$.



	Antes	Después
Acceso al barrio	Por el centro urbano	Carretera de acceso y por el centro urbano
Autobús	No circulaba por el barrio.	Circula una línea por el interior del barrio
Taxis	Negativa de acceso	Llegan al barrio
Emergencias	Inaccesible	Acceden
Mercado	10 min andando + 30 en bus	30 en bus
Vendedores ambulantes	No circulaban	Diariamente, venta de productos frescos (fruta y verdura).
Servicios públicos (policía, correos...)	No accesibles	Accesibles

Tabla 33.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa

IV.4.5. Análisis de las soluciones para el drenaje Pluvial

Antes de la intervención del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat ,PyR carecía de red de Drenaje Pluvial. Sus calles se encontraban sin revestimiento, ni cunetas, que garantizaran un drenaje superficial de manera adecuada, lo cual provocaba que la escorrentía drenara a través de las calles y avenidas.

El área más sensible a ser inundada está situada en la parte Sur del barrio, entre las calles 4B y 6B de norte a sur y 5-7A de este a oeste. (Figura 34) En la frontera sur del barrio se construyó anteriormente al Programa un canal de mitigación para canalizar toda la escorrentía acumulada del barrio y a la vez de protección contra escorrentía drenada desde el terreno militar. Debido al perfil cóncavo de la calle 6B el canal presenta una parte central inundable. (Figura 32)

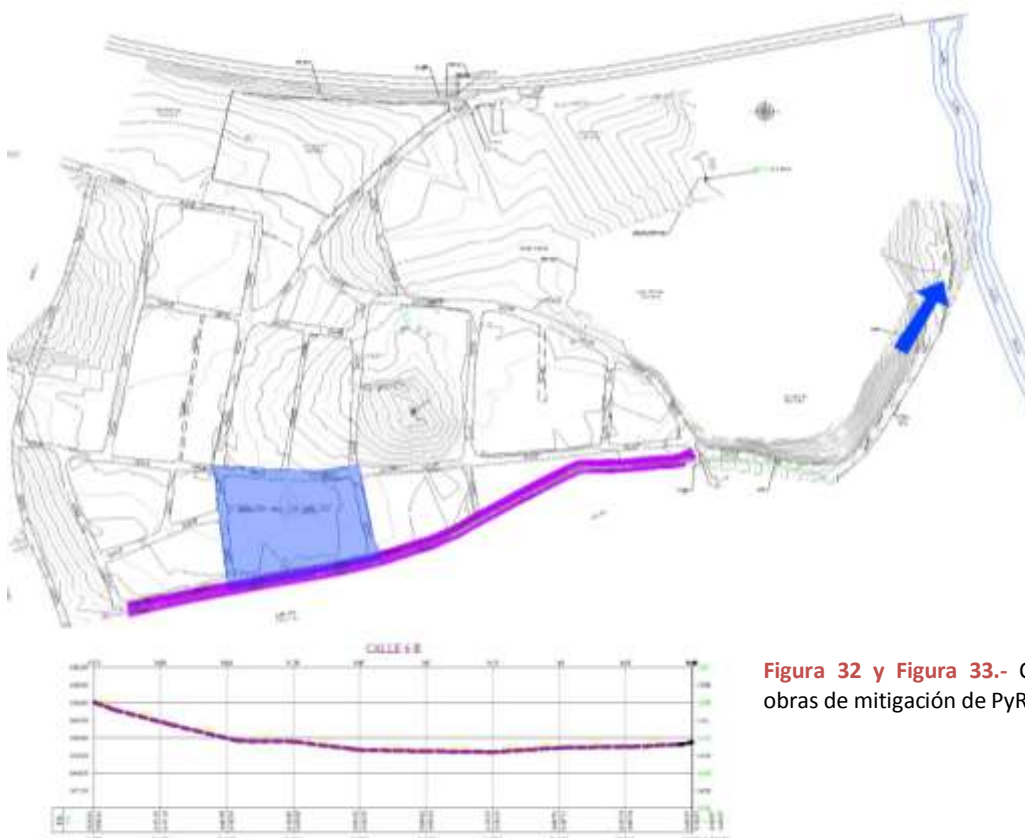


Figura 32 y Figura 33.- Canal de drenaje y obras de mitigación de PyR en planta y perfil





Los puntos críticos en el sistema de drenaje de la esorrentía del barrio son los que se describen a continuación:

En el sector sur aparecen 3 calles que se conectan al canal, pero éste tiene contrapendiente, por lo tanto la esorrentía es acumulada en la zona central y se producen inundaciones.

En el sector noroeste se debe revisar la salida del agua para que no empoce, la conexión tendría que estar en con otro canal artesanal más al oeste, que descarga en el río.

Gracias a las intervenciones del Programa se reducirá inversión en mantenimiento vial y se reducirá el riesgo de enfermedades causadas por parásitos en aguas estancadas producidas por los charcos causados en las inundaciones de antaño.

IV.4.6. Síntesis del análisis de Paz y Reconciliación

En el análisis de las alternativas de saneamiento de Matagalpa fue fácil discernir entre las dos alternativas de red debido a que en la A1 el coste de impulsión de las aguas era desorbitado. Por lo tanto se decidió construir una PTAR de tecnología A1TA que abasteciese el barrio PyR.

En la intervención del Programa a nivel de accesibilidad, se planteó la mejora vial de todas las vías internas de ambos barrios, lo que benefició a la población en la posibilidad de movilidad y circulación interna del barrio con unos beneficiarios tanto directos, los vecinos del barrio, como indirectos, los habitantes de los barrios colindantes que cruzan el barrio para acceder a la parada de autobús para ir al centro.

En cuanto a la construcción de la red de drenaje pluvial, gracias a las intervenciones del Programa se reducirá inversión en mantenimiento vial y se reducirá el riesgo de enfermedades causadas por parásitos en aguas estancadas producidas por los charcos causados en las inundaciones de antaño.



IV.5. Caso de Jinotega y barrio Diriangén

IV.5.1. Introducción

IV.5.1.1. Contextualización del municipio

El municipio de **Jinotega** se encuentra localizado en la **zona medio-norte** del país, a 145 km de la capital, Managua. Jinotega limita al norte con el municipio de Santa María de Pantasma, al Sur con los municipios de Matagalpa y Sébaco, al Este con los municipios de Cúa Bocay y el Tuma La Dalia y finalmente al Oeste con los municipios de la Trinidad y San Rafael del Norte.

La ciudad se sitúa en **zona montañosa**, específicamente en el valle o cuenca del río Jinotega, con una extensión territorial de 1,119 km² aunque cuenta con capacidad de expansión, pues no ha cubierto toda la superficie del valle su crecimiento está limitado por sus barreras naturales, específicamente por los elementos montañosos que limitan la micro cuenca del río Jinotega, por tal razón las áreas de crecimiento y consolidación están restringidas por estos elementos, lo que ha provocado la búsqueda de nuevas áreas hacia la periferia del histórico centro urbano.



Figura 34.- Contextualización física del municipio de Jinotega

Jinotega cuenta con 116.818 **habitantes** de los cuales el 60.4% (**70.558**) viven en zona urbana y el 39.6% (46,260) viven en zona rural, la densidad poblacional es igual a 104 habitantes por kilómetro cuadrado.





Figura 35.- Se diferencian tres zonas según las características físicas y sociales que presenta la ciudad de Jinotega. *Alcaldía de Jinotega, 2012*

IV.5.1.2. Contextualización del barrio

El barrio **Diriangén** se encuentra ubicado en la **zona noroeste de la ciudad** de Jinotega, en la zona "C" del distrito urbano #5. Se encuentra localizado a **3,68 km al norte del casco urbano** del municipio, en una zona de difícil acceso y cerca del lago de Apanás. El barrio está delimitado al norte por la base militar del Sexto Comando Militar del Ejército de Nicaragua y el Lago de Apanás, al este con el resto de tierras pertenecientes a la Comunidad Indígena de Jinotega, al oeste con el Barrio Apanás y al Sur con el Barrio Llano de la cruz de la ciudad de Jinotega. Se ubica a la orilla de la carretera pavimentada que conduce a los municipios de Pantasma y El Cuá, en el extremo norte de la ciudad de Jinotega.

El barrio de Diriangén nació a finales del año 1998, como **refugio de la población damnificada por el Huracán Mitch**⁵⁶. Originariamente las 8,5 Ha de **extensión del barrio** eran **propiedad** de la **Comunidad Indígena** de Jinotega; Mitch generó muchas inundaciones en las riberas del lago de Apanás y la población afectada fue trasladada hacia estos terrenos donde residen en la actualidad.

La lotificación fue ejecutada por la misma Comunidad Indígena que actualmente sigue cediendo el terreno en tendencia de propiedad recibiendo anualmente un aporte simbólico por parte de la población beneficiaria ya que por legislación Nicaragüense los terrenos indígenas se encuentran protegidos y no se pueden vender a usuarios privados.

IV.5.1.3. Contextualización en el marco del Programa

Los beneficiarios del Programa serán un total de **329 familias**, distribuidos en el mismo número de lotes iguales de (7,5 por 15 metros) en 12,14 manzanas.

La inversión total es de U\$ **\$759.036,81** por familia y se les proveerá de servicios de pavimentación, red de drenaje pluvial y sanitario.

⁵⁶ El Huracán Mitch atacó Nicaragua el 30 de octubre de 1998 con vientos con una velocidad máxima de 290km/h afectó a 2 millones de personas 368.000 de las cuales fueron desplazadas. Está declarado el séptimo huracán más intenso en la historia.



IV.5.1.4. Descripción y características del barrio

El resultado de los **estudios topográficos** realizados fue que se trata de un barrio situado en zona de cuenca y delimitado por **laderas abruptas que acumulan escorrentía** y descargan en el interior del barrio. Cabe destacar que la **zona Noroeste del barrio** se ha clasificado como zona **altamente inundable** ya que es la zona más baja, en total son **4 manzanas** que en época húmeda acostumbran padecer inundaciones. A nivel topográfico, la parte sur del barrio presenta **pendientes del 17% y también pedregosidad⁵⁷** media. En la parte norte la pendiente es del 1% y con poca pedregosidad.

Cabe destacar que debido a la topografía de la zona las familias recién llegadas se alojan en terrenos situados en laderas inclinadas donde la determinación de la capacidad portante del suelo es importante para prevenir riesgos de desprendimiento.

También, debido a la **cercanía del lago Apanás** es importante la determinación del **nivel freático** ya que como el nivel se encuentra **muy superficial entre 2 y 3 metros de profundidad** media puede afectar tanto en aspectos constructivos (profundidad de cimentación) como en red de saneamiento (daño a los sistemas de saneamiento autónomo más precarios: letrinas; y aumento de la presión en nuevas redes de colectores sanitarios).



