



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**TÍTULO DE LA TESIS:**

**“Criterios para la toma de decisión de rehabilitar o renovar la infraestructura hidráulica con evaluación económica de las alternativas para el sistema de Alcantarillado Sanitario del sector “Urdesa”, en la ciudad de Guayaquil”.**

**Previa a la Obtención del Grado Académico de:**

**MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**AUTORES:**

**Mazzini Mite, Néstor Rubén  
Torres Ortiz, Carlos Ricardo**

**TUTOR:**

**Cabrera Santos, Miguel Msc**

**Guayaquil, Ecuador**

**2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Ing. (s). Mazzini Mite, Néstor Rubén y Torres Ortiz Carlos Ricardo, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Ingeniería de la Construcción.

**TUTOR**

\_\_\_\_\_  
**Ing. Civil Msc. Miguel Cabrera Santos.**

**REVISORES**

\_\_\_\_\_  
**Ing. Civil Msc. Alexandra Camacho**

\_\_\_\_\_  
**Ing. Civil Msc Clara Glass**

**DIRECTORA DEL PROGRAMA**

\_\_\_\_\_  
**M.I. Mercedes Beltrán de Sierra**

**Guayaquil, a los 18 días del mes de mayo del año 2015.**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros: **Mazzini Mite, Néstor Rubén.**  
**Torres Ortíz, Carlos Ricardo.**

### **DECLARAMOS QUE:**

El Trabajo de Titulación “**Criterios para la toma de decisión de rehabilitar o renovar la infraestructura hidráulica con evaluación económica de las alternativas para el sistema de Alcantarillado Sanitario del sector “Urdesa”, en la ciudad de Guayaquil**”, previa a la obtención del Grado Académico de **Magíster en Ingeniería de la Construcción**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 18 días del mes de mayo del año 2015**

### **LOS AUTORES**

\_\_\_\_\_  
**Mazzini Mite Néstor Rubén**

\_\_\_\_\_  
**Torres Ortíz Carlos Ricardo**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

## **SISTEMA DE POSGRADO**

### **AUTORIZACIÓN**

Nosotros: **Mazzini Mite, Néstor Rubén.**  
**Torres Ortíz, Carlos Ricardo.**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Criterios para la toma de decisión de rehabilitar o renovar la infraestructura hidráulica con evaluación económica de las alternativas para el sistema de Alcantarillado Sanitario del sector “Urdesa”, en la ciudad de Guayaquil”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 18 días del mes de mayo del año 2015.**

### **LOS AUTORES**

---

**Mazzini Mite Néstor Rubén**

---

**Torres Ortiz Carlos Ricardo**



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a la memoria de mi padre el Dr. Carlos Torres Torres, bastión fundamental en mi formación; a mi madre Sylvia Ortiz de Torres, a mi esposa María Helena Castro y mis hijas Natalia y Adriana. Y mi agradecimiento a la empresa Interagua C. Ltda., por haberme apoyado en este gran paso en mi desarrollo profesional.

**Carlos Ricardo,**

## **DEDICATORIA**

Este triunfo dedico primeramente a Dios, que con la fe puesta en él, ha sido guía en mi vida; dándome las fuerzas y salud necesaria para poder cumplir mis objetivos trazados en esta vida.

A mis padres: Antonio y Luz por su apoyo, comprensión, amor y la constancia en el tiempo.

A mi familia: esposa; Maritza del Rocío, mis hijas; Jazmín, Diana y Ruth por su amor comprensión y llenarme en el día a día.

A mis maestros y jefes, que han guiado mi trayectoria estudiantil y profesional para obtener este gran logro.

**Néstor Rubén,**

## Tabla de contenido

CAPITULO 1 .....	7
1. Introducción.....	7
1.1. Justificación.....	11
1.2. Objetivos de la Investigación.....	12
1.2.1. Objetivo General.....	12
1.2.2. Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO 2.....	14
2. Presentación general del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Guayaquil.....	14
2.1. Descripción del sistema existente en Guayaquil.....	14
2.1.1. Longitud de redes del alcantarillado sanitario de Guayaquil.....	16
2.2. Situación actual del sistema de alcantarillado del sector “URDESA”.....	18
2.3. Estadística de reclamos operativos de usuarios del Sector “URDESA”.....	23
CAPÍTULO 3.....	26
3. Métodos de Diagnóstico para establecer el estado de tuberías.....	26
3.1. Generalidades y establecimiento de la metodología.....	26
3.2. Verificación de la capacidad hidráulica de la red existente de alcantarillado.....	29
3.3. Investigación estructural de la red.....	29
3.3.1. Investigación estructural Externa.....	31
3.3.2. Investigación estructural Interna.....	32
3.3.2.1. Métodos modernos de Inspección.....	37
3.3.2.1.1. Inspección Electromagnética.....	37
3.3.2.1.2. Sistema de Inspección de tuberías “SAHARA”.....	39
3.3.2.1.3. Limitaciones de algunas tecnologías de Inspección.....	42
3.3.3. Clasificación del estado actual de las tuberías.....	43
3.3.3.1. Aspectos Estructurales.....	43
3.3.3.2. Aspectos Operacionales.....	43
3.3.3.3. Resumen de Parámetros para calificación estructural de la tubería. 45	
3.3.3.3.1. Detalle de Características de Defectos o Afectaciones para calificación estructural de la tubería.....	46
3.4. Patología de los sistemas de alcantarillado.....	51
3.4.1. Causas Externas.....	51
3.4.2. Causas intrínsecas.....	52
3.4.2.1. Errores de cálculo y diseño más habituales.....	53
3.4.2.2. Perturbaciones hidráulicas e hidrodinámicas.....	53

3.4.2.3.	Defectos de ejecución más habituales. ....	54
3.4.2.4.	Deficiencias de calidad de los elementos de la red, suelen ser las más habituales: 54	
3.4.3.	Síntomas de mal funcionamiento del sistema de evacuación. ....	55
3.5.	Modelo Computacional en la Rehabilitación de Redes.....	55
	CAPÍTULO 4.....	57
4.	Metodologías existentes en el mercado mundial para rehabilitación o renovación de redes de alcantarillado sanitario.....	57
4.1.	Factores para la elección de la técnica de rehabilitación. ....	58
4.2.	Tecnologías para la rehabilitación de redes de alcantarillado. ....	60
4.2.1.	Método tradicional: Apertura de Zanjas.....	62
4.2.2.	Generalidades de Tecnologías sin zanja. ....	64
4.2.3.	Ventajas de tecnologías sin zanja. ....	65
4.2.4.	Clasificación de la Rehabilitación sin Zanja.....	65
4.2.4.1.	Rehabilitación Parcial o Puntual. ....	65
4.2.4.2.	Rehabilitación Global.....	66
4.2.5.	Descripción de Tecnologías sin Zanja más importantes. ....	69
4.2.5.1.	Rehabilitación Puntual: Quick Lock.....	69
4.2.5.2.	Rehabilitación Puntual: Manga Parcial. ....	71
4.2.5.3.	Rehabilitación Puntual: Robots Multifunción.....	73
4.2.5.4.	Sustitución o reemplazo de tuberías: Pipe Bursting.....	75
4.2.5.5.	Renovación Estructural: Relining / Sliplining.....	79
4.2.5.6.	Instalación de tubería nueva: Rocket Plough (Lanzamiento de tubería por arado) 86	
4.2.5.7.	Renovación Estructural: Rocket Entubado de Ajuste Perfecto (Close-fit).- 88	
4.2.5.8.	Renovación Estructural: Spiral Wound Lining (Revestimiento de tuberías en Espiral).....	95
4.2.5.8.1.	Formas de revestimiento de tuberías en espiral.....	97
4.2.5.8.2.	SPR™ EX (expand).....	98
4.2.5.8.3.	SPR™ RO (ROTALOC).....	99
4.2.5.8.4.	SPR™ PE (RIBLINE).....	99
4.2.5.8.5.	Espiral de cuerda en perfiles especiales: el método SPR™.....	100
4.2.5.9.	Renovación Estructural: Swagelining.....	102
4.2.5.10.	Renovación No Estructural: CIPP (Cured in Place Pipe) – Tubería polimerizada en sitio.....	104
4.2.6.	Deficiencias en métodos sin zanja. ....	110
	CAPÍTULO 5.....	111

5. DEFINICIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR “URDESA” .....	111
5.1. Análisis de la información disponible recogida.....	111
5.1.1. Evaluación Hidráulica del sistema de alcantarillado.....	111
5.1.1.1. Análisis de atributos y configuración de la red existente .....	117
5.1.1.2. Caudal de aguas residuales que transporta el sistema. ....	118
5.1.1.3. Simulación hidráulica con programa Sewercad. ....	119
5.1.1.4. Análisis de resultados de la corrida hidráulica. ....	128
5.1.2. Análisis Estructural.....	131
5.1.2.1. Inspecciones Televisivas y diagnóstico de la red – Análisis de las condiciones de la red.....	131
5.1.2.2. Resumen de daños y Clasificación de las condiciones de las redes. ....	133
5.1.2.3. Plano de Severidad de Tramos y prioridades de rehabilitación. ....	134
5.1.2.4. Tecnologías aplicables .....	134
5.2. Plan de Rehabilitación.....	136
5.2.1. Labores preliminares. ....	136
5.2.2. Ejecución de los trabajos .....	137
5.2.3. Labores Posteriores.....	138
CAPÍTULO 6.....	139
6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE CADA ALTERNATIVA DE REHABILITACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE FRONTERAS PARA LA TOMA DE DECISIONES. ....	139
6.1. Estimación de costos de las tecnologías aplicables.....	139
6.2. Comparación de Cronogramas de Ejecución entre tecnologías. ....	145
6.3. Definición de Fronteras. ....	145
CAPÍTULO 7.....	147
7. ANÁLISIS FINANCIERO Y TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN. ....	147
7.1. Antecedentes.....	147
7.2. Elección de la alternativa óptima.....	147
7.2.1. Planteamiento de alternativas.....	147
7.2.1.1. Alternativa 1 .....	148
7.2.1.2. Alternativa 2 .....	150
7.2.1.3. Alternativa 3 .....	150
7.2.1.4. Alternativa 4 .....	151
7.2.2. Análisis de alternativas.....	151
7.2.3. Evaluación Económica.....	152
7.2.3.1. Metodología utilizada.....	152

7.2.3.2. Costos de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado del sector piloto Urdesa. ....	152
7.2.3.2.1. Costo de personal .....	152
7.2.3.2.2. Determinación de la mano de obra calificada - MOC .....	153
7.2.3.2.3. Determinación de la mano de obra no calificada - MONC .....	154
7.2.3.3. Costos de materiales e insumos .....	155
7.2.3.4. Costo de la Rehabilitación como obra civil.....	155
7.2.4. Determinación de la TIR.....	155
7.2.5. Estudio de sensibilidad.....	156
7.3. Evaluación Financiera. ....	161
7.3.1. Metodología utilizada .....	161
7.3.2. Estimación de beneficios por contribución de mejoras .....	162
7.3.3. Determinación de la TIR.....	162
7.4. Evaluación Social.....	162
7.4.1. Método Costo-Eficiencia (estimación costo promedio por familia)- Impacto Social a corredores comerciales. ....	162
7.5. Análisis del retorno de la inversión.....	164
7.6. Cronograma del retorno de la inversión. ....	166
CAPITULO 8.....	167
8. DIAGNOSTICO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	167
8.1. Antecedentes.....	167
8.2. Objetivo General. ....	167
8.3. Marco Legal. ....	168
8.3.1. Principales normas legales y administrativas ecuatorianas. ....	169
8.4. Descripción del área del Proyecto.....	180
8.4.1. Ubicación Geográfica del Proyecto.....	180
8.4.2. Caracterización de la Zona.....	182
8.4.3. Medio Físico – Clima. ....	187
8.4.4. Calidad del aire.....	188
8.4.5. Relieve .....	189
8.4.6. Tipo de suelo. ....	189
8.4.7. Usos de suelos. ....	190
8.5. Descripción del Proyecto. ....	192
8.6. Determinación del área de influencia del proyecto.....	193
8.6.1. Área de Influencia directa (AID).....	194
8.6.2. Encuadre geográfico del AID.....	195
8.7. Principales impactos ambientales que genera el Proyecto .....	195
8.8. Plan de Manejo Ambiental.....	197

8.8.1.	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos en la Construcción.....	197
8.8.2.	Medidas de Mitigación Adicionales.....	198
8.8.2.1.	Propósito y Objetivos.....	199
8.8.2.2.	Recomendaciones Generales.....	200
8.8.2.3.	Limpieza y desalojo.....	202
8.8.2.4.	Tránsito vehicular y peatonal.....	203
8.8.2.5.	Ruidos y Vibraciones.....	203
8.8.2.6.	Excavaciones.....	203
8.8.3.	Plan de manejo de desechos.....	204
8.8.3.1.	Manejo de Desechos Líquidos.....	204
8.8.3.2.	Manejo de Desechos Sólidos.....	204
8.8.4.	Plan de Supervisión durante la etapa de la construcción.....	204
8.8.5.	Plan de Capacitación Ambiental.....	205
8.8.5.1.	Uso de y manejo de equipos y extintores.....	206
8.8.5.2.	Uso del equipo mínimo de protección personal.....	206
8.8.5.3.	Educación Ambiental.....	206
8.8.6.	Plan de Seguridad y Salud Ocupacional.....	207
8.8.6.1.	Objetivo específico.....	207
8.8.6.2.	Factores que contribuyen a la generación de accidentes.....	207
8.8.7.	Evaluación de Riesgos.....	208
	Ver anexo 9-Plan de Respuestas ante Emergencias.....	208
8.8.7.1.	Objetivos específicos.....	208
8.8.7.2.	Metas.....	208
8.8.7.3.	Comité.....	208
8.8.8.	Plan de Información.....	209
8.8.8.1.	Ejes transversales de la estrategia de comunicación participativa.....	210
8.9.	Recomendaciones ambientales.....	211
	CAPÍTULO 9.....	212
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	212
9.1.	Conclusiones.....	212
9.2.	Recomendaciones.....	214
9.3.	Bibliografía.....	216
9.4.	Índice de Imágenes.....	218
9.5.	Índice de Tablas.....	221
	CAPITULO 10.....	223
10.	ANEXOS.....	223
5.1.	Anexo 1:.....	223

10.1.	Planos de Colectores del Sistema de Alcantarillado de Urdesa.....	223
5.1.	Anexo 2:.....	223
10.2.	Informes de Inspecciones CCTV de tramos analizados y Videos.....	223
5.1.	Anexo 3:.....	223
10.3.	Tabla de Resumen de daños de los tramos analizados. ....	223
5.1.	223	
10.4.	Anexo 4: Plano de Clasificación y Severidad de Tramos – Prioridades de Intervención. ....	223
10.5.	Anexo 5: Tablas de Presupuestos de Rehabilitación por tramo y Cronogramas de Ejecución. ....	223
10.5.1.	Presupuesto con Método Tradicional de zanja abierta. ....	223
10.5.2.	Presupuesto con Pipe Bursting.....	223
10.5.3.	Presupuesto con CIPP. ....	223
10.5.4.	Presupuesto con Rehabilitación Parcial (Quick Lock y Packers) ...	223
10.5.5.	Cronograma de Ejecución. ....	223
10.6.	Anexo 6: Plano de Corredores Comerciales de Urdesa. ....	223
10.7.	Anexo 7: Planos de Corridas Hidráulicas en Sewercad. ....	223
10.8.	Anexo 8: Videos de tramos inspeccionados con CCTV, actualizados al 2015. 223	223



## CAPITULO 1

### 1. Introducción.

El sector Urdesa proveniente de la identificación (Urbanizadora del Salado), es uno de los barrios más tradicionales de Guayaquil, fue desarrollado en la década de los cincuenta, como una zona residencial de estrato alto al norte de la ciudad. Con el pasar de los años y con el crecimiento de zonas aledañas, ciertas calles se convirtieron en zonas comerciales. Ya en la actualidad es una zona de alto flujo vehicular y peatonal, con intenso intercambio comercial, donde existen zonas residenciales con viviendas, y ubicada geográficamente en el centro de Guayaquil.

Desde 1998 hasta el 2006 el Municipio de Guayaquil realizó trabajos de mejoras en fachadas, aceras, bordillos y áreas verdes del sector, en su ambicioso plan de regeneración urbana, que convirtió este sector en uno de los sitios más hermosos de la ciudad.

Desde el 2001 la empresa Interagua, concesionaria de la operación del sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad y su ente regulador Emapag (antes Ecapag), viene acompañando este desarrollo urbano con el reemplazo de tuberías de agua potable, alcantarillado sanitario y aguas lluvias. Esta intervención se realiza con prioridad en los sitios donde la Municipalidad ha implementado Obras de regeneración Urbana.

Sin embargo no se ha realizado aún ninguna intervención en la red matriz de colectores de alcantarillado sanitario, cabe mencionar que las condiciones del servicio han ido desmejorando en este sector, como en otros, por el envejecimiento de la red y el desgaste propio de la operación. A pesar de haber cumplido ya su vida útil, esta red aún está operativa, pero requiere de una rehabilitación que permita extender su período de su funcionamiento y asegurando condiciones aceptables del drenaje sanitario a los usuarios de Urdesa.

Esta situación crea la necesidad de analizar soluciones técnicas que permitan mejorar las condiciones físicas y funcionales del sistema de alcantarillado sanitario, considerando costos razonables, minimizando el impacto negativo a nivel ambiental, social y comercial.

La decisión de utilizar técnicas no tradicionales, dependerá de un reconocimiento previo de las redes en cuanto a su edad, localización, material, diámetros, grado de deterioro, condición estructural, tipo de suelo y otras características relacionadas con el impacto económico, social y ambiental en el tiempo.

Las nuevas tecnologías de rehabilitación y renovación sin apertura de zanja han revolucionado el sistema constructivo, con altos rendimientos de instalación y a un costo similar o en algunos casos menor, en comparación con los métodos convencionales.

Las empresas que administran estos recursos están invirtiendo en nuevas infraestructuras en el sistema de agua potable y en conducciones de aguas servidas hasta su disposición final, para mantener la calidad de las tuberías existentes.

El éxito y rentabilidad económica de un proyecto de mantenimiento integral o de rehabilitación y/o renovación de la infraestructura de tuberías dependerá de seleccionar los sitios apropiados con presencia de problemas en el funcionamiento operacional de los sistemas, elegir la adecuada metodología de rehabilitación y/o renovación, del costo de la investigación, elección y ejecución del proyecto y del beneficio que conllevará para la comunidad.

Los sistemas de alcantarillado y las redes de distribución de agua potable, son “activos bajo tierra” que no solo representan un gran porcentaje en la valoración de una empresa de acueducto y alcantarillado, sino que también, por causa de su deficiente condición, generan pérdidas permanentes de agua,

daños ambientales y problemas en la salud pública, reflejadas finalmente en pérdidas económicas.

La administración de los activos bajo tierra (redes de distribución de agua potable y de alcantarillado), cada vez adquiere mayor importancia dentro de la competencias de una empresa prestadora de servicios públicos, por ello debería contar con nuevas tecnologías de rehabilitación y renovación; mejorando en cierto modo la concepción del valor de estos activos. Pues en tuberías totalmente deterioradas, lo que vale ahora no es el material de sus paredes, sino el espacio físico que aún se sostiene, y por el cual es posible renovar la tubería sin necesidad de: romper vías, excavar el suelo, acarrear material y reparar los sectores dañados, sin contar con todos los impactos ambientales, sociales y comerciales causados por la reparación de redes de tubería.

El catastro de redes de la concesionaria Interagua C. Ltda., operadora de los servicios de agua potable y alcantarillado de Guayaquil, a enero del 2015 de acuerdo a sus bases estadísticas cuenta con más 4221 Km de tuberías de la red de alcantarillado sanitario, dentro de las cuales aproximadamente el 44% corresponde a tuberías de hormigón simple y armado, el 50% son tuberías de PVC y 6% corresponde a varios materiales, en toda la ciudad. (INTERAGUA, Datos proporcionado por el Dpto. Catastro de Redes, 2015)

Esta condición ha generado una problemática sobre la decisión de reemplazar las redes bajo distintos escenarios factibles. Uno de estos escenarios ha sido planteado utilizando las nuevas tecnologías de renovación y rehabilitación. Para los sistemas de agua potable, existen parámetros muy claros para identificar su eficiencia. Los índices de pérdidas físicas y los porcentajes de agua no contabilizada, son los que permiten, además de las presiones del servicio, continuidad y calidad del agua suministrada, determinar el estado y el grado de deterioro de las tuberías que lo conforman.

Para los sistemas de alcantarillado, los caudales excesivos por infiltración en las redes verificados en las estaciones de bombeo o los sitios de disposición final, los colapsos de tramos por corrosión, por fallas estructurales, o por malos procesos constructivos, permiten también dar una idea de donde comenzar la investigación.

Se entiende por **renovación** a las técnicas sin apertura de zanja que requieren de una destrucción total de la tubería vieja, ya sea para sustituirla por su excesivo desgaste o deterioro, o para aumentar su tamaño debido a un incremento en la demanda hidráulica. Así mismo, se entiende por **rehabilitación**, a las técnicas sin apertura de zanja que ayudan a mejorar las condiciones internas de la tubería vieja sin necesidad de destruirla o sustituirla.

En la tabla 1, se presentan las diferencias entre renovación y rehabilitación sin apertura de zanjas:

Renovación	Rehabilitación
Se usa cuando es necesario la destrucción total de la tubería actual	No es necesario la destrucción de la tubería actual
Se usa cuando el deterioro de los tubos amerita su reemplazo	Se usa cuando el deterioro no es crítico
Es aplicable si no es económica la frecuente reparación de los tubos	Aumenta el tiempo de vida útil del sistema existente
Cuando se requiere y es factible el incremento del diámetro de los tubos	La sección transversal puede reducirse en algunos casos.
Sustituye de manera total la tubería existente.	Mejora las características hidráulicas de las tuberías

Tabla 1. DIFERENCIA ENTRE RENOVACION Y REHABILITACION (Sánchez, 2009)

Algunas empresas por desconocimiento manejan los recursos de agua potable y drenaje sanitario, y no aplican o tratan de aplicar nuevas tecnologías que ya se usan en el mercado como por ejemplo: tecnologías sin zanja como “pipe bursting” o el “slipining” para la renovación o rehabilitación de sus redes, las cuales, además de permitir un ahorro en los costos directos de instalación, disminuyen los tiempos de realización de la obra e inclusive reducen

considerablemente el impacto ambiental, económico y social, que utilizando métodos tradicionales los cuales dentro de su proceso tienen la apertura de zanjas a cielo abierto.

En el mercado informático actual, existe una diversidad de herramientas para el análisis hidráulico y/o modelación de diferentes componentes de un sistema sanitario, como: SWMM, SEWERCAD, SEWERGEMS, el ARCGIS o GRASS, para la construcción y administración de los atributos y elementos topológicos de las redes en sistemas de información geográficos, en este trabajo de investigación se utilizó el programa SEWERCAD.

En cuanto a la valoración estructural y operacional de conductos del sistema se lo realizó por medio de sistemas de inspección con circuitos cerrados de televisión CCTV.

Todos estos sistemas o plataformas están orientados hacia el análisis particular de alguna o algunas condiciones del sistema de alcantarillado, sin ofrecer un proceso integrado que permita traducir todos estos resultados en grados de calificación por componente y un grado de calificación final que orienten o induzcan a los administradores públicos o privados, hacia la toma acertada de decisiones para la rehabilitación de sus sistemas.

### **1.1. Justificación.**

Contar con una herramienta, para tener un punto de partida cuando se requiera dar solución a los problemas de Alcantarillado que se presenta en el día a día en la Ciudad de Guayaquil, causados por muchos aspectos: por edad, fallas estructurales, infiltraciones, ex filtraciones e insuficiencia en la capacidad hidráulica que puedan causar fallas en el funcionamiento normal de los sistemas evitando contaminación de aguas, impacto que reciben las plantas de tratamiento, ocasionando incremento en los costos de operación y mantenimiento, debido a los mayores caudales que se tienen que transportar

y tratar, con ello también brindar mejor calidad de vida a la comunidad optimizando recursos económicos y humanos en su ejecución.

## **1.2. Objetivos de la Investigación.**

### **1.2.1. Objetivo General.**

Realizar un trabajo estructurado y racional, que nos permita obtener una matriz de decisiones, que agrupe los criterios, para así poder escoger la tecnología apropiada y aplicable a nuestro medio, cuando se requiera la rehabilitación o renovación de uno o varios tramos del Sistema de Alcantarillado de Guayaquil, en base al trabajo de investigación realizado a un sector Piloto (Urdesa).

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- Proveer información sobre los métodos actuales y las mejores prácticas para evaluar el funcionamiento del alcantarillado.
- Medir el funcionamiento de los sistemas, desde el punto de vista estructural, hidráulico y ambiental.
- Evaluar los problemas encontrados para ordenarlos por prioridad de acuerdo a la necesidad de rehabilitación, presentándolos por categorización de los tramos.
- Analizar alternativas para la toma de decisiones considerando el menor impacto, y programar su rehabilitación sin excederse de tiempo evitando que ocurra un colapso.
- Seleccionar la técnica más apropiada para la rehabilitación que mantendrá el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado.

- Generar la matriz de posibles soluciones, a partir del análisis de las alternativas identificadas en el estudio, ayudando a direccionar hacia los métodos más recomendables para renovar o rehabilitar las redes con problemas en el sistema de alcantarillado.



Ilustración 1, UBICACION GEOGRÁFICA DE URDESA: Fuente: Google Earth.

## CAPÍTULO 2.

### 2. Presentación general del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Guayaquil.

#### 2.1. Descripción del sistema existente en Guayaquil.

El sistema de drenaje sanitario de Guayaquil está compuesto por redes domiciliarias, terciarias, colectores secundarios y finalmente por colectores principales que recogen, transportan y evacúan los caudales de aguas servidas.

Los cuerpos receptores o lugares de descargas incluyen el Estuario Daule-Guayas y el Estero Salado.

Este sistema es de tipo separado, es decir existen sistemas independientes instalados tanto para el drenaje sanitario, como para el alcantarillado pluvial.

El sistema de colectores conduce las aguas residuales hasta las estaciones de bombeo donde luego las estaciones se encargan de elevar las aguas residuales hasta el nivel necesario para llegar a las plantas de tratamiento o hasta los cuerpos receptores.

El sistema de alcantarillado sanitario drena sus caudales mediante sus colectores, estaciones de bombeo, y finalmente desde su PTAR hacia dos vertientes principales, el estuario Daule-Guayas y el Estero salado, con la descarga porcentual aproximada en:



Ilustración 2. PORCENTAJE DE DESCARGA A ESTUARIOS



El estuario Daule- Guayas recibe los caudales provenientes desde Pradera y Progreso mediante descargas submarinas, y con PTAR: Desde Sauces – Alborada y Guayacanes. Por otra parte, al Estero Salado descargan también los sistemas operados por Interagua Puerto Azul, El Girasol y algunas urbanizaciones asentadas adyacentes en Vía a la Costa (Guayaquil-Salinas).

Las estaciones de Bombeo y descargas submarinas de Progreso y Pradera, son las más antiguas y actualmente las principales de la ciudad; fueron construidas en el año 1973 y 1974 respectivamente, por lo que sólo poseen sistemas de depuración preliminar, a diferencia de los Sistemas de Guayacanes y Sauces que poseen depuración secundaria y descargan una mejor calidad de agua, al cuerpo receptor.

Las bajas concentraciones obtenidas en las aguas crudas de Progreso y Pradera pueden ser justificadas debido al alto nivel de infiltración del sistema que contribuye a la dilución de este parámetro; adicionalmente los largos recorridos de los colectores y las bajas pendientes determinan que se realice un denominado “pre-tratamiento” en el interior del colector.

Los materiales utilizados en las redes de recolección, son de hormigón simple para los diámetros que varían entre 8” y 18”, y hormigón armado para los diámetros entre 20”y 27”.

Los diámetros menores a 200mm son normalmente usados en los ramales domiciliarios, que están dispuestos en la acera y donde su caja esquinera descarga a través de un tirante a la cámara de inspección del colector.

En el caso del sistema sanitario, la cobertura actual con alcantarillado sanitario llega al 70%, que equivale a una población de 1’900.000 habitantes. Los sectores que no cuentan con el sistema de redes de alcantarillado o su sistema están en muy mal estado, drenan sus desechos a pozos sépticos, letrinas y descargas directas al río, a los esteros que bordean la ciudad y a

canales naturales de drenaje pluvial. (INTERAGUA, Datos proporcionado por el Dpto. Catastro de Redes, 2015)

### 2.1.1. Longitud de redes del alcantarillado sanitario de Guayaquil

A continuación se detalla la longitud de redes existentes en la ciudad de Guayaquil, que por sus características de sistema con ramales terciarios y conexión a colectores en las cámaras esquineras, hace que la cantidad de redes de diámetros menores sea muy significativa.

MATERIAL	AC	ACERO	GRP	HA	HD	HF	HS	PEAD	PVC	EN BLANCO	TOTALES (m)
LONGITUD	50,65	10.947,26	4.002,10	204.352,32	7.647,52	19,78	1.315.234,58	13.556,36	1.704.462,19	960.502,04	4.220.774,80

Tabla 2. LONGITUD DE REDES EN GUAYAQUIL- POR MATERIAL-FUENTE

INTERAGUA (INTERAGUA, Datos proporcionado por el Dpto. Catastro de Redes, 2015)

### ALCANTARILLADO SANITARIO DE GUAYAQUIL LONGITUD POR MATERIAL

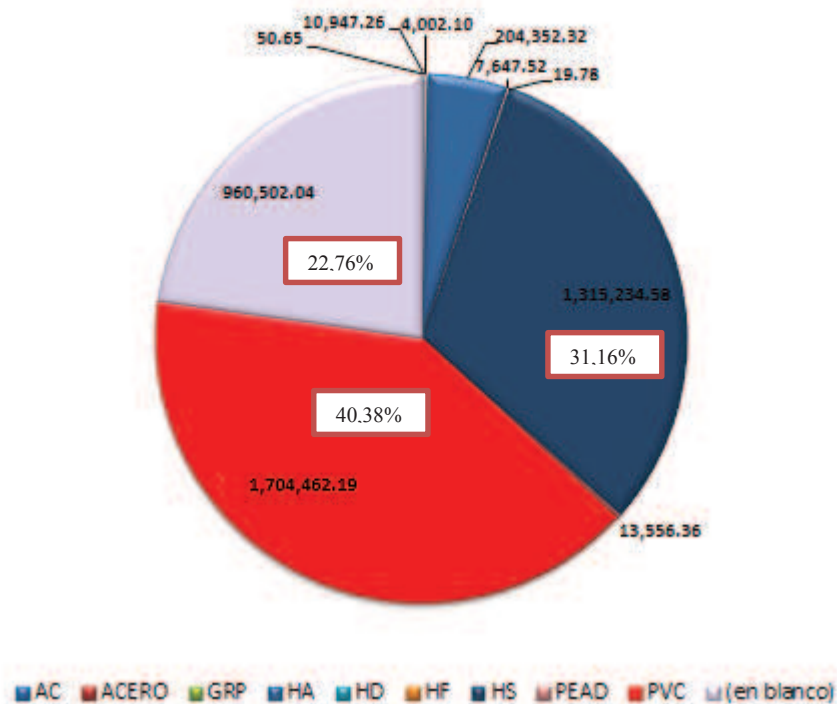


Ilustración 3. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS REDES EN GUAYAQUIL-FUENTE

INTERAGUA

DIAMETRO (mm)	LONGITUD (m)
D ≤ 160	3.237.153,95
≥200 D ≤ 400	775.879,80
≥400 D ≤ 800	134.322,76
≥800 D ≤ 1200	32.055,73
≥1200 D ≤ 2250	26.622,86
NO DEFINIDO	14.739,69
TOTAL	4.220.774,79

Tabla 3. LONGITUD DE REDES EN GUAYAQUIL POR DIAMETROS: FUENTE INTERAGUA

### ALCANTARILLADO SANITARIO DE GUAYAQUIL LONGITUD POR DIÁMETRO (m)

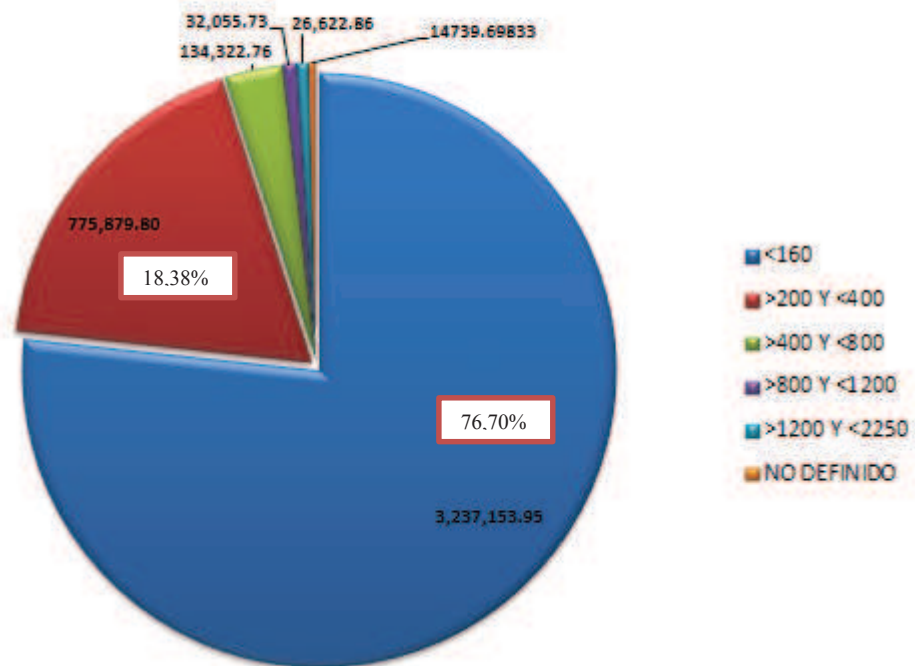


Ilustración 4. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE TUBERIAS POR DIAMETROS: FUENTE INTERAGUA

## **2.2. Situación actual del sistema de alcantarillado del sector “URDESA”.**

Compuesto, como en la mayor parte de la ciudad, con cajas domiciliarias de hormigón simple frente a cada predio, conectadas entre sí con tuberías de 160mm de hormigón simple, formando los ramales domiciliarios, que descargan a su vez, en ciertas esquinas de manzanas o bloques con una tubería tirante de 200mm a la cámara de hormigón armado, y este elemento como parte del colector secundario o principal.

Sus colectores de 200mm a 600mm inicialmente eran todos de hormigón, ya en la actualidad los cambios de tuberías por las obras de regeneración urbana van cambiándose por material de PVC hasta 500 mm, y de este diámetro en adelante se mantiene con material de HA, finalmente todo descarga al colector principal, denominado “Parson Norte” de 54”, de hormigón armado, y este a su vez descarga a la estación de bombeo El Progreso.

Se determinaron dos sectores para realizar un análisis específico con la identificación de los colectores existentes y operativos en esta área del proyecto, considerando que estos subsistemas descargan a un sistema principal Parson Norte, con la siguiente ubicación:

### **SECTOR 1: PROYECTO PILOTO URDESA**

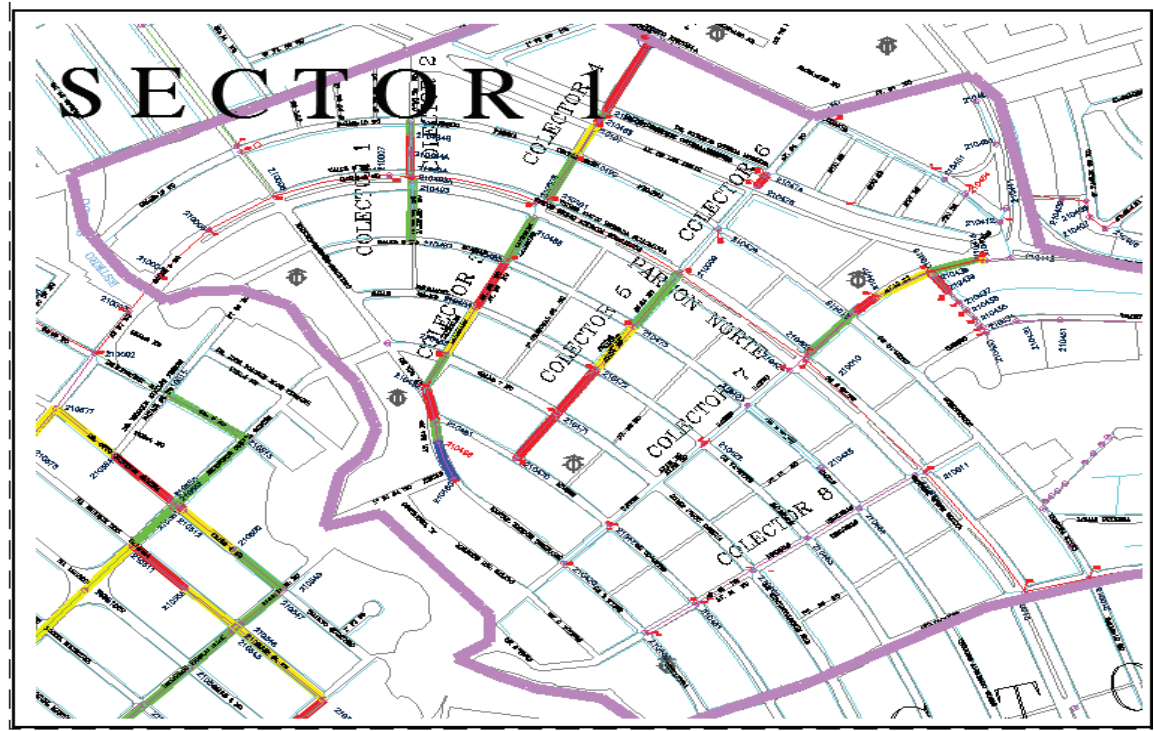


Ilustración 5. SECTOR 1 URDESA CON LA INCLUSIÓN DE 8 COLECTORES DE AASS

**COLECTOR 1.-** Desde la calle 1° Pt 36 NO entre calle 8 NO (Acacias) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector es de 200mm y tiene una longitud aproximada de 79.0 m.

**COLECTOR 2.-** De la calle 1° Pt 36 NO entre calle 10 NO (Alfredo Pareja Diezcanseco) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector es de 200mm y tiene una longitud aproximada de 63.4 m.

**COLECTOR 3.-** De la calle Laureles entre 1° Pj 34 NO (Jiguas) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector varía de 200 a 300mm y tiene una longitud aproximada de 360 m.

**COLECTOR 4.-** De la calle Laureles entre la calle Dr. Jorge Maldonado Renella y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector varía de 150 a 200mm y tiene una longitud aproximada de 221 m.

**COLECTOR 5.-** De la Av. 34 NO entre la calle 6A NO (Mirtos) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector es de 200mm y tiene una longitud aproximada de 271.0 m.

**COLECTOR 6.-** De la Av. 34 NO entre la calle 12 NO y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector es de 150mm y tiene una longitud aproximada de 143.3 m.

**COLECTOR 7.-** De la Av. 32 NO (Ilanes) entre la calle 6 NO (Manuel Rendón Seminario) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector varía de 200 a 250mm y tiene una longitud aproximada de 335.0 m.

**COLECTOR 8.-** De la Av. 31 NO (Higueras) entre la calle 6 NO (Costanera) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector varía de 250 a 300mm y tiene una longitud aproximada de 332 m.

## **SECTOR 2: CON LA INCLUSIÓN DE 4 COLECTORES SECUNDARIOS**

**COLECTOR 9.-** De la calle Ficus entre 1er callejón 6 NO y calle 11A NO (Guillermo Arosemena Coronel). El diámetro del colector varía de 300 a 600mm y tiene una longitud aproximada de 643 m.

**COLECTOR 10.-** De la calle Ficus entre calle 11B NO y calle 11A NO (Guillermo Arosemena Coronel). El diámetro del colector es de 300mm y tiene una longitud aproximada de 60 m.

**COLECTOR 11.-** Del 1° Pj 29 NO continua por la calle 11C NO entre el 1° Pj 26<sup>a</sup> NO y calle Las Monjas. El diámetro del colector varía de 200 a 300mm y tiene una longitud aproximada de 550 m.

**COLECTOR 12.-** Desarrollándose a lo largo del 3° Cjón 11 C NO desde Calle 11 D NO hasta las Monjas continua por la calle 11C NO entre el 1° Pj 26<sup>a</sup> NO y calle Las Monjas. El diámetro del colector es de 200 mm y tiene una longitud aproximada de 200 m.



Ilustración 6. SECTOR 2 DE URDESA CON LA INCLUSIÓN DE 4 COLECTORES DE AASS

Conforme análisis de la información obtenida incluyendo los recorridos de campo, se puede indicar que:

Es una red separada, que no posee conexiones domiciliarias directas al colector, posee redes domiciliarias por acera, conectadas por medio de cajas, y descargan al colector en las cámaras de inspección, por medio de cajas esquineras y tuberías tirantes.

1.- Las **cajas domiciliarias**, gran parte de ellas se encuentran deterioradas ya sea por acción de los gases internos, y/o por el período de vida de las mismas, tomando en cuenta que gran parte de ellas fueron elaboradas por los propios usuarios. Posteriormente, las cajas que se encontraron en zonas de regeneración fue necesaria elevarlas a la cota de acabado con las nuevas rasantes de aceras, y sus tapas cambiadas por material de hierro dúctil por parte de la Concesionaria Interagua.



2.- Los **ramales domiciliarios** están operativos en su mayor parte, aunque se observa presencia de grasas en las zonas comerciales cercanas a restaurantes. Algunos tramos de ramales se encuentran represados.

3.- Las **cámaras de inspección** son de hormigón armado a igual que sus tapas. Sus condiciones de desgaste del concreto no son generalizadas, en algunas de ellas se aprecian infiltraciones por grietas y por ratoneras o juntas de construcción del concreto.

4.- Los **colectores**, interiormente fueron inspeccionados con equipos de CCTV, donde se aprecian distintos tipos de daños como corrosión, infiltraciones en juntas, infiltraciones por fisuras o grietas, desniveles horizontales y verticales, fisuras y grietas en tubos. (Interagua, 2004)

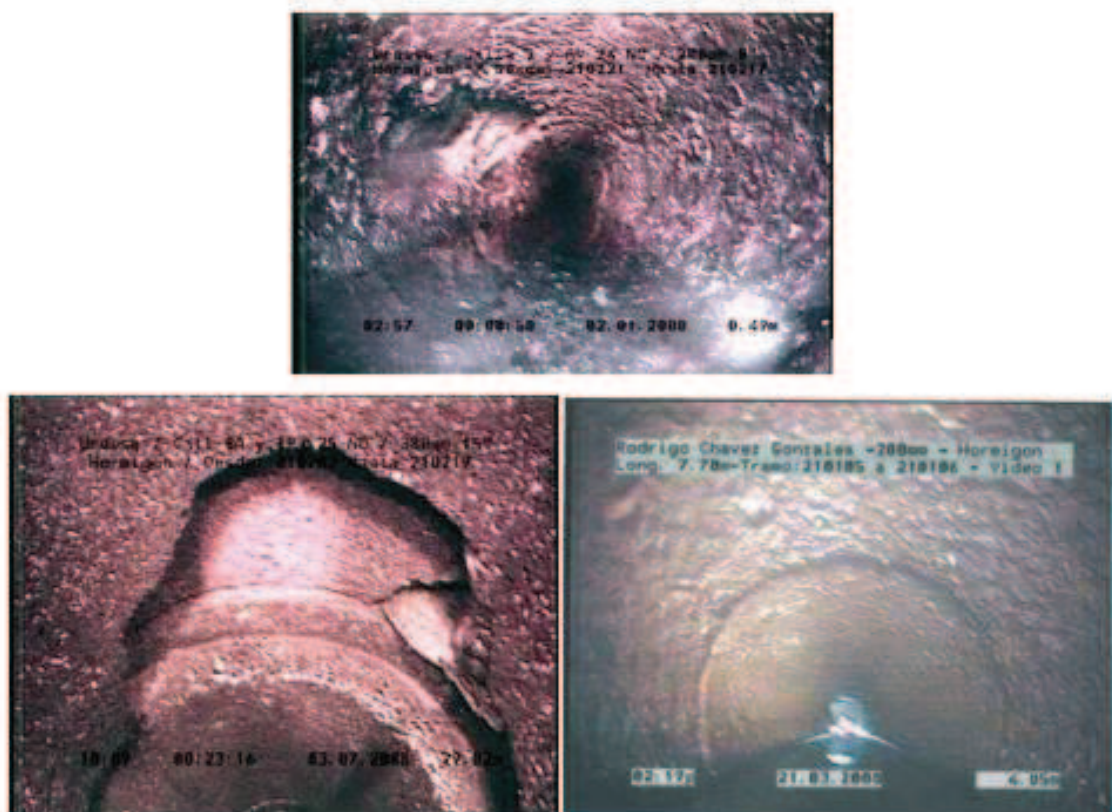


Ilustración 7. VISTA DE LOS COLECTORES INTERNOS EN SECTOR DE ESTUDIO-  
REALIZADO CON CCTV EN INTERAGUA



El sistema en general está operativo, pero se observan momentos del día, coincidentes con la marea alta del Estero Salado y por ende del nivel freático, una subida de niveles del sistema y reducción de las velocidades de transporte, lo que ayuda al incremento de la sedimentación y futuras obstrucciones.

### 2.3. Estadística de reclamos operativos de usuarios del Sector “URDESA”

La concesionaria Interagua, mantiene una estadística de reclamos o solicitudes de limpieza de alcantarillas, ya sea por taponamiento de ramales domiciliarios, como también de colectores secundarios y principales, esto manejado con un sistema informático interno, denominado Axis, con programación en Oracle; mediante el cual fue posible extraer el número de reclamos por obstrucciones y desbordes cloacales, por meses desde enero del año 2010 hasta septiembre del 2014, resumiendo la siguiente información referida a la Zona Norte de la ciudad:

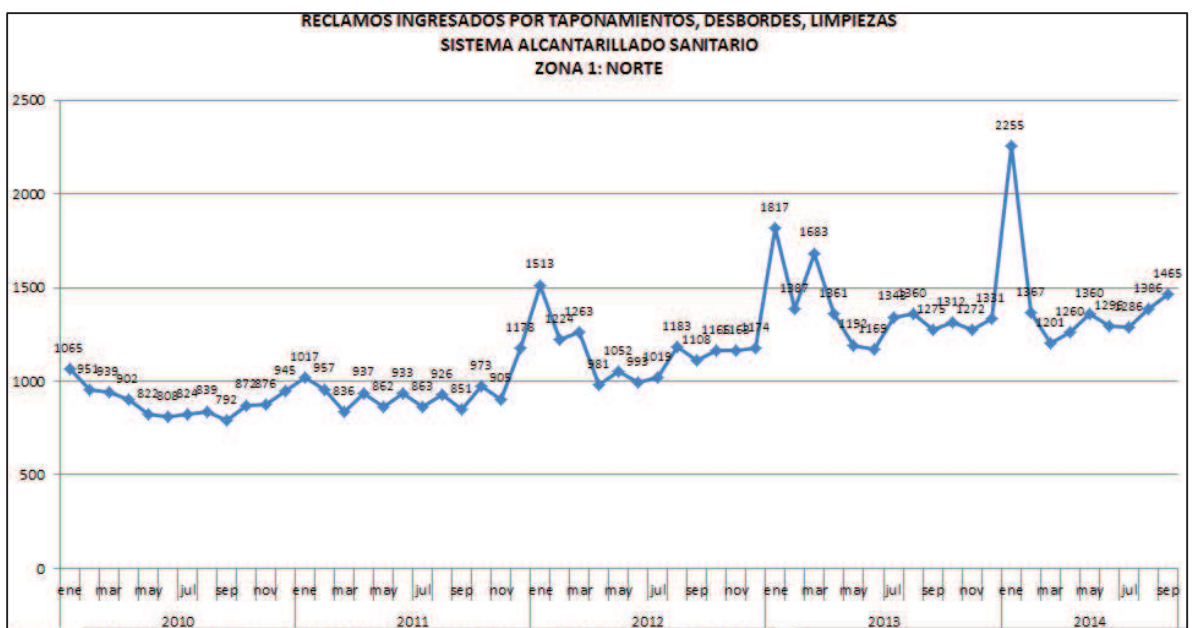


Ilustración 8. ESTADÍSTICAS DE RECLAMOS POR OBSTRUCCIONES DE COLECTORES EN GUAYAQUIL (INTERAGUA, Sistema Axis, 2014)

De igual manera se descargó los datos específicamente para nuestra zona de estudio, mediante el cual fue posible extraer la información de cantidad de reclamos, teniendo los resultados y tabulados en una gráfica se observa un continuo incremento de los mismos con respecto al tiempo.

Estos reclamos se generan por llamadas al centro de atención telefónica denominado “call center” y/o en las oficinas de atención al público mediante comunicación por escrito a la concesionaria, para que sean atendidos por el área técnica de mantenimiento de redes de alcantarillado en un plazo de cuarenta y ocho horas para los taponamientos de los ramales y cinco días para los taponamientos de colectores.

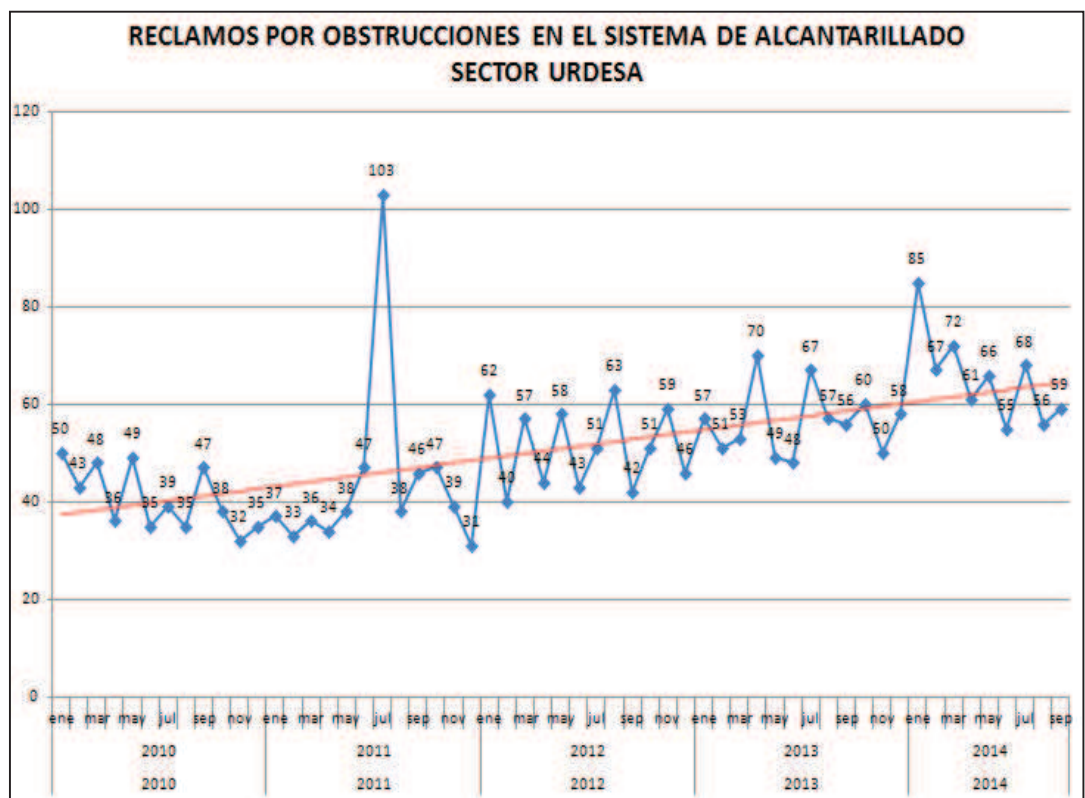


Ilustración 9. ESTADÍSTICAS DE RECLAMOS POR OBSTRUCCIONES EN COLECTORES DE URDESA (INTERAGUA, Sistema Axis, 2014)

Las estadísticas y las observaciones de campo denotan la necesidad de implementar un proyecto de renovación o rehabilitación del sistema de alcantarillado sanitario de este sector de la ciudad, de manera que se garantice el óptimo funcionamiento de las redes, brindando un servicio

aceptable a los usuarios y estableciendo metodologías con eficientes y eficaces técnicas a costos razonables en un ambiente lo menos afectado posible.

## **CAPÍTULO 3.**

### **3. Métodos de Diagnóstico para establecer el estado de tuberías**

#### **3.1. Generalidades y establecimiento de la metodología.**

El establecer un método o formato para la evaluación de tuberías importantes de una ciudad, puede ser de mucha utilidad para la toma de decisiones acertadas con respecto a apuntar de manera más precisa los lugares o tramos que se deben rehabilitar y no asumir que grandes tramos tengan las mismas condiciones que unos cuantos, lo que causaría posiblemente la maximización de presupuestos.

El costo que resultaría para realizar una evaluación con la tecnología adecuada, puede representar en la mayoría de los casos un valor ínfimo, relacionado a lo que costaría la rehabilitación de un tramo y/o varios tramos de tuberías, y porque no de un gran sector de la ciudad, que requiera ya una intervención con rehabilitación

Los métodos de evaluación del estado de tuberías pueden minimizar significativamente el riesgo de rotura de tuberías de gran diámetro que puedan traer consecuencias graves en aspectos económicos, políticos y legales, así como la seguridad y salud pública.

Por otra parte, como se sabe las operadoras de servicios básicos deben cumplir con normativas gubernamentales ambientales, por lo que la evaluación del estado de las redes proporciona una información fundamental sobre la integridad de las líneas, además ayudan a comprender el verdadero valor de la infraestructura subterránea, permitiéndole cumplir con estándares contables, mucho más referido al mantenimiento de las tuberías. En el mundo están descubriendo que el costo de simplemente reemplazar sus activos de

tuberías envejecidas es prohibitivo y que los servicios avanzados de inspección y evaluación pueden ayudar a tomar decisiones con la información tal que permita reducir drásticamente los costos operativos y de capital.

Es bastante raro que se produzca una explosión de las paredes del tubo en un solo evento; las fugas por picaduras, las grietas apenas perceptibles, la corrosión y las fugas en empaquetaduras tienden a ocurrir primero.

Para iniciar un proceso de diagnóstico de tubería es necesario establecer por primera etapa la de “planificación preliminar” que será en la cual se valora la funcionalidad de los sistemas y se escoge el procedimiento idóneo para la determinación y evaluación de las condiciones actuales de las redes.

Lo primero es recopilar la información existente:

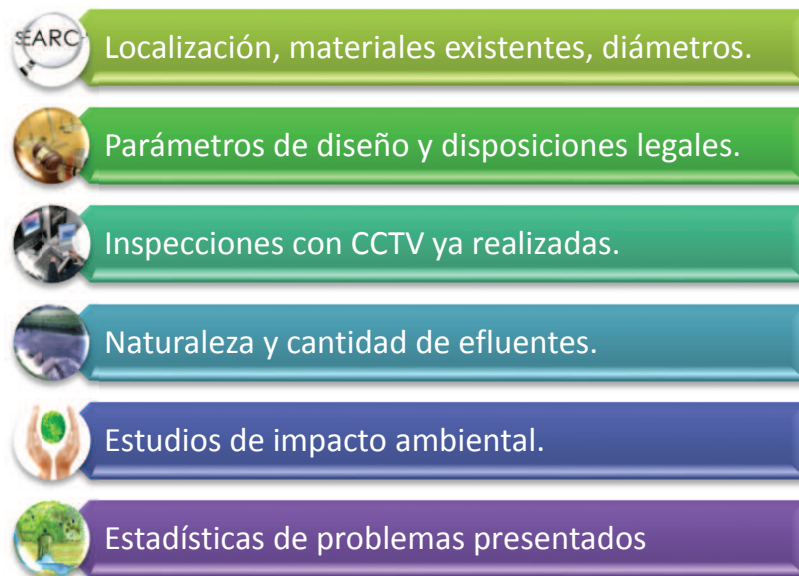


Ilustración 10. DATOS A RECOPIRAR PREVIO AL ANALISIS DEL SISTEMA (Stein, 2001)

La recolección y actualización de la información será decisiva para determinar el alcance, extensión y tipo de investigación que se desea realizar dentro de la determinación de las condiciones actuales.

La metodología propuesta considera que las investigaciones que se realizan son tres:

- ✓ Inspección Hidráulica.
- ✓ Inspección Estructural.
- ✓ Inspección Ambiental.



Ilustración 11. METODOLOGIA GENERAL PARA EVALUACION DE CONDICIONES ACTUALES DE UN SISTEMA. (Stein, 2001)

Con los resultados obtenidos de cada una de las investigaciones, se los evaluará y se comparará con los requerimientos actuales.

De acuerdo a los resultados obtenidos, finalmente se establecerá la lista de prioridades y agendas adecuadas de ejecución de rehabilitaciones.

### **3.2. Verificación de la capacidad hidráulica de la red existente de alcantarillado.**

Este tipo de investigación incluye medidas y procedimientos tendientes a la evaluación de las condiciones hidráulicas actuales de las redes de alcantarillado. La solución de problemas de esta índole requiere que toda la información hidráulica relevante sea recolectada y evaluada. Para determinación de las condiciones actuales de la red de alcantarillado o parte de ella es necesario realizar cálculos y simulaciones hidráulicas por medio de modelos.

Previo a realizar la simulación es preciso verificar y/o calibrar el modelo hidráulico. Para esto es necesario efectuar aforos o mediciones de flujo en puntos de control y descargas. Además se deberán establecer el horario, duración y el procedimiento a realizar.

La información que se deberá ingresar depende del tipo del modelo y del alcance de los estudios hidráulicos. Las variantes que generalmente se utilizan en los modelos son:

- Dinámica de fluidos
- Demanda
- Rugosidad
- Caudal de ex filtración
- Caudal de infiltración y aguas ilícitas

### **3.3. Investigación estructural de la red.**

Consiste en procesos tendientes a la determinación de las condiciones estructurales actuales de tuberías, pozos de revisión, conexiones domiciliarias y otros elementos del sistema. La investigación estructural se divide en dos formas de inspección: interna y externa.

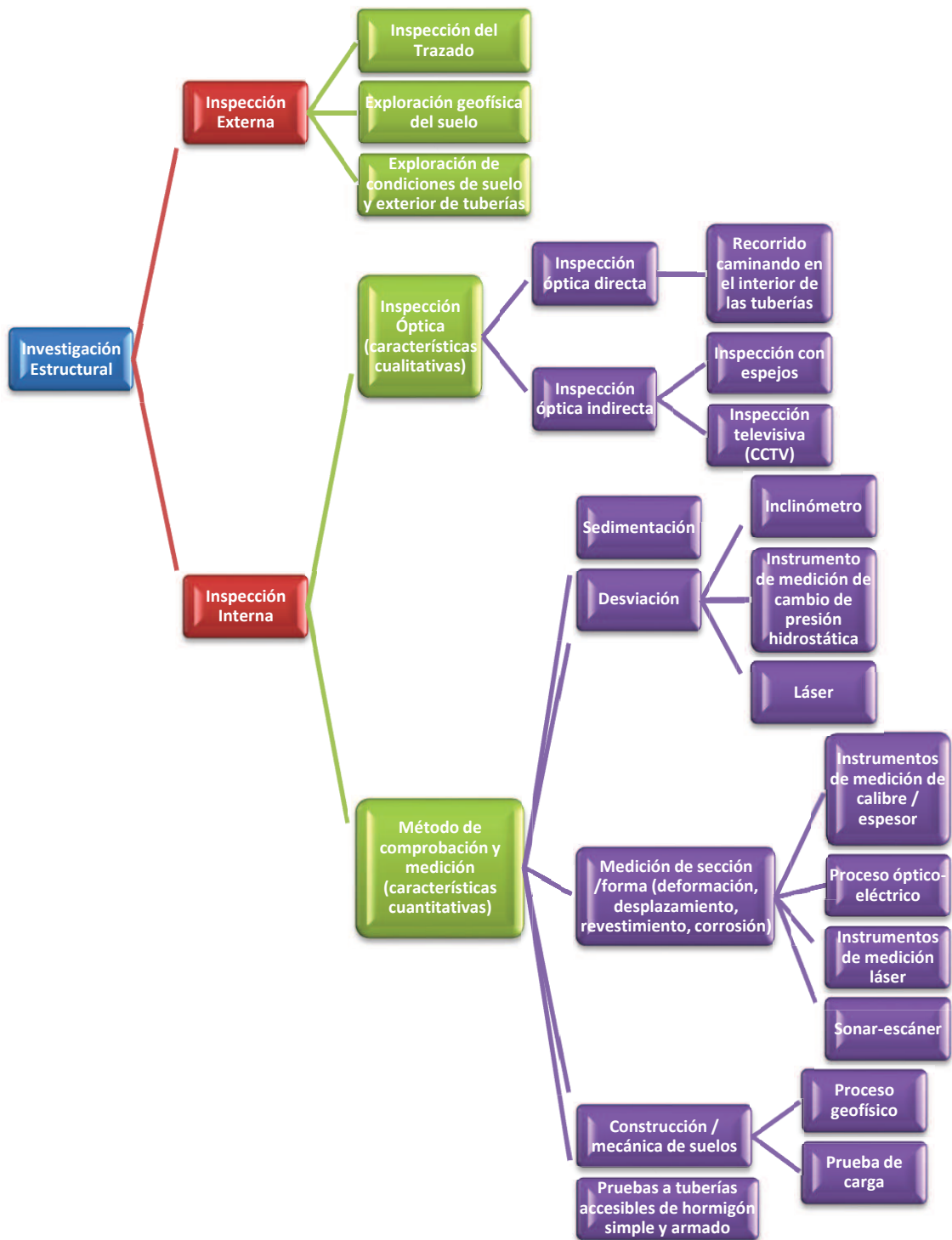


Ilustración 12. METODO DE INVESTIGACION ESTRUCTURAL DE LA RED (Stein, 2001)



### 3.3.1. Investigación estructural Externa.

Consiste en la valoración de las condiciones estructurales externas de la tubería, así como las condiciones mecánicas del suelo donde estas se encuentran emplazadas. Así mismo, se divide en:

- Inspección del trazado
- Exploración geofísica del suelo
- Exploración de las condiciones del suelo y exterior de las tuberías.



La inspección del trazado.- Consiste en caminatas en la ruta del colector para observar asentamientos de las cámaras, hundimientos y socavaciones del terreno por migración de finos del material de relleno sobre la tubería, represamientos, desbordes o inundaciones.



La exploración geofísica.- Se realiza con el objetivo de obtener las características mecánicas del suelo donde se ubican los elementos del alcantarillado.



La exploración de las condiciones del suelo y estado exterior de las tuberías.- Se realiza a través de sondeos o calicatas en donde se revisa la situación de la parte exterior de la pared de los tubos y el material en que está cimentada la tubería.

Ilustración 13. INSPECCIÓN, EXPLORACIÓN GEOFÍSICA Y ESTADO EXTERNO DE LAS TUBERIAS (EPA, 2003)

### 3.3.2. Investigación estructural Interna.

Es la que incluye medidas tendientes a la determinación y evaluación de las condiciones internas de las tuberías, pozos y demás estructuras del sistema. Los resultados de esta inspección pueden ser cualitativos y/o cuantitativos, con la utilización de procesos ópticos y de comprobación con varias mediciones, respectivamente. (Burbano, 2005)

Los procesos cuantitativos se realizan cuando con la inspección óptica no fue suficiente para la evaluación interna de las tuberías.



Ilustración 14. EQUIPOS PARA INVESTIGACION INTERNA DE TUBERIAS.

La inspección óptica interna es un análisis cualitativo de las tuberías por medio de instrumentos o procesos ópticos, estos son bien conocidos y difundidos. Es el más efectivo y económico de los métodos. La inspección óptica directa puede realizarse en tuberías con accesibilidad. La inspección óptica indirecta se utiliza por condiciones de su diámetro, niveles freáticos, niveles de agua dentro de las tuberías, en todo caso cuando es imposible la inspección directamente.

La inspección óptica sostiene y sustenta varias actividades desarrolladas en el mantenimiento de las redes, se obtiene una actualización o registro del catastro, comprobación de diámetros, longitudes y pendientes. También se consigue el desarrollo de los conceptos de rehabilitación o renovación de los

tramos. Por medio de esta técnica se deja completamente de lado aquel concepto con el cual la reparación se realizaba de manera puntual donde aparecía un daño visible en la superficie o localizado directamente de manera visual.

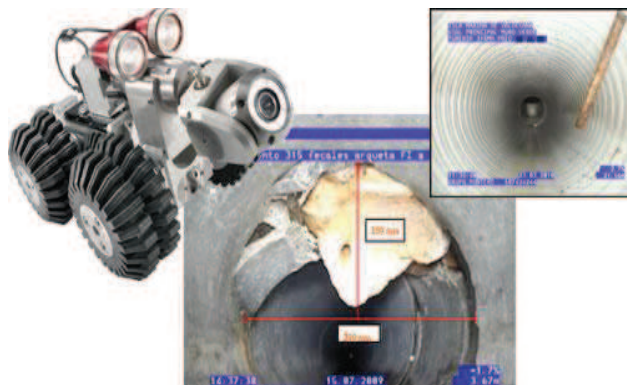


Ilustración 15. EQUIPOS PARA INVESTIGACION INTERNA DE REDES



Ilustración 16. METODOS PARA INSPECCIÓN EN TUBERÍAS (Stein, 2001)

**Inspección óptica interna directa.-** Es llevada a cabo a través de la observación de las condiciones mientras se recorre la tubería a pie o en

vehículo en caso en que los diámetros lo permitan. Este tipo de inspección es posible en colectores desde 1200mm en adelante, según normas internacionales, como la ATV-M-147. Para diámetros menores se deberá utilizar las técnicas indirectas de inspección. Con este método se identifican y recopilan los daños o problemas directamente con el personal, y son ubicados con la ayuda de cintas métricas o equipos topográficos convencionales y registrados en formatos desarrollados para realizar esta actividad. Para este trabajo se requieren como mínimo tres personas equipadas con los implementos de seguridad adecuados.

**Inspección óptica interna indirecta.-** Se la realiza en tuberías inaccesibles, según normas internacionales como la ATV-M-149 y como instituciones como la EPA, este método aplica para redes menores a 1200mm. Este método puede aplicarse con dos procedimientos: la observación por espejos y la inspección por CCTV.

**La inspección por medio de espejos.-** Es la más sencilla y antigua forma de inspeccionar las tuberías inaccesibles. Brinda una visión general de la condición física de las tuberías. Este método consiste en la introducción de un espejo inclinado a 45 grados y en el otro extremo la colocación de una lámpara, a través de este método se puede detectar desviaciones horizontales, desviaciones verticales, deformaciones de la sección, taponamientos y colapsos. Sin embargo, la localización de los daños se restringe únicamente cuando el daño se encuentra en las proximidades a la cámara de inspección donde se está realizando la observación. La dificultad de localización de daños es una desventaja y por esto no se lo recomienda como instrumento fundamental de inspección y es más utilizado como parte de la planificación para una posterior inspección con CCTV.

**La inspección con circuito cerrado de televisión (CCTV)** o inspección televisiva, es en la actualidad el procedimiento más difundido a nivel mundial para la evaluación cualitativa de tuberías donde no hay acceso directo. Esta

técnica permite observar a través de un monitor y una cámara especial en tiempo real, el estado físico de las tuberías. Existen cámaras portátiles y cámaras alojadas en vehículos tipo van. Todas constan de: la unidad de control y operación, del cable de transferencia de datos, transporte de la cámara, sistema de la cámara como tal, abastecimiento de energía. Normas como la ATV-M-143, describen las características que deben tener los componentes de estos equipos.

La finalidad de realizar las inspecciones internas a las redes de alcantarillado es el de poder tener conocimiento de la situación de conservación y del deterioro, en el tiempo, de los diversos componentes que conforman las redes de un sistema de alcantarillado.

La inspección rutinaria debe dirigirse a los colectores colocados cruzando el campo o localizados en las márgenes de los ríos, quebradas y acequias y a las líneas de alcantarillado con mayor incidencia de problemas.

Las inspecciones a través de circuitos cerrados de televisión (CCTV) son las mayormente usadas, son las más eficientes a largo plazo en términos de costo operativos y las más eficaces para documentar y registrar la condición interna de las tuberías de alcantarillado (Sánchez, 2009).

Según la EPA (Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de América), en tuberías de alcantarillado con diámetros entre 100mm a 1200mm se recomiendan las inspecciones por circuito cerrado de televisión. Se debe alistar la cámara de CCTV para que el cabezal de la cámara (lente) de enfoque se encuentre lo más cerca posible al eje de la tubería. En colectores de mayor tamaño en su diámetro, la cámara y las luces pueden estar sujetas a un elemento flotador sobre la cual flotan por la tubería. La cámara y las luces deben girar en dirección horizontal y vertical para que se puedan ver los detalles de las paredes. En colectores de menor diámetro, el cable y cámara se pueden sujetar a un elemento conectado a una boya o sombrilla de arrastre que flotan de cámara a cámara (manhole). La documentación registrada en las inspecciones es de gran importancia para el éxito de un programa de operación y mantenimiento y futuros proyectos de rehabilitación. Con las inspecciones de CCTV se produce un video que puede ser usado como

referencia futura, para análisis y estudio de los daños y proyectos de rehabilitación.

La inspección a las tuberías del alcantarillado ayudará a conocer lo siguiente (Sánchez, 2009):

- La antigüedad o edad de la tubería.
- El grado de corrosión de las paredes de la tubería (interna o externa).
- La formación de depósitos de sedimentos en el fondo o infiltraciones o fugas anormales.
- La penetración de raíces y otros elementos en la tubería.
- La limitación en la capacidad de transporte de las aguas residuales.
- Existencia de tapas de cámaras y estado de conservación interno de las cámaras de inspección.

Actualmente, la concesionaria de los servicios de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Guayaquil, cuenta con equipos de última tecnología para la elaboración de inspecciones televisivas con equipos portátiles y vehículos acoplados para las cámaras y robots más robustas.



Ilustración 17. EQUIPOS PORTÁTILES ACOPLADOS PARA INSPECCIÓN DE CÁMARAS.



Ilustración 18. EQUIPOS PARA INSPECCIÓN CON CCTV.

Para una correcta y útil inspección se deben seguir los detalles de los procedimientos creados y con ello evitar la pérdida de tiempo, de la información e inclusive para mantener en buen estado los equipos. Se adjunta el procedimiento básico.

#### **3.3.2.1. Métodos modernos de Inspección.**

En el proceso de investigación de este trabajo, se pudo encontrar información sobre nuevas tecnologías de inspección, sobretodo, en tuberías que trabajan a presión, que vale la pena mencionar, aunque en nuestra área no se encuentra ningún tramo después de un sistema de bombeo.

##### **3.3.2.1.1. Inspección Electromagnética.**

Es una tecnología que funciona de manera muy similar a la de un transmisor y receptor de radio. El “transmisor” genera un campo electromagnético. Es utilizada en tuberías de concreto preesforzado (PCCP). Los cables pretensados que conforman la estructura de la tubería amplifican la señal, que es registrada por el “receptor”. Si los cables están rotos se distorsiona la señal. Una medición de la distorsión determina la cantidad de cables rotos en tuberías de concreto pretensado. Entre las ventajas de esta tecnología se tiene:



- La identificación de los segmentos de tubo individuales que presentan roturas de cable.
- Da prioridad a los programas de reparación y reemplazo basándose en el estado real de los tubos individuales.
- Nuevas inspecciones periódicas de una tubería dada permiten calcular la expectativa de vida residual.
- Estima el valor de manera exacta de los activos de tuberías, cumpliendo así con los requerimientos que establecen las leyes.
- Minimiza el riesgo de roturas de tuberías que puedan generar problemas relacionados con la seguridad pública o interrupciones prolongadas en el servicio.
- El más alto grado de precisión en la detección de roturas de cables gracias a un diseño optimizado. Buena calidad de análisis y reportes de estado de la tubería ayudado con programas informáticos de plataformas múltiples para ser utilizado en cualquier caso de inspección. (López, 2009)



Ilustración 19. PROCESO DE INSPECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA. LOPEZ, 2009



### **3.3.2.1.2. Sistema de Inspección de tuberías “SAHARA”**

Es la primera herramienta diseñada para la revisión de tuberías de agua de gran diámetro en operación.

Se llevan a cabo mediante la inserción de un sensor en cualquier grifo o válvula con un diámetro mínimo de 2 "(50 mm). Un pequeño paracaídas utiliza el flujo de agua para transportar el sensor a través de la tubería. El sensor está amarrado a la superficie, lo que permite tener resultados en tiempo real, y el máximo control y sensibilidad. El dispositivo de rastreo en superficie permite que la posición de las fugas de tuberías. Según Pure Technologies, en este equipo:

- No se requiere la interrupción del servicio de la tubería.
- Se puede usar en las derivaciones de 2" (50 mm) existentes.
- El control anclado asegura que no se pierdan sensores.
- Posee una sensibilidad demostrada para fugas tan pequeñas como 0.005 gal/min.
- Se han ejecutado a la fecha más de 1,000 millas (1,600 km) de inspecciones.
- Rastreo exacto en superficie para mapear su tubería y mejorar el catastro de redes.
- Utilizado fácilmente en tuberías matrices mayores o iguales de 12" (300 mm), de todos los materiales.

- Se puede utilizar en tuberías tan pequeñas como 6" (150 mm).
- Puede trabajar con presiones de hasta 200 PSI (14 Bar).

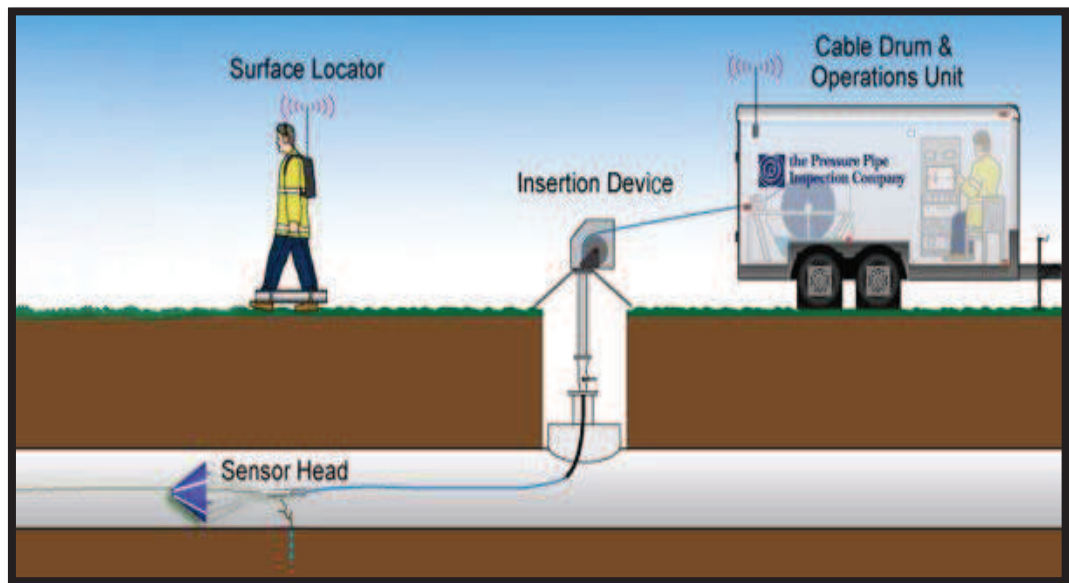


Ilustración 20, SISTEMA DE INSPECCIÓN SAHARA, FUENTE: [www.puretechltd.com](http://www.puretechltd.com)

En la investigación, se encontró una empresa norteamericana llamada Pure Technologies que adquirió a la empresa PPIC (The Pressure Pipe Inspection Company) juntos poseen las alternativas más modernas para las inspecciones y evaluación de tuberías sujetas a presión (Pure Technologies, 2013):



### PipeDiver

- Herramienta de inspección en servicio (red presurizada)
- **Diámetro** :24" – 48"
- **Penetraciones de la línea:** Inserciones de 12" .



### PipeWalker

- Herramienta de inspección controlada por operadores ( tubo seco).
- **Diámetro:** 48" – 252"
- **Penetraciones de la línea:** Despresurizada y desaguada



### PipeRider

- Herramienta de inspección controlada por operadores ( tubo seco)
- **Diámetro:** 48" – 72"
- **Penetraciones de la línea:** Despresurizada y desaguada.



### PipeRanger

- Herramienta de inspección anclada controlada a distancia
- **Diámetro:** 16" – 36"
- **Penetraciones de la línea:** Despresurizada y desaguada en puntos de acceso.



### PipeCrawler

- Herramienta de inspección anclada y controlada a distancia
- **Diámetro:** 48" – 160"
- **Penetraciones de la línea:** Despresurizada y desaguada



### PipeScanner

- Herramienta para inspección externa de tuberías Detecta señal desde la superficie para ayudar a localizar y mapear los activos de tuberías.
- **Diámetro:** Cualquiera
- **Penetraciones de la línea:** Excavada / Descubierta

Ilustración 21. PROCESO PARA TECNOLOGIAS DE INSPECCIÓN A TUBERÍAS

(Pure Technologies, 2013)

### 3.3.2.1.3. Limitaciones de algunas tecnologías de Inspección.

En la siguiente gráfica se debe tomar en cuenta ciertas condiciones de estas tecnologías de inspección:

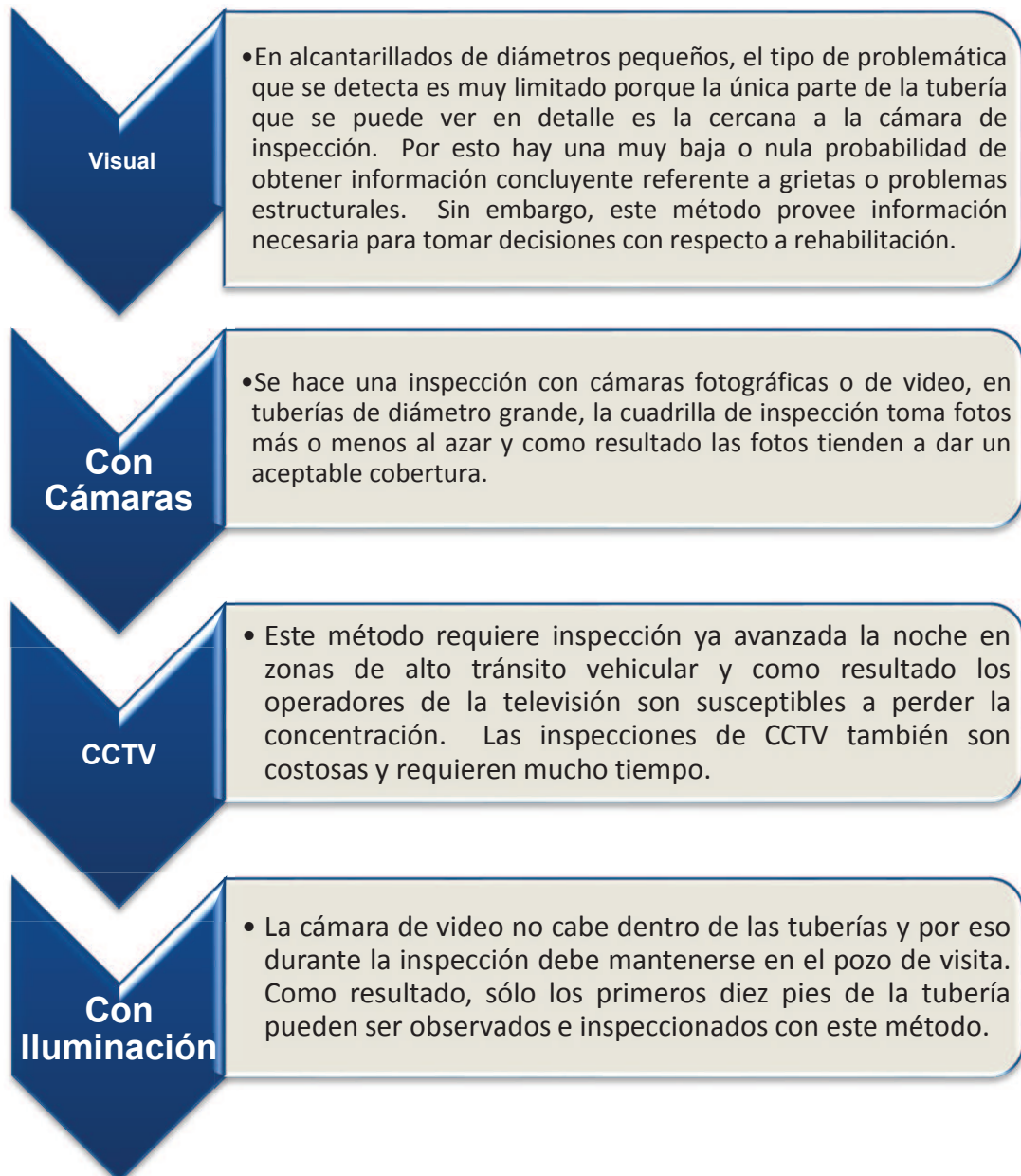


Ilustración 22. Campo de acción de técnicas de inspección. (EPA, 2003) Fuente:

Folleto de Limpieza y EPA (Environmental Protection Agency – USA

### 3.3.3. Clasificación del estado actual de las tuberías.

#### 3.3.3.1. Aspectos Estructurales

La evaluación estructural interna es la que otorga la calificación sobre el estado de las tuberías inspeccionadas, en función de los daños o defectos estructurales observados durante la inspección. Cada una de estos tipos de daños es evaluado por un sistema de puntajes y relacionado directamente con una clasificación que establece criterios para determinar el grado o nivel de deterioro de un alcantarillado con respecto a la probabilidad de un colapso del mismo.

Estado Estructural de la tubería	
Puntaje Máximo	Grado
165 +	1
80 a 164	2
40 a 79	3
10 a 39	4
Menos de 10	5

Tabla 4. Grado Estructural de tuberías por su estado. (Fuente: EAAB Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá Colombia. Aspectos técnicos para la inspección de redes y estructuras de alcantarillado)

#### 3.3.3.2. Aspectos Operacionales

Esta calificación se obtiene con la sumatoria de los defectos o daños observados en el tramo, y con este puntaje se determina el estado definitivo del tramo, teniendo en cuenta la siguiente tabla (EAAB, 2011):

Estado de Operación de la tubería		
Puntaje Medio (total tramo/long)	Puntaje Máximo	Grado
5 +	10 +	1
2,5 a 4,9	5,0 a 9,9	2
1,0 a 2,4	2,0 a 4,9	3
0,5 a 0,9	1,0 a 1,9	4
< 0,5	< 1,0	5

**Tabla 5.** Grado Operacional de tuberías por su estado. (Fuente: EAAB Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá Colombia. Aspectos técnicos para la inspección de redes y estructuras de alcantarillado)

**GRADO 5 (Azul).**- Agrupa a las tuberías en las cuales no se encontraron defectos o los que encontrados son pequeños o no son importantes para la estabilidad estructural del sistema. Es un tramo en buena condición estructural y operativa; Se deben realizar nuevas inspecciones en un plazo de 3 a 5 años, para verificar el estado estructural e hidráulico.

**GRADO 4 (Verde).**- Son tramos en donde los defectos encontrados presentan una mayor importancia, pero no comprometen la estabilidad de la red e un corto plazo. Se deben realizar nuevas inspecciones en un plazo de 2 a 3 años, para verificar el estado estructural e hidráulico.

**GRADO 3 (Amarillo).**- Los defectos encontrados en estos tramos pueden generar problemas de tipo estructural e hidráulico. Se recomienda tomar acciones correctivas y/o preventivas con el fin de minimizar la probabilidad de falla.

**GRADO 2 (Rojo).**- Los defectos encontrados en estos tramos de colectores son de gran importancia y pueden generar serios problemas de tipo estructural e hidráulico. Se deben tomar medidas preventivas y/o correctivas con el fin de evitar colapso puntual o generalizado.

**GRADO 1 (Negro).**- En este nivel, la tubería está colapsada o a punto de colapsar. Se obliga a tomar medidas de emergencia y ejecutar los mantenimientos y la rehabilitación necesaria, de inmediato según el caso, para evitar daños adicionales y poner en funcionamiento normal el sistema.

Grado	Calificación
5	Bueno
4	Adecuado
3	Regular
2	Malo
1	Crítico

Tabla 6, Relación del Grado de deterioro y Calificación (Fuente EAAB)

### 3.3.3.3. Resumen de Parámetros para calificación estructural de la tubería.

DEFECTO	DESCRIPCIÓN
DEFORMACIÓN O DEFLEXIÓN	Variación en la dimensión vertical u horizontal del tubo. La sección transversal de la tubería se ha deformado.
FISURA/GRIETA/FRACTURA	Fisura: Separación superficial $\leq 50\%$ . Grieta: Separación superficial $< 50\%$ y $< 100\%$ Fractura: Rotura $\geq 100\%$
ROTURA O COLAPSO	Hueco, abertura o partes ausentes.
MATERIAL DE SELLO INTRODUCIDO EN LA TUBERÍA	Todo o parte del material usado para sellar una junta entre dos tubos esta entre la tubería.
JUNTA DESPLAZADA	Las tuberías adyacentes se desplazan de su posición prevista. Los desplazamientos longitudinales de menos de 10mm no se registran.
DAÑOS SUPERFICIALES	La superficie de la tubería se ha dañado por acción química o mecánica

Tabla 7. Descripción de parámetros de los defectos en tuberías

### 3.3.3.3.1. Detalle de Características de Defectos o Afectaciones para calificación estructural de la tubería

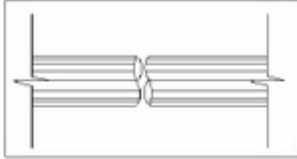
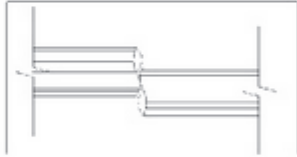
DEFORMACIÓN O DEFLEXIÓN	INFORMACIÓN ADICIONAL	CALIFICACIÓN
CARACTERIZACIÓN	<b>Orientación de la deformación:</b>	
	<b>A</b> Vertical del tramo: La altura de la tubería se reduce.	20
	Deformación o deflexión en la sección transversal > 3,0 % y < 7,5%	80
	Deformación o deflexión en la sección transversal > 7,5 % y < 12,5%	165
	Deformación o deflexión en la sección transversal > 12,5 %	165
<b>B</b> Horizontal del tramo: El ancho de la tubería se reduce > 12,5 %	10	
<b>C</b> Puntual del tramo.		
MEDICIÓN	Cambio porcentual de la dimensión que se reduce. La calificación de la deformación o deflexión de un tramo se obtiene como el promedio de la calificación de tres puntos del tramo: el primero y el último punto a 1m del inicio y del final del tramo respectivamente y el segundo punto en la mitad del tramo.	
LOCALIZACIÓN CIRCULAR	Si la deformación es localizada, asignar una localización circular.	

\* Esta tabla aplica sólo para tuberías flexibles

ROTURA O COLAPSO	INFORMACIÓN ADICIONAL	CALIFICACIÓN
CARACTERIZACIÓN	<b>A</b> Rotura: hueco, abertura o partes ausentes en la pared de la tubería.	
	- < 1/4 de la sección transversal de la tubería.	80
	- + 1/4 de la sección transversal de la tubería.	165
<b>B</b> Colapso: pérdida completa de la integridad de la estructura.	165	
MEDICIÓN	Longitud de la rotura. (Estimar con la inserción de la cámara por ambos pozos)	
LOCALIZACIÓN CIRCULAR	Posición circular de la rotura.	



FISURA/GRIETA/FRACTURA	INFORMACIÓN ADICIONAL	CALIFICACIÓN
CARACTERIZACIÓN	<b>Naturaleza de la observación:</b>	
	<b>A</b> Fisura: La grieta solo esta en la superficie.	2
	-Longitudinal: La grieta o fractura es paralela al eje de la tubería.	
	-Circular: La grieta o fractura se encuentra principalmente alrededor de la circunferencia de la tubería.	2
	-Compleja: Grupo de grietas o fracturas que no se pueden describir como longitudinales o circunferenciales.	2
	-Helicoidal.	2
	<b>B</b> Grieta: La grieta es una línea visible en la pared de la tubería.	
	-Longitudinal: La grieta o fractura es paralela al eje de la tubería.	10
	-Circular: La grieta o fractura se encuentra principalmente alrededor de la circunferencia de la tubería.	10
	-Compleja: Grupo de grietas o fracturas que no se pueden describir como longitudinales o circunferenciales.	80
-Helicoidal.	80	
<b>C</b> Fractura: Grieta visiblemente abierta en la pared de la tubería.		
-Longitudinal: La grieta o fractura es paralela al eje de la tubería.	40	
-Circular: La grieta o fractura se encuentra principalmente alrededor de la circunferencia de la tubería.	40	
-Compleja: Grupo de grietas o fracturas que no se pueden describir como longitudinales o circunferenciales.	80	
-Helicoidal.	80	
MEDICIÓN	Longitud de la fisura. Este defecto puntúa si la longitud es superior a 1.00 m. Se debe incluir la longitud total de la fisura/grieta/fractura en el campo de medición.	
LOCALIZACIÓN CIRCULAR	Posición circular de la fisura.	

JUNTA DESPLAZADA	INFORMACIÓN ADICIONAL	CALIFICACIÓN
CARACTERIZACIÓN	<p><b>Tipo de desplazamiento:</b></p> <p><b>A Longitudinal:</b> El desplazamiento de la tubería es paralelo al eje de la alcantarilla.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre 1 y 1,5 del espesor de la tubería.</li> <li>- &gt; 1,5 del espesor de la tubería.</li> <li>- Junta desplazada por encima de lo especificado en NS-073 o suelo visible.</li> </ul>	<p>1</p> <p>2</p> <p>80</p>
	 <p><b>B Radial:</b> La tubería se desplaza en dirección perpendicular al eje de la alcantarilla.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre 1 y 1,5 del espesor de la tubería.</li> <li>- &gt; 1,5 del espesor de la tubería.</li> <li>- &gt; 10% del diámetro de la tubería, y el suelo es visible.</li> </ul>	<p>2</p> <p>2</p> <p>80</p>
	 <p><b>C Angular:</b> Los ejes de la tubería no son paralelos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre 1 y 1,5 del espesor de la tubería.</li> <li>- &gt; 1,5 del espesor de la tubería.</li> <li>- &gt; 10% del diámetro de la tubería, y el suelo es visible.</li> </ul>	<p>2</p> <p>2</p> <p>80</p>
LOCALIZACIÓN CIRCULAR	La dirección radial o angular del desplazamiento alrededor de la pared de la tubería.	

DAÑOS SUPERFICIALES	INFORMACIÓN ADICIONAL	CALIFICACIÓN
CARACTERIZACIÓN	<b>Tipo de Daño:</b> <b>A</b> Rugosidad <b>B</b> Descascaramiento <b>C</b> Agregado visible <b>D</b> Agregado saliendo de la superficie <b>E</b> Agregado ausente <b>F</b> Refuerzo visible <b>G</b> Refuerzo saliendo de la superficie <b>H</b> Refuerzo corroído <b>I</b> Abrasión sobre la superficie. <b>J</b> Residuos de corrosión en la superficie <b>K</b> Tubería porosa <b>Z</b> Otros daños superficiales <b>Causa del daño:</b> <b>L</b> Daño mecánico <b>M</b> Ataque Químico - Daños encima del nivel del agua <b>N</b> Ataque Químico - Daños por debajo del nivel del agua <b>O</b> Causas no evidentes	A cada tipo de daño se le debe asignar la siguiente calificación según corresponda: • Leve 5 • Moderada 20 • Alta 120 • Muy Alta 165
MEDICIÓN	La calificación debe representar la totalidad del tramo (Ej: Alta y muy alta para daños predominantes en todo el tramo) Para la localización longitudinal se debe registrar el punto donde inicia el daño.	
LOCALIZACIÓN CIRCULAR	Posición del daño superficial.	

MATERIAL DE SELLO INTRODUCIDO EN LA TUBERÍA	INFORMACIÓN ADICIONAL	CALIFICACIÓN
CARACTERIZACIÓN	<b>Tipo de material de sello:</b> <b>A</b> Sello de anillo. - Desplazado visiblemente pero no se introduce en el tubo. - Menos de la mitad del anillo desprendido. - Mas de la mitad del anillo desprendido. - Roto <b>B</b> Otro sellante. El tipo de sello se incluirá en la sección de observaciones. -5% -5% - 20% -> 20% <b>C</b> Sin Sello.	1 5 8 2 1 2 5 5
MEDICIÓN	Donde el sellante no es de anillo, la reducción en el área representativa se expresa en porcentaje. Cada Junta se califica individualmente con su puntaje correspondiente.	
LOCALIZACIÓN CIRCULAR	Posición del defecto.	

Tabla 8. Detalle de caracterización y medición de defectos para calificación

La inspección óptica no tiene sentido si no se realiza una apropiada recopilación de la información de la condiciones de la tubería. Para lograr

este objetivo se han desarrollado metodologías que se basan en el principio de causa-efecto para con ello definir un catálogo de daños. (Burbano, 2005)

Los sistemas de alcantarillado están sometidos a diversos tipos de acciones que desgastan su estructura y reducen su vida útil. Existen daños de diferente naturaleza y en muchos casos se deben a más de una causa. Existen cargas internas y externas y pueden ser de tipo químico, mecánico y biológico, llevando al desgaste de la condición normal del conducto y por ende un mal funcionamiento de los sistemas.

Los daños que se generan a temprana edad, obedecen a la inapropiada ejecución de labores de excavación, instalación de tuberías, rellenos de zanjas y mala elección de los materiales.

También existen problemas generados por cargas mecánicas producto de limpiezas, cargas estáticas o dinámicas, cambio en la calidad del agua residual, variación de temperaturas y humedad, etc.

Según normas internacionales los grupos principales que afectan los sistemas de alcantarillado son:



Ilustración 23. FLUJO DE PROCESO DE DAÑOS QUE SE ENCUENTRAN EN TUBERIAS

Las cuales después del análisis de clasificación y obteniendo la calificación se definirá el grado de prioridad que tendrá cada caso.

### **3.4. Patología de los sistemas de alcantarillado.**

Los problemas más importantes y recurrentes, según la Asociación de fabricantes de tuberías de hormigón armado de España (ATHA), que se detectan en las redes de alcantarillado sanitario pueden deberse a:

1. Causas externas
2. Causas Intrínsecas: los errores de Diseño, de construcción de las redes y baja calidad de los elementos y materiales del sistema.

#### **3.4.1. Causas Externas.**

A continuación se presenta un cuadro donde se grafican las diferentes causas externas que pueden presentarse en el sistema de alcantarillado sanitario:

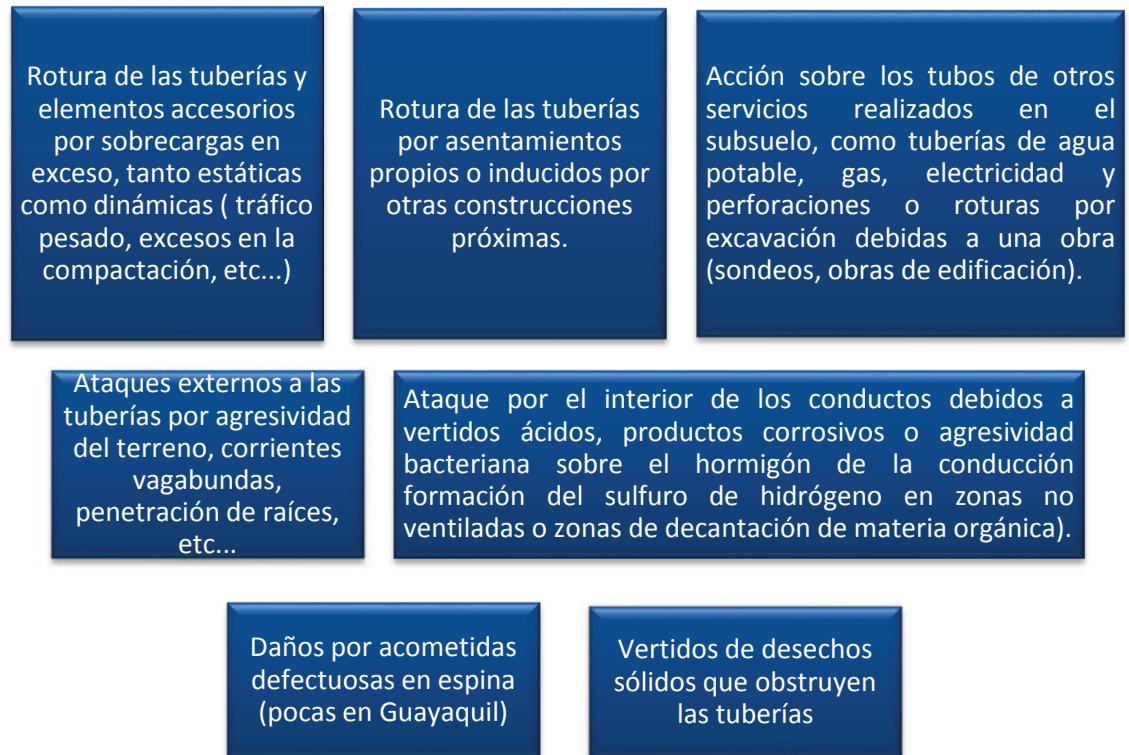


Ilustración 24. Causas externas por las que falla un sistema de alcantarillado (ATHA, 2003)

### 3.4.2. Causas intrínsecas.

Dentro de las causas intrínsecas tenemos las equivocaciones o errores en los diseños y definiciones de las capacidades hidráulicas y estructurales de las tuberías; los vicios o defectos en el proceso constructivo de los sistemas y la mala calidad de los elementos utilizados y fabricados para determinado el proyecto.



Ilustración 25. Causas intrínsecas que afectan el funcionamiento del sistema de alcantarillado. (ATHA, 2003)

### 3.4.2.1. Errores de cálculo y diseño más habituales

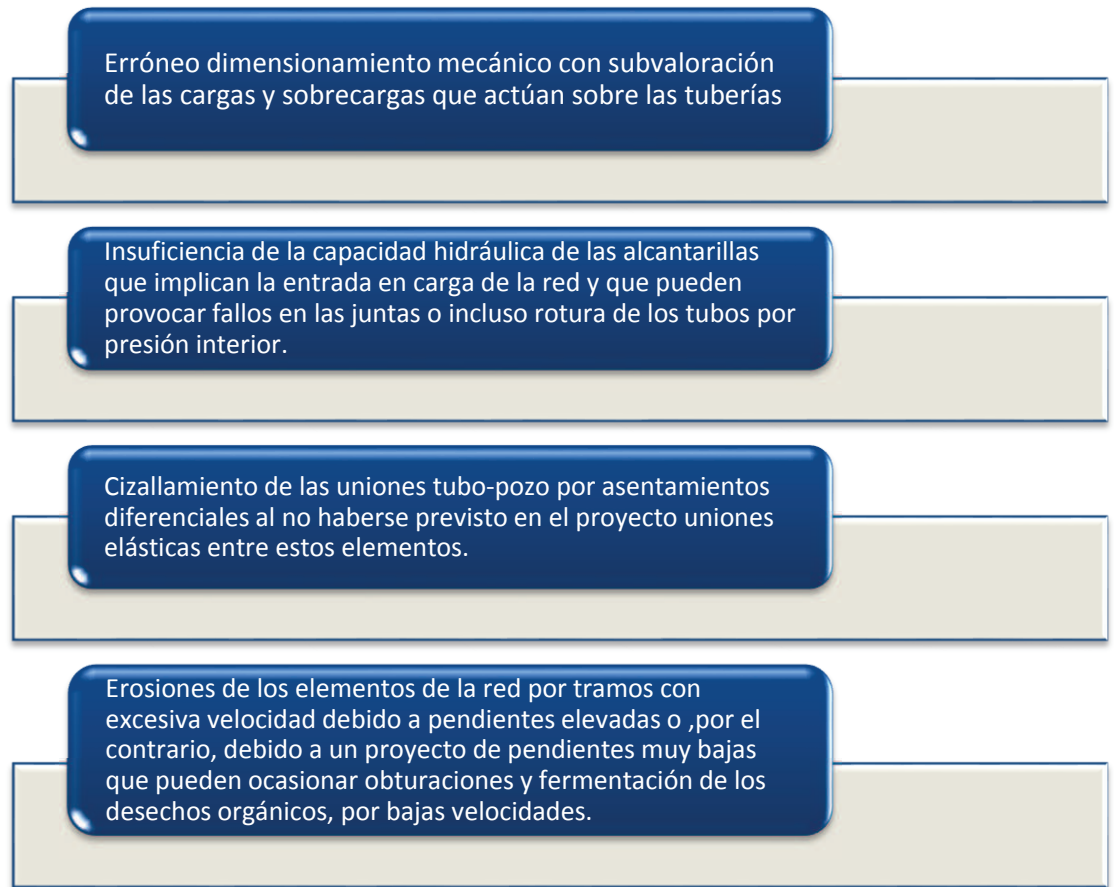
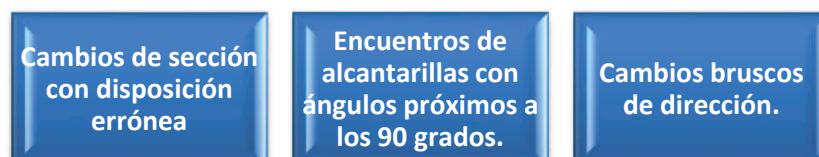


Ilustración 26. Frecuentes errores de diseño de un sistema de alcantarillado. (ATHA, 2003)

### 3.4.2.2. Perturbaciones hidráulicas e hidrodinámicas



Gráfica 15. Perturbaciones hidráulicas e hidrodinámicas. Fuente: Manual ATHA (Asociación de fabricantes de tuberías de hormigón armado de España).

### 3.4.2.3. Defectos de ejecución más habituales.

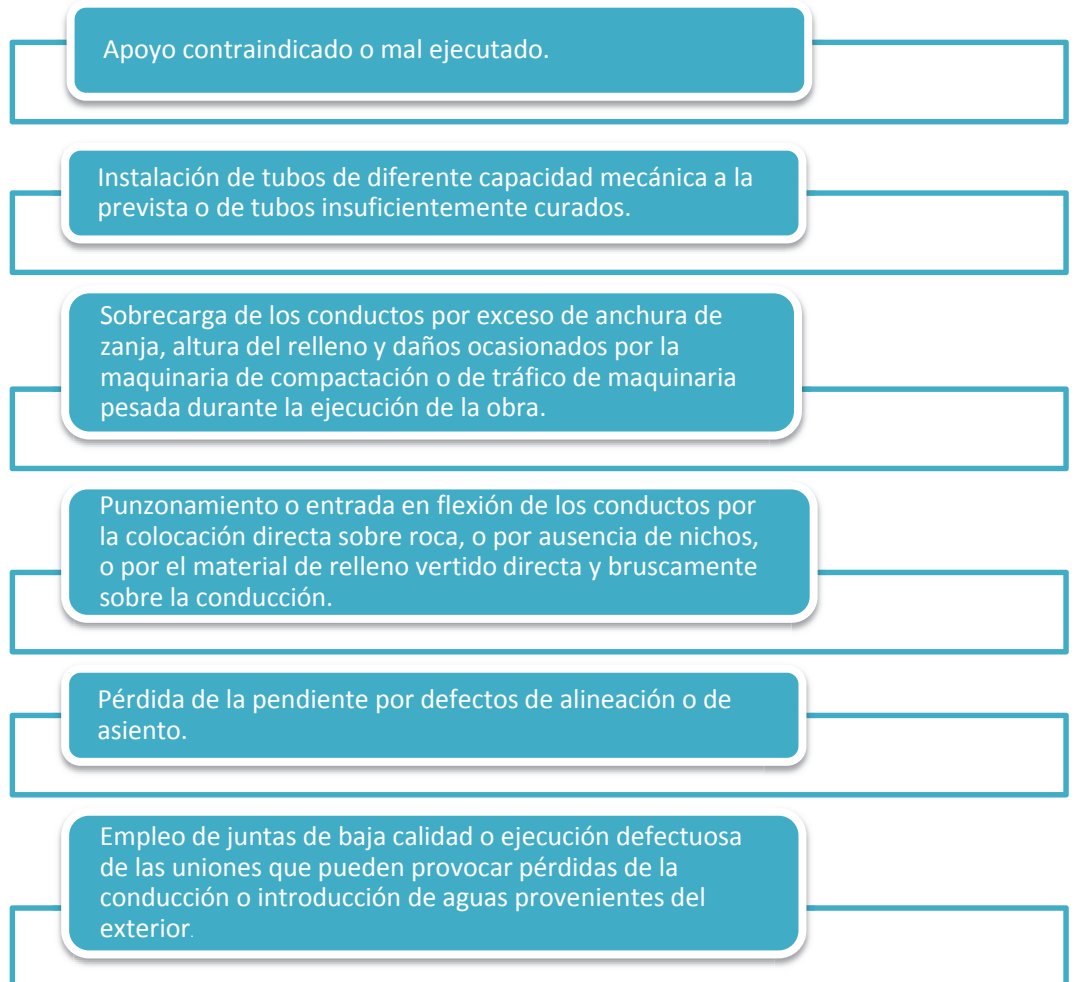


Ilustración 27. Errores de instalación frecuentes. Fuente: Manual ATHA (Asociación de fabricantes de tuberías de hormigón armado de España).

### 3.4.2.4. Deficiencias de calidad de los elementos de la red, suelen ser las más habituales:

- Baja calidad de los tubos escogidos, existencia de hormigón en las cámaras, tapas y otros elementos, principalmente las juntas de unión.
- Corrosión de los elementos metálicos de la red (equipos de bombeo, válvulas de compuerta, pates) por falta de protección antioxidante, que



pueden ocasionar graves accidentes a los operarios de conservación y mantenimiento.

#### **3.4.3. Síntomas de mal funcionamiento del sistema de evacuación.**

Como consecuencia de estos defectos se pueden apreciar los siguientes síntomas de un mal funcionamiento del sistema de evacuación:

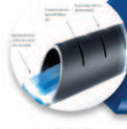
- Roturas frecuentes de tuberías
- Problemas de insuficiente capacidad hidráulica
- Pérdidas de agua (ex filtraciones).
- Hundimientos (lavado de finos, asentamientos).
- Contaminación del terreno o capa freática con efluentes industriales.
- Infiltraciones a la tubería desde el terreno (nivel freático, fugas de agua).

#### **3.5. Modelo Computacional en la Rehabilitación de Redes.**

El objetivo de definir un modelo computacional, es establecer un marco racional para la toma de decisiones en la rehabilitación de la red de alcantarillado, analizando entre otros su seguridad estructural y funcional dentro del contexto de costo mínimo y menor número de interrupciones y perturbaciones en el sistema. Desde el enfoque de conservación del recurso hídrico, los principales problemas a resolver por los administradores de redes de aguas residuales son:



Mantener las aguas residuales y aguas de lluvias como un recurso que, de ser posible, deben ser reutilizados.



La reducción de la infiltración de agua limpia / flujo de entrada en la red y su impacto adverso sobre tratamiento de aguas residuales



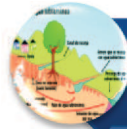
Prevención de inundaciones locales, que afectan a los edificios (sótanos inundados) y el tráfico (calles inundadas).



La prevención de colapsos estructurales, afectan a los servicios de aguas residuales y el tráfico por carretera (calles dañadas), así como el daño de otras infraestructuras subterráneas.



Prevenir la contaminación de los sistemas de abastecimiento de agua, debido a la infiltración de las aguas residuales



La reducción de la contaminación que afectan a las aguas receptoras, así como cursos de agua principales y las aguas subterráneas

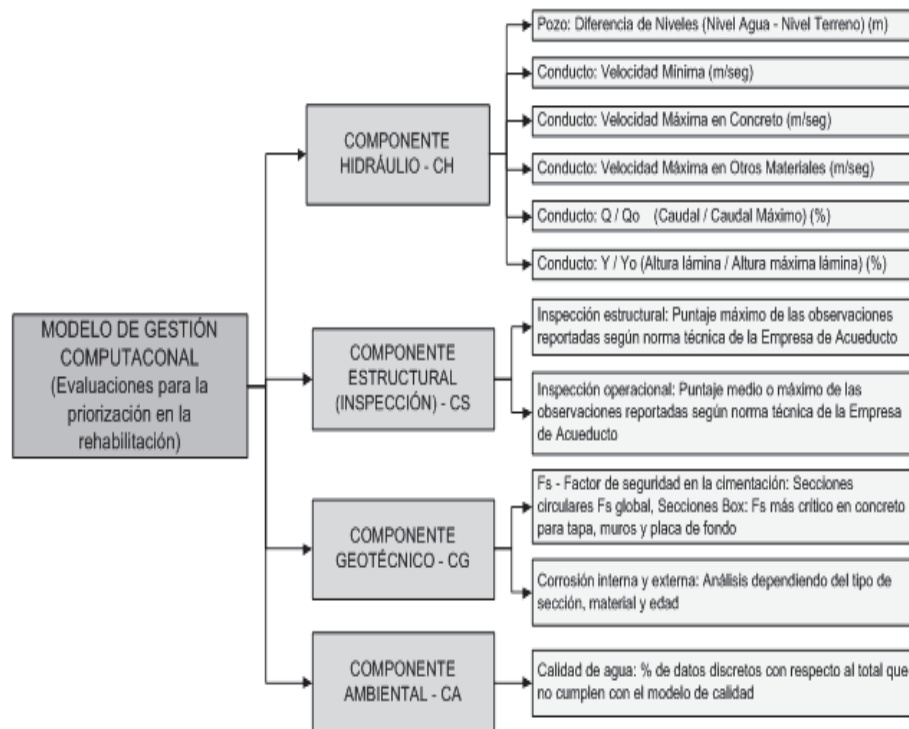


Ilustración 28. Estructura del Análisis mediante modelo computacional

## **CAPÍTULO 4.**

### **4. Metodologías existentes en el mercado mundial para rehabilitación o renovación de redes de alcantarillado sanitario.**

Para establecer la metodología de reposición y rehabilitación de redes, se consultaron varias fuentes de información, entre ellas: artículos, páginas web, investigaciones y cursos con la participación de expertos internacionales en el tema.

Desde los años 70, en Inglaterra y asociado al notable deterioro de las redes que presentaba hundimientos y colapsos, surgió la necesidad de inspeccionar las redes de alcantarillado para mejorar y aumentar la vida útil de estas. Desde entonces se han empleado diferentes métodos de inspección, indicadas en el capítulo anterior.