Ilustración 5.- Suelo limoso con alto nivel freático en Driangén, Jinotega

IV.5.1.5. Integración del barrio con la ciudad formal vs planificación urbana

El municipio de Jinotega dispone de un **Plan de Desarrollo Urbano (PDU)** que permite la consolidación de las áreas urbanas y definición de las zonas de expansión. Fue desarrollado por la Alcaldía, con el apoyo de INETER y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y se aprobó por Ordenanza Municipal en 2005.

El PDU va siendo actualizado con adaptaciones según el crecimiento real, sin dirigir y en algunos casos difiriendo a la planificación inicial. Los técnicos de la Alcaldía intentan incentivar el desarrollo

⁵⁷ Este tipo de suelo se origina de la fragmentación de distintas piedras de la corteza terrestre ya sea de forma natural o artificial, procede de las descomposición de las cretas o de las piedras calizas que contienen mucho carbonato de calcio, es un tipo de suelo ligero y contiene un buen drenaje y de muy mala fertilidad ya que es deficiente en minerales.



poblacional hacia la zona norte, donde se encuentra el barrio de estudio, debido a la dificultad de acceso al servicio de agua potable en la actual zona de expansión sur.

También, dispone de un **Plan de acción de 2009-20** en el cual constituye la **operatividad de la política municipal de vivienda** y en el que se realiza un estudio de demanda para definir la previsión de demanda habitacional futura a corto, medio y largo plazo.



Figura 36.- Plan de Desarrollo Urbano del sector C de 2005 "Alcaldía Municipal de Jinotega, 2005"

Como se puede ver en la *Figura 36* de la zona C del Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Jinotega elaborado en 2005, el **sector C** forma parte **del área de expansión del municipio con la proyección del barrio VII** con una superficie de 13 Ha situado al este del barrio de Diriangén con acceso directo a la carretera secundaria por donde discurre la ruta actual y el barrio de El Portillo con 6 ha situado en la parte oeste del río Ducualí. También, en el límite norte del nuevo barrio VII y de la base militar Apanás se proyectan 4,5 Ha destinadas a una unidad Especial destinada a un complejo turístico. Sin embargo, **LOTINICA** compró 2,4 Ha destinadas al complejo turístico y ha proyectado **270 lotes** para venta en el mercado privado.

Al sur del barrio Llano de la Cruz se proyectaron también terrenos de JINOCASA, una superintendencia de Bancos con una superficie total de 1,2 ha.

En el Plan también se establecieron las 8 manzanas del barrio de Diriangén más cercanas a la base militar de Apanás como zona de viviendas a reubicar. Asimismo como toda la parte sureste del barrio, declarada como zona de riesgo por su peligrosidad a deslizamiento y la parte sureste afectada por ser designada como zona de Amortiguamiento de Carretera Regional.

El resto de terrenos de la zona C fueron designados como Áreas verdes, áreas de protección y conservación y de unidad recreativa, que se extienden a las orillas del río.

Como se ha visto, esta proyección **ha sido modificada y adaptada a las necesidades actuales**: *'El Plan Municipal de Vivienda, es un proceso permanente de análisis, adaptación y adecuación. Desde esta óptica, el presente Plan de Acciones del Plan Municipal de Vivienda, tiene sus mayores fortalezas en ser un documento dinámico y tener una estructura fija en obediencia a la Políticas Municipales de*



Vivienda. Así como establece el Plan Municipal de Vivienda en sus consideraciones generales. Aún así, en todo el sector Norte se prevé una densidad poblacional baja, considerablemente menor a la del centro urbano.

IV.5.2. Situación inicial de infraestructura urbana

El Barrio **dispone** de red de suministro de **agua potable** y sistema de **energía eléctrica formal**. La primera fue construida en cofinanciamiento con ENACAL, la Alcaldía de Jinotega y la población beneficiada en el año 2012, abasteciendo a 250 casas con conexiones domiciliarias, es decir el 67% del total, debido a la falta de capacidad del sistema de superar las diferencias de elevación del terreno, el 33% restante situado en la parte sur oeste del barrio se abastece de cinco puestos públicos. Además, la red central de suministro de agua potable que se traslada a la ciudad desde el lago Apanás cruza por el interior del barrio.

La red formal de provisión de **energía eléctrica** funciona en servicio de FENOSA. La cobertura es de 350 casas con servicio domiciliar. Aproximadamente unas 20 casas no tienen acceso al servicio por la lejanía de su ubicación, ya que por no estar definidas claramente las calles, la empresa no instaló la red.

El barrio **no dispone** ni de **alumbrado público**, ni de sistema de drenaje de **aguas pluviales y saneamiento**: se diseñó un sistema de alumbrado público que por falta de presupuesto no se podrá llevar a cabo de inmediato en el marco del proyecto, ni de un tratamiento centralizado de las aguas pluviales y residuales, producidas por las familias del barrio, sino a través de soluciones sanitarias independientes que dependen de la capacidad económica familiar.

Las **aguas grises**⁵⁸, se **conducen de forma superficial** hacia las calles donde se estancan y dan lugar a un **riesgo** sanitario importante debido a la **atracción de microorganismos patógenos** que generan diferentes enfermedades.

Las **aguas negras**⁵⁹ son depositadas por medio de **letrinas**: unas 120 familias poseen **letrinas abone-ras**. El resto tienen **letrinas excavadas**, con el **problema** de la **poca profundidad del nivel freático**, genera problemas de llenado de éstas y consecuentemente su estancamiento. También, durante la estación húmeda (de Mayo de Diciembre) es zona altamente inundable, por lo tanto el nivel de las letrinas sube y rebosa creando una alta fuente contaminante.

Por lo tanto, el depósito de **aguas residuales se genera de forma autónoma, pero muy primario** porque no existe un tratamiento de éstas que son vertidas directamente al subsuelo sin ningún tipo de control generando la contaminación del mismo. A la vez utilizan este terreno para plantaciones de alimentos para su subsistencia y son afectados por esta contaminación.

A nivel de accesibilidad el barrio de Diriangén cuenta con **dos vías de acceso** con el área urbana de la ciudad de Jinotega:

⁵⁸ Las aguas grises son aguas residuales provenientes de actividades domésticas de lavado de ropa, manos, cuerpo o de la cocina.

⁵⁹ Las aguas negras son aguas residuales que procede de los servicios sanitarios (inodoros) de las viviendas o zonas industriales y arrastra suciedad y detritos.





Figura 37.- Vías de acceso y rutas que llegan al barrio de Diriangén de Jinotega

La **carretera nacional 43** que delimita el lado este del barrio y continua en dirección noreste hacia Cuyalí. Ésta nace en la bifurcación con la carretera nacional 3 a 1,5km al Sur del barrio que une con el centro urbano de Jinotega. Esta es la vía que **se encuentra en mejores condiciones de circulación, con doble carril y adecuadamente asfaltada**. Los **vecinos del barrio no utilizan esta vía de acceso** por el elevado nivel de tráfico y la **ausencia de arcenes**.

La **segunda vía de acceso** al barrio con el centro urbano de Jinotega **es a través del barrio Llano de la Cruz** que se encuentra a 1,24 km al sur del barrio. Los **vecinos del barrio acostumbran a utilizar esta vía** ya que al ser una vía menos transitada les proporciona **más seguridad**, además de disponer una ruta que circula por ella. Esta vía de acceso está pavimentada desde el barrio de Llano de la Cruz, por lo tanto el tramo entre el barrio de Diriangén hasta el punto de unión con Llano de la Cruz (1,2 km) se encuentra sin pavimentar. Durante la **estación húmeda** (de Mayo a Diciembre) esta vía se vuelve de **difícil acceso** encuentra en condiciones precarias debido a su composición arcillosa que no drena y se establece una zona altamente inundable.

En cuanto al acceso a los equipamientos urbanos básicos el barrio está categorizado por el PDU como área **sin servicio en infraestructura**. El barrio contiene una escuela de primaria, **cuatro iglesias** y diferentes pequeños comercios que normalmente se utilizan como vivienda-comercio. La mayor parte de estas últimas acostumbran a ser pulperías (ultramarcos), aunque también se observan diferentes comercios artesanos de zapatería, pescadería o venta de carne.

	Distancia ⁶⁰	Tiempo trayecto en bus ⁶¹
Mercado	5,5 km	15 min
Centro de salud	6,9 km	45 min en bus
Escuela primaria	En el barrio	5 min a pie
Escuela secundaria	1,2 km	30 min a pie
Universidad	5,5 km	
Zona deportiva	1,2 km	30 min a pie
Iglesia	4 en el barrio	5 min
Estación central: La terminal	5,5 km	30 min en bus

Figura 38.- Distancia y acceso a los principales equipamientos básicos desde el barrio de Diriangén

⁶⁰ Distancia medida desde un punto intermedio al barrio, puede llegar a ser 200 m más.

⁶¹ La distancia hasta el bus es de un radio máximo de 0,5km pero muy poca frecuencia de paso, cada 2,5h.



En el barrio también transcurren diferentes vendedores ambulantes que ofrecen alimentos frescos como fruta y verdura, leche, pescado y demás como electrodomésticos. En la zona noroeste, delante de los dominios de la nueva PTAR, se encuentra la zona agrícola, un acopio en el que los habitantes del barrio compran las verduras y fruta. El pollo lo compran en la zona este saliendo por la carretera intermunicipal en una avicultora. [Figura 39]

Aún así, la mayoría de los habitantes del barrio se abastece del mercado central de la ciudad o del supermercado Palí, que se encuentran a 5,5 km del barrio, en el centro urbano de Jinotega. También en el centro se encuentran el Hospital, a 7 km, las diferentes universidades y la terminal o estación central que conecta con autobuses locales e intermunicipales.