Durante los últimos años se han desarrollado metodologías relacionadas con el uso de los resultados de la inspección con CCTV para el diagnóstico y mantenimiento de la misma, principalmente de tipo preventivo y a partir de los resultados, planear la rehabilitación de la red. (ABURRA, 2011)

Actualmente existen metodologías propuestas para la rehabilitación de redes de alcantarillado, todas ellas parten del hecho de que se tiene inspeccionado un alto porcentaje del sistema, y emplean dichos resultados como insumo para evaluar el estado de la red de alcantarillado y luego priorizar el mantenimiento según la gravedad del daño estructural de la tubería); estas metodologías han sido empleadas en Alemania, Estados Unidos, España, Inglaterra y Holanda. La mayoría de ellas se basan en el análisis de los tipos de defectos que pueden presentarse en las tuberías y definir la necesidad de rehabilitación para cada uno de ellos, considerando como más graves aquellas puntuales que afectan el estado estructural de la tubería (una fractura) y menos graves aquellas que afectan solo la operación (presencia de raíces). Con base a criterios previamente definidos para cada uno de los tipos

de defectos y combinado con diferentes alternativas de solución, se plantean estrategias para las nuevas inspecciones.

Las metodologías desarrolladas recomiendan conocer la forma en que envejece la red de alcantarillado de un sector o la totalidad del sistema. Para ello, se requiere hacer varias inspecciones con CCTV, con frecuencia de años entre una y otra, con el objeto de modelar matemáticamente el deterioro. La forma más sencilla de modelar matemáticamente el deterioro estructural es mediante inspecciones repetidas sobre un mismo elemento. Con ayuda del modelo de envejecimiento de la red y el estado actual, se puede realizar una proyección de la probabilidad de estado de conservación de la red en el medio y largo plazo. Estos modelos se desarrollan, mejoran y calibran con datos reales de la red relacionados con aspectos estructurales, ambientales e hidráulicos, con el fin de permitir la proyección del año en que es probable que el tramo de alcantarillado entre en una condición crítica. A partir de ello, se pueden definir periodicidades de inspección o programar la reposición y rehabilitación, como ya lo hemos mencionado.

La definición de las zonas críticas debe realizarse con base a la información existente, conociendo primero las variables de la red y encontrar relaciones entre el comportamiento de la red y estas variables, para luego definir criterios de falla a partir del comportamiento de la red, al igual que sus consecuencias. Encontrar la relación entre la red y sus variables puede ser una tarea difícil, debido a la gran cantidad de variables (edad, material, diámetro, profundidad, longitud, entre otras), a su distribución espacial y temporal.

#### **4.1. Factores para la elección de la técnica de rehabilitación.**

Existe una gran variedad de técnicas empleadas para la rehabilitación de tuberías. Los factores que se deben considerar a la hora de escoger entre una reposición tradicional o el empleo de técnicas no tradicionales sin zanja son (ABARME, 2015):

**Costo:** Generalmente las técnicas de rehabilitación o renovación con tecnologías presentan costos ya comparables en el mercado, generalmente estos costos resultan inferiores a la rehabilitación tradicional, de todas formas es muy importante estimar la tecnología a utilizar, con el comparativo de costos y el tiempo que se afectaría al sector, respecto a la rehabilitación con apertura de zanja.

**Impacto de la obra sobre el entorno:** Las obras de rehabilitación y renovación disminuyen considerablemente la distorsión del entorno, que la apertura de zanja convencional. En este sentido, las técnicas de trabajos sin apertura de zanjas presentan mayores ventajas en zonas urbanas que en las zonas rurales no urbanizadas, en las cuales, normalmente, no hay que realizar reposición de pavimentos, en el caso de apertura de zanja. Por esto, existen sitios particulares en que es prácticamente inviable la realización de una rehabilitación o instalación por el sistema tradicional de apertura de zanja; como por ejemplo: el cruce de autopistas o líneas férreas; por lo que se deberá recurrir a las técnicas de instalación o renovación de tuberías sin zanja.

**Fiabilidad de tecnologías:** En vista que, en la mayoría de los casos, se trata de métodos bastante nuevos, no se conoce con exactitud el resultado de la rehabilitación a largo plazo. En cualquier caso se debe intentar estimar el tiempo de vida de la obra a ejecutar.

**Tiempo en la ejecución de la obra:** Por lo general, la rapidez en la ejecución de los trabajos es un factor determinante. Normalmente, en la mayoría de los casos, los sistemas de rehabilitación o renovación sin zanja ofrecen unos plazos de ejecución más cortos, que la rehabilitación convencional, los cuales dependerán del sistema empleado, pero en la mayoría de los casos resulta en un 50% menor con el uso de tecnología moderna.

**Condicionantes técnicos varios:** Cada obra es distinta a otra y cada una presenta sus condicionantes que se deberán valorar adecuadamente como

por ejemplo: existencia de acometidas, derivaciones penetrantes, necesidad de incrementar el diámetro, cumplimiento de los requerimientos sanitarios, etc.

#### 4.2. Tecnologías para la rehabilitación de redes de alcantarillado.

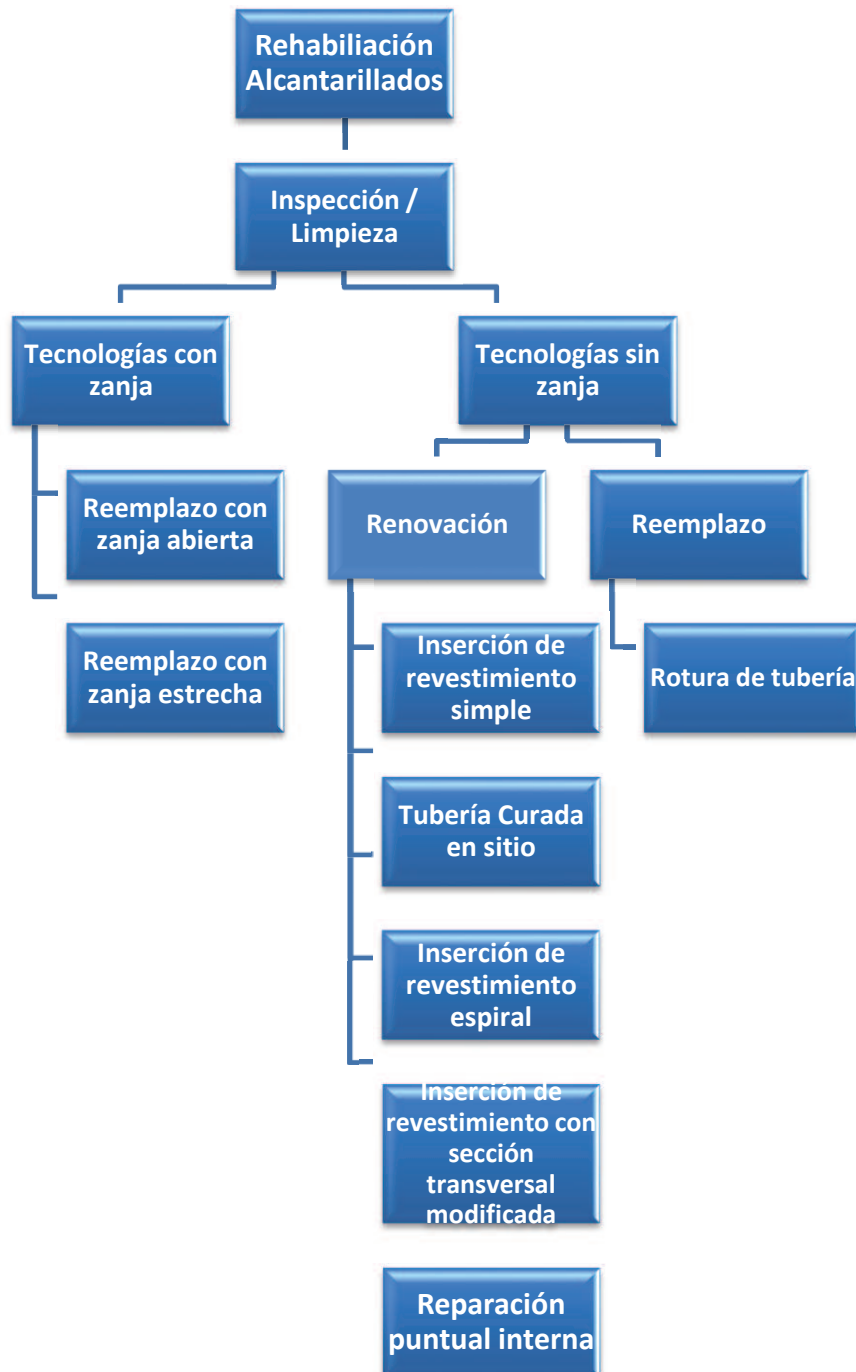


Ilustración 29. SECUENCIA DE LA TECNOLOGIA DE REHABILITACIÓN DE REDES

La rehabilitación de tuberías es la reparación de una tubería que presenta daños, de forma que pueda recuperar las características necesarias para cumplir adecuadamente con su función en condiciones similares a las que poseía antes de presentarse esos daños.

Al construir una red de alcantarillado sanitario, se pueden presentar problemas tales como falta de estanquidad en las uniones entre tubos o en los pozos, fisuras, grietas, roturas e incrustaciones, que pueden obligar a su reparación.

Durante la fase operativa de la tubería, también pueden presentarse circunstancias que dañen los tubos u otros elementos de la tubería, impidiendo que ésta cumpla con su función, siendo necesario proceder a su reparación para recuperar su funcionalidad. (TRENCHLESS INTERNATIONAL, 1997)

Los principales defectos que suelen aparecer en las redes de distribución de agua potable y de alcantarillado son por causa de (ABARME, 2015):

- Roturas de tuberías
- Problemas de capacidad hidráulica
- Fugas y pérdidas de agua
- Hundimientos
- Contaminación del terreno o capa freática con vertidos industriales
- Infiltraciones a la tubería desde el terreno
- Corrosión de las tuberías.

La rehabilitación de las conducciones en nuestro país, comúnmente, se realiza con apertura de zanjas.





Imagen 1. REPARACIÓN DE TUBERIA CON ZANJA

#### 4.2.1. Método tradicional: Apertura de Zanjas.



Imagen 2. EXCAVACIÓN EN ZANJA CON MÁQUINARIA

Es la actividad en la que se excava zanjas dejando los tubos descubiertos, luego se realizan las operaciones de sustitución de los tubos, sellado de juntas, sellado de fisuras, sellado de cámaras o pozos de inspección. Finalmente se rellena y compacta el terreno con las mismas especificaciones de instalación de nuevas instalaciones.



El método de apertura de zanjas es el más usado para reemplazar tuberías. El procedimiento general consiste en excavar una zanja, remover la tubería existente, preparar las condiciones de soporte de la nueva tubería instalar y rellenar la zanja alrededor de la tubería nueva con materiales especificados de acuerdo con un diseño estructural y compactado con los equipos adecuados.

La excavación de tuberías con zanja se divide en zanja abierta y zanja estrecha. La zanja abierta es el sistema tradicional en que se prepara la zanja con taludes o entibados. La zanja estrecha utiliza máquinas con cortadoras o cucharones capaces de controlar el ancho y la profundidad que se desea obtener en la excavación. (EMPRESA DE ENERGIA DE BOGOTA, 2014)

El reemplazo con zanja abierta es aplicable a cualquier rango de diámetros de tuberías. Dependiendo de la maquinaria que se utilice y de la precisión que se requiera en el trabajo se necesita mayor o menor cantidad de mano de obra, la mayoría de esta, es poco calificada. El rendimiento del procedimiento puede variar dependiendo del tipo de suelo en que se trabaje y de la profundidad a lograr, siendo más eficiente la zanja estrecha que la zanja abierta en los casos en que ambas técnicas sean factibles.

Los costos a considerar y que pesan fuertemente con el método tradicional de apertura de zanja son:

- ✓ Corte de pavimento.
- ✓ Excavación
- ✓ Excavación de tierra y botadero

- ✓ Rellenos y transportes
- ✓ Compactación
- ✓ Pavimentación
- ✓ Control de tráfico



Imagen 3. REHABILITACIÓN DE SISTEMA CON ZANJA- METODO TRADICIONAL

Tecnología que no ha cambiado en los últimos 50 años, el nivel de planeación e implementación es básico. Causa alteraciones en la superficie y daños en otros servicios subterráneos. El método tradicional para resolver problemas como fugas, roturas, envejecimiento y corrosión, es construir una tubería paralela adicional, o de reemplazo, a lo largo de toda la tubería existente, lo cual requiere excavación

La reparación, rehabilitación y optimización de redes de acueducto y alcantarillado mediante la excavación de zanjas implica cierre de vías, obstrucción de tráfico, ruido, vibraciones, periodos largos de construcción y cortes de suministro, lo cual se traduce en pérdidas socioeconómicas para el constructor y la comunidad.

#### **4.2.2. Generalidades de Tecnologías sin zanja.**

La tecnología sin zanja no es solo respetuosa con las personas y el medio ambiente, sino que es la solución lógica y económica en el marco actual. Incluye varios métodos para la rehabilitación y nueva instalación de conducciones que evitan en la medida de lo posible las zanjas en la vía pública y acortan los plazos de ejecución.

En ciudades desarrolladas donde la accesibilidad a las conducciones son muy dificultosas por la alta densidad de tránsito de vehículos o peatonal, la existencia de grandes superestructuras o zonas sensibles como cascos históricos, impiden o no se aconseja la excavación o apertura de zanjas.

Para estos casos se han desarrollado tecnologías de instalación o rehabilitación sin la necesidad de ejecutar apertura de zanjas a cielo abierto. Muchos de estos procedimientos de obra, resultan más baratos que los métodos tradicionales de zanja abierta, incluso sin tener en cuenta la reducción de los costos por la disminución del impacto social y medioambiental. (Asociación Ibérica de Tecnologías sin zanja, 2014)

#### **4.2.3. Ventajas de tecnologías sin zanja.**

- Mínima interrupción de tráfico
- Mejora seguridades
- Reduce daño del entorno
- Perturbación mínima a los comercios
- Mejora los rendimientos de construcción
- Puedes accederse de otra manera a zonas inaccesibles

#### **4.2.4. Clasificación de la Rehabilitación sin Zanja.**

Cuando en la inspección y diagnóstico se determina que es factible realizar intervenciones puntuales o parciales, existen métodos para este tipo de daños.

Pero también existen condiciones severas en las que resultarían inservibles e inadecuadas las intervenciones parciales, donde se determina realizar sustituciones o rehabilitaciones integrales de cada tramo del sistema.

##### **4.2.4.1. Rehabilitación Parcial o Puntual.**

Existen varios tipos de intervenciones parciales o puntuales; su uso, dependerá de las características de los daños encontrados y de la cantidad de veces encontrados en el mismo tramo.

Normalmente cuando existe un gran número de daños en la tubería, de características repetidas o no, es más eficiente, la rehabilitación total del tramo y no las intervenciones parciales.

Esta solución es muy útil para cuando se encuentran grietas, filtraciones, separaciones de juntas, en sitios específicos del tramo y que con su aplicación, este queda operativo.

A continuación presentamos un cuadro sinóptico de las diferentes alternativas de soluciones puntuales con las que podemos contar en la actualidad:

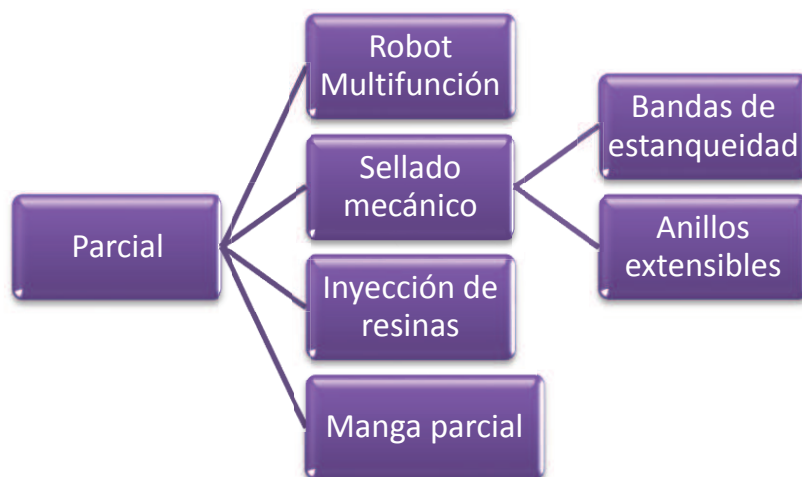


Ilustración 30. TÉCNICA DE REHABILITACIÓN PARCIAL DE TUBERÍAS

#### 4.2.4.2. Rehabilitación Global

La rehabilitación integral o global se utiliza cuando en el tramo se encuentran varias observaciones o daños y que con varias intervenciones puntuales se volvería ineficiente y antieconómico, o simplemente no da una solución técnica apropiada.

Estas técnicas se las ha dividido en dos grupos: las técnicas de renovación y las de sustitución de la tubería.

Dentro de las técnicas de renovación de redes, existen técnicas que aportan estructuralmente a la instalación, cuando la tubería original, está en tal mal estado que se ha perdido su resistencia a los esfuerzos estructurales.

Existen también técnicas en las que se mejoran y superan los problemas de infiltraciones, grietas, raíces, aprovechando al tubo antiguo como soporte estructural a los esfuerzos al que son sometidos.

En estas técnicas de renovación, se aprovecha el espacio formado por el tubo antiguo, por lo que suele disminuir su diámetro útil, aunque mejorando las condiciones de rugosidad, hermeticidad y transporte, lo que suple esta variación en el conducto hidráulico.

Cuando se requiera aumentar el diámetro de la red, ante la demanda actual, existen métodos de sustitución, como el pipe bursting, que permite incrementar un diámetro, aumentando la capacidad de transporte de la nueva tubería.

Estas técnicas de reemplazo o sustitución, destruyen la tubería antigua y aloja la nueva en el espacio dejado por ella, que fue comprimido hacia sus paredes por cabezales y cuchillas que permiten introducir la nueva tubería, normalmente de polietileno de alta densidad.

Así mismo se presenta a continuación una gráfica resumen de las tecnologías existentes para rehabilitación integral o global de tramos completos:

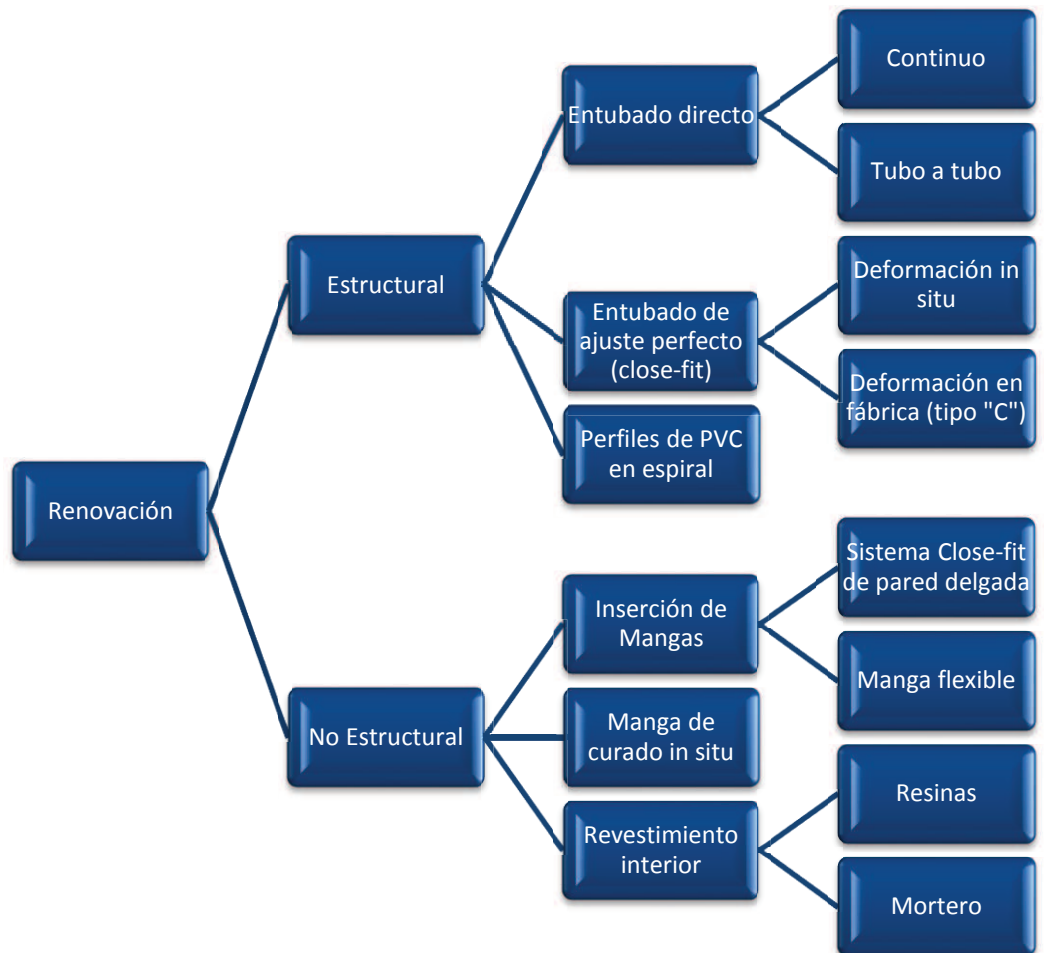


Ilustración 31. TECNICAS Y PROCESOS PARA RENOVACIÓN DE TUBERÍAS

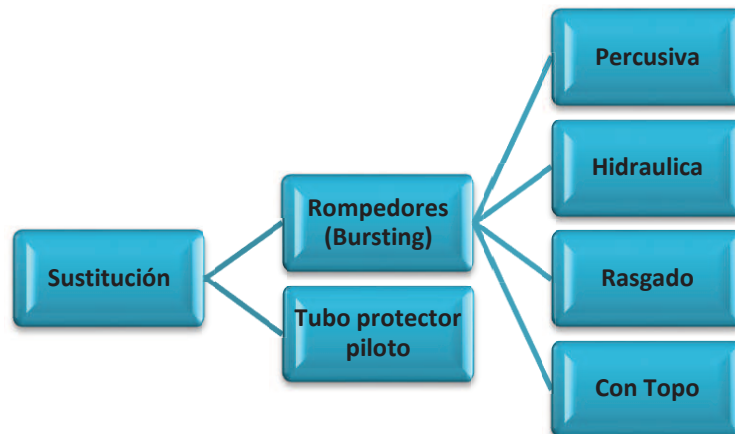


Ilustración 32. Técnicas de Rehabilitación: Renovación y Sustitución.

#### 4.2.5. Descripción de Tecnologías sin Zanja más importantes.

##### 4.2.5.1. Rehabilitación Puntual: Quick Lock

Es una de las tecnologías existentes para la reparación puntual de daños en colectores de alcantarillado. Es un producto para el sellado mecánico estanco y duradero de fugas en tubos y grietas radiales y longitudinales.

El sistema se compone de un manguito de acero inoxidable y una junta de compresión de caucho EPDM y no requiere de elementos químicos en su proceso.

Consiste en, mediante un robot con cámara, un compresor y un empacador ubicado en el daño, inflar el equipo empacador con el compresor hacia la pared de la tubería y el anillo o manguito de acero queda fijo y comprime los empaques de EPDM que hay en cada extremo, no sólo sellando las infiltraciones, sino, dando soporte estructural a la sección reparada. Es una solución para tuberías de 150 a 800mm. La longitud de estos manguitos es de 40cm para los de diámetro hasta 400mm y 50cm para los mayores a 400mm, hasta 800mm. (IST, 2014)

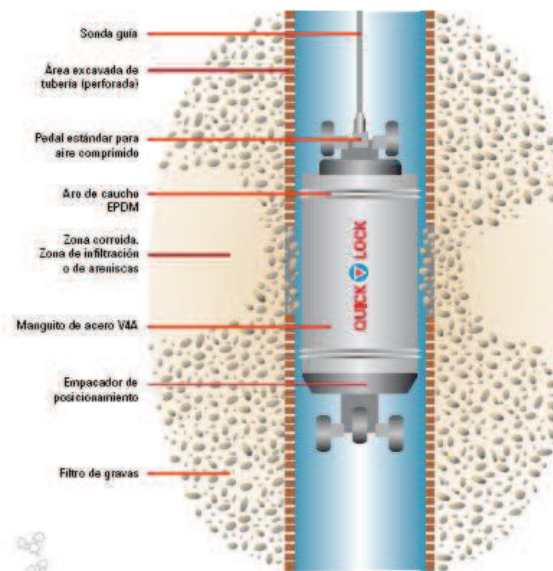
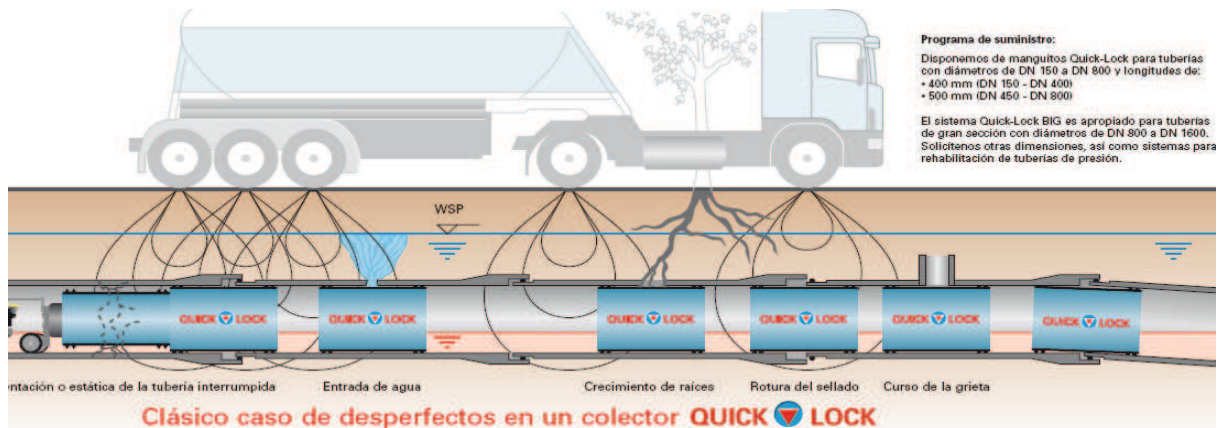


Ilustración 33. TECNICA DE QUICK LOCK-PARA REHABILITACIÓN PARCIAL DE TUBERÍAS.

Para tuberías entre 800 y 1600mm, el sistema difiere un poco. Consta de un manguito dividido en dos partes de acero y la otra parte es el empaque de



EPDM, que pueden insertarse desde cualquier boca de registro, y una vez ubicado, se ajusta con una herramienta hidráulica que comprime el manguito y empaque a la pared de la tubería. Es muy usado para grietas radiales y hendiduras en perfiles circulares.

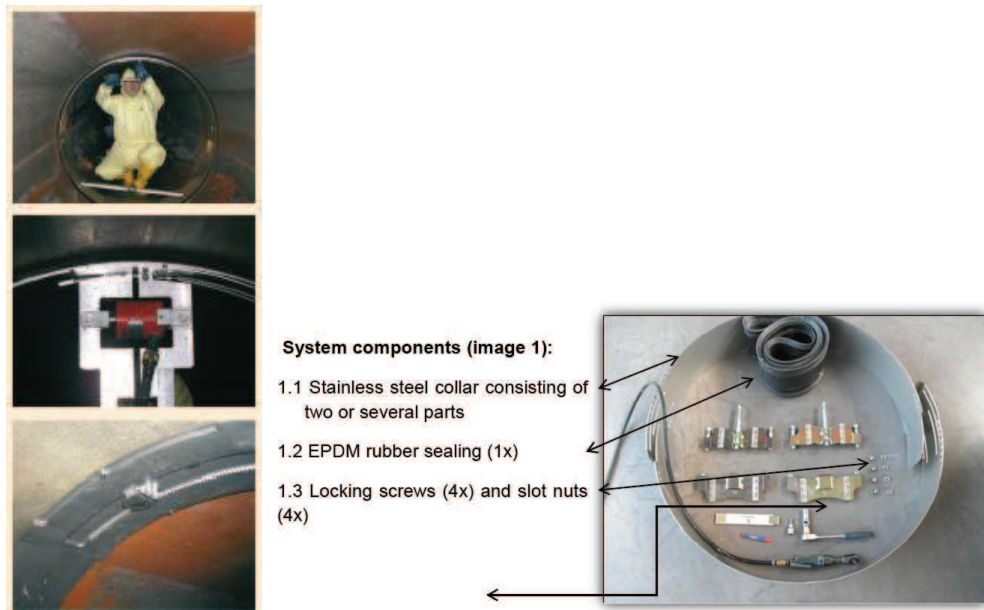


Ilustración 34. REHABILITACIÓN PUNTUAL - MANGA PARCIAL-Fuente: Tec-san catálogos

#### 4.2.5.2. Rehabilitación Puntual: Manga Parcial.

Este proceso permite rehabilitar tuberías entre 50 y 1200mm de manera puntual, utilizando una malla o manga de fibra de vidrio impregnada con resinas a base de silicatos. Permite corregir infiltraciones por juntas entre tubos, así como reparación de grietas o fisuras.



Ilustración 35. TÉCNICA DE MANGA PARCIAL -PACKERS- REHABILITACIÓN

PUNTUAL-Fuente: Tec-san catálogos

El procedimiento consiste en, luego de hacer la inspección con cámara de televisión y con la correcta ubicación y tamaño del problema, se prepara la felpa de fibra de vidrio del tamaño adecuado, se la impregna con la resina, para luego envolver un globo de caucho.

Posteriormente, el globo es introducido en la tubería y ubicado en el daño, para luego ser inflado hasta presionar la felpa contra las paredes de la tubería. Posteriormente se espera el curado y secado de la resina, para luego desinflar el globo y retirarlo, con lo que el tramo de manga o felpa queda adherido al tubo antiguo, sellando o reparando la junta o grietas.

#### 4.2.5.3. Rehabilitación Puntual: Robots Multifunción.

En las labores de mantenimiento de las redes de alcantarillado se observan diversos problemas de obstrucciones, las infiltraciones o ex filtraciones por la falta de estanqueidad, intrusión de raíces, conexiones domiciliarias penetrantes, etc., que requieren una solución de obras sin zanja.

Con los robots de fresado se pueden retirar obstáculos, y hasta raíces, luego preparar la superficie de la tubería, y con los robots de sellado se puede dar estanqueidad a los diferentes elementos dañados como juntas, grietas, roturas o de conexión de acometidas, de existir. (TEC-SAN, 2013)

Los **robots de fresado**, cuentan básicamente con dos tecnologías según su tipo de accionamiento: hidráulico por circuito cerrado de aceite a presión y neumático por circuito abierto de aire a presión.

Los equipos hidráulicos ofrecen mayor potencia y par de trabajo, mientras que los equipos con sistemas neumáticos son más sencillos y flexibles.

Los **robots de sellado** permiten resolver problemas de estanqueidad con inyección localizada de resinas o por instalación de sombreretes en las acometidas o packers.

Los **robots de fresado hidráulico**, gracias a su potencia, tienen la capacidad de trabajar con cualquier tipo de material, incluso con los más duros, como el hormigón. Estos equipos pueden realizar fresado lateral o frontal cambiando sólo la posición del motor del cabezal.



Imagen 4. Robots Multifunción. Fuente: Tec-san catálogos

Los **robots de fresado neumático**, debido a su sencillez y versatilidad, se pueden disponer de equipamientos portátiles o configuraciones para que sean montados en vehículos.



Imagen 5. . Robots de fresado hidráulico y nemático. Fuente: Tec-san catálogos

Los **robots de sellado** disponen de un sistema muy versátil y sirven para la inyección de mortero epoxi, bien ya sea con paletas o soportado con encofrados. Estos equipos utilizan mortero epoxi de dos componentes, que se colocan en un cartucho contenedor del cabezal y se puede inyectar incluso en presencia de agua. Para la reparación puntual de juntas, grietas y pequeñas roturas se utiliza la inyección y el fratasado con las paletas. Para las

reparaciones de conexiones domiciliarias o roturas grandes, se utilizan encofrados.

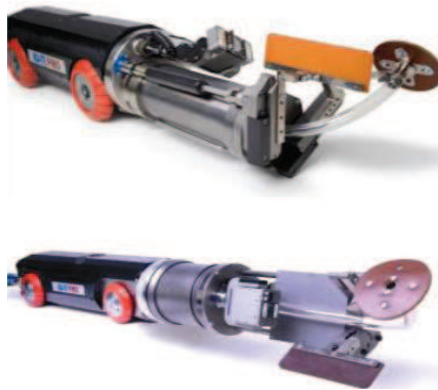


Imagen 6. Robots de sellado de grietas y juntas. Fuente: Tec-san, catálogos.

#### **4.2.5.4. Sustitución o reemplazo de tuberías: Pipe Bursting**

Es el método sin zanja es uno de los métodos más utilizado a nivel mundial para la rehabilitación de tuberías ya que permite renovar las conducciones manteniendo la línea existente evitando el costoso trabajo de la apertura de zanjas y los problemas de seguridad derivados. Esta técnica está muy extendida en Europa, Norteamérica y ahora en Sudamérica.

Esta técnica consiste en fracturar la tubería existente, mediante un cabezal y herramienta de impacto neumático o hidráulico, que compacta los restos del tubo viejo hacia el terreno circundante y de manera simultánea, arrastra con un winche o barras de acero a la nueva tubería, introduciéndola por el espacio dejado por la tubería antigua. En este proceso se pueden introducir tuberías hasta un diámetro nominal superior al existente. (U.S. ARMY CORP OF ENGINEERS, 2001)

Esta metodología es muy usada en tuberías de 80 a 900mm.

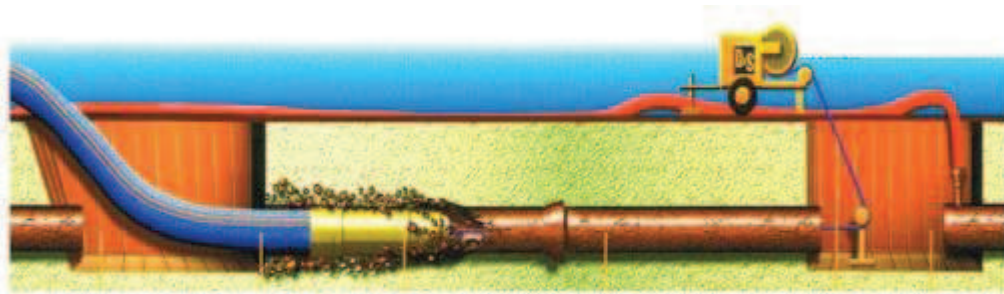


Imagen 7. TECNOLOGIA PIPE BURSTING

Este método se realiza a través de la técnica de halado y/o tirado y se puede clasificar de tipo neumático, hidráulico y estático.

La cabeza neumática utiliza la presión de aire, proporcionada por un compresor, para impulsarla hacia adelante y fracturar la tubería antigua.

La cabeza hidráulica se expande y se cierra secuencialmente, ya que se va halando a través de la tubería vieja que se va fracturando. (GRUNDOMAT, 2014)

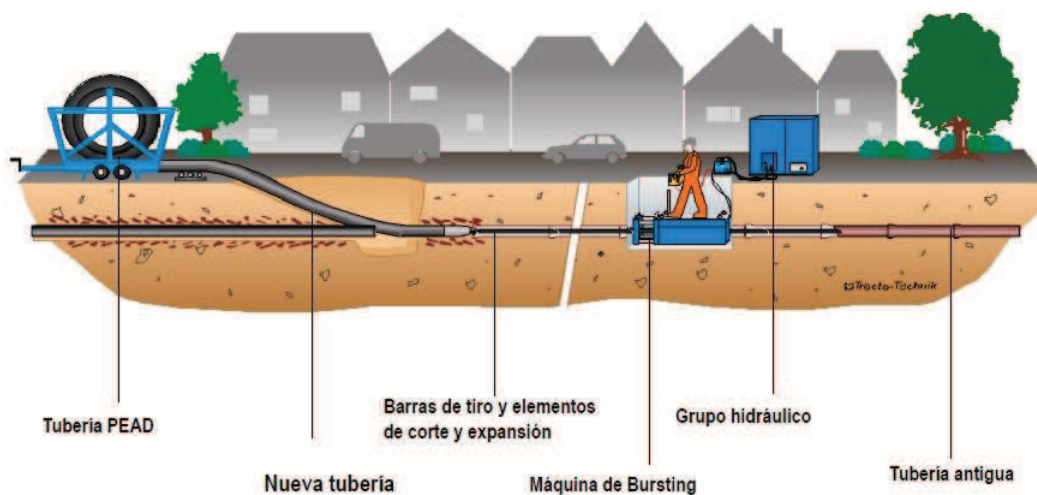


Imagen 8, TECNOLOGÍA Pipe Bursting Hidráulico.

En el sistema estático la cabeza no tiene movimiento, es simplemente halada a través de la tubería. (TT TECHNOLOGIES, INC, 2015)

El **pipe bursting neumático** consiste en un cabezal en forma de cono que es impulsado por aire comprimido a una velocidad de 180 a 580 gpm, la cual se



encarga de formar una pequeña fractura con cada trazo, ocasionando grietas, obteniendo como resultado la ruptura de la vieja tubería. (TT TECHNOLOGIES, INC, 2015)

La acción de percusión de la cabeza rompedora se combina con la tensión del cable, que es insertado a través de la tubería antigua y agarra la parte frontal de la cabeza.



Imagen 9. CABEZA CÓNICA CON CUCHILLA



Imagen 10. BARRAS ROSCADAS PARA HALADO



Imagen 11. Máquina hidráulica de fuerza para halado



Imagen 12. Tubería PEAD lista para halada e instalada



Imagen 13. Fotos reales de instalación de Pipe Bursting.

La presión de aire necesaria para la percusión se suministra desde el compresor de aire a través de la manguera, que es insertada en la nueva tubería y conectada a la parte trasera de la herramienta de ruptura.

El compresor de aire y el cablestante se mantienen en constante presión y tensión respectivamente. La ruptura con este proceso necesita poca intervención del operario.

Los fragmento del tubo provenientes de la fractura son comprimidos en el suelo circundante por el esparcidor.

Este sistema es conveniente para tuberías de fibrocemento, hierro fundido gris, hierro dúctil, PVC, en una gama de diámetros entre 50 y 450mm. La tubería insertada es polietileno de alta densidad o PVC. La longitud típica de instalación por lanzamiento es de 80 a 100m.

En el **pipe bursting hidráulico**, el proceso de rotura avanza desde una calicata de inserción a una de recepción. Entonces, se va halando desde la de recepción en repetidas veces hasta la plena extensión de la tubería existente que se reemplazará. En cada secuencia, una serie de sesiones de



la tubería, que coincide con la longitud de la rotura de la cabeza, es reventada en dos pasos: el primer paso, la cabeza expansora se tira a lo largo de la tubería antigua y luego este cabezal se expande lateralmente y con ello fracturar la tubería vieja.

La cabeza expansora se compone de cuatro o más segmentos interrelacionados, que son bisagras en los extremos y en el medio. Axialmente un pistón hidráulico que está montado es accionado con el motor para la expansión lateral y la contracción del cabezal.

Las máquinas hidráulicas se han diseñado para funcionar en tramos cortos de tuberías y sobretodo en alcantarillado.

Este sistema puede utilizarse conjuntamente con las técnicas de Sliplining, particularmente los sistemas plásticos, que se utilizan con frecuencia para el reemplazo del alcantarillado aumentando el diámetro en tuberías de arcilla, concreto, asbesto cemento entre 50 y 600mm. La nueva tubería puede ser polietileno, polipropileno, PVC o PRFV, en longitudes entre 80 y 100m.

#### **4.2.5.5. Renovación Estructural: Relining / Sliplining**

Consiste en la introducción de tubería nueva dentro de la tubería antigua a sustituir. Se trata de una técnica adecuada para la renovación de conducciones inservibles en ciudades ya que causa mínimos problemas para el tráfico, los residentes de la zona, y reduce sustancialmente la obra civil.

La utilización de esta técnica está limitada a conducciones donde pueda disminuirse el diámetro de la tubería existente.

Consiste en el revestimiento con una longitud continua de tubos insertados dentro de la tubería existente. El revestimiento se posiciona dentro de la tubería defectuosa halándolo a través de ella en segmentos continuos de tubos. Una punta cónica, atada a un malacate, se ajusta en el extremo frontal de la tubería para protegerla y evitar que se tranque. Usualmente se requiere

rellenar con lechada el espacio anular entre la tubería existente y el revestimiento. Después de la inserción del revestimiento y antes de las inyecciones se deben hacer las conexiones laterales.

Los tramos de tubería se pueden juntar previamente para formar el revestimiento continuo o antes de la inserción cuando el espacio para el almacenamiento de la tubería continua sea insuficiente. Las juntas en los tubos se pueden hacer mecánicamente o por termofusión.

Esta técnica se utiliza más en los sistemas a presión por la continuidad de estos sistemas. (López, 2009)

Ventajas:

- Rapidez en la instalación.
- Varios metros de tubería se pueden revestir en una sola operación.
- Los costos pueden ser bastante reducidos en relación con el método convencional de excavaciones a cielo abierto.
- Usualmente proporciona un mejor coeficiente de fricción y un mejor rendimiento hidráulico.
- El revestimiento puede acomodarse a curvaturas de gran radio.
- Las interferencias a los negocios, peatones y automotores de la zona se minimizan.
- Se reduce el daño a tuberías adyacentes.
- Se reducen significativamente los materiales de desecho, su acarreo y su acumulación en botaderos.
- No se requieren equipos muy especializados para realizar la rehabilitación de tuberías, los costos de éstos son relativamente bajos y su rendimiento hace más fácil el trabajo.
- Al no necesitar un equipo dinámico para la instalación de la nueva tubería no genera daños en calles o andenes; además, como la nueva tubería es de menor diámetro que la existente no comprime el suelo circundante.

- El espacio anular que queda entre la tubería vieja y la nueva se puede utilizar para canalizar el agua que proviene de las conexiones laterales hasta el momento en que éstas se reconectan.

Desventajas:

- Reduce la capacidad de la tubería hasta en un 30%.
- Se puede llegar a requerir inyecciones de lechada para llenar espacios anulares. En la práctica, el sistema de la inyección de la lechada es la parte más difícil de esta técnica, pero se debe tener en cuenta que esta lechada es siempre necesaria en el caso de tuberías a gravedad.
- Requiere excavaciones para las conexiones laterales.
- Es necesario excavar una trinchera para la entrada de longitudes continuas de la tubería.
- Durante la instalación se deben hacer desviaciones del flujo.
- No es aconsejable para diámetros pequeños, ya que se reduce en mayor magnitud la capacidad de la tubería.
- Ciertos trabajos de este sistema no son visibles; por lo tanto, se dificulta la inspección durante su construcción.
- En la mayoría de los casos esta técnica se emplea para tuberías circulares.

### **Revestimiento con tubos cortos (Discrete sliplining)**

Esta técnica de renovación de alcantarillados consiste en la instalación de secciones discontinuas de tubería, más cortas que el tramo que se va a renovar, las cuales se unen afuera o adentro de la tubería para formar un revestimiento continuo.

Previa a la instalación se debe limpiar la tubería existente y remover las incrustaciones y raíces. Las unidades individuales de revestimiento se pueden introducir a través de los pozos de inspección existentes o construyendo excavaciones para acceso cuando sea necesario. Generalmente las secciones son circulares pero el método se puede aplicar a otro tipo de

secciones. Las unidades se pueden instalar en diámetros pequeños o en diámetros aptos para el acceso de personal.

En el caso de diámetros pequeños, las unidades se ensamblan dentro del pozo de inspección o la excavación de acceso y se instalan dentro de la tubería existente empujándolas o halándolas. Para el caso de acceso de personal, las uniones se hacen en el sitio, una vez posicionadas las unidades. Generalmente se hacen longitudes cortas de revestimiento y se inyectan los espacios anulares antes de continuar con una próxima sección.

En los métodos de instalación de tubos discontinuos se utiliza una gran variedad de materiales y sistemas de juntas.

#### Ventajas:

- Rapidez en la instalación.
- Se acomoda a curvas de gran radio.
- Se puede utilizar en secciones no circulares.
- No se requiere una gran destreza para su instalación.
- Usualmente proporciona un mejor coeficiente de fricción y un mejor rendimiento hidráulico.
- El rendimiento para la rehabilitación de tuberías es mayor, ya que con esta metodología no es necesario cambiar toda la tubería dañada sino que sólo se refuerzan los tramos que presentan fallas.

#### Desventajas:

- Se requieren inyecciones para los espacios anulares.
- La reducción en la sección transversal puede ser significativa.
- En diámetros pequeños se necesita excavación para las conexiones laterales.
- Se debe hacer desviación del flujo durante la instalación y las reconexiones laterales.
- Para el caso de diámetros donde hay acceso de personal, los requerimientos de seguridad pueden implicar la excavación de pozos adicionales.

- Cuando se utilizan tramos cortos de tuberías se incrementan los costos por las uniones.
- No es aconsejable para diámetros pequeños, ya que la capacidad de la tubería se reduce en mayor magnitud.
- Como existe una reducción de diámetro se debe realizar un análisis de capacidad de flujo.
- Ciertos trabajos de este sistema no son visibles; por lo tanto, se dificulta la inspección durante su construcción.

### **Revestimiento con segmentos de tubo (Segmental sliplining)**

Es una técnica de renovación que utiliza secciones prefabricadas, las cuales se ensamblan manualmente dentro del alcantarillado existente. Generalmente las secciones constan de dos partes que se unen de forma longitudinal y circunferencial y se introducen a través de pozos de inspección existentes o excavaciones de acceso, con ayuda de grúas y malacates. Una vez ubicadas todas las unidades del revestimiento total se procede con inyecciones de los espacios anulares y se hacen las reconexiones laterales.

#### **Ventajas:**

- Esta tecnología se puede utilizar con propósitos estructurales o no estructurales.
- El revestimiento se puede diseñar para que coincida con el diámetro del tubo original, de esta forma se minimiza la pérdida de capacidad.
- Se acomoda a curvaturas de gran radio.
- Se pueden acomodar segmentos no circulares.
- Se facilitan las conexiones laterales.
- No siempre requiere personal altamente calificado.
- Las unidades se pueden instalar en condiciones de humedad.

#### **Desventajas:**

- Existe una intensa labor de juntas, que disminuye los rendimientos.

- Es necesario el desvío por bombeo.
- Es una tecnología que requiere bastante mano de obra, por lo que se aumentan los costos.
- Requiere condiciones de seguridad para el acceso de personal.
- Las reducciones en la sección transversal de la tubería pueden ser significativas.
- Como existe una reducción de diámetro se debe realizar un análisis de capacidad de flujo.
- Ciertos trabajos de este sistema no son visibles; por lo tanto, se dificulta la inspección durante su construcción.

De acuerdo a la norma DIN EN 545 o DIN EN 598, la tubería de fundición dúctil se fracciona mediante empuje o tiro hasta introducirla en la tubería a reemplazar. Como resultado se reduce el diámetro, aunque esta disminución de la capacidad puede ser subsanada por la mejora de la superficie interior del tubo. La baja rugosidad del revestimiento interior de mortero de cemento centrifugado a 50G ofrece muy poca resistencia y por tanto tiene un excelente comportamiento hidráulico.

El uso de PRFV (GRP), PEAD como tubería nueva interior, es una solución factible por su bajo peso. También se usan tuberías de polietileno en diámetros menores y hasta acero en casos específicos. (HOBAS, 2014)









Imagen 14. Relining con PRFV en tubería de gran diámetro.

En la técnica del relining, es imprescindible preparar la tubería antigua con el objetivo de disminuir la fricción en la medida de lo posible. Para ello, se eliminan las incrustaciones de la pared, se cierran las brechas de las tomas y se aplica un lubricante a la superficie interna. Una vez deslizada la nueva tubería, el espacio restante entre ambas tuberías se rellena con material alcalino aislante.

#### **4.2.5.6. Instalación de tubería nueva: Rocket Plough (Lanzamiento de tubería por arado)**

Esta técnica de instalación de nuevas conducciones es indicada para grandes largos de tubería con pocas conexiones. Se trata de una técnica rápida adecuada para zonas con baja densidad de población, pocas infraestructuras y obstáculos a lo largo de la ruta.

Supone un desarrollo basado en una tubería y un cable de arado, utensilios utilizados durante más de 30 años para la instalación de cables y tubos flexibles.



Su uso está indicado para tuberías de fundición de hasta DN 300. Los componentes del proceso son básicamente el vehículo de tracción, cabestrante del cable y un arado, siendo la parte más importante la paleta del mismo. Se conecta al vehículo de tracción mediante un cable de acero. La brecha inicial, que se inclina descendentemente, conduce el tubo hasta la profundidad de instalación apropiada y una vez la alcanza se conecta a la paleta. Durante este proceso la paleta desplaza el material de excavación al terreno circundante gracias a la fuerza de arrastre del cabestrante del cable, creando una cavidad que se rellena de inmediato con el tubo a instalar.

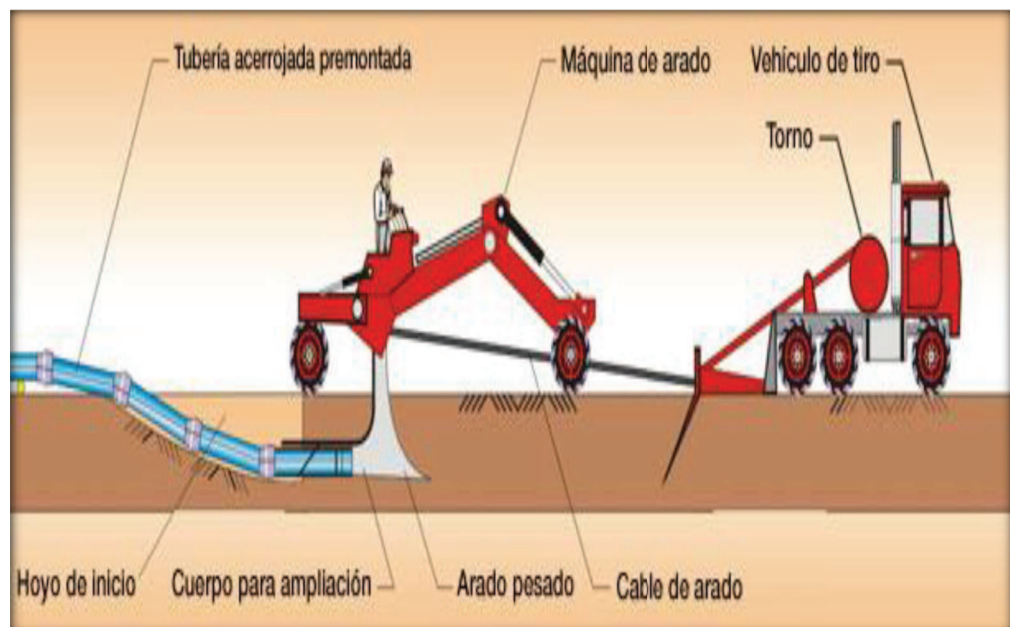


Imagen 15. Instalación de tubería nueva: Rocket Plough (Lanzamiento de tubería por arado)

Este método está especialmente indicado en áreas rurales donde se colocan grandes largos de tubería. A día de hoy, solo se utiliza para la instalación de tuberías a presión.

En la técnica de Rocket Plough, la protección exterior de las tuberías es una cuestión de particular importancia porque la cadena de las tuberías conectadas al gancho habitualmente se entierra en el suelo sin ningún tipo de lubricantes (bentonita o similares).

Dado que generalmente no hay un conocimiento exacto de las condiciones exactas del subsuelo, las tuberías requieren una protección exterior capaz de soportar cargas elevadas e impactos permaneciendo en perfectas condiciones.

#### **4.2.5.7. Renovación Estructural: Rocket Entubado de Ajuste Perfecto (Close-fit).-**

En esta técnica de renovación consiste en la reducción de la sección transversal del revestimiento deformándola temporalmente antes de la inserción dentro del alcantarillado que se va a intervenir. Posteriormente a la inserción el revestimiento se restituye a su forma original, logrando un ajuste perfecto con la tubería existente y minimizando la reducción de la sección transversal de la tubería renovada.

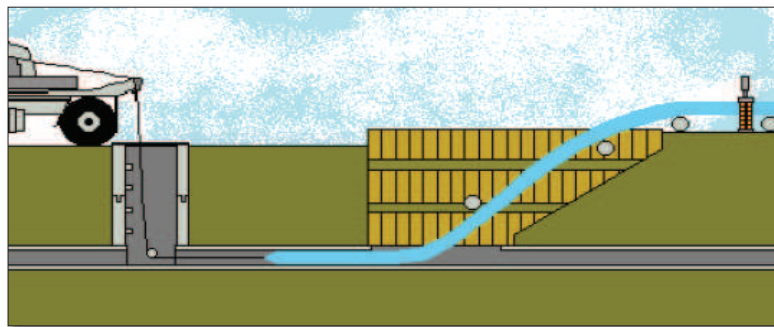


Imagen 16. Técnica Close Fit

Existen varios tipos de métodos de revestimiento modificado, los cuales dependen del tipo de material, de la sección deformada de la tubería y del proceso de revestimiento. Los que están disponibles actualmente son los siguientes:

- Tubería deformada (fold & form).
- Estampado de tuberías Swaged liners.
- Método de Rolldown.

#### Ventajas:

- Ajuste perfecto de la tubería original, sin crear espacios anulares.
- Generalmente no ocurren ondulaciones del revestimiento.
- La reducción de la sección transversal es mínima.
- Mejora el coeficiente de fricción, incrementando la capacidad hidráulica.
- Se pueden insertar tramos de revestimiento estructural.
- Los rendimientos para la rehabilitación de tuberías son mayores, ya que con esta metodología no se necesita cambiar toda la tubería dañada en el momento de la rehabilitación sino que sólo se refuerzan los tramos que presentan fallas.
- Las interferencias en los negocios, peatones y automotores de la zona se minimizan, por la mayor eficiencia de esta metodología y porque al existir zanjas pequeñas de entrada y salida no se obstaculiza el tránsito de clientes hacia los locales comerciales.
- Se reduce el daño a las tuberías adyacentes, ya que éstos suceden principalmente en el proceso de excavación y en esta metodología las excavaciones son mínimas.
- Se reducen significativamente los materiales de desecho, su acarreo y acumulación en los botaderos.
- Es más económico que la metodología con apertura de zanja en cuanto a excavaciones, rellenos, reconstrucción de calzada y andenes y retiro de sobrantes.
- Al no necesitar un equipo dinámico para la instalación de la nueva tubería no genera daños en calles o andenes.
- No hay necesidad de limpiar totalmente el alcantarillado y que esté seco.
- Este método se puede aplicar incluso si existe infiltración.
- No requiere ninguna clase de lechada.

#### Desventajas:

- Esta metodología no sirve cuando existen cambios significativos de alineamiento en la tubería.
- Las conexiones laterales previamente se deben identificar, excavar y desconectar. Un número de conexiones excesivo podría hacer más costoso este método comparado con la excavación.
- Sólo se puede usar en secciones circulares.
- Algunas deformaciones y obstrucciones en la tubería existente pueden impedir la colocación del revestimiento, pero se puede subsanar con limpieza previa.
- Puede presentarse una infiltración entre la tubería nueva y la existente, a menos que se haga un sellado.
- La tubería nueva puede proporcionar un soporte estructural inadecuado.
- Ciertos trabajos de este sistema no son visibles; por lo tanto, se dificulta la inspección durante su construcción.

### **Tuberías deformadas (fold & form)**

Una alternativa para reducir el diámetro del revestimiento antes de insertarlo dentro de la tubería existente es contar con un revestimiento pre deformado. La principal ventaja de este método consiste en que la reducción del diámetro que se logra con su deformación llega en algunos casos hasta el 50%, lo cual significa que la fuerza del malacate para instalar el revestimiento es muy baja. Este técnica se puede aplicar tanto en tuberías a presión como de gravedad.