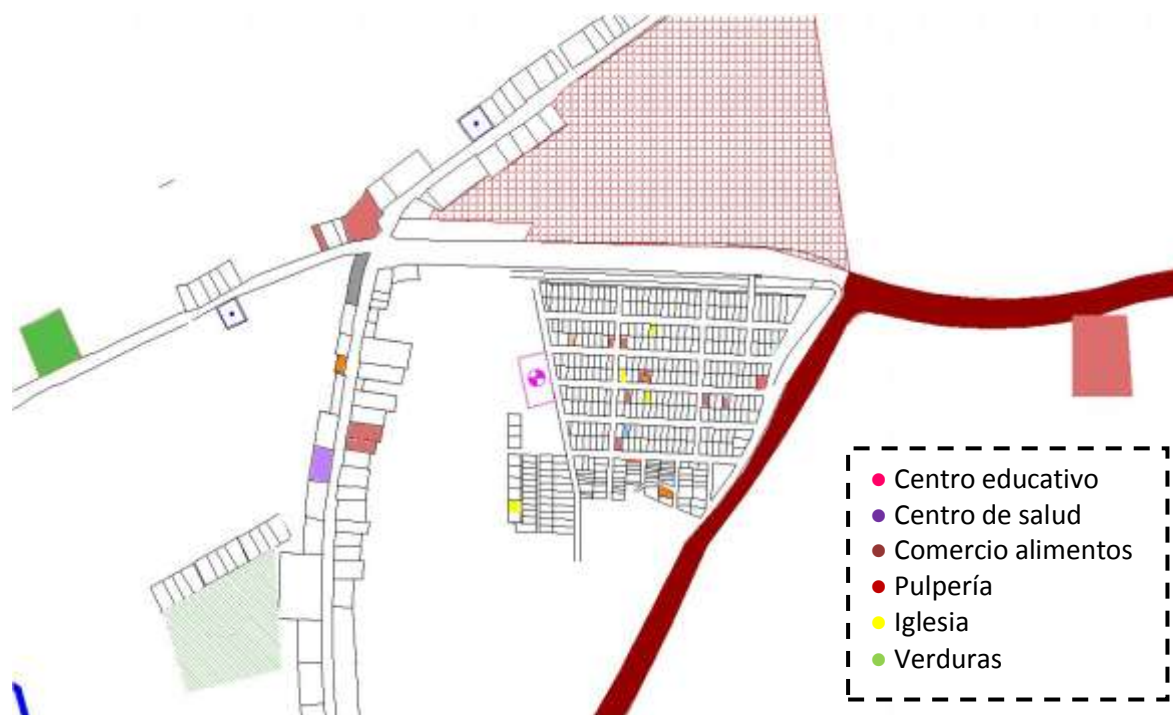


Figura 39.- Mapa de usos del suelo barrio de Diriangén, Jinotega

Existen dos rutas diferentes que permiten a los habitantes del barrio el acceso al centro urbano [Figura 37]. Por un lado, la ruta local, que pasa por el interior del barrio y tiene un tiempo de **viaje aproximado de 30 minutos**, un **coste de 7 C\$** y una frecuencia cada media hora o cualquiera de las rutas intermunicipales que pasan por la carretera este del barrio y tiene un **tiempo de viaje de 15 minutos** y un **coste de 10 C\$** peor con una **frecuencia menor, cada 3 horas**. [Tabla 34]

Barrio-HUB CC ⁶²	Tiempo de viaje	Coste	Frecuencia
Ruta local	30 min	7 C\$	0,5 h
Intermunicipales	15 min	10 C\$	2,5 h

Tabla 34.- Caracterización líneas de autobús de Diriangén al Mercado Central- HUB de Jinotega

Las rutas que circulan por la carretera intercomarcal unen el municipio de Jinotega con los municipios de Santa María de Pantasma-Wiwilí-el Cua Bocay y *El Tuma- El Consuelo-La Concha*. Estas rutas no inciden en el tejido del barrio.

⁶² HUB CC: Centro ciudad, delante del mercado central





Antes de la proyección de pavimentación los vecinos aseguran la negativa de los taxis de acceso al barrio por inseguridad y dificultad de acceso debido a las precarias condiciones de la vía. El coste de un taxi hasta el centro es de 70C\$.

El barrio de Diriangén se encuentra **situado en una cuenca** en el que la mayor cantidad de aguas pluviales que recibe el barrio provienen de la **ladera ubicada en el sector oeste**, que se conducen a gran velocidad debido a la pronunciada pendiente del sector.

La **escorrentía interior del barrio** es drenada de manera superficial por las calles hacia un cauce natural situado en el extremo noroeste provocando cantidad de charcas y su consecuente riesgo de enfermedades y atracción de parásitos. Aún así, la permeabilidad del barrio no es suficiente y las cuatro manzanas en zona noroeste se encuentran en situación de riesgo debido a que permanecen como zona inundable durante los meses de Mayo a Noviembre.

IV.5.3. Análisis de las alternativas de saneamiento

En primer lugar se analiza el binomio de alternativas posibles entre **saneamiento individual o red de saneamiento**.

A0.- Saneamiento individual

El saneamiento autónomo es posible sin causar contaminación del subsuelo a través del uso de fosas sépticas. En este caso, por las características geotécnicas del terreno, muy impermeable y con nivel freático alto y conexiones disponibles a red de saneamiento por parte de todos los usuarios se determinó un sistema individual basado en un sistema **de Tanque Séptico Plástico** (de 750 l) acompañado de un pozo de absorción.

La **inversión** inicial prevista **por familia serían 377,38\$** para la instalación de esta tecnología de saneamiento. Sin tener en cuenta la caseta, que iría a cargo del beneficiario.

Esta alternativa cuenta con el inconveniente de que además del coste inicial de inversión para el aprovisionamiento de este sistema cabe destacar su coste de mantenimiento, por vaciado de barros con una frecuencia bienal y un coste de 100\$ aproximadamente que va a cargo del beneficiario.

A.1 y2- Redes de saneamiento

Existen diferentes alternativas en el diseño de una red para un sistema de saneamiento. Se describirá siguiendo un método inductivo, desde el caso particular de la red interior del barrio, su conexión con la red exterior que convergerá en la planta de tratamiento o con el caso genérico de conexión con la red central de la ciudad.

Red interior

En el diseño de la red interior del barrio, la **red de colectores se genera por gravedad**. Se diseñan vías de colectores siguiendo el levantamiento topográfico del barrio. Cada lote cuenta con una caja de conexión domiciliar que le da acceso a la red, en la conexión de dos colectores se construye una PVS⁶³ para garantizar acceso para el mantenimiento. Las cajas PVS tienen diferentes alturas según la

⁶³ Pozo de visita sanitario





situación topográfica. En el barrio van desde 0,88m en la parte más alta a 1,64m en la parte más baja.

Toda la red de colectores interior está formada por un total de 3.309 metros lineales y converge en el punto más bajo de éste donde es conectado con la interconexión hacia la red exterior. En el barrio de Diriangén el punto más bajo del barrio se encuentra en el límite noreste.

Red exterior y planta de saneamiento

El diseño de la red exterior y la planta de saneamiento se estiman en base a factores que inciden directamente en la capacidad y el buen funcionamiento a corto y largo plazo del sistema. Se generan tres premisas:

1. La situación topográfica del barrio respecto a la red central de la ciudad y a la planta: El barrio de Diriangén se encuentra localizado a 100 m de distancia y a un nivel topográfico 3m más bajo que el colector de la red central de la ciudad [Figura 40].
2. Tasa de crecimiento de la población y capacidad de población del área de estudio es el doble de la población proyectada en la actualidad.
3. Análisis de las infraestructuras de saneamiento ya existentes, en este caso la **PTAR del municipio** ha sobrepasado su límite de conexiones por falta de mantenimiento y se encuentra **colmatada**.

EFLUENTE	Caudal tratado	Sol.Susp	DBO ₅	DQO	Coliformes fecales
	[m ³ /año]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[NMP/100ml]
Decreto 35-95		100	110	220	1,00E+04
Jinotega			139		

Tabla 35.- Parámetros químicos PTAR de Jinotega

Las alternativas de red de saneamiento propuestas son las siguientes:



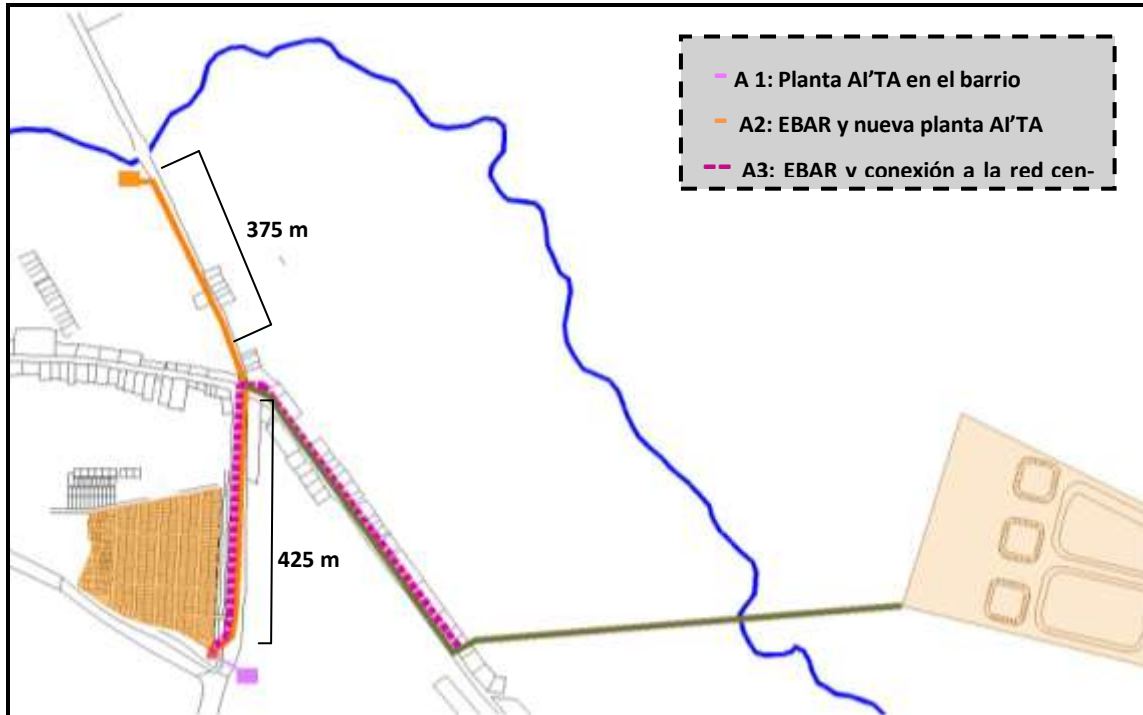


Figura 40.- Mapa de alternativas de saneamiento propuestas para el barrio de Diriangén

A.1. Planta AI'TA (en zona común)

Como explica la primera premisa, **no existe** la **posibilidad de conexión por gravedad** del **barrio hacia el colector de la red central** de la ciudad.

La primera alternativa planteada es la de **construir una nueva planta de tratamiento de tecnología AI'TA en la zona noroeste del barrio, la zona más baja a nivel topográfico**. [Figura 40]

El terreno planeado para la ocupación de la planta son un total de 500 m².

Las **ventajas** principales para la elección de este terreno son el ahorro material sanitario como colectores y también el **aprovechamiento del nivel topográfico** para utilizarlo como un sistema **de transporte por gravedad** con el consecuente **ahorro económico y energético** a corto y medio plazo.

Por otro lado, la topografía puede causar también algún aspecto de **riesgo** en temporada húmeda, ya que por tratarse de una **zona inundable** podría ser dañada por inundaciones. Aunque, se espera que con el nuevo sistema de canalización de aguas pluviales diseñado por el proyecto se resuelva el problema. Además, la construcción de la planta en el propio barrio puede generar un impacto visual,

En el marco objetivo a **medio-largo plazo con la expansión prevista del barrio la planta podría** ser ampliada ya que se trata de una tecnología modular la cual puede irse ampliando en diferentes etapas según el número de conexiones.

Se podría instalar un reactor de 200 m³ dando cobertura a 400 familias. El coste de **construcción** de la planta sería de **832,76 U\$ por familia** y el **mantenimiento anual** estimado de **18,2 U\$ por familia** que asumiría la empresa nacional de aguas ENACAL, revocando a las familias indirectamente con un 25 % de la factura de aguas que vienen a ser **9U\$ anuales** por familia.





Esta alternativa **no se pudo llevar a cabo** debido a la imposibilidad de adquisición de terreno disponible en la zona.

			Autónomo	AI'TA	EBAR	AI'TA+EBAR	
Fase 1: Construcción	Red interior		\$377,38	\$538,31	\$538,31	\$538,31	
	Planta tratamiento	Planta AITA		\$294,45		\$294,45	
		Terreno		\$0,00		\$0,00	
		Planta PTAR					
	Red exterior	Metros tubería					466,00
		Diametro tub			8"	8"	8"
		Coste tubería					\$38,80
		EBAR				115,50152	115,50152
TOTAL		377,38	\$832,76	\$653,82	\$987,07		
Fase 2: Exploración y mantenimiento.	Mantenimiento	Planta		\$18,20	\$31,02	\$18,20	
		EBAR			\$41,30	\$41,30	
	TOTAL		\$50	\$18,20	\$72,32	\$59,50	

Tabla 36.-Costes desglosados de construcción y mantenimiento de alternativas de saneamiento

En la **segunda y la tercera alternativa** propuesta las aguas residuales son tratadas en infraestructuras situadas a niveles topográficos más altos que el barrio. Por lo tanto, estas **soluciones incluirán la construcción de una EBAR⁶⁴** para bombear las aguas residuales hacia diferentes alternativas de plantas.

A.2. Planta AI'TA y EBAR

En la segunda alternativa se plantea **la construcción de una nueva planta de tecnología AI'TA** emplazada en unos terrenos a 300m del barrio hacia el oeste y abocar directamente las aguas tratadas a un cauce natural. [Figura 40]

El terreno fue donado por el propietario por lo tanto no requiere una inversión por parte de la Alcaldía, aún así **la situación topográfica no es favorable** ya para llegar hasta la planta de tratamiento el colector debe salvaguardar una pendiente. Por lo tanto se requiere un **bombeo desde el barrio y consecuentemente la construcción de una planta de bombeo.**

El terreno elegido para la construcción de la planta de bombeo es el punto de convergencia de los colectores del barrio, en el límite noreste de éste.

La distancia total de tubería emisora es de 425m con un desnivel de 4m. Se utilizarán dos **bombas de 3 HP** cada una en paralelo que funcionarán en **régimen alterno**. El **tiempo de bombeo serán 9 minutos cada 15**. Por lo tanto, **14,4 horas diarias**. El consumo por familia se estimaría en un costes de 41 U\$ anuales que sería asumido por ENACAL revocando en el usuario a través de la factura mensual 9U\$ anuales y subsidiando los 32 U\$ restantes. [Tabla 36]

Una vez salvaguardada la pendiente, el flujo **transportado caería por gravedad 375m** hacia la planta.

⁶⁴ Estación de bombeo de aguas residuales





En el marco de **medio-largo plazo**, esta **planta está situada en la zona de expansión prevista** por el municipio a la que se podrían conectar 270 lotes proyectados al Este del barrio por LOTINICA y el aumento de población en el anexo a Llano de la Cruz. Además, al tratarse de tecnología AI'TA como en el caso anterior, el coste de **mantenimiento es mínimo** y además sería posible su **ampliación de forma modular** para incorporar futuras nuevas conexiones de usuarios en la red.

A.3. Utilización del terreno de la PTAR del municipio y EBAR

La **tercera alternativa** a analizar es la **conexión a la PTAR central** de la ciudad a través del bombeo de aguas, con la **construcción de una EBAR**, y a la vez, la ampliación de la PTAR ya existente que abastece actualmente al municipio de Jinotega.

El sistema actual consta de **lagunas de estabilización, dos lagunas anaeróbicas, dos facultativas y una de maduración**. Actualmente, la cobertura poblacional servida es de 43700 habitantes.

Las lagunas de estabilización ubicadas en el lugar conocido como Las Conchitas a 5Km al Norte de la ciudad, su ubicación es alejada de la ciudad, se descartan molestias por olores y por causa de proliferación de vectores.

Una parte de las aguas efluentes tratadas son reutilizadas como aguas de regadío de 9Ha agrícolas: 2,8 Ha de campos de tomate, 1 ha de cebolla, 5 Ha de repollo y 0,5 Ha de apio, el resto de aguas tratadas son abocadas al Lago Apanás.

ENACAL pide 250.000U\$ por arreglar la PTAR ya existente, eliminar el problema de colmatación de las lagunas existentes y ampliar la planta con la construcción de 3 lagunas adicionales.

Análisis alternativas

Después de analizar los diferentes condiciones de contorno, partes del sistema y características de la zona se puede concluir que la alternativa más eficiente y a la vez económica a corto plazo es la **alternativa 1**, la de construcción de una planta con tecnología AI'TA construida en un área alrededor del cauce natural, por lo tanto en la zona noroeste del barrio. Esta planta **funcionaría por gravedad** por lo tanto, se **prescindiría de la construcción de una EBAR** que comporta costes: tanto de inversión inicial de 38.000 U\$ totales, **115 U\$ por familia como 41 U\$ anuales por familia de explotación y mantenimiento**. El coste de construcción lo asumirá el Programa, en cambio, el coste de mantenimiento y explotación será asumido por la empresa nacional ENACAL que es la que pasará a ser propietaria y encargada de la explotación.

En muchas ocasiones, la **indisponibilidad del terreno aparece como factor limitante**. En este caso, debido a que la propiedad es del ejército y de algunos privados con la negativa a cederlo o venderlo se deberán buscar alternativas que incrementan tanto los costes de construcción, debido a que se tendrá que construir una estación de bombeo.

Considerando el **panorama a medio-largo plazo**, valorando el crecimiento poblacional de toda el área de influencia de la planta, se estima que podría abastecer a todo el sector C de la planificación urbana del municipio. La **capacidad máxima** poblacional del área, siguiendo la misma tendencia de densidad poblacional, estaría alrededor de 700 familias. Por lo tanto, se **umentaría 1,5 veces la población actual**.





En este caso, la capacidad de la planta con tecnología **AI'TA** no supone un problema ya que es posible **su ampliación de forma modular** y en el caso de no tener restricciones de espacio (como en el caso 2) se podrían añadir nuevos usuarios realizando la debida ampliación

Debido a la baja **cobertura a nivel de usuarios** [que tendría la construcción de la planta AI'TA a largo plazo, en comparación a la población total del municipio y la alta inversión inicial de construcción, la cuestión que se plantea a **largo plazo** es, la decantación por una **alternativa más integral** con una cobertura más amplia que a medio-largo plazo pueda abastecer no solo al sector C de la zona de expansión sino a toda la población del municipio. Para ello, se debería que **utilizar la PTAR ya existente**. La **inversión inicial sería superior** y a nivel técnico la eficiencia de la planta en si disminuiría levemente, además se necesitaría, igual que en la alternativa 2, una **estación de bombeo** y una prolongación de la red hasta la canalización descubierta de la red central. Aún así, la influencia en la mejora de calidad del servicio y cantidad de población beneficiada sería muy superior.

La valoración de la cobertura poblacional que proporcionaría la alternativa 3 como solución a medio-largo plazo aún y ser el factor con más importancia a valorar por sus beneficios sociales y económicos, no es el único factor que influye en la promoción de esta alternativa ya que:



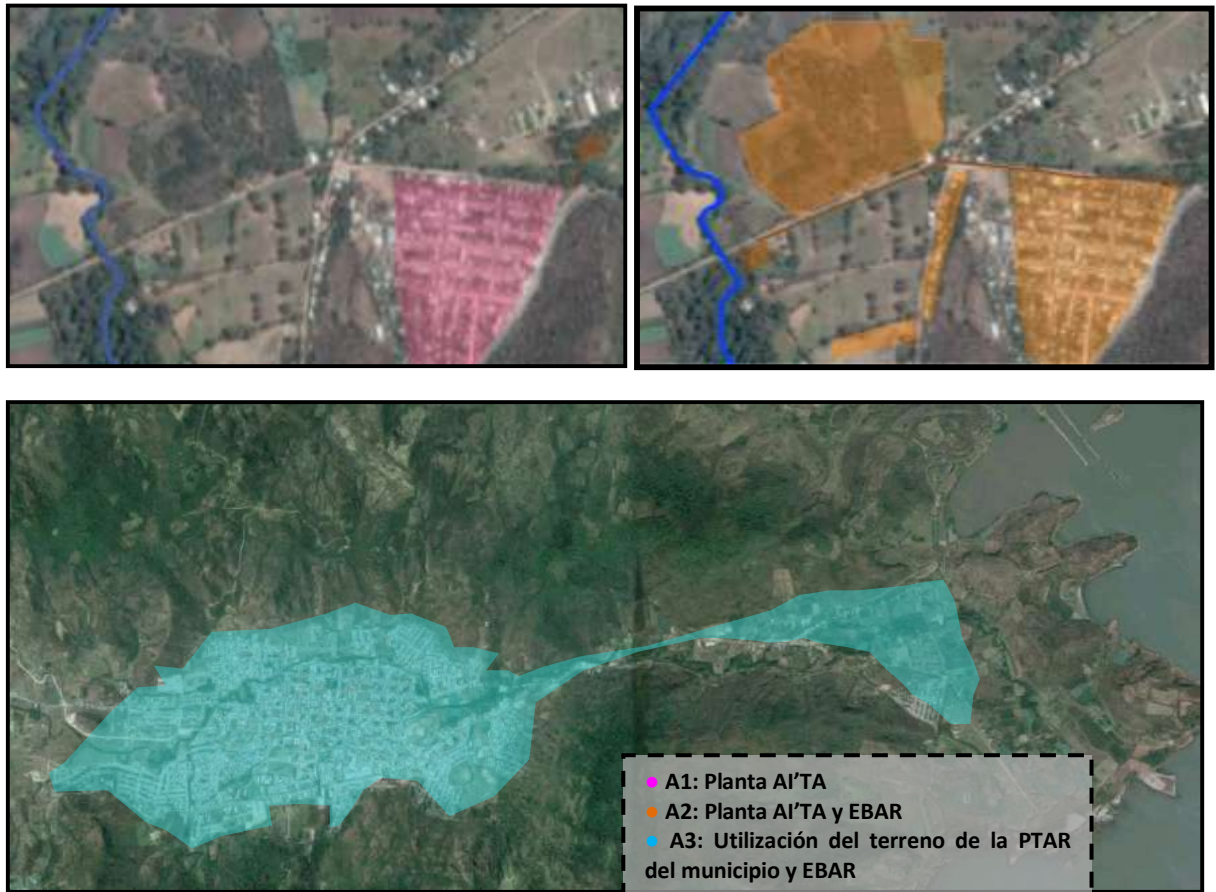


Figura 41.- Cobertura de usuarios de las diferentes alternativas de saneamiento

A nivel ambiental, también reduciría la construcción de una infraestructura de 0,5 Ha de superficie y además se reduciría el vertido de las aguas tratadas en una segunda fuente. El cual afecta a la inundación de la vía que une el barrio de Diriangén con la población La Laguna al este. Incluso a nivel económico, ese terreno podría ser aprovechado como área habitacional o bien, a nivel social, como equipamiento público.