Imagen 17. Tubería deformada en “U”

Las tuberías se pueden deformar en las fábricas o en el sitio de instalación. Cuando la deformación se hace en fábrica el revestimiento se dobla después de que ha sido extruido, luego se enfría ligeramente y se pasa por una herramienta de reformado; posteriormente, se enfría totalmente para su almacenamiento.

Generalmente el revestimiento queda en forma de “U”. Una vez instalado se le restablece su forma original aplicando vapor a presión, lo cual hace que el calor reblandezca el revestimiento y lo adhiera a las paredes de la tubería original.



Imagen 18. Proceso de recuperación del PEAD en técnica de Close Fit.

Usualmente el material del revestimiento es de polietileno y PVC.

En este proceso el revestimiento se calienta antes de la inserción para hacerlo más flexible, pero antes se le coloca una membrana a prueba de fugas, que se pasa dentro de la tubería para evitar que el calor se transfiera a sus paredes. Una vez esparcido el revestimiento dentro de la membrana, se pasa una herramienta de redondeo para expandirlo. Finalmente, el revestimiento se deja enfriar bajo presión.

Las tuberías nuevas en polietileno que se introducen dentro de la tubería vieja se pueden utilizar como revestimiento estructural o no estructural, tanto en tuberías a presión como en tuberías de gravedad. No obstante, se debe tener

en cuenta que las propiedades del revestimiento en polietileno no son ideales para usarse en tuberías que se encuentren estructuralmente deterioradas o con cargas externas altas. Las tuberías nuevas en PVC son ideales para las tuberías de gravedad.

Cuando se utiliza el revestimiento deformado en el sitio se pasa a través de rodillos reductores para disminuir su diámetro, luego se fuerza a través de una herramienta dobladora que le da una forma de “U” y se mantiene en esa posición amarrado con bandas de polipropileno. Una vez ubicado el revestimiento dentro de la tubería existente se revierte aplicando agua a presión y reventando las bandas para permitir la recuperación de su forma. (APS, 2014)

### **Estampados de tubería (Swaged liners)**

Cuando la técnica involucra la reducción del diámetro de la tubería por calentamiento previo a una temperatura cercana a los 100 grados centígrados, se denomina método swagelining. El revestimiento de polietileno se hala a través de un troquel de acero deformador que lo prensa y le reduce el diámetro. Luego, se introduce en el tubo existente utilizando lubricantes para el desplazamiento cuando se trata del método a temperatura ambiente. El diámetro reducido se mantiene por la tensión aplicada durante el halado.

Una vez colocado el revestimiento en su posición definitiva se retira la tensión y, por relajación, vuelve a su diámetro original.

Esta metodología no es la más comúnmente utilizada para alcantarillados, se emplea más en tuberías a presión como gas y acueducto, con diámetros entre 3 y 36”.

### **Método Rolldown**



En este proceso el diámetro del revestimiento se reduce momentáneamente antes de su inserción dentro de la tubería existente, haciéndolo pasar a través de dos rodillos hemisféricos.

De esta forma se reduce el diámetro del revestimiento en aproximadamente un 10%, incrementando el espesor de sus paredes. Después de que el revestimiento se ubica en el sitio establecido se recupera su diámetro original aplicando en su interior agua fría a presión.

A diferencia de los dos métodos anteriores, en éste la fuerza del malacate solamente se emplea para posicionar el revestimiento, lo cual permite mayor longitud de instalación.



Imagen 19. Máquina para doblado del PEAD en sitio.

En resumen, consiste en la introducción de un tubo de polietileno previamente deformado en la antigua conducción, y que una vez está ya implantado, es devuelto a su forma original.

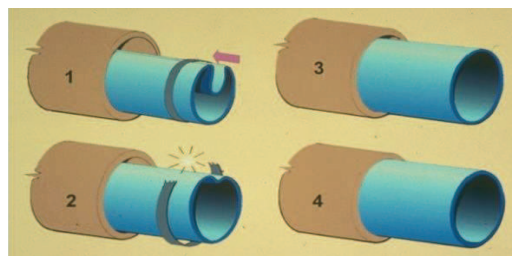


Imagen 20. Proceso de comportamiento del PEAD en Close Fit.

La deformación del nuevo tubo puede conseguirse en la fábrica o in situ, dando dos sistemas bien diferenciados. En fábrica se consigue un tubo con una sección en “C” o “U”, que es expedido en rollos continuos.

La deformación in situ, se consigue haciendo pasar el tubo de polietileno por un equipo dotado de cilindros giratorios o un cono, que reduce su sección por compresión.

Cuando la deformación se ejecuta en fábrica, tiene la ventaja de reducir más su diámetro y la instalación suele ser más rápida; además el tubo viene en rollos con lo que no requiere soldaduras cada cierta longitud. En cambio la deformación in situ, tiene la ventaja de que permite la utilización de tubos estándar de polietileno.

Una vez instalado el tubo, recupera su forma original mediante el calentamiento de la tubería con vapor, gracias a la elasticidad del polietileno.

La unidad de vapor proporciona al aire comprimido y vapor, necesarios durante el proceso de conformado, y el condensador descarga el vapor de agua condensada de forma segura y sin ocasionar problemas ni a la población, ni al tráfico.

Luego se recortan los extremos y se procede a la reconexión de las derivaciones y acometidas. En tuberías a presión la reconexión de derivaciones y acometidas se realiza con zanja, con conexiones termofundidas sobre el tubo de PEAD, recortando una ventana en el tubo antiguo y colocando la derivación en el tubo nuevo.

Otra ventaja con esta metodología es que la reducción del diámetro es mínima, y las condiciones hidráulicas pueden verse igualadas o incluso mejoradas al tener el tubo de PEAD menor rugosidad interna.





Imagen 21. Proceso de rehabilitación de redes mediante Close Fit.

Se usa esta tecnología como rehabilitación estructural en conducciones de agua potable o alcantarillado.

#### **4.2.5.8. Renovación Estructural: Spiral Wound Lining (Revestimiento de tuberías en Espiral)**

Con este método, el revestimiento se produce in situ mediante el enrollamiento de una tira de perfil sin fin a través del árbol de inspección para formar un tubo. El revestimiento de tuberías en espiral fue desarrollado en 1978 bajo el nombre SPIREX y comercializados por primera vez bajo el nombre de Rib Loc en Australia en 1979.

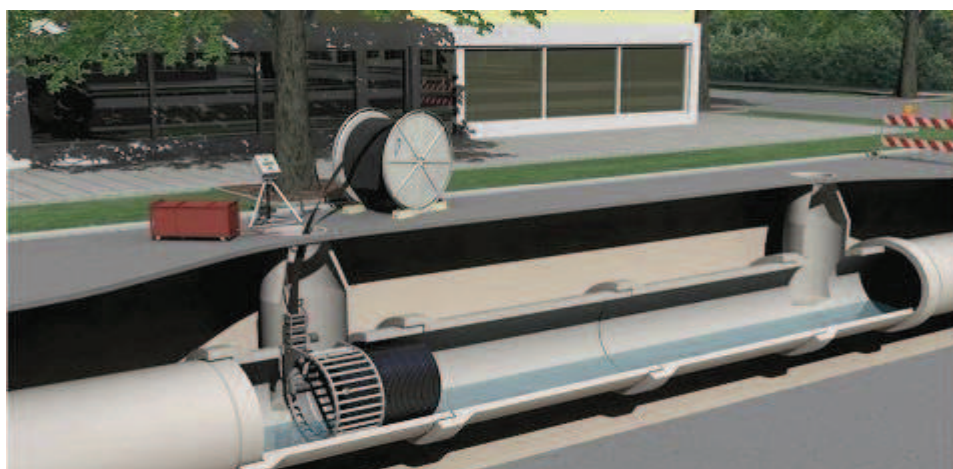


Imagen 22. Instalación de bandas de PEAD o PVC -SPR



Imagen 23. Relleno con mortero en espacio entre tubo viejo y nuevo.

El tubo en espiral herido nuevo es producido por una máquina de devanado, que se coloca en el eje y, dependiendo del proceso utilizado, ya sea empuja a la creciente espiral en tubo o tira de ella a través de la tubería o estructura. Esta solución técnica se hace posible por el diseño de la tira de perfil, los devanados de los cuales tienen fricción y bloqueo positivo de lengüeta y ranura. En casos especiales el bloqueo tongue-and-ranura se sustituye por una junta soldada.

Estructurales y de proceso características de ingeniería que distinguen las diferentes versiones de revestimiento de tubería enrollada en espiral en la tubería de alcantarillado:

- Instalación sin zanja
- Reducción mínima de la sección transversal del tubo
- Especial para todas las condiciones de carga estática
- Mecánica, química y resistencia térmica a las aguas residuales previsto
- Misma vida útil y tiempo de funcionamiento como un tubo nuevo
- Rápida conclusión de la obra sin molestar a las operaciones sobre el terreno

La puesta a disposición en espiral de tubo tecnologías es ideal para las dimensiones limitadas de las estructuras a ser rehabilitadas. Por debajo de una cierta dimensión - aprox. DN 800 - incluso forros CIPP son difíciles de encajar a través de las estructuras de eje. En la mayoría de los casos, el eje de cono se retira a continuación o en el trabajo se realiza utilizando una zanja de la instalación.

Estas zanjadas son el procedimiento normal para el revestimiento de secciones cortas de tubería en los tamaños nominales lo suficientemente grandes como para permitir el paso de personas.

La tira de perfil sin fin para una tubería spiralwound, por otra parte, siempre se ajusta a través del eje de inspección, con independencia del tamaño de la estructura. Así que, finalmente, enrollada en espiral tecnología de tubo es la solución de rehabilitación más mínimamente invasiva en el mercado.



Imagen 24. SPR en el proceso de bobinado

#### **4.2.5.8.1. Formas de revestimiento de tuberías en espiral**

El "antepasado tecnológico": de todos los procesos de tubo enrollado en espiral, este es un sistema desarrollado en Australia en 1978, en el que se



enrolla una tira de perfil de PVC con doble tongueand-ranura de bloqueo de una máquina de devanado estacionario situado en el eje para formar un revestimiento con un diámetro fijo en la tubería vieja. De esta forma original, varias técnicas prácticas han evolucionado a lo largo de los años, que ahora se comercializan casi exclusivamente por el Grupo SPR y desplegado por las filiales KMG y Rabmer en Europa, Heitkamp en los EE.UU., así como socios con licencia en Asia. Con su tecnología SPR™ la SPR (SEKISUI Pipe Rehabilitación) Grupo se ha hecho una importante contribución al desarrollo de revestimiento de tuberías en espiral. (SEKISUI/FOREVERPIPE, 2014)

	SPR™ PE	SPR™ EX	SPR™ RO	SPR™
				
<b>Diameter</b>	900 mm to 3.000 mm	150 mm to 800 mm	800 mm to 1.800 mm	1.000 mm to 5.500 mm
<b>Material</b>	HDPE	PVC-U	PVC-U	PVC-U
<b>Host pipe shape</b>	Circular	Circular	Circular	Circular, Egg-, Box-Shape etc.

	SPR™ PE	SPR™ EX	SPR™ RO	SPR™
				
<b>Diameter</b>	900 mm to 3.000 mm	150 mm to 800 mm	800 mm to 1.800 mm	1.000 mm to 5.500 mm
<b>Material</b>	HDPE	PVC-U	PVC-U	PVC-U
<b>Host pipe shape</b>	Circular	Circular	Circular	Circular, Egg-, Box-Shape etc.
<b>Winding-machine</b>	Fixed	Fixed	Self running	Self running

Tabla 9. SPR Distintas técnicas y perfiles para armar la tubería.

#### 4.2.5.8.2. SPR™ EX (expanda)

Debido a la demanda ocasional para un revestimiento flexible que puede adaptarse a diferentes diámetros nominales de la tubería vieja, SEKISUI Rib

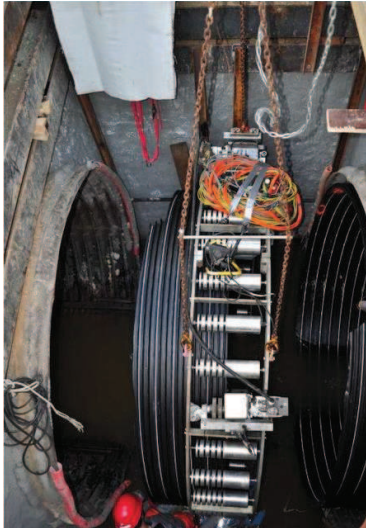
Loc desarrollado otro tipo que está actualmente en uso como SPR <sup>TM</sup> EX. Como el nombre original lo indica, esta tubería espiral es capaz de expansión. Se emplea PVC, pero esta vez la tira de perfil tiene doble lengüeta y ranura de bloqueo. Una de las dos cerraduras - el bloqueo primario - puede deslizarse, mientras que el bloqueo secundario está unido durante el proceso de bobinado. El perfil incorpora un hilo de corte, que se enrolla también. El SPR <sup>TM</sup> revestimiento EX está subdimensionado cuando la herida - desde el eje de arranque, como de costumbre - en el tubo. Cuando el eje del objetivo es alcanzado, el alambre de corte se tira. Esto reduce progresivamente la cerradura secundaria unida a lo largo de toda su longitud, con lo que "desbloquea" la misma. Cuando el revestimiento se fija en su lugar en el extremo del eje y la herida perfil del eje de arranque, el revestimiento se desliza en el bloqueo primario y se expande radialmente hasta que se apoya contra la pared de la tubería como un ajuste estrecho. Las pequeñas diferencias de dimensiones también pueden ser más comunes por este método. SPR EX <sup>TM</sup> se utiliza en perfiles circulares en el rango DN 200 a DN 750.

#### **4.2.5.8.3. SPR <sup>TM</sup> RO (ROTALOC)**

Con SPR <sup>TM</sup> RO (conocida en el mercado como el método ROTALOC), un revestimiento que se produce a partir de una tira de perfil de PVC. La técnica se puede utilizar actualmente en perfiles circulares DN 800 a DN 1800 y el material utilizado para la tubería vieja es irrelevante. El propio sistema se basa en un perfil sin fin PVC reforzado por las barras en T, con bloqueo único perfil de lengüeta y ranura, que garantiza el bloqueo de fricción duradera del sistema en los devanados. En el método SPR <sup>TM</sup> RO, la máquina de devanado se autopropulsadas y enrolla el revestimiento en la alcantarilla como un ajuste apretado hasta que alcanza el extremo del eje. La tira de perfil se alimenta continuamente desde una bobina en la superficie y se procesa en la máquina de devanado.

#### **4.2.5.8.4. SPR <sup>TM</sup> PE (RIBLINE)**

El SPR <sup>TM</sup> PE (RIBLINE) sistema utiliza diferentes materiales y un proceso diferente. Aquí, la tira de perfil transformado no consta de PVC, pero de HDPE, que está reforzado con bandas de acero completamente encapsuladas.



**Ilustración 36. SPR <sup>TM</sup> PE (RIBLINE)**

El perfil no está unido a través de lengüeta y ranura de bloqueo, pero de soldadura continua por una máquina de soldadura de extrusión conectada a la máquina de bobinado. En este caso, la unidad de arrollamiento está parado en el eje y el revestimiento resultante se alimenta y se enrolla en la alcantarilla por delante de él. El espacio anular está sellado con el fin de estabilizar la posición de la camisa. Como SPR <sup>TM</sup> PE actualmente se puede utilizar para tamaños de hasta DN 3000, en algunos casos, también utilizando los ejes estándar, en este

intervalo de diámetro del sistema es una técnica virtualmente incomparable rehabilitación sin zanjas en muchos campos de aplicación.

#### **4.2.5.8.5. Espiral de cuerda en perfiles especiales: el método SPR <sup>TM</sup>**

Un paso en la evolución de la tecnología de tubo en espiral era el desarrollo del proceso de SPR <sup>TM</sup> por el Sekisui Chemical Co. Ltd. La diferencia fundamental entre este método y el proceso australiano original es que SPR <sup>TM</sup> tuberías permisos de cualquier geometría a ser herida - hasta un diámetro nominal de DN 5500. El material utilizado en el proceso de SPR <sup>TM</sup> es PVC, con lo cual se integra un perfil de acero en forma de W en la tira de perfil a efectos de refuerzo. Aquí, como con SPR <sup>TM</sup> RO (ROTALOC), el marco de bobinado no es estacionaria en el eje, pero se mueve a través de la estructura antes del revestimiento. Así, con SPR <sup>TM</sup> no se produce fricción entre el forro y la pared de la tubería. Como resultado, los tubos de considerable longitud

se pueden enrollar desde un punto de acceso único. El único factor restringir la longitud es el relleno del espacio anular.

La capacidad estática del sistema de SPR <sup>TM</sup>, sin embargo, no depende únicamente de la tubería enrollada en espiral. Se instala a propósito con una cantidad definida con precisión de tamaño inferior y exactamente centrado cuando se asegura en el alcantarillado. Finalmente, un sistema de separadores asegura que el espacio anular requerida es uniforme. El espacio anular intencional producida se llena sección por sección con flujo rápido, de fraguado rápido mortero especial durante el proceso de bobinado. El revestimiento de SPR <sup>TM</sup> por lo tanto actúa como una concha, por así decirlo, por una pared mineral nuevo para la estructura - y su fuerza sólo dicta los datos de rendimiento estáticas de todo el sistema! La nueva pared también está permanentemente separado de las aguas residuales por el revestimiento de PVC, que permanece en la red de alcantarillado. Un revestimiento SPR <sup>TM</sup> elimina los requisitos para los ataques de ácido sulfúrico sobre desprotegidos, con plazos superficies de cemento, que por lo tanto, claramente distingue a esta opción desde los métodos tradicionales de rehabilitación estructural, tales como revestimientos de mortero o jetcrete.

Como un eje de inspección estándar es suficiente como acceso para la tira de bobinado y el perfil de marco, SPR <sup>TM</sup> a menudo resulta ser la solución para la rehabilitación sólo problemáticos estructuras de perfiles de grandes con accesibilidad extremadamente pobres - especialmente en los casos en una zanja no es absolutamente una opción. Una ventaja adicional es que se dobla también puede lograrse con SPR revestimientos <sup>TM</sup>. Este es apto para el hecho de que los sistemas históricos central de aguas residuales en las ciudades no fueron construidos siempre en línea recta desde un eje a otro, se dobla siendo muy frecuente.



	SPR™ PE	SPR™ EX	SPR™ RO	SPR™
				
<b>Diameter</b>	900 mm to 3.000 mm	150 mm to 800 mm	800 mm to 1.800 mm	1.000 mm to 5.500 mm
<b>Material</b>	HDPE	PVC-U	PVC-U	PVC-U
<b>Host pipe shape</b>	Circular	Circular	Circular	Circular, Egg-, Box-Shape etc.
<b>Winding-machine</b>	Fixed	Fixed	Self running	Self running
<b>Annulus?</b>	Yes	Close Fit	Close Fit	Yes
<b>Strength</b>	Profile/Steel	Profile	Profile	Profile/High Performance Grout

Tabla 10. SPR Uso por diámetro y características.

#### Ventajas:

- En una operación rápida se pueden instalar grandes longitudes.
- Se acomoda a curvaturas de gran radio.
- Suministra soporte estructural.
- Se acomoda a cambios de diámetro.

#### Desventajas:

- Sólo se pueden tratar secciones circulares.
- Se requiere personal calificado para manejar el equipo de enrollado.
- Puede requerir excavaciones para conexiones laterales.
- La reducción en la capacidad hidráulica puede ser significativa.
- Requiere bombeo.

#### 4.2.5.9. Renovación Estructural: Swagelining

El proceso Swagelining es un desarrollo británico y está protegido por una patente. El término "estampar" significa: "trabajar en un dado".

En contraste con el proceso roldown, la reducción temporal del diámetro se lleva a cabo térmica y mecánicamente en un molde. Este consiste sustancialmente en una cámara de cocción, una sección de calentamiento y la placa de troquel.

El aire se calienta a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  en la cámara de cocción de gas de combustión y se sopla en la sección de calentamiento conectado a él. Mientras que la cadena de HD-PE tubería continua pasa a través de la sección de calentamiento se calienta a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Por medio de un torno, y bajo una tensión constante (que corresponde a un esfuerzo máximo de  $8\text{ N/mm}^2$ ), el tubo ablandado es arrastrado a través de la matriz en forma de cono, el modo -llamado "plataforma", y por tanto está sujeto a una reducción en el diámetro de aprox. 10% y un aumento en el grosor de la pared.

Superior a la tensión de tracción admisible puede conducir a una reducción del espesor de pared o el rasgado del revestimiento. Si la fuerza de tracción requerida es insuficiente o, por ejemplo, si el cable del torno broches de presión, entonces puede ocurrir que la reversión puede prevenir la inserción de la tubería continua o a su interferencia en la red de alcantarillado.

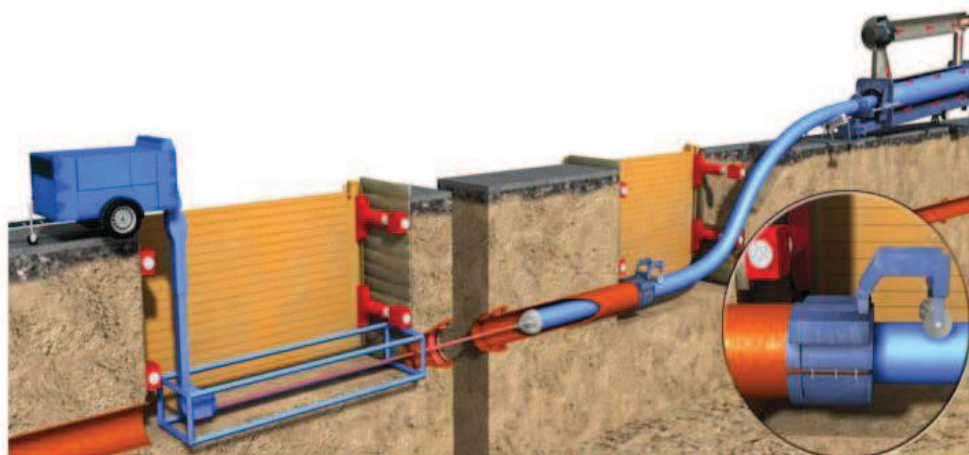


Imagen 25. . Método Swagelining.

Este proceso no ocurre de inmediato, pero después de unas 5 horas. Durante este tiempo el proceso de inserción se pueden continuar o medidas de emergencia puede ser instituida como la reparación del cable del torno.

Si la velocidad de tracción es demasiado alta, a menudo acompañada por exceder la tensión de tracción, el engrosamiento de la pared de la tubería sale de la matriz no tiene lugar durante la reducción del diámetro. Los resultados de este puede ser:

- Reducción del espesor de HD-PE pared de la tubería en el estado final;
- La reversión deseada hasta el contacto con la pared interior de la red de alcantarillado no está garantizada.

De 20 a 24 horas después de la terminación de la inserción y la liberación de la fuerza de tracción, la tubería continua vuelve a su tamaño original, debido a la condición de estrés causado por la deformación por calor, y prensas de sí mismo, sin necesidad de medidas que ayudan, firmemente contra el interior pared de la cloaca para ser rehabilitados

#### **4.2.5.10. Renovación No Estructural: CIPP (Cured in Place Pipe) – Tubería polimerizada en sitio.**

Para las rehabilitaciones puntuales con mangas parciales se utilizan los mismos principios utilizados para las reparaciones lineales de tuberías sin excavación, adaptando los métodos de aplicación y las longitudes de las mangas.

El CIPP es una tubería polimerizada in situ, ideal para la rehabilitación de canalizaciones de aguas residuales y canalizaciones de proceso, que puede ser utilizada tanto para las tuberías principales como para las secundarias.

Estos tubos flexibles de fibra de poliéster resistente al ácido están impregnados en resina. Los tubos se tratan a medida en los talleres en varias longitudes y en dimensiones variables de 50 a 2000 mm. con un grosor de 3 a 50 mm, según los requisitos.

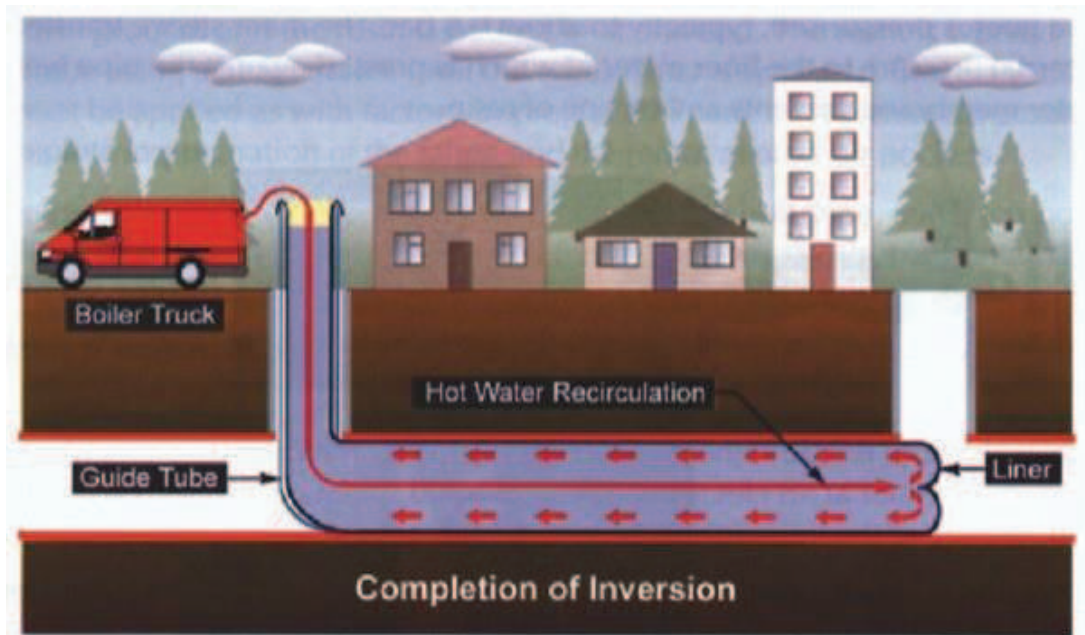


Ilustración 37. CIPP (Cured in Place Pipe) – Tubería polimerizada en sitio, Fuente: PAVCO, 2010



Imagen 26 Técnica sin Zanja CIPP.

El método de C.I.P.P. consiste en la inserción de una manga al interior del colector, previamente impregnada de una resina (epoxica/ poliéster), que cuenta con las mismas dimensiones del colector a renovar.

Una vez acabado el revestimiento del colector por medio de la manga, ésta se polimeriza por medio del calentamiento del agua en el interior de la manga por medio de una caldera exterior. Esta polimerización, permite obtener un

nuevo tubo estructural de excelentes características mecánicas y de notable resistencia a los agentes químicos. Para que esta renovación sea factible, se requiere que el colector a renovar se encuentre seco, por lo cual todos los aportes al tramo a renovar deberán ser desviados ya sea por by-pass superficial o mediante otro método y las uniones domiciliarias deberán ser tapados durante el tiempo que dura la inserción de la manga y el proceso de polimerización.

El procedimiento de CIPP tiene 4 pasos principales en los cuales hay varias actividades que se desarrollan en cada uno de estos.

La inspección de la tubería existente es una etapa vital para determinar la solución adecuada a la problemática presentada, ya que a través de ésta se debe determinar la capacidad estructural de la tubería existente, fisuras, fugas, estado del material y vida remanente.

La inspección se realiza con cámaras de última tecnología que nos permiten detallar los problemas existentes.

Una vez que se tiene un diagnóstico, los factores que se tienen en cuenta para el diseño de la renovación dependen básicamente de la solución estructural que requiera la tubería a renovar, este cálculo se realiza de acuerdo a la norma técnica ASTM F 1216-03; y en lo que refiere a las características de servicio serán superiores a los de la tubería antigua.

Para garantizar una correcta instalación del sistema sin zanja, se deben llevar a cabo algunas labores previas:

- Limpieza manual: dependiendo del tiempo de servicio de la tubería existente es conveniente realizar una limpieza manual para poder retirar residuos de materiales que presenten sobre tamaño, terrones de concreto producto de reparaciones antiguas y todo aquello que no sea posible retirar con un hidrosuccionador.

- Lavado de tubería: luego de la limpieza manual se realiza un lavado con un equipo Vactor para retirar todos los materiales finos remanentes en la tubería, es importante resaltar que el lavado debe ejecutarse de una forma tal que la tubería quede libre de sedimentos o biopelícula, esto garantizará una exitosa aplicación de la tecnología.
- Inspección: Esta inspección se realiza inmediatamente después de la limpieza y es el paso previo a la instalación; su finalidad es revisar que la limpieza sea óptima y que todas las observaciones realizadas en la inspección inicial se encuentren corregidas, así como también tiene la finalidad de dejar una evidencia previa a la instalación. En caso de observar algo que no permita una correcta instalación, se requerirá ser corregido. Cabe resaltar que el proceso siguiente se inicia únicamente si la persona encargada de la inspección considera que la tubería se encuentra lista para la instalación.

La instalación se realiza en dos fases:

### **Fase 1: Impregnación**

Esta fase comienza con el vertimiento de la resina epóxica dentro de la línea textil, posteriormente se esparce dentro las capas interiores de la línea, con el equipo de impregnación (compuesto por dos rodillos que controlan la calidad y grado de homogenización de la resina).

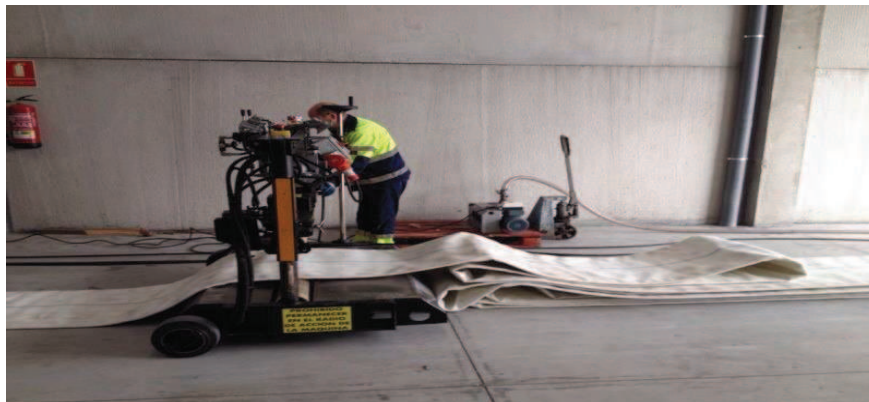


Imagen 27. Impregnación de mangas con resina. CIPP



Preparación del equipo de reversado y curado, una vez la línea se encuentra impregnada se procede a la inserción de ésta dentro del equipo de reversado y curado.

## **Fase 2: Instalación y Curado**

En esta fase se inserta la línea dentro de la tubería a renovar, a continuación se listan los pasos de este proceso:



Imagen 28. Instalación y Curado – Caldera de Agua Caliente/ Vapor. CIPP

**Inserción:** Este procedimiento se inicia, con la inyección de aire comprimido a una presión de 0.5 bar dentro de la línea textil, la cual a su vez se va instalando dentro de la tubería existente hasta llegar al segundo pozo de inspección del tramo a rehabilitar.

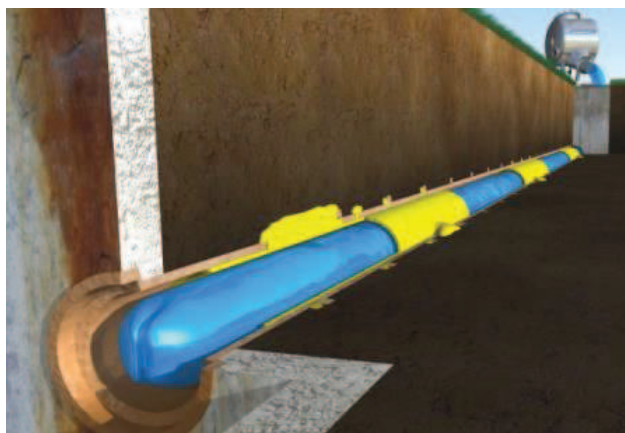


Imagen 29. Inserción de manga impregnada con resina en tubería. CIPP



**Curado:** Cuando la línea textil impregnada está instalada dentro de la tubería existente el equipo de reversión y curado genera vapor de agua a una temperatura promedio de 80°C, dando inicio al proceso de curado, el cual se prolonga por seis (6) horas, tiempo en el cual este vapor de agua reacciona la resina, endureciéndola.

En la actualidad, existen resinas que pueden curarse con rayos ultravioleta, lo que reduce considerablemente estos tiempos de curado.

Después de terminado el tiempo de curado se suministra aire a presión para refrigerar la tubería; este procedimiento dura aproximadamente una (1) hora. En el momento que finaliza la refrigeración la resina junto con la línea forman una tubería nueva dentro de la existente con la condición de carga y presión previamente diseñada.

Corte: en este proceso se retiran los extremos de la línea para que ésta pueda quedar en servicio.

Por último la sección de la tubería reparada es inspeccionada y documentada con una cámara de circuito cerrado de televisión. La prueba de estanqueidad se efectuara de conformidad con la norma EN-1610.

El tubo resultante en el sistema de tuberías forma una unidad integral con la tubería existente y responde plenamente a los requerimientos hidráulicos.

El CIPP permite rehabilitar varios cientos de metros de canalizaciones a lo largo de un día sin realizar ninguna excavación. El CIPP en algunos casos puede diseñarse como un revestimiento totalmente estructural.

Dentro de las ventajas de este método podemos indicar que:

- Puede corregir los pequeños y variados defectos existentes en todo el tramo.

- Es factible trabajar con pequeños flujos de infiltración en la tubería.
- Es un proceso eficaz, si se realiza con personal calificado.

Dentro de las limitaciones del CIPP, podemos indicar:

- Es factible utilizar este método hasta tuberías 1000mm y hasta 150 m de longitud. Mayores a estos diámetros son intervenciones muy complejas, caras y se han ejecutado de manera excepcional en el mundo.
- Es muy difícil verificar la calidad del proceso.
- Es utilizada básicamente para conductos circulares.
- Puede incrustarse resina en acometidas domiciliarias, aunque en Guayaquil, los tramos de colectores van libres, sin conexiones en su cuerpo.

#### **4.2.6. Deficiencias en métodos sin zanja.**

El sistema de tecnología sin zanja puede presentar algunos inconvenientes como limitación para intervenir tubería con diámetros grandes, rehabilitar trayectos extensos y una pequeña disminución de la capacidad hidráulica en el colector debido al recubrimiento de la resina.

De igual manera, el sistema ante suelos muy duros o cuando las tuberías presentan colapsos en su trayecto, requieren realizar una excavación en el punto afectado para solucionar el problema, hecho que puede demorar el proceso o elevar los costos. (PAVCO, 2010)

## **CAPÍTULO 5.**

### **5. DEFINICIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR “URDESA”**

#### **5.1. Análisis de la información disponible recogida.**

En el proceso de recolección de información, se pudo obtener datos técnico-comerciales que sirvieron para el análisis, conforme a la metodología planteada en este trabajo monográfico, así como también se realizaron inspecciones donde se determinó el estado de las tapas, cámaras de inspección y confirmación de diámetros, longitudes y cotas de vía y cotas de invert, superficies de las vías, etc.

Siguiendo con la metodología propuesta en los capítulos 3 y 4, se realiza:

El Análisis de la capacidad Hidráulica, para verificar si los diámetros y pendientes existentes satisfacen la demanda de estos sectores escogidos de Urdesa.

El Análisis Estructural, donde presentaremos la inspección, resúmenes de daños y diagnóstico de la red.

El Análisis medio ambiental, donde se evaluará la conveniencia de utilizar los métodos sin zanja, tomando en cuenta la situación y características socio-económicas y ambientales de la población. Este último será desarrollo, de manera específica, en el capítulo 8 de este trabajo monográfico. (INVESTIGACION, 2014)

#### **5.1.1. Evaluación Hidráulica del sistema de alcantarillado.**

El objetivo del análisis hidráulico, es el demostrar que el sistema actual es capaz de transportar los caudales de aguas servidas reales, verificando que los diámetros existentes tienen la suficiente capacidad hidráulica o ver la necesidad de aumento o no de esos diámetros.

Para este fin, se obtuvo la siguiente información:

- Catastro de red de alcantarillado sanitario, donde nos indican la configuración de la red, longitudes, diámetros y algunos pocos datos topográficos (cotas), que se tuvo que complementar para el desarrollo de este trabajo.
- Consumos de agua potable reales de los sectores hidráulicos donde se implanta el proyecto.
- Número de cuentas de agua potable y población.

Considerando que el análisis se realiza a un sistema existente y en operación, se ha partido de datos estadísticos que tiene la empresa Interagua C. Ltda., en estos sectores que se denominarán 1 y 2, en Urdesa.

El proyecto se encuentra dentro del macrosector hidráulico de agua potable NTC (Norte Tres Cerritos) y específicamente los sectores hidráulicos NTC-508, NTC-509, NTC-510, NTC-440 y NTC-442; del cual, se recupera la información registrada en el siguiente cuadro:

SECTOR HIDRAULICO	SECTOR ID TESIS	ÁREA (Há)	No. CUENTAS	CONSUMO REAL DE AAPP (m3/mes) Febrero 2011	CONSUMO REAL AAPP (m3/cuenta/mes)	CONSUMO REAL AAPP (m3/cuenta/día)	Consumo AAPP (lt/hab/día)	Población (hab)	Densidad Poblacional (hab/Há)	
NTC-	509	1	27,3	677	22521	33,27	1,19	237,61	3385	123,99
NTC-	510	1	20,6	504	16233	32,21	1,15	230,06	2520	122,33
NTC-	440	2	21,1	464	16609	35,80	1,28	255,68	2320	109,95
NTC-	442	2	37,5	772	25302	32,77	1,17	234,10	3860	102,93
NTC-	508	2	14,5	283	12144	42,91	1,53	306,51	1415	97,59
	<b>TOTAL</b>		<b>121</b>	<b>2700</b>	<b>92809</b>	<b>34,37</b>	<b>1,23</b>	<b>245,53</b>	<b>13500</b>	<b>111,57</b>

Tabla 11. CONSUMO DE AAPP POR SECTOR HIDRÁULICO, FUENTE INTERAGUA

Partiendo de la información mencionada se resume que los parámetros para ingresar como entrada al simulador hidráulico Sewercad son:

Dotación = 245, 53 l/hab/día

Densidad Poblacional = 111, 57 hab/has

Población= 13.500 hab.

Caudal que ingresa al Sistema de AASS = 80% del Consumo.

La implantación se presenta con su correspondiente macrosector hidráulico de agua potable NTC en las zonas 1 y 2 escogidas para el análisis, es el siguiente:

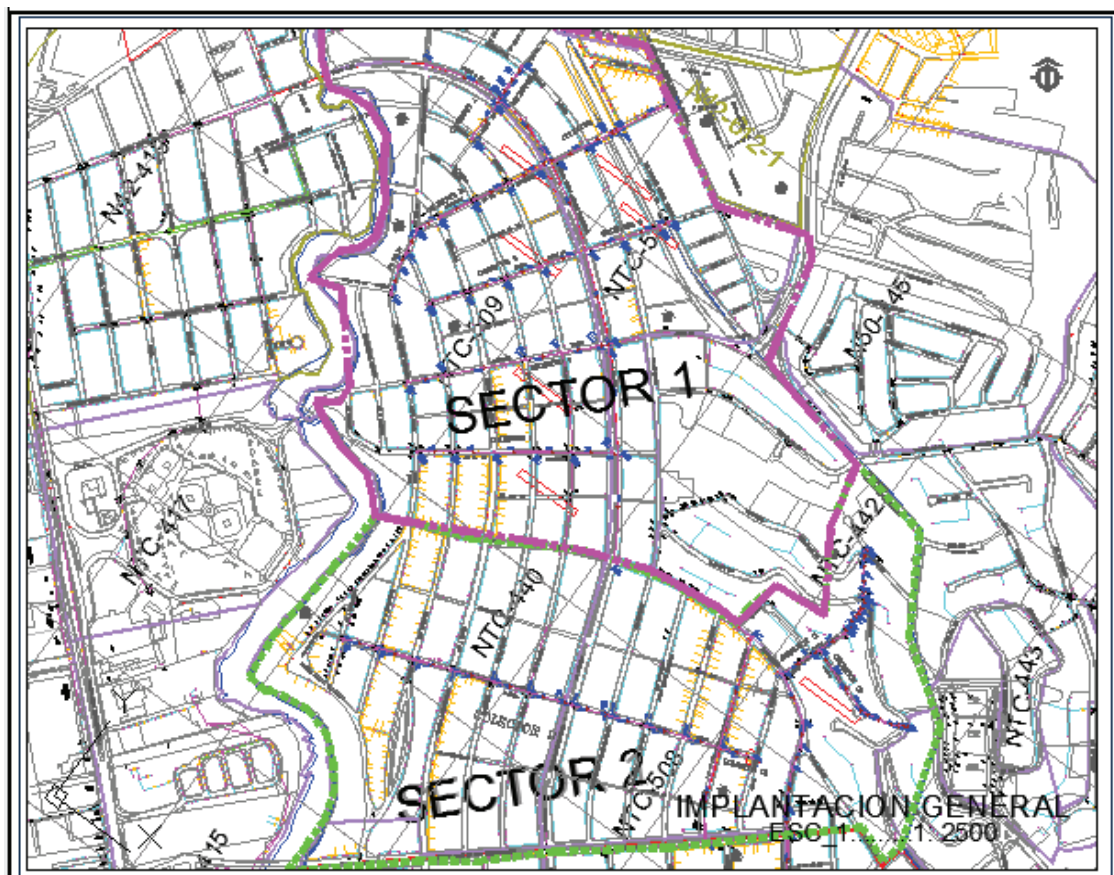


Ilustración 38. SECTORES 1 Y 2 ESCOGIDOS COMO SECTORES PILOTO PARA EL ANÁLISIS

Selección de colectores principales para realizar la evaluación hidráulica:

Se seleccionaron los colectores principales de Urdesa de acuerdo a su ubicación dentro de las áreas que descargan al Parsons norte, dividiendo en 2 sectores abarcando una superficie de:

Sector 1: 59,87 Ha

Sector 2: 48,73 Ha

Lo que da un área total de 108,6 ha., para una población total de 13.500 habitantes para el año 2015.

SECTOR 1:

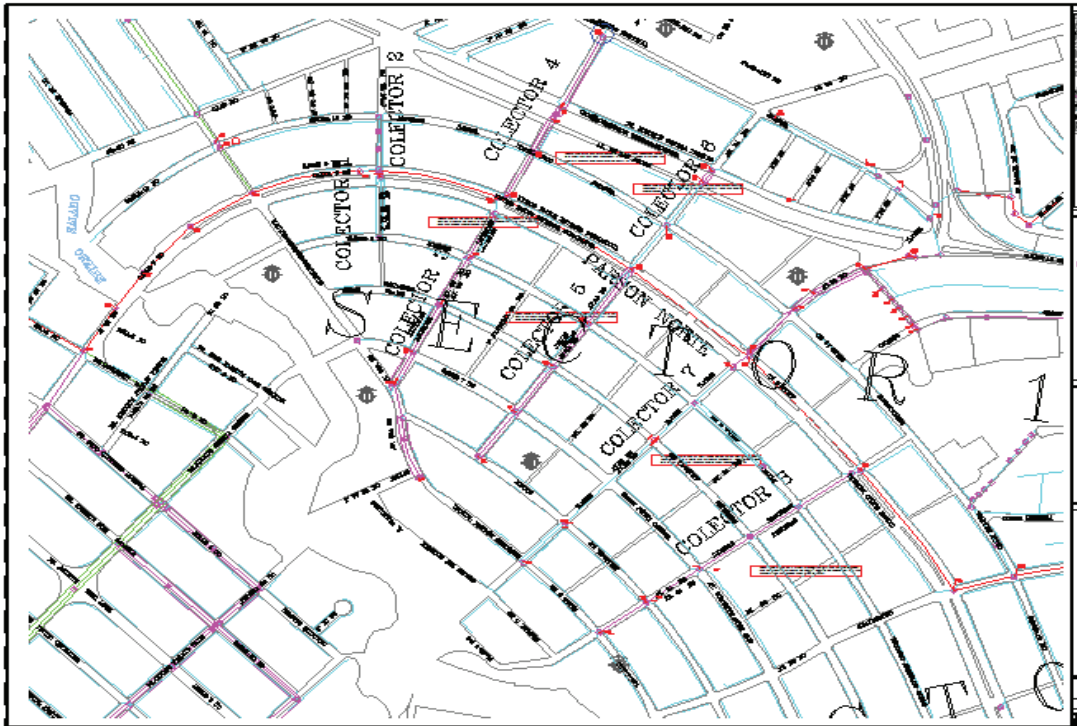


Ilustración 39. PLANO DE UBICACIÓN DE COLECTORES DEL SECTOR 1

COLECTOR 1.- De la calle 1° Pt 36 NO entre calle 8 NO (Acacias) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector es de 200mm y tiene una longitud aproximada de 79.0 m.

COLECTOR 2.- De la calle 1° Pt 36 NO entre calle 10 NO (Alfredo Pareja Diezcanseco) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector es de 200mm y tiene una longitud aproximada de 63.4 m.

COLECTOR 3.- De la calle Laureles entre 1° Pj 34 NO (Jiguas) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector varía de 200 a 300mm y tiene una longitud aproximada de 360 m.

COLECTOR 4.- De la calle Laureles entre la calle Dr. Jorge Maldonado Renella y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector varía de 150 a 200mm y tiene una longitud aproximada de 221 m.

COLECTOR 5.- De la Av. 34 NO entre la calle 6A NO (Mirtos) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector es de 200mm y tiene una longitud aproximada de 271.0 m.

COLECTOR 6.- De la Av. 34 NO entre la calle 12 NO y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector es de 150mm y tiene una longitud aproximada de 143.3 m.

COLECTOR 7.- De la Av. 32 NO (Ilanes) entre la calle 6 NO (Manuel Rendón Seminario) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector varía de 200 a 250mm y tiene una longitud aproximada de 335.0 m.

COLECTOR 8.- De la Av. 31 NO (Higueras) entre la calle 6 NO (Costanera) y calle 9 NO (Emilio Estrada Sciacaluga). El diámetro del colector varía de 250 a 300mm y tiene una longitud aproximada de 332 m.

#### SECTOR 2:

COLECTOR 9.- De la calle Ficus entre 1er callejón 6 NO y calle 11A NO (Guillermo Arosemena Coronel). El diámetro del colector varía de 300 a 600mm y tiene una longitud aproximada de 643 m.

COLECTOR 10.- De la calle Ficus entre calle 11B NO y calle 11A NO (Guillermo Arosemena Coronel). El diámetro del colector es de 300mm y tiene una longitud aproximada de 60 m.

COLECTOR 11.- Del 1° Pj 29 NO continua por la calle 11C NO entre el 1° Pj 26ª NO y calle Las Monjas. El diámetro del colector varía de 200 a 300mm y tiene una longitud aproximada de 550 m.

#### SECTOR 2:



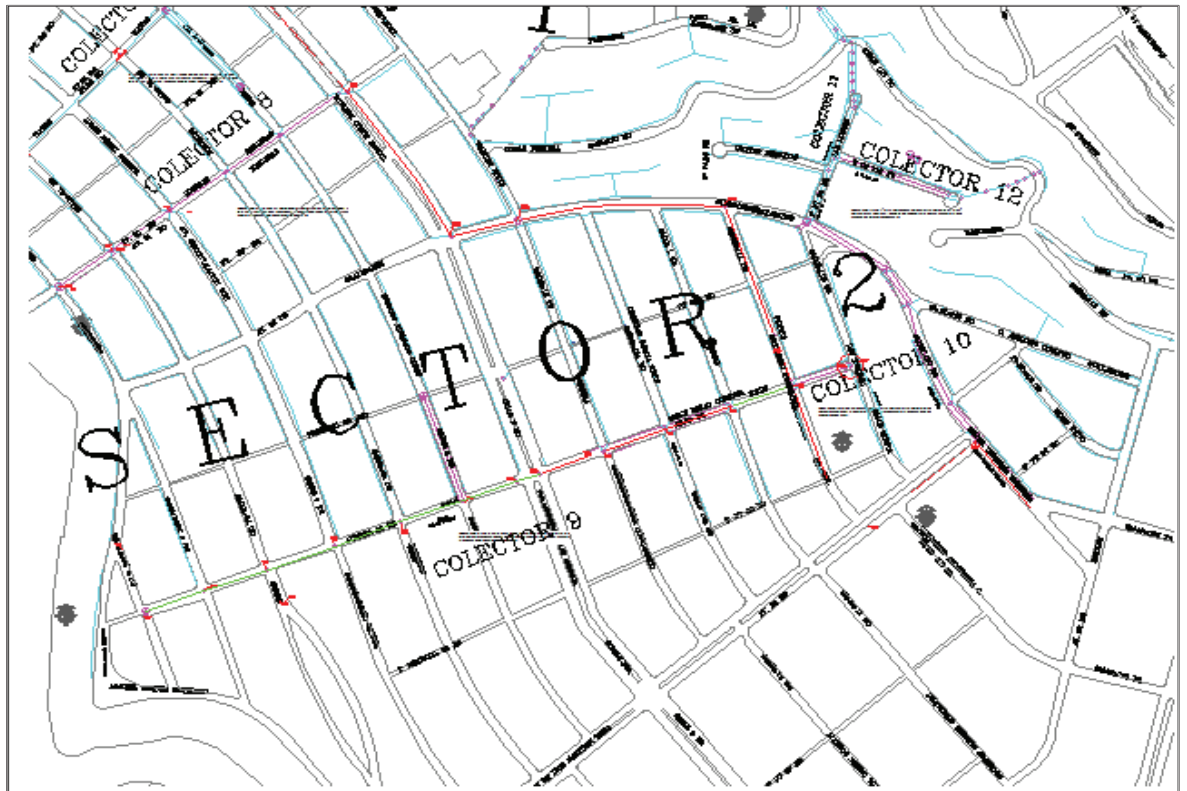


Ilustración 40. PLANO DE UBICACIÓN DE COLECTORES DEL SECTOR 2

COLECTOR 12.- En 3° CJ 11 C NO desde calle 11D NO hasta calle 1° PJ 29 NO (Las Monjas), con un diámetro de colector 200 mm, y un recorrido de 200 m.

En base al recorrido de estos colectores secundarios se definió el área de aportación, considerando que todos ellos descargan a un sistema Parson.

Luego, considerando que la evaluación refiere a un sector que se encuentra en operación, se ha realizado la determinación del caudal que transporta estos colectores, partiendo del consumo real de AAPP.

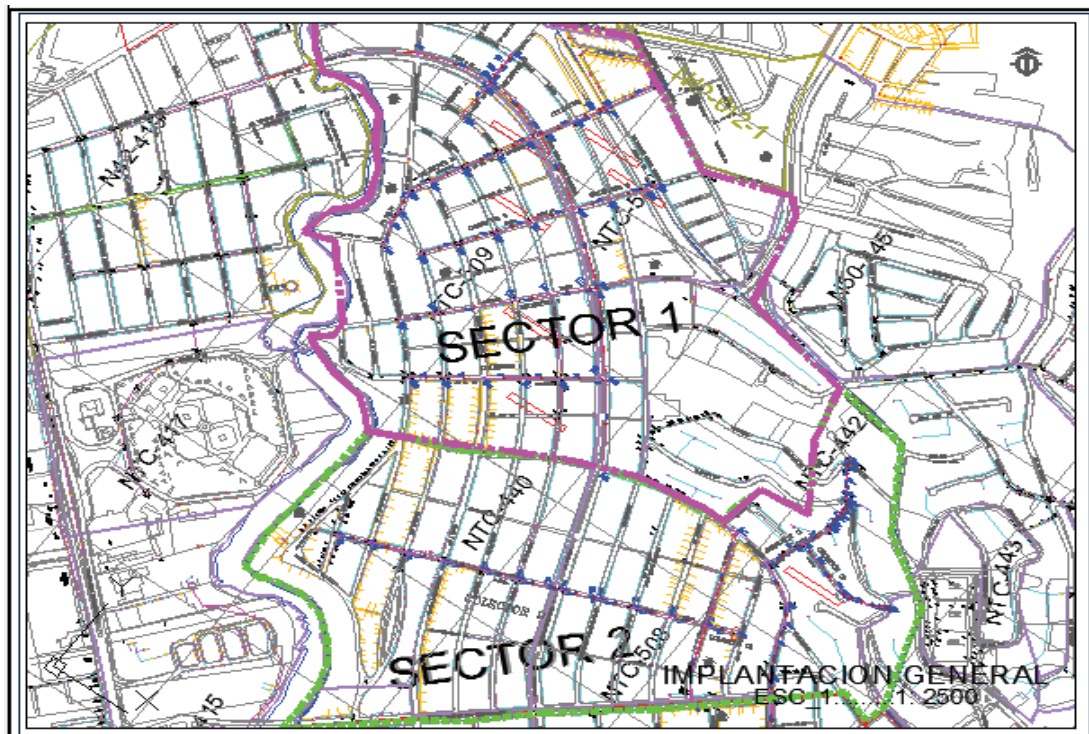


Ilustración 41. Colectores analizados de los Sectores 1 y 2 de Urdesa.

#### 5.1.1.1. Análisis de atributos y configuración de la red existente

Para el presente estudio de investigación de Urdesa Sector Piloto, ubicado en el sector del mismo nombre, las tuberías que conforman el sistema de alcantarillado Sanitario en cuanto a sus diámetros, están en el rango de 150 a 600 mm. Un gran porcentaje de estas tuberías, son de hormigón simple y sólo tramos que han sido reparados o renovados, han sido cambiados a PVC. Cabe mencionar que las nuevas redes que se están instalando como expansión del servicio o como remplazo o reparación de las existentes son tuberías de PVC (plástico). Todas estas tuberías descargan al colector PARSON NORTE, que es una tubería de hormigón armado de 1350mm (54") de diámetro.

Las principales actividades ejecutadas durante la realización de la investigación referente a los colectores que descargan al Sistema Parson, fueron las siguientes:

- En la recopilación de la información, se solicitó autorización de uso de información a la Dirección de Operaciones de la empresa INTERAGUA, dentro de los cuales ubicamos un plano general de la ciudad con las redes existentes de alcantarillado del sitio en estudio.
- Se recorrió el sector para reconocer el sistema de alcantarillado apreciando los barrios servidos, la ubicación y condición de las descargas, el estado de los esteros y cuerpos receptores, condición física de pozos, tapas y sumideros.
- En base al recorrido de estos colectores secundarios se definió el área de aportación, considerando que todos ellos descargan a un sistema Parson.

#### **5.1.1.2. Caudal de aguas residuales que transporta el sistema.**

Como se conoce, las aguas sanitarias provienen del abastecimiento de agua desechada por el sector, estimando que estos proceden de cocinas, lavabos, sanitarios y lavanderías.

En consecuencia para una estimación de la cuantía previsible de tales aguas debe verse precedida de un estudio del consumo de agua, ya en condiciones reales, como refiere a nuestro caso.

Por otra parte, según estudio de varios investigadores, entre ellos Azevedo Netto, considera que solamente un 80% del agua potable utilizado, se revierte al sistema de alcantarillado, bajo esta consideración que el 80% de la dotación media regresará a la red de colectores del alcantarillado, es entonces que tomando los parámetros indicados en el numeral 5.3.2. Tenemos:

$$Qu = \frac{245.53 \text{ lts/hab/ día} * 0.80 * 13.500\text{hab.}}{86400 \text{ seg.}} = \text{caudal unitario}$$

$$86400 \text{ seg.}$$

Resultando un  $Qu = 30.69 \text{ l/s}$ , (para 1 HA del sector en análisis).