Finalmente, debido a que **ENACAL pedía 250.000U\$ por arreglar la PTAR ya existente**, eliminar el problema de colmatación de las lagunas existentes y ampliar la planta con la construcción de 3 lagunas adicionales y la **imposibilidad de encontrar un terreno disponible** en la parte baja del barrio, se decidió establecer la A2 con la construcción de una planta AI'TA con cobertura para el barrio. Gracias también a la donación del terreno por parte del propietario.

IV.5.4. Análisis de accesibilidad

La **localización del barrio** genera un **aislamiento físico** de los habitantes del barrio ya que se encuentran en una **zona no muy densamente poblada** a una distancia de 5 km del centro urbano del municipio donde se concentran los equipamientos básicos. Consecuentemente, los vecinos del barrio de Diriangén experimentan una situación de **inaccesibilidad al centro sin un medio motorizado**.

Además la media de la capacidad económica del perfil poblacional del barrio no contempla el uso de transporte privado ni la cobertura de taxis por el bajo nivel de recursos.



Los pasado años la población se desplazaba hacia el centro urbano haciendo uso de la red intermunicipal de autobuses que circula por la carretera intermunicipal que limita el barrio por su lado oeste, es servicio de ésta era deficitaria debido a su baja frecuencia.

Desde hace 5 años la red de autobuses municipales (rutas) amplió su cobertura hasta la zona cercana al barrio y en la actualidad una línea proveniente del barrio Llano de la Cruz circula por el interior del barrio con una frecuencia de paso de 30 minutos. Gracias a la **pavimentación** de la red interior del barrio con la **intervención del Programa**, la línea interurbana **circula por el interior del barrio** [Figura 42] y da servicio a todos sus habitantes con un rádio de servicio máximo de 200m.

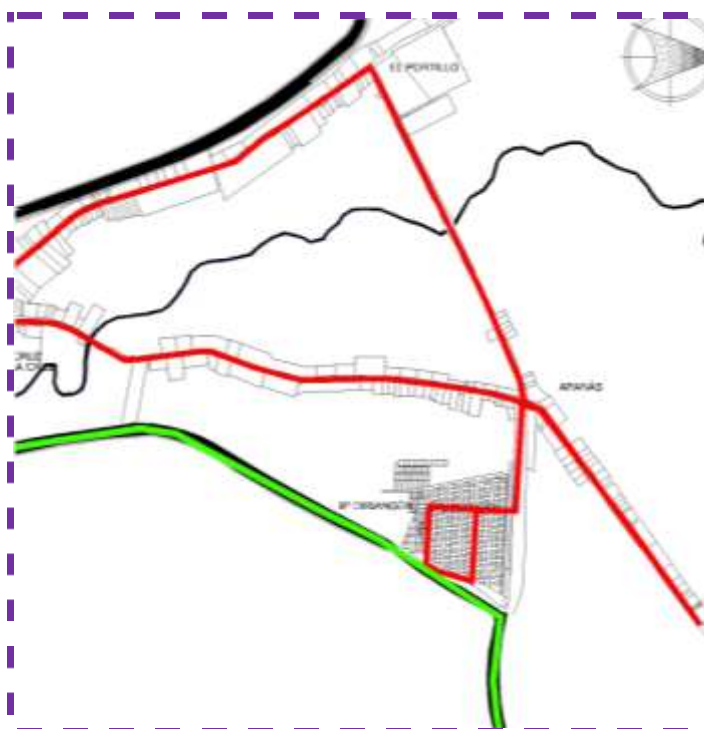


Figura 42.- Líneas de autobús que circulan por el barrio de Diriangén

Desafortunadamente, la conexión entre el barrio de Diriangén y Llano de la Cruz, 1,2km de vía, por donde circula la ruta se encuentra sin pavimentar y durante los meses de Mayo a Noviembre se dificulta el acceso debido a las malas condiciones de la vía. Esto afecta tanto al desarrollo económico, ya que se limita la interacción entre la producción de barrio y la ciudad, como social, por el distanciamiento hacia los equipamientos básicos.

El presupuesto del proyecto no permite la pavimentación de toda esta vía sino 100m de conexión entre el barrio y el cruce con la carretera secundaria. Además, la municipalidad en su plan estratégico [ver mapa del 2010 de conexiones viales] anunció su previsión en intervenir en la pavimentación de la vía debido al incremento en la demanda por la proyección de un complejo turístico en la parte Este.

Por lo tanto, en la actualidad con el **acceso a estas dos nuevas rutas la conectividad entre el centro urbano y el barrio se amplía** ya que se **acorta la temporalidad** de las **distancias** proporcionado a todas familias del barrio un acceso regular a los equipamientos básicos y se reduce el aislamiento tanto físico como social. [Tabla 37]





	Antes	Después
Vialidad interior	Precarias condiciones	Circulación interna muy mejorada
Acceso al barrio	Por el barrio Llano de la Cruz e dificultad de acceso rodado en época húmeda	La línea de autobús amplía ruta en el interior
Autobús	Circulaba cercano	Circula una ruta hasta el mercado
Taxis	Negativa de acceso	Llegan al barrio
Emergencias	Inaccesible	Acceden
Mercado	30 min de trayecto pero muy poca frecuencia	Autobús directo al mercado: 30 minutos
Vendedores ambulantes	No circulaban	Diariamente, venta de productos frescos (fruta y verdura).
Servicios públicos (policía, correos...)	No accesibles	Accesibles

Tabla 37.- Comparativa de estado de accesibilidad al barrio antes y después del Programa

La mejora en la conexión con el centro urbano incrementará el acceso a los espacios comerciales promoviendo la economía en barrios periféricos como es el caso de Diriagén, en el que una de sus principales actividades económicas es la pesca en el lago Apanás; consecuentemente, se facilitaría la comercialización de éste en mercados en el centro urbano.

Además, gracias a la intervención del Programa de barrios todos los servicios públicos, emergencias y taxis acceden al barrio y consecuentemente se aumenta la seguridad, el bienestar de los vecinos y su calidad de vida.



Ilustración 6.- Resultados del Programa de accesibilidad de vendedores ambulantes con la pavimentación UNICAPA



IV.5.5. Análisis de drenaje pluvial

Como se describió anteriormente, el barrio tenía ausencia de red de drenaje pluvial, en consecuencia la escorrentía drenaba superficialmente generando cantidad de charcas y dañando la condición de las vías.

Con la **intervención del proyecto** de mejora de barrios, se planteó la **implementación de una red de drenaje pluvial superficial en** todas las vías internas a base de cunetas y, concretamente, el barrio de Diriangén es el único en el Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat en el que se construyeron canales de desagüe tipo "V" debido a que el caudal de escorrentía generado no podría ser absorbido y transportado solamente por cunetas regulares. Por lo tanto la inversión por familia en red de pluviales es superior a los demás proyectos de municipios.

Además, debido a la intervención en el interior del barrio, las aguas son canalizadas en una misma dirección. [Figura 43] Consecuentemente, el caudal drenado hacia el cauce natural será mayor y se deberá ampliar su capacidad. El coste estimado de esta obra de mitigación es de **242 U\$ por familia, un 10% de la inversión total del Proyecto.**

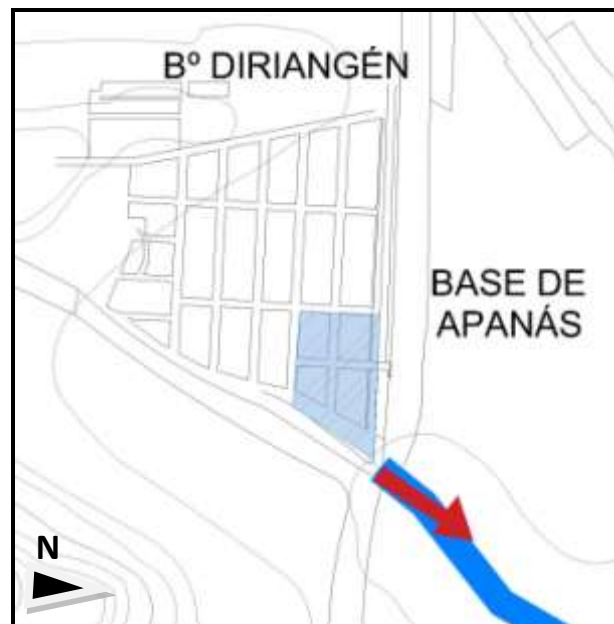


Figura 43.- Zona inundable y direccionalidad de la escorrentía pluvial del barrio de Diriangén

IV.5.6. Síntesis Diriangén

En la discusión de alternativas [Figura 44] de saneamiento la más eficiente: A nivel económico sería la conexión a la PTAR central del municipio a través de la construcción de una EBAR y bombeo de las aguas residuales. Como muestra la figura 46, la amortización de esta alternativa, a través del mantenimiento por parte de los usuarios, tendría lugar a los 6,5 años, corto-medio plazo. Aún así, no es posible debido a la negativa de ENACAL por la situación colmatada de la PTAR.

A nivel técnico, la alternativa más eficiente sería la de construcción de una PTAR de tecnología AI'TA. Se amortizaría en un periodo de 11 años. Sin embargo, esta opción también queda descartada debido a la indisponibilidad de terreno.





Finalmente se opta por desarrollar la alternativa de construcción de una nueva PTAR de tecnología AI'TA en unos terrenos que quedan en un nivel superior topográficamente, por lo tanto también se construye una EBAR. Aunque la amortización de esta infraestructura se dará en un periodo más largo, de 15,6 años, se planifica que con la expansión urbana esta planta puede dar cobertura hasta el doble de los beneficiarios iniciales.

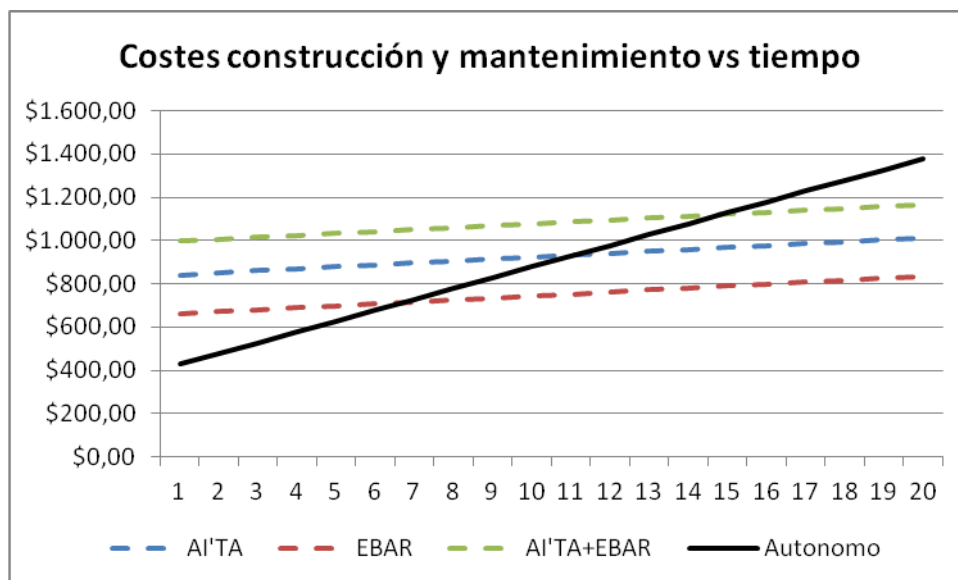


Figura 44.- Amortización de la infraestructura de las diferentes alternativas planteadas para el saneamiento de Jinotega

A nivel de accesibilidad el pavimentado de la red interior del barrio mejora: por un lado la vialidad interior, con la viabilidad de acceso de emergencias y servicios públicos, además de vendedores ambulantes entre otros. Por otro lado, también permite que la línea de autobús discorra de forma regular y tenga un recorrido más amplio en el barrio. Consecuentemente el tiempo de viaje de los habitantes del barrio al centro disminuye y el confort y seguridad de los mismos aumentaría considerablemente.

El impacto del Programa en cuanto a drenaje pluvial presenta una repercusión directa en cuanto a la reducción de costes de mantenimiento de pavimentación anuales: antes de la llegada del proyecto la alcaldía destinaba 5000U\$ de mantenimiento anual de la red vial del barrio, que se traduce en un equivalente al recubrimiento de 40m de concreto hidráulico anuales.





V. Comparación entre ciudades de la interconexión de las redes de servicios

V.1. Interconexión de las redes de saneamiento

En todos los casos de estudio se plantean un seguido de alternativas para el tratamiento de aguas sanitarias y **mejorar el sistema individual** a base de letrinas artesanales que aparecía como **denominador común en todos los barrios antes del** Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat.

En el momento de realizar el diseño de conexión de la red de saneamiento interna del barrio con la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) existen diferentes alternativas según el **estado de la infraestructura existente y la situación topográfica** del barrio respecto a la planta.

Los casos más favorables desde un punto de vista técnico y económico, como se verá más adelante, son aquellos en los cuales se puede **conectar la red interior del barrio directamente con la red central**. Aun y así, hay veces que por diferentes motivos, no es posible:

V.1.1. Situación topográfica

La situación topográfica del barrio respecto a la PTAR es decisiva en cuanto al tipo de canalización desde la salida de la red interior del barrio a la planta.

En el caso que el barrio se encuentre localizado en un nivel topográfico superior a la PTAR la canalización se lleva a cabo por gravedad. En cambio, si el barrio se encuentra situado al mismo nivel o a un nivel inferior a la infraestructura actual de PTAR se requiere un bombeo de las aguas grises y negras. Consecuentemente, el bombeo de las aguas tiene un coste de construcción de una EBAR de 111 U\$ por familia y de explotación anual de 42,3U\$ por familia que es asumido por la empresa de gestión de aguas ENACAL. Es decir, el coste de explotación anual es muy elevado, representa la construcción de tantos metros de tubería anuales como familias del barrio, aproximadamente 300 m de tubería anuales.

En este caso ENACAL esta subsidiando el coste de explotación de la infraestructura sanitaria del barrio debido a su no adecuada localización. Porque las familias en total pagan de mantenimiento un 25% de la factura mensual de aguas que representa 9 U\$ anuales (mayor coste de la redes de servicios por falta de planificación urbana).

En los casos analizados la canalización por gravedad se genera en El Viejo, Matagalpa y León. En cambio, en Chinandega y Jinotega se requiere un bombeo de las aguas sanitarias. En el primer caso se efectúa aprovechando una infraestructura EBAR existente a 267m del barrio, en cambio en el barrio de Diriangén se invierte en la construcción de una nueva EBAR que de servicio a las 340 familias del barrio.

V.1.2. Estado de la infraestructura actual

Las plantas existentes que dan servicio a las ciudades de estudio no siempre presentan condiciones óptimas. Al contrario, en tres de los cinco casos se encuentran colmatadas y por lo tanto no cumplen con el rendimiento mínimo de tratamiento de aguas residuales establecido por el decreto nacional 35-95, que establece un máximo de emisiones de DBO₅ de 110mg/L. El caso más crítico se encuentra





en los municipios de Jinotega y Matagalpa con un nivel de emisiones de 140mg/L i 119mg/L respectivamente. [Figura 45]

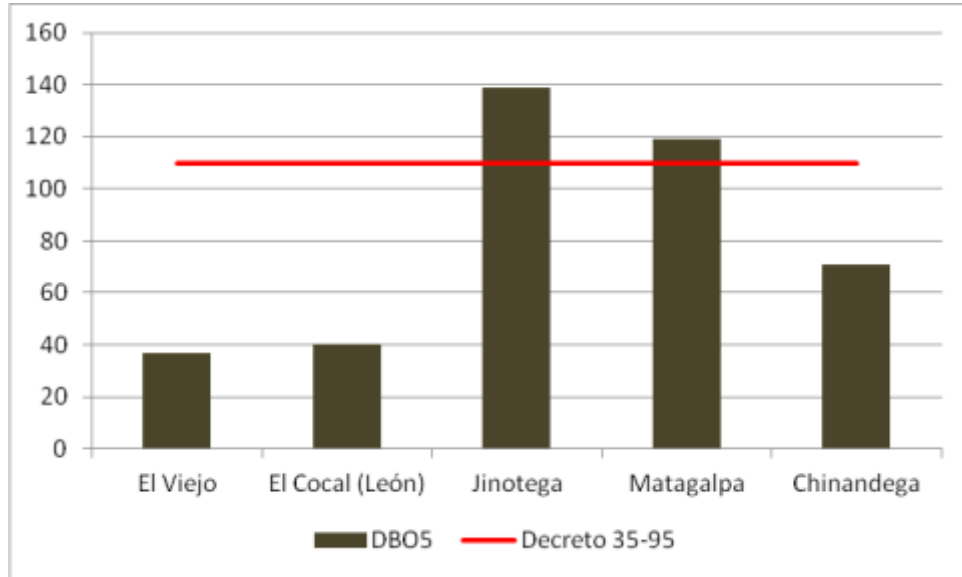


Figura 45.- Comparación de los parámetros de control de las PTARs de las ciudades del Proyecto con el Decreto 35-95

En todos los casos se plantea la solución de saneamiento mediante la construcción de nuevas plantas de tratamiento de aguas con tecnología A1TA: debido a su rendimiento, su bajo coste de mantenimiento y su capacidad de ampliación modular.





Ilustración 7.- Estado de la PTAR de El Cementerio, en Chinandega

V.1.3. Análisis técnico-económico

En los cinco casos de estudio se analiza el **impacto de la dualidad entre el saneamiento autónomo y la implantación de la red** de saneamiento: por un lado, las características geotécnicas del terreno, muy impermeable y con nivel freático alto, no favorecen el uso de alternativas de saneamiento autónomo, por lo tanto la tendencia a crear un sistema de red común en el cual poder realizar un tratamiento adecuado de las aguas residuales es una alternativa beneficiosa.

A nivel técnico-económico se pueden dividir los cinco casos de estudio en dos grupos según la temporalidad que conlleva la amortización de la inversión inicial de la red, considerando el coste de mantenimiento anual del sistema de saneamiento autónomo cinco veces superior al de la conexión a la red (9U\$ a 50 U\$).



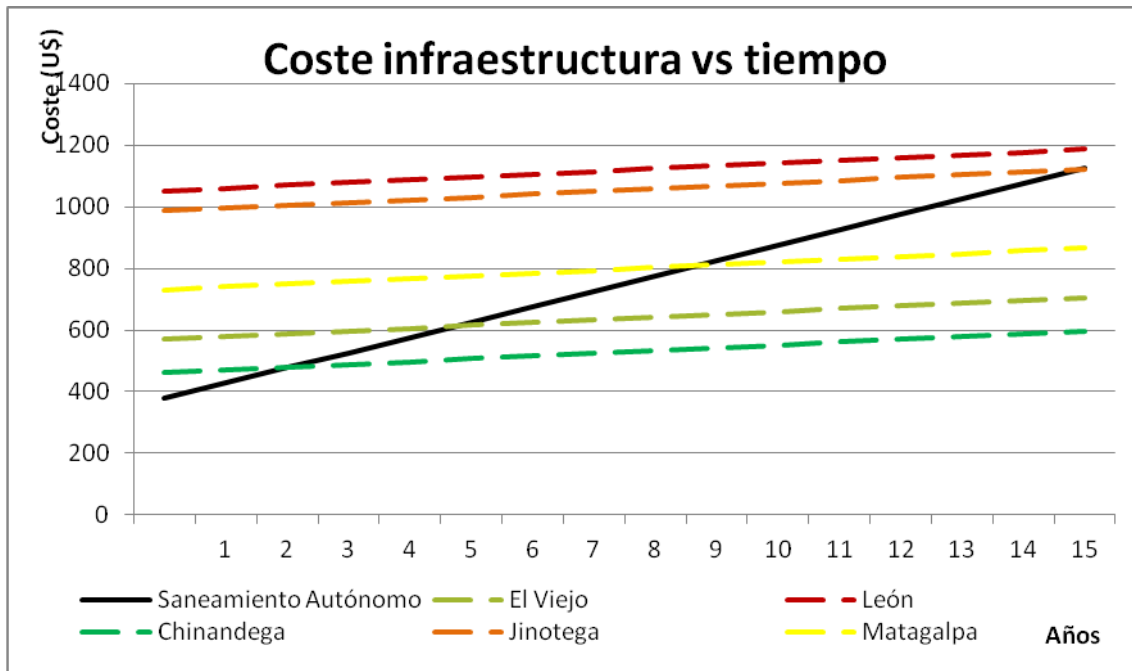


Figura 46.- Comparación de los costes por familia de la solución de saneamiento elegida en las cinco ciudades

A corto plazo, la inversión inicial de conexión a la red es de un 22% (en Chinandega) hasta un 35% (en El Viejo) más alta que el sistema de saneamiento autónomo (de 461U\$ a 570 U\$ en lugar de 375 U\$). Consecuentemente la implantación de la red queda amortizada con el mantenimiento en de 2 a 5 años. Este aparece como el caso ideal a nivel técnico debido a que no se invierte en la construcción de infraestructuras adicionales sino que simplemente se efectúa la conexión directa a la red central, en el caso de El Viejo, o indirecta, con una conexión a una EBAR, en el caso de Chinandega.