Con esto para obtener el caudal total, resulta luego enlazar el área de aportación a cada colector, complementando también lo siguiente:

Factor de simultaneidad M, para prevenir el diseño a una producción máxima de aguas servidas.

Caudal de Aguas de infiltración, considerando que a todo sistema de alcantarillado sanitario siempre se incluye las aguas de infiltración y éstas dependen de varios factores como: tipo de uniones, tipo de suelo, etc.

Caudal de aguas ilícitas (lluvias), Aunque a todo sistema de alcantarillado sanitario, se lo construye para admitir el ingreso de aguas lluvias a través de conexiones ilícitas, pero generalmente esto sucede.

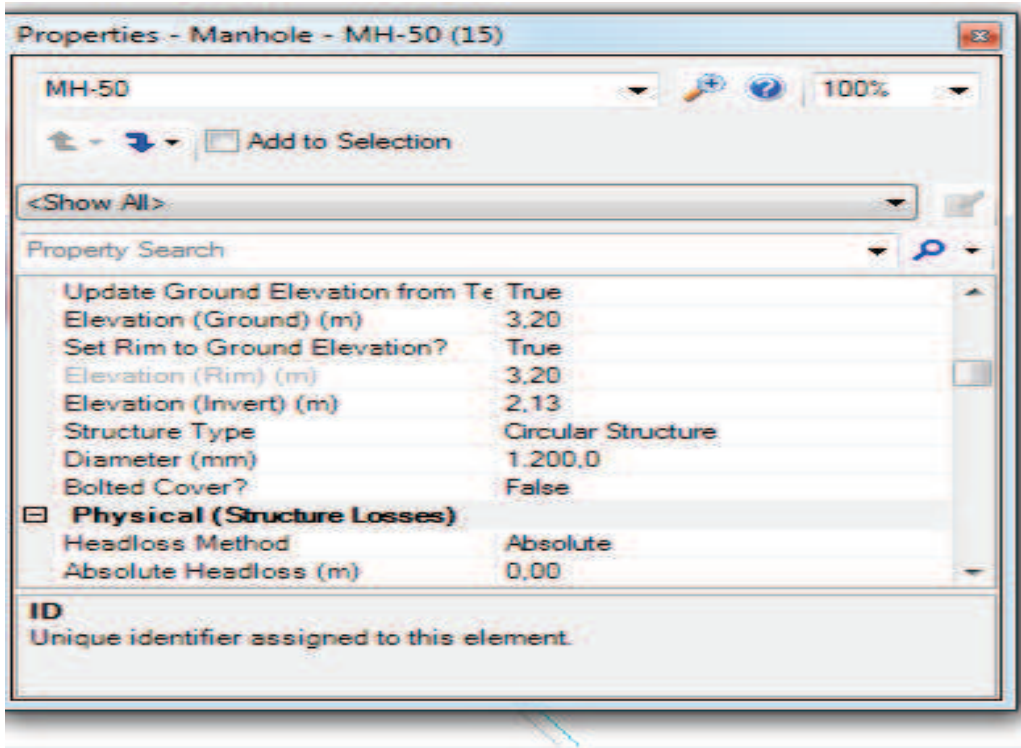
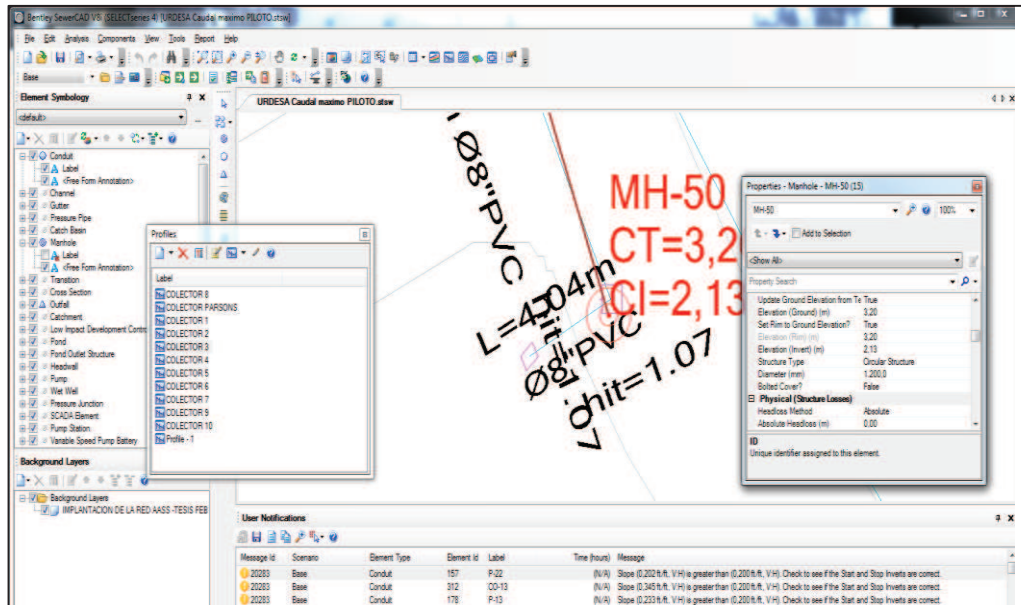
#### **5.1.1.3. Simulación hidráulica con programa Sewercad.**

Se importa archivo en formato dxf al programa, conteniendo la implantación del sector con sus respectivos sistemas de colectores y cámaras de AASS a ser evaluados, posteriormente se ingresan los datos con la siguiente secuencia:

Para explicación de la información a ingresar, nos basaremos a datos a Colector 3 del Sector 1.

En cada cámara manhole (MH-50), se ingresa datos de rasante, invert, y diámetro de cámara, luego, datos de Población, dotación, y parámetros de unidades del sistema a evaluar.

En este caso evaluamos que teniendo una área de aportante conformado por 8 cámaras (colector 3), le llega un área de aporte de 9,78 Has, que luego multiplicado por la densidad poblacional de 124.31 hab/Ha, se obtiene una población total de 1215 habitantes, para todo el colector compuesto de 8 cámaras.





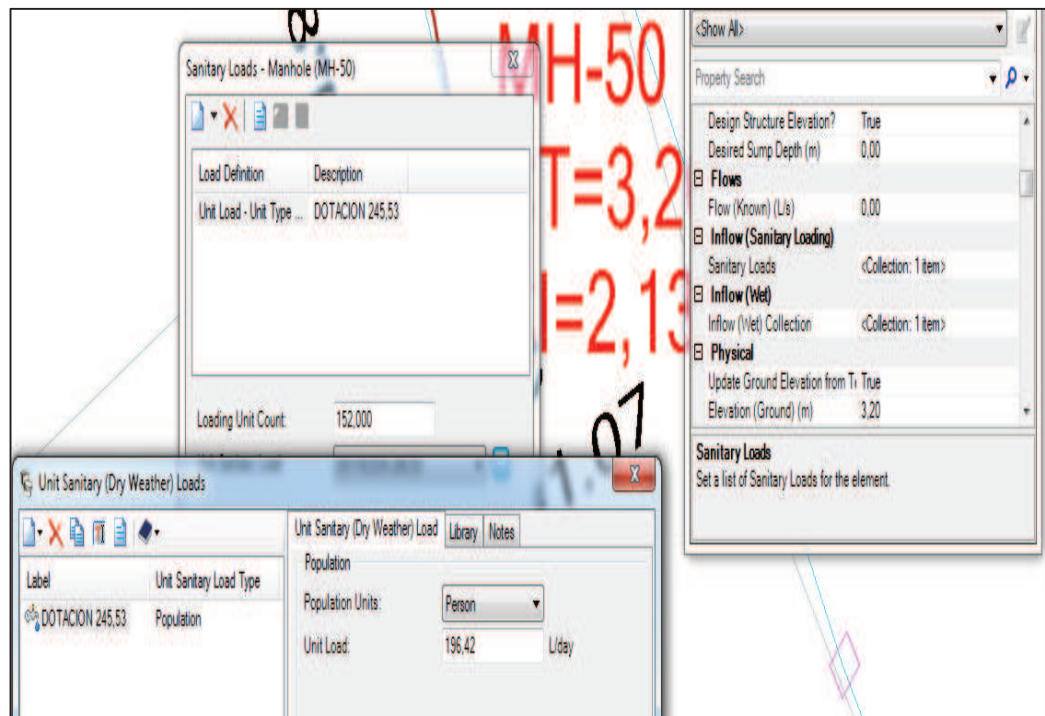


Ilustración 42. PRINT DE PANTALLA CON LA CORRIDA DEL PROGRAMA

#### SEWERCAD

El dato a ingresar en cuanto a población es:

$1215/8 = 152$  habitantes por Manhole

Otro dato a ingresar es la dotación:

Del cuadro estadístico de 245.53 lt/hab/día, tomamos el 80% para ingresar al programa:

Es decir:  $245.53 \times 0.8 = 196.42$  lt/hab/dia

Finalmente, con la configuración correspondiente se procede con la corrida y se obtiene la tabla de resultados de:

Manhole: (cámaras)

Pipe: (tramo de colector)

<b>FlexTable: Manhole Table</b>									
Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Rim) (m)	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total In) (L/s)	Flow (Total Out) (L/s)	Depth (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (In) (m)	Notes
PS-1	2.87	2.87	0.18	0.00	1.129,85	0,88	1,06	1,06	CORRESPONDE A LA POBLACION ASUMIDA PARA MODELACION DEL SISTEMA PARSON
MH-48	3,30	3,30	2,10	0,00	1,83	0,04	2,14	2,14	
MH-49	3,00	3,00	1,70	1,79	3,65	0,05	1,75	1,75	
MH-44	3,40	3,40	2,75	0,00	1,89	0,04	2,79	2,79	
MH-45	3,35	3,35	2,55	1,85	3,70	0,05	2,60	2,60	
MH-46	3,33	3,33	2,42	3,64	5,46	0,06	2,48	2,48	
MH-47	3,00	3,00	2,12	5,39	7,19	0,07	2,19	2,19	
PS-2	3,00	3,00	-0,21	1.135,36	1.135,36	1,24	1,02	1,02	
MH-58	4,51	4,51	3,43	0,00	1,89	0,04	3,47	3,47	
MH-59	3,65	3,65	3,08	1,85	3,70	0,05	3,13	3,13	
MH-60	3,65	3,65	2,57	3,64	5,46	0,06	2,63	2,63	
MH-61	3,47	3,47	2,39	5,39	7,19	0,07	2,46	2,46	
MH-62	3,09	3,09	0,26	7,12	8,90	0,73	0,99	0,99	
MH-63	2,88	2,88	-0,06	8,81	10,57	1,03	0,97	0,97	
MH-50	3,20	3,20	2,13	0,00	1,89	0,04	2,17	2,17	
MH-51	3,25	3,25	2,00	1,85	3,70	0,05	2,05	2,05	
MH-52	3,25	3,25	1,92	3,64	5,46	0,06	1,98	1,98	
MH-53	3,11	3,11	1,76	5,39	7,19	0,07	1,83	1,83	
MH-54	3,07	3,07	1,27	7,12	8,90	0,12	1,39	1,39	
MH-55	3,38	3,38	1,21	8,81	10,57	0,09	1,30	1,30	
MH-56	3,15	3,15	1,08	10,49	12,23	0,08	1,16	1,16	
MH-57	2,84	2,84	0,85	12,14	13,87	0,09	0,94	0,94	
PS-3	2,84	2,84	-0,10	1.148,25	1.148,25	1,06	0,96	0,96	
MH-68	3,73	3,73	1,45	0,00	1,89	0,04	1,46	1,46	
MH-69	3,61	3,61	0,70	1,85	3,70	0,20	0,90	0,90	
MH-70	3,14	3,14	0,68	3,64	5,46	0,20	0,88	0,88	
MH-64	3,26	3,26	2,28	0,00	1,89	0,04	2,32	2,32	
MH-65	3,38	3,38	1,73	1,85	3,70	0,05	1,78	1,78	
MH-66	3,19	3,19	1,48	3,64	5,46	0,07	1,55	1,55	
MH-67	3,28	3,28	1,30	5,39	7,19	0,07	1,37	1,37	
PS-4	2,83	2,83	-0,01	1.154,69	1.154,70	0,84	0,83	0,83	
MH-71	3,11	3,11	2,31	0,00	1,89	0,04	2,35	2,35	
MH-72	3,15	3,15	2,01	1,85	3,70	0,07	2,08	2,08	
MH-73	3,10	3,10	1,93	3,64	5,46	0,09	2,02	2,02	
MH-74	3,10	3,10	1,89	5,39	7,19	0,10	1,99	1,99	
MH-75	3,14	3,14	1,84	7,12	8,90	0,07	1,91	1,91	
PS-5	3,11	3,11	-0,21	1.164,57	1.164,57	0,94	0,73	0,73	
PS-6	3,10	3,10	-0,22	1.164,57	1.164,57	0,95	0,73	0,73	
MH-76	3,14	3,14	2,14	0,00	1,89	0,15	2,29	2,29	

URDEBA: Caudal máximo PILOTO.sbw  
07/03/2018

Bentley Systems, Inc. - Heated Methods Solution  
Center  
27 Eleman Company Drive Suite 200 W  
Waterbury, CT 06795 USA +1-203-755-1666

Bentley SewerCAD V8i (SS) E02Series 4  
08.11.04.58  
Page 1 of 3

Tabla 12. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- CÁMARAS (PAG 1 DE 3)



### FlexTable: Manhole Table

Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Rim) (m)	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total In) (L/s)	Flow (Total Out) (L/s)	Depth (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (In) (m)	Notes
MH-77	3,26	3,26	2,22	1,85	3,70	0,06	2,28	2,28	
MH-78	3,17	3,17	2,11	3,64	5,46	0,06	2,17	2,17	
MH-79	3,25	3,25	1,93	5,39	7,19	0,07	2,00	2,00	
MH-80	3,35	3,35	1,75	7,12	8,90	0,07	1,82	1,82	
MH-81	3,48	3,48	1,57	8,81	10,57	0,08	1,65	1,65	
PS-7	3,50	3,50	-0,39	1,170,09	1,170,09	1,02	0,63	0,63	
PS-8	2,94	2,94	-0,44	1,170,09	1,170,10	0,97	0,53	0,53	
PS-9	3,03	3,03	-0,74	1,170,10	1,170,10	1,15	0,41	0,41	
MH-32	2,93	2,93	1,52	0,00	1,79	0,03	1,55	1,55	
MH-33	2,78	2,78	1,35	1,75	3,50	0,06	1,41	1,41	
MH-34	2,84	2,84	1,26	3,45	5,18	0,05	1,31	1,31	
MH-35	3,11	3,11	0,77	5,12	6,82	0,07	0,84	0,84	
MH-36	2,94	2,94	0,62	6,75	8,44	0,12	0,74	0,74	
MH-37	2,90	2,90	0,47	8,37	10,04	0,27	0,74	0,74	
MH-38	2,83	2,83	0,62	9,96	11,62	0,07	0,69	0,69	
MH-39	2,90	2,90	0,50	11,53	13,18	0,08	0,58	0,58	
MH-40	2,95	2,95	0,40	13,09	14,73	0,08	0,48	0,48	
MH-41	2,99	2,99	0,34	14,64	16,22	0,08	0,42	0,42	
MH-42	2,91	2,91	0,20	16,13	17,75	0,13	0,33	0,33	
MH-43	2,90	2,90	0,07	17,65	19,25	0,26	0,33	0,33	
MH-31	2,91	2,91	1,45	0,00	1,79	0,03	1,48	1,48	
PS-10	2,86	2,86	-0,80	1,181,58	1,181,58	1,13	0,33	0,33	
PS-11	2,79	2,79	-0,66	1,181,58	1,181,59	0,86	0,20	0,20	
MH-22	12,00	12,00	11,00	0,00	1,79	0,03	11,03	11,03	
MH-23	11,00	11,00	10,00	1,75	3,50	0,05	10,05	10,05	
MH-24	10,00	10,00	9,00	3,45	5,18	0,06	9,06	9,06	
MH-25	9,50	9,50	8,50	5,12	6,82	0,07	8,57	8,57	
MH-26	9,00	9,00	8,00	6,75	8,44	0,08	8,08	8,08	
MH-27	8,50	8,50	7,50	8,37	10,04	0,08	7,58	7,58	
MH-28	8,25	8,25	7,25	9,96	11,62	0,09	7,34	7,34	
MH-29	8,00	8,00	7,00	11,53	13,18	0,10	7,10	7,10	
MH-30	5,50	5,50	4,25	13,09	14,73	0,10	4,35	4,35	
MH-1	31,00	31,00	30,00	0,00	1,79	0,03	30,03	30,03	
MH-2	29,00	29,00	28,00	1,75	3,50	0,05	28,05	28,05	
MH-3	27,00	27,00	26,00	3,45	5,18	0,06	26,06	26,06	
MH-4	15,00	15,00	14,00	5,12	6,82	0,07	14,07	14,07	
MH-5	14,15	14,15	13,00	6,75	8,44	0,08	13,08	13,08	
MH-6	13,15	13,15	12,00	8,37	10,04	0,08	12,08	12,08	
MH-7	13,15	13,15	11,90	9,96	11,62	0,09	11,99	11,99	
MH-8	12,50	12,50	11,50	11,53	13,18	0,10	11,60	11,60	
MH-9	12,00	12,00	11,00	13,09	14,73	0,10	11,10	11,10	
MH-10	11,00	11,00	10,00	14,64	16,26	0,11	10,11	10,11	
MH-11	9,00	9,00	8,00	16,17	17,78	0,11	8,11	8,11	
MH-12	8,00	8,00	7,00	17,68	19,29	0,12	7,12	7,12	
MH-13	6,00	6,00	5,00	19,19	20,79	0,12	5,12	5,12	
MH-14	5,00	5,00	3,60	20,69	22,28	0,13	3,73	3,73	
MH-15	4,50	4,50	3,00	35,18	36,71	0,16	3,16	3,16	

URDEBA Caucaí máximo FILOTO.dwg  
07/03/2015

Bentley Systems, Inc. Heersio Methods Solution  
Center  
27 Bremon Company Drive Suite 200 W  
Watertown, DT08795 USA, +1-203-755-1888

Bentley SewerCAD V8i (SELECTseries 4)  
08/11/04 54  
Page 2 of 3

Tabla 13. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- CÁMARAS (PAG 2 DE 3)

### FlexTable: Manhole Table

Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Rim) (m)	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total In) (L/s)	Flow (Total Out) (L/s)	Depth (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (Out) (m)	Hydraulic Grade Line (In) (m)	Notes
MH-16	4,00	4,00	2,50	36,59	38,12	0,17	2,67	2,67	
MH-17	3,15	3,15	1,00	38,00	39,52	0,22	1,22	1,22	
MH-18	3,00	3,00	0,90	39,40	40,91	0,18	1,08	1,08	
MH-19	3,00	3,00	0,80	40,79	42,30	0,18	0,98	0,98	
MH-20	2,90	2,90	0,71	42,18	43,68	0,20	0,91	0,91	
MH-21	2,95	2,95	0,59	43,56	45,06	0,16	0,75	0,75	
PS-12	3,00	3,00	-0,70	1.208,11	1.208,11	0,57	-0,13	-0,13	
MH-4	4,21	4,21	2,71	0,00	1,45	0,03	2,74	2,74	
MH-5	4,25	4,25	2,57	1,41	2,82	0,04	2,61	2,61	
MH-6	3,82	3,82	2,45	2,76	4,14	0,07	2,52	2,52	
MH-7	3,81	3,81	2,43	4,07	5,43	0,06	2,49	2,49	
MH-8	3,79	3,79	2,33	5,35	6,69	0,16	2,49	2,49	
MH-9	3,77	3,77	2,38	6,61	7,93	0,09	2,47	2,47	
MH-10	3,19	3,19	2,32	9,06	10,35	0,08	2,40	2,40	
MH-11	3,15	3,15	2,10	10,25	11,53	0,08	2,18	2,18	
MH-12	3,13	3,13	1,90	11,43	12,70	0,15	2,05	2,05	
MH-13	3,15	3,15	1,87	12,60	13,85	0,09	1,96	1,96	
MH-14	4,48	4,48	3,03	0,00	1,45	0,03	3,06	3,06	

Tabla 14. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- CÁMARAS (PAG 3 DE 3)



### FlexTable: Conduit Table

Start Node	Invert (Start) (m)	Invert (Stop) (m)	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (m/m)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Depth (Middle) (m)	Capacity (Full Flow) (L/s)	Flow / Capacity (Design) (%)	Depth (Average End) / Rise (%)	Diameter (mm)
PS-1	0.18	-0.21	134.7	0.003	1,129.85	1.89	1.06	3,013.70	37.5	77.0	1,371.6
MH-48	2.10	1.70	72.1	0.006	1.83	0.55	0.04	33.15	5.5	20.9	203.2
MH-49	1.70	1.40	4.3	0.067	3.65	1.61	0.04	114.85	3.2	18.4	203.2
MH-44	2.75	2.55	17.2	0.012	1.89	0.72	0.04	48.25	3.9	21.2	203.2
MH-45	2.55	2.42	21.2	0.006	3.70	0.70	0.06	35.00	10.6	27.5	203.2
MH-46	2.42	2.12	24.0	0.012	5.46	1.01	0.07	49.73	11.0	32.6	203.2
MH-47	2.12	1.90	4.2	0.055	7.19	1.84	0.05	104.32	6.9	26.7	203.2
PS-2	-0.21	-0.10	126.4	-0.001	1,135.36	0.77	1.15	1,656.83	68.5	83.8	1,371.6
MH-58	3.43	3.08	94.4	0.004	1.89	0.50	0.05	12.57	15.0	29.6	152.4
MH-59	3.08	2.57	8.1	0.064	3.70	1.60	0.06	112.31	3.3	27.5	203.2
MH-60	2.57	2.39	7.7	0.024	5.46	1.27	0.07	68.91	7.9	32.6	203.2
MH-61	2.39	0.26	43.7	0.049	7.19	1.77	0.14	98.43	7.3	67.5	203.2
MH-62	0.26	-0.06	58.1	0.006	8.90	0.27	0.20	33.04	26.9	100.0	203.2
MH-63	-0.06	-0.10	9.9	0.004	10.57	0.33	0.20	28.13	37.6	100.0	203.2
MH-50	2.13	2.00	48.2	0.003	1.89	0.43	0.05	23.15	8.2	22.6	203.2
MH-51	2.00	1.92	24.6	0.003	3.70	0.56	0.06	25.42	14.5	28.0	203.2
MH-52	1.92	1.76	41.9	0.004	5.46	0.66	0.07	27.45	19.9	32.6	203.2
MH-53	1.76	1.27	42.5	0.012	7.19	1.06	0.09	47.76	15.1	46.3	203.2
MH-54	1.27	1.21	62.1	0.001	8.90	0.45	0.11	13.84	64.3	51.8	203.2
MH-55	1.21	1.08	63.1	0.002	10.57	0.63	0.09	36.64	28.9	34.7	254.0
MH-56	1.08	0.85	58.0	0.004	12.23	0.81	0.09	82.59	14.8	28.1	304.8
MH-57	0.85	-0.10	19.4	0.049	13.87	2.04	0.20	289.47	4.8	64.5	304.8
PS-3	-0.10	-0.01	161.2	-0.001	1,148.25	0.78	0.95	1,316.50	87.2	69.4	1,371.6
MH-68	1.45	0.70	16.8	0.044	1.89	1.19	0.10	43.38	4.4	62.7	152.4
MH-69	0.70	0.68	62.8	0.000	3.70	0.20	0.15	3.68	100.5	100.0	152.4
MH-70	0.68	-0.01	63.9	0.011	5.46	0.30	0.15	21.45	25.5	100.0	152.4
MH-64	2.26	1.73	65.8	0.006	1.89	0.64	0.04	40.61	4.6	21.2	203.2
MH-65	1.73	1.48	65.2	0.004	3.70	0.59	0.06	27.59	13.4	28.6	203.2
MH-66	1.48	1.30	61.7	0.003	5.46	0.60	0.07	24.06	22.7	33.6	203.2
MH-67	1.30	-0.01	78.0	0.017	7.19	1.21	0.14	57.65	12.5	67.5	203.2
PS-4	-0.01	-0.21	156.5	0.001	1,154.70	1.40	0.89	1,990.54	58.0	64.9	1,371.6
MH-71	2.31	2.01	63.3	0.005	1.89	0.52	0.06	30.57	6.2	27.1	203.2
MH-72	2.01	1.93	133.4	0.001	3.70	0.30	0.08	19.74	18.7	32.4	254.0
MH-73	1.93	1.89	61.0	0.001	5.46	0.34	0.09	20.65	26.5	36.7	254.0
MH-74	1.89	1.84	58.0	0.001	7.19	0.41	0.08	23.68	30.4	32.8	254.0
MH-75	1.84	-0.21	19.6	0.105	8.90	2.34	0.19	425.22	2.1	61.5	304.8
PS-5	-0.21	-0.22	3.6	0.003	1,164.57	1.89	0.94	2,976.32	39.1	68.7	1,371.6
PS-6	-0.22	-0.39	176.2	0.001	1,164.57	1.26	0.98	1,730.54	67.3	71.7	1,371.6
MH-76	2.14	2.22	60.5	-0.001	1.89	0.04	0.10	29.33	6.4	40.0	254.0
MH-77	2.22	2.11	67.3	0.002	3.70	0.43	0.06	32.56	11.4	23.5	254.0
MH-78	2.11	1.93	64.6	0.003	5.46	0.58	0.07	42.61	12.8	25.8	254.0
MH-79	1.93	1.75	61.0	0.003	7.19	0.64	0.07	43.81	16.4	28.4	254.0
MH-80	1.75	1.57	67.4	0.003	8.90	0.64	0.08	67.72	13.1	24.9	304.8
MH-81	1.57	-0.39	10.0	0.196	10.57	3.06	0.19	580.61	1.8	62.6	304.8
PS-7	-0.39	-0.44	171.5	0.000	1,170.09	0.79	0.99	950.75	123.1	72.4	1,371.6

Tabla 15. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- TRAMO COLECTORES (PAG 1 DE 3)



### FlexTable: Conduit Table

Start Node	Invert (Start) (m)	Invert (Stop) (m)	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (m/m)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Depth (Middle) (m)	Capacity (Full Flow) (L/s)	Flow / Capacity (%)	Depth (Average End) / Rise (%)	Diameter (mm)
PS-8	-0,44	-0,74	259,0	0,001	1.170,10	1,36	1,06	1.907,66	61,3	77,3	1.371,6
PS-9	-0,74	-0,90	184,7	0,000	1.170,10	0,79	1,14	970,08	120,6	83,2	1.371,6
MH-32	1,52	1,35	57,8	0,003	1,79	0,41	0,04	71,00	2,5	14,5	304,8
MH-33	1,35	1,26	64,3	0,001	3,50	0,39	0,05	48,99	7,2	17,8	304,8
MH-34	1,26	0,77	62,0	0,008	5,18	0,80	0,06	116,59	4,4	20,2	304,8
MH-35	0,77	0,62	72,0	0,002	6,82	0,55	0,10	59,86	11,4	31,2	304,8
MH-36	0,62	0,47	59,4	0,003	8,44	0,62	0,19	65,85	12,8	63,7	304,8
MH-37	0,47	0,62	52,9	-0,003	10,04	0,14	0,17	69,77	14,4	56,2	304,8
MH-38	0,62	0,50	23,2	0,005	11,62	0,83	0,08	354,57	3,3	15,4	500,0
MH-39	0,50	0,40	51,4	0,002	13,18	0,61	0,08	216,30	6,1	15,9	500,0
MH-40	0,40	0,34	12,2	0,005	14,73	0,85	0,08	588,83	2,5	13,1	609,6
MH-41	0,34	0,20	61,8	0,002	16,22	0,67	0,11	395,70	4,1	17,6	609,6
MH-42	0,20	0,07	63,4	0,002	17,75	0,67	0,20	382,53	4,6	32,3	609,6
MH-43	0,07	-0,80	62,0	0,014	19,25	1,33	0,44	984,16	2,0	71,5	609,6
MH-31	1,45	-0,80	56,2	0,040	1,79	1,02	0,17	262,88	0,7	55,1	304,8
PS-10	-0,80	-0,66	157,6	-0,001	1.181,58	0,80	0,99	1.683,66	70,2	72,4	1.371,6
PS-11	-0,66	-0,70	136,0	0,000	1.181,59	0,80	0,72	1.001,54	118,0	52,2	1.371,6
MH-22	11,00	10,00	4,9	0,200	1,79	1,89	0,04	198,93	0,9	20,6	203,2
MH-23	10,00	9,00	8,1	0,125	3,50	1,98	0,05	157,27	2,2	26,8	203,2
MH-24	9,00	8,50	9,3	0,053	5,18	1,65	0,06	102,05	5,1	31,7	203,2
MH-25	8,50	8,00	14,1	0,036	6,82	1,56	0,07	84,06	8,1	35,9	203,2
MH-26	8,00	7,50	25,8	0,019	8,44	1,33	0,08	61,68	13,7	39,7	203,2
MH-27	7,50	7,25	14,7	0,017	10,04	1,35	0,09	58,41	17,2	43,1	203,2
MH-28	7,25	7,00	12,8	0,019	11,62	1,46	0,09	61,68	18,8	46,3	203,2
MH-29	7,00	4,25	74,1	0,037	13,18	1,92	0,10	85,75	15,4	49,3	203,2
MH-30	4,25	3,00	38,3	0,032	14,73	1,88	0,13	80,15	18,4	65,7	203,2
MH-1	30,00	28,00	5,2	0,400	1,79	2,42	0,04	281,33	0,6	20,6	203,2
MH-2	28,00	26,00	11,9	0,167	3,50	2,19	0,05	181,60	1,9	26,8	203,2
MH-3	26,00	14,00	23,1	0,522	5,18	3,68	0,06	321,30	1,6	31,7	203,2
MH-4	14,00	13,00	24,6	0,041	6,82	1,64	0,07	89,87	7,6	35,9	203,2
MH-5	13,00	12,00	12,3	0,080	8,44	2,21	0,08	125,81	6,7	39,7	203,2
MH-6	12,00	11,90	7,6	0,013	10,04	1,23	0,09	51,36	19,5	43,1	203,2
MH-7	11,90	11,50	10,0	0,040	11,62	1,89	0,09	88,96	13,1	46,3	203,2
MH-8	11,50	11,00	10,8	0,045	13,18	2,06	0,10	94,83	13,9	49,3	203,2
MH-9	11,00	10,00	9,0	0,111	14,73	2,92	0,11	148,27	9,9	52,0	203,2
MH-10	10,00	8,00	7,3	0,267	16,22	4,09	0,11	229,70	7,1	54,7	203,2
MH-11	8,00	7,00	10,6	0,095	17,75	2,92	0,12	137,27	13,0	57,2	203,2
MH-12	7,00	5,00	8,9	0,222	19,25	4,03	0,12	209,69	9,2	59,6	203,2
MH-13	5,00	3,60	6,0	0,233	20,79	4,20	0,13	214,87	9,7	61,8	203,2
MH-14	3,60	3,00	51,0	0,012	22,28	1,20	0,15	37,11	60,0	71,8	203,2
MH-15	3,00	2,50	15,9	0,031	36,71	2,38	0,17	78,63	46,7	81,4	203,2
MH-16	2,50	1,00	54,1	0,028	38,12	2,30	0,19	74,14	51,4	91,0	203,2
MH-17	1,00	0,90	86,2	0,001	39,52	0,69	0,20	44,72	88,4	64,4	304,8
MH-18	0,90	0,80	40,4	0,002	40,91	0,94	0,18	65,17	62,8	58,3	304,8
MH-19	0,80	0,71	36,5	0,002	42,30	0,95	0,19	65,12	65,0	63,1	304,8

URDEBA Caudal máximo PILOTO.ssh  
07/03/2015

Bentley Systems, Inc. - Heated Methods Solution  
Center  
27 Elemon Company Drive Suite 200 W  
Watertown, CT 06795 USA +1-203-755-1888

Bentley SewerCAD V8i (SELECTseries 4)  
08.11.04.54  
Page 2 of 2

Tabla 16. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- TRAMO COLECTORES (PAG 2 DE 3)

### FlexTable: Conduit Table

Start Node	Invert (Start) (m)	Invert (Stop) (m)	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (m/m)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Depth (Middle) (m)	Capacity (Full Flow) (L/s)	Flow / Capacity (Design) (%)	Depth (Average End) / Rise (%)	Diameter (mm)
MH-20	0,71	0,59	67,8	0,002	43,68	0,84	0,18	55,09	79,3	60,4	304,8
MH-21	0,59	-0,70	42,0	0,031	45,06	2,45	0,23	229,84	19,6	76,8	304,8
PS-12	-0,70	-1,00	83,7	0,004	1.208,11	2,08	0,57	3.337,57	36,2	41,7	1.371,6
MH-4	2,71	2,57	7,0	0,020	1,45	0,65	0,04	84,10	1,7	14,2	250,0
MH-5	2,57	2,45	11,6	0,010	2,82	0,63	0,06	60,75	4,6	22,3	250,0
MH-6	2,45	2,43	13,4	0,001	4,14	0,35	0,06	22,89	18,1	25,6	250,0
MH-7	2,43	2,33	12,2	0,008	5,43	0,71	0,11	54,29	10,0	43,3	250,0
MH-8	2,33	2,38	15,9	-0,003	6,69	0,14	0,13	33,24	20,1	50,4	250,0
MH-9	2,38	2,32	30,0	0,002	7,93	0,47	0,09	26,59	29,8	35,7	250,0
MH-10	2,32	2,10	58,7	0,004	10,35	0,63	0,08	59,30	17,5	27,6	300,0
MH-11	2,10	1,90	28,1	0,007	11,53	0,82	0,12	81,73	14,1	39,1	300,0
MH-12	1,90	1,87	68,1	0,000	12,70	0,30	0,12	20,31	62,5	40,3	300,0
MH-13	1,87	-0,21	6,0	0,347	13,85	3,37	0,20	593,98	2,3	64,5	304,8
MH-14	3,03	2,32	47,3	0,015	1,45	0,58	0,06	72,50	2,0	22,9	250,0

Tabla 17. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- TRAMO COLECTORES (PAG 3 DE 3)

#### **5.1.1.4. Análisis de resultados de la corrida hidráulica.**

Para evaluar los colectores se determinó el dato de población (habitantes) aportante y la dotación real de consumo de agua del sector en base a las estadísticas de la información obtenida de INTERAGUA, con ello se tomó la totalidad del colector y el aporte a cada tramo, con ingreso para el dato que requiere el programa (SEWERCAD) se lo hizo con análisis proporcional, esto debido a que el nivel de detalle de área servida tramo a tramo se lo puede obviar para este tipo de análisis, considerando que se trata de un sistema en operación..

Para el análisis del funcionamiento del sistema se consideraron 2 escenarios, el primer escenario evaluando con un caudal medio más los caudales de infiltración, y un segundo escenario, estimando caudales pico mediante (factor de mayoración) más caudales de infiltración.

Para cada colector evaluado se presenta el trazado en planimetría, con los datos geométricos e hidráulicos, esto es, longitud, diámetro, pendiente, caudal sanitario y las cotas de fondo aguas arriba y aguas abajo de cada tramo. En cada pozo se presenta su nomenclatura y el nivel de la tapa.

En algunos tramos no se pudo determinar la profundidad de algunos pozos por cuanto no fue imposible abrir la estructura o porque su estado interno impidió su medición: para estas estructuras se asumió la profundidad haciendo la proyección entre el pozo de aguas arriba y el de aguas abajo que si fueron catastrados. En los tramos en donde se midió la profundidad y resultó el tramo con pendiente negativa (tramo en ascenso y no descendente) también se asumió la pendiente tomando el pozo de aguas arriba y el de aguas abajo y estableciendo el tramo o los tramos descendiendo en el sentido del flujo. En algunos de los perfiles se muestra en línea a trazos como se encontró el fondo del colector según la medición en los pozos.

En línea general y aplicable para todos los colectores evaluados se tienen las siguientes características:

- Pendientes longitudinales mínimas. No se tienen velocidades óptimas para generarse las condiciones de auto limpieza dentro de las tuberías
- En la mayoría de los colectores se tienen dimensiones y pendientes suficientes para drenar a gravedad los caudales sanitarios.

Sin embargo, en el análisis de resultado se puede indicar que con el primer escenario, el sistema cumple en cuanto a su capacidad hidráulica, llegando a deducir que bien puede usarse cualquier tipo de solución para el reemplazo de cualquier tramo que se requiere con uno de los métodos no tradicionales que más convenga.

Pero al realizar el análisis con caudal mayorado, conforme los resultados obtenidos estos no cumplen la capacidad en cuanto a los colectores existentes en 2 sectores, a los identificados como colectores 4 y 6, en 2 de sus tramos respectivamente. (Ver tabla de resultados).

#### TRAMOS DE COLECTOR 4.

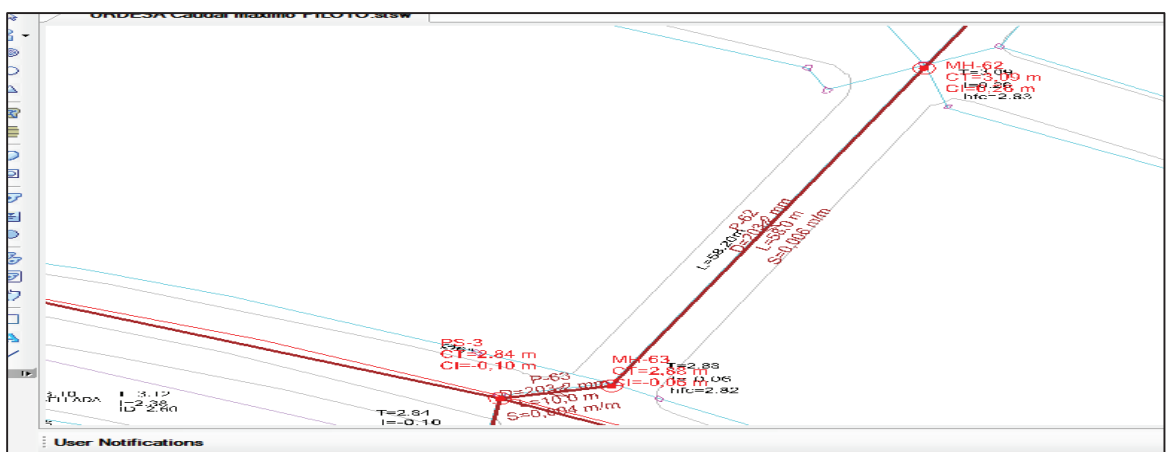
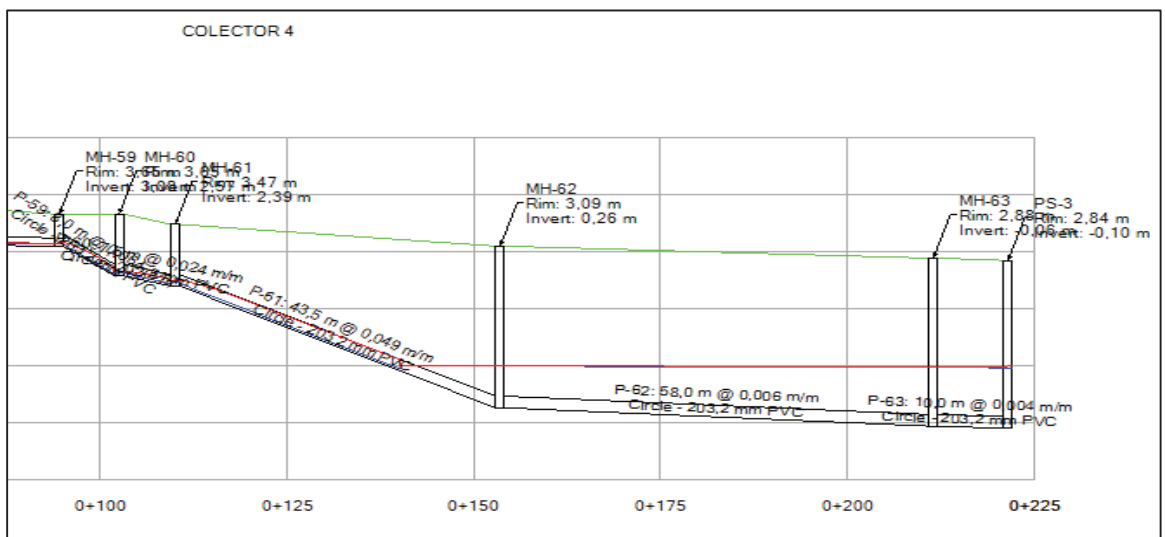


Ilustración 43. COLECTOR 4, CON INSUFICIENCIA DE CAPACIDAD A CAUDAL MAX.

Imágenes 30. Colector 4 en Sewercad

#### TRAMOS DE COLECTOR 6



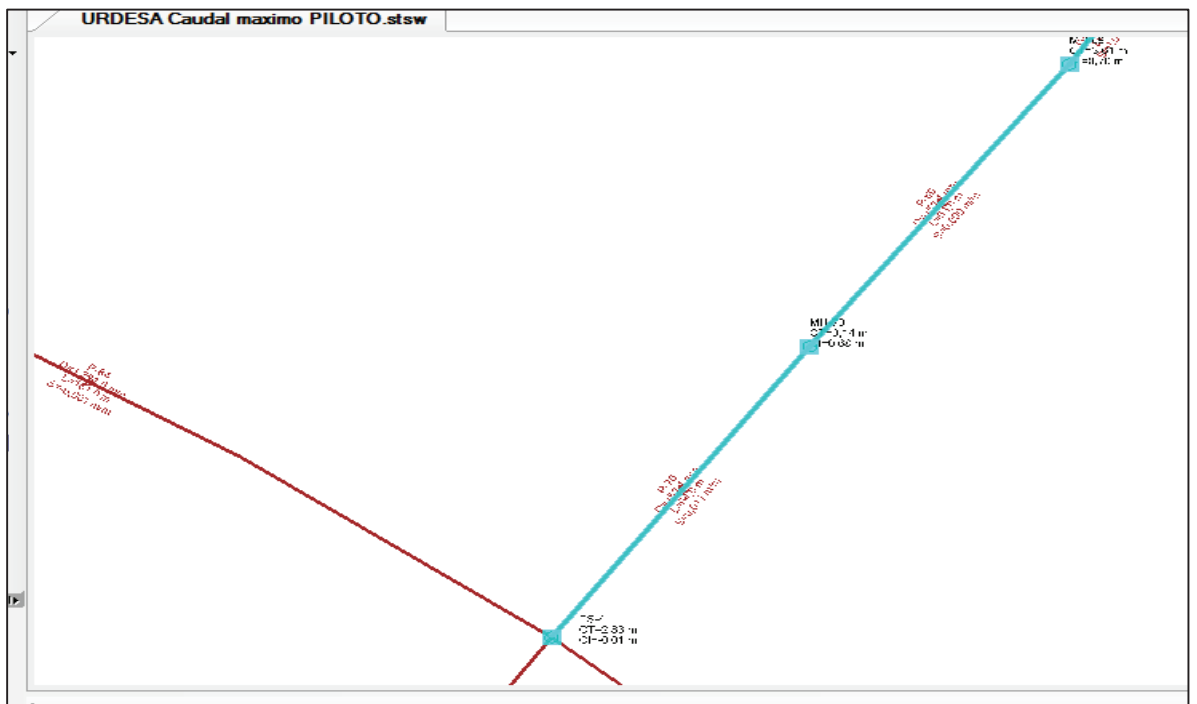
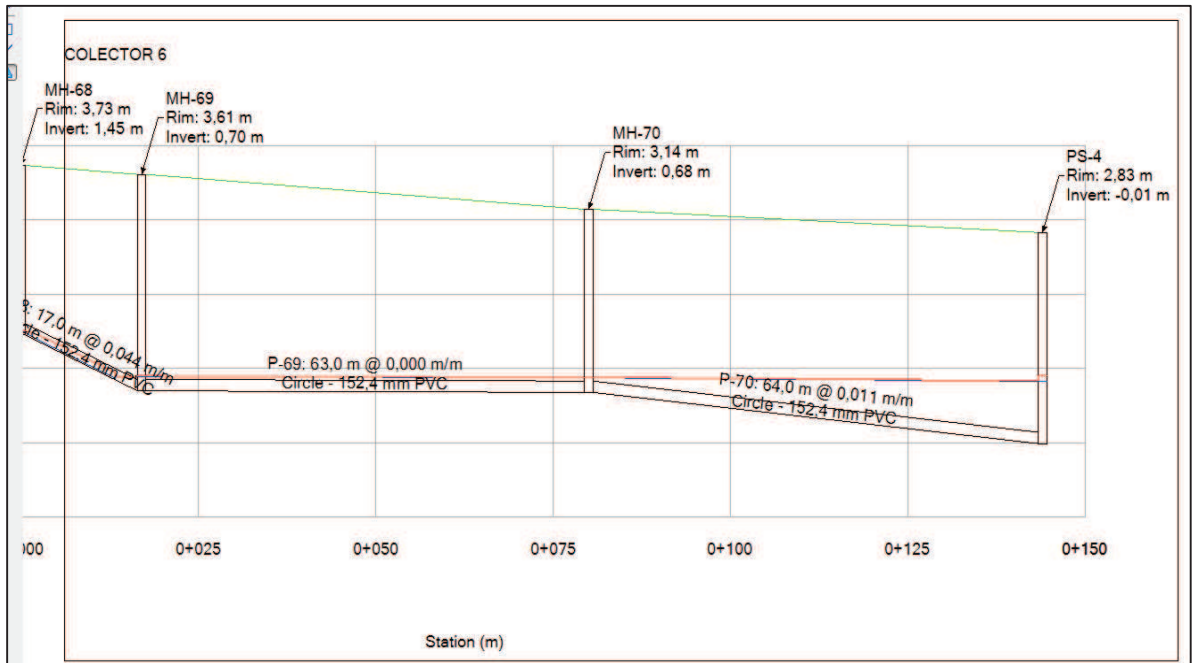


Ilustración 44. COLECTOR 6, CON INSUFICIENCIA DE CAPACIDAD A CAUDAL MAX

Hidráulicamente, se concluye indicando que:

- Las secciones de las tuberías son suficientes para la evacuación a gravedad de los volúmenes sanitarios, con excepción de los tramos mencionados e identificados como tramos de colector 4 y 6.

- La mayor parte de los tramos de tuberías han cumplido su vida útil. Las redes tienen más de 20 años de operación y es casi urgente el remplazo de ciertos tramos que dependerá del análisis estructural de los mismos.

### **5.1.2. Análisis Estructural**

Para poder obtener la real situación estructural y operativa de la redes de Urdesa, se realizaron inspecciones preliminares, en los que se determinó que para una correcta revisión, debían realizarse inspecciones con circuito cerrado de televisión y con equipos robotizados, ante los diámetros inaccesibles encontrados.

Cada tramo se inspeccionó con CCTV, levantando la información de daños y novedades encontradas, valorizándolas y generando los reportes fotográficos y tablas de resumen de daños, que al final servirán para emitir un diagnóstico de la red y las recomendaciones de metodología de rehabilitación y de cuándo ejecutarla.

#### **5.1.2.1. Inspecciones Televisivas y diagnóstico de la red – Análisis de las condiciones de la red.**

Se realizaron inspecciones con robot y CCTV en los colectores y se complementó esta información con otras ya realizadas por la empresa Interagua C. Ltda., a través de sus subcontratistas Pipetech y Vinaire.

De estas inspecciones se registran el levantamiento de daños con su abscisado, su severidad y reportes fotográficos, donde se muestran los daños más representativos.

En el Anexo 2, se adjuntan los informes de cada tramo de los sectores 1 y 2, en los que se dividió el trabajo.

A continuación un resumen estadístico de los defectos encontrados:

RESUMEN				Permeabilidad en junta, severidad 1	Permeabilidad en junta, severidad 1	Permeabilidad en junta, severidad 2	Permeabilidad en junta, severidad 3	Rotura, severidad 1	Rotura, severidad 2	Rotura, severidad 3	Agrietamiento, severidad 1	Agrietamiento, severidad 2	Agrietamiento, severidad 3	DAP, Severidad 1	DAP, Severidad 2	DAP, Severidad 3	Neopreno visible, severidad 1	Neopreno visible, severidad 2	Neopreno visible, severidad 3	Obstrucción, severidad 2	Obstrucción, severidad 3	Corrosión, severidad 1	Corrosión, severidad 2	Corrosión, severidad 3
Este daño se presentó en esta cantidad de tramos				72	0	17	4	76	53	33	53	38	18	95	37	7	10	3	1	12	19	26	20	37
Este daños e presentó en la inspección (veces)				655	0	26	5	527	252	64	215	78	27	901	136	15	11	7	1	17	24	47	25	38
El porcentaje de tramos con este daño es de:				68%	0%	16%	4%	72%	50%	31%	50%	36%	17%	90%	36%	7%	9%	3%	1%	11%	18%	25%	19%	36%
En cuanto este tipo de daño cada (en m):				6.7		168.3	875.1	8.3	17.4	68.4	20.4	56.1	162.1	4.9	32.2	291.7	397.8	625.1	4376.6	257.4	182.3	93.1	175.0	115.1
Cantidad de tramos por clasificación estructural				ROJO - 2				56	AMARILLO - 3				19	VERDE - 4				26	AZUL - 5				5	
DIÁMETRO	150	4	239.48		100%	4		0%	0		0%	0		0%	0		0%	0		0%	0		0%	0
	200	48	1527.17		50%	24		23%	11		27%	13		27%	13		0%	0		0%	0		0%	0
	250	27	1355.22		59%	16		19%	5		15%	4		15%	4		7%	2		7%	2		7%	2
	300	21	972.75		48%	10		14%	3		33%	7		33%	7		5%	1		5%	1		5%	1
	500	2	90.91		50%	1		0%	0		50%	1		50%	1		0%	0		0%	0		0%	0
	600	4	190.02		25%	1		0%	0		25%	1		25%	1		50%	2		50%	2		50%	2

Tabla 18. Estadística de defectos encontrados en tramos inspeccionados

Se puede indicar que:

- De los tramos de 150mm inspeccionados, todos deben ser rehabilitados de inmediato.
- De los tramos de 200mm inspeccionados, el 50% debe ser rehabilitado de inmediato, y el otro 50% están entre calificación Roja y Amarilla.
- De los tramos de 250mm, el 59% debe ser rehabilitado enseguida, y 41% está también entre Rojo y Amarillo, es decir en mal estado.
- De los tramos de 300mm, el 48% debe ser rehabilitado de inmediato y el 52% están en mal estado.
- Para los diámetros de 500 y 600mm, de los 6 tramos inspeccionados, 2 están en mal estado y 4 en buen estado.
- Otros datos que resaltar en la estadística, es que el 68% de los tramos tiene permeabilidad en juntas con severidad 1.
- Finalmente del universo de tramos analizados, el 50% se encontró agrietamientos, el 72% de los tramos tiene roturas de la tubería y el 90% de las tuberías tienen desviaciones axiales.

Todos estos daños, su cantidad y criticidad, justifican una rehabilitación total de las redes y en la mayoría de los casos se requiere una rehabilitación global

del tramo, ya que en él, se encuentran varios de los daños enlistados en el análisis.

### 5.1.2.2. Resumen de daños y Clasificación de las condiciones de las redes.

En base a la información registrada en las inspecciones, se elabora un cuadro donde se coloca la identificación de cada tramo, sus datos catastrales actualizados de longitud, diámetro, un resumen de los daños encontrados y su valoración en función de la criticidad encontrada de sus daños. Ver Anexo 3. Esta valoración, que se representa por colores, expone la urgencia de intervenciones que se deben hacer en el tiempo.

CATEGORÍA DE INTERVENCIÓN	
Azul	Tramo en buen estado / recientemente instalado.
Verde	Tramo en aceptable estado, intervención a largo plazo.
Amarillo	Tramo que requiere intervención a mediano plazo
Rojo	Tramo que requiere intervención inmediata o a corto plazo

Tabla 19. Categorías para Intervención de la rehabilitación.

Dentro de los puntos más críticos en Urdesa podemos encontrar daños como: corrosión muy severa a lo largo del tramo, grietas y roturas en juntas, roturas severas en el material, rotura con permeabilidad, incrustaciones de raíces, roturas y colapso parcial en la pared del tubo y zona de junta.

Del Anexo 4, podemos extraer que de todos los tramos inspeccionados

ROJO - 2	53%
AMARILLO - 3	17%
VERDE - 4	25%
AZUL - 5	5%

Tabla 20. Distribución de porcentajes por calificación encontrada en el proyecto

### **5.1.2.3. Plano de Severidad de Tramos y prioridades de rehabilitación.**

En base al cuadro de resumen de daños, se elaboró un plano temático donde se ubican los tramos por colores que indican la prioridad de intervención y poder programar los trabajos en el tiempo.

En el Anexo 4, se adjunta el plano en formato A1.

### **5.1.2.4. Tecnologías aplicables**

Dentro de las tecnologías aplicables en nuestro medio, tomando en cuenta las características de los daños encontrados, los diámetros de las tuberías, la frecuencia de daños por tramo, su longitud, la profundidad de los tramos y su ubicación en la ciudad, se plantean cuatro tipos de soluciones, fuera a la de excavaciones con zanja, que también entrarán en la comparación y análisis. Esto en base a la investigación y análisis de cada alternativa, vista en los capítulos 3 y 4.

Estas soluciones o técnicas son:

1. Intervenciones puntuales: QuickPipe (Packers), QuickLock.
2. Sustituciones: Pipe Bursting
3. Renovaciones: CIPP (Cured in place pipe)
4. Rehabilitación para diámetros mayores (Colector Parson): SPR o Inliner con tubería PRFV.
5. Rehabilitación de cámaras de Inspección: que se debe realizar en combinación con cualquiera de los métodos de rehabilitación de tuberías que se defina.

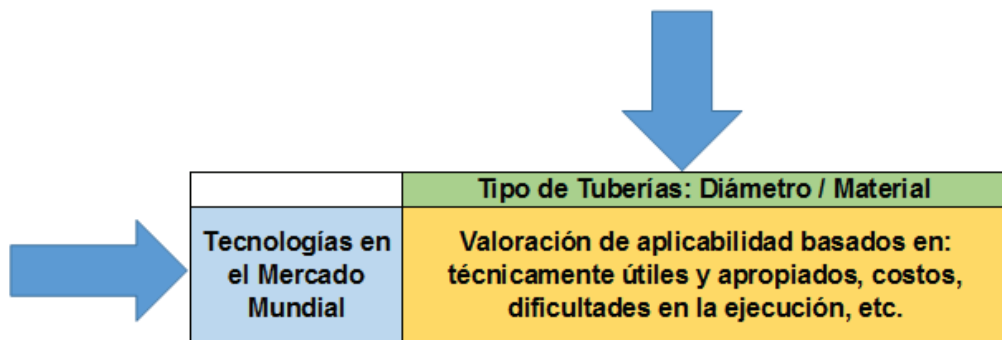
En el análisis que se realice en el capítulo 6, con los valores de costos de cada tecnología, se evaluará la conveniencia de mezclar tecnologías o no, ya que en la actualidad, pocos contratistas en el país, poseen los equipos y experiencia, para el uso de técnicas sin zanja.

Normalmente, los equipos son importados o internados al país, de manera provisional, y para obtener costos aceptables y que motiven a los proveedores de estos servicios, deben generarse proyectos grandes.

Técnicamente, la mezcla de alternativas es la que se indica como solución en la tabla anexa (ver Anexo 4).