A medio plazo, la inversión inicial de conexión a la red es del 94% más alta que el sistema de saneamiento autónomo, aparece en el caso de Matagalpa y la amortización de la infraestructura a nivel de mantenimiento se obtendría a los 8 años. En este caso a nivel técnico se construyó una nueva infraestructura sanitaria como es una la PTAR propia para el barrio.

A largo plazo, la inversión inicial de conexión es del 162% al 179% que el sistema de saneamiento autónomo, aparece en los casos de Jinotega i León. En este caso, la amortización de la infraestructura sanitaria se realizaría a partir de los 15 años. Desde el punto de vista técnico, en ambas ciudades se equivaldría al caso anterior de Matagalpa, con la construcción de una infraestructura PTAR de tecnología A1TA. Además, el caso de Jinotega se añadiría la construcción de una EBAR para dar servicio a las 329 familias del barrio.

Estos dos últimos casos a priori no serían convenientes desde un punto de vista económico debido a la alta temporalidad que conllevaría su amortización. En cambio, con la previsión de expansión poblacional, nuevas familias instaladas pueden aprovechar la infraestructura existente, como es el caso de León, en el que el colector principal será aprovechado por todo el sector III, por lo tanto, esta parte de la infraestructura pasará a ser amortizada en lugar de 700 familias como a corto plazo con los habitantes de Azarías H. Palláis, por 4590 del sector III. Por lo tanto, **el coste de infraestructura por familia se verá reducido un 43%, de 1052 U\$ a 600 U\$.**



Además, a largo plazo, con la nueva proyección de población conectada 4590 familias [Figura 47]. León pasa a generar un periodo de amortización tres veces menor y se asimilaría a la misma temporalidad que el caso de El Viejo, pero con la diferenciación de que en León a nivel técnico se construye la totalidad de una nueva PTAR y por lo tanto técnicamente más beneficioso.

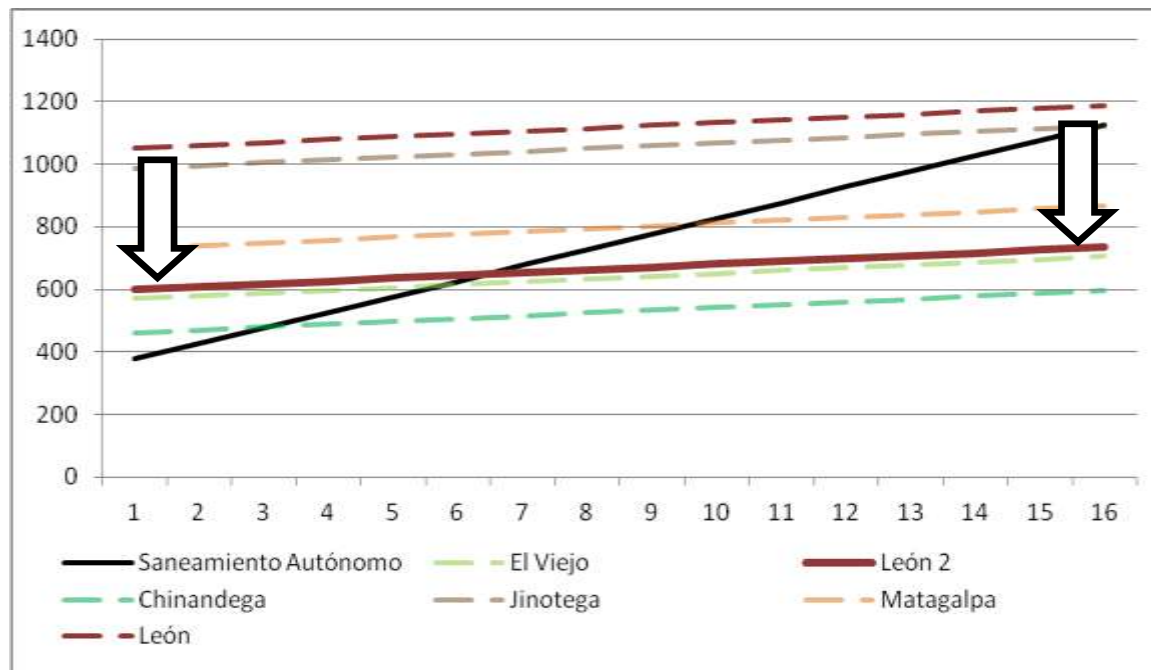


Figura 47.- Reducción de costes por familia de AHP de León con la expansión poblacional

V.2. Interconexión vial y mejora de la accesibilidad

La **localización** de los **barrios del Programa** respecto a su **centro urbano** la se pueden dividir en dos grupos:

Por un lado, los barrios situados en el **exterior al límite urbano** de la ciudad, en este caso coinciden de ser los barrios de la **zona Centro-Norte** del país, de **Jinotega y Matagalpa**, que se encuentran situados a más de 5 km del centro urbano. Por lo tanto, se genera una **imposibilidad de acceso** al centro urbano **sin un medio motorizado**.

Por otro lado, se encuentran los barrios **contiguos al centro urbano**, como son los de **León, Chinandega y el Viejo**; las tres ciudades situadas en la **franja pacífico** del país.

Estos últimos, aún y encontrarse junto a la trama urbana de la ciudad no se encuentran integrados en ella en cuanto a servicios y equipamientos públicos. En particular, antes de la llegada del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat no llegaba ninguna línea de transporte al barrio de León y en el caso de El Viejo, sigue sin llegar.

En los casos de Chinandega, el Viejo y Jinotega el **acceso al barrio** desde el centro urbano antes de la llegada del Programa se realizaba por un tramo de vía sin pavimentar la cual durante los meses de invierno las condiciones se volvían deficientes y generaban mayor aislamiento. Los proyectos de barrios les previeron de pavimentación de estos tramos de vía. Con ello mejoraron las condiciones de acceso y la comodidad de los vecinos.





Es común en todos los barrios, antes de la llegada del Programa, la inaccesibilidad de **servicios públicos** (como policía, correos) y **emergencias** debido al estado precario de las vías interiores al barrio. También, por el mismo motivo los vecinos expresaban la negativa de los taxis de acceso al interior del barrio. Gracias al Programa se permiten el acceso de estos servicios reduciendo así la inseguridad causada por la ausencia de éstos.

Además, la movilidad interna era muy limitada debido a la falta de pavimentación, “en época de lluvias las calles eran ríos”. Este hecho no solo afectaba directamente a los vecinos del barrio sino también en el caso de **León, El Viejo y Matagalpa** a los habitantes de los barrios colindantes que tenían que cruzar el barrio para acceder al centro urbano.

El único caso en que se ha seguido una **planificación urbana** y por lo tanto se encuentra **provisto de servicios públicos y equipamientos** es el barrio de AHP en León. La construcción del barrio se efectuó con una planificación integral de todo el sector de expansión y en concreto el sector III. Por lo tanto, en los repartos contiguos se pueden encontrar centros de salud y escuela secundaria, entre otros.

Esta falta de integración con el núcleo urbano, lejos de ser una frontera física en algunos casos es debido a la ausencia de planificación urbana que conlleva. Gracias al Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat la vialidad interna y condiciones de acceso a los barrios ha sido mejorada. Sin embargo, con una planificación previa este proceso de integración y la conectividad con el centro se desarrollarían de forma trivial y no serían necesarias actuaciones a posteriori.

	León		Chinandega		El Viejo		Matagalpa		Jinotega	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Vialidad interior	Barrio no pavimentado, los repartos de alrededor cruzaban AHP en precarias condiciones	Muy buena	No pavimentado	Mejorada	Barrio no pavimentado, los repartos de alrededor cruzaban BA y RM en precarias condiciones	Muy buena	Barrio no pavimentado, los repartos de alrededor cruzaban PvR en	Muy buena	Precarias condiciones	Circulación interna muy mejorada
Acceso barrio	2 vías de acceso pavimentadas	2 vías de acceso	Por el cementerio e imposibilidad de acceso rodado	Carretera de acceso	Por el centro urbano	Carretera de acceso y por el centro urbano	Camino de tierra 500 m en mal estado en época lluviosa, movilidad interna precaria	Carretera de acceso	Por el barrio Llano de la Cruz e dificultad de acceso rodado en época húmeda	La línea de autobús amplia ruta en el interior
Autobús	No circulaba por el barrio. A 700m el más cercano.	Circula una ruta hasta el mercado	No circulaba por el barrio.	Circula una ruta hasta el mercado	No circulaba por el barrio.	No circula, la vía de acceso a la parada ha sido pavimentada	No circulaba por el barrio.	Circula una ruta interna hasta el Hospital	Circulaba cercano	Circula una ruta hasta el mercado

Tabla 38.- Comparación accesibilidad 5 ciudades

V.3. Interconexión de las soluciones al drenaje pluvial

Las tecnologías de **red de drenaje de aguas pluviales** utilizadas en los proyectos del Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat son **superficiales**, no entubados. Es decir, principalmente el drenaje en todos los barrios se efectúa a través de **cunetas**. En el caso de que el **volumen**



de escorrentía no pueda ser asumido por simples cunetas se construyen canales descubiertos de sección rectangular como es el caso de Jinotega. La principal **ventaja** de este sistema de drenaje es el **reducido coste** que conlleva en comparación a otras soluciones como el entubado. [Ilustración 8]



Ilustración 8.- Drenaje superficial a través de cunetas en El Viejo

Los **cinco barrios** de proyecto partían de una **misma situación inicial** de total **inexistencia de red de drenaje pluvial**. La intervención del Programa principalmente en la mejora con:

En primer lugar, la **reducción de costes de mantenimiento** de **pavimentación** anuales: Solamente en Diriangén (Jinotega) la alcaldía destina 5000U\$ de mantenimiento anual de la red vial del barrio, que se traduce en un equivalente al recubrimiento de 40m de concreto hidráulico anuales.

En segundo lugar, se genera un **impacto directo en la ciudad** debido al desvío de la canalización de las aguas pluviales del barrio hacia el cauce natural más cercano y en consecuencia **la reducción del caudal de escorrentía drenado hacia el interior de la ciudad**. Como es el caso de El Viejo en el que el área de proyecto se divide en dos direcciones de escorrentía y con el desvío del 67 % de la superficie del barrio drenado hacia el cauce natural del río Chiquito. Por lo tanto, se reduce 4 veces el volumen de caudal de escorrentía hacia el interior de la ciudad desde el barrio. [Figura 48]

En los cinco barrios de estudio se realizan **obras de mitigación** en la salida del barrio que reducen el riesgo de inundación debido a que garantizan la canalización de la escorrentía desde la salida del barrio hasta el cauce natural. Éstas pueden ser, como en el caso de León, Jinotega y Chinandega, la limpieza y **recubrimiento del cauce natural**, donde drenará todo el volumen de escorrentía del barrio. O bien, cuando la fuente natural se encuentra más alejada, la **construcción o reparación de un canal** que drene hasta el cauce natural, como en el caso de El Viejo y Matagalpa.