Una vez ejecutadas las inspecciones y el diagnóstico de la red, hemos podido conocer los tramos y sus problemas. Conocemos también sus longitudes, diámetros, profundidades y materiales de las tuberías. Conocemos también las bondades y aplicabilidad de las tecnologías y con lo que se revisará en el capítulo 6 de este trabajo, podremos conocer los costos de cada tecnología. Todo esto permitirá armar nuestra matriz, que sin ser un receta, ayudará a estimar en primera instancia o como pre-proyecto, la alternativa más adecuada para las necesidades de rehabilitación de la ciudad.

Siempre se deberá primero realizar la inspección y diagnóstico, con la metodología aplicada en este trabajo.



En el capítulo 9 se mostrará la matriz desarrollada, una vez conocida la valoración económica de cada tecnología y en base a la siguiente estructura:



PRINCIPALES TECNOLOGÍAS	Diámetro (mm)	150		200		250		300		400			500		600		800		1000		> 1200												
	Material	HS	PVC	HS	PVC	HS	PVC	HS	PVC	HS	HA	PVC	HA	PVC	HA	PVC	HA	PVC	HA	GRP	HA	GRP											
REHABILITACIÓN PARCIAL O PUNTUAL	QUICK LOCK /QUICK BIG LOCK	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VALORACIÓN DE LA APLICABILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>MUY RECOMENDABLE SU USO. GRAN ALTERNATIVA</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>RECOMENDABLE CON CONSIDERACIONES ESPECIALES</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>APLICABLE CUANDO EN EL RAMO HAY MUY POCOS O PUNTUALES PROBLEMAS</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>NO APLICABLE / MUY DIFÍCIL SU IMPLEMENTACIÓN /CON GRANDES RIESGOS DE FRACASO / EXCESIVAMENTE CARO</td> </tr> </tbody> </table>																						VALORACIÓN DE LA APLICABILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS		A	MUY RECOMENDABLE SU USO. GRAN ALTERNATIVA	B	RECOMENDABLE CON CONSIDERACIONES ESPECIALES	C	APLICABLE CUANDO EN EL RAMO HAY MUY POCOS O PUNTUALES PROBLEMAS	D	NO APLICABLE / MUY DIFÍCIL SU IMPLEMENTACIÓN /CON GRANDES RIESGOS DE FRACASO / EXCESIVAMENTE CARO
	VALORACIÓN DE LA APLICABILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS																																
	A																							MUY RECOMENDABLE SU USO. GRAN ALTERNATIVA									
B	RECOMENDABLE CON CONSIDERACIONES ESPECIALES																																
C	APLICABLE CUANDO EN EL RAMO HAY MUY POCOS O PUNTUALES PROBLEMAS																																
D	NO APLICABLE / MUY DIFÍCIL SU IMPLEMENTACIÓN /CON GRANDES RIESGOS DE FRACASO / EXCESIVAMENTE CARO																																
PACKERS / MANGAS PARCIALES																																	
ROBOTS / INYECCIÓN DE RESINAS																																	
REHABILITACIÓN GLOBAL O INTEGRAL DE TRAMOS	PIPE BURSTING																																
	CIPP																																
	CLOSE FIT																																
	RELINING																																
	SPR																																

## 5.2. Plan de Rehabilitación.

### 5.2.1. Labores preliminares.

- Se deberá realizar un recorrido del trazado de los tramos a rehabilitar, para conocer las interferencias o dificultades al momento de realizar el trabajo y con ello, prever las acciones que se deban tomar.
- Levantamiento topográfico, de las cámaras de inspección, realizando el levantamiento catastral de todas las bocas de tuberías que descarguen y que salgan de ella. Con especial cuidado de medición de diámetros internos de las tuberías a rehabilitarse y longitudes.
- Levantamiento de bocas de acceso, definiendo cuál es utilizable en el trabajo y cuál deberá ser adecuada para dar espacio a equipos y herramientas en el proceso de rehabilitación.
- Limpieza e inspección de tramos, para verificar si la situación es la misma que en el reporte preliminar o si se encuentran más daños o más severos, de tal manera, que se planifique los trabajos de confirmar o reconsiderar el método inicialmente propuesto de rehabilitación.
- Solicitar los permisos de trabajos en la vía pública otorgados por la Municipalidad de Guayaquil y la Comisión de Tránsito del Ecuador.

- Se deberá prever las comunicaciones con la comunidad y realizar una gestión comunitaria informativa de los alcances y beneficios del proyecto.
- Se deberá elaborar un plan de trabajo y ruta de ejecución, tomando en cuenta las horas de alto tránsito vehicular y peatonal y las condiciones climatológicas del sector, en la época de ejecución.

### **5.2.2. Ejecución de los trabajos**

- Se deberán ejecutar los trabajos civiles preliminares: bocas de entrada en las cámaras de inspección o sondeos estratégicos para la inserción de la nueva tubería, de la tecnología escogida.
- Se deberá señalar el área de trabajo, siguiendo las normas de las entidades relacionadas.
- El personal deberá contar con todos los implementos de seguridad personal, medidores de gases, arnés y líneas de vida, etc., que brinden todas las seguridades en el trabajo.
- Los equipos a utilizarse deberán estar en buen estado y sus operadores capacitados. Así mismo deberá dárseles charlas donde se indiquen los riesgos a los que se exponen en la ejecución.
- Se colocarán tapones en sitios estratégicos, para disminuir el volumen de agua que llega al o los tramos a rehabilitarse.
- El agua remanente de las infiltraciones freáticas, deberá ser constantemente bombeada, con bombas de achique.
- En caso de usar el Pipe Bursting, deberá previamente ejecutarse la demolición parcial de la paredes de las cámaras de inspección, alrededor de las tuberías de entrada y salida, que se van a rehabilitar, para no impedir el paso del cono o cabezal de expansión y pueda ingresar la nueva tubería.
- Se realizará de ser necesario, una nueva limpieza y sellado de infiltraciones más severas, en caso de escogerse CIPP, SPR o Relining.

- Se aplicará la tecnología escogida y será direccionada para ambos lados, para poder aprovechar el punto de acceso adecuado y evitar construir muchos de estos en la ruta.
- Todos los equipos y personal, permanecerán dentro del área señalizada y esta deberá estar organizada y limpia. Cualquier material excedente deberá ser retirado.

### **5.2.3. Labores Posteriores.**

- Se deberán ejecutar los resanes y reposiciones necesarias para recuperar las cámaras de inspección, sus bocas y todos los pavimentos que por sondeos que hayan sido necesario construir.
- Se realizará la rehabilitación de las cámaras de inspección.
- Se realizará una nueva inspección con CCTV para verificar la calidad de la instalación de la nueva tubería o manga.
- Se realizará la limpieza del sitio y retiro de señalización, una vez que el concreto utilizado tenga la resistencia especificada.
- Se abrirá la vía de manera total.

## **CAPÍTULO 6.**

### **6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE CADA ALTERNATIVA DE REHABILITACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE FRONTERAS PARA LA TOMA DE DECISIONES.**

#### **6.1. Estimación de costos de las tecnologías aplicables.**

Una vez conocidas y definidas las alternativas aplicables para la renovación, sustitución o reparación de la red de colectores sanitarios del sector de Urdesa, en función de los daños encontrados y de la degradación de su estado por vejez y operación, corresponde ahora, elaborar la valoración económica de estas tecnologías, compararlas entre sí y también con el método tradicional de zanja abierta.

Conociendo que cada tramo tiene su calificación en función de su estado, se elaboró el presupuesto de rehabilitación de cada tramo en particular, para luego obtener el costo total del proyecto. Los costos de cada tramo y de la rehabilitación total, se detallan en el Anexo 5.

La calificación o valoración dada en la etapa de diagnóstico estructural, recomienda las prioridades de rehabilitación de los tramos, por lo que se pueden definir programas de rehabilitación progresivos en el tiempo y que no impacten fuertemente la economía de las entidades operadoras de los servicios de alcantarillado, distribuyendo la inversión por etapas.

También hay que considerar que los costos obtenidos en este trabajo, obedecen a proyectos grandes de rehabilitación. En caso de reducirse el tamaño del proyecto, los precios, de rehabilitación sin zanja, podrían incrementarse, debido a que a la fecha no existen muchas alternativas de proveedores locales con experiencia. Los costos de importación o de

internación temporal inciden menos en proyectos grandes, que en trabajos más pequeños.

En esta comparación de costos, no se incluye la rehabilitación de las cámaras de inspección, ya que en cualquiera de los métodos que se escoja, deberá realizar un trabajo de rehabilitación en cada una de ellas.

En el Anexo 5, se adjunta el presupuesto referencial de cada tramo y el total de todo el proyecto con las siguientes metodologías:

- Método Tradicional con zanja abierta
- Método sin zanja: Pipe Bursting
- Método sin zanja: CIPP
- Métodos sin zanja de rehabilitación parcial: Quick Lock y Manga parcial.

De estas tablas se puede extraer, en resumen, para este proyecto los siguientes costos:

CANTIDAD DE TRAMOS	4	47	27	21	2	4	105
DIÁMETRO (m)	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600	
LONGITUD (m)	239.38	1393.87	1403.44	1040.08	74.5	199.5	4350.77
COSTO TRAMO Método Tradicional(USD)	\$ 64,849.83	\$ 400,468.64	\$ 367,686.86	\$ 344,535.98	\$ 33,211.07	\$ 98,968.54	\$ 1,309,720.32
COSTO TRAMO Método PIPE BURSTING(USD)	\$ 32,239.80	\$ 214,816.09	\$ 244,549.32	\$ 228,066.10	\$ 40,055.69	\$ 179,098.36	\$ 938,825.36
COSTO TRAMO Método CIPP(USD)	\$ 47,301.36	\$ 289,218.21	\$ 316,736.87	\$ 274,714.65	\$ 31,002.86	\$ 93,813.11	\$ 1,052,787.06
COSTO POR ML Método Tradicional	\$ 270.91	\$ 287.31	\$ 261.99	\$ 331.26	\$ 445.79	\$ 496.08	\$ 301.03
COSTO POR ML Método PIPE BURSTING	\$ 134.68	\$ 154.11	\$ 174.25	\$ 219.28	\$ 537.66	\$ 897.74	\$ 215.78
COSTO POR ML Método CIPP	\$ 197.60	\$ 207.49	\$ 225.69	\$ 264.13	\$ 416.15	\$ 470.24	\$ 241.98

Tabla 21. Comparación de costos entre método tradicional, pipe bursting y CIPP. Fuente: Operaciones Interagua C. Ltda.

En base a las prioridades de rehabilitación, definidas en el proceso del diagnóstico estructural de la tubería, se establecen las longitudes por diámetro y por calificación estructural en la siguiente tabla:

LONGITUD POR DIÁMETRO Y POR CALIFICACIÓN ESTRUCTURAL							
CATEGORÍA	LONGITUD TOTAL / DIÁMETRO	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600
NEGRO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ROJO	2210.96	239.38	691.64	747.76	418.68	51.50	62.00
AMARILLO	792.03	0.00	297.45	355.68	138.90	0.00	0.00
VERDE	1010.28	0.00	356.78	158.00	410.50	23.00	62.00
AZUL	337.50	0.00	48.00	142.00	72.00	0.00	75.50
	4350.77	239.38	1393.87	1403.44	1040.08	74.50	199.50

Tabla 22. Distribución de longitudes por clasificación de daños.

La distribución de costos en base a esta división, ayudará a definir las etapas en que podría ejecutarse el proyecto, tomando en consideración el grado y severidad de los daños de las tuberías, aunque es preferible siempre trabajar tramos continuos, para mejorar los rendimientos y evitar la movilización de los equipos de un lado a otro, lo que conlleva demoras en el proyecto.

PRESUPUESTO POR ETAPAS CON MÉTODO TRADICIONAL DE ZANJA ABIERTA							
CATEGORÍA	COSTO TOTAL	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600
NEGRO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ROJO	\$ 651,874.75	\$ 64,849.83	\$ 198,713.03	\$ 195,905.44	\$ 138,691.32	\$ 22,957.99	\$ 30,757.14
AMARILLO	\$ 224,655.79	\$ -	\$ 85,459.47	\$ 93,184.51	\$ 46,011.81	\$ -	\$ -
VERDE	\$ 320,891.63	\$ -	\$ 102,505.40	\$ 41,394.38	\$ 135,981.63	\$ 10,253.08	\$ 30,757.14
AZUL	\$ 112,298.15	\$ -	\$ 13,790.74	\$ 37,202.54	\$ 23,850.61	\$ -	\$ 37,454.26
	\$ 1,309,720.32	\$ 64,849.83	\$ 400,468.64	\$ 367,686.86	\$ 344,535.38	\$ 33,211.07	\$ 98,968.54

Tabla 23. PRESUPUESTO CON MÉTODO TRADICIONAL

PRESUPUESTO POR ETAPAS CON PIPE BURSTING							
CATEGORÍA	COSTO TOTAL	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600
NEGRO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ROJO	\$ 444,285.17	\$ 32,239.80	\$ 106,592.01	\$ 130,297.12	\$ 91,807.09	\$ 27,689.51	\$ 55,659.64
AMARILLO	\$ 138,276.32	\$ -	\$ 45,841.47	\$ 61,977.21	\$ 30,457.64	\$ -	\$ -
VERDE	\$ 240,555.82	\$ -	\$ 54,985.10	\$ 27,531.49	\$ 90,013.40	\$ 12,366.19	\$ 55,659.64
AZUL	\$ 115,708.06	\$ -	\$ 7,397.51	\$ 24,743.49	\$ 15,787.98	\$ -	\$ 67,779.08
	\$ 938,825.36	\$ 32,239.80	\$ 214,816.09	\$ 244,549.32	\$ 228,066.10	\$ 40,055.69	\$ 179,098.36

Tabla 24. PRESUPUESTO CON TECNOLOGIA PIPE BURSTING

PRESUPUESTO POR ETAPAS CON CIPP							
CATEGORÍA	COSTO TOTAL	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600
NEGRO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ROJO	\$ 520,742.54	\$ 47,301.36	\$ 143,510.43	\$ 168,759.02	\$ 110,585.27	\$ 21,431.51	\$ 29,154.95
AMARILLO	\$ 178,678.24	\$ -	\$ 61,718.78	\$ 80,272.03	\$ 36,687.43	\$ -	\$ -
VERDE	\$ 256,838.74	\$ -	\$ 74,029.34	\$ 35,658.40	\$ 108,424.70	\$ 9,571.35	\$ 29,154.95
AZUL	\$ 96,527.53	\$ -	\$ 9,959.66	\$ 32,047.42	\$ 19,017.24	\$ -	\$ 35,503.21
	\$ 1,052,787.06	\$ 47,301.36	\$ 289,218.21	\$ 316,736.87	\$ 274,714.65	\$ 31,002.86	\$ 93,813.11

Tabla 25. PRESUPUESTO CON TECNOLOGIA CIPP



Como se aprecia, del resumen anterior no se incluye en la comparación las tecnologías sin zanja de reparación puntual (Quick lock, packers), en vista que con la gran cantidad de daños y observaciones que posee cada tramo analizado, no es conveniente su uso, no sólo porque no es una solución práctica técnicamente, sino, no viable económicamente, salvo, en tramos que tengan muy pocos daños y se pueda aplicar el método de reparaciones parciales. Sin embargo, se presenta el costo, si se utiliza este par de tecnologías de rehabilitación puntual como solución de todo el proyecto:

PRESUPUESTO CON QUICK LOCK / QUICK BIG LOCK							
CATEGORÍA / DIÁMETRO (MM)	150	200	250	300	500	600	Total general
NEGRO- 1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ROJO - 2	\$ 248,459.68	\$ 466,334.50	\$ 327,934.18	\$ 217,733.45	\$ 37,630.40	\$ 43,471.73	\$ 1,341,563.93
AMARILLO - 3		\$ 160,000.98	\$ 295,397.63	\$ 112,465.63			\$ 567,864.23
VERDE - 4		\$ 226,735.05	\$ 111,309.25	\$ 134,958.75	\$ 9,407.60	\$ 57,962.30	\$ 540,372.95
AZUL - 5			\$ 7,706.03	\$ 32,390.10		\$ 52,693.00	\$ 92,789.13
Total general	\$ 248,459.68	\$ 853,070.53	\$ 742,347.08	\$ 497,547.93	\$ 47,038.00	\$ 154,127.03	\$ 2,542,590.23

Tabla 26. PRESUPUESTO CON EL MÉTODO QUICK LOCK

PRESUPUESTO CON PACKERS (MANGAS PARCIALES)							
CATEGORÍA / DIÁMETRO (MM)	150	200	250	300	500	600	Total general
NEGRO- 1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ROJO - 2	\$ 96,900.00	\$ 290,000.00	\$ 325,550.00	\$ 302,500.00	\$ 65,600.00	\$ 76,395.00	\$ 1,156,945.00
AMARILLO - 3		\$ 99,500.00	\$ 293,250.00	\$ 156,250.00			\$ 549,000.00
VERDE - 4		\$ 141,000.00	\$ 110,500.00	\$ 187,500.00	\$ 16,400.00	\$ 101,860.00	\$ 557,260.00
AZUL - 5			\$ 7,650.00	\$ 45,000.00		\$ 92,600.00	\$ 145,250.00
Total general	\$ 96,900.00	\$ 530,500.00	\$ 736,950.00	\$ 691,250.00	\$ 82,000.00	\$ 270,855.00	\$ 2,408,455.00

Tabla 27. PRESUPUESTO CON MÉTODO PACKERS

Este presupuesto fue elaborado sumando la cantidad de daños presentados en la tabla resumen, que pueden repararse con método parcial o puntual. En cuanto a los costos unitarios referenciales de la tecnología Quick Lock, se muestra la siguiente tabla resumen:

DIÁMETRO (MM)	MANGUITO ACERO INOXIDABLE	JUNTA EPDM	COMENTARIO	COSTO MATERIALES	COSTO EQUIPO	ALQUILER EQUIPO (DÍA)	ACCESORIOS	MANO DE OBRA	COSTO TOTAL
150	\$ 205.90	\$ 58.00	L=400MM	\$ 263.90	\$ 3,820.75	\$ 43.50	\$ 2,465.00	\$ 256.41	\$ 769.23
200	\$ 226.20	\$ 60.90	L=400MM	\$ 287.10	\$ 3,820.75	\$ 43.50	\$ 2,465.00	\$ 268.01	\$ 804.03
250	\$ 237.80	\$ 84.10	L=400MM	\$ 321.90	\$ 4,776.30	\$ 43.50	\$ 2,465.00	\$ 285.41	\$ 856.23
300	\$ 263.90	\$ 87.00	L=400MM	\$ 350.90	\$ 4,776.30	\$ 43.50	\$ 2,465.00	\$ 299.91	\$ 899.73
350	\$ 278.40	\$ 108.75	L=400MM	\$ 387.15	\$ 6,269.80	\$ 72.50	\$ 2,465.00	\$ 332.53	\$ 997.60
400	\$ 305.95	\$ 114.55	L=400MM	\$ 420.50	\$ 6,269.80	\$ 72.50	\$ 2,465.00	\$ 349.21	\$ 1,047.63
500	\$ 378.45	\$ 127.60	L=500MM	\$ 506.05	\$ 6,269.80	\$ 72.50	\$ 2,465.00	\$ 391.98	\$ 1,175.95
600	\$ 455.30	\$ 145.00	L=500MM	\$ 600.30	\$ 9,555.50	\$ 72.50	\$ 2,465.00	\$ 439.11	\$ 1,317.33
700	\$ 524.90	\$ 162.40	L=500MM	\$ 687.30	\$ 9,555.50	\$ 72.50	\$ 2,465.00	\$ 482.61	\$ 1,447.83
800	\$ 549.55	\$ 178.35	L=500MM	\$ 727.90	N/A	\$ 72.50	\$ 5,075.00	\$ 611.66	\$ 1,834.98
900	\$ 813.45	\$ 89.90	L=200MM	\$ 903.35	N/A	\$ 72.50	\$ 5,075.00	\$ 699.38	\$ 2,098.15
1000	\$ 830.85	\$ 89.90	L=200MM	\$ 920.75	N/A	\$ 72.50	\$ 5,075.00	\$ 708.08	\$ 2,124.25
1200	\$ 887.40	\$ 118.90	L=200MM	\$ 1,006.30	N/A	\$ 72.50	\$ 5,075.00	\$ 750.86	\$ 2,252.58

Tabla 28. Costos de insumos para Quick Lock y Quick big Lock – Fuente IST

		REHABILITACIÓN PARCIAL / PUNTUAL	
DIÁMETRO	MATERIAL	QUICK LOCK / QUICK BIG LOCK	PACKERS (MANGAS PARCIALES)
150	HS	\$ 769.23	\$ 300.00
200	HS	\$ 804.03	\$ 500.00
250	HS	\$ 856.23	\$ 850.00
300	HS	\$ 899.73	\$ 1,250.00
400	HS	\$ 1,047.63	\$ 1,800.00
500	HA	\$ 1,175.95	\$ 2,050.00
600	HA	\$ 1,317.33	\$ 2,315.00

Tabla 29. Costos Unitarios referenciales de Quick Lock y Packers – Fuente IST / Interagua C.Ltda.

Finalmente, las tecnologías propuestas y que se recomienda en este trabajo de investigación son rehabilitaciones integrales de cada tramo analizado.

Cabe mencionar que este sector es atravesado por el colector Parson cuyo diámetro de 54" (1372 mm), requerirá un análisis particular. Para colectores de gran diámetro, las técnicas como el pipe bursting no son la mejor alternativa. Para estos casos debe entrar al análisis tecnologías como el Relining, SPR o el mismo CIPP, aunque experiencias en estos diámetros con CIPP y tramos largos, no son comunes en el mundo, por convertirse en una

alternativa muy cara y con grandes riesgos de fracaso, por el manejo del peso de las felpas y el curado de resinas, en climas como el de Guayaquil.

En el proceso de investigación de costos de estas tecnologías de grandes diámetros, se encontró que para un proyecto de rehabilitación de 2Km de colectores de 1500 y 2000mm en el sur de Guayaquil, se presupuestaron costos referenciales globales de:

Rehabilitación con SPR				
Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Costo Total
Limpieza de tramo de colectores de 1500 y 2000mm	m	\$ 280.00	2015	\$ 564,200.00
Manejo de Aguas: Instalación de bombas y construcción de by pass provisional	m	\$ 150.00	2015	\$ 302,250.00
Rehabilitación con SPR DN 1500mm	m	\$ 2,000.00	1226.3	\$ 2,452,600.00
Rehabilitación con SPR DN 2000mm	m	\$ 2,500.00	788.7	\$ 1,971,750.00
<b>COSTOS TOTALES</b>				<b>\$ 5,290,800.00</b>

Tabla 30. Costos de Rehabilitación con SPR en grandes diámetros. Fuente: Forever Pipe.

Lo que define costos referenciales por metro de:

Costo por ml DN1500mm	\$ 2,430.00
Costo por ml DN2000mm	\$ 2,930.00

De proyectos ejecutados con tecnologías sin Zanja en grandes diámetros en Guayaquil, se presentan los siguientes proyectos:

REHABILITACIONES EN ALCANTARILLADO SIN ZANJA EN GUAYAQUIL							
PROYECTO	DIÁMETRO	LONGITUD (m)	MÉTODO	COSTO CON IVA	EJECUTOR	AÑO	COSTO POR METRO (m)
Rehabilitación de Tramo de Parson Norte - Planta Progreso	55"(1400mm)	42.80	CIPP	\$ 94,817.41	PIPETECH	2007	\$ 2,215.36
Microcuenca 3 del Colector 27 (Cisne-Suburbio)	8" a 16"	979.22	CIPP	\$ 304,251.11	ELECTRICA LA UNION (OTEK)	2010	\$ 310.71
Emisario de Planta Progreso	36"(900mm)	48.00	RELINING CON PRFV RIVAL 700MM	\$ 98,577.15	SADE	2013	\$ 2,053.69
Colector White: Calle 6 de marzo entre Fco. Segura y O'Connor	60"(1500mm)	110.00	RELINING CON PRFV HOBAS 1400MM	\$ 540,253.00	SADE	2014	\$ 4,911.39

Tabla 31. Costos de Proyectos Ejecutados en Guayaquil con Tecnologías sin Zanja – Alcantarillado. Fuente: Subgerencia de Zonas Operativas – Interagua C. Ltda.

## 6.2. Comparación de Cronogramas de Ejecución entre tecnologías.

Otro factor a considerar en la toma de decisión en la elección de la metodología a emplearse en la rehabilitación de las redes de alcantarillado de Urdesa, es el tiempo de ejecución de los trabajos y la afectación del servicio a los usuarios, como su impacto ambiental a todo el sector afectado.

Por lo que los plazos para la ejecución, tendrán su peso al momento de seleccionar la técnica.

Se ha elaborado un cronograma de ejecución del método tradicional de zanja abierta, el de pipe bursting y el de CIPP:

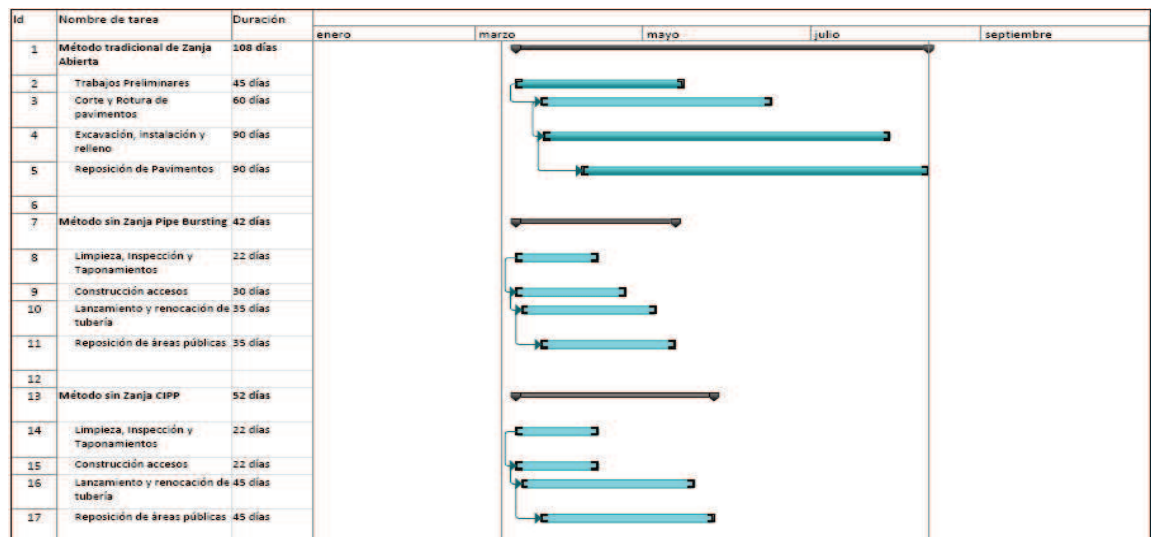


Tabla 32. Cronograma de Ejecución de Método Tradicional, Pipe Bursting y CIPP.

En estos cronogramas se observan claramente que los métodos sin zanja, reducen el tiempo de la afectación al servicio y el impacto a la comunidad entre un 40 a 50%, con respecto al de zanja abierta.

## 6.3. Definición de Fronteras.

Definitivamente cuando en los tramos de redes existan daños mayores al 15% del número de juntas del tramo, deberá pensarse en una rehabilitación integral y descartar la posibilidad del uso de reparaciones puntuales o parciales.

Si se está escogiendo como alternativas de rehabilitación entre el CIPP y el Pipe Bursting, será importante conocer el material de la tubería, ya que si son tuberías, por ejemplo de hormigón armado, el pipe bursting se vuelve complicado, requiriendo cuchillas especiales y será preferible el uso de CIPP o Relining, controlando que, en esta última alternativa, la capacidad hidráulica soporte la reducción del diámetro.

Es preferible utilizar el Pipe Bursting, Close fit o Relining, en tuberías que posean severos agrietamientos o que su capacidad estructural esté muy disminuida, ya que al escoger CIPP, la manga escogida debería tener carácter de estructural, lo cual puede encarecer la instalación.

## **CAPÍTULO 7.**

### **7. ANÁLISIS FINANCIERO Y TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN.**

#### **7.1. Antecedentes.**

Con el propósito de cumplir con objetivos previstos en la presente investigación, referente a: “Criterios para la toma de decisión de rehabilitar o renovar la infraestructura hidráulica con evaluación económica de las alternativas para el sistema de alcantarillado sanitario del sector “Urdesa” en la ciudad de Guayaquil”, se ha preparado una matriz con la correspondiente identificación de problemas con soluciones para cada tipo, y con ello llevar al costo de rehabilitación de acuerdo a la alternativa de solución estimada.

En base a la evaluación de los problemas encontrados y de la correspondiente valoración técnica, el estudio plantea varias alternativas de solución. Estas han sido evaluadas con criterio técnico, económico, financiero y ambiental.

En esta parte se enfoca la selección de la alternativa óptima, en función de los análisis respectivos, para llegar luego a un análisis Financiero y finalmente tener una idea del tiempo del retorno de la inversión desde la puesta en marcha del presente proyecto.

#### **7.2. Elección de la alternativa óptima.**

##### **7.2.1. Planteamiento de alternativas.**

Las alternativas en los proyectos cumplieron los siguientes criterios:

- Uso de la(s) Tecnología(s) apropiada(s).
- Ser económicamente comparables, lo que significa es que cada alternativa se evalúa para una misma población con beneficios similares.



- Mínimo impacto a la población.

Las alternativas escogidas para la presente investigación son las siguientes:

### 7.2.1.1. Alternativa 1

Esta alternativa considera realizar la rehabilitación en los tramos de colectores en base a la categorización adoptada de acuerdo a la matriz de estudio, y con cronograma propuesto utilizando para ello el método tradicional, mediante la ejecución de zanjas para reemplazar los tramos requeridos de tuberías de colectores de estos sectores identificados como 1 y 2 en Urdesa.

En la fase de diagnóstico, se identificaron 13 colectores principales que evacuan las aguas servidas de los sectores a un sistema principal denominado PARSON NORTE.

Cabe indicar que los colectores a rehabilitar, se identificaron por categorización y por diámetros de acuerdo a la siguiente tabla resumen:

LONGITUD POR DIÁMETRO Y POR CALIFICACIÓN ESTRUCTURAL							
CATEGORÍA	LONGITUD TOTAL / DIÁMETRO	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600
NEGRO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ROJO	2210.96	239.38	691.64	747.76	418.68	51.50	62.00
AMARILLO	792.03	0.00	297.45	355.68	138.90	0.00	0.00
VERDE	1010.28	0.00	356.78	158.00	410.50	23.00	62.00
AZUL	337.50	0.00	48.00	142.00	72.00	0.00	75.50
	4350.77	239.38	1393.87	1403.44	1040.08	74.50	199.50

Tabla 33. RESULTADOS DE CALIFICACION ESTRUCTURAL POR DIAMETROS DE COLECTORES ANALIZADOS

Implantación del Sector 1, por categorización de daños analizados (VER-ANEXO 4)



Implantación del Sector 2, por categorización de daños analizados (VER ANEXO 4)



Esta alternativa 1, plantea el reemplazo de tramos de colector mediante el proceso de excavaciones en zanja, en base a las prioridades de rehabilitación, para lograr mejorar el funcionamiento de la recepción y transporte de caudales de aguas residuales.

Para ello requiere de un presupuesto estimativo de \$ 1'309.720,32 de acuerdo al siguiente desglose.

PRESUPUESTO POR ETAPAS CON MÉTODO TRADICIONAL DE ZANJA ABIERTA							
CATEGORÍA	COSTO TOTAL	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600
NEGRO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ROJO	\$ 651,874.75	\$ 64,849.83	\$ 198,713.03	\$ 195,905.44	\$ 138,691.32	\$ 22,957.99	\$ 30,757.14
AMARILLO	\$ 224,655.79	\$ -	\$ 85,459.47	\$ 93,184.51	\$ 46,011.81	\$ -	\$ -
VERDE	\$ 320,891.63	\$ -	\$ 102,505.40	\$ 41,394.38	\$ 135,981.63	\$ 10,253.08	\$ 30,757.14
AZUL	\$ 112,298.15	\$ -	\$ 13,790.74	\$ 37,202.54	\$ 23,850.61	\$ -	\$ 37,454.26
	\$ 1,309,720.32	\$ 64,849.83	\$ 400,468.64	\$ 367,686.86	\$ 344,535.38	\$ 33,211.07	\$ 98,968.54

Tabla 34. COSTO DE ALTERNATIVA 1

### 7.2.1.2. Alternativa 2

La alternativa 2 satisface también el mejoramiento del sistema, pero utilizando métodos no tradicionales, esto es con aplicación de tecnologías de punta aplicable a la situación geográfica del proyecto en concordancia con lo que ya se está utilizando en el Continente. Este método se refiere a la tecnología PIPE BURSTING. El presente trabajo con esta metodología requiere de una inversión aproximada a \$ 938.825, 36.

PRESUPUESTO POR ETAPAS CON PIPE BURSTING							
CATEGORÍA	COSTO TOTAL	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600
NEGRO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ROJO	\$ 444,285.17	\$ 32,239.80	\$ 106,592.01	\$ 130,297.12	\$ 91,807.09	\$ 27,689.51	\$ 55,659.64
AMARILLO	\$ 138,276.32	\$ -	\$ 45,841.47	\$ 61,977.21	\$ 30,457.64	\$ -	\$ -
VERDE	\$ 240,555.82	\$ -	\$ 54,985.10	\$ 27,531.49	\$ 90,013.40	\$ 12,366.19	\$ 55,659.64
AZUL	\$ 115,708.06	\$ -	\$ 7,397.51	\$ 24,743.49	\$ 15,787.98	\$ -	\$ 67,779.08
	\$ 938,825.36	\$ 32,239.80	\$ 214,816.09	\$ 244,549.32	\$ 228,066.10	\$ 40,055.69	\$ 179,098.36

Tabla 35. COSTO DE ALTERNATIVA 2

### 7.2.1.3. Alternativa 3

La alternativa 3, utiliza también métodos no tradicionales, con aplicación de tecnologías de punta acorde con la situación geográfica del proyecto. Este método utiliza tecnología CIPP, se requiere de una inversión aproximada a: \$ 1'052.787,06

PRESUPUESTO POR ETAPAS CON CIPP							
CATEGORÍA	COSTO TOTAL	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600
NEGRO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ROJO	\$ 520,742.54	\$ 47,301.36	\$ 143,510.43	\$ 168,759.02	\$ 110,585.27	\$ 21,431.51	\$ 29,154.95
AMARILLO	\$ 178,678.24	\$ -	\$ 61,718.78	\$ 80,272.03	\$ 36,687.43	\$ -	\$ -
VERDE	\$ 256,838.74	\$ -	\$ 74,029.34	\$ 35,658.40	\$ 108,424.70	\$ 9,571.35	\$ 29,154.95
AZUL	\$ 96,527.53	\$ -	\$ 9,959.66	\$ 32,047.42	\$ 19,017.24	\$ -	\$ 35,503.21
	\$ 1,052,787.06	\$ 47,301.36	\$ 289,218.21	\$ 316,736.87	\$ 274,714.65	\$ 31,002.86	\$ 93,813.11

Tabla 36. COSTO DE ALTERNATIVA 3

#### 7.2.1.4. Alternativa 4

Esta alternativa, considera una combinación de las alternativas 2 y 3, tomando en cuenta la rehabilitación recomendadas por su diámetro, esto es con aplicación de PIPE BURSITING, hasta 300mm y mayores a este con tecnología CIPP

La aplicación de esta tecnología, que podría llamarse mixta entre CIPP y PIPE BURSTING, requiere de una inversión aproximada a: \$ 844.483, 22, con el siguiente desglose de información:

PRESUPUESTO POR ETAPAS CON PIPE BURSTING Y CIPP							
CATEGORÍA	COSTO TOTAL	0,150	0,200	0,250	0,300	0,500	0,600
NEGRO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ROJO	\$ 411.522,48	\$ 32.239,80	\$ 106.592,01	\$ 130.297,12	\$ 91.807,09	\$ 21.431,51	\$ 29.154,95
AMARILLO	\$ 138.276,32	\$ -	\$ 45.841,47	\$ 61.977,21	\$ 30.457,64	\$ -	\$ -
VERDE	\$ 211.255,24	\$ -	\$ 54.985,10	\$ 27.531,49	\$ 90.013,40	\$ 9.571,35	\$ 29.153,90
AZUL	\$ 83.429,19	\$ -	\$ 7.397,51	\$ 24.743,49	\$ 15.787,98	\$ -	\$ 35.500,21
	\$ 844.483,22	\$ 32.239,80	\$ 214.816,09	\$ 244.549,32	\$ 228.066,10	\$ 31.002,86	\$ 93.809,06

Tabla 37. COSTO DE ALTERNATIVA 4

#### 7.2.2. Análisis de alternativas.

Se considera para el método del presente análisis, que las 4 alternativas planteadas son comparables, considerando que presentan los mismos beneficios, es decir garantizan la operatividad del Sistema. En consecuencia, la selección óptima entre ellas, se inclina por la del mínimo impacto (menor



tiempo) y mejor costo. Es entonces, que la Alternativa 4, reúne estos requisitos con un costo de rehabilitación de \$ 844.483, 22, y un período de ejecución de 4 meses.

### **7.2.3. Evaluación Económica.**

#### **7.2.3.1. Metodología utilizada.**

El proyecto contiene todos los elementos planteados en el estudio, para la rehabilitación del servicio de alcantarillado sanitario de Urdesa, se ha realizado también la evaluación para determinar la rentabilidad del proyecto.

La estimación de egresos está prevista en las etapas de construcción de la alternativa, estos se basan en los resultados del estudio de las inversiones requeridas que constan en la memoria técnica.

Los flujos respectivos de costos de inversión, operación y mantenimiento se calcula con un descuento a una tasa del 12% (costo económico de oportunidad del capital); con ello se debe actualizar los precios unitarios de los rubros que requiere la inversión para ejecutar el proyecto.

Para la aplicación del presente método se utilizó información de varios análisis estadísticos y económicos que soportan el presente proyecto.

- Estudios de costos del proyecto que demanda el servicio.
- Determinación de costo-beneficio.

#### **7.2.3.2. Costos de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado del sector piloto Urdesa.**

##### **7.2.3.2.1. Costo de personal**

La evaluación de costos del proyecto de Rehabilitación al Sistema de Alcantarillado Sanitario de Urdesa, incluye los de mantenimiento, definiendo las necesidades de recursos humanos con los costos que ello implica. Están de acuerdo con las cantidades necesarias para una operación satisfactoria del sistema.

Para ello, se ha estimado que la administración del sistema de alcantarillado que comprende: control, Rehabilitación y mantenimiento de las redes sanitarias, será óptima con el apoyo de 8 personas, de los cuales 4 personas (Ing. Civil Jefe de Sección, Supervisor, 1 Operador de HK, y 1 asistente) realizarán labores la mitad del tiempo en el sistema de Mantenimiento, y el otro 50% del tiempo en labores de operación: 2 operadores de alcantarillado, 2 jornaleros y 1 guardián van a tener sus labores permanentes en el sistema de alcantarillado.

El costo de personal requerido para el mantenimiento del sistema de alcantarillado, una vez rehabilitado alcanza la suma mensual de 1.098,83 dólares, dando un total anual de 13.186 dólares para todos los años del proyecto a precios corrientes.

#### **7.2.3.2.2. Determinación de la mano de obra calificada - MOC**

Se considera mano de obra calificada - MOC al personal técnico, es decir, aquellos que han recibido su respectiva especialización para desempeñar sus funciones. En el siguiente cuadro se puede observar un detalle del personal que representa la MOC:

Sistema de alcantarillado sanitario para sector Piloto Urdesa, determinación de la mano de obra calificada

DENOMINACION	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL PROMEDIO	% DE ATENCION AL SECTOR	TOTAL mensual
Ing. Jefe de Sección	1	1500	0,2	300
Supervisor	1	1100	0,2	220
1 operador HK	1	700	0,2	140
Asistente	1	500	0,2	100
SUB TOTAL MENSUAL				\$ 760,00
TOTAL ANUAL				\$ 9.120,00

Tabla 38. Costos por usos de mano de obra calificada

La operación y mantenimiento del sistema se ha evaluado con la participación de 3 técnicos, el área administrativa por un asistente.

Del cuadro se desprende que, el costo por MOC asciende a 9.120 dólares anuales, considerando el pago a tiempo porcentual; en términos relativos este costo representa el 69% del costo total estimado para el mantenimiento

#### 7.2.3.2.3. Determinación de la mano de obra no calificada - MONC

Se considera mano de obra no calificada - MONC, al personal que labora en actividades que no demande de mayor especialización en las actividades que debe realizar; el desglose de la MONC del proyecto se observa en el siguiente cuadro:

Determinación de la mano de obra no calificada – MONC

DENOMINACION	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL PROMEDIO	% DE ATENCION AL SECTOR	TOTAL mensual
Obreros	2	490	0,2	196
Guardia	1	354	0,2	70,8
Chofer	1	354	0,2	70,8
TOTAL MENSUAL				\$ 337,60
TOTAL ANUAL				\$ 4.051,20

Tabla 39. Costos por usos de mano de obra no calificada



La mano de obra no calificada está compuesta por 4 personas, 2 operadores de alcantarillado, 1 chofer ayudante, y 1 guardián. El costo total por este concepto asciende a 4.051, 20 dólares anuales, que representa el 31% del total de los gastos estimado realizar el mantenimiento.

### 7.2.3.3. Costos de materiales e insumos

El costo de materiales e insumos para la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario, se ha estimado en el 0.5% del costo del mantenimiento, el mismo que asciende a 7.911,60 dólares anuales a precios de eficiencia.

### 7.2.3.4. Costo de la Rehabilitación como obra civil

La ejecución de la Rehabilitación como obra civil, considera iniciarse en el año 2015. El monto total incluyendo costos indirectos asciende a \$ 1'064.048,86 dólares; y los costos directos tienen un valor de 844.483,22 dólares.

Costos del Proyecto por tipo de costo a precios de eficiencia

PROYECTO	COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	OTROS IMPREVISTOS	COSTO TOTAL
REHABILITACION SECTOR PILOTO URDESA	\$ 844.483,22	\$ 177.341,48	\$ 42.224,16	\$ 1.064.048,86

Tabla 40. Costo del Proyecto, a precios de eficiencia

De los valores que se observan en el cuadro, los costos directos representan el 77%, los indirectos el 19%, y otros de 4% como costos que incluye la fiscalización, por otra parte el costo ambiental el 0.06% del total del costo total estimado para la rehabilitación

### 7.2.4. Determinación de la TIR

El análisis para la obtención final de resultados, respecto a la evaluación económica, se basa en los indicadores convencionales, en cuanto a la tasa interna de retorno económica (TIRE) y valor actual neto económico (VANE), obteniéndose un VANE de \$ 83.662 y un TIRE del 13.82% al 12% anual.

En consecuencia, de acuerdo a los resultados obtenidos se define al proyecto como rentable desde el punto de vista económico, y también sostenible en lo ambiental y social.

### 7.2.5. Estudio de sensibilidad

El estudio de sensibilidad adoptado para el análisis del presente proyecto se basa en indicadores de rentabilidad económica ante variaciones porcentuales de  $\pm 10$ , y  $\pm 25$  de los beneficios. Los resultados presentan valores que todavía permiten recomendar la ejecución del proyecto como se puede ver a continuación:

	INVERSIÓN	CO&M	BENEFICIOS
-25%	21,78	15,86	9,63
-10%	17,60	15,59	13,18
10%	13,56	15,23	17,56
25%	20.01	23.63	31.63

Tabla 41. Resumen del Análisis de sensibilidad de la TIR

+10%					+10%					+10%				
AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS DE OYM	BENEFI	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO
	(a)	(c)		(e=d-(b-c))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))
2015	928.932			(928.932)	2015	844.483			(844.483)	2015	844.483			(844.483)
2016		13.186	150.366	137.180	2016		14.505	150.366	135.862	2016		13.186	165.403	152.217
2017		13.186	152.265	139.079	2017		14.505	152.265	137.760	2017		13.186	167.491	154.305
2018		13.186	154.294	141.108	2018		14.505	154.294	139.790	2018		13.186	169.724	156.538
2019		13.186	156.389	143.203	2019		14.505	156.389	141.884	2019		13.186	172.028	158.842
2020		13.186	158.615	145.429	2020		14.505	158.615	144.110	2020		13.186	174.476	161.290
2021		13.186	160.906	147.720	2021		14.505	160.906	146.401	2021		13.186	176.996	163.810
2022		13.186	163.328	150.142	2022		14.505	163.328	148.823	2022		13.186	179.661	166.475
2023		13.186	165.815	152.629	2023		14.505	165.815	151.311	2023		13.186	182.397	169.211
2024		13.186	168.401	155.215	2024		14.505	168.401	153.897	2024		13.186	185.241	172.055
2025		13.186	171.085	157.899	2025		14.505	171.085	156.581	2025		13.186	188.194	175.008
2026		13.186	173.867	160.681	2026		14.505	173.867	159.363	2026		13.186	191.254	178.068
2027		13.186	176.748	163.562	2027		14.505	176.748	162.243	2027		13.186	194.422	181.236
2028		13.186	179.726	166.540	2028		14.505	179.726	165.222	2028		13.186	197.699	184.513
2029		13.186	182.770	169.584	2029		14.505	182.770	168.266	2029		13.186	201.047	187.861
2030		13.186	185.880	172.694	2030		14.505	185.880	171.375	2030		13.186	204.468	191.282
VAN				82.193	VAN				157.661	VAN				276.735
TIR				13,56	TIR				15,23	TIR				17,56

-10%					-10%					-10%				
AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO
	(a)	(b)	(c)	(d=c-(a+b))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))
2015	760.035			(760.035)	2015	844.483			(844.483)	2015	844.483			(844.483)
2016		13.186	150.366	137.180	2016		11.867	150.366	138.499	2016		13.186	135.330	122.144
2017		13.186	152.265	139.079	2017		11.867	152.265	140.397	2017		13.186	137.038	123.852
2018		13.186	154.294	141.108	2018		11.867	154.294	142.427	2018		13.186	138.865	125.679
2019		13.186	156.389	143.203	2019		11.867	156.389	144.521	2019		13.186	140.750	127.564
2020		13.186	158.615	145.429	2020		11.867	158.615	146.747	2020		13.186	142.753	129.567
2021		13.186	160.906	147.720	2021		11.867	160.906	149.038	2021		13.186	144.815	131.629
2022		13.186	163.328	150.142	2022		11.867	163.328	151.460	2022		13.186	146.995	133.809
2023		13.186	165.815	152.629	2023		11.867	165.815	153.948	2023		13.186	149.234	136.048
2024		13.186	168.401	155.215	2024		11.867	168.401	156.534	2024		13.186	151.561	138.375
2025		13.186	171.085	157.899	2025		11.867	171.085	159.218	2025		13.186	153.977	140.791
2026		13.186	173.867	160.681	2026		11.867	173.867	162.000	2026		13.186	156.481	143.295
2027		13.186	176.748	163.562	2027		11.867	176.748	164.880	2027		13.186	159.073	145.887
2028		13.186	179.726	166.540	2028		11.867	179.726	167.859	2028		13.186	161.754	148.568
2029		13.186	182.770	169.584	2029		11.867	182.770	170.903	2029		13.186	164.493	151.307
2030		13.186	185.880	172.694	2030		11.867	185.880	174.012	2030		13.186	167.292	154.106
VAN				251.090	VAN				175.623	VAN				56.548
TIR				17,60	TIR				15,59	TIR				13,18

Tabla 42. VALORES DE TIR CON VARIACION PORCENTUAL DEL +/- 10%

+25%					+25%					+25%				
AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS DE OYM	BENEFICIOS	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO
	(a)	(c)		(e=d-(b-c))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))		(a)	(b)	(c)	(d=c-(a+b))
2015	1.055.604			(1.055.604)	2006	844.483			(844.483)	2006	844.483			(844.483)
2016		13.186	150.366	137.180	2007		16.483	150.366	133.884	2007		13.186	187.958	174.772
2017		13.186	152.265	139.079	2008		16.483	152.265	135.782	2008		13.186	190.331	177.145
2018		13.186	154.294	141.108	2009		16.483	154.294	137.812	2009		13.186	192.868	179.682
2019		13.186	156.389	143.203	2010		16.483	156.389	139.906	2010		13.186	195.486	182.300
2020		13.186	158.615	145.429	2011		16.483	158.615	142.132	2011		13.186	198.268	185.082
2021		13.186	160.906	147.720	2012		16.483	160.906	144.423	2012		13.186	201.132	187.946
2022		13.186	163.328	150.142	2013		16.483	163.328	146.845	2013		13.186	204.160	190.974
2023		13.186	165.815	152.629	2014		16.483	165.815	149.333	2014		13.186	207.269	194.083
2024		13.186	168.401	155.215	2015		16.483	168.401	151.919	2015		13.186	210.501	197.315
2025		13.186	171.085	157.899	2016		16.483	171.085	154.603	2016		13.186	213.856	200.670
2026		13.186	173.867	160.681	2017		16.483	173.867	157.385	2017		13.186	217.334	204.148
2027		13.186	176.748	163.562	2018		16.483	176.748	160.265	2018		13.186	220.935	207.749
2028		13.186	179.726	166.540	2019		16.483	179.726	163.244	2019		13.186	224.658	211.472
2029		13.186	182.770	169.584	2020		16.483	182.770	166.288	2020		13.186	228.463	215.277
2030		13.186	185.880	172.694	2021		16.483	185.880	169.397	2021		13.186	232.349	219.163
<b>VAN</b>				(44.479)	<b>VAN</b>				144.190	<b>VAN</b>				441.875
<b>TIR</b>				11,24	<b>TIR</b>				14,96	<b>TIR</b>				20,66

-25%					-25%					-25%				
AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO
	(a)	(b)	(c)	(d=c-(a+b))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))		(a)	(b)	(d)	(e=d-(b-c))
2015	633.362			(633.362)	2015	844.483			(844.483)	2015	844.483			(844.483)
2016	0	13.186	150.366	137.180	2016	0	9.890	150.366	140.477	2016	0	13.186	112.775	99.589
2017	0	13.186	152.265	139.079	2017	0	9.890	152.265	142.375	2017	0	13.186	114.199	101.013
2018		13.186	154.294	141.108	2018		9.890	154.294	144.405	2018		13.186	115.721	102.535
2019		13.186	156.389	143.203	2019		9.890	156.389	146.499	2019		13.186	117.292	104.106
2020		13.186	158.615	145.429	2020		9.890	158.615	148.725	2020		13.186	118.961	105.775
2021		13.186	160.906	147.720	2021		9.890	160.906	151.016	2021		13.186	120.679	107.493
2022		13.186	163.328	150.142	2022		9.890	163.328	153.438	2022		13.186	122.496	109.310
2023		13.186	165.815	152.629	2023		9.890	165.815	155.926	2023		13.186	124.362	111.176
2024		13.186	168.401	155.215	2024		9.890	168.401	158.512	2024		13.186	126.301	113.115
2025		13.186	171.085	157.899	2025		9.890	171.085	161.196	2025		13.186	128.314	115.128
2026		13.186	173.867	160.681	2026		9.890	173.867	163.978	2026		13.186	130.400	117.214
2027		13.186	176.748	163.562	2027		9.890	176.748	166.858	2027		13.186	132.561	119.375
2028		13.186	179.726	166.540	2028		9.890	179.726	169.837	2028		13.186	134.795	121.609
2029		13.186	182.770	169.584	2029		9.890	182.770	172.881	2029		13.186	137.078	123.892
2030		13.186	185.880	172.694	2030		9.890	185.880	175.990	2030		13.186	139.410	126.224
<b>VAN</b>				377.763	<b>VAN</b>				189.094	<b>VAN</b>				(108.592)
<b>TIR</b>				21,78	<b>TIR</b>				15,86	<b>TIR</b>				9,63

Tabla 43. VALORES DE TIR CON VARIACION PORCENTUAL DEL +/- 25%

	INVERSIÓN	CO&M	BENEFICIOS
-25%	377.763	189.094	-108.592
-10%	251.090	175.623	56.548
10%	82.193	157.661	276.735
25%	-44.479	144.190	441.875

Tabla 44. Análisis del VAN

+10%				+10%				+10%						
AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS DE OYM	BENEFI	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO
	(a)	(c)		(e=d-(b-c))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))
2015	928.932			(928.932)	2015	844.483			(844.483)	2015	844.483			(844.483)
2016		13.186	150.366	137.180	2016		14.505	150.366	135.862	2016		13.186	165.403	152.217
2017		13.186	152.265	139.079	2017		14.505	152.265	137.760	2017		13.186	167.491	154.305
2018		13.186	154.294	141.108	2018		14.505	154.294	139.790	2018		13.186	169.724	156.538
2019		13.186	156.389	143.203	2019		14.505	156.389	141.884	2019		13.186	172.028	158.842
2020		13.186	158.615	145.429	2020		14.505	158.615	144.110	2020		13.186	174.476	161.290
2021		13.186	160.906	147.720	2021		14.505	160.906	146.401	2021		13.186	176.996	163.810
2022		13.186	163.328	150.142	2022		14.505	163.328	148.823	2022		13.186	179.661	166.475
2023		13.186	165.815	152.629	2023		14.505	165.815	151.311	2023		13.186	182.397	169.211
2024		13.186	168.401	155.215	2024		14.505	168.401	153.897	2024		13.186	185.241	172.055
2025		13.186	171.085	157.899	2025		14.505	171.085	156.581	2025		13.186	188.194	175.008
2026		13.186	173.867	160.681	2026		14.505	173.867	159.363	2026		13.186	191.254	178.068
2027		13.186	176.748	163.562	2027		14.505	176.748	162.243	2027		13.186	194.422	181.236
2028		13.186	179.726	166.540	2028		14.505	179.726	165.222	2028		13.186	197.699	184.513
2029		13.186	182.770	169.584	2029		14.505	182.770	168.266	2029		13.186	201.047	187.861
2030		13.186	185.880	172.694	2030		14.505	185.880	171.375	2030		13.186	204.468	191.282
VAN				82.193	VAN				157.661	VAN				276.735
TIR				13.56	TIR				15.23	TIR				17.56

-10%				-10%				-10%						
AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS DE OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO
	(a)	(b)	(c)	(d=c-(a+b))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))
2015	760.035			(760.035)	2015	844.483			(844.483)	2015	844.483			(844.483)
2016		13.186	150.366	137.180	2016		11.867	150.366	138.499	2016		13.186	135.330	122.144
2017		13.186	152.265	139.079	2017		11.867	152.265	140.397	2017		13.186	137.038	123.852
2018		13.186	154.294	141.108	2018		11.867	154.294	142.427	2018		13.186	138.865	125.679
2019		13.186	156.389	143.203	2019		11.867	156.389	144.521	2019		13.186	140.750	127.564
2020		13.186	158.615	145.429	2020		11.867	158.615	146.747	2020		13.186	142.753	129.567
2021		13.186	160.906	147.720	2021		11.867	160.906	149.038	2021		13.186	144.815	131.629
2022		13.186	163.328	150.142	2022		11.867	163.328	151.460	2022		13.186	146.995	133.809
2023		13.186	165.815	152.629	2023		11.867	165.815	153.948	2023		13.186	149.234	136.048
2024		13.186	168.401	155.215	2024		11.867	168.401	156.534	2024		13.186	151.561	138.375
2025		13.186	171.085	157.899	2025		11.867	171.085	159.218	2025		13.186	153.977	140.791
2026		13.186	173.867	160.681	2026		11.867	173.867	162.000	2026		13.186	156.481	143.295
2027		13.186	176.748	163.562	2027		11.867	176.748	164.880	2027		13.186	159.073	145.887
2028		13.186	179.726	166.540	2028		11.867	179.726	167.859	2028		13.186	161.754	148.568
2029		13.186	182.770	169.584	2029		11.867	182.770	170.903	2029		13.186	164.493	151.307
2030		13.186	185.880	172.694	2030		11.867	185.880	174.012	2030		13.186	167.292	154.106
VAN				251.090	VAN				175.623	VAN				56.548
TIR				17.60	TIR				15.59	TIR				13.18

Tabla 45. VALORES DEL VAN CON VARIACION PORCENTUAL DEL +/- 10%

	+25%				+25%				+25%					
AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS DE OYM	BENEFICIOS	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO
	(a)	(c)		(e=d-(b-c))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))		(a)	(b)	(c)	(d=c-(a+b))
2015	1.055.604			(1.055.604)	2006	844.483			(844.483)	2006	844.483			(844.483)
2016		13.186	150.366	137.180	2007		16.483	150.366	133.884	2007		13.186	187.958	174.772
2017		13.186	152.265	139.079	2008		16.483	152.265	135.782	2008		13.186	190.331	177.145
2018		13.186	154.294	141.108	2009		16.483	154.294	137.812	2009		13.186	192.868	179.682
2019		13.186	156.389	143.203	2010		16.483	156.389	139.906	2010		13.186	195.486	182.300
2020		13.186	158.615	145.429	2011		16.483	158.615	142.132	2011		13.186	198.268	185.082
2021		13.186	160.906	147.720	2012		16.483	160.906	144.423	2012		13.186	201.132	187.946
2022		13.186	163.328	150.142	2013		16.483	163.328	146.845	2013		13.186	204.160	190.974
2023		13.186	165.815	152.629	2014		16.483	165.815	149.333	2014		13.186	207.269	194.083
2024		13.186	168.401	155.215	2015		16.483	168.401	151.919	2015		13.186	210.501	197.315
2025		13.186	171.085	157.899	2016		16.483	171.085	154.603	2016		13.186	213.856	200.670
2026		13.186	173.867	160.681	2017		16.483	173.867	157.385	2017		13.186	217.334	204.148
2027		13.186	176.748	163.562	2018		16.483	176.748	160.265	2018		13.186	220.935	207.749
2028		13.186	179.726	166.540	2019		16.483	179.726	163.244	2019		13.186	224.658	211.472
2029		13.186	182.770	169.584	2020		16.483	182.770	166.288	2020		13.186	228.463	215.277
2030		13.186	185.880	172.694	2021		16.483	185.880	169.397	2021		13.186	232.349	219.163
VAN				(44.479)	VAN				144.190	VAN				441.875
TIR				11,24	TIR				14,96	TIR				20,66

	-25%				-25%				-25%					
AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO	AÑOS	COSTOS DE INVERSION	COSTOS OYM	BENEFICIOS TOTALES	FLUJO NETO
	(a)	(b)	(c)	(d=c-(a+b))		(a)	(c)	(d)	(e=d-(b-c))		(a)	(b)	(d)	(e=d-(b-c))
2015	633.362			(633.362)	2015	844.483			(844.483)	2015	844.483			(844.483)
2016	0	13.186	150.366	137.180	2016	0	9.890	150.366	140.477	2016	0	13.186	112.775	99.589
2017	0	13.186	152.265	139.079	2017	0	9.890	152.265	142.375	2017	0	13.186	114.199	101.013
2018		13.186	154.294	141.108	2018		9.890	154.294	144.405	2018		13.186	115.721	102.535
2019		13.186	156.389	143.203	2019		9.890	156.389	146.499	2019		13.186	117.292	104.106
2020		13.186	158.615	145.429	2020		9.890	158.615	148.725	2020		13.186	118.961	105.775
2021		13.186	160.906	147.720	2021		9.890	160.906	151.016	2021		13.186	120.679	107.493
2022		13.186	163.328	150.142	2022		9.890	163.328	153.438	2022		13.186	122.496	109.310
2023		13.186	165.815	152.629	2023		9.890	165.815	155.926	2023		13.186	124.362	111.176
2024		13.186	168.401	155.215	2024		9.890	168.401	158.512	2024		13.186	126.301	113.115
2025		13.186	171.085	157.899	2025		9.890	171.085	161.196	2025		13.186	128.314	115.128
2026		13.186	173.867	160.681	2026		9.890	173.867	163.978	2026		13.186	130.400	117.214
2027		13.186	176.748	163.562	2027		9.890	176.748	166.858	2027		13.186	132.561	119.375
2028		13.186	179.726	166.540	2028		9.890	179.726	169.837	2028		13.186	134.795	121.609
2029		13.186	182.770	169.584	2029		9.890	182.770	172.881	2029		13.186	137.078	123.892
2030		13.186	185.880	172.694	2030		9.890	185.880	175.990	2030		13.186	139.410	126.224
VAN				377.763	VAN				189.094	VAN				(108.592)
TIR				21,78	TIR				15,86	TIR				9,63

Tabla 46. VALORES DEL VAN CON VARIACION PORCENTUAL DEL +/- 25%

Del cuadro de sensibilidad del TIR, se observa que con un incremento de la inversión en un 10 y 25%, situación que puede suceder por efecto de variación de insumos en la aplicación de tecnologías, la tasa interna de retorno se mantiene en el límite de rentabilidad económica a una tasa del 12% como costo económico de oportunidad del capital.



Así mismo, si los costos de operación y mantenimiento se incrementan en un 10 y 25% la TIR se mantiene en el punto de rentabilidad económica.

Por otra parte, la sensibilidad del VAN, solo presenta rentabilidad económica ante cambios hasta el 10%, tanto en la inversión como los costos de operación y mantenimiento. Notándose que con un 25%, la inversión ya presenta valores negativos, no viables.

### **7.3. Evaluación Financiera.**

#### **7.3.1. Metodología utilizada**

Para el presente proyecto de investigación, se ha procedido a realizar la evaluación financiera, para esta evaluación se utilizó el método del costo-beneficio, mediante la comparación entre los beneficios y costos de inversión, operación y mantenimiento que la ejecución del proyecto implicaría.

Los costos de operación y mantenimiento, tanto para el personal como los materiales nacionales e importados están de acuerdo a las cantidades mínimas necesarias.

Los costos de operación y mantenimiento se calcula en términos de dólares corrientes, en ellos se incluyen los costos originados por el pago de sueldos al personal que considera beneficios sociales, así como los costos por insumos y materiales que se debe realizar para el sistema de alcantarillado.

Los flujos respectivos de costos y beneficios se descontaron a una tasa del 6% (costo financiero de oportunidad del capital); para la aplicación del presente método se utilizó información de varios estudios:

- Estudios de oferta y demanda del servicio
- Estudio demográfico. y,

- Determinación de la tarifa a precio de mercado.

### **7.3.2. Estimación de beneficios por contribución de mejoras**

El pago de contribución de mejoras, se determinó por el valor total de la inversión de la alternativa óptima para el número de viviendas servidas a valor presente del proyecto, que para el presente caso equivale a 4.61 dólares mes por vivienda.

### **7.3.3. Determinación de la TIR**

Para obtener los resultados de la evaluación financiera se utilizaron los indicadores convencionales de tasa interna de retorno financiera (TIR) y valor actual neto financiero (VAN), obteniéndose un VAN de \$ 233.303, y un TIR del 9.99% anual a precios mercado.

Por lo tanto, los resultados obtenidos permiten definir al proyecto como rentable, considerando también desde el punto de vista financiero.

## **7.4. Evaluación Social.**

### **7.4.1. Método Costo-Eficiencia (estimación costo promedio por familia)- Impacto Social a corredores comerciales.**

Para la aplicación de este método, se analizan 3 variables:

- 1) Los costos totales de la inversión y de O&M a precios de eficiencia;
- 2) Las familias que van a ser servidas durante el proyecto (15 años).
- 3) La aplicación de este tipo de solución no destructible con método de rehabilitación sin zanja, disminuye el impacto social a la población que se ubica en estos sectores, tanto en el aspecto residencial como comercial.

La relación de estas variables da como resultado la relación costo-eficiencia, es decir la estimación del costo promedio de inversión por familia, y el beneficio de tener un servicio sin colapsos y en operación.

Por otra parte, dando énfasis al análisis del proyecto en su viabilidad se puede resumir que más que rentabilidad (aspecto monetario), este tipo de obras se lo valora en el aspecto no tangible, como el buen servicio a los clientes, mejor impacto social, etc.

#### Análisis costo-eficiencia del Proyecto

AÑOS	INVERSION	OYM	COSTO TOTAL	BENEFICIARIOS
2015	844.483		844.483	
2016		13186,00	13186,	2.700
2017		13186,00	13186,	2.700
2018		13186,00	13186,	2.700
2019		13186,00	13186,	2.700
2020		13186,00	13186,	2.700
2021		13186,00	13186,	2.700
2022		13186,00	13186,	2.700
2023		13186,00	13186,	2.700
2024		13186,00	13186,	2.700
2025		13186,00	13186,	2.700
2026		13186,00	13186,	2.700
2027		13186,00	13186,	2.700
2028		13186,00	13186,	2.700
2029		13186,00	13186,	2.700
2030		13186,00	13186,	2.700
<b>VAN</b>	<b>844.483</b>	<b>89.808</b>	<b>934.291</b>	<b>18.389</b>
<b>ANUALIDAD</b>	<b>11.149</b>			
<b>(VAN) INVERSION + (ANUALIDAD) O&amp;M</b>			<b>855.632</b>	
<b>INDICADOR COSTO - EFICIENCIA (COSTO PROMEDIO) USD \$</b>				<b>47</b>

Tabla 47. Análisis costo-eficiencia del Proyecto

Resumiendo los indicadores y valores obtenidos en:

Indicadores	Valores
VPN (inversión + anualidad)	855.632
Anualidad	11.149
Relación Costo-Eficiencia	47 dólares/ familia

El VPN de la inversión más la anualidad a precios de eficiencia es de: 855.632 dólares.

La relación costo-eficiencia, o sea el costo promedio por familia es de: 47 dólares.

### **7.5. Análisis del retorno de la inversión.**

El análisis del retorno de la inversión del presente estudio, se basa en los datos obtenidos de la Evaluación Económica, con la alternativa óptima y tecnología aplicable al sitio de estudio.

Luego con la comparación de resultados de inversión estimando el tipo rehabilitación versus el beneficio que da el proyecto, se realizó la simulación económica los valores de egresos e ingresos para obtener el tiempo que se requiere para recuperar la inversión, siempre tomando en cuenta también la incidencia social para este tipo de proyectos que mejoran la calidad de vida de los habitantes de las grandes y pequeñas ciudades de Latinoamérica

RESUMEN DE INVERSION Y COSTO-BENEFICIO EMULADOS CON EVALUACIÓN  
ECONÓMICA DE ALTERNATIVA ÓPTIMA.

<b>EVALUACION ECONOMICA</b>				
<b>ALTERNATIVA OPTIMA</b>				
<b>Precios de Eficiencia (USA DOLARES)</b>				
<b>AÑOS</b>	<b>COSTOS DE INVERSION</b>	<b>COSTOS O&amp;M</b>	<b>BENEFICIOS TOTALES</b>	<b>FLUJO NETO</b>
	<b>(a)</b>	<b>(b)</b>	<b>(c)</b>	<b>(d=c-b)</b>
0	2015	844.483		(844.483)
1	2016		13.186	136.274
2	2017		13.186	136.274
3	2018		13.186	136.274
4	2019		13.186	136.274
5	2020		13.186	136.274
6	2021		13.186	136.274
7	2022		13.186	136.274
8	2023		13.186	136.274
9	2024		13.186	136.274
10	2025		13.186	136.274
11	2026		13.186	136.274
12	2027		13.186	136.274
13	2028		13.186	136.274
14	2029		13.186	136.274
15	2030		13.186	136.274
<b>VAN (12%)</b>				<b>83.662</b>
<b>TIR (12%)</b>				<b>13,82</b>

Tabla 48. COSTO-BENEFICIO EMULADOS CON EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVA ÓPTIMA.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE INVERSIÓN Y TASA DE RETORNO, EN BASE A LA RECUPERACION DE COSTOS POR MEJORAS.

<b>DATOS</b>			
INVERSION	<b>\$ 844.483</b>		
PERIODO EJECUCION PROYECTO	4	MESES	
	AÑO	MESES	
TIEMPO DE RETORNO	5	6	
VIVIENDAS A SERVIR	2700		
TASA DE RETORNO	14%		
TASA RECUP POR MEJORAS MENSUAL	5%	2700	<b>\$ 124</b>

## 7.6. Cronograma del retorno de la inversión.

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
INVERSION	-\$844,483													
Inversión Inicial ANUAL		136.274	136.274	136.274	136.274	136.274	136.274	136.274	136.274	136.274				
Inversión+Interes		136.274	145.813,35	152.618	159.740	167.195	174.997	183.164	191.711	200.658				
		(708.209)	(562.395,72)	(409.777,74)	(250.037,60)	(82.842,92)	92.154,18	275.317,81	467.029,08	667.686,88				
MESES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	- 82.843	11.356,18	12.151,11	13.001,69	13.911,81	14.885,64	15.927,63	17.042,56	18.235,54	19.512,03	20.877,87	22.339,32	23.903,08	25.576,29
		(71.487)	(59.336)	(46.334)	(32.422)	(17.536)	(1.609)	15.434	33.669	53.181	74.059	96.398	120.302	145.878

Tabla 49. Cronograma para el retorno de la Inversión

El análisis conlleva a dar como resultado que el período de retorno se produce a los 5 años 6 meses desde que se ponga en marcha el proyecto.

### PRESENTACIÓN GRAFICA DE RESULTADOS.

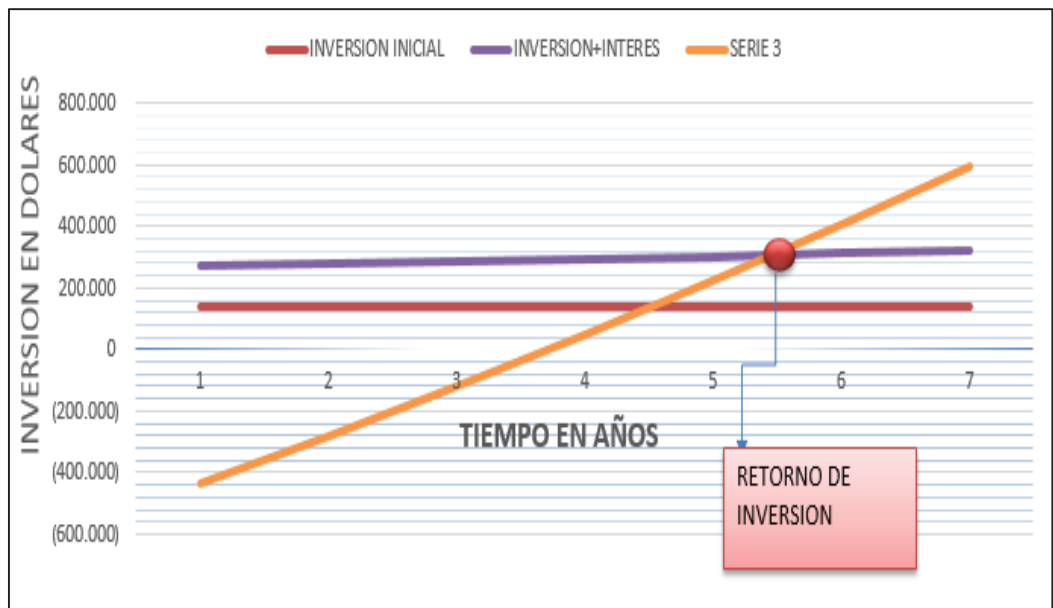


Tabla 50. PRESENTACIÓN GRAFICA DE RESULTADOS.



## **CAPITULO 8**

### **8. DIAGNOSTICO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El proveer de Saneamiento Ambiental Básico a una población, influye directamente en la calidad de vida de su población, entendiéndose como calidad de vida no únicamente, el nivel económico de la gente sino, sobre todo, en los riesgos y afecciones de salud comunitaria e individual de las personas; en este sentido, las bases legales y principios ambientales fundamentales tienden a garantizar el desarrollo de la vida de las personas en un medio ambiente sano saludable. En este sentido los gobiernos seccionales, han tomado como su reto el cumplir con este compromiso de la población, dotando de Sistemas de Saneamiento Ambiental, sin embargo este proyecto debe respetar también otros hitos ambientales, como el expresado en 1.982 en la Carta Mundial de la Naturaleza: “Toda planificación incluirá, entre sus elementos esenciales, la elaboración de estrategias de conservación de la naturaleza, el establecimiento de inventarios de los ecosistemas y la evaluación de los efectos que hayan de surtir sobre la naturaleza las políticas y actividades proyectadas; todos los elementos se pondrán en conocimiento de la población recurriendo a medios adecuados y con la antelación suficiente para que la población pueda participar efectivamente en el proceso de consultas y de adopción de decisiones al respecto.”

#### **8.1. Antecedentes.**

En la ciudad de Guayaquil, Interagua Cía. Ltda, es la concesionaria encargada de los servicios de alcantarillado sanitario y agua potable de la ciudad de Guayaquil, y conforme a lo detallado en los capítulos 1 y 2 de la presente tesis, se ha considerado la necesidad de realizar un Diagnóstico Ambiental del proyecto para el sector piloto establecido y lógicamente su área de influencia.

#### **8.2. Objetivo General.**

Realizar el Diagnostico Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para el desarrollo de las actividades previstas para rehabilitar o renovar la infraestructura hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario del sector “Urdesa” en la ciudad de Guayaquil” sea ambientalmente viable y sustentable en corto, mediano y largo plazo, sin afectar significativamente al medio natural, a sus recursos y a las actividades realizadas por otros usuarios de esos recursos.

### **8.3. Marco Legal.**

El marco legal para la Concesión de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado de Guayaquil se sustenta en la Constitución Política de la República del Ecuador y la Ley de Modernización. Dada la naturaleza pública de los servicios que presta Interagua la preparación del Plan Maestro de cada uno de ellos ha comprendido una revisión cuidadosa de las disposiciones legales y contractuales que les son aplicables; así, la descripción del marco legal e institucional relativo al Plan Maestro de los servicios responsabilidad de Interagua se compone de tres secciones:

- En la primera sección se presenta el marco normativo que fundamenta la concesión de los servicios públicos otorgada por ECAPAG a Interagua.
- La segunda sección aborda de manera general las condiciones fijadas en el Contrato de Concesión para la prestación de los servicios.
- Finalmente la tercera sección describe las entidades regulatorias con competencia en materias de agua, saneamiento y protección ambiental resumiendo el alcance de las principales aplicaciones a las normativas vigentes. No obstante, Dentro del marco legal, se enmarca también(Los

principios de la agenda 21 coinciden con las políticas aplicables hoy en todos los países de desarrollo: dar prioridad a las acciones de mejoramiento de las condiciones de vida de la población. Se considera que la base de este progreso es la conservación de los ecosistemas, cuyo deterioro impedirá el cumplimiento de las metas propuestas.

La integración del ambiente y el desarrollo conducirían al “mejoramiento de los estándares de vida para todos, a ecosistemas mejor protegidos y manejados hacia un futuro más seguro y próspero”. DECADA DEL ECODesarrollo, mediante Registro Oficial No. 424 del 25 de abril de 1990. Acuerdo Ejecutivo N°4: el cual, entre otros argumentos cita:

El desarrollo económico y social del país será planificado, ejecutado y evaluado con criterios ambientales, a fin de que dicho desarrollo sea sostenido y no aniquile el medio ambiente y los recursos naturales. Todo proyecto de desarrollo deberá dar especial atención al impacto que puede ocasionar en el entorno ambiental.

### 8.3.1. Principales normas legales y administrativas ecuatorianas.

Como norma jurídica, básicamente debemos entender la totalidad del derecho positivo sobre un asunto determinado; es decir el conjunto de las disposiciones legales y administrativas vigentes sobre el tema, así como la jurisprudencia de los tribunales de justicia. (PETROECUADOR, 2011)

MARCO LEGAL	
Constitución de la República del Ecuador	Sobre los Derechos del Buen Vivir, la Constitución Política del Ecuador, en su Art. 14, reconoce el “derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Así mismo, en la Sección VI, Hábitat y Vivienda, del Capítulo II- Derechos del buen vivir- el Art. 30 establece que las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica”.

El Estado Ecuatoriano garantiza, a su población, el derecho a vivir en un medio ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación. En el capítulo relacionado con los derechos colectivos, Sección II referente al Medio Ambiente, en los Artículos 85 al 91 se estipula: El Estado debe proteger del derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Se declara de interés público y se regulará conforme a la Ley:

- La preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país;
- La prevención de la contaminación ambiental, la explotación sustentable de los recursos naturales y los requisitos que deban cumplir las actividades públicas o privadas que puedan afectar al medio ambiente; y,
- El establecimiento de un sistema de áreas naturales protegidas y el control del turismo receptivo y ecológico.

El Art. 87 establece que la Ley tipificará las infracciones y determinará los procedimientos para establecer responsabilidades administrativas civiles y penales que correspondan a las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, por las acciones u omisiones en contra de las normas de protección al medio ambiente. De igual forma en el Capítulo Séptimo, Derechos de la Naturaleza, se manifiesta una restauración, independiente de la obligación que tiene el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas (Art. 72, Derechos de la Naturaleza, Título II).

El Título VII, Régimen del Buen Vivir, en el Capítulo Segundo, De la Biodiversidad y Recursos Naturales, Sección Primera: Naturaleza y Ambiente, en su Art. 395, la Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

- El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras;

El Art. 396 del Capítulo Segundo, destaca la participación del estado y responsabilidades para prevenir impactos o remediarlos además que “Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.”

El Art. 397 adicionalmente lista las medidas a las cuales el estado se compromete para garantizar un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Entre estas están: el ejercicio de acciones legales, establecimiento de mecanismos de prevención y control, el regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente, el asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas y el establecimiento de un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad.

Finalmente el Art. 399 indica que el ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

<p>Ley Reformativa al Código Penal</p>	<p>Tomando como base a la Constitución y considerando que la Ley debe tipificar infracciones y determinar procedimientos para establecer responsabilidades penales por acciones u omisiones en contra de las normas de protección ambiental, en el R.O. No. 2 del 25 de enero del 2000, se expide la Ley Reformativa al Código Penal.</p> <p>Las reformas al Código Penal tipifican los delitos contra el Patrimonio Cultural, contra el Medio Ambiente y las Contravenciones Ambientales; además de sus respectivas sanciones, todo esto en la forma de varios artículos que se incluyen al Libro II del Código Penal.</p> <p>El objetivo de la Reforma al Código Penal no es castigar solamente al infractor en materia ambiental. Las modificaciones persiguen respaldar el cumplimiento de las leyes y reglamentos vigentes al sancionar a los funcionarios o empleados públicos que actuando por sí mismos o como miembro de un cuerpo colegiado, autoricen o permitan que se viertan residuos contaminantes de cualquier clase por encima de los límites fijados de conformidad con la ley (Art. 437 E).</p>
<p>Ley de Gestión Ambiental</p>	<p>El Art. 1 de La Ley de Gestión Ambiental establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.</p> <p>En el Título VI de la Protección de los Derechos Ambientales de la Ley de Gestión Ambiental, Art. 41 se establece que “Con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, se concede acción pública a las personas naturales, jurídicas o grupo humano para denunciar la violación de las normas de medio ambiente, sin perjuicios de la acción de amparo constitucional previsto en la Constitución Política de la República”.</p>

	<p>Por otro lado, el Art. 43 manifiesta que “Las personas naturales, jurídicas o grupos humanos, vinculados por un interés común, y afectados directamente por la acción u omisión dañosa, podrán interponer ante el Juez competente, acciones por daños y perjuicios y por el deterioro causado a la salud o al medio ambiente incluyendo la biodiversidad con sus elementos constitutivos”.</p> <p>La Ley de Gestión Ambiental se ve fortalecida con la expedición del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), mediante Decreto Ejecutivo No. 3399 del 28 de Noviembre del 2002, promulgado en R. O. No. 725 del 16 de Diciembre/ 2002. El objetivo del Texto Unificado es actualizar la legislación en materia ambiental y permitir ubicar con exactitud la normativa vigente en cada materia.</p>
<p>Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental</p>	<p>El R<sub>LGAPCCA</sub> establece que al amparo de la Ley de Gestión Ambiental y el presente Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental, el Ministerio del Ambiente, en su calidad de Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con los organismos competentes, deberá dictar y actualizar periódicamente las Normas Técnicas Ambientales Nacionales, las mismas que constan como Anexos al Libro VI de la Calidad Ambiental.</p> <p>Las normas técnicas ambientales dictadas bajo el amparo del presente reglamento son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma de Calidad Aire Ambiente; Anexo 4</li> <li>• Límites Máximos Permisibles de Niveles de Ruido Ambiente para Fuentes Fijas y para Vibraciones; Anexo 5</li> <li>• Norma Técnica Ambiental Ecuatoriana: Desechos, del Libro VI de Calidad Ambiental. Anexo 6</li> </ul>



	<p>Cualquier norma técnica (recurso, sectorial u ordenanza) para la prevención y control de la contaminación ambiental deberá guardar concordancia con la Norma Técnica Ambiental Nacional vigente y, en consecuencia, no deberá disminuir el nivel de protección ambiental que ésta proporciona.</p>
<p>Plan Maestro de Interagua, según contrato de Concesión.</p>	<p>Dada la naturaleza pública de los servicios que presta Interagua, la preparación del Plan Maestro de cada uno de ellos ha comprendido una revisión cuidadosa de las disposiciones legales y contractuales que les son aplicables; así, la descripción del marco legal e institucional de los servicios a responsabilidad de Interagua se compone de tres secciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En la primera sección se presenta el marco normativo que fundamenta la concesión de los servicios públicos otorgada por ECAPAG a Interagua.</li> <li>• La segunda sección aborda de manera general las condiciones fijadas en el Contrato de Concesión para la prestación de los servicios.</li> <li>• Finalmente la tercera sección describe las entidades regulatorias con competencia en materias de agua, saneamiento y protección ambiental resumiendo el alcance de las principales aplicaciones a las normativas vigentes.</li> </ul>

<p>Decreto Ejecutivo No. 797, Registro Oficial No. 482 del 1 de julio del 2011</p>	<p>Art. 2. El Estado, directamente o a través de sus contratistas, podrá aprovechar libremente los materiales de construcción para obras públicas en áreas no concesionadas o concesionadas</p> <p>Art. 3. El material que se extraiga mediante libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas, será empleado única y exclusivamente en la ejecución de las mismas; que usare para otros fines, se sancionara de conformidad con lo establecido en os artículos 144 de la Ley de Minería y 49 del Reglamento General a la Ley de Minería.</p> <p>Art. 4. El Ministerio Sectorial, a pedido de una entidad o institución pública, otorgará la autorización de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas en estricta relación con el volumen y plazo de vigencia de la ejecución de la obra.</p>
<p>Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente</p>	<p>El Sistema Único de Manejo Ambiental, SUMA, Título I del Libro VI de Calidad Ambiental, norma la gestión y manejo de los Recursos Forestales, Recursos Costeros, y estipula una Reglamentación Especial para las Islas Galápagos, pero principalmente, en el Libro VI del Texto referido norma los parámetros de calidad ambiental.</p> <p>En su Art 13, establece que es Objetivo General de la evaluación de impactos ambientales el garantizar el acceso a funcionarios públicos y a la sociedad en general a la información ambiental relevante de una actividad o proyecto propuesto previo a la decisión sobre la implementación o ejecución de la actividad o proyecto.</p> <p>El TULSMA contiene a su vez varios Libros que legislan sobre varios ámbitos relacionados con la temática ambiental:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Título Preliminar: de las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador.</li> <li>• Libro I: De la Autoridad Ambiental.</li> <li>• Libro II: De la Gestión Ambiental.</li> <li>• Libro III: Del Régimen Forestal.</li> <li>• Libro IV: De la Biodiversidad.</li> <li>• Libro V: De la Gestión de los Recursos Costeros.</li> <li>• Libro VI: De la Calidad Ambiental.</li> <li>• Libro VII: Del Régimen Especial: Galápagos.</li> <li>• Libro VIII: Del Instituto para el Eco desarrollo Regional Amazónico (ECORAE)</li> <li>• Libro IX: Del Sistema de Derechos o Tasas por los servicios que presta el Ministerio del Ambiente y por el Uso y Aprovechamiento de Bienes Nacionales que se encuentran bajo su cargo y protección.</li> <li>• Anexo 1, Libro VI, De la Calidad Ambiental. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes: recurso agua, cuyo objetivo es proteger la calidad de este recurso para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, ecosistemas y ambiente en general, estableciendo los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado; criterios de calidad de aguas y métodos procedimientos para determinar la presencia de contaminantes.</li> <li>• Anexo 2, Libro VI, De la Calidad Ambiental. Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y Criterios de Remediación para Suelos contaminado, cuyo objetivo es preservar la calidad del suelo determinando normas generales para suelos de distintos usos; criterios de calidad y remediación para suelos contaminados.</li> <li>• Anexo 4, Libro VI, De la Calidad Ambiental. Norma de Calidad de Aire Ambiente, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel del suelo.</li> <li>• Anexo 5, Libro VI, De la Calidad Ambiental. Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y para vibraciones, que establecen los niveles de ruido máximo</li> </ul>
--	---

	<p>permisibles y métodos de medición de estos niveles así como proveen valores para la evaluación de vibraciones en edificaciones.</p> <p>Anexo 6, Libro VI, De la Calidad Ambiental. Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de desechos no peligrosos.</p>
<p>Decreto Ejecutivo 1040: Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social</p>	<p>El Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecidos en la ley de Gestión Ambiental del Decreto Ejecutivo No. 1040, Abril 22, 2008 y publicado en el R. O. No. 332, Mayo 8, 2008, establece criterios y mecanismos de participación ciudadana que deben ser adoptados por las autoridades que conforman el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, con el propósito de salvaguardar la seguridad jurídica, la gobernabilidad de la Gestión Pública y sobre todo, la participación social en materia ambiental.</p> <p>El Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social, manifiesta en su Art. 6 que la Participación tiene por objeto el conocimiento, la integración y la iniciativa de la ciudadanía para fortalecer la aplicación de un proceso de evaluación de impacto ambiental y disminuir los riesgos ambientales.</p> <p>Los fines de este Reglamento establecidos en su Art. 4, son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisar los mecanismos determinados en la Ley de Gestión Ambiental.</li> <li>• Permitir a las autoridades conocer los criterios de la comunidad en relación al proyecto que genere un impacto ambiental.</li> <li>• Incluir los criterios de la comunidad en el desarrollo de la gestión ambiental.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aclarar las actividades que pueden afectar al ambiente, asegurando a la comunidad el acceso a la información disponible</li> </ul>
<p>Acuerdo Ministerial 066</p>	<p>Con el cual se expide el Instructivo al Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecido en el Decreto Ejecutivo No. 1040.</p> <p>El Instructivo contiene los procedimientos de Participación Social (PPS), que deberán realizarse en todos los proyectos o actividades que requieran de Licencia Ambiental tipo II, III y IV.</p> <p>Art. 31.- En el caso de proyectos que requieren de Licencia Ambiental Categoría II, el Proceso de Participación Social (PPS) consistirá en la organización y realización de una reunión informativa (RI) a la que se convocará a los actores sociales que tienen relación con el proyecto. La convocatoria para la Reunión Informativa se realizará a través de los siguientes medios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Invitaciones colectivas con carteles informativos y/o perifoneo en sitios públicos cercanos al lugar del proyecto, y en el lugar de la Reunión Informativa, dicha convocatoria deberá realizarse con cinco días de anticipación.</li> <li>- Invitaciones Personales entregadas por lo menos con cinco días de anticipación a los actores sociales identificados.</li> <li>- Otro tipo de convocatoria mediante la cual se asegure la asistencia de la comunidad a la reunión informativa.</li> </ul> <p>Art. 32.- El proponente deberá incluir en la documentación de la Ficha Ambiental, los respaldos que permitan verificar la aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecidos.</p> <p>En caso de ser necesario, y a criterio de la Autoridad Ambiental Competente, ésta podrá disponer la aplicación de mecanismos de Participación Social complementarios y/o ampliatorios con</p>

	<p>la presencia de uno o varios Facilitadores Socio ambientales acreditados.</p>
<p>Acuerdo Ministerial 006</p>	<p>Con el cual se expide la Reforma al Libro VI, Título I del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA), del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA).</p> <p>El Acuerdo establece que toda obra, actividad o proyecto nuevo, ampliaciones o modificaciones de los mismos, que pueda causar impacto ambiental, deberá someterse al Sistema Único de Manejo Ambiental, de acuerdo con lo que establece la legislación aplicable, y en la normativa administrativa y técnica expedida para el efecto.</p> <p>Además , en el catálogo de categorización ambiental, se encuentran los diferentes proyectos, obras o actividades existentes en el país, divididos en cuatro categorías, que son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Categoría I: Impactos No Significativos;</li> <li>• Categoría II: Impactos Bajos;</li> <li>• Categoría III: Impactos Medios; y,</li> <li>• Categoría IV: Impactos Altos.</li> </ul> <p>Todos los proyectos, obras o actividades, que sean parte de las categorías II, III y IV, deberán obtener una Licencia Ambiental previo a indicar la ejecución de su actividad, conforme a los procedimientos determinados en la normativa ambiental aplicable, la categorización ambiental nacional, y las normas establecidas por la autoridad ambiental competente.</p>

Normas INEN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma NTE INEN 2266:2000 sobre Manejo y Almacenamiento de Productos Químicos Peligrosos.</li> <li>• Norma NTE INEN 2288:2000 sobre etiquetado de precaución de productos químicos peligrosos</li> <li>• Norma NTE INEN 3864:2013 sobre Símbolos Gráficos. Colores de Seguridad y Señales de Seguridad.</li> <li>• Norma NTE INEN 0731:2009 sobre Extintores Portátiles y Estacionarios contra Incendios, Definiciones y Clasificación.</li> </ul>
Reglamentos de Seguridad	<p>Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas. Registro Oficial N° 449, de 10-01-2008</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obligatoriedad de registrar el Plan de Seguridad. Señala la Responsabilidad Solidaria.</li> </ul> <p>Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. R.O. No. 137 del 1 de agosto del 2000.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El Artículo 11 del Reglamento, sobre la Obligación de los Empleadores, establece que son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas.</li> </ul>

(ECUADOR, 2008)

#### **8.4. Descripción del área del Proyecto**

##### **8.4.1. Ubicación Geográfica del Proyecto.**



El proyecto se encuentra ubicado dentro del perímetro urbano de la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, Parroquia Tarqui, con localización Ciudadela Urdesa.

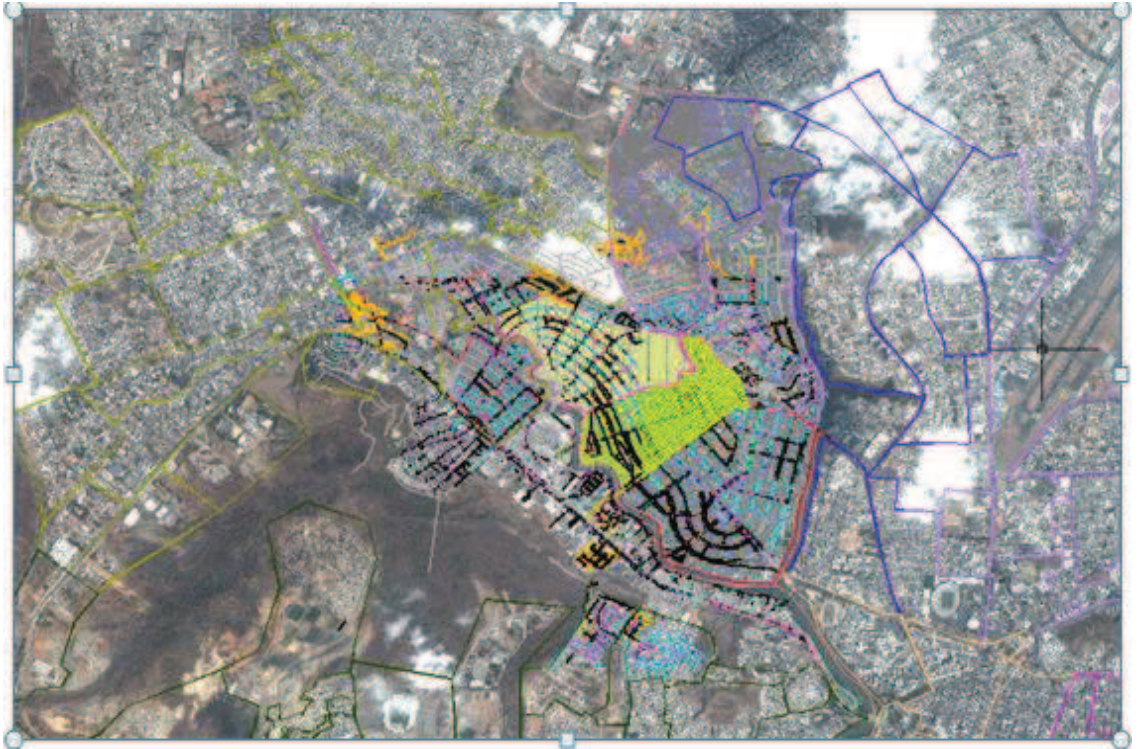


Ilustración 45. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO URDESA, FUENTE: GOOGLE  
Y BASE INTERAGUA



Ilustración 46. COORDENADAS GEOGRAFICAS-FUENTE PROPIA DE  
INVESTIGACIÓN

Con coordenadas IGM, siguientes:

De Norte a Sur; desde 9 761 .250 a 9 759 .750

De Este a Oeste, desde 620.250 a 621.750

Desarrollando en un área de 108, 60 Has, distribuidos en 2 sectores con la siguiente proporción:

- Sector 1: 59,87 Has
- Sector 2: 48,73 Has

#### 8.4.2. Caracterización de la Zona.

La Zona en estudio, es considerado como un barrio del norte de la ciudad, y aunque en un principio así lo era, en la actualidad viene a ser el centro geográfico debido al desmesurado crecimiento horizontal de la ciudad en los últimos años; el que es considerado centro de la ciudad vendría a estar ubicada al Este al tener la ciudad límite con el Río Guayas, pero mantiene su

denominación por aspectos históricos. Es por tanto que Urdesa ha tenido que ser utilizado como ruta para llegar a diversos destinos, ocasionando la congestión del tráfico.

La distribución "circular" de Urdesa Central (desde un mapa se aprecia un semicírculo), hace que los conductores prefieran recorrer el cerro de Lomas de Urdesa, o las calles 5.<sup>a</sup> (Carlos Cueva T. e Isabel Herrería H.) y Guayacanes, que vendrían a ser la ruta más corta entre el puente del Policentro y el otro extremo: Miraflores/Mapasingue.

La principal arteria del barrio es la avenida Víctor Emilio Estrada denominada por el cabildo porteño como el principal corredor comercial de la zona, que a lo largo de "la Víctor" (conocida así por sus moradores y visitantes), cuenta con numerosos restaurantes, agencias bancarias, locales de comercio, servicios, bares, discotecas, licorerías y demás. Los primeros residentes de Urdesa llaman aun a la Víctor Emilio Estrada "La Principal".

Una característica de este sector es que se decidió nombrar a ciertas calles siguiendo el orden alfabético pero con nombres de árboles. Así, a partir de la calle Circunvalación (Norte y Sur) que rodea a Urdesa Central bordeando el Estero Salado, se pueden encontrar las siguientes calles: Acacias, Bálsamos, Cedros, Dátiles, Ébanos, Ficus, Guayacanes, Higueras, Ilanes, Jiguas, Laureles y Mirtos.

Actualmente Urdesa es una zona que ha recuperado su esplendor con la adecuación de los parterres y calles adoquinadas como parte del proyecto del Municipio de Guayaquil de Regeneración Urbana, iniciado en 2004. Por más de 40 años esta zona se supo mantenerse como residencial y solo en las avenidas principales se dio paso al comercio.

Actualmente existen ordenanzas municipales que prohíben letreros o vallas en calles no permitidas, destinándose su uso exclusivamente residencial, así como la circulación de vehículos pesados.

En el año 1997 se expidió una ordenanza municipal durante la alcaldía de León Febres-Cordero que obligó a una cantidad considerable de vecinos del barrio a modificar las fachadas de sus casas, específicamente a las cercas y rejas, que gran parte de ellas estaban por fuera del perímetro del terreno, usando, por consiguiente, espacio público de la vereda (acera). Ocasionó al comienzo molestias, pues los gastos de albañilería para mover unos centímetros (incluso hasta metros) la cerca es tarea complicada e implicaba gastos. El plazo para hacer las reformas sería hasta el 8 de septiembre del mismo año, de lo contrario el Municipio se encargaría de demoler cualquier construcción dentro de los 5 metros que debe de haber entre la calle y el comienzo de la casa, cercamiento o reja. Finalmente, a la actualidad, las fachadas exteriores de las casas permanecen uniformes y las quejas han quedado olvidadas, aunque se observan vestigios de cercas no reformadas correctamente y el desnivel en el suelo al cambiar de parcela, por lo que se recomienda caminar con cuidado en calles como Circunvalación Norte y Sur.

El sector se divide en: Urdesa Central, Lomas de Urdesa y Urdesa Norte. Urdesa Central tiene como límites Urdesa Norte, Kennedy, sector de la avenida Carlos Julio Arosemena Tola, Miraflores y Mapasingue Este. Urdesa Norte con Urbanor, Urdenor, Urdesa Central y Lomas de Urdesa así como con Kennedy Norte frente al Estero Salado.

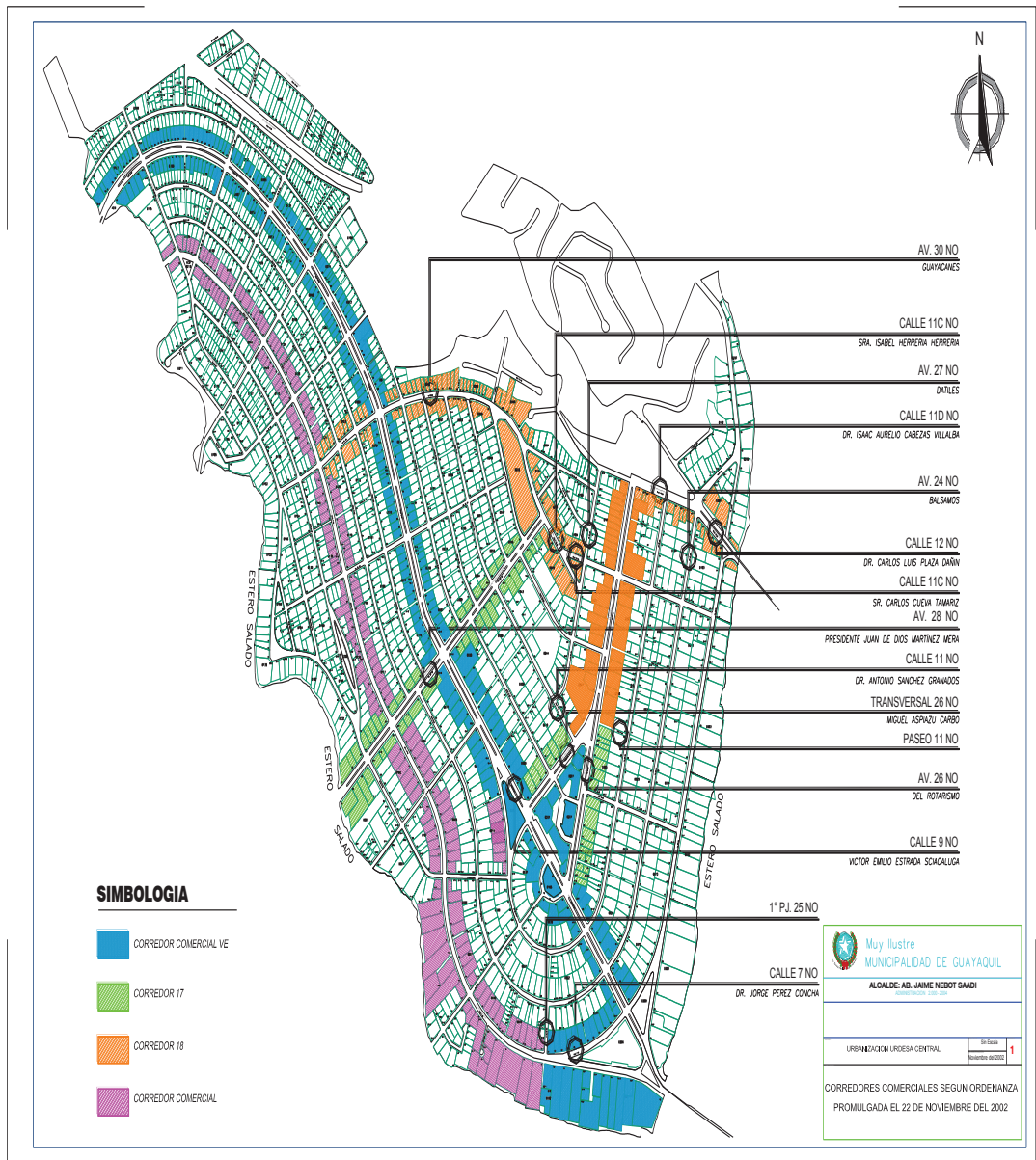
Las Lomas de Urdesa se han visto bien guardado de la profusión de comercios, justamente por la ubicación de sus viviendas en condominios situados en las laderas del cerro en el que se asienta el barrio.

Los principales corredores comerciales son la avenida Víctor Emilio Estrada y la avenida presidente Juan de Dios Martínez Mera (antiguamente conocida como Avenida de Las Monjas). También las calles Circunvalación Norte y Sur



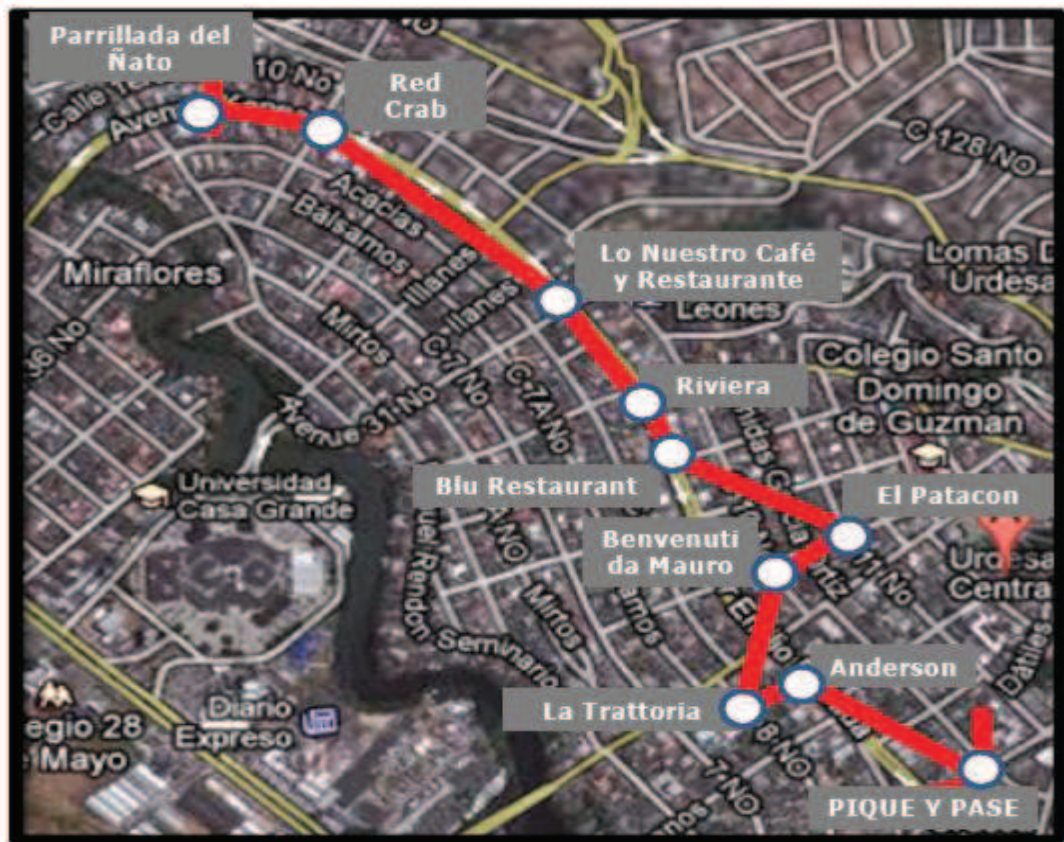
(Otto Arosemena Gómez y Jorge Pérez Concha, respectivamente), Olmos en el sector de Las Lomas, Guayacanes, avenida del Rotarismo (anteriormente avenida Las Lomas), Ilanes, Costanera y Las Aguas (estas dos últimas terminan en Mapasingue) son varias de las principales arterias de la ciudad.

Las principales arterias viales de acceso a Urdesa son: avenida Juan Tanca Marengo, avenida Carlos Luis Plaza Dañín, avenida segunda (Miraflores), avenida Juan de Dios Martínez Mera (Las Monjas), avenida John F. Kennedy, avenida Raúl Gómez-Lince (avenida Las Aguas) y calle Ilanes (puente Albán Borja).



## UBICACIÓN DE PRINCIPALES CORREDORES COMERCIALES

Fuente: Municipio de Guayaquil.



#### 8.4.3. Medio Físico – Clima.

La ciudad de Guayaquil se encuentra en promedio a una cota de 4 msnm; está influenciada principalmente por su ubicación geográfica en la zona ecuatorial lo que provoca una temperatura cálida durante casi todo el año. No obstante, su proximidad al Océano Pacífico hace que las corrientes de Humboldt (fría) y de El Niño (cálida) marquen dos períodos climáticos. Es una ciudad con clima cálido y húmedo, que alcanza temperaturas que bordean los 40 °C en el invierno, y que bajan aproximadamente hasta 23 °C en el verano.

El clima de Guayaquil, según la clasificación Köppen, es del tipo “Tropical Sabana” (AW); las lluvias se distribuyen en dos estaciones anuales, una seca



que va de mayo a diciembre y otra de lluvia que va de enero a abril, siendo en esta última donde se encuentra el 80% de las precipitaciones anuales. La precipitación anual media es de 1.107,7 mm y la temperatura de 25,3°C, la evaporación de 1.185 mm y la humedad relativa es del orden de 75%, la heliofanía supera las 1.500 horas anuales. Predominan los vientos con una frecuencia del 30% desde el SW, con velocidad media de 3,3 m/s y la nubosidad alcanza 6,3 octavos. (ZAMBRANO, 2007)

Datos climatológicos de la estación meteorológica Simón Bolívar de Guayaquil, entre los meses de noviembre 2006 y enero 2007 indican que la temperatura promedio fue de 26,5°C, la humedad relativa 65% y la precipitación de 0 mm.

Parámetros climáticos promedio de Guayaquil													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Temperatura máxima media (°C)	31	30	32	32	30	29	28	28	30	29	30	31	30
Temperatura máxima media (°F)	88	87	89	89	87	85	84	84	86	85	86	88	86
Temperatura mínima media (°C)	21	20	18	22	20	15	17	15	16	17	18	20	15
Temperatura mínima media (°F)	74	75	76	75	74	72	70	69	70	71	72	73	72
Precipitaciones (mm)	22,35	27,94	28,70	18,03	5,33	1,77	0,25	0,00	0,25	0,25	0,25	3,00	108,45

Fuente: [Weatherbase](#)

Tabla 51. PARAMETROS CLIMATICOS PROMEDIO DE GUAYAQUIL, FUENTE

Weatherbase

#### 8.4.4. Calidad del aire.

Existen dos tipos de aire: aire limpio y aire contaminado, los cuales se pueden definir de la siguiente manera:

**Aire limpio:** Término usado para describir la mezcla de gases existentes en una capa relativamente delgada alrededor de la tierra. Siendo que la

composición de esta mezcla, desde el nivel del suelo hasta la altura de 100 km. es constante.

Se considera aire limpio, aquel que se obtiene sobre los Océanos más alejados de las fuentes de emisión de los contaminantes.

**Aire contaminado:** Es cuando la adición de cualquier sustancia alterara en cierto grado las propiedades físicas y químicas del aire puro. El aire de la ciudad de Guayaquil se encuentra contaminado en mayor o menor grado dependiendo de: la situación geográfica, condiciones meteorológicas, parque automotor, congestión de vías, presencia de industrias, tráfico aéreo y número de habitantes.

**Ruido:** Los niveles de ruido en el entorno son altos y se generan por el tráfico de vehículos. Los niveles tanto de máxima como de mínima sobre la vía Víctor Emilio Estrada, son altos para zonas residenciales.

#### **8.4.5. Relieve**

La Ciudadela Urdesa se alcanza cotas del orden de los 20 metros. El área poblada se desarrolla entre las cotas 4.00 y 20.00 metros y corresponde a un corte de terreno propio de la cantera que antiguamente existía en ese sitio. Las calles son de pavimento de hormigón, con aceras y bordillos.

#### **8.4.6. Tipo de suelo.**

De acuerdo a la clasificación del USDA (United Status Departament of Agricultura) y tomando como fuente un estudio efectuado por CLIRSEN, presentado en la VI CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE USUARIOS ARC/INFO Y ERDAS; en la provincia del Guayas se han identificado varios tipos de suelos en 6 Ordenes y 11 Subórdenes:

Entre las principales Órdenes con sus respectivas áreas tenemos:

- Entisoles 51.331 Ha.
- Inceptisoles 71.938 Ha.
- Vertisoles 15.423 Ha.
- Molisoles 10.561 Ha.

- Aridisoles 6.787 Ha.
- Alfisoles 35.478 Ha.
- Asociaciones 65.590 Ha.

La zona Norte de Guayaquil es considerada como una zona de transición entre subhúmeda a árida con suelo tipo Vertisol, que son suelos de tipo sedimentario y volcánico ricos en arenas y limos arcillosos, con hidratación y expansión húmeda y agrietada cuando secos.

#### **8.4.7. Usos de suelos.**

La M. I. Municipalidad de Guayaquil estableció un Plan Regulador cuyo objetivo principal es la planificación y la impulsión del desarrollo basado en la planificación del uso de suelo y la interrelación de los servicios básicos, transporte y comunicación. Para lograr este objetivo se dividió a la ciudad en área Urbana y de Expansión. Tanto para el área urbana como para la de expansión, se crean las zonas: A, B, C, D, E y F que constituyen la parte urbana, y las zonas para el área de expansión G, H, e I.

Hacia el Norte y Noroeste de la ciudad se presenta la formación geológica Cayo, del Periodo Cretácico superior, constituida por areniscas, gravas, lutitas y argilitas, de color gris, verde o habano. Todos los cerros que afloran en la ciudad de Guayaquil presentan rocas pertenecientes a esta formación.