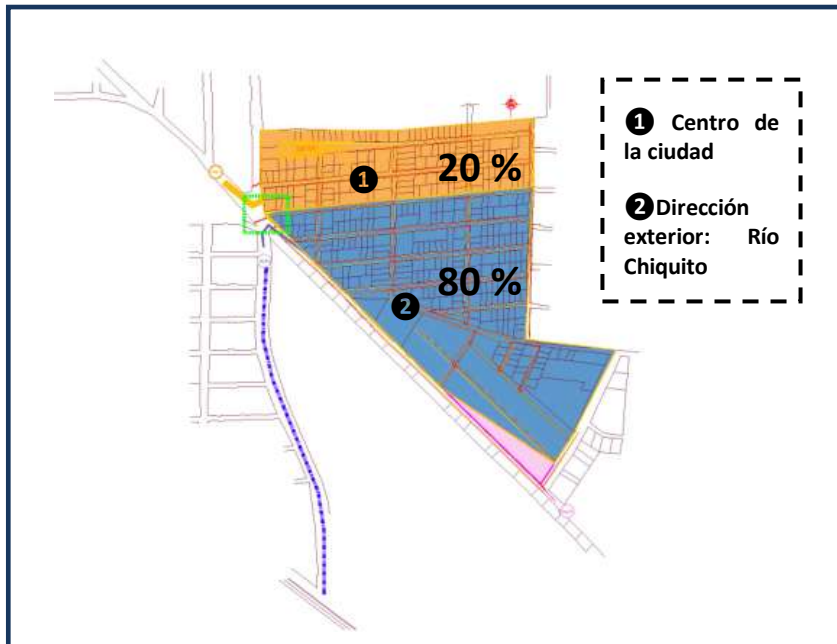


Figura 48.- Áreas de desvío de la dirección de la red de drenaje hacia el exterior del centro urbano en El Viejo





VI. Conclusiones

Finalmente, como se ha demostrado durante el estudio de alternativas de redes, una **inadecuada planificación urbanística** conlleva un **incremento en los costes por familia de las infraestructuras de redes de servicios**. Además, repercute en las empresas de servicios urbanos debido a que tienen que subsidiar el servicio para poder operar la red de infraestructura en los barrios no planificados.

En cambio, la **adecuada planificación urbanística** permite la realización de proyectos con una **visión integral**, con el **aumento de la cobertura de población servida** por la red y con una proyección y un **crecimiento a corto, medio y largo plazo**. Consecuentemente, con la ampliación de la cobertura de la red los costes unitarios por familia se reducen y asimismo el tiempo de amortización. En concreto, aunque el costo inicial sea mucho mayor que otras alternativas, éstas se amortizan a corto o medio plazo (hasta 10 años), ya que se multiplican las familias potencialmente beneficiadas y que podrán pagar por el servicio.

En concreto, en el caso de León con el **aumento poblacional** de 703 familias a 4590 la **reducción de los costes** pasa a ser de un **43%** y la **temporalidad de amortización de la infraestructura sanitaria con los costes de mantenimiento por familia se reduce de 16,5 años a 5,6**. Por lo tanto, se puede **asimilar la integración de esta infraestructura a la red** debido a que presenta una **amortización a corto plazo como sería caso de El Viejo o Chinandega**, pero con una **mejora técnica** respecto a la conexión directa a la red central de estos dos últimos casos debido a que en León se realiza la **construcción adicional de una PTAR de tecnología AI'TA**. [Tabla 39]

	ECONÓMICO			TÉCNICO
	Cobertura	Coste [U\$/fam]	Amortización	
León	703	1052	16,4	AI'TA
	4590	600	≈ 5 años	
El Viejo	546	570		
Balance	x6,5 veces	-43%	Ambas corto plazo	León +1 PTAR AI'TA

Tabla 39.- Conclusión económica y técnica de infraestructuras de saneamiento

También, a nivel de accesibilidad, una buena planificación urbana incide en la integración de los barrios con los centros urbanos de las ciudades generando un tejido heterogéneo provisto de los diferentes equipamientos y servicios que toda comunidad necesita. En concreto, los barrios de estudio **pasarán de tener ausencia completa de acceso a equipamientos y servicios públicos** (por la indisponibilidad de las calles) a **ser integrados en la cobertura y tener acceso a éstos** gracias a la **pavimentación del tejido interior de los 6 barrios** realizado por el Programa. En consecuencia, la accesibilidad interna tendrá **efectos tanto a nivel económico**, generará una proliferación de la economía familiar con el acceso a centros económicos, la incentivación de movimiento y entrada en el barrio de nuevos inversores y la generación de plusvalías en los terrenos, como a **nivel social**: se espera que tenga una influencia en la seguridad y el confort de los vecinos y en consecuencia, su sentimiento de integración al núcleo de la ciudad y su calidad de vida.

Finalmente, se plantean propuestas de futuras investigaciones: a **nivel técnico**, la de analizar y comparar los costes de mantenimiento de diferentes tecnologías de PTARS y a **nivel socio-económico**, el estudio de impacto de las nuevas infraestructuras sobre las familias, cómo varía la economía familiar al aumentar el acceso a centros económicos y cuál es la plusvalía que adquieren los terrenos. Tam-





bién a encontrar lindar de coste límite por familia que deberían estar dispuestas las compañías de servicios urbanos para no generar subsidio.

Se espera que este estudio sea un grano de arena más que contribuya en la mejora de las actuaciones en proyectos como el Programa de Vivienda y Mejoramiento Integral del Hábitat que, como se ha visto, realmente tiene un impacto muy directo en un importante sector de la población y genera mejoras substanciales en la calidad de muchas vidas.





Bibliografía

- ÁFRICA 70 (2012) *PDU. Propuesta de Plan de Desarrollo Urbano*. Chinandega, Nicaragua. Alcaldía Municipal de Chinandega. <http://www.reciclaelmundo.org/Documenti/PDU%20de%20Chinandega.pdf>
- AMEV (2005) *Plan Maestro Estructural "El Viejo"*. El Viejo, Nicaragua. Alcaldía Municipal de El Viejo.
- AMJ (2010) *Plan de Desarrollo Urbano de Jinotega*. Jinotega, Nicaragua. http://www.ineter.gob.ni/Ordenamiento/plan_de_desarrollo_urbano_de_la_ciudad_de_jinotega.html
- AML/AMU (2000a) Plan de Desarrollo Expansión Urbana León Sur Este, León, Nicaragua. Octubre 2000. Alcaldía Municipal de León / Alcaldía Municipal de Utrecht
- BRAKARZ, J (2002) *Ciudades para todos*. Washington. International Bank of Development, 2002. ISBN:1-931003-17-3
- CHAMORRO, J. (2013) *Diseño de una estación de Bombeo de Aguas Residuales*. Madrid, España. <http://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro/disenio-de-una-estacion-de-bombeo-de-aguas-residuales-ebor>
- FERNÁNDEZ, R. (2015) *Ciudades gigantes, desafíos gigantes*. Madrid, España. Enero 2015 http://elpais.com/elpais/2015/04/09/planeta_futuro/1428595647_142720.html
- Fundación Internacional para el Desafío Económico Global [FIDEG]. (2013). Informe de resultados de la encuesta de hogares para medir la pobreza en Nicaragua. Recuperado el 07 de julio de 2013, de http://www.fideg.org/images/INFORME_DE_RESULTADOS_DE_LA_ENCUESTA_FIDEG_2013.pdf.
- HERCE, M. (2002) *La ingeniería en la evolución de la urbanística*. Ediciones UPC (236 páginas)
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE]. (2005). VIII Censo de Población y IV de Vivienda. Recuperado el 06 de julio de 2013, de <http://www.inide.gob.ni/censos2005/cifrasCompleto.pdf>.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE] (2008) *Chinandega en cifras*. www.inide.gob.ni
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE]. (2010). Censo Económico Urbano CEU 2010. <http://www.inide.gob.ni/CensoEconomico/InformesDept.pdf>
- INVUR (2013) *Caracterización y situación actual: Barrio El Limonal*, Chinandega, Nicaragua. Febrero 2013.
- (2009). Ley 677, de 29 de abril de 2009, Especial para el Fomento de la Construcción de Vivienda y de Acceso a la Vivienda de Interés Social. *La Gaceta, Diario Oficial*, núm. 80-81.
- MAGRINYÀ, F. (2002). Las redes de servicios urbanos como tecnologías para el desarrollo humano sostenible. En: Pérez, A.; Carrillo, M.; Magrinyà, F. (eds.). *Tecnología para el Desarrollo Humano: Agua e Infraestructuras*. II Conferencia de Tecnología para el Desarrollo Humano (TpDH), 2002. Barcelona: Ingeniería Sin Fronteras. ISBN 84-607-8089-9.
- MAGRINYÀ, F. (2003) *"The challenge of slums. Global report on Human Settlements 2003"*. Cuadernos Internacionales de Tecnología para el Desarrollo Humano 2005, núm.3 1885-8104
- MAGRINYÀ, F. (2005) *L'accés als serveis urbans i la urbanització en els països del Sud: la necessitat una perspectiva en l'espai i en el temps*. Cuadernos Internacionales de Tecnologías para el Desarrollo Humano (TPDH). Servicios Urbanos, núm. 3, p. 4-12 [Barcelona: Ingeniería Sin Fronteras. ISSN 1697-820X].
- Nicaragua. Decreto 35/95, 8 de Febrero de 1999. La Gaceta No. 29 del 11 de Febrero de 1999
- ORCUTT, M. (2011) *Sewage Contains More Usable Energy Than Scientists Thought*. January 2011. London, UK. <http://www.scientificamerican.com/article/wastewater-energy-content/>





OPT(2010) Oficina de Planificación Territorial. *Plan de Desarrollo Urbano de Matagalpa*. http://www.amupnor.com/sites/default/files/sites/default/files/doc/PDUM-Plan%20Regulador-Documento_0.pdf

PÉREZ-FOGUET, A.(2003); Carrillo; MAGRINYÀ, F. Tecnologías al servicio del desarrollo humano: revisando procesos. A "Tecnología para el desarrollo humano; agua e infraestructura". Ingeniería sin Fronteras, 2003, p9-13.84-607-8089-9.

PÉREZ CASAS, M. (en prensa) "Evaluación de las metodologías de intervención en asentamientos informales en ciudades intermedias en Nicaragua" Tesis doctoral, UPC , Departament de Transport i Urbanisme.

ROJAS, E.; FRETES, V. (2009a). Respuestas a la informalidad urbana. En: Rojas, E. (ed.). *Construir Ciudades: mejoramiento de barrios y calidad de vida urbana*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo (BID), p. 7-14. ISBN 978-1-59782-103-2.

RUIZ, V. (2009). El Salvador: las lotificaciones. En: Rojas, E. (ed.). *Construir Ciudades: mejoramiento de barrios y calidad de vida urbana*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo (BID), p. 97-112. ISBN 978-1-59782-103-2.

TERCERO, S; Parámetros y límites de DBO₅ en Nicaragua. Conferencia pronunciada el 26 de Marzo de 2015 en la Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.