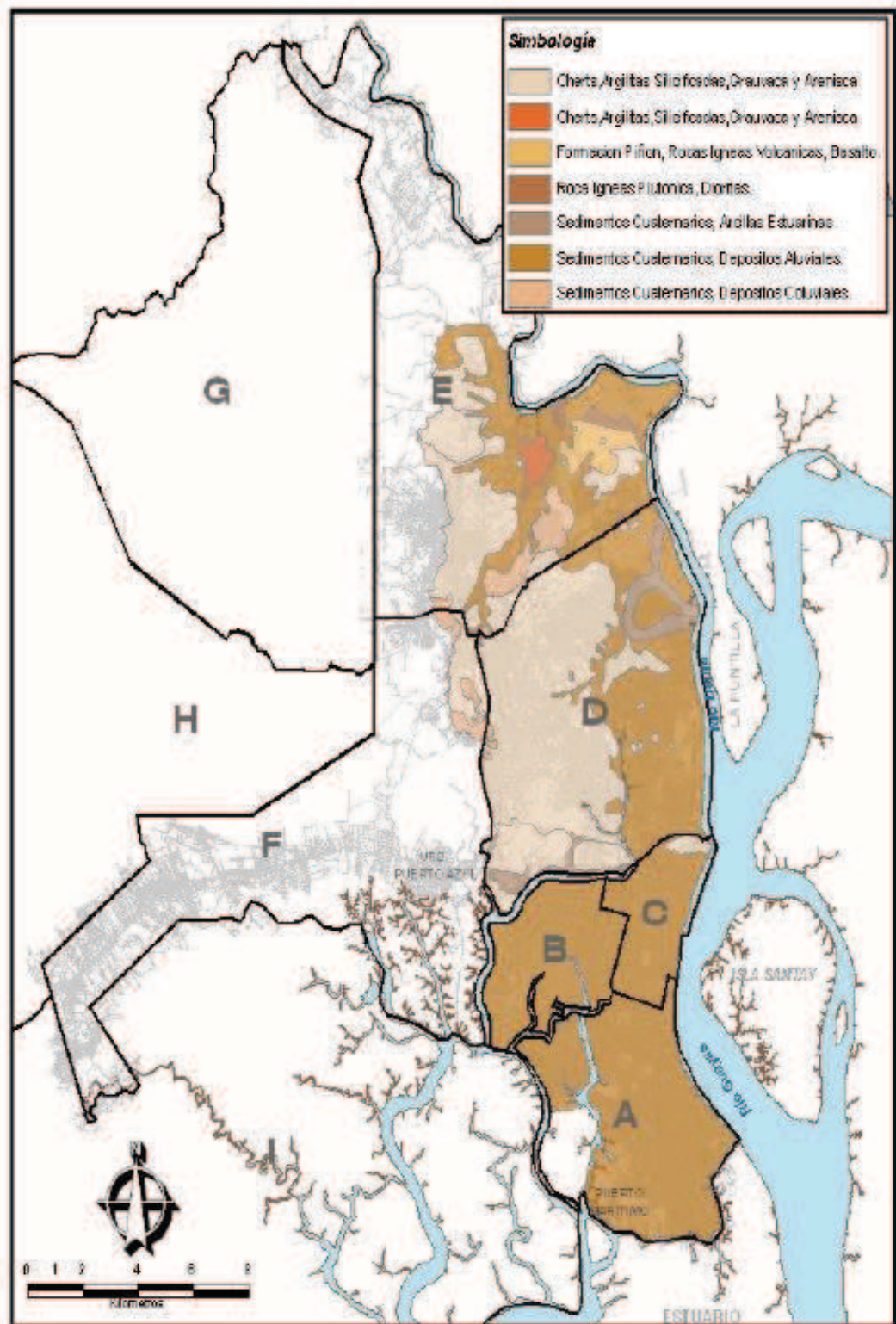


Ilustración 47. FORMACIÓN GEOLÓGICA DE GUAYAQUIL, ANEXOS DE PLAN MAESTRO INTERAGUA, 2002

El sector donde se localiza el proyecto, corresponde al sector “D”, el cual está ubicado en la zona periférica del Nor-Oeste de la ciudad cuyo acceso puede ser a través de su -Avenida Principal, Víctor Emilio Estrada, vía arterial que en su desarrollo aloja sectores comerciales de gran importancia.

### **8.5. Descripción del Proyecto.**

Hoy en día, las empresas de servicios públicos y municipios locales se enfrentan a la enorme tarea de conservar y ampliar su infraestructura subterránea (es decir, la electricidad, las telecomunicaciones, gas natural, agua y alcantarillado) en entornos urbanos. La meta para las empresas de servicios públicos y municipios es explorar métodos más viables para reducir costos y maximizar la seguridad pública. Tradicionalmente, la instalación, inspección, reparación y sustitución de los servicios públicos subterráneos implica abrir zanjas como métodos de construcción. Está comprobado que estas obras son muy costosas especialmente en zonas urbanas. Los contratistas tienen que excavar con cuidado alrededor de otros servicios públicos para lograr la profundidad necesaria, que a su vez demora el procedimiento, además los costos adicionales realizados por la necesidad de restaurar las superficies existentes (es decir, aceras, pavimento, pavimento de ladrillo) y reparaciones a consecuencia del asentamiento del terreno. Aparte de los costos altos asociados con las operaciones de apertura de zanjas a menudo resultan perjudicados los usuarios socialmente hablando, debido a las alteraciones en tráfico vehicular y el impacto adverso en los negocios cercanos.

La descripción del presente estudio/proyecto se basa en el análisis de distintos escenarios para llegar a dominar “Criterios para la toma de decisión de rehabilitar o renovar la infraestructura hidráulica con evaluación económica de las alternativas para el sistema de alcantarillado sanitario del sector “Urdesa” en la ciudad de Guayaquil, con ello familiarizarse con las problemáticas y soluciones integrales a fin de tener un punto de partida, para

mantener operativo los sistemas de Alcantarillado de la ciudad, como un representativo de los que puede ocurrir en otras ciudades latinoamericanas.

Respecto a los sistemas de alcantarillado, comienzan los problemas en gran parte por los caudales excesivos por infiltración en las redes, verificados en las estaciones de bombeo o los sitios de disposición final, los colapsos de tramos por corrosión, por fallas estructurales, o por malos procesos constructivos, permitieron también dar una idea de donde comenzar con la presente investigación.

Luego, se entiende por renovación a las técnicas sin apertura de zanja que requieren de la destrucción de la antigua tubería, ya sea para reemplazarla por un excesivo deterioro o para aumentar el diámetro debido a un incremento en la demanda hidráulica. Por el contrario, se entiende por rehabilitación, a las técnicas sin apertura de zanja que mejoran las condiciones internas de la antigua tubería sin necesidad de destruirla.

Por otra parte, se considera que el deterioro por envejecimiento de las redes de infraestructuras subterráneas es un problema social crítico. En mala hora, el mantenimiento proactivo y la rehabilitación de servicios públicos domiciliarios enterrados a menudo se descuida. Hoy en día, ya tenemos la tarea de seleccionar métodos adecuados de construcción que no sólo ofrecen la solución más económica, sino que también minimiza el impacto al medio ambiente. Métodos de construcción sin zanja ofrece múltiples posibilidades para la instalación de servicios públicos y la rehabilitación de la infraestructura existente utilizando el principio de "verde" ecológico.

#### **8.6. Determinación del área de influencia del proyecto.**

Para establecer el área de influencia en el ámbito socio-ambiental del proyecto, se consideran las transformaciones que el proyecto ocasionará, tanto en su construcción, como durante su operación y retiro, sobre



determinados elementos que conforman el espacio socio ambiental receptor (factores ambientales). Cuando es considerado desde la perspectiva del proyecto, se codifica como “entorno ambiental del proyecto” y las transformaciones como “impactos ambientales”.



Ilustración 48. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO, FUENTE GOOGLE

Los impactos se presentan al interior de “áreas de influencia”, y pueden ser positivos o negativos. La definición de las áreas de influencia directa e indirecta, se realiza en función de la Línea Base Ambiental tomando en cuenta los aspectos físicos, bióticos y socioculturales del área de análisis y las características y objetivos del Proyecto.

El área de influencia no es otra cosa que el área de análisis donde se presentarán las alteraciones (impactos ambientales), producto de las etapas de: construcción y operación mantenimiento según el lugar y distinguir entre área de influencia directa e indirecta.

### **8.6.1. Área de Influencia directa (AID).**

Se define Área de Influencia Directa (AID) al territorio en el que se manifiestan los impactos ambientales directos, es decir aquellos que ocurren en el mismo



sitio en el que se produjo la acción generadora del impacto ambiental, y al mismo tiempo, o en el tiempo cercano, al momento de la acción que provocó el impacto. Los impactos denominados directos tendrán lugar dentro de este marco geográfico de referencia.

### **8.6.2. Encuadre geográfico del AID**

El área de influencia directa, al tratarse de un proyecto de Rehabilitación a un sistema de Alcantarillado Sanitario, quedaría determinada como la zona misma del proyecto.

El Punto de descarga del Alcantarillado Sanitario (colectores secundarios), descargan a un sistema principal denominado Parson Norte de 1500 mm, minimizando la afectación de servidumbre. Este Colector forma parte del Sistema de Alcantarillado Urbano de Guayaquil con capacidad para recibir los caudales que se generarán en el sector, conforme al análisis de capacidad hidráulica realizada en la presente investigación. (CNEL, 2014)

### **8.7. Principales impactos ambientales que genera el Proyecto**

Las actividades que se desarrollaran en la ejecución del proyecto se presentan en el siguiente cuadro y se analiza los principales impactos que generará la misma:

<b>PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES</b>
<p><u>PRINCIPALES ACTIVIDADES EN ETAPA DE REHABILITACIÓN:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Limpieza, inspección y taponamientos de Colectores en cámara.</li><li>• Construcción de accesos temporales</li><li>• Movimiento de Maquinaria y Equipo especial para lanzamiento de tuberías.</li><li>• Transporte de materiales y suministros.</li><li>• Excavación y rellenos temporales.</li><li>• Lanzamiento y renovación de Tuberías.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disposición final de materiales de desalojo</li> <li>• Reposición de áreas Públicas</li> </ul>			
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>POSITIVO/ NEGATIVO</b>	<b>ETAPA DEL PROYECTO</b>
Generación de desechos de tubería y materiales de escombro	Contaminación del suelo	Negativo	REHABILITACIÓN
Generación de ruido, material particulado y gases por las actividades constructivas, rompimiento de cámaras y rehabilitación	Contaminación atmosférica  Quejas de la comunidad	Negativo	REHABILITACIÓN
Generación de desechos sólidos  Generación de escombros por las actividades constructivas y de rehabilitación	Contaminación del suelo por desechos de construcción, tarrinas de comida de obreros, entre otros	Negativo	REHABILITACIÓN
Generación de desechos líquidos  Generación de aguas residuales domésticas por uso de baterías sanitarias, posibles descargas de aguas de lavado de vehículos.	Contaminación de canales de aguas lluvia	Negativo	REHABILITACIÓN
Riesgos de accidentes laborales por las actividades	Afectación a la salud y seguridad de obreros y operadores	Negativo	REHABILITACIÓN

constructivas y de rehabilitación			
Generación de empleo y mano de obra calificada y no calificada	Afectación positiva a la economía local y regional	Positivo	REHABILITACIÓN

## 8.8. Plan de Manejo Ambiental.

### 8.8.1. Plan de Prevención y Mitigación de Impactos en la Construcción.

La mejor forma de garantizar el adecuado funcionamiento el sistema de alcantarillado, es respetar los criterios de diseño y construcción del mismo, en tal sentido es importante concienciar a la población beneficiaria del sistema en la Renovación y/o Rehabilitación de sistemas sanitarios; no deberá “bajo ningún concepto” permitirse las conexiones ilícitas de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, pues de ocurrir esto en forma generaliza puede incluso llegar a colapsar el sistema, y en otras circunstancias mermar la capacidad hidráulica del mismo para el transporte de aguas negras para el cual ha sido diseñado.

La remoción parcial del suelo: El suelo excesivo resultante de la renovación o rehabilitación de los colectores debería usarse para relleno y para graduar las superficies cerriles. Es apropiado utilizar el relleno en jardines y en la creación de áreas verdes y debería considerarse este posible uso.

Calidad de las aguas superficiales: Un manejo apropiado de las actividades de excavación y el amontonamiento del material excavado, reduce o elimina los impactos en las aguas superficiales. Una adecuada programación de la temporada de construcción minimizará la probabilidad de que se presenten precipitaciones durante las actividades constructivas, que conlleven el acarreo del material hacia los cuerpos hídricos.

Olores y emisiones: Una cerca apropiada en la periferia de cada frente de construcción y restringir la entrada del público reduciría / eliminaría la molestia

de emisiones de los equipos de construcción. Deberá darse mantenimiento permanente al equipo de construcción para evitar emisiones y ruidos excesivos.

Ruido y vibración: El equipo de construcción que produce relativamente mayor vibración y ruido debería restringirse para el uso durante el día a fin de molestar lo menos posible a los residentes cercanos durante la tarde y noche.

Servicios públicos: La operación del equipo de construcción sobre caminos locales debería evitarse durante las horas de tránsito de hora pico a fin de reducir el impacto sobre las facilidades de transporte público.

Seguridad pública: Un cercado apropiado con rótulos y señales de precaución debería ponerse en la zona de construcción, particularmente durante la construcción de alcantarillado cerca de la carretera, a fin de proporcionar más seguridad pública. Debería tomarse la seguridad apropiada durante el movimiento vehicular.

### **8.8.2. Medidas de Mitigación Adicionales.**

Dentro de las medidas de mitigación a implementarse la más importante de todas, en la etapa de construcción es aplicar por parte del Constructor y exigir por parte de la Fiscalización del proyecto, el seguimiento a las siguientes leyes, normas y cuerpos legales principales:

- Reglamento General de Seguro de Riesgos de Trabajo, IESS.
- El Ministerio de Bienestar Social, Reglamenta todas acciones y protecciones que los obreros en las actividades productivas, incluida la construcción, deben tener a costo del Patrono. Determina las penalizaciones que el IESS impondrá cuando el trabajador esté desprotegido de esas protecciones.
- Ley de Régimen Municipal.

- Capítulos: Planeamiento y Urbanismo, Obras Públicas, Servicios Públicos
- Define los usos del suelo y determina especialmente los sitios para botaderos de tierras, escombros de la construcción, etc.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

La norma técnica básica sobre la cual deberá regirse el diseño, construcción y operación del proyecto se expresa en el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), Anexo 1 del SUMA: “Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua”. En este instrumento legal se detallan en la Tabla 12, los “Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce”.

Igualmente del análisis cuantitativo realizado, se pueden resaltar las actividades que deben realizarse, para el efecto se detallan a continuación diferentes medidas de atenuación o mitigación, que se deberán implementar durante la construcción del proyecto a fin de reducir su Impacto Ambiental, lo cual dará como resultado un menor impacto negativo sobre el medio natural y social. Estas actividades se refieren principalmente a la inclusión en los contratos de construcción de recomendaciones constructivas que atenúen los efectos detrimentos de esa actividad.

#### **8.8.2.1. Propósito y Objetivos**

Las recomendaciones han sido preparadas, para asistir a los Constructores y Fiscalización Ambiental a fin de lograr un trabajo ambientalmente sano y seguro en la etapa de Construcción del proyecto.

A través de ellas se pretende dar políticas, procedimientos y recomendaciones a fin de prevenir accidentes y a reducir cualquier daño a la salud, bienes, comodidad, etc., de los trabajadores y habitantes y a conservar entorno sociocultural y ambiental de la zona del proyecto.

### **8.8.2.2. Recomendaciones Generales**

A continuación se describen las medidas preventivas y de control, que el contratista debe ejecutar para mitigar los impactos ambientales negativos, causados por la construcción, de los diferentes sistemas que conforman el Proyecto, considerando aspectos relacionados con salud pública, seguridad en la construcción, pérdida y/o deterioro de recursos naturales, e impactos socioculturales en la comunidad.

El cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos será controlado por un Monitor o Supervisor Ambiental que estará a cargo de la fiscalización ambiental del proyecto y que será contratado directamente por el constructor.

Si como resultado de la acción u omisión del contratista, se produjera cualquier daño o perjuicio a los ecosistemas, este deberá restaurar dicha área a la condición anterior de ocurrido el daño, a satisfacción de la Fiscalización Ambiental, de no ser posible se compensará o indemnizará de acuerdo al daño realizado.

- a) Antes de ejecutarse la recepción provisional de la obra todo el terreno ocupado por el contratista en conexión con la obra, tendrá que ser limpiados removiéndose todos los escombros, materiales excedentes, estructuras provisionales, plantas y equipos, debiendo quedar todas las zonas de la obra limpias y estéticamente adecuadas. Todas las estructuras de drenaje, sumideros y demás desagües deberán ser limpiados, eliminando de los mismos cualquier acumulación de materiales extraños.
  
- b) En los trabajos de excavación y relleno, el contratista tomará todas las precauciones para proteger y evitar daños y perjuicios en las propiedades colindantes con los límites de la obra, así como para que no interrumpan las servidumbres de paso, de tránsito, servicios

públicos y otros. Si fuere necesario proteger instalaciones adyacentes, el contratista tendrá que construir y mantener por el tiempo que fuese necesario, por su cuenta y costo, tablas, estacados, apuntalamientos y otros dispositivos apropiados; el retiro de estos también correrá por cuenta del contratista cuando la Fiscalización Ambiental lo determine.

- c) Bajo ninguna circunstancia el contratista o subcontratista alguno promoverán y/o realizarán actividades que causen erosión, contaminación y alteración del régimen hídrico de la zona del proyecto.
- d) Es necesario que, de acuerdo con las normas vigentes, se coloquen en los frentes de trabajo, señales preventivas e informativas con el propósito de suministrar a la comunidad información permanente, haciéndoles conocer acerca de riesgos de la construcción.
- e) Se deben tomar todas las medidas necesarias para asegurar las mejores condiciones de higiene, habitabilidad, nutrición y sanitarias a los empleados de los contratistas, subcontratistas y aquellos que por otras circunstancias se vinculen directamente con la construcción de las obras de ingeniería.
- f) El contratista deberá afiliarse al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social a todo el personal nacional, de acuerdo a las normas legales vigentes.
- g) Los obreros deberán ser provistos de mascarillas con filtros que eviten la inhalación de polvo durante el movimiento de tierras.
- h) El constructor, antes de dar inicio a la construcción de cualquiera de las partes del proyecto levantará una vivienda para oficinas y alojamiento de los cuidadores. Estas instalaciones deberán mantener condiciones razonables de seguridad, comodidad e higiene.



- i) Previo el inicio de la construcción, el contratista deberá tener la aprobación de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.
- j) Una vez concluida la construcción se levantará el campamento y se botará los escombros al vertedero municipal.
- k) Las superficies cuya cobertura vegetal se haya alterado por las instalaciones, serán restauradas con vegetación propia de la zona, si fuere el caso.
- l) Para prevenir la paralización del tránsito de las zonas, el contratista, pondrá señales claras y visibles, indicado rutas alternas para el tráfico.
- m) Para evitar el deterioro de la salud de la comunidad próxima a las excavaciones de las previstas en el diseño del proyecto, debido a la generación de polvo, se recomienda mantener humedecida permanentemente la tierra y material de retiro.

#### **8.8.2.3. Limpieza y desalojo**

- a) El Constructor en su oferta deberá indicar claramente su cronograma relacionado a las actividades de limpieza y desalojo de materiales. Esa incluirá la limpieza mecánica (buldózer, etc.) o manual o las dos cuando sea del caso.
- b) El Constructor deberá asegurarse que todo el personal que utilice moto-sierras, machetes u otras herramientas, hayan recibido entrenamiento en el uso apropiado de esas, en su mantenimiento.
- c) Cada empleado debe llevar su propio equipo de protección de acuerdo al trabajo asignado.

- d) El contratista no verterá ningún material en terrenos de propiedad privada, sin la previa autorización del dueño, debidamente ejecutada y notariada y con visto bueno del Fiscalizador Ambiental.

#### **8.8.2.4. Tránsito vehicular y peatonal**

- a) Como ya se indicó anteriormente se deberá establecer un cronograma de actividades, de manera de realizar el transporte de materiales, maquinaria y vehicular, de acuerdo a las zonas de instalación de materiales del proyecto, esto con el fin de racionalizar el tránsito; se deberán implementar sistemas de señalización, que atenúen las molestias que producirán a los usuarios estos cambios.
- b) Podría reducirse el aporte polutivo del tránsito automotriz y camionero, mediante un riguroso mantenimiento de la maquinaria, y su puesta a funcionamiento en circunstancias que estrictamente lo ameriten, a fin de no aportar a la alteración del aire.

#### **8.8.2.5. Ruidos y Vibraciones**

- c) En las actividades de construcción, será necesario cumplir con las regulaciones del IESS, esto es dotar a los trabajadores con el equipo de protección personal adecuado, especialmente a quienes trabajen con concreteiras, vibradores y martillos hidroneumáticos. A fin de atenuar los ruidos producidos en las zonas cercanas a las fincas por las diferentes actividades del proyecto, será necesario utilizar mano de obra en las actividades que lo permitan y lo menos posible maquinarias. Esto debido a que las vibraciones y ruidos altos se darán cuando se utilice maquinaria pesada.

#### **8.8.2.6. Excavaciones**

- d) Estos trabajos deberán realizarse con el uso de mascarillas antipolvo; se deberán colocar pasos con viguetas prefabricadas y tableros, a manera de puente, sobre las zanjas, y enfrente de los accesos a las casas.

- e) Con el objeto de disminuir la contaminación y las molestias que el polvo causa sobre la población, los sembríos, la fauna y la flora, deberá cubrirse con plásticos la tierra que se saque de las excavaciones y además se deberá regar el material, en las partes superiores y laterales a fin de evitar el desprendimiento de polvo.
- f) Especial cuidado se deberá tener en las excavaciones a realizarse en las zonas de bosques y pastos, en las que será necesario tomar todas las medidas de atenuación indicadas, con mayor severidad, para lo cual en el diseño definitivo se deberá incluir recomendaciones, para la adopción de estas medidas.

### **8.8.3. Plan de manejo de desechos.**

#### **8.8.3.1. Manejo de Desechos Líquidos.**

El tratamiento de aguas servidas generadas por el personal que laborara en el área se realizara mediante baterías sanitarias, conectadas al sistema de alcantarillado sanitario. Se construirán al menos dos baterías por frente de trabajo de acuerdo al avance del proyecto.

#### **8.8.3.2. Manejo de Desechos Sólidos.**

Se establecerán contenedores móviles para la recolección y acumulación de desechos sólidos, a fin de que el sistema de recolección municipal se encargue de su transporte y destino final. Se construirán tarros de basura debidamente etiquetados para la separación y clasificación en origen, es decir, se acumulará por separado los desechos metálicos de los orgánicos, papel, cartones o plásticos, de forma de poder reutilizarlos o entregarlos a gente que haga comercio de los mismos.

#### **8.8.4. Plan de Supervisión durante la etapa de la construcción.**

El plan de supervisión durante la etapa de construcción debe estar orientado a minimizar el impacto negativo sobre la población y el medio ambiente. Para controlar el posible impacto ambiental durante la construcción se deben tomar las siguientes medidas:

- Movimiento de tierra – Se debe supervisar el manejo apropiado de las actividades de excavación, nivelación, relleno y el amontonamiento de material para reducir o eliminar los impactos sobre el ambiente.
- Disposición de material de demolición – Se debe supervisar la correcta disposición de este material a lugares donde no se afecte al medio ambiente.
- Disposición de tierra excedente – Se debe verificar de que, en lo posible, la tierra excedente sea utilizada en otras actividades del proyecto como material de relleno.
- Humedecer vías - Se debe implementar la práctica de humedecer los caminos de tierra para evitar la generación de polvo.
- Mantenimiento de equipo – Se debe supervisar el mantenimiento adecuado del equipo de construcción para evitar derrames de combustible, lubricantes, etc.
- Reforestación – Se debe controlar la reforestación de áreas afectadas por los trabajos de construcción, especialmente en áreas sensibles como los manglares.
- Repavimentación – Se debe supervisar la correcta repavimentación de vías afectadas durante la construcción.

#### **8.8.5. Plan de Capacitación Ambiental.**

El constructor deberá coordinar con los empleados que laboran, para exponer el proyecto, además, se instruirá a todo el personal sobre el Plan de Manejo Ambiental.

La finalidad es que los trabajadores se encuentren capacitados en el cumplimiento de las actividades específicas y así evitar cualquier emergencia

que podría suceder y afectar no solo al entorno sino su integridad física, además, facilitara la realización de charlas frecuentes con el personal, en los siguientes temas generales:

#### **8.8.5.1. Uso de y manejo de equipos y extintores.**

Todo trabajador será adiestrado en el uso y manejo correcto de los equipos extintores existentes, para responder efectiva y rápidamente ante una eventualidad que se pudiere presentar durante el cumplimiento de sus actividades.

#### **8.8.5.2. Uso del equipo mínimo de protección personal.**

Se realizarán charlas sobre la necesidad del uso permanente del equipo de protección personal, a fin de evitar posibles daños a la integridad física del trabajador, durante el cumplimiento de sus actividades.

Con respecto a la protección de oídos, cualquier trabajador o empleados que estuviesen expuestos a ruidos mayores a 75 decibeles deberán ser provistos de una protección en los oídos (orejeras).

#### **8.8.5.3. Educación Ambiental.**

Se planificara la realización de charlas a los trabajadores, para informar sobre la necesidad de mantener un ambiente natural, humano y libre de contaminantes.

Además será necesario el instruir de manera específica a los trabajadores sobre los procedimientos operativos específicos y generales establecidos en el PMA:

- Manejo de desechos sólidos y líquidos
- Procedimientos para situaciones de emergencia
- Salud y seguridad laboral

Inducciones para el personal que labore en las tareas de construcción, este programa deberá incluir información sobre las normas para no contaminar el ambiente.

#### **8.8.6. Plan de Seguridad y Salud Ocupacional.**

La construcción de las obras del proyecto, tendrá efectos potenciales en la seguridad de los trabajadores por la posibilidad de que ocurran accidentes laborales en esta etapa.

##### **8.8.6.1. Objetivo específico.**

Reducir en lo posible el número de accidentes y enfermedades profesionales con lo que aumenta la productividad y la eficiencia del trabajo, además se obtiene bienestar y seguridad para el personal, así como alargar la vida útil de los equipos.

Los elementos de producción que son afectados por los accidentes son: mano de obra, equipos, maquinaria, herramientas y material.

##### **8.8.6.2. Factores que contribuyen a la generación de accidentes.**

Entre los factores que contribuyen a la generación de un accidente se puede citar:

La condición insegura, que a más de ser la causa directa del accidente, obliga al trabajador a hacer un acto inseguro, condiciones inseguras son:

- Empleo de equipos deteriorados.
- Mantenimiento y limpieza deficientes de los lugares de trabajo.
- Falta de protecciones o salvaguardas en equipos.
- Instrucción insuficiente en prácticas de seguridad del personal trabajador.

Como práctica insegura, se puede citar:

La operación de maquinarias y equipos a velocidades inseguras.

Mal almacenamiento, sobrecarga o manipulación defectuosa de materias primas y combustibles.

La práctica insegura, frecuentemente se precipita en el accidente por no seguir las reglas establecidas, es decir, violando un procedimiento considerado seguro. En algunas oportunidades la práctica insegura es producto de la falta de capacitación del trabajador.

#### **8.8.7. Evaluación de Riesgos.**

La evaluación de riesgos y medidas de mitigación van a ser identificados mediante el uso del formulario identificado como matriz IPER (Identificación de peligros y evaluación de riesgos, el que es manejado por Interagua en la ejecución de sus obras.

Ver anexo 9-Plan de Respuestas ante Emergencias.

##### **8.8.7.1. Objetivos específicos.**

Ayudar al personal, ya sean obreros, técnicos o administrativos a responder rápida y eficazmente ante un evento que genere riesgos a la salud humana, instalaciones físicas, maquinaria y equipos y al ambiente.

##### **8.8.7.2. Metas.**

Planificar y describir la capacidad de respuesta rápida y requerida para combatir una emergencia.

Designar responsabilidades a cada uno de los miembros del comité de respuesta a emergencias.

Definir y diseñar los procedimientos a ser ejecutados durante una emergencia.

##### **8.8.7.3. Comité.**



De acuerdo al concepto final del proyecto y a la programación de obra, se conformará un comité que se encargará del cumplimiento de los objetivos propuestos en este programa.

El comité estará conformado por:

Superintendente de Construcción

Supervisor Ambiental

Supervisor de Seguridad

#### **8.8.8. Plan de Información.**

La comunicación participativa se ha venido instituyendo en un instrumento dinamizador de procesos sociales de comprobada conveniencia para promover alternativas de desarrollo sostenible y sustentable que aseguren un fuerte sentido de pertenencia y alcance de los objetivos propuestos en los proyectos, por lo que este proceso de información debe enmarcarse dentro de la línea de la comunicación participativa.

La comunicación informativa, y en especial la capacitación, son los instrumentos que permiten y facilitan la participación e integración de la población en los procesos de desarrollo de proyectos, en este caso el Alcantarillado Sanitario.

Se debe considerar los efectos de las acciones de información y plan de manejo en el entorno social cultural local. En este contexto se requieren procesos ajustados a la idiosincrasia local, medios de información y nivel de educación del sector afectado.

La comunicación Participativa implementada actualmente propone re significaciones conceptuales y metodológicas para asegurar sostenibilidad y sustentabilidad de las acciones a implementar:

Estimular la participación de abajo hacia arriba (trabajando horizontalmente con las comunidades y sectores del área de influencia).

Facilitar el diálogo de información del proceso de desarrollo del proyecto

Permitir el reconocimiento a las iniciativas locales,

Permitir democratización de la información y su divulgación por parte de dirigentes.

Gestionar de forma participativa el desarrollo del Plan de Manejo.

Planificar con perspectiva de género

Informar con claridad en cuanto a que el plan de trabajo se sustenta, en parte, en recursos locales, principalmente en el recurso humano, predispuesto a organizarse y cumplir objetivos comunes.

Buscar alcance participativo en tres ámbitos:

Comunal

Escolar

Medios de comunicación

#### **8.8.8.1. Ejes transversales de la estrategia de comunicación participativa**

Ampliar las capacidades y las oportunidades de las personas como lo concibe el desarrollo humano, implica democratizar el conocimiento sobre las alternativas, en este caso, el beneficio social que busca el proyecto, por lo que la información debe canalizarse por diferentes medios, utilizando diferentes herramientas.

La búsqueda de estos medios será siempre orientada a la formación de los individuos y de los colectivos con el propósito de transformar las dinámicas culturales, laborales y sociales en aras de alcanzar mayores niveles de compromiso social frente a la problemática ambiental que presenta el área de influencia, un comportamiento amigable con la biodiversidad y mejoramiento de las condiciones sanitarias del área de influencia, mejoramiento de la calidad del agua, elevar la calidad de vida de la población, recuperación de los aspectos bióticos y mejoramiento del paisaje escénico . Para asegurar la existencia permanente de este eje se hará uso de las herramientas de la comunicación formativa, la formación no formal y las alianzas con dirigentes

barriales y/o representantes del sector, donde se ponga en marcha el proyecto.

#### **8.9. Recomendaciones ambientales.**

El Fiscalizador del proyecto deberá implementar el Plan de Manejo Ambiental requiriendo los servicios profesionales de un especialista ambiental responsable de Medio Ambiente y Seguridad Industrial en cada fase, respectivamente. Cumplir con las actividades establecidas en el Cronograma de Ejecución del Proyecto y las Medidas ambientales señaladas en el acápite anterior.

Todas las medidas correctivas o preventivas recomendadas en el Plan de Manejo Ambiental deben ser documentadas a fin de presentar las evidencias del cumplimiento de las medidas ambientales a la Autoridad Ambiental correspondiente.

## CAPÍTULO 9.

### 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 9.1. Conclusiones.

- La evolución de las tecnologías sin zanja en las últimas tres décadas, ha sido de gran consideración, con más experiencias en el mundo y sobretodo en la región, esto ha demostrado que es una solución técnica, práctica, económicamente alcanzable y amigable con el medio ambiente.
- En base al análisis hidráulico de los tramos en estudio, se concluye en decir que las secciones de las tuberías son suficientes para la evacuación a gravedad de los volúmenes sanitarios, con excepción de los tramos mencionados e identificados como colector 4 y 6.
- Que el 53% de los tramos de tuberías han cumplido su vida útil, considerando que las redes tienen más de 30 años de operación y es ya urgente el remplazo de ciertos tramos, en base al análisis estructural, realizado en el presente trabajo de investigación.
- Analizadas las características y bondades de cada tecnología, descritas en el presente trabajo de investigación, se ha elaborado una matriz de decisión en base a las alternativas de rehabilitación para las tuberías de alcantarillado a gravedad, donde por diámetro y material se califica la aplicabilidad de cada tecnología:

PRINCIPALES TECNOLOGÍAS	Diámetro (mm)	150		200		250		300		400		500		600		800		1000		> 1200		COMENTARIOS/ OBSERVACIONES	
	Material	HS	PVC	HS	PVC	HS	PVC	HS	PVC	HS	HA	PVC	HA	PVC	HA	PVC	HA	GRP	HA	GRP			
REHABILITACIÓN PARCIAL O PUNTUAL	QUICK LOCK / QUICK BIG LOCK	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	PACKERS / MANGAS PARCIALES	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	ROBOTS / INYECCIÓN DE RESINAS	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
REHABILITACIÓN GLOBAL O INTEGRAL DE TRAMOS	PIPE BURSTING	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	B	B	B	D	D	D	D	D	D	D	En material con PVC, HD, HA, el equipo debe estar dotado de cuchillas especiales en cabezales	
	CIPP	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	D	D		
	CLOSE FIT	B	B	B	B	B	B	A	B	A	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	Tomar en cuenta la posible reducción de diámetros. En tuberías plástica, su rugosidad es casi igual.
	RELINING	D	D	D	D	D	D	B	B	B	B	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	Tomar en cuenta la posible reducción de diámetros. En tuberías plástica, su rugosidad es casi igual.
	SPR	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	B	B	B	A	B	A	B	A	Normalmente usado en grandes diámetros. Analizar la factibilidad de reducción de sección hidráulica.

SIMBOLOGÍA:	
<b>A</b>	MUY RECOMENDABLE SU USO. GRAN ALTERNATIVA
<b>B</b>	RECOMENDABLE CON CONSIDERACIONES ESPECIALES
<b>C</b>	APLICABLE CUANDO EN EL TRAMO HAY MUY POCOS O PUNTUALES PROBLEMAS
<b>D</b>	NO APLICABLE / MUY DIFÍCIL SU IMPLEMENTACIÓN / CON GRANDES RIESGOS DE FRACASO / EXCESIVAMENTE CARO

Tabla 52. Matriz de decisión en función de diámetros y materiales.

- En la evaluación económica, la combinación de la rehabilitación de tuberías entre 150 y 300 mm con Pipe Bursting y los diámetros de 500 y 600 mm con CIPP, resultó la más conveniente para la ejecución de este proyecto de Urdesa:

CANTIDAD DE TRAMOS	4	47	27	21	2	4	105
DIÁMETRO (m)	0.150	0.200	0.250	0.300	0.500	0.600	
LONGITUD (m)	239.38	1393.87	1403.44	1040.08	74.5	199.5	4350.77
METODOLOGÍA	PIPE BURSTING				CIPP		TOTAL
COSTO DE LA REHABILITACIÓN TOTAL	\$ 32,239.80	\$ 214,816.09	\$ 244,549.32	\$ 228,066.10	\$ 31,002.86	\$ 93,813.11	\$ 844,487.27
COSTO POR ML	\$ 134.68	\$ 154.11	\$ 174.25	\$ 219.28	\$ 416.15	\$ 470.24	

Tabla 53. Alternativa escogida para rehabilitación de Urdesa – Evaluación Económica.

- El área en donde se desarrollará el Proyecto (Urdesa), tiene usos de suelo que permiten diferentes actividades comerciales que se vienen desarrollando desde hace más de 50 años.
- El análisis Económico conlleva a dar como resultado que el período de retorno de esta inversión se produce a los 5 años 6 meses desde que se ponga en marcha el proyecto.
- Que la selección óptima de las alternativas se inclina por la del mínimo impacto (menor tiempo) y mejor costo.
- Posterior a la rehabilitación del sistema de Alcantarillado Sanitario, se producirán impactos positivos, ya que con el sistema rehabilitado se ofrecerán mejores condiciones Sanitarias, incrementando el nivel de calidad de la vida de la población beneficiada.

## 9.2. Recomendaciones.

- El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) constituye un instrumento de gran importancia para la gestión ambiental del Proyecto. En este sentido, en la etapa de construcción y la fase de operación, deberán encargarse de velar por el cumplimiento de las medidas de mitigación recomendadas, orientadas a la protección del entorno del Proyecto.

- Que las empresas operadoras y proveedoras del servicio de alcantarillado, generen proyectos que promuevan la introducción a mayor escala de las tecnologías, motivando a los contratistas a la adquisición de equipos y materiales, para con ello ofrecer de manera ágil y a precios competitivos alternativas de solución a los problemas en las redes de alcantarillado.
- Que ya en la fase de Construcción, el Contratista cumpla con la ejecución de las actividades inherentes a su competencia, mientras dure su responsabilidad, por tanto el Fiscalizador del Proyecto deberá hacer cumplir con la ejecución de los rubros que representan costos establecidos en los anexos, como medidas de seguridad. La responsabilidad de que esto se cumpla recae en la empresa que se Contrate como Fiscalizadora del Proyecto, y luego en la Fases siguientes, será necesario establecer acciones de fiscalización para asegurar el fiel cumplimiento de lo que se establecerá en el contrato.



### 9.3. Bibliografía.

- ABARME. (2015). *ABARME INSTALACIONES CATÁLOGO*. Obtenido de WWW.ABARME.ES
- ABURRA, M. D. (2011). *MEDELLIN, COLOMBIA*.
- APS. (2014). COMPACT PIPE - WAVIN. *PIPE REHABILITATION DIVISION*.
- Asociación Ibérica de Tecnologías sin zanja. (2014). <http://www.ibstt.org>.
- ATHA, A. d. (2003). *Manual ATHA*.
- Burbano, I. L. (2005). *Tesis Directrices para inspección óptica interna del sistema de alcantarillado de Cuenca*. Cuenca.
- CNEL. (NOVIEMBRE de 2014). ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL. ESMERALDAS, ECUADOR.
- EAAB, E. d. (2011). *Grado Estructural de tuberías por su estado*. Bogotá.
- ECUADOR, G. D. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.
- EMPRESA DE ENERGIA DE BOGOTA. (MAYO de 2014). Obtenido de CRITERIOS DE DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES DE OBRAS CIVILES: <file:///C:/Users/TERRAX/Downloads/ANEXO%20A-Especificaciones%20Obras%20Civiles%20UPME-02-2014.pdf>
- EPA. (2003). *Folleto de Limpieza y Mantenimiento de Alcantarillas*.
- ESPOL. (2011). *PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RUTA GASTRONOMICA EN LA CIUDADELA URDESA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*.
- GRUNDOMAT. (2014). CATÁLOGO EQUIPOS PIPE BURSTING.
- HOBAS, T. (2014). CATÁLOGO PARA REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS.
- Interagua. (2004). Dep. Inspección CCTV y Diagnóstico de Redes. *Anexos*.
- INTERAGUA. (2004). PLAN MAESTRO GUAYAQUIL.
- INTERAGUA. (2014). *Sistema Axis*.

INTERAGUA. (2015). *Datos proporcionado por el Dpto. Catastro de Redes*.

INVESTIGACION, F. P. (2014).

IST. (2014). Catálogo de Productos Rehabilitación tuberías. *Quick Lock*.

López, S. H. (2009). Obtenido de UNIVERSIDAD DE LA SALLE, COLOMBIA.

PAVCO. (JUNIO de 2010). *RENOVACIÓN DE TUBERÍAS*. Obtenido de PROYECTO LAS AGUAS.

PETROECUADOR. (OCTUBRE de 2011). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN*. Obtenido de [http://www.galapagospark.org/documentos/EIAs/Estudio\\_de\\_Impacto\\_Ambiental\\_Ex\\_Ante\\_Petrocomercial\\_Isabela.pdf](http://www.galapagospark.org/documentos/EIAs/Estudio_de_Impacto_Ambiental_Ex_Ante_Petrocomercial_Isabela.pdf)

Pure Technologies, L. (2013). [www.puretechltd.com](http://www.puretechltd.com).

Sánchez, I. S. (2009). *Tesis de Grado Universidad La Salle*. Bogotá- Colombia.

SEKISUI/FOREVERPIPE. (2014). PRESENTACIÓN REHABILITACIÓN SIN ZANJA DE TUBERÍASS. *TECNOLOGÍA SPR*.

Stein. (2001). *Regelwerk ATV-M 149* .

TEC-SAN. (2013). *CATÁLOGO ROBOTS MULTIFUNCIÓN*. Obtenido de [WWW.TEC-SAN.COM](http://WWW.TEC-SAN.COM)

TRENCHLESS INTERNATIONAL. (1997). Obtenido de [http://trenchlessinternational.com/news/hong\\_kong\\_benefits\\_from\\_pe\\_rehab/034561](http://trenchlessinternational.com/news/hong_kong_benefits_from_pe_rehab/034561)

TT TECHNOLOGIES, INC. (2015). GRUNDOBURST. *STATIC PIPE BURSTING*.

TT TECHNOLOGIES, INC. (2015). GRUNDOCRACK. *PNEUMATIC PIPE BURSTING*.

U.S. ARMY CORP OF ENGINEERS. (2001). Guide for Pipe Bursting.

ZAMBRANO, N. (MARZO de 2007). PROGRAMA DE MANEJO DE RECURSOS COSTEROS. ECUADOR.

#### 9.4. Índice de Imágenes

ILUSTRACIÓN 1. UBICACION GOGRAFICA DE URDESA: FUENTE: GOOGLE EARTH.	13
ILUSTRACIÓN 2. PORCENTAJE DE DESCARGA A ESTUARIOS	14
ILUSTRACIÓN 3. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS REDES EN GUAYAQUIL-FUENTE INTERAGUA	16
ILUSTRACIÓN 4. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE TUBERIAS POR DIAMETROS: FUENTE INTERAGUA	17
ILUSTRACIÓN 5. SECTOR 1 URDESA CON LA INCLUSIÓN DE 8 COLECTORES DE AASS	19
ILUSTRACIÓN 6. SECTOR 2 DE URDESA CON LA INCLUSIÓN DE 4 COLECTORES DE AASS	21
ILUSTRACIÓN 7. VISTA DE LOS COLECTORES INTERNOS EN SECTOR DE ESTUDIO-REALIZADO CON CCTV EN INTERAGUA	22
ILUSTRACIÓN 8. ESTADISTICAS DE RECLAMOS POR OBSTRUCCIONES DE COLECTORES EN GUAYAQUIL-FUENTE: SISTEMA AXIS DE INTERAGUA	23
ILUSTRACIÓN 9. ESTADISTICAS DE RECLAMOS POR OBSTRUCCIONES EN COLECTORES DE URDESA-FUENTE: SISTEMA AXIS DE INTERAGUA	24
ILUSTRACIÓN 10. DATOS A RECOPIRAR PREVIO AL ANALISIS DEL SISTEMA	27
ILUSTRACIÓN 11. METODOLOGIA GENERAL PARA EVALUACION DE CONDICIONES ACTUALES DE UN SISTEMA. FUENTE: REGELWERK ATV-M-STEIN, 2001	28
ILUSTRACIÓN 12. METODO DE INVESTIGACION ESTRUCTURAL DE LA RED	30
ILUSTRACIÓN 13. FORMATO DE INSPECCIÓN, EXPLORACIÓN GEOFÍSICA Y ESTADO EXTERNO DE LAS TUBERIAS	31
ILUSTRACIÓN 14. EQUIPOS PARA INVESTIGACION INTERNA DE TUBERIAS-FUENTE: NUEVOS PROCEDIMIENTOS EN LA RECUPERACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO, HERNANDEZ, 2009	32
ILUSTRACIÓN 15. EQUIPOS PARA INVESTIGACION INTERNA DE REDES	33
ILUSTRACIÓN 16. METODOS PARA INSPECCIÓN EN TUBERÍAS	33
ILUSTRACIÓN 17. EQUIPOS PORTÁTILES ACOPLADOS PARA INSPECCIÓN DE CÁMARAS. FUENTE: FOLLETO DE LIMPIEZA Y EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USA)	36
ILUSTRACIÓN 18. EQUIPOS PARA INSPECCIÓN CON CCTV. FOLLETO DE LIMPIEZA Y EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USA).	37
ILUSTRACIÓN 19. PROCESO DE INSPECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA. LOPEZ, 2009	38
ILUSTRACIÓN 20, SISTEMA DE INSPECCIÓN SAHARA, FUENTE: WWW.PURETECHLTD.COM	40

ILUSTRACIÓN 21. PROCESO PARA TECNOLOGIAS DE INSPECCIÓN A TUBERÍAS	41
ILUSTRACIÓN 22. CAMPO DE ACCIÓN DE TÉCNICAS DE INSPECCIÓN. FUENTE: FOLLETO DE LIMPIEZA Y EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USA)	42
ILUSTRACIÓN 23. FLUJO DE PROCESO DE DAÑOS QUE SE ENCUENTRAN EN TUBERIAS	50
ILUSTRACIÓN 24. CAUSAS EXTERNAS POR LAS QUE FALLA UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO FUENTE: MANUAL ATHA (ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO DE ESPAÑA).	52
ILUSTRACIÓN 25. CAUSAS INTRÍNSECAS QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO. FUENTE: MANUAL ATHA (ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO DE ESPAÑA).	52
ILUSTRACIÓN 26. FRECUENTES ERRORES DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO. FUENTE: MANUAL ATHA (ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO DE ESPAÑA).	53
ILUSTRACIÓN 27. ERRORES DE INSTALACIÓN FRECUENTES. FUENTE: MANUAL ATHA (ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO DE ESPAÑA).	54
ILUSTRACIÓN 28. ESTRUCTURA DEL ANÁLISIS MEDIANTE MODELO COMPUTACIONAL	56
ILUSTRACIÓN 29. SECUENCIA DE LA TECNOLOGIA DE REHABILITACIÓN DE REDES	61
ILUSTRACIÓN 30. TÉCNICA DE REHABILITACIÓN PARCIAL DE TUBERÍAS	66
ILUSTRACIÓN 31. TECNICAS Y PROCESOS PARA RENOVACIÓN DE TUBERÍAS	68
ILUSTRACIÓN 32. TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN: RENOVACIÓN Y SUSTITUCIÓN.	69
ILUSTRACIÓN 33. TECNICA DE QUICK LOCK-PARA REHABILITACIÓN PARCIAL DE TUBERÍAS-FUENTE: TEC-SAN CATÁLOGOS	70
ILUSTRACIÓN 34. REHABILITACIÓN PUNTUAL - MANGA PARCIAL-FUENTE: TEC-SAN CATÁLOGOS	71
ILUSTRACIÓN 35. TÉCNICA DE MANGA PARCIAL -PACKERS- REHABILITACIÓN PUNTUAL-FUENTE: TEC-SAN CATÁLOGOS	72
ILUSTRACIÓN 36. SPR <sup>TM</sup> PE (RIBLINE)	100
ILUSTRACIÓN 37. CIPP (CURED IN PLACE PIPE) – TUBERÍA POLIMERIZADA EN SITIO, FUENTE: PAVCO, 2010	105
ILUSTRACIÓN 38. SECTORES 1 Y 2 ESCOGIDOS COMO SECTORES PILOTO PARA EL ANÁLISIS	113
ILUSTRACIÓN 39. PLANO DE UBICACIÓN DE COLECTORES DEL SECTOR 1	114
ILUSTRACIÓN 40. PLANO DE UBICACIÓN DE COLECTORES DEL SECTOR 2	116

ILUSTRACIÓN 41. COLECTORES ANALIZADOS DE LOS SECTORES 1 Y 2 DE URDESA.	117
ILUSTRACIÓN 42. PRINT DE PANTALLA CON LA CORRIDA DEL PROGRAMA SEWERCAD	121
ILUSTRACIÓN 43. COLECTOR 4, CON INSUFICIENCIA DE CAPACIDAD A CAUDAL MAX.	129
ILUSTRACIÓN 44. COLECTOR 6, CON INSUFICIENCIA DE CAPACIDAD A CAUDAL MAX	130
ILUSTRACIÓN 45. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO URDESA, FUENTE: GOOGLE Y BASE INTERAGUA	181
ILUSTRACIÓN 46. COORDENADAS GEOGRAFICAS-FUENTE PROPIA DE INVESTIGACIÓN	182
ILUSTRACIÓN 47. FORMACIÓN GEOLÓGICA DE GUAYAQUIL, ANEXOS DE PLAN MAESTRO INTERAGUA, 2002	191
ILUSTRACIÓN 48. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO, FUENTE GOOGLE	194

## 9.5. Índice de Tablas

TABLA 1. DIFERENCIA ENTRE RENOVACION Y REHABILITACION (SÁNCHEZ, 2009)	10
TABLA 2. LONGITUD DE REDES EN GUAYAQUIL- POR MATERIAL-FUENTE INTERAGUA (INTERAGUA, DATOS PROPORCIONADO POR EL DPTO. CATASTRO DE REDES, 2015)	16
TABLA 3. LONGITUD DE REDES EN GUAYAQUIL POR DIAMETROS: FUENTE INTERAGUA	17
TABLA 4. GRADO ESTRUCTURAL DE TUBERÍAS POR SU ESTADO. (FUENTE: EAAB EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ COLOMBIA. ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA INSPECCIÓN DE REDES Y ESTRUCTURAS DE ALCANTARILLADO)	43
TABLA 5. GRADO OPERACIONAL DE TUBERÍAS POR SU ESTADO. (FUENTE: EAAB EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ COLOMBIA. ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA INSPECCIÓN DE REDES Y ESTRUCTURAS DE ALCANTARILLADO)	44
TABLA 6, RELACIÓN DEL GRADO DE DETERIORO Y CALIFICACIÓN (FUENTE EAAB)	45
TABLA 7. DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS DE LOS DEFECTOS EN TUBERÍAS	45
TABLA 8. DETALLE DE CARACTERIZACIÓN Y MEDICIÓN DE DEFECTOS PARA CALIFICACIÓN	49
TABLA 9. SPR DISTINTAS TÉCNICAS Y PERFILES PARA ARMAR LA TUBERÍA.	98
TABLA 10. SPR USO POR DIÁMETRO Y CARACTERÍSTICAS.	102
TABLA 11. CONSUMO DE AAPP POR SECTOR HIDRÁULICO, FUENTE INTERAGUA	112
TABLA 12. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- CÁMARAS (PAG 1 DE 3)	122
TABLA 13. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- CÁMARAS (PAG 2 DE 3)	123
TABLA 14. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- CÁMARAS (PAG 3 DE 3)	124
TABLA 15. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- TRAMO COLECTORES (PAG 1 DE 3)	125
TABLA 16. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- TRAMO COLECTORES (PAG 2 DE 3)	126
TABLA 17. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS- TRAMO COLECTORES (PAG 3 DE 3)	127
TABLA 18. ESTADÍSTICA DE DEFECTOS ENCONTRADOS EN TRAMOS INSPECCIONADOS	132
TABLA 19. CATEGORÍAS PARA INTERVENCIÓN DE LA REHABILITACIÓN.	133
TABLA 20. DISTRIBUCIÓN DE PORCENTAJES POR CALIFICACIÓN ENCONTRADA EN EL PROYECTO	133
TABLA 21. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE MÉTODO TRADICIONAL, PIPE BURSTING Y CIPP. FUENTE: OPERACIONES INTERAGUA C. LTDA.	140
TABLA 22. DISTRIBUCIÓN DE LONGITUDES POR CLASIFICACIÓN DE DAÑOS.	141
TABLA 23. PRESUPUESTO CON MÉTODO TRADICIONAL	141
TABLA 24. PRESUPUESTO CON TECNOLOGIA PIPE BURSTING	141
TABLA 25. PRESUPUESTO CON TECNOLOGIA CIPP	141
TABLA 26. PRESUPUESTO CON EL MÉTODO QUICK LOCK	142
TABLA 27. PRESUPUESTO CON MÉTODO PACKERS	142

TABLA 28. COSTOS DE INSUMOS PARA QUICK LOCK Y QUICK BIG LOCK – FUENTE IST	143
TABLA 29. COSTOS UNITARIOS REFERENCIALES DE QUICK LOCK Y PACKERS – FUENTE IST / INTERAGUA C.LTDA.	143
TABLA 30. COSTOS DE REHABILITACIÓN CON SPR EN GRANDES DIÁMETROS. FUENTE: FOREVER PIPE.	144
TABLA 31. COSTOS DE PROYECTOS EJECUTADOS EN GUAYAQUIL CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA – ALCANTARILLADO. FUENTE: SUBGERENCIA DE ZONAS OPERATIVAS – INTERAGUA C. LTDA.	144
TABLA 32. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE MÉTODO TRADICIONAL, PIPE BURSTING Y CIPP.	145
TABLA 33. RESULTADOS DE CALIFICACION ESTRUCTURAL POR DIAMETROS DE COLECTORES ANALIZADOS	148
TABLA 34. COSTO DE ALTERNATIVA 1	150
TABLA 35. COSTO DE ALTERNATIVA	150
TABLA 36. COSTO DE ALTERNATIVA 3	151
TABLA 37. COSTO DE ALTERNATIVA 4	151
TABLA 38. COSTOS POR USOS DE MANO DE OBRA CALIFICADA	154
TABLA 39. COSTOS POR USOS DE MANO DE OBRA NO CALIFICADA	154
TABLA 40. COSTO DEL PROYECTO, A PRECIOS DE EFICIENCIA	155
TABLA 41. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA TIR	156
TABLA 42. VALORES DE TIR CON VARIACION PORCENTUAL DEL +/- 10%	157
TABLA 43. VALORES DE TIR CON VARIACION PORCENTUAL DEL +/- 25%	158
TABLA 44. ANÁLISIS DEL VAN	159
TABLA 45. VALORES DEL VAN CON VARIACION PORCENTUAL DEL +/- 10%	159
TABLA 46. VALORES DEL VAN CON VARIACION PORCENTUAL DEL +/- 25%	160
TABLA 47. ANÁLISIS COSTO-EFICIENCIA DEL PROYECTO	163
TABLA 48. COSTO-BENEFICIO EMULADOS CON EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVA ÓPTIMA.	165
TABLA 49. CROMOGRAMA PARA EL RETORNO DE LA INVERSIÓN	166
TABLA 50. PRESENTACIÓN GRAFICA DE RESULTADOS.	166
TABLA 51. PARAMETROS CLIMATICOS PROMEDIO DE GUAYAQUIL, FUENTE WEATHERBASE	188
TABLA 52. MATRIZ DE DECISIÓN EN FUNCIÓN DE DIÁMETROS Y MATERIALES.	213
TABLA 53. ALTERNATIVA ESCOGIDA PARA REHABILITACIÓN DE URDESA – EVALUACIÓN ECONÓMICA.	214



## **CAPITULO 10**

### **10. ANEXOS**

- 10.1. Anexo 1: Planos de Colectores del Sistema de Alcantarillado de Urdesa.
- 10.2. Anexo 2: Informes de Inspecciones CCTV de tramos analizados y Videos.
- 10.3. Anexo 3: Tabla de Resumen de daños de los tramos analizados.
  
- 10.4. Anexo 4: Plano de Clasificación y Severidad de Tramos – Prioridades de Intervención.
- 10.5. Anexo 5: Tablas de Presupuestos de Rehabilitación por tramo y Cronogramas de Ejecución.
  - 10.5.1. Presupuesto con Método Tradicional de zanja abierta.
  - 10.5.2. Presupuesto con Pipe Bursting.
  - 10.5.3. Presupuesto con CIPP.
  - 10.5.4. Presupuesto con Rehabilitación Parcial (Quick Lock y Packers)
  - 10.5.5. Cronograma de Ejecución.
- 10.6. Anexo 6: Plano de Corredores Comerciales de Urdesa.
- 10.7. Anexo 7: Planos de Corridas Hidráulicas en Sewercad.
- 10.8. Anexo 8: Videos de tramos inspeccionados con CCTV, actualizados al 2015.  
Ver CD adjunto al presente documento.